Manajemen SUPPLY CHAIN

(Rantai Pasok)

Dr. Budi Raharjo, S.Kom., M.Kom., MM.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

Manajemen SUPPLY CHAIN

(Rantai Pasok)

Dr. Budi Raharjo, S.Kom., M.Kom., MM.

BIODATA PENULIS



Dr. Budi Raharjo, S.Kom, M.Kom, MM lahir di Semarang, tanggal 22 Februari 1985. Beliau adalah Alumni dari Universitas Bina Nusantara (BINUS University) Jakarta dan juga alumni Universitas Kristen Satya wacana (UKSW) Salatiga. Dr. Budi Raharjo telah menjadi Dosen pada Universitas STEKOM pada mata kuliah Kepemimpinan (Leadership), mata kuliah Pengantar Akuntansi, Manajemen Proses, Manajemen Akuntansi dan Manajemen Resiko Bisnis. Selain sebagai dosen Universitas STEKOM, Dr. Budi Raharjo, M.Kom, MM juga mempunyai bisnis sendiri dalam bidang perhotelan dan juga sebagai wirausaha dalam bidang pemasok unggas (ayam) beku, ke berbagai kota besar, khususnya Jakarta dan sekitarnya.

Pengalaman beliau berwirausaha menjadi bekal utama dalam penulisan buku ajar yang diterbitkan oleh Yayasan Prima Agus Teknik (YPAT) Semarang. Oleh sebab itu bukunya berisi langkah langkah praktis yang mudah diikuti oleh para mahasiswa, saat mahasiswa mengikuti proses perkuliahan pada Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM). Jabatan struktural yang di embannya saat ini adalah Wakil Rektor 1 (Akademik) Universitas STEKOM Semarang.

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK
Jl. Majapahit No. 605 Semarang
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144
Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Manajemen SUPPLY CHAIN

(Rantai Pasok)

Dr. Budi Raharjo, S.Kom., M.Kom., MM.

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

ISBN 978-623-5734-19-4 (PDF)

Manajemen SUPPLY CHAIN (Rantai Pasok)

Penulis :
Dr. Budi Raharjo, S.Kom., M.Kom., MM.

ISBN : 9 78623 573419 4

Editor :
Dr. Mars Caroline Wibowo. S.T., M.Mm.Tech

Penyunting :
Dr. Joseph Teguh Santoso, M.Kom.

Desain Sampul dan Tata Letak :
Irdha Yunianto, S.Ds., M.Kom

Penebit :
Yayasan Prima Agus Teknik

Redaksi :
Jl. Majapahit no 605 Semarang
Telp. (024) 6723456
Fax. 024-6710144
Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Distributor Tunggal :
Universitas STEKOM
Jl. Majapahit no 605 Semarang
Telp. (024) 6723456
Fax. 024-6710144
Email : info@stekom.ac.id

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin dari penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang maha kuasa bahwa buku yang berjudul *"Manajemen Supply Chain"* telah dapat diselesaikan. Buku ini bermanfaat dalam kehidupan kita sehari-hari, karena kita semua mengambil keputusan dalam manajemen rantai pasokan yang disingkat sebagai SCOM. Buku ini sangat menarik, karena pada semua bab, pembahasan akan disertai studi kasus dan cara penyelesaian nya. Dengan kata lain pembaca didorong untuk terjun kedalam kasus tersebut serta ikut andil dalam peran penyelesaian masalah.

Kehidupan nyata kita jika ingin pindah ke rumah baru. Hal pertama yang dilakukan adalah perencanaan lokasi. Hal yang kedua, adalah membutuhkan perencanaan transportasi, kapasitas setiap ruang dalam rumah baru dan kebutuhan sumber daya listrik, air dan tenaga kerja yang akan dipakai untuk membersihkan rumah itu setiap hari. Akhirnya, jadwal rinci untuk hari gerakan itu diperlukan. Sekali lagi, itu dimulai dengan pemilihan lokasi. Jika Anda memutuskan untuk mengoordinasikan keseluruhan proses sendiri, itu diperlukan untuk mengoordinasikan seluruh rantai pasokan dari berbagai produsen dan pekerja. Pada gilirannya, mereka membutuhkan data terperinci dari rencana Anda dan data perkiraan untuk merencanakan proses dan aktivitas sumber mereka sendiri. Untuk menghindari kemacetan lalu lintas di lokasi pembangunan, koordinasi rinci di tingkat rute kendaraan diperlukan.

Tidak hanya tata lokasi dan perutean ataupun penjadwalan, buku ini juga membahas masalah-masalah manajemen permintaan dan produksi serta resiko-resiko yang akan dihadapi dalam proses produksi, yaitu dari barang baku masuk, proses produksi, distribusi barang hingga barang tersampaikan di Konsumen.

SCOM termasuk dalam area manajemen yang paling menarik. Fungsi-fungsi ini adalah berwujud dan sangat diminati di semua industri dan jasa. Buku pelajaran ini bermaksud untuk memberikan pengenalan dan pengetahuan lanjutan di bidang SCOM. Memberikan pembaca pengetahuan tentang SCOM. Buku ini ditargetkan pada mahasiswa dan profesional yang terlibat dalam SCOM. Tujuan khusus buku ini diarahkan pada terciptanya jembatan antara teori dan praktek. Karena manajer menggunakan keduanya metode kuantitatif dan kualitatif dalam mengambil keputusan.

Buku ini memberikan pengetahuan praktis yang berorientasi pada keputusan dan juga berorientasi pada metode perspektif yang menjadi tujuan buku ini. Selain itu, buku ini juga menggunakan teknologi informasi dan teknik optimasi pada SCOM. Oleh sebab itu penulis memberikan perhatian khusus pada aspek ini. Selanjutnya, buku ini juga memberikan contoh kasus terkini dan praktis dari berbagai daerah yang berisi contoh-contoh praktik SCOM yang berhasil dan yang gagal. Semoga buku ini bermanfaat bagi para pembacanya.

Semarang, Desember 2021
Penulis

Dr. Budi raharjo, M.Kom., MM.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **v**
BAGIAN 1 MANAJEMEN SUPPLY CHAIN (RANTAI PASOK)
BAB 1 DASAR MANAJEMEN SUPPLY CHAIN .....
1.1 Tujuan Pembelajaran 1
1.2 Studi Kasus Pengantar: Keajaiban Manajemen Rantai Pasok 1
1.3 Definisi dan Keputusan 3
1.4 Manajemen Supply Chain 4
1.5 Keputusan dalam Manajemen Supply Chain 5
1.6 Karir dan Tantangan Manajemen Supply Chain di Masa Depan 7
1.7 Poin Penting Bahasan Utama 10
BAB 2 SCOM (SUPPLY CHAIN and OPERATIONAL MANAGER) **12**
2.1 Tujuan Pembelajaran 12
2.2 Contoh Operasi dan Supply Chain di bidang Manufaktur 12
2.3 Contoh Operasi dan Supply Chain dalam Layanan 19
2.4 Contoh e-Operasi dan Supply Chain 27
2.5 Contoh Supply Chain Digital dan Operasi Cerdas 31
2.6 Analisis Prediktif dan Mesin Pembelajaran 33
BAB 3 MODEL, SISTEM DAN PROSES **34**
3.1 Tujuan pembelajaran 34
3.2 Studi Kasus Pendahuluan: AirSupply 34
3.3 Manajemen Proses Bisnis 37
3.4 Sistem Informasi Manajemen 40
3.5 Analisis Bisnis dan E-Bisnis 46
3.6 Model dan Pemodelan 51
3.7 Integrasi Analisis, Simulasi, dan Pengoptimalan Bisnis 58
3.8 Kesimpulan 60
BAGIAN II MERANCANG OPERASI DAN JARINGAN SUPPLAI: PERSPEKTIF STRATEGIS
BAB 4 OPERASI DAN STRATEGI RANTAI SUPPLAI **61**
4.1 Tujuan Pembelajaran 61
4.2 Studi Kasus Pengantar “Cepat dan Terjangkau”: Zara, UNIQLO & Primark 61
4.3 Operasi dan Strategi Rantai Supply 64
4.4 Koordinasi Rantai Supply 70
4.5 Perencanaan Kolaboratif, Prakiraan, dan Pengisian Ulang 76
4.6 Contoh Rantai Supply: Coca-Cola dan Mercadona 78
4.7 Ketahanan Rantai Supply dan Efek Riak 81
4.8 Poin Penting Bab ini 84
BAB 5 STRATEGI SUMBER **85**
5.1 Tujuan Pembelajaran 85
5.2 Studi Kasus Pengantar “Konsep Logistik” 85

5.3 Proses dan Prinsip Sumber 87
5.4 *Make-or-Buy* dan *Outsourcing* 90
5.5 Studi Kasus "iPhone" 95
5.6 *Just in Time* (JIT) 96
5.7 Manajemen Hubungan Supplier 97
5.8 Poin Penting Bab ini 103
BAB 6 STRATEGI PRODUKSI 104
6.1 Tujuan Pembelajaran 104
6.2 Studi Kasus Pengantar DELL vs. Lenovo 104
6.3 Penundaan dan Modularisasi 108
6.4 Contoh Strategi Penundaan 109
6.5 Studi Kasus Airbus 114
6.6 Metode: Analisis Kehilangan Penjualan 117
6.7 Tugas 6.1 Pemilihan Lokasi OPP 118
6.8 Kesimpulan 119
BAB 7 PERENCANAAN LOKASI FASILITAS DAN DESAIN JARINGAN 120
7.1 Tujuan Pembelajaran 120
7.2 Studi Kasus Pengantar Power Pong Sports, China 120
7.3 Kerangka Desain Rantai Supply 123
7.4 Branch-&-Bound: Cara Kerja Add-In Solver 132
7.5 Model Matematika dari Situasi Keputusan 143
7.6 Analisis Peringkat Faktor 148
7.7 Menggabungkan Optimasi dan Simulasi dalam Desain Rantai Supply 155
7.8 Kesimpulan Bab Ini 156
BAB 8 DESAIN JARINGAN DISTRIBUSI DAN TRANSPORTASI 158
8.1 Tujuan Pembelajaran 158
8.2 Studi Kasus Pendahuluan: Jepara Furniture 158
8.3 Masalah Transportasi 175
8.4 Desain Jaringan Distribusi 186
8.5 Moda Transportasi 191
8.6 Kesimpulan 193
BAB 9 PERENCANAAN PABRIK DAN DESAIN PROSES 195
9.1 Tujuan Pembelajaran 195
9.2 Studi Kasus Pengantar 195
9.3 Perencanaan Pabrik 196
9.4 Analisis Kemacetan/Teori Kendala 209
9.5 Pohon Keputusan 214
9.6 Simulasi: Studi Kasus AnyLogic 212
9.7 Sistem Produksi Lean 221
9.8 Rantai Supply Sederhana 227
9.10 Kesimpulan 229
BAB 10 PERENCANAAN TATA LETAK 231
10.1 Tujuan Pembelajaran 233
10.2 Studi Kasus Pengantar "OTLG Ludwigsfelde" 233

10.3 Konsep Tata Letak 242
10.4 REL-Charts 244
10.5 Soal Penugasan Kuadrat 245
10.6 Simulasi 246
10.7 Kesimpulan 248
BAGIAN 3 MENYESUAIKAN PERMINTAAN DAN PENAWARAN
BAB 11 PRAKIRAAN PERMINTAAN 249
11.1 Tujuan Pembelajaran 249
11.2 Studi Kasus Pendahuluan 252
11.3 Regresi linier 255
11.4 Penghalusan Eksponensial Sederhana 258
11.5 Penghalusan Eksponensial Ganda 259
11.6 Kesimpulan 260
BAB 12 PERENCANAAN KEBUTUHAN PRODUKSI DAN MATERIAL 262
12.1 Tujuan Pembelajaran 262
12.2 Studi Kasus Pengantar SIBUR 262
12.3 Perencanaan Penjualan dan Operasi 265
12.4 Pilihan untuk Perencanaan Agregat 266
12.5 Perencanaan Penjualan dan Produksi dengan Pemrograman Linier 269
12.6 Jadwal Produksi Induk dan Perencanaan Bergulir 273
12.7 Kesimpulan 280
BAB 13 MANAJEMEN INVENTARIS 282
13.1 Tujuan Pembelajaran 282
13.2 Studi Kasus Pendahuluan: Amazon, Volkswagen, dan DELL 282
13.3 Analisis Bahan 285
13.4 Model EPQ 295
13.5 Model Stokastik 296
13.6 Sistem Periode Tunggal 301
13.7 Stok Pengaman dan Strategi Transportasi: Kasus DailyMaersk 303
13.8 Kebijakan Kontrol Inventaris 304
13.9 Menggabungkan Inventaris 313
13.10 Kesimpulan 315
BAB 14 ROUTING DAN SCHEDULING 318
14.1 Tujuan Pembelajaran 318
14.2 Studi Kasus Pendahuluan 318
14.3 Grafik Matematika 321
14.4 Algoritma untuk Konstruksi Solusi Model Awal yang Layak 330
14.5 Perutean Kendaraan 335
14.6 Algoritma Sweep 342
14.7 Algoritma Penjadwalan Moore 350
14.8 Kesimpulan 354
BAGIAN 4 TOPIK LANJUTAN DALAM RANTAI SUPPLY DAN MANAJEMEN OPERASI
BAB 15 MANAJEMEN RISIKO DAN KETAHANAN RANTAI SUPPLAI 357
15.1 Tujuan Pembelajaran 357

15.2 Studi Kasus Pendahuluan 357
15.3 Manajemen Risiko dalam Rantai Supply 359
15.4 Efek Riak dalam Rantai Supply 365
15.5 Ketahanan Rantai Suplai 370
15.6 Risiko Operasional 379
15.7 Kesimpulan dan Pertanyaan Diskusi 380
BAB 16 RANTAI SUPPLY DIGITAL, OPERASI CERDAS, DAN INDUSTRI 4.0 381
16.1 Tujuan Pembelajaran 381
16.2 Studi Kasus Pendahuluan 381
16.3 Keunggulan dan Digitalisasi SCOM 382
16.4 Tiga Revolusi Industri 385
16.5 Internet of Things (IoT) 387
16.6 Analisis Data Besar 391
16.7 Blockchain 396
16.8 Virtual Reality dan Augmented Reality 400
16.9 Robotika 401
16.10 Potensi Kualitatif dan Kuantitatif Teknologi Digital di SCOM 406
16.11 Kesimpulan dan Pertanyaan Diskusi 411
BAB 17 ALOKASI KAPASITAS BERORIENTASI HARGA DAN PENDAPATAN 417
17.1 Tujuan Pembelajaran 417
17.2 Studi Kasus Pendahuluan 418
17.3 Menetapkan Harga Optimal di Jaringan Sumber Daya 431
17.4 Penetapan Harga Dinamis 436
17.5 Pembaruan Harga Reaktif 449
17.6 Kesimpulan dan Diskusi 453
DAFTAR PUSTAKA 455

BAGIAN 1
PENGANTAR *SUPLLY CHAIN* (RANTAI PASOK)
BAB 1
DASAR-DASAR SUPLAI CHAIN DAN MANAJEMEN OPERASI

1.1 TUJUAN PEMBELAJARAN UNTUK BAB INI

- Bagaimana proses transformasi dan penciptaan nilai?
- Apa itu operasi dan manajemen operasi?
- Apa itu Suplai Chain dan manajemen Suplai Chain?
- Keputusan mana yang berada dalam lingkup Suplai Chain dan manajemen operasi?
- Tujuan mana yang digunakan untuk mengukur kinerja Suplai Chain dan manajemen operasi?
- Kualifikasi apa yang harus diperoleh Suplai Chain dan manajer operasi masa depan?
- Jalur karir mana yang memungkinkan bagi manajer Suplai Chain dan operasi?

1.2 STUDI KASUS: KEAJAIBAN MANAJEMEN RANTAI PASOK

Santa Claus adalah salah satu Suplai Chain/*Supply Chain* (SC) dan manajer operasi terbaik di dunia. Dia mencapai kinerja yang luar biasa: dia selalu memberikan produk yang tepat ke tempat yang tepat pada waktu yang tepat. Ini terlepas dari permintaan yang sangat tidak pasti dan SC yang sangat kompleks dengan lebih dari dua miliar pelanggan. Strategi dan organisasinya berpusat pada pelanggan dan berusaha memberikan kepuasan maksimal kepada anak-anak. Organisasi Suplai Chain dan manajemen operasinya/ *supply chain and operations management* (SCOM) disusun sebagai berikut.

Departemen pelanggan bertanggung jawab untuk memproses semua surat dari anak-anak di seluruh dunia. Data permintaan ini kemudian diberikan ke departemen persediaan. Departemen suplai bertanggung jawab untuk membeli barang yang diinginkan dari Supplier di seluruh dunia. Inti dari departemen suplai adalah tim pembelian global yang bertanggung jawab untuk mengoordinasikan semua aktivitas pembelian global. Karena banyak dari keinginan anak-anak adalah spesifik negara, departemen pembelian regional (disebut pembeli utama) didistribusikan di seluruh dunia dan membangun desain SC yang optimal.

Dalam beberapa kasus, barang keinginan sangat spesifik sehingga tidak ada Supplier yang dapat ditemukan. Untuk kasus seperti itu, Sinterklas telah mendirikan beberapa fasilitas produksi yang berlokasi di seluruh dunia untuk meminimalkan total biaya transportasi dan untuk memastikan pengiriman semua hadiah Natal tepat waktu.



Departemen pelanggan secara teratur menganalisis keinginan anak-anak. Mereka memperhatikan bahwa ada banyak barang serupa yang diminta setiap tahun. Untuk mengurangi biaya tetap pembelian dan menggunakan efek skala, Sinterklas mengorganisir jaringan gudang (warehouse) di seluruh dunia. Item standar dibeli dalam jumlah besar dan disimpan. Jika permintaan aktual pada tahun berjalan lebih rendah dari permintaan yang diperkirakan, hal ini tidak menjadi masalah—barang-barang tersebut dapat digunakan kembali pada tahun berikutnya. Karena ada jutaan item berbeda di setiap gudang, Sinterklas menciptakan tata letak dan proses pengambilan yang optimal untuk menemukan

item yang diperlukan dengan cepat dan efisien. SC dan perencanaan operasi terjadi sebagai berikut. Pada bulan Januari, Sinterklas dan departemen pelanggan mulai menganalisis permintaan tahun sebelumnya. Selama 6 bulan pertama tahun itu, mereka membuat proyeksi permintaan di masa depan.

Dasar untuk ramalan semacam itu adalah analisis statistik masa lalu dan identifikasi tren masa depan (misalnya, buku baru, film, mainan, dll.). Setelah itu, departemen persediaan mengisi kembali barang-barang tersebut dan mendistribusikannya ke gudang-gudang yang berbeda. Departemen produksi menjadwalkan proses manufaktur.

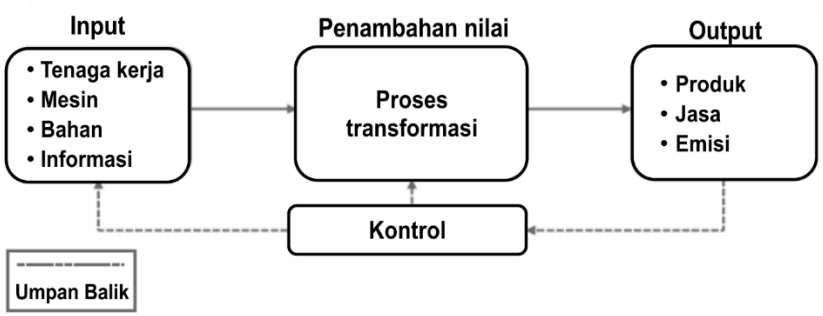
Mulai bulan Oktober, surat-surat pertama dari anak-anak mulai berdatangan. Masa sibuk dimulai, dari Oktober hingga Desember, Sinterklas membutuhkan banyak asisten dan memperbesar tenaga kerja. Operasi dan Eksekusi sekarang bertanggung jawab untuk membawa semua barang yang diinginkan kepada anak-anak. Ini terdiri dari banyak kegiatan: transportasi, pembelian, dan manufaktur. Anak-anak menunggu dengan tidak sabar untuk memulai pemeriksaan barang masuk. Tidak ada pengambilan dan bundel yang salah yang dapat diterima dan tidak ada kekurangan yang diperbolehkan. Semakin banyak keinginan anak-anak bukan tentang barang melainkan tentang peristiwa yang mereka inginkan terjadi (misalnya, liburan, dll.). Operasi layanan juga merupakan kompetensi Sinterklas. Selain itu, Sinterklas telah mendirikan SC paling berkelanjutan di dunia menggunakan transportasi dengan kereta luncur. Terkadang, surat dengan keinginan yang sangat tidak biasa datang di saat-saat terakhir, tetapi SC Sinterklas siap untuk hal yang tidak terduga—terakhir itu adalah SC ajaib.

1.3 DEFINISI DAN KEPUTUSAN

Proses Transformasi, Penciptaan Nilai, dan Fungsi Operasi

Operasi adalah fungsi atau sistem yang mengubah input (misalnya, bahan dan tenaga kerja) menjadi output yang bernilai lebih besar (misalnya, produk atau jasa); dengan kata lain, fungsi operasi bertanggung jawab untuk mencocokkan permintaan dan penawaran (lihat Gambar 1.1). Proses transformasi adalah cara berpikir tradisional tentang manajemen operasi dalam kaitannya dengan kegiatan perencanaan.

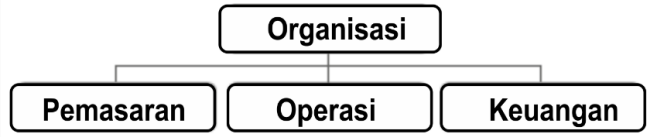
Dalam prakteknya, SC dan manajer operasi menghabiskan setidaknya setengah dari waktu kerja mereka menangani ketidakpastian dan risiko. Itulah sebabnya fungsi kontrol menjadi semakin penting dalam membangun umpan balik antara proses yang direncanakan dan proses nyata. Salah satu elemen dasar dalam manajemen adalah penciptaan nilai tambah. Mengidentifikasi 'nilai' produk atau layanan berarti menentukan dan memahami apa yang diharapkan pelanggan untuk diterima. Biasanya Kami memahami setiap aktivitas dalam proses yang penting untuk memberikan layanan atau produk kepada pelanggan merupakan nilai tambah. Memahami apa yang diinginkan dan tidak diinginkan pelanggan (untuk membayar) adalah aspek utama dalam mengidentifikasi aktivitas nilai tambah.



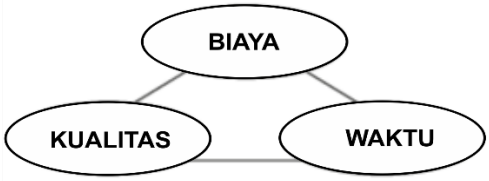
Gambar 1.1 Tampilan input-output dari fungsi operasi

Proses yang paling efektif dicapai dengan melakukan langkah-langkah nilai tambah minimal yang diperlukan. Pengurangan pemborosan dan fokus pada aktivitas nilai tambah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya input dan memungkinkan output proses yang paling efektif. Ini adalah tujuan ideal yang hampir tidak mungkin dicapai dalam praktik karena sejarah perkembangan proses di perusahaan dan perubahan terus-menerus di perusahaan dan pasar.

Fungsi operasi, bersama dengan pemasaran dan keuangan, adalah bagian dari organisasi mana pun organisasi tersebut berada (lihat Gambar 1.2). Manajemen operasi berkaitan dengan pengelolaan sumber daya untuk memproduksi dan memberikan produk dan layanan secara efisien dan efektif. Manajemen operasi berkaitan dengan desain dan manajemen produk, proses, dan layanan, dan terdiri dari empat tahap: pengadaan, produksi, distribusi, dan purna jual. Pengukuran operasi dan kinerja SC biasanya terkait dengan segitiga tujuan "biaya-waktu-kualitas" (lihat Gambar 1.3).



Gambar 1.2 Peran operasi dalam suatu organisasi



Gambar 1.3 Segitiga tujuan operasi dan kinerja Suplai Chain

Pentingnya tujuan ini adalah dinamis, yaitu berubah dari waktu ke waktu karena manajemen operasi memiliki sejarah yang panjang. Selama 60 tahun terakhir, transisi dari pasar produsen ke pasar pelanggan telah terjadi. Transisi ini dimulai pada 1960-an dengan meningkatnya peran pemasaran dalam kondisi produksi massal produk serupa ke pasar anonim. Periode ini dikenal sebagai skala ekonomi. Setelah memenuhi pasar dengan produk, masalah kualitas muncul di garis depan. Pada 1970-an, manajemen kualitas total/*total quality management* (TQM) didirikan.

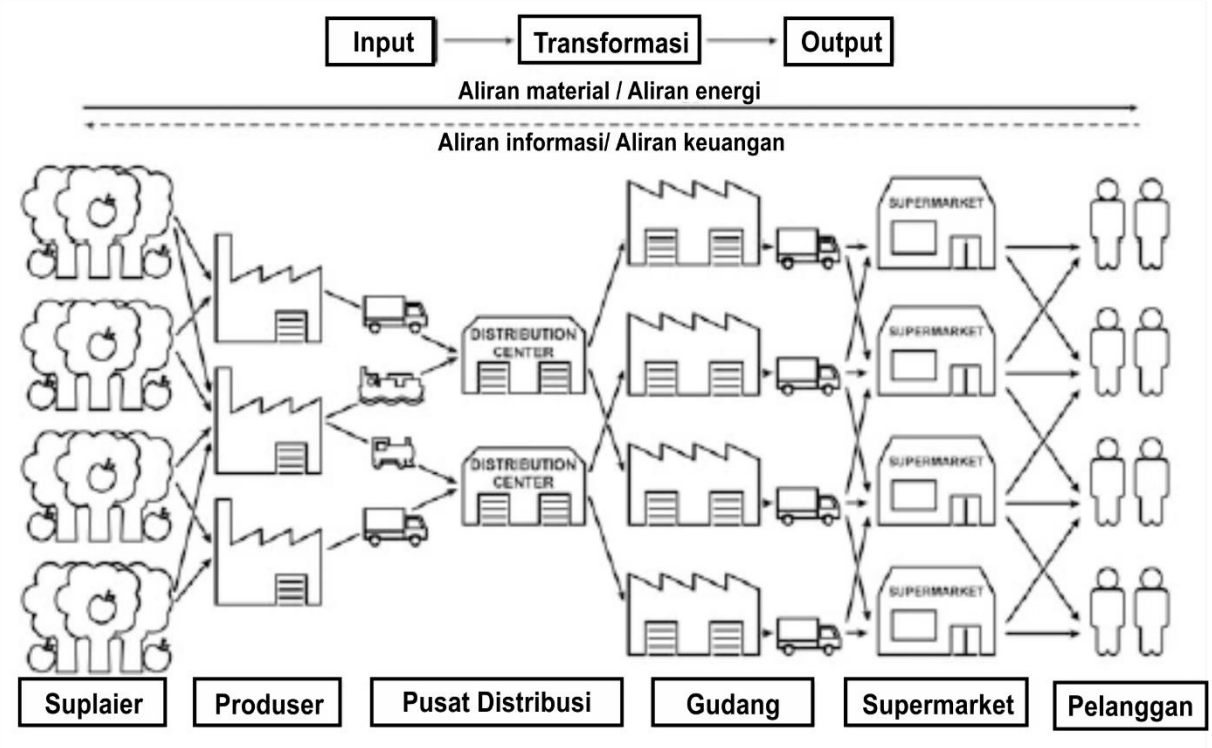
Peningkatan kualitas memicu individualisasi kebutuhan pelanggan pada 1980-an. Ini adalah titik awal untuk pembentukan ekonomi pelanggan. Periode ini ditandai dengan upaya menuju pengelolaan persediaan yang optimal dan pengurangan siklus produksi. Pada 1980-1990-an, penanganan variasi produk yang tinggi menantang manajemen operasi. Tren lain adalah apa yang disebut efek kecepatan. Kecepatan reaksi terhadap perubahan pasar dan pemotongan waktu ke pasar menjadi lebih penting. Akibatnya, optimalisasi proses internal dengan hubungan eksternal ke Supplier secara bersamaan berakar pada konsep produksi ramping *dan just-in-time* (JIT).

Sepanjang tahun 1990-an, perusahaan berkonsentrasi pada pendekatan pengembangan kompetensi inti, outsourcing, inovasi, dan kolaborasi. Tren ini disebabkan oleh globalisasi, kemajuan TI, dan proses integrasi dalam ekonomi dunia. Khususnya pada 1990-an, sebuah paradigma manajemen Suplai Chain (*supply chain management*/SCM) didirikan yang telah membentuk perkembangan SCOM hingga abad kedua puluh satu. Dari 2010 hingga 2018, tren seperti digitalisasi, operasi cerdas, analitik prediktif, manajemen risiko, ketahanan dan fleksibilitas SC, teknologi informasi cerdas, e-operasi, leanness dan kelincahan, servisisasi

manufaktur, outsourcing dan globalisasi, manufaktur aditif, dan Industri 4.0 membentuk lanskap SCOM dalam praktik dan penelitian.

1.4 MANAJEMEN DAN SUPLAI CHAIN (*SUPPLY CHAIN*)

Supply chain (SC) adalah jaringan organisasi dan proses di mana sejumlah perusahaan (Supplier, produsen, distributor, dan pengecer) berkolaborasi (bekerja sama dan berkoordinasi) di sepanjang rantai nilai untuk memperoleh bahan mentah, untuk mengubah bahan mentah ini menjadi produk akhir tertentu, dan untuk mengirimkan produk akhir ini kepada pelanggan (lihat Gambar 1.4).



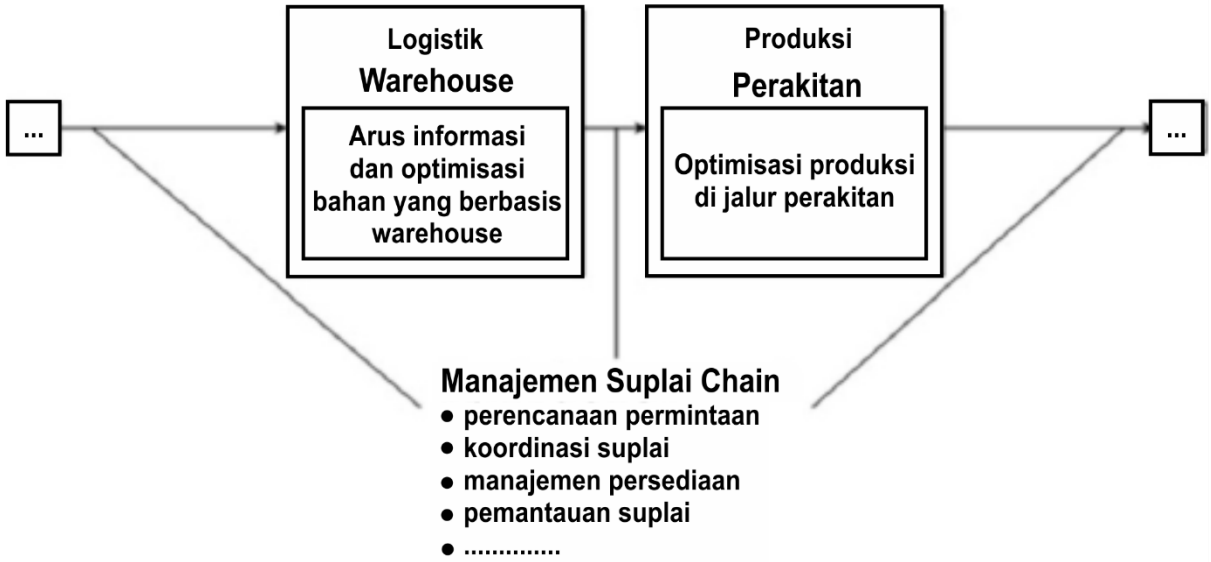
Gambar 1.4 Proses Manajemen Rantai Pasok

Supply chain management (SCM) adalah integrasi dan koordinasi lintas-departemen dan lintas-perusahaan dan aliran material, informasi, dan keuangan untuk mengubah dan menggunakan sumber daya SC dengan cara yang paling rasional di sepanjang rantai nilai, dari Supplier bahan mentah hingga pelanggan. SCM adalah salah satu komponen kunci dari setiap organisasi dan bertanggung jawab untuk menyeimbangkan permintaan dan suplai di sepanjang rantai nilai tambah (lihat Gambar 1.5).

SCM mengintegrasikan proses produksi dan logistik. Dalam praktiknya, masalah produksi, logistik, dan SCM berinteraksi satu sama lain dan saling terkait erat. Hanya dua dekade telah berlalu sejak manajemen perusahaan dan struktur organisasi dipertimbangkan dari perspektif fungsional: pemasaran, penelitian dan pengembangan, pengadaan, pergudangan, manufaktur, penjualan, dan keuangan. Perkembangan SCM didorong pada 1990-an oleh tiga tren utama: orientasi pelanggan, globalisasi pasar, dan pembentukan masyarakat informasi. Tren ini menyebabkan perubahan dalam strategi kompetitif perusahaan dan membutuhkan konsep manajemen rantai nilai baru.

Penggunaan pertama istilah "SCM" terjadi dalam artikel "SCM: *Logistics Catches up with Strategy*" oleh Oliver dan Webber (1982). Mereka berangkat untuk memeriksa aliran material dari Supplier bahan baku melalui SC ke konsumen akhir dalam kerangka terintegrasi yang sekarang disebut SCM. Asal-usul SCM dapat dilihat pada karya-karya awal tentang

penundaan, dinamika sistem dan efek bullwhip (Forrester 1961), kerjasama (Bowersox 1969), manajemen persediaan multi-eselon (Geoffrion dan Graves 1974), JIT, dan produksi ramping. SCM, seperti istilah yang tersirat, terutama difokuskan pada tingkat antar-organisasi. Keberhasilan penerapan SCM lainnya bergantung pada perubahan dalam organisasi hingga tingkat yang sangat besar. Bahkan proses kolaboratif dengan aplikasi sistem informasi yang diperluas dikelola oleh orang-orang yang bekerja di departemen yang berbeda: pemasaran, pengadaan, penjualan, produksi, dll. Kepentingan departemen ini biasanya bertentangan satu sama lain. Oleh karena itu, tidak hanya sinkronisasi keluar, tetapi juga sinkronisasi organisasi internal yang dicakup oleh organisasi SC.



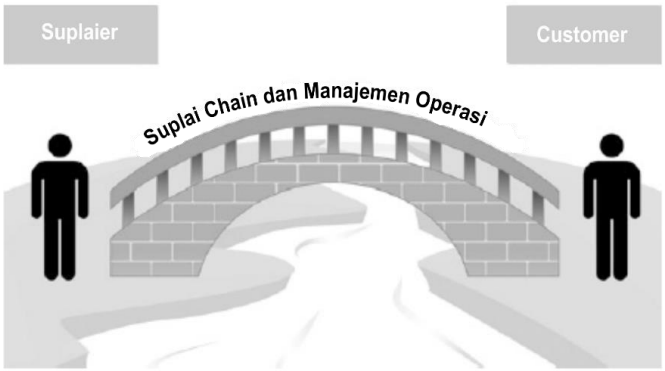
Gambar 1.5 Fungsi logistik, produksi, dan SCM dalam rantai nilai
[dari Ivanov dan Sokolov (2010)]

1.5 KEPUTUSAN DALAM SUPLAI CHAIN DAN MANAJEMEN OPERASI

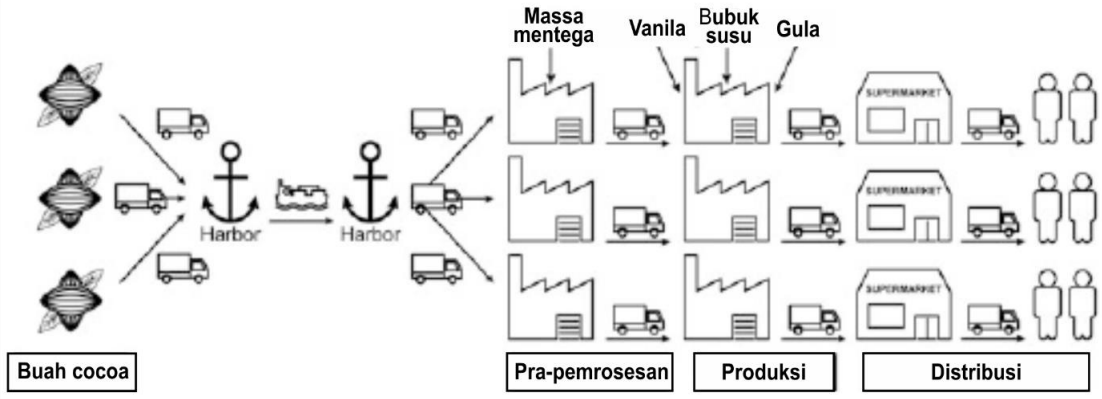
Tugas utama manajemen adalah membuat keputusan. Keputusan dalam SC dan manajemen operasi/*SC and operations management* (SCOM) terutama diarahkan untuk mencocokkan permintaan dan penawaran dengan merancang dan mengoperasikan proses transformasi dengan cara yang paling efisien. Sederhananya: SCOM sedang membangun jembatan antara pelanggan dan Supplier (Gambar 1.6). Pertimbangkan sebuah contoh. Chocolate SC dapat digunakan sebagai ilustrasi untuk menggambarkan keputusan dasar di SCOM. Apa yang terjadi antara panen buah kakao dan penempatan cokelat di rak supermarket? SC kompleks dibangun untuk menghubungkan Supplier bahan baku dan pelanggan akhir (lihat Gambar 1.7).

Untuk menghasilkan cokelat, buah kakao pertama kali dipanen dari pohon kakao, misalny : di sebuah pantai di Malanh. Buah kakao kemudian dipindahkan ke stasiun pengolahan di mana mereka dikemas ke dalam tas pembawa khusus untuk menghindari kerusakan selama transportasi dengan kapal kontainer. Di pelabuhan, tas dikemas ke dalam kontainer khusus dan dipindahkan ke kapal kontainer yang akan membawanya, misalnya ke Demak. Selain gula dan susu bubuk, vanili juga merupakan salah satu komponen yang dibutuhkan untuk produksi cokelat. Gula dan susu bubuk biasanya bersumber secara lokal untuk menghindari transportasi yang lama. Setelah bongkar muat di pelabuhan Demak, yang rata-rata tiap tahun buah kakao dikirim hingga 200.000 ton setiap tahun, pengangkutan dilanjutkan dengan truk. Bersamaan dengan itu, kapal kontainer di Guatemala dan Madagaskar meninggalkan pelabuhan dengan kargo penuh vanila.

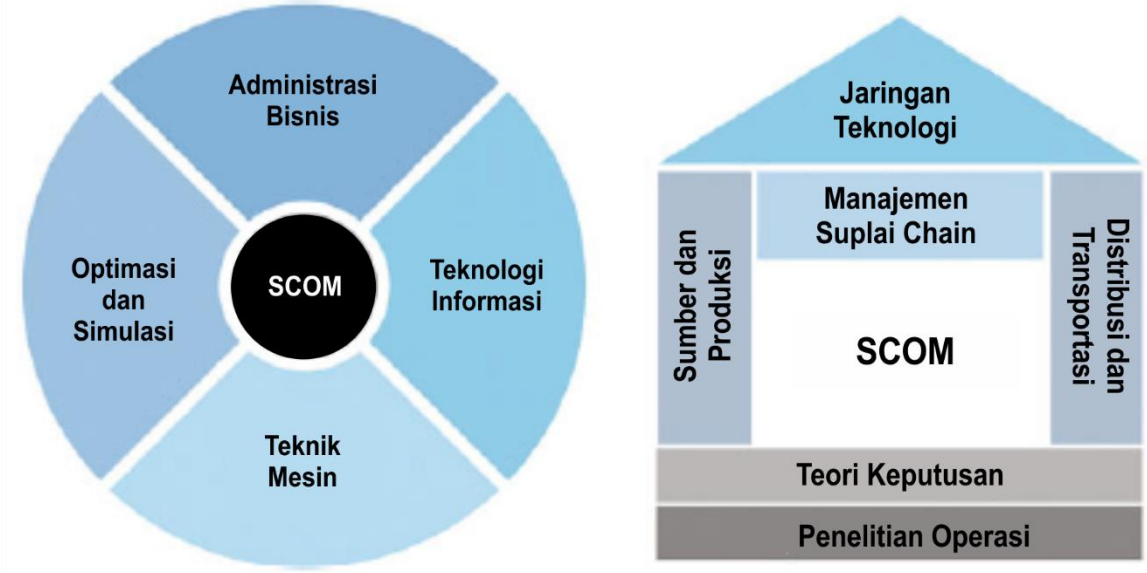
Buah kakao dikirim ke pabrik pengolahan awal dan dipisahkan menjadi mentega kakao dan massa kakao yang kemudian dipindahkan dengan truk melalui jalan darat ke pabrik cokelat. Setelah mendapatkan semua bahan, proses manufaktur multi-tahap dimulai, hasil akhirnya adalah cokelat. Cokelat kemudian dikemas dan dikirim dalam jumlah besar di atas palet ke pusat distribusi. Dari sini, batch kecil akhirnya dikirim ke supermarket. Dapat diamati dari SC cokelat dan SC Sinterklas bahwa tanggung jawab manajer SCOM dapat dibagi menjadi sumber, produksi, distribusi, transportasi, dan SCM yang tunduk pada administrasi bisnis, sistem informasi, optimasi dan simulasi, dan rekayasa (lihat Gambar. 1.8).



Gambar 1.6 SCOM sebagai fungsi jembatan untuk mencocokkan permintaan dan penawaran

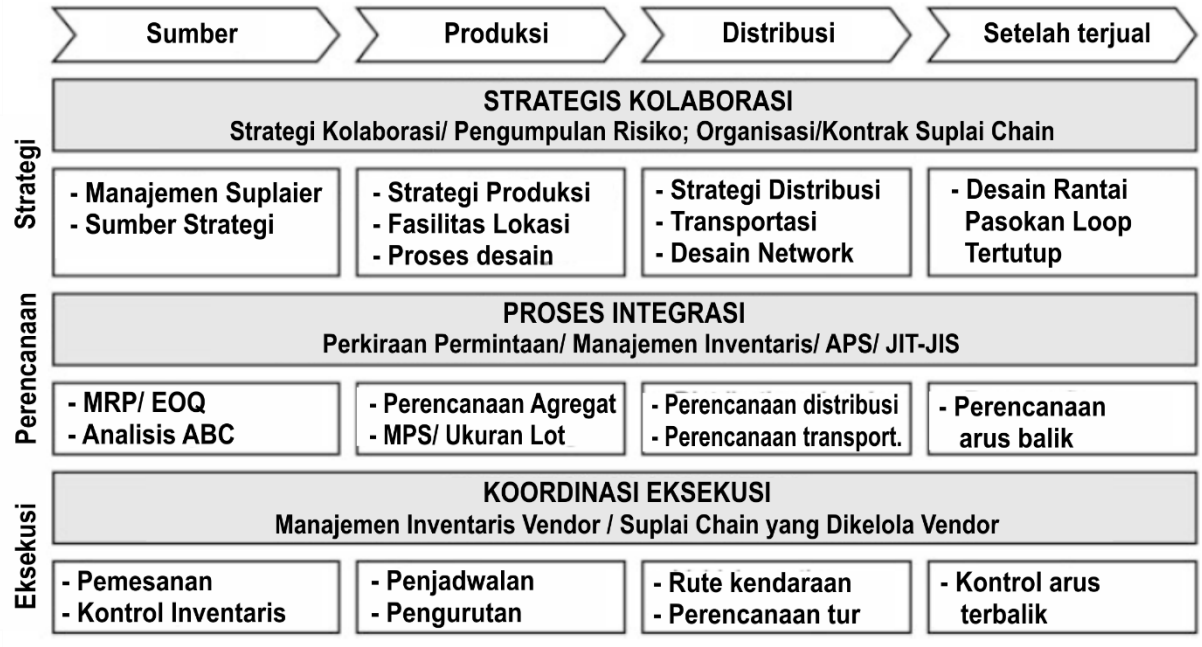


Gambar 1.7 Suplai Chain cokelat



Gambar 1.8 Rumah SCOM

Tanggung jawab manajer SCOM memiliki banyak segi (lihat Gambar 1.9). Area pengambilan keputusan di SCOM berkisar dari tingkat strategis hingga taktis dan operasi (Ivanov 2010). Isu-isu strategis termasuk, misalnya, penentuan ukuran dan lokasi pabrik atau pusat distribusi, keputusan tentang struktur jaringan layanan, perencanaan pabrik, dan desain SC. Isu-isu taktis termasuk keputusan seperti tentang produksi, transportasi, dan perencanaan persediaan. Masalah operasional melibatkan penjadwalan dan pengendalian produksi, pengendalian persediaan, pengendalian kualitas dan inspeksi, rute kendaraan, penanganan lalu lintas dan material, dan kebijakan pemeliharaan peralatan.



Gambar 1.9 Matriks keputusan dalam Suplai Chain dan manajemen operasi

Deskripsi ini berlaku untuk banyak organisasi berbeda termasuk produsen merek global seperti Apple atau Toyota, pengecer besar seperti Tesco atau Wal-Mart, organisasi nirlaba seperti Palang Merah Internasional, atau pompa bensin atau rumah sakit lokal, tidak hanya itu, di Indonesia sendiri memiliki Alfamart dan Indomart yang tersebar diseluruh bagian di Indonesia, Superindo, Giant dan lainnya. Contoh lainnya seperti pembelian, perakitan, pengiriman, penyimpanan, dan bahkan komunikasi dalah beberapa dari sebagian banyak tindakan berbeda yang terjadi dalam organisasi ini, semuanya disatukan oleh satu tujuan: untuk menciptakan nilai bagi pelanggan.

1.6 KARIR DAN TANTANGAN MANAJEMEN SUPPLY CHAIN DI MASA DEPAN

SCOM ada di mana-mana! Spesialis SCOM harus memperoleh kualifikasi yang berbeda karena SCOM bersifat multi-disiplin. Ada banyak keterampilan dan atribut yang penting bagi SC dan manajer operasi untuk berhasil di lingkungan operasi. Ini adalah:

- sistem dan pengetahuan rekayasa
- kepemimpinan dan keterampilan komunikasi yang kuat
- pengetahuan bisnis multidisiplin umum
- kemampuan pemecahan masalah analitis yang kuat dan keterampilan kuantitatif
- keterampilan negosiasi dan presentasi.

Untuk menjadi SC atau manajer operasi, penting untuk dapat berkomunikasi dengan baik dengan orang-orang dari semua departemen. Ada hubungan yang kuat antara fungsi SCOM dan fungsi inti dan pendukung organisasi lainnya, seperti akuntansi dan keuangan,

pengembangan produk, sumber daya manusia, sistem informasi, dan fungsi pemasaran. Keterampilan penting lainnya adalah manajemen waktu. Beberapa tanggung jawab pekerjaan yang umum untuk SCOM adalah sebagai berikut:

- mengoordinasikan proses bisnis yang berkaitan dengan produksi, penetapan harga, penjualan, dan distribusi produk dan layanan
- mengelola tenaga kerja, menyiapkan jadwal, dan menetapkan tugas tertentu
- meninjau data kinerja untuk mengukur produktivitas dan indikator kinerja lainnya
- mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan langsung dengan pembuatan produk/penyediaan jasa
- merencanakan barang dan jasa yang akan dijual berdasarkan perkiraan permintaan pelanggan
- mengatur pergerakan barang masuk dan keluar dari fasilitas produksi
- menemukan, memilih, dan membeli barang dagangan untuk dijual kembali, mewakili manajemen dalam negosiasi pembelian
- mengelola inventaris dan berkolaborasi dengan Supplier
- merencanakan tata letak gudang dan toko serta merancang proses produksi
- pemilihan proses: merancang dan mengimplementasikan proses transformasi yang paling sesuai dengan kebutuhan pelanggan dan perusahaan
- prakiraan permintaan dan perencanaan kapasitas
- logistik: mengelola pergerakan barang di seluruh SC
- manajer risiko: desain SC proaktif, pemantauan risiko, dan koordinasi waktu nyata jika terjadi gangguan.

SC dan manajer operasi memiliki tanggung jawab strategis, tetapi juga mengendalikan banyak fungsi sehari-hari dari bisnis atau organisasi. Mereka mengawasi dan mengelola barang yang digunakan di fasilitas seperti penjualan barang dagangan, inventaris, atau bahan produksi. SC dan manajer operasi juga mengizinkan dan menyetujui vendor dan layanan kontrak di berbagai lokasi di seluruh dunia. Posisi awal untuk SCOM biasanya mencakup tanggung jawab operasional di departemen pengadaan atau penjualan dan bekerja sebagai, misalnya, konsultan, manajer layanan pelanggan, atau analis SC. Dengan 5-10 tahun pengalaman praktis, posisi seperti manajer pembelian, manajer transportasi, manajer logistik internasional, manajer operasi gudang, atau manajer perangkat lunak SC dapat dicapai. Dengan pengalaman 10 tahun atau lebih, wakil presiden SCOM adalah posisi yang realistis.

Posisi SCOM dapat mencakup pekerjaan dalam perencanaan produksi, pengendalian persediaan, pengendalian bahan, penjadwalan kerja, pengendalian kualitas, dan analisis operasi. Ada berbagai macam pilihan karir di bidang SCOM. Beberapa area peluang utama adalah sebagai berikut:

- Manajer Operasional
- Analis bisnis
- Perencana produksi
- Analis operasi
- Manajer bahan
- Spesialis kontrol kualitas (*quallity control)*
- Manajer proyek
- Manajer pembelian
- Manajer produksi industri
- Koordinator fasilitas
- Manajer logistik

- Manajer risiko.

Pertimbangkan beberapa dari ini dan kemungkinan karir lain di SCOM:

- ***Manajer pabrik/Plant Manager*** mengawasi dan mengatur operasi harian pabrik. Untuk posisi ini, keahlian dalam kegiatan seperti perencanaan produksi, pembelian, dan manajemen persediaan diperlukan.
- ***Manajer kualitas/Quality Manager*** bertujuan untuk memastikan bahwa produk atau layanan yang disediakan organisasi sesuai dengan tujuan, konsisten, dan memenuhi persyaratan eksternal dan internal. Ini termasuk kepatuhan hukum dan harapan pelanggan. Seorang manajer kualitas, kadang-kadang disebut manajer jaminan kualitas, mengkoordinasikan kegiatan yang diperlukan untuk memenuhi standar kualitas. Penggunaan alat statistik diperlukan untuk memantau semua aspek layanan, ketepatan waktu, dan manajemen beban kerja.
- ***Konsultan peningkatan proses/Process improvement consultants*** mengambil alih aktivitas yang mencakup merancang dan mengimplementasikan aktivitas seperti produksi lean, six sigma, dan rencana pengurangan waktu siklus dalam proses layanan dan manufaktur.
- ***Analis*** adalah anggota kunci dari tim operasi yang mendukung manajemen data, pelaporan klien, proses perdagangan, dan penyelesaian masalah. Mereka menggunakan metode analitis dan kuantitatif untuk memahami, memprediksi, dan meningkatkan proses SC.
- ***Manajer produksi*** terlibat dalam perencanaan, koordinasi, dan pengendalian proses manufaktur. Mereka memastikan bahwa barang dan jasa diproduksi dengan biaya dan tingkat kualitas yang tepat.
- ***Manajer layanan*** merencanakan dan mengarahkan tim layanan pelanggan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan mendukung operasi perusahaan.
- ***Manajer sumber*** terlibat dengan aspek pengembangan produk dan proyek pengadaan barang dagangan. Mereka melakukan analisis Supplier, mengevaluasi Supplier potensial, dan mengelola proses kualifikasi Supplier secara keseluruhan, mengembangkan dan membuat rencana pengadaan, mengelola permintaan proposal dan dokumen sumber lainnya, serta mengevaluasi dan merekomendasikan keputusan pembelian dan pengadaan.
- ***Manajer logistik internasional*** bekerja sama dengan manufaktur, pemasaran, dan pembelian untuk menciptakan SC global yang efisien dan efektif.
- ***Pengelola transportasi*** bertanggung jawab atas pelaksanaan, pengarahan, dan koordinasi transportasi. Mereka memastikan transportasi yang tepat waktu dan hemat biaya untuk semua pengiriman masuk dan keluar.
- ***Manajer gudang*** bertanggung jawab untuk mengelola inventaris, menghindari kehabisan stok, dan memastikan pengisian bahan dengan biaya minimal.
- ***Manajer risiko*** menganalisis kemungkinan risiko, mengembangkan operasi proaktif dan desain SC, memantau risiko, dan mengoordinasikan kegiatan untuk stabilisasi dan pemulihan jika terjadi gangguan.

Karena semua organisasi memiliki fungsi operasi, ada banyak sektor yang membutuhkan SCOM. Sektor-sektor tersebut membutuhkan SCOM, namun tidak terbatas pada:

- Perusahaan manufaktur
- Perusahaan ritel
- Logistik
- Perusahaan konsultan

- Perusahaan TI
- Rumah Sakit
- Bank dan perusahaan asuransi
- Restoran
- Maskapai penerbangan dan bandara
- Taman hiburan
- Perusahaan bangunan dan konstruksi
- Perusahaan transportasi umum
- Agensi pemerintahan
- perusahaan penelitian.

SC dan manajer operasi bekerja di lingkungan yang menarik dan dinamis. Lingkungan ini merupakan hasil dari berbagai kekuatan yang menantang, mulai dari globalisasi perdagangan dunia hingga transfer ide, produk, dan uang melalui internet. Beberapa tantangan tersebut adalah sebagai berikut:

- digitalisasi dan teknologi pintar *(smart technology)*
- globalisasi dan kolaborasi dengan Supplier dan pelanggan di seluruh dunia
- risiko dan ketahanan
- analitik prediktif dalam meningkatkan penjualan, promosi, dan perkiraan
- siklus hidup produk yang lebih pendek dan teknologi, bahan, dan proses yang berubah dengan cepat (misalnya, manufaktur aditif, Internet of Things, dan Industri 4.0)
- keberlanjutan dan kustomisasi massal
- persyaratan yang lebih tinggi pada pengetahuan dan kompetensi multidisiplin.

Wawasan Praktis

Keunggulan dalam Suplai Chain dan Manajemen Operasi telah menjadi keunggulan kompetitif bagi perusahaan. Ini membutuhkan pemimpin jenis baru untuk mengelola kompleksitas, risiko, dan keragaman dalam SC dan operasi global. Buku teks ini memberikan keterampilan strategis, manajemen, dan analitis yang Anda butuhkan untuk memulai karir internasional Anda di SCM global, operasi, dan logistik. Tiga pilar membangun kerangka buku teks: orientasi praktis dan penciptaan pengetahuan kerja, fokus metodis, dan pengembangan pribadi siswa pengembangan komunikasi tingkat lanjut, interaksi, dan keterampilan organisasi dengan bantuan studi kasus dan permainan simulasi bisnis.

Karier di SCOM membuka banyak peluang. Pekerjaan itu sendiri beragam, karena berbagai tugas yang diselesaikan oleh SC dan manajer operasi. Keuntungan lainnya adalah pendapatan yang diharapkan sangat tinggi, terutama manajer operasi yang berpengalaman. Di sisi lain, mungkin ada jam kerja yang panjang dan stres. Manajer operasi dan SC umumnya harus bekerja dalam lingkungan yang berubah, sehingga mereka harus fleksibel. Seperti yang dapat diamati dalam tawaran pekerjaan nyata, manajer yang fleksibel dengan keinginan untuk sering bepergian selalu dibutuhkan.

1.7 POIN PENTING BAHASAN UTAMA

Operasi adalah fungsi atau sistem yang mengubah input menjadi output yang bernilai lebih besar. Manajemen operasi terlibat dengan mengelola sumber daya untuk menghasilkan dan memberikan produk dan layanan. Ini mencakup tahapan sourcing, produksi, distribusi, dan purna jual. Suplai Chain adalah jaringan organisasi dan proses di sepanjang rantai nilai secara keseluruhan. SCM adalah filosofi kolaboratif dan seperangkat metode dan alat untuk

mengintegrasikan dan mengoordinasikan proses logistik lokal dan hubungannya dengan proses produksi dari perspektif keseluruhan rantai nilai dan kinerja totalnya.

SCOM ada di mana-mana: dalam produksi, logistik, perawatan kesehatan, maskapai penerbangan, taman hiburan, transportasi penumpang, hotel, gedung dan konstruksi, dll. Tujuan utama SCOM adalah biaya, waktu, kualitas, dan ketahanan. Karir adalah SCOM multi-faceted dan membutuhkan pengetahuan multidisiplin yang terdiri dari unsur-unsur dari administrasi bisnis, optimasi, teknik, dan sistem informasi. Contohnya termasuk masalah logistik, manajemen gudang, optimasi transportasi, optimasi kuantitas pengadaan, manajemen inventaris, desain cross-docking, desain terminal antar moda, dll. Dengan demikian, manajemen produksi berurusan dengan optimasi di jalur perakitan, sel produksi, dll. Masalah SCM termasuk Suplai Chain desain, perencanaan permintaan, dan koordinasi suplai.

BAB 2
SCOM
(Suplai Chain and Operational Manager)

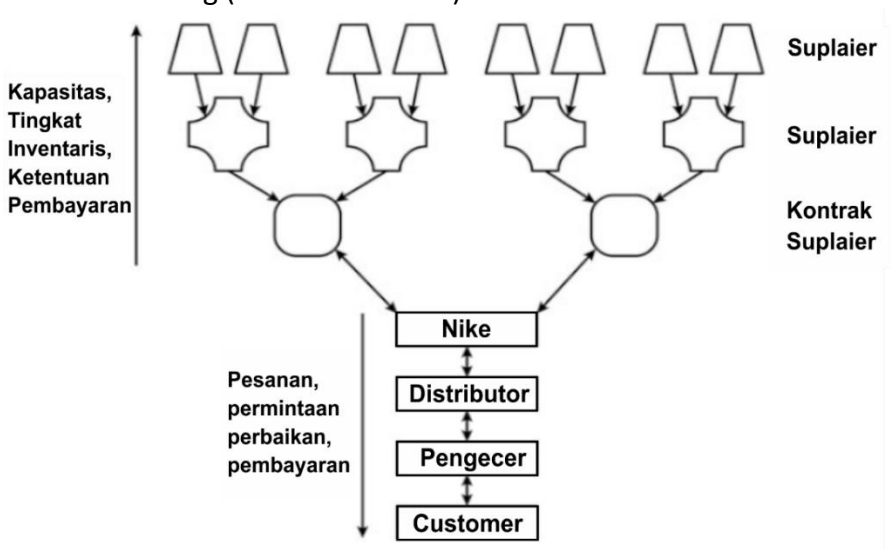
2.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Contoh SCOM di bidang manufaktur
- Contoh SCOM dibidang layanan/jas
- Contoh e-operasi dan Suplai Chain

2.2 CONTOH OPERASI DAN SUPLAI CHAIN DI BIDANG MANUFAKTUR

Nike: Strategi Pengadaan dalam Suplai Chain Terintegrasi

Sejak pendiriannya, Nike telah berkembang menjadi perusahaan global yang menyediakan training dan pakaian olahraga untuk pelanggan di seluruh dunia. Sekarang perusahaan ini memiliki beberapa merek, beroperasi di 170 negara, mempekerjakan 38.000 staf, dan memiliki 100 penjualan dan 65 kantor administrasi di seluruh dunia. Nike memiliki 700 toko ritel dan bekerja dengan 900 pabrik yang dikontrak, yang memproduksi berbagai macam produk untuk Nike. Pendapatan Nike pada tahun 2012 adalah Rpp. 24,1 triliun, biaya penjualan adalah Rp. 13,6 triliun, dan persediaan adalah Rp. 3,4 triliun. Strategi pengadaan *(Sourhcing Strategy)* sangat penting bagi Nike karena strategi produksi dan logistik perusahaan didasarkan pada outsourcing (lihat Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Suplai Chain Nike

Nike menjalankan strategi konsolidasi sumber jangka panjang dan merampingkan operasi SC-nya. Pada tahun 2007 Nike mulai menilai basis manufaktur kontraknya dan melakukan strategi multi-tahun untuk:

- merampingkan SC untuk fokus pada sejumlah kelompok manufaktur kontrak;
- membangun sumber dasar yang kuat dan berkelanjutan untuk efisiensi operasional yang lebih besar dan pertumbuhan di masa depan;
- mengidentifikasi sub-kontraktor yang mampu memberikan kinerja produk dan inovasi terbaik;
- menyelaraskan sub-kontraktor dalam hal prinsip tanggung jawab perusahaan Nike.

Nike telah beralih dari fokus pengurangan risiko—yang mencurahkan waktu dan perhatian pada kinerja pabrik terendah—ke strategi yang menginvestasikan waktu dan perhatian dalam memperkuat hubungan dengan pabrik yang beroperasi pada tingkat kinerja tertinggi. Indeks manufaktur/*Manufacture Index* (MI) baru diterapkan pada tahun 2012. Indeks ini mengintegrasikan skor dari area kinerja utama ke dalam peringkat papan skor tunggal yang mengelompokkan pabrik sebagai Gold, Silver, Bronze, Yellow, atau Red.

Pabrik kontrak yang mampu secara konsisten melampaui persyaratan Nike di bidangnya, bobot yang sama, kualitas, biaya, pengiriman, dan manajemen kinerja keberlanjutan, dan yang menunjukkan kepemimpinan kinerja yang konsisten di industri akan mencapai peringkat Silver di MI. Pabrik kontrak yang melampaui industri dan menunjukkan inovasi dan kinerja benchmark dalam lanskap manufaktur yang lebih luas akan mencapai Gold. Paling tidak, pabrik-pabrik di SC Nike diharapkan untuk mencapai dan mempertahankan peringkat Bronze, yang menunjukkan bahwa pabrik tersebut memenuhi standar dasar dan dapat mengatur diri sendiri melalui sistem terintegrasi dan pendekatan lean.

MI menciptakan satu skor keseluruhan untuk setiap pabrik kontrak, memungkinkan percakapan yang konsisten dan komprehensif tentang bisnis Nike dengan pabrik tersebut. Nike mengembangkan insentif dan sanksi berdasarkan peringkat MI. Misalnya, pabrik dengan peringkat Silver dan Gold akan dapat mengaudit sendiri dan mengkalibrasi dengan staf Nike dan akan memiliki akses ke berbagai bantuan teknis, kepemimpinan, dan sumber daya pendidikan Nike, serta kemungkinan inovasi atau investasi bersama dan prioritas masyarakat. pertimbangan untuk pesanan.

Nike memprakarsai beberapa skema untuk membuat SC-nya lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Nike telah membentuk Sustainable Manufacturing & Sourcing-Sustainable—struktur organisasi baru di dalam perusahaan yang telah menyatukan kepatuhan tenaga kerja, kesehatan, keselamatan, dan lingkungan, lean manufacturing, manajemen sumber daya manusia, iklim dan energi, serta pengelolaan limbah dan air. Pada tahun 2005, Nike mengungkapkan daftar pabriknya. Peta SC Nike dapat dilihat secara online di http://nikeinc.com/pages/manufacturing. transparansi seputar remediasi untuk mendorong peningkatan kepatuhan di seluruh industri.

Mitra dalam Aksi Nike

Hingga saat ini, Nike.Inc bekerja dengan berbagai mitra, termasuk supplier, bisnis lain, pemerintah, organisasi multi-*stakeholder*, serikat pekerja, organisasi masyarakat sipil dan lainnya untuk mengatasi risiko dan untuk memperkuat ketahanan dan kemampuan suplai chainnya

Nike juga berinvestasi dalam Koalisi Pakaian Berkelanjutan, Asosiasi Buruh yang Adil/*Fair Labour Asociation* (FLA), Program *Better Work*, dan Program Konvergensi Buruh Sosial. Organisasi-organisasi ini merupakan bagian integral untuk mengembangkan kemampuan manajemen dalam fasilitas Supplier, mengukur kinerja sosial dan berinvestasi dalam kondisi kerja di seluruh industri. Selain itu, Nike juga bekerja dengan organisasi-organisasi ini dalam standar, alat, program, dan advokasi bersama.

Kemitraan Global Nike

Beberapa afiliasi terjadi di tingkat negara. Misalnya, di Indonesia, Nike adalah penandatangan asli Protokol Kebebasan Berserikat 2011 di Indonesia, yang ditandatangani oleh serikat pekerja, Supplier, dan manufaktur merek terkemuka di negara ini. Protokol memberikan kerangka implementasi bagi Supplier untuk mendukung kegiatan serikat pekerja untuk sepenuhnya menghormati hak pekerja untuk bergabung dengan serikat pekerja yang mereka pilih dan untuk berunding bersama. Nike bertemu secara teratur dengan Komite Nasional untuk meninjau kemajuan dan mendiskusikan peluang lebih lanjut untuk perbaikan.

Nike juga berupaya mengatasi risiko lebih dalam di rantai pasokan, dengan fokus pada memajukan pendekatan industri dan alat kolaboratif melalui asosiasi yang ada. Nike bekerja sama dengan mitra seperti FLA dan Better Cotton Initiative, yang berupaya mengatasi risiko hak asasi manusia yang kritis. Misalnya, Nike bergabung dengan proyek yang difasilitasi oleh FLA bersama dengan İyi Pamuk Uygulamalari Derneği (IPUD), serta beberapa merek internasional lainnya untuk meningkatkan praktik ketenagakerjaan di sektor kapas Turki. Proyek ini berfokus pada pencegahan dan penanganan pekerja anak dan peningkatan praktik perekrutan tenaga kerja bagi pekerja migran di tingkat pertanian.

Penguatan Hukum

Di luar standar dan program, Nike mengadvokasi secara terbuka untuk memperkuat undang-undang setempat yang melindungi hak-hak pekerja. Pada tahun 2017 nike bergabung dengan FLA, merek dan pengecer lain untuk mengadvokasi reformasi legislatif terkait kebebasan berserikat dan perundingan bersama di Meksiko. Nike bergabung dengan 20 merek dan organisasi pakaian dan alas kaki lainnya dalam sebuah surat kepada Pemerintah Turki untuk menyesuaikan program izin kerja guna meningkatkan kondisi bagi pengungsi Suriah yang mencari pekerjaan di Turki. Kami juga menganjurkan untuk memasukkan ketentuan tenaga kerja dan lingkungan ketika perjanjian perdagangan bebas dinegosiasikan**.**
Nike terus mencari peluang untuk membantu mendukung supplier-nya. Misalnya, kemitraan kami dengan International Finance Corporation, yang didirikan pada tahun 2016, menawarkan pabrik-pabrik yang mematuhi Kode Etik nike dengan persyaratan pembiayaan yang lebih baik. Sejauh ini, 23 pabrik saat ini memanfaatkan program ini karena kinerja berkelanjutan mereka yang berkelanjutan.

Tidak ada satu organisasi pun yang dapat menyelesaikan semua tantangan sosial dan lingkungan yang dihadapi. Solusi memerlukan masukan dan kolaborasi dari beragam pemangku kepentingan termasuk pemerintah, bisnis, serikat pekerja, masyarakat sipil, dan konsumen. Nike terus bekerja dengan pemangku kepentingan lainnya untuk mengidentifikasi alat dan pendekatan kreatif untuk memajukan hak asasi manusia dan bisnis yang berkelanjutan.

Nike terus mengadvokasi pendekatan di seluruh sistem untuk mengatasi tantangan keberlanjutan dalam industri pakaian jadi dan alas kaki karena kami percaya bahwa tidak ada satu pun perusahaan atau organisasi yang dapat menyelesaikan tantangan keberlanjutan terberat saat ini sendirian.

Salah satu tantangannya adalah beragamnya metodologi pengukuran kinerja berkelanjutan, alat pengumpulan data, dan metode audit yang digunakan di industri nike. Nike juga percaya alat penilaian standar akan membuka jalan bagi pengukuran dan tolok ukur yang lebih akurat untuk mendorong kolaborasi dan kemajuan.

Koalisi Pakaian Berkelanjutan

Koalisi Pakaian Berkelanjutan (SAC), dengan keanggotaan luas lebih dari 250 merek pakaian, alas kaki dan tekstil rumah terkemuka, pengecer, Supplier, afiliasi, dan institusi akademik, adalah platform kolaborasi yang ideal untuk menetapkan standar pengukuran kinerja universal.

Koalisi, melalui rangkaian alat penilaian online Higg Index, berupaya menstandardisasi pengukuran dampak lingkungan dan sosial dari produk pakaian jadi, alas kaki, dan tekstil rumah. Berbagai modul Higg Index dibangun di atas pendekatan umum untuk mengukur dan mengevaluasi kinerja keberlanjutan merek, produk, dan rantai pasokan secara holistik dan konsisten.

Standar dan alat industri ini akan memungkinkan Supplier nike untuk lebih cepat meningkatkan kinerja sosial dan lingkungan fasilitas mereka sambil juga menyelaraskan

dengan badan pengatur. Membangun kolaborasi Nike dengan SAC, kami membagikan Indeks Keberlanjutan Material di seluruh industri.

Higg Facility Environment Module (FEM) adalah alat penilaian mandiri yang membantu menentukan kinerja lingkungan suatu fasilitas, membandingkannya dengan rekan-rekan, dan mengomunikasikan hasilnya. Penilaian tahunan dapat diverifikasi oleh verifikator pihak ketiga yang disetujui SAC.

Nike saat ini menggunakan Modul Lingkungan Fasilitas Higg untuk menilai dan memverifikasi informasi dari Supplier barang jadi dan Supplier bahan dalam lingkup kami untuk praktik kinerja lingkungan dasar.

Program Konvergensi Sosial dan Tenaga Kerja

Nike adalah penandatangan Program Konvergensi Tenaga Kerja Sosial/*Social Labour Convergence Program* (SLCP), prakarsa perintis yang berupaya mengembangkan cara industri yang sederhana, terpadu, dan efektif untuk menilai kondisi tenaga kerja, kesehatan, dan keselamatan di pabrik, dengan tujuan menggantikan audit kepemilikan saat ini. alat yang digunakan oleh masing-masing perusahaan. Ini akan mengurangi jumlah audit, meningkatkan efisiensi industri, mengurangi biaya terkait audit dan memungkinkan organisasi yang berpartisipasi untuk menginvestasikan sumber daya yang sebelumnya ditujukan untuk audit kepatuhan ke dalam peningkatan kondisi sosial dan tenaga kerja. Ini juga akan menjadi langkah ke arah yang memungkinkan pendekatan yang lebih kolaboratif untuk mengatasi risiko dan peluang di industri.

Hal ini juga didasarkan pada model kepemilikan Supplier yang sejalan dengan pendekatan Nike terhadap kinerja yang berkelanjutan dan konsisten. Nike telah terlibat secara aktif dalam mendukung pengembangan alat ini dan metodologi verifikasi serta merintis pendekatan ini dalam rantai pasokan nike.

Diskusi

- Apa keuntungan dan kerugian yang Anda lihat dalam strategi outsourcing?
- Pilih dan hitung setidaknya dua indikator kinerja untuk mengevaluasi kinerja manajemen inventaris di Nike!
- Apa pendapat Anda tentang MI di Nike dari posisi manufaktur kontrak?

SILOG (Semen Indonesia Logistik)

Membangun Manajemen Suplai Chain yang Canggih di Indonesia

Ekonomi Indonesia telah mengalami perubahan mendasar selama dekade terakhir. Namun, di sebagian besar negara Indonesia, khususnya negara berpenghasilan rendah, infrastruktur muncul sebagai kendala utama dalam bisnis. Jaringan distribusi Indonesia terdiri dari saluran air, saluran udara, kereta api, jalan, dan pipa. Semen Indonesia Group adalah salah satu konglomerat bisnis yang paling beragam di Indonesia dengan reputasi praktik bisnis dan kualitas produk yang sangat baik. Kegiatan grup ini meliputi pembuatan semen, gula, makanan, dan pemurnian gula dan garam, tepung penggilingan, dan manajemen pelabuhan logistik.

SC dari SILOG memiliki struktur sebagai berikut (lihat Gambar 2.2): SILOG adalah perusahaan semen yang terintegrasi penuh dan memiliki proyek dan operasi di Indonesia. Kapasitas produksi SILOG terdiri dari beberapa pabrik semen yang ada di Gresik, Surabaya, dab beberapa kota lainnya. Kapasitas produksi gabungan mereka adalah sekitar 20 juta ton per tahun. Pabrik Semen Obajana (OCP) yang terletak di Negara Bagian Jawatimur terkenal sebagai salah satu pabrik semen terbesar di Indonesia. Grup SILOG telah mengalami pertumbuhan dalam kualitas barang dan jasanya, dengan fokus pada keunggulan biaya dan efisiensi sumber daya manusianya. Fokus bisnis inti grup ini adalah menyediakan produk dan layanan lokal yang memenuhi kebutuhan dasar penduduk. Melalui pembangunan dan

pengoperasian fasilitas manufaktur skala besar di seluruh Indonesia, grup ini berfokus pada pembangunan kapasitas manufaktur lokal untuk menciptakan lapangan kerja dan menyediakan barang-barang berkualitas tinggi.



Gambar 2.2 Suplai Chain SILOG

Bahan baku yang diperlukan untuk memproduksi semen (kalsium karbonat, silika, alumina, dan bijih besi) umumnya diekstraksi dari batuan stok kapur, kapur, sekis lempung, atau tanah liat. SILOG memiliki atau memiliki lisensi untuk tambang/deposit yang berlokasi di dekat pabrik mereka. Operasi SILOG di Indonesia yang diperluas akan mencakup pabrik di Jawa Tengah, Jawa Barat dan Luar pulau lainnya. Perusahaan telah menggunakan laboratorium robot modern di semua pabrik semennya. Laboratorium modern ini dioperasikan oleh personel terlatih dan dilengkapi dengan teknologi, praktik, dan standar terbaru.

Manajemen rantai persediaan

SILOG telah mengadopsi model SCM yang terintegrasi penuh. SC dikelola sebagai satu kesatuan, sehingga memastikan aliran informasi ke seluruh sistem. Semen Indonesia berjalan dengan model make-to-order terintegrasi yang membutuhkan pelacakan permintaan pelanggan secara real time. Inilah alasan mengapa SILOG mengadopsi CPFR (prakiraan perencanaan kolaboratif, dan pengisian ulang): untuk menyeimbangkan permintaan dan suplai dengan bantuan distributor dan pengecer. Semua anggota SC terlibat dan dengan bebas berbagi informasi perencanaan, permintaan, prakiraan, dan inventaris di antara mereka sendiri. Kolaborasi dipastikan dalam menyusun rencana produksi, pemasaran dan pengiriman. Semua proses, dari ekstraksi bahan mentah, melalui proses nilai tambah hingga saluran distribusi, saling terkait di dalam organisasi.

Manajemen Logistik

Tantangan terbesar bagi SILOG, dan bagi industri, adalah mengatasi biaya logistik dan distribusi, karena semen harus dipindahkan ke pasar dari pusat-pusat produksi. Menjadi salah satu produsen semen terbesar di Indonesia, perusahaan menggunakan transportasi laut yang hemat biaya untuk memasok operasi. Dua terminal air ekspor khusus yang terletak di Tanjung Perak, Tannjung Priuk dan Tanjung Mas digunakan untuk mengangkut semen melalui transportasi internasional ke pasar mereka. Transportasi jalan raya merupakan bentuk transportasi yang paling banyak digunakan oleh SILOG. Ini adalah satu-satunya pilihan untuk negara-negara terkurung daratan dan yang paling layak di sebagian besar negara Indonesia karena infrastruktur kereta api yang buruk (perusahaan sedang berkonsultasi aktif dengan berbagai pemerintah untuk kemungkinan kebangkitan kereta api untuk memungkinkan biaya distribusi yang lebih murah).

SILOG menikmati keuntungan dari armada transportasi internal untuk memastikan efisiensi SC. Perusahaan memiliki armada truk dan memiliki anak perusahaan yang menyediakan layanan pengangkutan dengan armada lebih dari 3000 truk dengan persyaratan kompetitif secara komersial kepada anggota grup untuk memfasilitasi pengangkutan bahan

baku dari pelabuhan laut ke pabrik yang berlokasi di darat, dan untuk distribusi barang jadi. Armada truk dan pengangkutan dipantau oleh sistem pelacakan dan pelacakan/*trace and tracking* (T&T). SILOG memiliki depot dan gudang sendiri di beberapa lokasi untuk melayani berbagai dealer, serta pembeli korporasi dan institusi.

Armada tersebut ditempatkan secara strategis di seluruh wilayah di Indonesia untuk memastikan semen perusahaan memiliki akses ke setiap sudut negara. Untuk mengurangi gangguan apa pun, pusat transportasi regional didukung oleh bengkel yang lengkap untuk mengambil tindakan pencegahan dan melakukan pemeliharaan. Perusahaan menerapkan solusi logistik ilmiah untuk menemukan cara distribusi yang efektif.

Manajemen Distribusi

Transportasi dan penyimpanan semen membutuhkan modal yang besar karena rasio volume terhadap berat produk yang tinggi. SILOG mengadopsi pendekatan pragmatis sarobus untuk memastikan aliran material yang lancar di seluruh jaringan distribusi. Ini penting untuk memenuhi permintaan pelanggan setiap saat sambil meminimalkan biaya SC. SILOG pertama kali mulai beroperasi di Indonesia sebagai importir dan membangun enam terminal. Segera setelah itu, sektor semen Indonesia menjadi mandiri, dan, sebagai hasilnya, dua terminal yang dibangun untuk mengimpor semen sekarang digunakan untuk ekspor. Selain itu, terminal baru di negara tetangga lainnya telah dibangun untuk memperluas SC dan mendistribusikan semen melalui jalan darat melalui jaringan suplai dan ke pelanggan.

SILOG kini telah berinvestasi di berbagai lokasi strategis untuk depot di seluruh Indonesia untuk memastikan suplai yang cepat. SILOG memiliki dan mengoperasikan 67 gudang dan depot semen yang tersebar di berbagai lokasi strategis di Indonesia untuk melayani pasar lokal. Mereka melayani daftar distributor resmi yang terus bertambah yang menjual semen dalam kantong ke pengecer dan pengguna massal. Perusahaan memelihara hubungan dekat dengan semua dealer, menawarkan pengembalian yang menarik atas penjualan semen serta mendukung dealer dengan suplai yang cepat melalui pengangkutan khusus atau melalui transportasi pihak ketiga.

SILOG baru-baru ini meluncurkan upaya khusus untuk mendaftarkan dealer dan distributor baru dengan proses pendaftaran langsung online yang disederhanakan untuk lebih memperkuat jaringan distribusinya. *Sistem Vendor Managed Inventory* (VMI) digunakan untuk menjaga persediaan semen yang memadai setiap saat atas nama SILOG berdasarkan ketentuan perjanjian kontrak dengan distributor resmi. Pengecer pada gilirannya membeli semen dalam jumlah besar dari distributor resmi dan menjualnya dalam jumlah eceran kepada pengguna akhir tingkat rendah.

SILOG baru-baru ini memperluas kemampuannya untuk mengirimkan semen langsung ke pelanggan dengan berinvestasi pada truk tambahan dan pusat panggilan untuk menangani pesanan pelanggan. Model distribusi seperti itu membantu perusahaan meningkatkan pangsa pasarnya dengan menyediakan lebih banyak pilihan bagi pelanggan dan dengan layanan bernilai tambah.

Manajemen Keberlanjutan

Pembuatan semen menyebabkan dampak lingkungan di semua tahap. Ini termasuk emisi polusi udara dalam bentuk debu, gas, kebisingan, dan getaran dari pengoperasian mesin dan peledakan di tambang, dan kerusakan pedesaan dari penggalian. Peralatan untuk mengurangi emisi debu selama penggalian dan pembuatan semen banyak digunakan. Semakin banyak peralatan untuk menjebak dan memisahkan gas buang semakin banyak digunakan. Perlindungan lingkungan juga mencakup reintegrasi tambang ke pedesaan setelah ditutup dengan mengembalikannya ke alam atau mengolahnya kembali. Beberapa langkah keberlanjutan perusahaan meliputi: penggunaan filter untuk emisi debu minimal; penggunaan

bahan bakar fosil untuk mengurangi emisi gas rumah kaca; penggunaan gas bumi untuk pembangkit tenaga listrik; manufaktur bebas debu dengan menutupi konveyor bahan mentah dan proses; penggunaan ban berjalan tertutup dari tambang batu kapur ke pabrik untuk meminimalkan pergerakan kendaraan; penggunaan kantong polypropylene ramah lingkungan untuk pengemasan; pemanfaatan air hujan untuk mendinginkan tanaman; dan instalasi pengolahan air untuk penggunaan kembali air.

Diskusi

- Masalah apa yang mungkin dialami SILOG di masa depan terkait SC-nya?
- Mengapa armada transportasi milik sendiri menjadi keuntungan bagi SILOG? Dapatkah Anda melihat risiko dalam memiliki armada transportasi milik sendiri?
- Jelaskan jaringan produksi, logistik, dan distribusi SILOG!
- Bagaimana produk utama SILOGCement mempengaruhi strategi produksi, logistik, dan distribusinya?
- Apa pendapat Anda tentang pengenalan pengiriman langsung ke pelanggan?

Toyota: Manajemen Gangguan Suplai Chain

Fokus khusus SCOM di Toyota adalah manajemen risiko dan gangguan. Banyak bagian SC Toyota berada di area yang kemungkinan akan terkena gempa. Dengan demikian, risiko bahwa SC Toyota mungkin menderita akibat bencana tersebut meningkat, dan kerusakan tersebut dapat berdampak parah pada produksi dan aktivitas lainnya. Mengingat konteks ini, penting untuk mengasumsikan bahwa Toyota, dengan sumber dayanya yang terbatas, akan sangat menderita akibat bencana semacam itu dan karenanya harus membuat persiapan untuk mempengaruhi pemulihan dini. Untuk alasan ini, Toyota menilai kembali rencana kelangsungan bisnisnya. Premis utama dari rencana kesinambungan bisnis Toyota bekerja pada kesiapsiagaan sebelum dan pemulihan setelah bencana terjadi.

Sebagai bagian dari kesiapsiagaan, Toyota mengatasi kesulitan "fragmentasi energi, informasi, dan jaringan transportasi" begitu bencana terjadi, dan mengembangkan mobil hibrida untuk Polisi Prefektur Miyagi, yang dipasang dengan sistem penyediaan daya eksternal. Selain memberikan efisiensi bahan bakar dan kinerja lingkungan yang baik dalam operasi normal, selama bencana mobil-mobil ini dapat digerakkan dengan bahan bakar atau listrik, dan bahkan memiliki fungsi catu daya yang memungkinkan listrik diambil dari mobil.

Bantuan Toyota dalam pemulihan bencana diilustrasikan dengan mengirimkan pekerjanya ke lokasi produksi yang terkena bencana di mana mereka dapat terlibat dalam berbagai kegiatan, seperti memulihkan fasilitas dan mendistribusikan suplai bantuan bencana. Sukarelawan pekerja dari Toyota Corporation terus membantu upaya pemulihan untuk individu-individu di tengah bencana yang paling parah. Toyota juga memberikan dukungan material: truk dengan suplai bantuan dari Toyota Corporation yang dikumpulkan di dua lokasi produksi lokal.

Belajar dari pengalaman sebelumnya, Toyota telah menyiapkan kerangka kerja nasional yang memanfaatkan gudang dan jaringan logistik di seluruh Jepang untuk mengirimkan suplai bantuan ke daerah-daerah yang terkena bencana. Selain menimbun suplai darurat di 34 distributor nasional, Toyota juga telah membangun kerangka kerja untuk mengirimkan suplai bantuan kepada distributor yang terkena bencana. Dengan mempertimbangkan kemungkinan masalah seperti kekurangan bahan bakar motor, kerangka kerja ini penting untuk memberikan dukungan yang cepat dan andal kepada situs yang terkena bencana.

Komite manajemen risiko di Toyota menyelenggarakan pertemuan dua kali setahun untuk mengidentifikasi risiko yang dapat mempengaruhi kegiatan bisnis dan mengambil

tindakan pencegahan terhadap dampak negatif dari risiko tersebut. Anggota komite termasuk *chief risk officer global* (CRC), CRS regional, dan semua manajer senior dan *chief officer*. Mereka bekerja untuk mengelola dan mencegah risiko utama di kawasan dan melaporkan setiap gangguan langsung dan serius.

Tesla Gigafactory

Tesla Gigafactory adalah proyek pengembangan besar dari produsen mobil listrik AS Tesla, yang bekerja sama dengan mitra strategis seperti Panasonic. Gigafactory akan melayani tujuan strategis jangka panjang Tesla untuk memproduksi baterai lithium-ion dalam jumlah yang cukup, yang diperlukan untuk memproduksi armada kendaraan listrik yang lebih besar di masa depan dan untuk merombak industri otomotif dengan pembangkit energi yang berkelanjutan. Pada tahun 2018, Gigafactory akan mencapai kapasitas penuh, memproduksi lebih banyak baterai dalam satu tahun daripada yang diproduksi pada tahun 2013 secara global (Tesla 2017).

Gigafactory akan berlokasi di Nevada, dan pekerjaan konstruksi dimulai pada Juni 2014 (Tesla 2017). Pada awal 2017, Gigafactory Tesla mulai memproduksi baterai pertama, meskipun hanya 30% dari keseluruhan proyek yang diselesaikan pada saat itu. Gigafactory akan mencakup area seluas 530.000 m2, yang menjadikannya bangunan manufaktur terbesar di dunia. Bekerja dengan kapasitas penuh, Gigafactory akan mampu memproduksi baterai berkapasitas 35 gigawatt-hours (GWh) setiap tahun, yang cukup untuk memberi daya pada 1,5 juta Tesla Model 3s. Selain memproduksi baterai lithium-ion, Tesla juga berencana memproduksi mesin listrik dan komponen transmisi di Gigafactory. Atap Gigafactory akan ditutupi oleh pembangkit listrik tenaga surya 70 MW dengan tujuan mencapai energi nol bersih. Sebanyak 10.000 orang akan bekerja di Gigafactory, sementara 20.000–30.000 pekerjaan baru lainnya akan tercipta di bidang terkait Supplier dan penyedia layanan (Auto Motor Sport 2017; Manajer majalah 2017).

Secara keseluruhan, biaya untuk proyek Gigafactory berjumlah 5 miliar Dolar AS (atau sekitar 70 triliunan rupiah). Tetapi Tesla mengharapkan peningkatan yang menguntungkan dari investasi itu. Gigafactory akan mampu memproduksi baterai dengan biaya yang jauh lebih rendah menggunakan skala ekonomi, manufaktur inovatif, pengurangan limbah, dan optimalisasi sederhana untuk menempatkan sebagian besar proses manufaktur di bawah satu atap. Karena manfaat ini, Tesla berharap dapat menurunkan biaya per kilowatt hour (kWh) baterai lebih dari 30% (Auto Motor Sport 2017; Tesla 2017). Bos Tesla, Elon Musk, merujuk pada proyek pengembangan saat ini sebagai Gigafactory1, menunjukkan bahwa akan ada proyek Gigafactory tambahan menyusul di masa depan, yang selanjutnya berpotensi di Eropa dan Asia (Majalah Manajer 2017). Saat ini tesla sudah mulai berkembang dan masuk ke beberapa negara maju dan berkembang, seperti korea selatan dan juga indonesia (2019).

Diskusi

- Mengapa Tesla memulai proyek skala besar ini?
- Apa yang perlu dipikirkan ketika memilih lokasi yang tepat untuk proyek semacam itu?
- Apa yang perlu diperhatikan dalam Perencanaan Fasilitas?
- Apa tantangan dan masalah potensial untuk Gigafactory seperti itu?

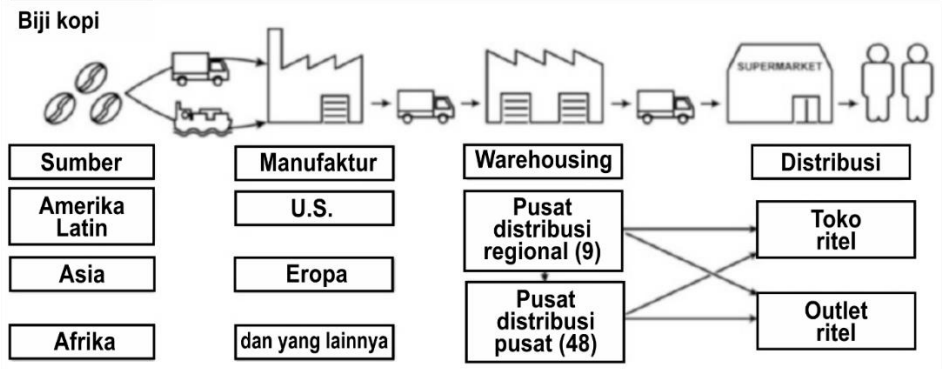
2.3 CONTOH OPERASI DAN SUPLAI CHAIN DALAM LAYANAN

SCOM di Restoran: Studi Kasus Starbucks Corporation

Starbucks Corporation, didirikan pada tahun 1971, adalah salah satu rantai kedai kopi terbesar di dunia, dengan lebih dari 17.240 kedai kopi di lebih dari 50 negara. Portofolio produk Starbucks terdiri dari makanan, serta spesialisasi kopi, teh, dan minuman menyegarkan lainnya. Starbucks Corporation juga menawarkan kacang panggang dan

beberapa produk merchandise. Namun, produk utama Starbucks adalah kopi. Oleh karena itu, dan karena SC suplai global Starbucks yang besar dan kompleks, kasus ini hanya berfokus pada biji kopi. Secara khusus, strategi produksi dan sumber perusahaan serta jaringan transportasinya dipertimbangkan.

Seperti kebanyakan restoran, Starbucks menggunakan strategi produksi *"Make-to-Stock*," yang berarti produksi dilakukan dengan harapan pesanan pelanggan. Alasan memilih strategi ini termasuk efek skala yang menghasilkan biaya transportasi dan produksi yang lebih rendah dan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan strategi produksi lainnya. Untuk mengurangi waktu pengiriman kopi dan untuk lebih mengurangi biaya transportasi, Starbucks bertujuan untuk memproduksi di wilayah tempat kopi dijual. Untuk regionalisasi manufaktur kopi, Starbucks memiliki lima pabrik pemanggangan kopi, empat di antaranya berlokasi di Amerika Serikat dan kelima di Belanda. Selain pabrik pemanggangan kopi milik perusahaan, Starbucks bekerja dengan 24 produsen kontrak di Amerika Serikat, Kanada, Eropa, Asia, dan Indonesia.



Gambar 2.3 SC Starbucks

Starbucks telah menyebarkan produksinya ke wilayah yang luas. Namun demikian transportasi, logistik, dan distribusi masih merupakan bagian terbesar dari biaya operasional Starbucks. Keberadaan sistem tunggal, globallogistik yang efisien dan efektif sangat penting bagi perusahaan. Gambar 2.3 menunjukkan SC dari Starbucks Corporation. Perusahaan memiliki konsep multiple sourcing. Penyuplai kopi biji kopi sebagian besar berlokasi di Indonesia, Asia, dan Indonesia. Untuk memastikan sumber etis dari biji kopi berkualitas tinggi, Starbucks menggunakan praktik *Coffee and Farmer Equity* (CAFE). CAFE adalah seperangkat pedoman yang mengevaluasi aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan dari produksi kopi. Hal ini memungkinkan Starbucks untuk mengatasi masalah keberlanjutan yang telah menjadi sangat penting di SCM.

Starbucks menggunakan kapal dan truk untuk transportasi. Starbucks Corporation biasanya mengirimkan biji kopi yang belum dipanggang dalam wadah laut ke Amerika Serikat dan Eropa. Dari pelabuhan masuk, barang diangkut dengan truk ke tempat penyimpanan yang dekat dengan salah satu pabrik penyangraian kopi. Setelah biji kopi dipanggang dan dikemas, kopi dikirim ke pusat distribusi regional dengan truk. Secara total, Starbucks menjalankan sembilan pusat distribusi regional, lima di Amerika Serikat, dua di Eropa, dan dua di Asia. Masing-masing pusat distribusi mencakup 200.000 hingga 300.000 kaki persegi. Barang-barang lain yang dibutuhkan untuk menjalankan kedai kopi juga disimpan di sana. Dari pusat distribusi, produk dikirim baik langsung ke toko atau ke pusat distribusi pusat, yang merupakan gudang yang lebih kecil. Secara total, Starbucks Corporation memiliki 48 gudang pusat di seluruh dunia. Dari sana biji kopi dan produk lainnya sering diangkut dengan truk ke toko ritel dan gerai ritel.

Di Indonesia, Starbuck membuka gerai pertamanya “Startbucks Coffee Indonesia” di {laza Indonesia pada 17 mei 2002, dan pada Januari 2018 Starbucks Coffee Indonesia sudah berada di 326 lokasi berbeda di seluruh kota di Indonesia.

Diskusi

1. Jenis strategi produksi apa yang digunakan Starbucks Corporation dan mengapa?
2. Strategi sumber apa yang digunakan Starbucks dalam hal jumlah Supplier dan geografi?
3. Moda transportasi apa yang digunakan Starbucks?
4. Jenis jaringan transportasi apa yang digunakan Starbucks—pengiriman langsung atau melalui pusat distribusi?

***Manajemen Operasi Di Bandara Soekarno Hatta* JAKARTA**

Bandara Soekarno Hatta adalah salah satu yang terbesar di Indonesia dalam hal volume penumpang dan operasi pesawat. Seperti yang dilakukan semua bandara, di Bandara soekarnohatta membagi rentang prosesnya dalam dua area berbeda:

- Airside, tempat berlangsungnya kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan operasi pesawat, seperti approach, taxiing, dan turnaround (pengisian bahan bakar, push-back, dll.);
- Landside, area di sebelah terminal kegiatan (parkir, terminal bus, dll) Terminal merupakan komponen terpenting dari landside.

Pusat operasional bandara harus mengoordinasikan tidak hanya maskapai penerbangan dan kontrol lalu lintas udara (ATC), tetapi semua sub-aktor lain yang terlibat dalam proses tersebut seperti penumpang, pemerintah dan keamanan, perusahaan penanganan, bagasi, teknisi, dll. Dalam kasus Bandara Soekarnohatta, semua aktor, sub-aktor, dan pemangku kepentingan dikendalikan dan dikoordinasikan melalui airport management center (AMC) dengan filosofi real-time bandara modern.

Efektivitas suatu bandar udara secara langsung berkaitan dengan jumlah operasi start dan landing yang dilakukan per periode waktu. Tetapi apa yang terjadi jika pesawat yang datang tidak mendapatkan izin taxiway dari menara kontrol, atau tidak ada gerbang yang tersedia untuk parkir, atau tidak ada agen penanganan yang tersedia untuk memuat atau menurunkan bagasi? Oleh karena itu, AMC harus mengoordinasikan setiap operasi yang terjadi di bandara Madrid/Barajas, merencanakan setiap pergerakan dan dengan cepat menyelesaikan masalah atau konflik yang tidak terduga.

Tantangan khusus manajemen operasi di bandara adalah bahwa proses operasi sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal yang tidak pasti. Yang paling relevan adalah cuaca. Sebelum AMC dibuat, manajemen operasi dibentuk untuk bertindak sesuai dengan standar tertentu, tetapi ketika kondisi bervariasi (cuaca, penundaan pesawat, apron tidak beroperasi, stand, gerbang, dll.), sistem tidak dapat merespons secara efektif.

Akibatnya, pengelola bandara setuju untuk mengubah cara semua aktor dikoordinasikan, diperintahkan, dan dikendalikan. Hal ini menyebabkan AMC mengadopsi filosofi real-time. AMC adalah unit terpusat dari operasi bandara yang dibuat untuk mengelola semua aktivitas hariannya. Implementasi menjadi tantangan besar dan langkah terpenting yang pernah ada, dalam hal manajemen operasi, dilakukan di Madrid/Barajas.Tujuan dari area AMC adalah sebagai berikut: untuk menawarkan gambaran umum tentang fungsi bandara setiap saat; menyediakan titik kontak yang unik untuk operator, agen, dan divisi bandara; untuk mendukung pengelolaan sistem yang terintegrasi; dan untuk mengawasi tingkat layanan untuk mengoptimalkan sumber daya dan mengurangi biaya operasi.

Pelaksanaan AMC mempertimbangkan subdivisi baru dalam hal manajemen operasi, dan membuat mereka semua bekerja sama secara terkoordinasi dengan baik di ruang fisik

yang sama. AMC menjadi unit di mana empat subdivisi berbeda dari manajemen operasi bandara (Operasi Pesawat, Keamanan, Layanan Penumpang, dan Infrastruktur) berinteraksi dengan cepat dan efektif dalam situasi yang diharapkan atau tidak diharapkan dengan bantuan teknologi informasi seperti dinding video, kamera inframerah, PDA, dan perangkat komunikasi. Kasus berikut menjelaskan secara singkat bagaimana AMC beroperasi jika terjadi ramalan salju, yang biasanya terjadi di Madrid/Barajas setidaknya dua kali setiap musim dingin, dan untuk itu bandara mana pun harus disiapkan. Rencana aksi dibagi menjadi enam fase yang berbeda:

Fase 1: Pra-aktivasi

Saat METEO bandara memperkirakan kemungkinan hujan badai 40% atau lebih, ia akan menghubungi AMC, dan menyampaikan pesan penting. Manajer operasi memimpin dan mulai mengoordinasikan semua cara yang diperlukan untuk mempersiapkan bandara menghadapi situasi yang akan datang. Manajer yang bertugas memutuskan dengan koordinator yang berencana untuk mengaktifkan, dan cara untuk melanjutkan. Fase ini terdiri dari lokalisasi dan menginformasikan pemangku kepentingan, teknisi, dan pengemudi untuk memperingatkan mereka tentang situasi dan aktivasi rencana.

Fase 2: Pemosisian

Pada fase ini manajer yang bertugas akan memberikan instruksi kepada koordinator AMC untuk mengalokasikan semua sarana yang diminta pada fase pertama dalam set-point mereka setidaknya 2 jam sebelum perkiraan hujan badai.

Fase 3: Pra-akting

Fase ini akan diaktifkan 1 jam sebelum prakiraan hujan badai. Dalam koordinasi dengan manajer lalu lintas udara, manajer operasi menginstruksikan koordinator AMC untuk menginformasikan semua pihak terkait dan mengkoordinasikan apa yang disebut fase pra-tindakan. Teknisi akan mulai mempersiapkan landasan pacu dan menyebarkan produk tertentu di atas landasan pacu dan taxiway. Produk ini akan membuat genangan air hujan badai surut lebih cepat. Ini akan dilakukan dalam waktu 30 menit, setengah jam sebelum hujan mulaiturun.

Fase 4: Evaluasi

Berkoordinasi dengan ATC (menara), AMC mulai mengoordinasikan pengumpulan informasi tentang keadaan lapangan udara melalui teknisi, pilot, dan operator lapangan udara. Jika koefisien gesekan pada runway rendah, service executive akan memberikan instruksi untuk mengaktifkan fase kelima.

Fase 5: Membersihkan Landasan Pacu dan Taksi

Jika manajer yang bertugas memutuskan untuk bertindak mengenai koefisien gesekan yang rendah, dia akan terus-menerus berhubungan dengan ATC. Prosedurnya akan seperti biasa.

Fase 6: Membatalkan

Manajer yang bertugas, bersama dengan koordinator AMC, akan mengevaluasi keadaan dan melanjutkan ke pembatalan. Informasi tersebut akan disebarluaskan ke seluruh agen yang terlibat.

Pengembangan AMC di masa depan diarahkan pada sistem pengambilan keputusan kolaboratif, yaitu sistem operasi yang memungkinkan para pemangku kepentingan untuk masuk dan menerima informasi real-time yang masing-masing perlu beroperasi secara lebih efisien. Aktor-aktor yang terlibat adalah ATC, operator pesawat, perusahaan penanganan, operasional bandara, dan *control flow management unit* (CFMU). ATC mendapat informasi dari CFMU. Setelah ATC mengetahui kapan tepatnya pesawat akan mendarat, mereka akan

berkomunikasi dengan perusahaan penanganan dan operasional bandara untuk dapat lebih efisien mengelola layanan yang diberikan kepada pesawat tersebut.

Diskusi

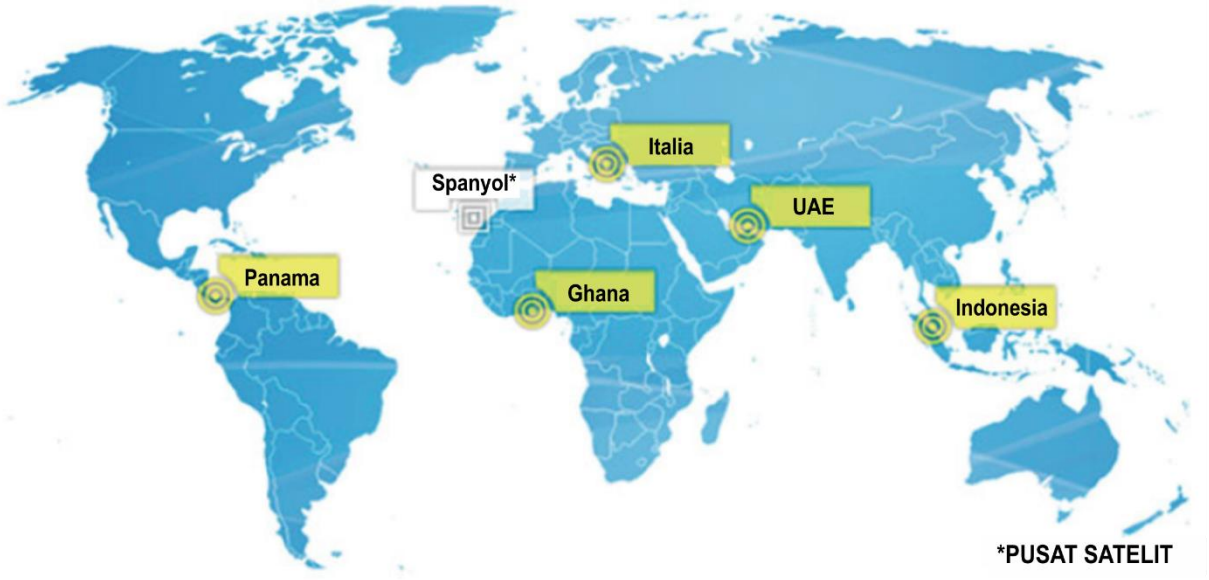
- Kegiatan apa saja yang termasuk dalam manajemen operasi bandar udara?
- Apa saja tantangan manajemen operasional bandara?
- Peran apa yang dimainkan koordinasi informasi dalam manajemen operasi bandara?

Suplai Chain Bencana: Manajemen Bencana dan Logistik Kemanusiaan

Umumnya, logistik dikaitkan dengan bidang bisnis. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, upaya khusus telah diarahkan untuk menyelidiki gangguan perubahan besar-besaran yang parah, yang dapat disebabkan, misalnya, oleh bencana alam, konflik politik, terorisme, pembajakan maritim, krisis ekonomi, penghancuran sistem informasi, atau kegagalan infrastruktur transportasi. Dalam situasi ini, logistik kemanusiaan menjadi semakin penting. Kita dapat mengkategorikan bencana alam dan bencana buatan manusia, seperti perang dan serangan teroris.

Logistik bencana/kemanusiaan adalah bidang yang relatif baru yang baru belakangan ini mendapat perhatian lebih. Hal ini disebabkan meningkatnya konflik politik seiring dengan semakin kuatnya bencana alam. Tantangan utama logistik kemanusiaan adalah koordinasi kegiatan di lingkungan yang hancur. Ini bisa menjadi sangat kompleks karena hampir semua parameter tidak diketahui hingga titik awal bencana dan bahkan setelah kejadian. Tidak mengetahui jenis atau jumlah barang yang dibutuhkan atau lokasi pengiriman yang sebenarnya membuat logistik kemanusiaan menjadi bidang yang sangat menantang.

Setiap tahun lebih dari 500 bencana dari berbagai jenis terjadi di seluruh dunia. UN Humanitarian Response Depots (UNHRD), yang merupakan organisasi PBB di bawah pimpinan World Food Programme, bereaksi cepat ketika terjadi bencana. Biasanya, perbekalan yang paling dibutuhkan adalah makanan dan air. Organisasi tersebut telah mengembangkan sebuah konsep dimana persediaan darurat disimpan di lima pusat di seluruh dunia: di Ghana, UEA, Panama, dan Italia (lihat Gambar 2.4). Hub tersebut juga berisi peralatan medis, perlengkapan tempat tinggal, dan peralatan IT. Melalui jaringan ini, UNHRD dapat mulai memasok barang ke setiap negara di dunia dalam waktu 1-2 hari.



Gambar 2.4 Peta Tata letak Persediaan Darurat di Tiap benua

Efektivitas respon bantuan darurat bergantung pada kecepatan dan efisiensi logistik: logistik adalah kunci untuk operasi bantuan kemanusiaan. Waktu adalah faktor yang paling penting karena mempengaruhi berapa banyak nyawa yang bisa diselamatkan. Itu perlu dipersiapkan setiap saat. Siklus penanggulangan bencana memiliki empat tahap (Altay dan Green 2006):

- *Mitigasi* adalah peran yang dimainkan oleh pemerintah, di mana pemerintah tuan rumah bertanggung jawab untuk menerapkan protokol dan mengambil tindakan untuk mengurangi kemungkinan bencana.
- *Kesiapsiagaan* mengacu pada berbagai operasi yang terjadi sebelum bencana terjadi. Di sini jaringan fisik dirancang, dan sistem teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dikembangkan bersama dengan basis kolaborator.
- *Respon* adalah berbagai operasi yang langsung diimplementasikan setelah bencana terjadi. Pertama, semua kolaborator terlibat; kedua, dalam waktu sesingkat mungkin mereka berusaha memulihkan layanan dasar dan pengiriman barang kepada penerima manfaat sebanyak mungkin. Kolaborasi dan koordinasi di antara para pemain sangat penting.
- *Rekonstruksi* adalah operasi pasca bencana. Ini melibatkan rehabilitasi dan bertujuan untuk mengatasi masalah dari perspektif jangka panjang, karena dampak setelah bencana dapat berlanjut selama beberapa dekade.

Ketika terjadi bencana, pemerintah daerah perlu meminta bantuan World Food Program. Pertama, persediaan makanan segera dikirim. Setelah ini, karyawan dikirim ke daerah bencana untuk mengakses informasi tentang permintaan barang. Mereka juga mengevaluasi cara terbaik untuk mengangkut barang ke daerah yang terkena dampak. Selanjutnya, operasi darurat direncanakan dan dianggarkan. Untuk menerima bantuan keuangan, Program Pangan Dunia meminta dana dari negara-negara di seluruh dunia. Sebagian besar dana kemudian diterima dari pengeluaran pemerintah. Sebuah tim ahli logistik mengembangkan rute transportasi untuk semua barang yang dibutuhkan ke daerah di mana bencana terjadi dengan menggunakan semua sarana transportasi yang memungkinkan. Kepentingan khusus ditugaskan untuk mengatur ulang TIK karena akan membantu operasi lebih lanjut melalui aliran informasi yang lebih baik. Program Pangan Dunia memiliki tim IT yang dilatih secara khusus untuk menyiapkan infrastruktur informasi dalam waktu 1 hari.

Pada bulan November 2013, salah satu topan terkuat yang tercatat, "Haiyan," melanda Filipina. Itu menewaskan ribuan orang dan menghancurkan infrastruktur seperti jalan raya, pelabuhan, dan rumah sakit. Banyak masalah logistik yang dihadapi sejak awal:

- sebagian besar jalan, bandara, dan pelabuhan hancur;
- kondisi cuaca setelah topan masih buruk (hujan, angin kencang, dll);
- tidak ada listrik, karena kurangnya bahan bakar untuk generator, yang juga menyebabkan masalah mobilisasi;
- kekurangan akut makanan dan air dan kurangnya suplai medis atau fasilitas rumah sakit yang layak diamati.

Program Pangan Dunia bekerja sama dengan pemerintah daerah untuk memberikan bantuan sebanyak mungkin. Segera setelah topan melanda, organisasi menyediakan “biskuit berenergi tinggi” dan nasi. Selain itu, dukungan logistik dan telekomunikasi juga diberikan oleh Program Pangan Dunia. Barang-barang yang dibiayai oleh sumbangan internasional didistribusikan melalui hub di Cebu, Tacloban, Roxas, Ormoc, dan Guiuan di Filipina.

Namun, tidak hanya organisasi nirlaba yang bertanggung jawab atas bantuan kemanusiaan. DHL, yang merupakan perusahaan logistik, juga melakukan kegiatan di Filipina pada tahun 2013. Bekerja sama dengan PBB, perusahaan membangun jaringan global tim

tanggap bencana (DRT). Tim ini terdiri dari sukarelawan yang dipekerjakan di DHL dan mereka dilatih secara khusus untuk situasi bencana. Mereka dibagi menjadi tiga wilayah di seluruh dunia sehingga dapat mengakses semua wilayah dengan cepat. Dalam kasus topan Haiyan, tim mendukung aksesibilitas bandara dan meningkatkan waktu pengiriman sehingga barang dapat mencapai korban lebih cepat. Kekuatan terbesar DRT adalah pengetahuan mereka tentang logistik dan cara mengatasi situasi krisis. Sejak dibentuk pada tahun 2005, tim telah berhasil membantu korban bencana lebih dari 20 kali.

Ke depan, PBB berupaya meningkatkan pencegahan. Secara alami, tidak mungkin untuk mengurangi semua risiko ke tingkat minimum, tetapi meningkatkan langkah-langkah pencegahan masih merupakan pilihan. Rencana 10 tahun yang disebut Kerangka Kerja untuk Aksi (HFA) dirancang untuk mengurangi risiko bencana alam.

Diskusi:

- Apa perbedaan antara logistik bisnis dan kemanusiaan?
- Manakah empat tahap yang termasuk dalam siklus penanggulangan bencana?
- Di mana Anda bisa melihat keterbatasan logistik kemanusiaan?
- Organisasi apa yang menjadi pemangku kepentingan dalam logistik kemanusiaan?

Masalah Operasi dalam Car Sharing

Model bisnis Car Sharing tampaknya relatif baru. Namun, asal-usulnya dapat ditemukan di Zurich, Swiss, pada tahun 1948. Mirip dengan Car Sharing hari ini, di "Sefage" orang dapat menggunakan satu mobil bersama-sama tanpa harus membeli sendiri. Baru-baru ini, perubahan preferensi dalam transportasi penumpang, terutama di kota-kota besar, telah mendorong permintaan untuk Car Sharing. Menurut perkiraan Navigant Research, pendapatan car-sharing global akan tumbuh menjadi 6,2 triliun rupiah pada tahun 2020, naik dari 1 triliun rupiah pada tahun 2013 (Clark 2014).

Keuntungan Car Sharing sangat banyak, tetapi fleksibilitas tinggi dengan biaya rendah dibandingkan dengan memiliki mobil mungkin merupakan alasan utama mengapa orang semakin memilih Car Sharing. Pelanggan bisnis juga diuntungkan karena mereka dapat menggunakan Car Sharing sebagai tambahan untuk armada mobil perusahaan. Selain itu, biaya perjalanan untuk karyawan dapat dikurangi dengan menggunakan mobil bersama daripada taksi. Tetapi ada lebih banyak lagi untuk Car Sharing. Ini mengurangi jumlah mobil di kota, yang berarti volume lalu lintas lebih sedikit dan lebih banyak tempat parkir. Polusi juga telah menurun, terutama karena semakin banyak penyedia Car Sharing menawarkan kendaraan hibrida atau sepenuhnya bertenaga listrik.

Ada dua jenis carsharing: *station-bound* dan *free-floating*. *St*ationbound adalah versi lama di mana mobil diterima dan dikembalikan di stasiun rental. Sebagian besar waktu, sekarang mungkin untuk mengembalikan kereta ke stasiun yang berbeda milik perusahaan persewaan. *Free-floating* tidak terikat stasiun, artinya mobil dapat disewa dan ditinggalkan di mana saja dalam area tertentu. Biaya diakumulasikan baik per menit dan/atau per kilometer. Opsi Car Sharing ini lebih cocok untuk jarak pendek.

Penyedia layanan Car Sharing menghadapi tantangan dalam manajemen operasi terkait permintaan, kapasitas, lokasi, dan perencanaan biaya. Biasanya car sharing menjadi ladang bisnis tambahan bagi penyedia jasa rental atau produsen mobil. Misalnya, DriveNow adalah anak perusahaan yang dimiliki oleh BMW dan SIXT. Car2Go didirikan oleh Daimler dan Rupiahpcar. Perusahaan-perusahaan ini sudah memiliki pengetahuan ahli dalam prakiraan permintaan dan perencanaan kapasitas, yang memudahkan untuk mengevaluasi jumlah mobil yang dibutuhkan di lokasi yang berbeda. Tantangan yang dihadapi di bidang ini adalah untuk memenuhi permintaan pada waktu puncak dan di berbagai wilayah kota.

Untuk acara-acara tertentu, seperti pertandingan sepak bola besar, mungkin terjadi banyak kendaraan yang digunakan untuk berkendara ke satu lokasi tertentu. Dengan demikian, mungkin ada misalokasi mobil di dalam suatu area. Sangat mudah bagi penyedia Car Sharing untuk melacak tindakan ini melalui GPS. Untuk mengatasi masalah tersebut, karyawan dapat disewa untuk menyebarkan kendaraan ke seluruh kota. Opsi ini bisa sangat mahal, karena karyawan juga perlu diangkut ke mobil sendiri.

Pilihan yang lebih murah adalah menawarkan keuntungan bagi pelanggan seperti miles gratis, poin bonus, atau diskon lainnya. Perencanaan biaya juga dapat menjadi masalah bagi manajemen operasi. Sebagian besar perusahaan Car Sharing berusaha menarik pelanggan dengan menawarkan parkir gratis di mana-mana. Setelah tiket parkir diterima, perusahaan persewaan membayar biayanya. Padahal biaya parkir tanpa tiket dulunya agak murah, pihak berwenang bereaksi dengan menaikkan harga. Biaya pembebanan merupakan biaya variabel yang mungkin sulit diramalkan.

Diskusi:

- Tantangan manajemen operasi mana yang dipenuhi oleh perusahaan Car Sharing?
- Apa peran teknologi informasi dalam Car Sharing?
- Apa pendapat Anda tentang isu-isu keberlanjutan tentang konsep Car Sharing?
- Bandingkan stasiun-terikat dan mengambang bebas dari perspektif manajemen operasi mengenai biaya, waktu, kualitas, dan kompleksitas manajemen.

REWE: Memperluas Jaringan Logistik

Dengan omset lebih dari 49,7 triliun rupiah lebih dari 8000 supermarket, armada hampir 2000 truk yang melakukan 965.000 perjalanan setiap tahun, menempuh jarak 162 juta kilometer dan keduanya mengumpulkan barang dari Supplier dan mengirimkannya ke toko. Dengan 327.600 karyawan (2013), REWE Group adalah salah satu perusahaan perjalanan dan pariwisata terkemuka di Eropa.

Pada tahun 2008, modernisasi logistik yang luas dimulai di perusahaan. Tujuannya termasuk peningkatan produktivitas gudang sebesar 15% per meter persegi, akurasi perkiraan permintaan yang lebih tinggi, pengurangan persediaan, dan tingkat ketersediaan produk yang lebih tinggi serta pengurangan biaya transportasi dan keberlanjutan. Saat ini, perusahaan mengoperasikan sekitar 30 pusat distribusi (DC) di Indonesia. Pada tahun 2011, DC baru di Jakarta dekat dibangun seharga 600 juta rupiah dengan luas 52.500 m2. Kriteria pemilihan lokasi adalah memperpendek rute transportasi dan memaksimalkan efisiensi di seluruh jaringan. Sekitar 325 karyawan di Jakarta dan wilayah lainnya memastikan pengisian ulang supermarket REWE dengan lebih dari 12.000 SKU (unit penyimpanan stok). Seratus truk mengirimkan produk ke 330 supermarket dari Sassnitz und Jüterbog setiap hari.

Diskusi

Apa tujuan dari desain ulang logistik di REWE? Pertukaran apa yang dapat Anda lihat?

- Jenis jaringan distribusi apa yang Anda ketahui? Jenis apa yang diimplementasikan di REWE?
- Apa yang bisa menjadi alasan untuk mencari lokasi gudang baru di Jakarta? Kriteria seleksi mana yang penting bagi perusahaan?
- Metode dan/atau model mana yang akan Anda rekomendasikan untuk diterapkan pada perencanaan lokasi fasilitas?
- Jelaskan, berdasarkan contoh studi kasus ini, langkah-langkah dasar dalam keputusan pemilihan fasilitas!

2.4 CONTOH E-OPERASI DAN SUPLAI CHAIN

Fab.com

Dalam studi kasus ini, aplikasi e-commerce business-to-consumer (B2C) dari manajemen operasi dipertimbangkan. Sebagai contoh, kami melihat Fab.com, salah satu perusahaan rintisan B2C dengan pertumbuhan tercepat, dan melihat mengapa dan bagaimana perusahaan memutuskan untuk beralih dari penjualan langsung ke model berbasis inventaris. Yang dapat kita pelajari dalam studi kasus ini:

1. Bagaimana menentukan lokasi yang optimal untuk gudang;
2. Bagaimana memahami "tingkat layanan vs. biaya" trade-off;
3. Bagaimana menentukan strategi distribusi dan apa trade-off antara jumlah gudang dan biaya logistik;
4. Biaya mana yang harus dimasukkan dalam analisis lokasi fasilitas;
5. Bagaimana meningkatkan dan mengukur kinerja manajemen persediaan;
6. Teknologi informasi apa yang ada untuk mendukung keputusan SCOM;
7. Bagaimana mengembangkan kerjasama strategis dengan Supplier.

Gambaran umum

Fab.com dimulai sebagai situs web e-commerce berorientasi desain yang menjual desain bagus dengan harga terjangkau. Fab.com diluncurkan pada Juni 2011, dan telah berkembang untuk melayani dua juta pengguna terdaftar dalam waktu kurang dari 7 bulan; pada Desember 2012, ia telah berkembang untuk melayani lebih dari 10 juta anggota dan menjadi salah satu perusahaan rintisan e-niaga dengan pertumbuhan tercepat di AS, dan bahkan secara global. Inti dari bisnis ini adalah konsep yang diwujudkan oleh tim desain kecil dan ditingkatkan setiap hari melalui analisis data pengguna yang cermat. Visinya adalah menciptakan toko online satu atap untuk barang-barang yang dirancang dengan baik. Tetapi ketika Fab tumbuh secara eksponensial, Fab menghadapi masalah pengiriman tepat waktu dan layanan pelanggan yang serius.

Fab mulai dan beroperasi dengan konsep baru dan strategi pemasarannya, mencapai pedoman yang berpusat pada pelanggan, dan memanfaatkan internet sepenuhnya. Situs web yang dirancang dengan baik, platform portal yang mudah digunakan, sistem pemrosesan data di belakang panggung yang kuat, dan penanganan pelanggan harian yang akurat dan efisien menghasilkan pertumbuhan pesat anggota terdaftar dan pendapatan. *Mobile Commerce (M-Commerce)* adalah fokus utama Fab. Pelanggan dengan smartphone membeli produk dua kali lebih sering daripada mereka yang mengunjungi situs web, dan pengunjung tablet membeli empat kali lebih sering daripada pengunjung web. Sepertiga pengunjung Fab berasal dari perangkat seluler ini dan perusahaan memperkirakan jumlah ini akan meningkat hingga 50% dalam setahun.

Jejaring sosial juga penting bagi Fab.CEO Jason Goldberg sendiri menyimpan blog untuk mengumumkan atau memamerkan apa pun tentang Fab. Ia juga cukup aktif berinteraksi langsung dengan komentar atau masukan pelanggan. Selain itu, dari dua juta anggota perusahaan, lebih dari setengahnya berasal dari berbagi dengan teman. Fab adalah mitra dalam ekspansi Grafik Terbuka Facebook, sehingga ketika orang membeli di Fab, pembelian mereka muncul di umpan Facebook teman mereka.

Masalah Fab

Karena strategi awal yang bertujuan untuk menghilangkan risiko inventaris, Fab memutuskan untuk tidak membeli produk apa pun sampai pelanggan membeli barang secara online. Untuk memenuhi rasa ingin tahu anggota, sepuluh pembeli Fab menjelajahi dunia untuk produk yang sesuai dengan estetika unik Fab. Ini menciptakan situasi di mana Fab hanya bisa menjanjikan waktu pengiriman yang lama yaitu 16 hari. Tim layanan pelanggan menjadi

kelebihan beban dengan keluhan. Pelanggan menginginkan produk berkualitas tinggi dikirimkan dengan cepat, karena mendapatkan produk unik yang dikirimkan kepada mereka dengan cepat jauh lebih penting bagi mereka daripada hanya mendapatkan produk unik.

Fab sendiri telah menemukan dari riwayat data mereka bahwa produk unik yang dikirimkan dengan cepat meningkatkan kepuasan pelanggan Fab, kemungkinan pembelian berulang, dan kecenderungan untuk mempromosikan Fab ke teman seseorang empat kali lipat daripada produk serupa yang membutuhkan waktu lebih lama untuk dikirim. Pelanggan juga meminta deskripsi produk yang lebih baik dan citra produk yang lebih baik.

Selanjutnya, Fab mengandalkan apa yang disebut penjualan kilat, di mana sejumlah barang dagangan dijual dalam waktu singkat. Hal ini mengharuskan pembeli untuk membeli barang dalam jangka waktu tertentu. Konsep seperti itu sulit untuk dioperasikan dalam skala besar: menjalankan situs web penjualan kilat lebih memakan waktu dan membutuhkan jam kerja ekstra untuk memastikan efisiensi dan layanan pelanggan yang baik secara bersamaan. Seiring pertumbuhan bisnis, Fab menyadari bahwa mereka memiliki masalah berikut:

1. Waktu pengiriman yang lama menyebabkan kepuasan layanan pelanggan yang rendah.
2. Ada kekurangan barang yang menguntungkan.
3. Biaya tenaga kerja tinggi.
4. Sebagai perusahaan skala kecil, memiliki keterbatasan dan keterbatasan.

Solusi

Sebelumnya pada tahun 2013, perusahaan beralih dari situs penjualan tunai ke "toko gaya hidup online" yang dioperasikan oleh sistem berbasis inventaris baru dengan fitur-fitur berikut.

Manajemen Berbasis Inventaris

Fab mulai menyewa gudang, membangun SC sendiri, dan membeli inventaris. Sekarang, produk masuk ke gudang Fab's New Jersey dan tetap di sana sampai penjualan berakhir, biasanya antara tiga dan 30 hari. Jika pelanggan memesan barang yang tersedia, (sekitar 75% dari yang dijual Fab), barang tersebut akan dikirim dalam waktu 2 jam. Itu adalah perubahan besar dari 16 hari yang biasanya dibutuhkan Fab untuk dikirim sebelumnya. Pada tahun 2013, Fab telah memperluas jejak gudangnya menjadi lebih dari 500.000 ft2 di tiga lokasi, dua di New Jersey dan satu di Eindhoven, Belanda. Selain dibelanda Fab memiliki gudang internasional, di singapura dan di Indonesia, Fab membangun inventaris dan menyewa beberapa gudang sebagai tempat penyimpanan stok dan membangun SC nya sendiri.

Basis Supplier yang Didirikan

Fab mengandalkan dan mendukung desainer dan pembuat asli, bekerja dengan lebih dari 20.000 desainer produk. Fab memiliki daftar kriteria evaluasi Supplier sendiri sesuai dengan konsep bisnisnya. Fab berkolaborasi dengan para desainer secara langsung dengan menyediakan platform di mana mereka dapat memamerkan dan menjual barang-barang mereka. Atau, kolaborasi ini didasarkan pada lisensi desain baru dan produk manufaktur atas nama desainer atau sebagai turunan dan reproduksi resmi dari karya mereka. Jadi, di satu sisi, ini membantu desainer meningkatkan skala bisnis mereka secara global. Di sisi lain, ini mengamankan basis Supplier Fab.

Teknologi Informasi Maju

Saat Fab mulai berfokus pada model bisnis berbasis inventaris, mereka merancang proses dan berinvestasi secara signifikan dalam teknologi dan staf teknik untuk membantu perusahaan menskalakan secara efisien dan mengurangi biaya operasi. Mengelola kekuatan bisnis global sebuah perusahaan untuk memperkuat SC-nya. Fabelaborated on sourcing dan planning karena mengkonsolidasikan merchandising, pemasaran, dan operasi menjadi satu unit di New York. Fab mentransisikan model bisnisnya dari penjualan kilat ke model

perencanaan persediaan yang lebih terukur untuk mengamankan basis konsumen dan profitabilitas yang lebih besar dengan memperluas wilayahnya (Asia: Korea, Jepang, China, Singapura, dan Indonesia). Dengan model bisnis yang dapat dikelola dengan teknologi inovatif dan lebih sedikit orang, Fab mengembangkan bakat teknik internal dan berinvestasi dalam sistem teknis yang akan memperkuat pertumbuhan dan skalabilitas mereka.

Fab juga merancang sistem untuk membantu situs web menanggapi masalah pelanggan secara efektif dan efisien, apakah menawarkan pengembalian yang mudah dan pengiriman produk pengganti dengan cepat, atau secara otomatis mengkredit pelanggan saat harga turun. Fab sekarang memiliki lebih dari 110 karyawan dalam pengembangan produk dan organisasi rekayasa. Investasi teknologi utama Fab meliputi:

- sistem manajemen inventaris yang memberikan visibilitas dan kontrol di semua fasilitas;
- kerangka promosi yang memunculkan penawaran paling menarik;
- alat inovatif untuk membantu pelanggan menemukan dan menemukan apa yang baru;
- mesin personalisasi yang memberikan rekomendasi produk yang dipersonalisasi dan dengan demikian pengalaman berbelanja yang lebih relevan;
- pengalaman belanja seluler baru dan lebih baik yang meningkatkan posisi kepemimpinannya di *M-commerce.*

Peningkatan dalam Logistik

Karena logistik dianggap sebagai persyaratan dasar untuk pengecer mana pun, Amazon sedang menuju layanan hari yang sama. Pada “Cyber Monday” tahun 2013, mereka bahkan menggunakan drone untuk memastikan pengiriman 30 menit.Bayhasa1hpickup dari pengecer lokal.Fabalso berfokus pada membangun proses yang mengoptimalkan biaya transportasi mereka, serta merancang kontrol inventaris inovatif untuk memindahkan produk antar fasilitas secara efisien. Fab telah memilih lokasi gudang yang meminimalkan biaya pengiriman dan mengurangi waktu pengiriman dan telah melengkapi fasilitas tersebut dengan sistem teknis mereka sendiri. Hasilnya, waktu pengiriman berkurang dari rata-rata 16 hari menjadi 3 hari. Pengembangan sistem logistik terdiri dari fitur-fitur berikut:

1. Sebelumnya, Fab mengalihdayakan logistik mereka untuk meningkatkan pengiriman tepat waktu secara mendasar. Sekarang Fabaims berhenti menggunakan perusahaan logistik pihak ketiga untuk menangani perencanaan pengiriman. Sebagai gantinya, perusahaan akan membawa semua operasi logistik in-house dan menggunakan catu daya tak terputus (UPS) untuk mengangkut produk ke pelanggan.
2. Fab menjanjikan pengiriman gratis dengan nilai pesanan minimum. Tetapi mereka juga telah mengadopsi kebijakan pengiriman alternatif: pengiriman gratis untuk pesanan yang memakan waktu lebih dari 5 hari kerja; pesanan pengiriman yang dipercepat (biaya pengiriman tambahan) dijanjikan akan dikirim dalam 1-3 hari kerja. Dengan demikian, Fab dapat membagi aliran pesanan dan memastikan stabilitas jadwal pengiriman mereka tanpa mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan.

Ringkasan

Dari studi kasus Fab.com, kita dapat belajar bahwa e-commerce adalah peluang penting untuk kesuksesan bisnis. Dari sudut pandang SCOM, untuk memenuhi tujuan menjadi perusahaan global dan tetap menguntungkan, tujuan memuaskan pelanggan dengan pengiriman cepat dan produk yang tepat, dan mencapai biaya terendah dan margin tertinggi harus dicapai. Perbaikan struktur biaya secara terus-menerus sangat penting untuk terus menyediakan layanan dan manfaat yang luar biasa bagi pelanggan, yang akan menghasilkan nilai pemangku kepentingan jangka panjang sebesar mungkin. Fab tampaknya berfokus pada pengembangan manajemen Suplai Chain yang sukses dengan manajemen inventaris yang

efisien dan efektif, membangun manajemen hubungan Supplier, berinvestasi dalam fasilitas baru untuk menyimpan barang dan teknologi informasi, dan meningkatkan logistik, untuk memastikan tingkat kepuasan pelanggan yang tinggi dengan biaya minimal.

Diskusi:

- Analisis keuntungan dan kerugian dari strategi penjualan kilat! Bagaimana kita dapat meningkatkan ini berdasarkan sistem inventaris?
- Analisis pertukaran antara waktu pengiriman dan biaya (termasuk biaya transportasi, inventaris, dan fasilitas)!
- Di mana Anda dapat melihat bagaimana teknologi informasi berdampak pada operasi dan manajemen SC?
- Metode lokasi fasilitas mana yang dapat diterapkan di Fab.com?
- Apa yang dapat Anda katakan tentang keputusan Fab tentang back-sourcing operasi logistik?
- Jika Anda harus menganalisis kinerja Fab dibandingkan dengan perusahaan lain di cabang (seperti Amazon), bagaimana Anda akan melanjutkan?

Homeplus: Toko Datang ke Rumah Anda

Tesco dikenal dengan nama Homeplus di Korea Selatan dan telah mengadaptasi model bisnisnya untuk lebih memenuhi kebutuhan dan preferensi pelanggan lokalnya. Dalam hal ini, tiga aspek berikut sangat relevan:

- jam kerja yang panjang dan sedikit waktu luang
- penerimaan teknologi tinggi
- sewa toko yang tinggi di kota-kota besar.

Konsep ini didasarkan pada pendirian toko virtual menggunakan teknologi *M-commerce* di mana pembeli dapat menelusuri gambar produk yang tersedia di tempat umum, dalam hal ini stasiun kereta bawah tanah. Produk dapat dipilih dengan memindai kode QR dengan smartphone yang menggunakan aplikasi seluler untuk langsung memesan produk yang dipilih. Produk yang dipesan kemudian dikirim ke rumah pelanggan pada hari yang sama. Pengiriman diatur untuk tiba dalam hitungan menit atau jam, bukan hari, sehingga bahan makanan akan berada di dapur pembeli malam itu dan tidak perlu menunggu untuk mengambilnya.

Toko virtual sangat sesuai dengan harapan pelanggan lokal: penjualan meningkat 130% dalam 3 bulan, dan jumlah pengguna terdaftar naik 76%. Toko *M-commerce* virtual mungkin lebih cocok untuk pasar Korea daripada kebanyakan pasar lainnya. Namun manfaatnya, seperti waktu belanja yang lebih singkat, layanan pemesanan dan pembayaran yang nyaman, dan pengiriman ke rumah, juga dapat menjadi semakin dihargai di seluruh dunia karena semakin banyak negara yang mencapai tingkat penerimaan ponsel cerdas yang serupa. Dari perspektif SCM, manfaat tambahan dapat dicapai.

Terutama, toko fisik dapat dihilangkan, yang mengarah ke SC yang lebih hemat biaya dengan pengiriman langsung sebagai strategi distribusi. Seluruh proses pembelian dapat diotomatisasi tanpa campur tangan manusia dari pihak pengecer. Dengan lebih sedikit pusat distribusi terpusat, tingkat layanan pelanggan (ketersediaan produk) yang lebih tinggi dan persediaan pengaman yang berkurang dapat dicapai. Namun, biaya pengiriman untuk jumlah yang sangat kecil bisa menjadi masalah serius tergantung pada perilaku pesanan pelanggan dan kebijakan harga pengiriman toko.

Diskusi:

- Pertimbangkan *trade-off* antara biaya persediaan, jumlah gudang, dan biaya transportasi. Jelaskan masalah efisiensi dalam studi kasus ini berdasarkan trade-off ini.
- Strategi distribusi apa yang digunakan Homeplus di Korea Selatan?

- Apakah mungkin untuk menerapkan toko virtual di negara Anda? Tantangan apa yang mungkin dihadapi?

2.5 CONTOH SUPLAI CHAIN DIGITAL DAN OPERASI CERDAS

Robot Amazon

Pengecer mega Amazon telah secara konsisten mengikuti pendekatan otomatisasi teknologi selama beberapa tahun terakhir. Dengan semakin banyak menggunakan robot di pusat logistik mereka, Amazon bertujuan untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi melalui penurunan biaya dan aliran proses yang lebih cepat. Namun, tenaga kerja manusia masih memainkan peran penting dalam sebagian besar proses di pusat pemenuhan Amazon (Singularity Hub 2017b).

Amazon mulai memperkenalkan jumlah robot yang lebih tinggi ke proses logistik mereka pada tahun 2012, setelah mengakuisisi perusahaan robotika sistem Kiva. Pada tahun 2016, Amazon menggunakan sekitar 45.000 robot di pusat pemenuhannya secara global, yang merupakan peningkatan 50% dibandingkan dengan 30.000 robot yang digunakan pada tahun 2015 (Quartz 2017b). Seiring dengan peningkatan penggunaan robot, jumlah karyawan Amazon meningkat sekitar 50% antara tahun 2015 dan 2016. Kebutuhan yang lebih besar akan tenaga kerja manusia dijelaskan oleh fakta bahwa peningkatan penggunaan robot menyebabkan penurunan biaya pengiriman, yang akhirnya menyebabkan permintaan yang lebih tinggi untuk produk Amazon (Singularity Hub 2017b).

Robot yang bekerja di pusat pemenuhan Amazon mampu melakukan tugas yang teratur dan dapat diprediksi dalam lingkungan yang terkendali. Tugas-tugas ini termasuk mengangkat paket berat, memindahkan palet di antara rak, dan mengangkut barang dari satu ujung gudang ke ujung lainnya. Tugas yang meliputi penilaian, ketidakpastian, dan keterampilan motorik halus masih membutuhkan tenaga kerja manusia. Oleh karena itu, di pusat pemenuhan Amazon, rak gudang gudang karyawan sesuai dengan bagaimana ruang rak dapat digunakan secara optimal. Selain itu, karyawan bertanggung jawab atas pengemasan produk dan pemuatan truk (Singularity Hub 2017b).

Meskipun banyak tugas masih diselesaikan oleh orang-orang, teknologi terus meningkat, yang dapat mengarah pada pengambilalihan robot dalam waktu dekat. Amazon baru-baru ini mengajukan paten untuk robot belajar mandiri, termasuk sistem pengemasan otomatis. Robot ini akan dapat mengambil barang yang dipesan dan mengemasnya dengan tepat, sedangkan data yang aman memberikan peluang untuk menyimpan strategi pengemasan yang ideal dari suatu produk. Akibatnya, tugas ini tidak lagi membutuhkan tenaga kerja manusia. Namun, menurut Amazon, karyawan tidak memiliki alasan untuk takut kehilangan pekerjaan mereka, karena banyak tugas masih membutuhkan tenaga kerja manusia, dan bidang kerja tambahan, seperti pemeliharaan mesin, terus berkembang (BusinessInsider2017b). Dalam kasus ini, Amazon dengan jelas menunjukkan fokusnya yang kuat pada otomatisasi robot dalam proses logistik, dan ini akan berlanjut di masa depan. Selain meningkatnya penggunaan robot di pusat pemenuhan, pengiriman drone adalah salah satu ide otomatisasi masa depan pengecer.

Diskusi

- Mengapa Amazon semakin banyak menggunakan robot di pusat pemenuhan mereka?
- Apa tantangan dan potensi masalah yang ada?
- Apa peluang dan risiko potensial di masa depan yang datang dengan peningkatan otomatisasi dalam proses logistik?

Adidas "Speedfactory": Pencetakan 3D dan Industri 4.0 dalam Suplai Chain dan Manajemen Operasi

Adidas Speedfactory adalah proyek percontohan dari produsen peralatan olahraga Adidas. Pabrik ini adalah bentuk manufaktur produk yang baru dan sangat inovatif. Ini didasarkan pada proses produksi otomatis yang memungkinkan manufaktur bergerak lebih dekat ke pasar konsumen, dan Adidas sekarang dapat memproduksi lebih cepat dari sebelumnya (Adidas 2017).

Sebelumnya, fasilitas manufaktur utama Adidas berlokasi di Asia, sebagian besar di China, Vietnam, dan Indonesia. Dalam konteks ini, pengiriman sepatu kets ke luar negeri memakan waktu sekitar 3 bulan. Dengan membangun Speedfactory baru beberapa negara diluar negeri dapat mempengaruhi waktu penyelesaian satu pasang sneaker berkurang menjadi 5 jam. Memiliki Speedfactory yang berlokasi di beberapa negara seperti di Jerman, Adidas kini mampu menyesuaikan produksi secara lebih intensif dengan permintaan dan keinginan pelanggan. Karena Speedfactory Jerman tunggal tidak dapat mengimbangi semua pekerjaan manufaktur awal yang dilakukan di negara-negara Asia, fasilitas asing akan disimpan untuk saat ini (Welt 2016).

Sangat kontras dengan fasilitas produksi asing, proses produksi di Speedfactory hampir seluruhnya otomatis, dengan setengah lusin mesin menjadi bagian dari pembuatan sepatu. Pertama, mesin rajut menghasilkan kain yang digunakan untuk permukaan sepatu. Menggunakan laser, mesin lain memotong kain menjadi bentuk yang benar. Secara bersamaan, sol sepatu disatukan dari plastik di sisi lain pabrik. Dengan 160 karyawan yang bekerja di pabrik Speed, keseluruhan proses produksi membutuhkan lebih sedikit personel daripada biasanya. Pada tahun 2017, Speedfactory mulai memproduksi secara massal dengan rencana produksi tahunan sebesar 500.000 pasang sepatu kets. Awalnya, Speedfactory akan mencakup produksi model sneaker yang lebih mahal dan kompleks, seperti sepatu lari, untuk mencapai kualitas yang lebih tinggi (Welt 2016).

Keuntungan dari proyek semacam itu sangat banyak. Penyimpanan barang jadi menjadi kurang penting dan bahkan tidak perlu karena Speedfactory yang lokal dan cepat dapat menghasilkan jumlah sepatu yang benar-benar terjual. Selain itu, model yang dipersonalisasi dapat dikirimkan dengan lebih mudah dan cepat kepada pelanggan karena jarak yang dekat antara produksi dan pelanggan. Keuntungan ekonomi lain dari Speedfactory adalah peningkatan efisiensi karena pekerjaan mesin yang berkelanjutan. Pada tahun 2017, Speedfactory lain, kali ini di AS, direncanakan akan selesai. Pada tahun yang sama, German Speedfactory akan memperkenalkan teknologi inovatif pencetakan 3D ke dalam proses produksinya, mengambil langkah selanjutnya menuju manufaktur otomatis dan berteknologi tinggi (Welt 2016).

Diskusi

- Mengapa Adidas memulai proyek Speedfactory di Jerman?
- Apa yang perlu dipertimbangkan dalam hal lead time dan fleksibilitas?
- Apa tantangan dan potensi masalah yang ada?
- Apa pendorong desain ulang Suplai Chain di grup Adidas?
- Apa dampak pencetakan 3D dan Industri 4.0 terhadap waktu pengembangan produk, waktu tunggu, dan metode transportasi?
- Isu keberlanjutan apa yang ditangani oleh konsep Speedfactory?

2.6 ANALISIS PREDIKTIF DAN MESIN PEMBELAJARAN

RueLaLa dan Pharmapacks

Pengecer harus terus berusaha untuk meningkatkan pendapatan, margin, dan pangsa pasar mereka. Salah satu metode untuk melakukan ini adalah model optimisasi harga, yang menghitung varians permintaan saat tingkat harga naik atau turun, dan kemudian menggabungkan informasi ini dengan data biaya dan inventaris yang relevan untuk merekomendasikan harga yang dapat memaksimalkan pendapatan dan keuntungan. Studi kasus dari bisnis online Rue La La dan Pharmapacks ini menyoroti bagaimana model penetapan harga ini dapat digunakan untuk peningkatan yang positif.

Rue La La, toko mode online, menawarkan diskon kilat waktu terbatas untuk pakaian dan aksesori desainer. Di situs web, produk dikelompokkan menurut kesamaan dan dijual dalam “acara”, atau penjualan terbatas waktu pada produk yang dikelompokkan. Penghitung waktu menghitung mundur berapa banyak waktu yang dimiliki pelanggan, biasanya 1-4 hari, sebelum acara penjualan berakhir. Bisnis semacam ini menciptakan rasa urgensi (penawaran hebat untuk waktu yang singkat) dan kesan kelangkaan produk (persediaan produk rendah) (Johnson et al. 2016).

Item "paparan pertama" Rue La La, atau item yang dijual untuk pertama kalinya, menghasilkan sebagian besar penjualan perusahaan. Menentukan harga barang-barang khusus ini dan memprediksi berapa permintaannya adalah salah satu tantangan terbesar Rue La La (Simchi-Levi dan Wu 2018). Untuk item paparan pertama, belajar dari perilaku online pelanggan dengan mengubah harga selama acara bukanlah metode yang ingin digunakan Rue La La. Sebaliknya, mereka mengembangkan model prediksi permintaan, di mana data tentang item eksposur pertama dimasukkan ke dalam model untuk memaksimalkan pendapatan. Tantangan dalam mengembangkan model ini termasuk mencoba memperkirakan penjualan yang hilang akibat kehabisan stok, dan memprediksi permintaan untuk gaya baru yang tidak ada datanya (Simchi-Levi dan Wu2018). Saat ini, model tersebut digunakan setiap hari untuk secara otomatis menghasilkan harga terbaik untuk acara yang akan terjadi pada hari berikutnya. Setelah menerapkan model ini, pendapatan Rue La La tumbuh sebesar 10%.

Demikian pula, perusahaan Pharmapacks menggunakan perangkat lunak penetapan harga yang disebut "Master Mind" untuk meningkatkan pangsa pasar dan pendapatan mereka. Dengan 25.000 produk berbeda terjual dan 570.000 pesanan dikirim setiap bulan, perusahaan bekerja dengan 16 Supplier. Dengan menggunakan perangkat lunak untuk menghitung harga terbaik untuk setiap produk mereka dan untuk memperkirakan permintaan, mereka sekarang memiliki enam kali lipat jumlah penjualan yang mereka miliki di masa lalu, menumbuhkan perusahaan sebesar 3035%, serta meningkatkan pendapatan mereka menjadi 1,6 miliar rupiah dengan 2016.

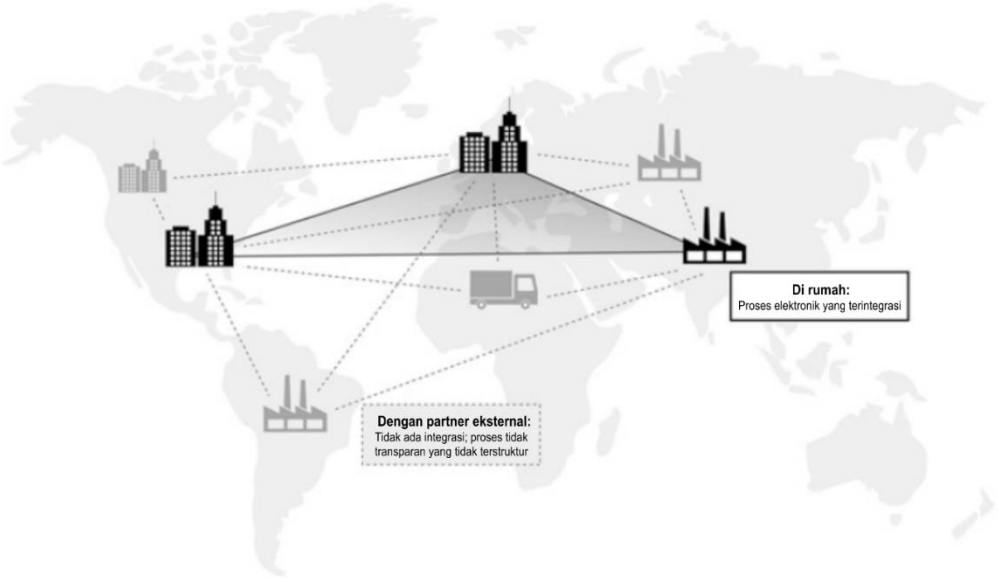
BAB 3
MODEL, SISTEM DAN PROSES

3.1 TUJUAN PEMBELAJARAN:

- Keterkaitan antara proses bisnis, model kuantitatif, dan sistem informasi
- Peran manajemen proses bisnis dalam operasi dan rantai suplai
- Pengaruh sistem informasi manajemen di SCOM
- Teknologi informasi manajemen, misalnya ERP, APS, WMS, RFID
- Perencanaan, masalah, dan keputusan
- Peran model dan model dalam pengambilan keputusan
- Metode kuantitatif pengambilan keputusan.

3.2 STUDI KASUS PENDAHULUAN: AIRSUPPLY

Setiap kali pesawat dibuat, itu adalah hasil perakitan banyak bagian yang mewakili volume pesanan yang sangat besar. Dan apa yang benar untuk jalur perakitan pesawat juga berlaku untuk seluruh industri kedirgantaraan, di mana tidak hanya pesawat tetapi juga helikopter dan satelit. dibangun. Suku cadang untuk manufaktur berasal dari beberapa Supplier dari seluruh dunia. Kebanyakan dari mereka cukup kompleks dan perlu memenuhi standar kualitas tertinggi. Setiap penundaan waktu dapat mengakibatkan biaya yang sangat tinggi. Adalah penting bahwa semua Supplier yang terlibat dalam pembuatan pesawat terbang memiliki visibilitas permintaan dan inventaris secara *real-time* untuk beradaptasi dengan fluktuasi dan perubahan kebutuhan pelanggan. Akibatnya, penting juga bagi pelanggan dan Supplier untuk memiliki alat bersama yang memungkinkan mereka untuk berkolaborasi dengan lebih baik dan mendapatkan visibilitas atas permintaan serta inventaris (lihat Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Integrasi proses internal dan eksternal dalam rantai suplai

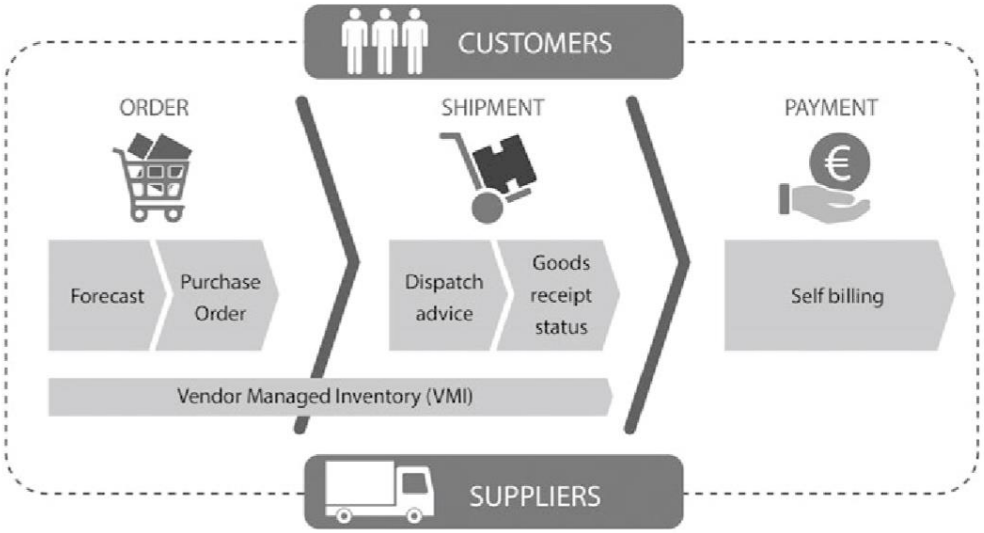
Salah satu alat tersebut adalah solusi AirSupply SupplyOn yang dikembangkan bekerja sama dengan Airbus/EADS dan produsen serta Supplier besar lainnya di industri kedirgantaraan Eropa. Jika AirSupply terutama dicirikan oleh jaringan seluruh jalur suplai Aerospace & Defense, inovasi utamanya terletak pada kenyataan bahwa ia menyediakan satu

alat untuk melihat permintaan dan data inventaris kepada semua pengguna. Solusi ini menggabungkan teknologi baru utama seperti komputasi awan, perangkat lunak sebagai layanan (SaaS), dan e-procurement. Ini dikembangkan bekerja sama dengan SupplyOn yang memiliki pengalaman bertahun-tahun dengan solusi SCM berbasis web di industri otomotif. AirSupply menawarkan layanan untuk sejumlah proses SC, yang mencakup seluruh siklus produk. Fungsi utama berikut disediakan (lihat Gambar 3.2):

- Kolaborasi prakiraan;
- E-Procurement;
- Inventaris yang dikelola vendor (VMI).

Pengadaan Elektronik

AirSupply adalah solusi untuk SC terintegrasi di mana *e-procurement* memainkan peran penting. Selain pengadaan tradisional menggunakan perencanaan sumber daya perusahaan (ERP) dan komunikasi EDI (pertukaran data elektronik) sederhana, solusi e-procurement memberikan visibilitas real-time dari fluktuasi permintaan dan jaringan yang lebih dekat antara Supplier dan pelanggan yang semuanya memiliki pandangan yang sama tentang permintaan.



Gambar 3.2 Proses dalam manajemen rantai suplai

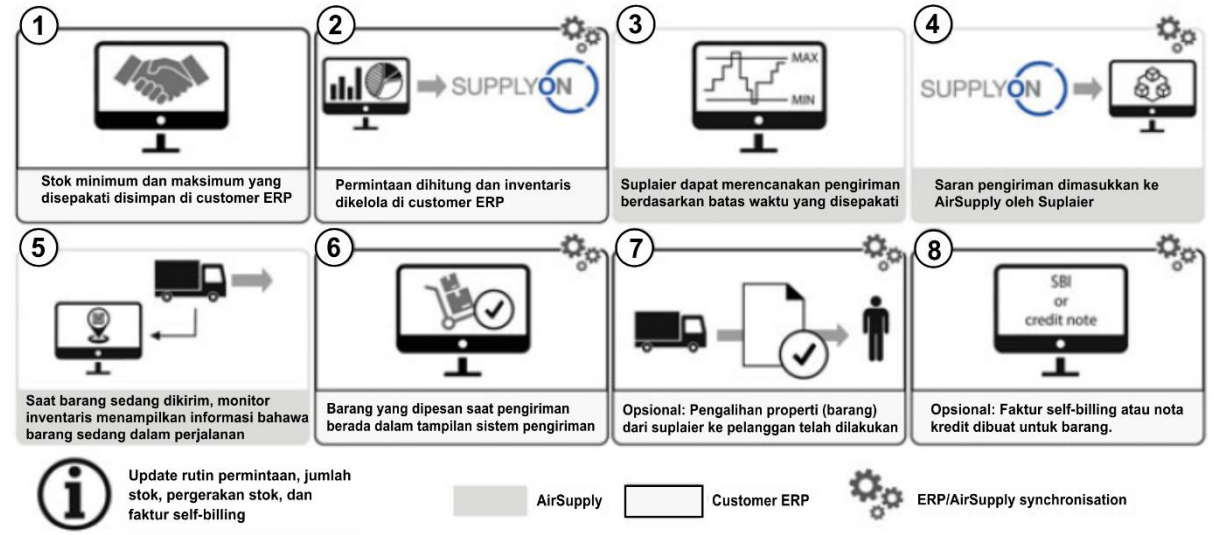
Banyak karakteristik lain dari industri kedirgantaraan, seperti suku cadang yang kompleks dan standar kualitas tinggi, menjadikan visibilitas SC dan kolaborasi faktor penting untuk mempertahankan keunggulan kompetitif. Setiap pesawat diproduksi sesuai dengan kebutuhan pelanggan individu dan beberapa juta suku cadang diperlukan pada waktu yang tepat untuk meminimalkan persediaan dan mencegah penundaan yang mahal. Khusus untuk Supplier yang menggunakan suku cadang mahal dari Supplier lain, risiko keuangannya bisa tinggi, tetapi dapat dikurangi melalui *e-procurement*. Uraian proses pesanan pembelian berikut menunjukkan bagaimana AirSupply memfasilitasi proses SC. Setelah pelanggan membuat pesanan pembelian */ purchase order* (PO) di ERP mereka, tiga skenario berbeda dapat didukung oleh AirSupply:

- Supplier menerima PO tanpa perubahan.
- Supplier menerima PO dengan perubahan. Pelanggan menerima atau membuat proposal baru.
- Supplier menerima PO tanpa perubahan, tetapi pelanggan meminta modifikasi. Supplier dapat menerima dan mengirimkan barang atau pelanggan dapat membuat proposal baru.

AirSupply secara otomatis menyinkronkan informasi PO dari cloud ke sistem ERP.

Inventaris yang Dikelola Vendor

Proses VMI khususnya menunjukkan kebutuhan yang sangat kuat untuk sistem informasi SC terintegrasi (lihat Gambar 3.3). Di VMI, Supplier (atau vendor) bertanggung jawab untuk mengelola suplai dan biasanya setuju dengan pelanggan tentang tingkat persediaan minimum dan maksimum. Ini mengharuskan Supplier memiliki informasi yang tepat waktu dan akurat tentang tingkat persediaan pelanggan setiap saat. AirSupply sangat mendukung strategi SCM ini dengan secara otomatis memberi tahu Supplier ketika tingkat persediaan pelanggan sangat rendah. Supplier juga dapat mensimulasikan pengiriman untuk melakukan penyesuaian sebelum benar-benar mengirimkan barang. Kolaborasi yang lebih erat telah membantu mengurangi stok pengaman dan meningkatkan tingkat layanan dengan penggunaan VMI. Pekerjaan manual juga dikurangi karena data Supplier tidak perlu dimasukkan dan perselisihan terkait penerimaan, inspeksi, dan penagihan dapat dicegah.



Gambar 3.3 Proses inventaris yang dikelola vendor

Penerapan

Air Supply didasarkan pada solusi *Hybrid Cloud* dengan SaaS (software layanan) yang memungkinkan pengelolaan proses internal yang mapan. Lebih dari 1000 Supplier terintegrasi ke dalam AirSupply pada akhir 2012, dan solusi tersebut menghubungkan semua perusahaan besar di industri kedirgantaraan Eropa dan telah menjadi platform yang dominan. Platform cloud umum memungkinkan proses pengadaan yang terstandarisasi dan terintegrasi sementara pada saat yang sama menawarkan layanan yang disesuaikan untuk masing-masing perusahaan. Karena komputasi awan membantu perusahaan menjaga investasi perangkat keras dan perangkat lunak mereka lebih rendah dan lebih fleksibel, AirSupply menawarkan potensi penghematan yang sangat besar. Selain itu, penyedia komputasi awan dapat menjamin keamanan data dan keandalan layanan tingkat tinggi yang hampir tidak dapat dilakukan oleh TI satu perusahaan, terutama perusahaan kecil. Sepintas, layanan cloud sangat menarik bagi usaha kecil dan menengah (UKM) yang ingin mengakses daya komputasi yang besar dan perangkat lunak khusus dengan biaya tetap yang rendah. Untuk perusahaan besar, pentingnya memiliki kendali atas infrastruktur TI mereka untuk mengamankan dan melindungi proses internal yang penting bisa lebih besar daripada manfaat komputasi awan. Namun, solusi cloud hybrid dapat mencapai kombinasi terbaik dari sistem TI internal dan eksternal, tetap dan variabel untuk perusahaan mana pun.

Diskusi

1. Apa manfaat komputasi awan yang dapat Anda identifikasi untuk integrasi SC?
2. Apa keuntungan dan kerugian dari *e-procurement* yang dapat Anda identifikasi?
3. Bagaimana platform AirSupply mendorong penggunanya untuk meningkatkan kolaborasi dan mengembangkan rasa saling percaya untuk berbagi informasi di sepanjang SC?
4. Apa yang dapat mencegah anggota industri bergabung dengan AirSupply?

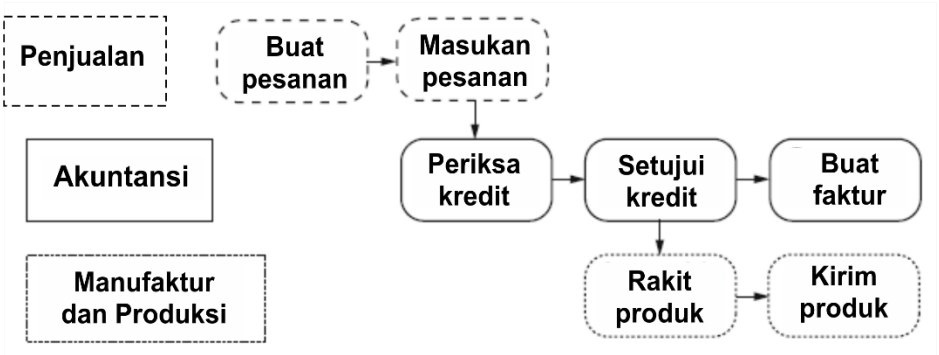
3.3 MANAJEMEN PROSES BISNIS

Optimasi Proses dan Rekayasa Ulang

Proses adalah urutan isi dan logika dari fungsi atau langkah yang diperlukan untuk membuat objek dalam keadaan tertentu. Proses bisnis adalah jaringan aktivitas untuk mencapai fungsi bisnis. Proses memiliki parameter input dan output dan mungkin terikat pada satu area fungsional atau lintas fungsi. Saat ini perusahaan diorganisir berdasarkan proses. Seperti yang dikatakan oleh W. Edwards Deming (Profesor di Universitas Columbia; 1900-1993), "jika Anda tidak dapat menggambarkan apa yang Anda lakukan sebagai sebuah proses, Anda tidak tahu apa yang Anda lakukan." Contoh proses meliputi bidang-bidang berikut:

- Manufaktur dan produksi, misalnya, merakit produk;
- Sumber, misalnya, memilih Supplier;
- Sumber daya manusia, misalnya, mempekerjakan karyawan.

Sebagai contoh, pertimbangkan proses "Pemenuhan pesanan" (Gambar 3.4): Dapat diamati bahwa memenuhi pesanan pelanggan melibatkan serangkaian langkah kompleks yang memerlukan koordinasi erat dari fungsi penjualan, akuntansi, dan manufaktur. Konsep dasar untuk mengelola proses dalam suatu organisasi disebut manajemen proses bisnis (BPM). BPM berisi berbagai alat, metodologi untuk menganalisis, merancang, dan mengoptimalkan proses. BPM terdiri dari langkah-langkah berikut (Hammer dan Champy 1993):



Gambar 3.4 Proses bisnis "Pemenuhan pesanan" [berdasarkan Laudon dan Laudon (2013)]

- Mengidentifikasi proses untuk perubahan;
- Menganalisis proses yang ada;
- Rancang proses baru;
- Menerapkan proses baru;
- Pengukuran terus menerus.

Proses dapat dioptimalkan untuk menemukan keadaan terbaiknya sehubungan dengan

- biaya,
- kapasitas,
- waktu,
- kualitas,

- tingkat layanan,
- keandalan,
- fleksibilitas, dan
- keberlanjutan.

Hasil analisis proses dapat dicirikan oleh efektivitas (pencapaian tujuan proses) dan efisiensi (melakukan proses dengan biaya minimum). Proses yang efektif dan efisien disebut optimal. Proses yang optimal dicirikan oleh efektivitas, efisiensi, kemampuan pengendalian, stabilitas, fleksibilitas, kemampuan analisis, kemampuan pengamatan, keandalan, kemampuan dokumen, dan kemampuan peningkatan berkelanjutan. Sebagian besar masalah SCOM melibatkan banyak tujuan. Keterkaitan tujuan disebut *"trade-off",* yang berarti bahwa seorang manajer harus menemukan kompromi. Misalnya, sangat sulit untuk mencapai persediaan rendah dan tingkat layanan pelanggan yang tinggi, atau pemanfaatan kapasitas tinggi dan waktu tunggu yang singkat.

Wawasan Praktis

Keberlanjutan menjadi semakin penting dalam optimalisasi proses dalam produksi, logistik, dan layanan. Pertimbangkan dua apel di supermarket: sebuah apel dari Indonesia bagian Selatan dan sebuah apel dari Indonesia bagian barat. Apel mana yang lebih berkelanjutan? Biaya yang berbeda seperti biaya transportasi dan pergudangan harus dipertimbangkan dalam analisis. Di musim buah (khususnya apel) akan lebih berkelanjutan. Namun di musim apel dari Indonesia Selatan lebih berkelanjutan, terlepas dari emisi transportasi, karena biaya pergudangan yang tinggi serta konsumsi energi dan emisi yang sesuai di Indonesia.

Optimalisasi proses dalam organisasi dikenal sebagai business process re-engineering (BPR). BPR adalah filosofi seluruh organisasi untuk perbaikan proses yang berkesinambungan. Ini terdiri dari pandangan yang berbeda dari manajemen proses seperti operasional, organisasi, etika, dll.

Wawasan Praktis

Pilihan untuk perbaikan proses seringkali terletak pada koordinasi. Misalnya, dalam industri otomotif, siklus suplai antara pesanan pelanggan dan pengiriman kartu adalah sekitar 60 hari. Perakitan mobil itu sendiri hanya mencakup 2 hari. Ini berarti bahwa proses nilai tambah terdiri kurang dari 5% dari total siklus suplai. 95% adalah kegiatan perencanaan dan koordinasi. Potensi besar untuk optimasi dapat ditemukan dalam kegiatan ini.

Di SC, opsi berikut dapat dipertimbangkan untuk perbaikan proses:

- Desain dan konfigurasi SC (yaitu, akuisisi pasar baru, waktu pemasaran yang lama, desain SC yang tidak tahan lama);
- Perencanaan SC (kapasitas aliran lemah dan siklus suplai panjang);
- Operasi SC (prioritas salah untuk pesanan pelanggan, ketidakseimbangan kapasitas dan volume pesanan, gangguan yang terlalu sering dan biaya pemulihan yang tinggi);
- Evaluasi kinerja SC (kinerja departemen yang berbeda seperti logistik, transportasi, dan produksi dievaluasi secara lokal untuk setiap departemen tanpa hubungan umum dengan perspektif SCM yang lebih besar); dan
- Eksekusi SC (tingkat kualifikasi manajer yang berbeda, dokumentasi proses yang salah atau tidak lengkap, konsistensi yang lemah dalam evaluasi kinerja proses).

Pemodelan Proses bisnis

Untuk melakukan optimasi proses, proses apa adanya harus dijelaskan. Model proses menggambarkan aktivitas SCOM dari perspektif pemrosesan informasi. Pemodelan proses dapat disebut sebagai pemodelan deskriptif dan berfungsi sebagai antarmuka untuk

pengembangan sistem informasi. Untuk pemodelan proses bisnis, sejumlah teknik dan alat dapat digunakan. Yang paling populer di antaranya adalah sebagai berikut:

- SCOR *(Supply Chain Operations Reference),*
- ARIS *(Architecture of Information Systems),*
- UML *(Unified Modelling Language)*
- IDEF *(Integration Definition for Function Modelling).*

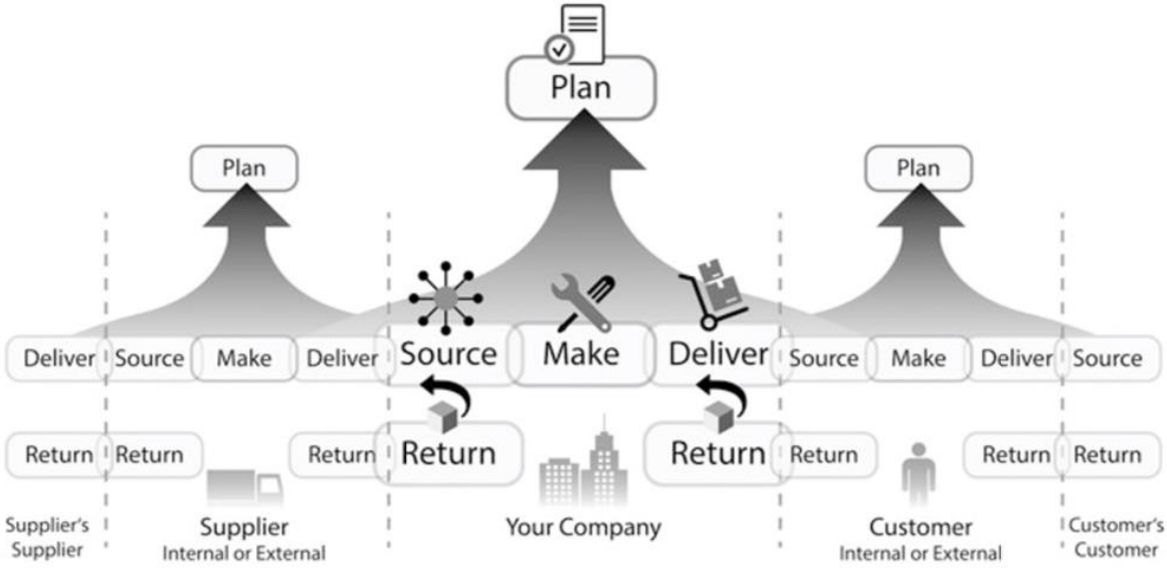
Untuk melakukan optimasi proses, proses apa adanya harus dijelaskan. Model proses menggambarkan aktivitas SCOM dari perspektif pemrosesan informasi. Pemodelan proses dapat disebut sebagai pemodelan deskriptif dan berfungsi sebagai antarmuka untuk pengembangan sistem informasi. Untuk pemodelan proses bisnis, sejumlah teknik dan alat dapat digunakan. Yang paling populer di antaranya adalah sebagai berikut:

- Aktivitas—Ubah sumber daya dan informasi dari satu jenis ke jenis lain
- Keputusan—Pertanyaan yang dapat dijawab dengan Ya atau Tidak
- Peran—Set prosedur
- Sumber daya—Orang, atau fasilitas, atau program komputer yang ditugaskan untuk peran
- Repositori—Koleksi catatan bisnis

Salah satu model terkenal untuk menggambarkan proses SC dan mengukur kinerjanya adalah SCOR *(Supply Chain Operations Reference Model)* (lihat Gambar 3.5). Struktur model SCOR tidak sulit untuk dipahami. Bayangkan saja Anda akan mengadakan pesta. Keputusan apa yang terlibat? Pertama, kita perlu merencanakan. Maka kita perlu sumber makanan dan minuman. Langkah selanjutnya adalah mengadakan pesta. Akhirnya, tamu Anda harus diantar ke rumah mereka. Prinsip yang sama digunakan dalam struktur model SCOR. Ini berisi deskripsi proses perencanaan, pengadaan, pembuatan, pengiriman, dan pengembalian di SC pada tingkat abstraksi yang berbeda.

Nilai utama SCOR dari sudut pandang pemodelan proses bisnis adalah bahwa model proses bisnis standar saling terkait pada tiga tingkat. Selain itu, sistem indikator kinerja yang koheren berkorelasi dengan model proses. Akhirnya, asal data yang digunakan untuk menghitung indikator kinerja disediakan secara eksplisit. Proyek SCOR biasanya berisi tahapan berikut:

- Pemodelan proses bisnis
- Analisis tolok ukur
- Rekayasa ulang proses bisnis
- Model referensi proses.



Gambar 3.5 Model SCOR

3.4 SISTEM INFORMASI MANAJEMEN

Peran Teknologi Informasi dalam Rantai Suplai dan Manajemen Operasi

Manajer SCOM mengatakan bahwa di mana informasi hilang, materi juga hilang. Properti universal dari proses manajemen, terlepas dari domain masalah, adalah bahwa ia memiliki sifat informasional, yaitu terhubung, pertama-tama, dengan pengumpulan, pemrosesan, analisis, dan penggunaan data, informasi, dan pengetahuan.

Sistem Informasi Manajemen (SIM) mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan mendistribusikan informasi untuk mendukung pengambilan keputusan, koordinasi, dan kontrol. MIS menggunakan data, yaitu mereka adalah aliran fakta mentah. Informasi adalah data yang dibentuk menjadi bentuk yang bermakna. Bagi perusahaan, SIM adalah instrumen untuk menciptakan nilai. Investasi dalam teknologi informasi (TI) yang tepat dapat menghasilkan pengembalian yang unggul dalam hal produktivitas, pendapatan, dan posisi strategis jangka panjang. Di satu sisi, MIS mengotomatiskan langkah-langkah yang sebelumnya dilakukan secara manual. Di sisi lain, MIS memungkinkan proses yang sama sekali baru dengan mengubah arus informasi, mengganti langkah berurutan dengan langkah paralel, menghilangkan penundaan dalam pengambilan keputusan, dan mendukung model bisnis baru.

Jenis Sistem Informasi Manajemen

Pengembangan ekstensif TI untuk SCOM dimulai pada 1980-an. Pada 1970-an, fungsi pertama, seperti akuntansi, diotomatisasi. Pada 1980-an, perencanaan kebutuhan material (MRP), perencanaan penjualan dan operasi (S&OP), dan MES (sistem eksekusi manufaktur) dikembangkan. Pada saat yang sama, fungsi tambahan, seperti desain produk dan kontrol kualitas, telah ditangkap di bawah payung CIM (manufaktur terintegrasi komputer).

Selain memberikan keuntungan dan bantuan substansial bagi para manajer, sistem ini disebut "solusi pulau", tanpa integrasi satu sama lain. Sejak sistem ini menggunakan data yang sama untuk sebagian besar, pada 1990-an, sistem perencanaan perusahaan terintegrasi (ERP) dikembangkan. Pada abad kedua puluh satu, SCM memicu pengembangan sistem APS (perencanaan dan penjadwalan lanjutan) dan TI yang berbeda untuk kolaborasi SC. Saat ini, teknologi seluler, Internet of Things, manufaktur cerdas dan Industri 4.0, Identifikasi Frekuensi Radio, e-business, dan komputasi awan menjadi tren pengembangan TI untuk SCOM. Keanekaragaman TI yang ada dapat dibedakan menurut kelompok-kelompok berikut.

Perencanaan di Tingkat Perusahaan

- ERP *(Enterprise Resource Planning)*
- MES *(Manufacturing Execution Systems)*
- WMS *(Warehouse Management Systems)*

Perencanaan dan Pengendalian untuk Koordinasi SC

- APS *(Advanced Planning Systems)*
- TMS *(Transportation Management Systems)*
- SCEM *(SC Event Management)*

Kontrol Waktu Nyata

- RFID *(Radio Frequency Identification)*
- T&T *(Trace and Tracking)*
- ASN *(Automated Shipping Notification)*

Intelijen Bisnis

- *Big Data Analytics*
- *Machine Learning*
- *Cloud Computing*

Komunikasi SC dan Pertukaran Data

- EDI *(Electronic Data Interchange*)
- *E-Commerce*
- XML *(Extensible Markup Language)*
- *Mobile technologies*, Android

Kami akan mempertimbangkan beberapa di antaranya lebih lanjut di bab berikutnya.

3.5 SISTEM INFORMASI MANAJEMEN

TI memberikan tingkat kemampuan koordinasi baru di SC dan telah memungkinkan terobosan dalam daya tanggap dan fleksibilitas. TI modern berpotensi memungkinkan hampir semua konsep integrasi dan koordinasi. Masalah yang lebih penting untuk koordinasi yang efisien terletak pada lingkup organisasi, budaya kolaborasi, dan kepercayaan.

Pertama, isu seputar investasi dalam infrastruktur TI harus disorot. Terutama, ini menyangkut jumlah yang harus dikeluarkan perusahaan untuk TI. TI dapat dibeli, tetapi juga disewa atau digunakan melalui komputasi awan. TI juga dapat tersedia melalui outsourcing. Apapun pilihan yang dipilih, model total biaya kepemilikan (TCO) harus digunakan untuk menganalisis biaya langsung dan tidak langsung. Perhatikan bahwa biaya perangkat keras dan perangkat lunak hanya sekitar 20% dari TCO. Biaya lainnya termasuk pemasangan, pelatihan, dukungan, pemeliharaan, infrastruktur, waktu henti, ruang, dan energi. TCO dapat dikurangi dengan penggunaan layanan cloud, sentralisasi yang lebih besar, dan standarisasi.

Kedua, manajemen proyek TI adalah masalah kritis. Seperti dalam manajemen proyek apa pun, aktivitas dalam proyek TI meliputi pekerjaan perencanaan, penilaian risiko, perkiraan sumber daya yang diperlukan, pengorganisasian pekerjaan, pemberian tugas, pengendalian pelaksanaan proyek, pelaporan kemajuan, dan analisis hasil. Lima variabel utama untuk perencanaan proyek TI adalah ruang lingkup, waktu, biaya, kualitas, dan risiko.

Terlepas dari manajemen proyek yang canggih, data empiris menunjukkan bahwa 30-40% proyek TI melebihi jadwal dan/atau anggaran atau gagal untuk melakukan seperti yang ditentukan. Seringkali, alasannya adalah sebagai berikut: kegagalan untuk menangkap kebutuhan bisnis yang penting; kegagalan untuk memberikan manfaat organisasi; antarmuka pengguna yang rumit dan tidak terorganisir dengan baik; dan data yang tidak akurat atau tidak

konsisten. Peta jalan proyek TI harus dikerjakan dengan data semua tingkat manajemen dan mencakup bagian-bagian berikut:

- Tujuan dari rencana
- Alasan rencana bisnis strategis
- Sistem/situasi saat ini
- Perkembangan baru
- Strategi manajemen
- Rencana implementasi
- Anggaran

Ketiga, isu organisasi global telah menjadi tantangan kritis bagi banyak infrastruktur TI, terutama di SC global. Sayangnya, banyak perusahaan gagal membangun TI yang tepat untuk SC global mereka. Sebagai contoh, pertimbangkan skenario khas disorganisasi dalam skala global. Sebuah perusahaan barang konsumen multinasional yang berbasis di Amerika Serikat dan beroperasi di Eropa ingin berekspansi ke Asia. Kantor pusat dunia dan manajemen strategis berlokasi di Amerika Serikat. Satu-satunya sistem informasi yang terkoordinasi secara terpusat adalah pengendalian dan pelaporan keuangan. Perusahaan ini dibagi menjadi pusat-pusat produksi dan pemasaran regional, nasional yang terpisah. Divisi asing memiliki sistem TI yang terpisah, sistem e-bisnis dari berbagai divisi dan pusat tidak kompatibel. Selain itu, setiap fasilitas produksi menggunakan sistem ERP yang berbeda, perangkat keras yang berbeda, dan sebagainya.

Rekomendasi tentang cara yang benar untuk mengatur TI di perusahaan global mencakup tindakan berikut. Pertama, dapat disarankan untuk hanya berbagi sistem inti yang mendukung fungsionalitas penting bagi perusahaan: sistem yang berbagi beberapa elemen kunci dapat dikoordinasikan sebagian. Tidak disarankan untuk memiliki sistem yang persis sama melintasi batas-batas nasional: variasi lokal diinginkan karena TI harus disesuaikan dengan kebutuhan lokal.

Sistem ERP

Sistem perencanaan sumber daya perusahaan (ERP) terdiri dari modul perangkat lunak terintegrasi dan database pusat umum. Modul ERP termasuk tetapi tidak terbatas pada:

- Manajemen produksi
- Manajemen persediaan
- Penjualan
- Sumber daya manusia
- Pemasaran
- SCM.

Modulnya seperti sejumlah stik USB yang dapat dibeli secara keseluruhan atau tunggal. Prinsip kerja ERP didasarkan pada pengumpulan data dari berbagai departemen perusahaan untuk digunakan di hampir semua aktivitas bisnis internal perusahaan. Keuntungannya adalah informasi yang dimasukkan dalam satu proses segera tersedia untuk proses lainnya. ERP menggunakan

- data master (data tidak sering diubah, misalnya, bill-of-materials)
- memproses data (data diubah secara operasional, misalnya, tingkat inventaris saat ini)

Keuntungan ERP adalah sebagai berikut:

- Menyediakan integrasi SC, produksi, keuangan, dan pemasaran;
- Membuat kesamaan database;
- Dapat menggabungkan proses terbaik yang ditingkatkan;
- Meningkatkan komunikasi dan kolaborasi antara unit bisnis dan situs;

- Memiliki database perangkat lunak siap pakai;
- Dapat memberikan keuntungan strategis dan meningkatkan aset perusahaan.

Keterbatasan ERP adalah sebagai berikut:

- Bisa sangat mahal untuk dibeli dan terlebih lagi untuk disesuaikan;
- Implementasi mungkin memerlukan perubahan besar dalam perusahaan dan prosesnya;
- Bisa sangat kompleks sehingga banyak perusahaan tidak dapat menyesuaikannya;
- Melibatkan proses implementasi yang berkelanjutan, mungkin tidak pernah selesai;
- Keahlian terbatas dengan masalah staf yang sedang berlangsung.

Wawasan Praktis

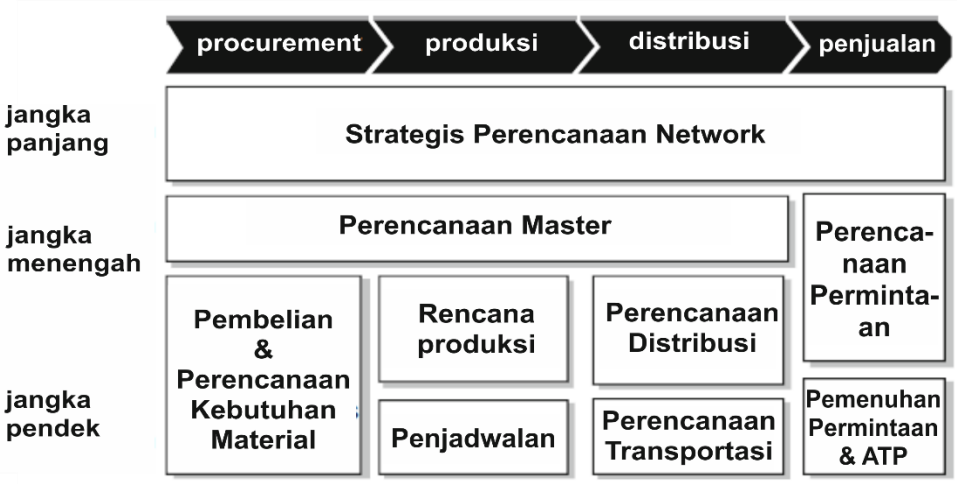
Sistem ERP terintegrasi mahal. Implementasinya akan mengubah proses dan struktur organisasi. Proyek ini akan memperhitungkan bertahun-tahun. Pada saat yang sama, ada banyak perusahaan dengan perangkat lunak "buatan sendiri" untuk perencanaan produksi, akuntansi, dll. Pertanyaannya adalah apakah kita harus membeli ERP baru atau mengembangkan dan mengintegrasikan solusi buatan sendiri? Tidak ada jawaban mutlak untuk pertanyaan ini. Ada perusahaan yang mengembangkan solusi mereka sendiri. Dalam kasus lain, proyek ERP baru berhasil. Faktor kunci keberhasilan sangat bergantung pada korespondensi TI yang ada dengan kebutuhan perusahaan saat ini dan masa depan. Penting juga seberapa berkualitas dan terorganisir departemen TI di perusahaan itu.

Sistem APS

Pada awal abad kedua puluh satu, topik SCM menjadi semakin penting. Beberapa modul penting seperti "desain SC" dan "Perencanaan distribusi" tidak ada dalam ERP. Selain itu, ERP memberikan format dukungan yang sangat terbatas pada optimasi penjadwalan. ERP juga memiliki batasan lain, seperti perencanaan terhadap kapasitas yang tidak terbatas. Itulah mengapa generasi baru sistem APS telah dikembangkan (Stadtler et al. 2015) (lihat Gambar 3.6). APS mengekstrak data dari ERP dan menggunakannya untuk pengoptimalan. Perhatikan contoh penjadwalan di APS ini (lihat Gambar 3.7): Sistem APS:

- mengekstrak beberapa data input dari modul ERP yang berbeda,
- melakukan perhitungan otomatis berdasarkan optimasi ilmiah
- metodologi,
- menghasilkan laporan.

Modul APS terutama didedikasikan untuk perencanaan deterministik. Namun, ada ketidakpastian baik di sisi masuk (Supplier tidak dapat diandalkan, kerusakan mesin) dan sisi keluar (permintaan pelanggan tidak diketahui). Untuk melakukan lindung nilai terhadap ketidakpastian, penyangga harus dipasang—baik dalam bentuk persediaan pengaman atau waktu keselamatan.



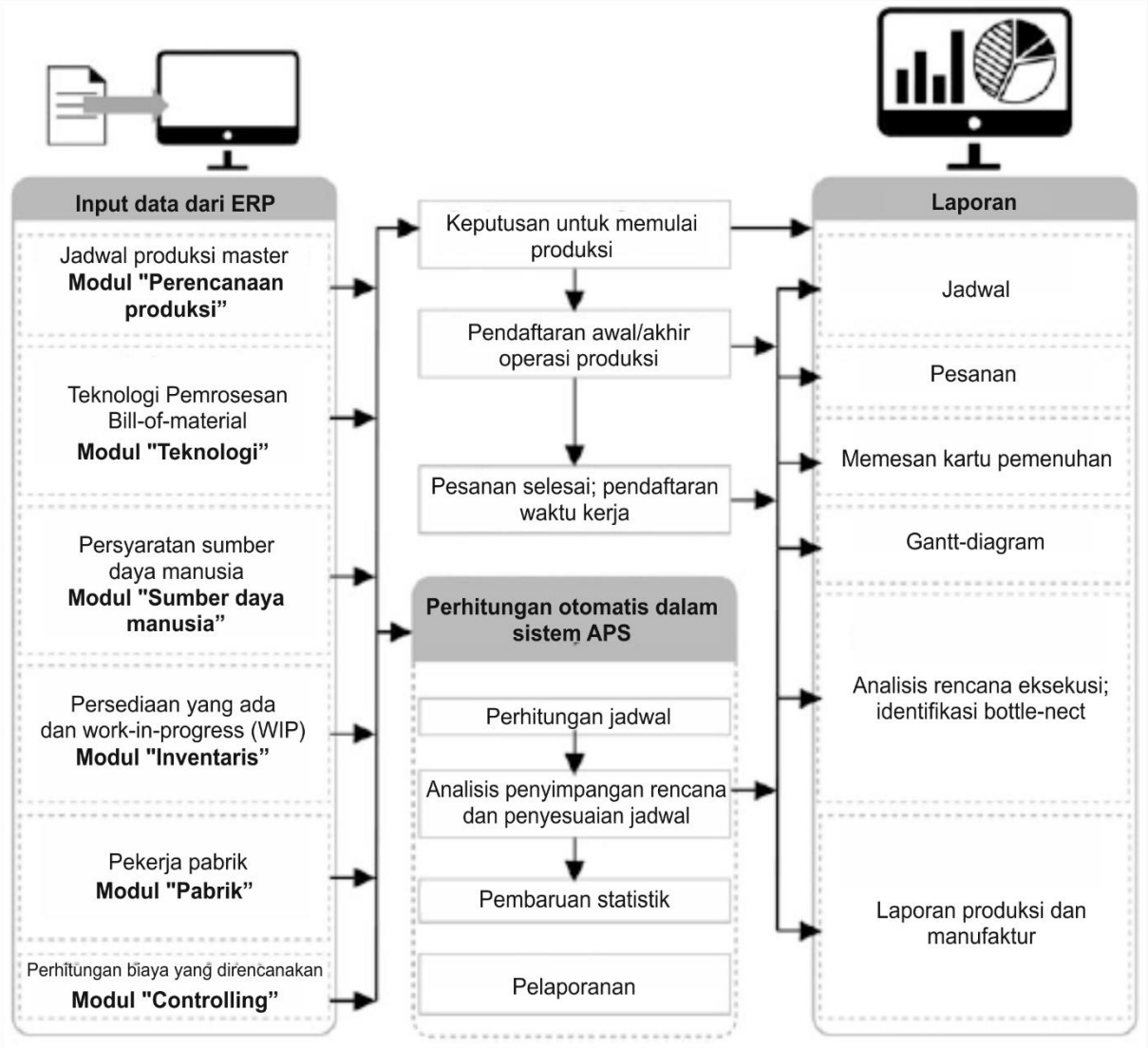
Gambar 3.6 Struktur Sistem APS (Stadtler et al. 2015)

Penerapan APS secara praktis tidaklah mudah. Pertama, ada perbedaan antara harapan perusahaan dan kemampuan perangkat lunak. Kedua, model optimasi seringkali tidak dapat diselesaikan dalam batas waktu yang wajar, terutama jika diinginkan perencanaan interaktif. Ketiga, kesediaan untuk berbagi informasi, mis. tentang biaya atau kapasitas, seringkali agak terbatas. Masalah juga muncul dalam menggunakan formulasi model generik, yang seringkali tidak cukup disesuaikan dengan kebutuhan lingkungan aplikasi tertentu. APS tampaknya paling berhasil untuk SC intra-perusahaan dengan kontrol logistik terpusat (Günther 2005).

SCEM dan RFID

Sistem ERP dan APS mendukung perencanaan aktivitas. Untuk kontrol waktu nyata, sistem lain digunakan. Kami mempertimbangkan dua solusi TI untuk tahap kontrol: SCEM dan RFID. *Supply Chain Event Management* (SCEM) bertujuan untuk mengidentifikasi penyimpangan dalam SC secara tepat waktu. Dasar untuk peringatan gangguan dan pemulihan gangguan adalah area toleransi penyimpangan parameter eksekusi yang dapat diterima. SCEM terdiri dari lima fungsi utama:

- pemantauan proses;
- pemberitahuan tentang penyimpangan parameter yang tidak diizinkan;
- mensimulasikan kemungkinan tindakan penyesuaian;
- memilih tindakan kontrol untuk menghilangkan penyimpangan;
- pengukuran berdasarkan indikator kinerja.



Gambar 3.7 Prinsip kerja sistem APS

SCEM didasarkan pada tiga penggerak utama. *Pertama*, sistem pelacakan dan penelusuran (T&T), RFID, dan perangkat seluler digunakan untuk memberikan informasi terkini tentang eksekusi proses. *Kedua*, metode manajemen dengan pengecualian digunakan untuk menyaring informasi dan membandingkan nilai parameter aktual dengan yang direncanakan. *Ketiga*, metode perencanaan berorientasi peristiwa digunakan untuk mengidentifikasi tindakan penyesuaian sensitif dalam kasus peristiwa negatif.

Salah satu teknologi dasar untuk memfasilitasi umpan balik dalam eksekusi SC adalah RFID. Dalam beberapa tahun terakhir, aplikasi dan literatur penelitian tentang RFID telah berkembang secara eksponensial. RFID adalah teknologi identifikasi otomatis yang terdiri dari tag RFID dan pembaca RFID khusus. Tag juga disebut transponder RFID (singkatan dari *transmitter-responders*). Tag dilampirkan atau dimasukkan ke dalam segala jenis objek (produk, alat, hewan, barang, manusia, dll.) untuk tujuan identifikasi dan pelacakan menggunakan gelombang radio. Pembaca RFID membaca informasi pada tag dan mentransfernya ke perangkat pemrosesan. Ketika diterapkan pada SCOM, teknologi RFID dapat memberikan beberapa keuntungan penting, tetapi juga memiliki keterbatasan (lihat Tabel 3.1).

Target umum dari RFID adalah untuk mengurangi biaya yang ditimbulkan oleh pengoperasian manual, mempercepat penerimaan dan transmisi data, dan meningkatkan

ketepatan dan kualitas data. Teknologi RFID memungkinkan pelacakan produk di seluruh SC dari pengiriman Supplier ke gudang dan tempat penjualan. Ini berkontribusi pada pengurangan ketidakpastian mengenai fluktuasi dalam proses, peningkatan keterbacaan kuantitas dan kualitas barang yang diproduksi, peningkatan keamanan (khususnya, pengurangan pemalsuan), dan pengurangan pemborosan dan pencurian. Beberapa angka yang relevan tercantum di bawah ini:

- Pengurangan kesalahan saat memilih produk dalam persediaan adalah 5%.
- Pencurian di pengecer berkurang 11-18%.
- Penyusutan di pengecer turun menjadi 0,78% dari 1,69%.
- Pencurian dari rak menurun 9–14% sementara pengurangannya berkisar antara 40% dan 59% di toko.
- Ketersediaan stok meningkat 5-10%.

Tabel 3.1 Keuntungan dan keterbatasan RFID untuk SCOM

Keuntungan	Kekurangan
Data up-to-date	Biaya
Free kontak	Masalah Teknis
Bacaan Massal	Masalah Privasi
Proteksi/Keamanan	Head Resistance

RFID juga diyakini memberikan manfaat penting dalam memastikan stabilitas/kontinuitas SC melalui peningkatan berbagi informasi dan dukungan pemantauan SC melalui manajemen pengecualian yang lebih cepat. SC berpotensi menjadi lebih fleksibel, responsif, gesit, dan aman dengan menerapkan RFID.

Pengurangan biaya tenaga kerja karena RFID dievaluasi pada 30%, 17%, atau 7,5%, dalam distribusi tergantung pada studi untuk toko ritel. Estimasi lain mengklaim bahwa penghematan penerimaan produk di fasilitas persediaan adalah 7,5% atau 5–40%, tergantung penelitian. Angka-angka lain menyatakan 9% dalam manufaktur, 90% atau 100% dalam penghitungan persediaan fisik, 0,9-3,4% di toko.

Pada saat yang sama, studi yang ada menggarisbawahi bahwa RFID tidak menjelaskan atau memecahkan fluktuasi permintaan pelanggan, waktu transportasi, dan tingkat persediaan. Ini mengidentifikasi dan memproses data dalam volume sesuai dengan tag, pembaca, dan fungsi middleware, dan di tempat di mana mereka diinstal. RFID juga tidak mengusulkan tindakan kontrol apa pun yang harus diambil untuk beradaptasi dengan SC jika terjadi perubahan atau gangguan pada tahap eksekusi.

3.5 ANALISIS BISNIS DAN E-BISNIS

Selama dekade terakhir, IT baru untuk SCOM telah dikembangkan. Rincian implementasi manajerial dan teknis pada teknologi ini berbeda, tetapi kebanyakan dari mereka berbagi atribut kecerdasan. Karena SCOM bergantung pada penggunaan TI, di tahun-tahun mendatang alat baru ini akan mengubah lanskap konsep manajerial dan sistem pendukung keputusan untuk SCOM. Mengaitkan (dan bahkan menanamkan) TI dan intelijen ke dalam perencanaan SC dan struktur organisasi telah dibahas selama lebih dari 10 tahun sekarang. Namun, pertanyaan tetap tentang manfaat dan hambatan dalam memungkinkan pesanan, pengiriman dan produk untuk dapat merencanakan dan mengendalikan kemajuan mereka sendiri melalui SC. Dengan TI baru, pengelolaan data menjadi keunggulan kompetitif bagi perusahaan. Tren pengembangan TI untuk SCOM meliputi:

- *Business Intelligence* (BI) dan Analisis Data Besar,

- Komputasi awan (*cloud computing*) dan SaaS (perangkat lunak sebagai layanan),
- E-Bisnis, pasar bersih (e-hub) dan perusahaan virtual,
- IoS—*Internet of Services/Internet of Things* dan Industri 4.0.

BI terdiri dari data dan perangkat lunak untuk mengatur dan menganalisis data. Ini digunakan untuk membantu manajer dan pengguna membuat keputusan yang lebih baik. Saat ini, apa yang disebut Analisis Data Besar (lih. Bab 16) menjadi semakin penting. Penambangan data termasuk dalam kelompok analitik bisnis yang terdiri dari alat dan teknik untuk menganalisis data.

Dengan bantuan komputasi awan, perangkat keras/lunak dapat digunakan sebagai layanan tanpa harus membeli TI. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk meminimalkan investasi TI. Kekurangannya adalah kekhawatiran tentang keamanan dan keandalan. E-business terdiri dari penggunaan teknologi digital dan internet untuk mendorong proses bisnis utama.

Wawasan Praktis

Di banyak SC layanan *e-commerce*, terutama di perusahaan rintisan, manajer lebih fokus pada hubungan antara gudang dan pelanggan dan sering meremehkan hubungan antara Supplier dan gudang. Dalam pembuatan SC, fokusnya lebih pada hubungan antara Supplier dan produksi, dan pelanggan mungkin memainkan peran yang kurang ditekankan dalam keputusan SCOM. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan mengintegrasikan SC dari Supplier ke pelanggan baik untuk SC layanan maupun manufaktur.

E-commerce adalah bagian dari e-business dan terdiri dari pembelian dan penjualan barang dan jasa melalui internet. Saat ini, solusi *M-Commerce* sedang dikembangkan untuk memasukkan mobile IT ke dalam SCOM. Untuk mengimplementasikan e-business, digunakan teknologi Electronic Data Interchange (EDI). EDI memastikan pertukaran transaksi standar komputer-ke-komputer seperti faktur, atau pesanan pembelian. Industri besar memiliki standar EDI yang mendefinisikan struktur dan bidang informasi dokumen elektronik. Semakin banyak perusahaan yang bergerak menuju jaringan pribadi yang memungkinkan mereka untuk terhubung ke berbagai perusahaan yang lebih luas daripada yang diizinkan EDI dan berbagi informasi yang lebih luas dalam satu sistem.

Wawasan Praktis

Pertimbangkan sebuah contoh. Harley Davidson menghadapi masalah dengan Suppliernya, karena hubungannya di bawah standar dan tidak canggih. Insinyur berfokus pada inovasi teknis Supplier dan gagal mempertimbangkan apakah mereka dapat menghasilkan volume yang diperlukan, memenuhi jadwal, atau memenuhi target biaya. Akibatnya, komponen Supplier datang terlambat dan produksi sering berisiko. Untuk mengatasi masalah ini, perusahaan mengembangkan strategi SCM berbasis internet di mana dibuat portal web yang memungkinkan Harley Davidson dan Suppliernya untuk melakukan transaksi, mulai dari menempatkan pesanan pembelian hingga pembuatan faktur, di internet. Hampir 300 dari 695 Supplier suku cadang Harley masuk ke aplikasi melalui portal Supplier. Supplier dapat melihat prakiraan produksi, status akun, dan dapat mengirimkan pemberitahuan pengiriman dan menerima peringatan pengisian ulang persediaan. Portal web telah memungkinkan Harley mencapai biaya yang lebih rendah, kualitas yang konsisten, dan kinerja pengiriman yang lebih baik.

Pasar bersih/ Net marketplaces (e-hub) adalah pasar tunggal untuk banyak pembeli dan penjual. Mereka dapat dimiliki oleh industri atau dimiliki oleh perantara independen. E-hub

menghasilkan pendapatan dari biaya transaksi dan layanan lainnya. Prinsip pasar menggunakan harga yang ditetapkan melalui negosiasi, lelang, atau harga tetap. Di banyak industri, SC hierarkis dengan struktur Supplier yang telah ditentukan sebelumnya dan program produk jangka panjang berkembang menjadi perusahaan virtual dan jaringan kolaboratif. Fitur khusus mereka adalah jaringan kompetensi inti yang berorientasi pelanggan dan SC yang fleksibel dan dapat dikonfigurasi, dikondisikan oleh perluasan alternatif untuk mencari mitra yang cocok dengan siapa kerjasama dimungkinkan oleh teknologi Internet.

Tujuan utama dari *perusahaan virtual* adalah untuk memungkinkan sejumlah organisasi mengembangkan lingkungan kerja umum atau lingkungan pengembangbiakan virtual dengan tujuan memaksimalkan fleksibilitas dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan dan mengembangkan kumpulan kompetensi dan sumber daya.

SC di perusahaan virtual didasarkan pada jaringan kompetensi inti yang berorientasi pelanggan melalui pemilihan mitra dari kumpulan Supplier yang tersedia di lingkungan virtual sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Perusahaan virtual fokus pada kecepatan dan fleksibilitas. Perusahaan virtual diaktifkan dengan membangun ruang informasi terpadu dengan penggunaan layanan web yang ekstensif.

Struktur perusahaan virtual sangat dinamis dan siklus hidupnya bisa sangat singkat. Luar biasa adalah alternatif untuk konfigurasi SC. Merupakan keuntungan besar untuk bereaksi cepat terhadap kebutuhan pelanggan. Sebuah perusahaan virtual juga membangun cadangan struktural-fungsional untuk menjalankan SC. Sayangnya, perusahaan virtual sebagian besar dianggap dari perspektif informasi dan tidak menangani dengan baik faktor manajerial dan organisasi. Pengalaman praktis kami menunjukkan bahwa hanya ada beberapa (jika ada) organisasi yang berhasil menerapkan ide utama perusahaan virtual, tetapi ini sering berkolaborasi hanya dalam waktu singkat dan kemudian bubar, mungkin untuk membentuk jaringan baru dengan perusahaan lain. Dua kendala utama menyebabkan penyebaran ini: kepercayaan dan dokumentasi proyek teknis.

Perkembangan *Internet of Things* dalam konteks manufaktur telah disebut Industri 4.0 dengan mengacu pada tiga revolusi industri sebelumnya: mesin uap, manufaktur jalur perakitan, dan manufaktur terintegrasi komputer (CIM). Bahkan dalam kehidupan kita sehari-hari, komunikasi berbasis WLAN antara perangkat yang berbeda seperti lemari es, kompor dapur, dan smartphone dimungkinkan. Pada manufaktur Industry 4.0, baik mesin maupun material dilengkapi dengan sensor yang saling terhubung dalam sistem cyber-fisik, berperan aktif dalam proses, dan mengoptimalkannya. Produk dan mesin berkomunikasi satu sama lain. Bahan akan dapat mengkomunikasikan tujuannya ke mesin, membuat siklus hidup produk lebih cepat dan lebih fleksibel. Komponen penting dari Industri 4.0 adalah teknologi manufaktur aditif, terutama pencetakan 3D.

Wawasan Praktis

Analisis Bisnis dan Industri 4.0 diharapkan menjadi konsep pemecah jalan bagi SCOM dalam waktu dekat. Semua kegiatan manajemen adalah tentang data dan informasi. Saat ini, TI mutakhir memungkinkan penyimpanan dan transmisi data dalam jumlah besar. Manajer harus menganalisis semua data ini untuk mengekstrak apa yang diperlukan, dan mentransfernya ke dalam informasi. Di masa depan, manajer akan mendapatkan informasi yang mereka butuhkan di tempat yang tepat, pada waktu yang tepat, dan kualitas yang tepat. Tindakan awal untuk menyortir dan menggabungkan data akan dilakukan secara otomatis oleh Business Analytics dan Industry 4.0.

Metode Pemecahan Masalah dan Metodologi Penelitian

Seorang tukang roti memanggang roti. Seorang sopir bus mengemudikan bus. Dan seorang marketing akan memasarkan produk, lalu apa yang manajer lakukan? Mereka

membuat keputusan. Keputusan dibuat untuk memecahkan masalah. Keputusan dapat dibuat mengenai perencanaan dan pengendalian operasi dan SC. Dalam paragraf ini kita mempelajari metode pemecahan masalah dasar di SCOM.

Masalah, Sistem, dan Pengambilan Keputusan

Agar suatu masalah ada, harus ada individu (atau sekelompok individu). Orang ini disebut sebagai pemilik masalah (pengambil keputusan) yang:

- tidak puas dengan keadaan saat ini dalam konteks kehidupan nyata, atau memiliki beberapa kebutuhan saat ini atau masa depan yang tidak terpenuhi, yaitu siapa yang memiliki beberapa tujuan yang harus dicapai atau target yang harus dipenuhi;
- mampu menilai kapan tujuan, sasaran, atau target ini telah tercapai sampai tingkat yang memuaskan;
- memiliki kendali atas beberapa aspek situasi masalah yang mempengaruhi sejauh mana tujuan, sasaran, atau target dapat dicapai (Daellenbach dan McNickle 2005).

Daripada berasumsi bahwa kita memiliki masalah yang terstruktur dengan baik dengan tujuan yang jelas dan tindakan alternatif, lebih baik untuk:

- mewakili situasi masalah di mana masalah masih kabur atau kabur;
- memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang berbagai isu yang terlibat dalam pengambilan keputusan;
- merumuskan masalah dengan benar untuk memastikan tingkat detail yang sesuai dan memberikan wawasan tentang solusi masalah;
- melakukan pengambilan keputusan dalam konteks sistem.
- Sebagian besar masalah ada dalam konteks sistem. Sistem adalah sekumpulan komponen yang saling berhubungan, yang membentuk satu kesatuan yang utuh. Setiap komponen berinteraksi dengan atau terkait dengan setidaknya satu komponen lain dan mereka semua melayani tujuan bersama.

Lingkungan adalah kumpulan elemen yang bukan milik sistem, tetapi mempengaruhinya. Salah satu karakteristik sistem dasar adalah struktur. Struktur adalah karakteristik tautan tetap dan mode interaksi elemen sistem; struktur menentukan integritas, organisasi, dan fungsi sistem; struktur adalah kerangka dari sebuah sistem. Dalam praktiknya, banyak struktur SC yang terganggu (misalnya, SC Toyota sangat terpengaruh oleh tsunami pada Maret 2011), dan ini menyangkut dinamika struktur SC (Ivanov et al. 2010).

Perubahan dinamis dan devolusi sistem dalam keadaan objek dan proses dalam ruang dan waktu yang didorong oleh gangguan dan pengaruh kontrol yang dihasilkan dari transisi yang direncanakan dari keadaan saat ini ke keadaan yang diinginkan, atau adaptasi dari suatu sistem ke lingkungan eksekusi yang berubah.

Keputusan adalah pemilihan suatu kegiatan (atau serangkaian kegiatan) dari beberapa alternatif. Keputusan tunduk pada kendala yang membatasi pilihan keputusan dan tujuan yang membuat beberapa keputusan lebih disukai daripada yang lain. Keputusan manajerial mempengaruhi orientasi tujuan sistem melalui kinerja keluaran. Keputusan membentuk perilaku sistem yang berkaitan dengan tujuan tertentu (atau beberapa tujuan). Tujuan dan kriteria memainkan peran paling penting dalam membuat keputusan.

Wawasan Praktis

Setiap keputusan manajemen memiliki dua komponen. Yang pertama adalah komponen analitik dan yang kedua adalah komponen perilaku. Komponen analitik didukung oleh metode analisis bisnis analisis kuantitatif, sedangkan komponen perilaku didasarkan pada intuisi dan kualitas kepemimpinan pembuat keputusan serta prediksi dan reaksi perilaku lingkungan eksternal sehubungan dengan keputusan Supplier, pengecer, dan pelanggan.

Kinerja adalah karakteristik kompleks dari hasil yang berorientasi pada tujuan dari fungsi sistem. Manajer harus mempertimbangkan potensi dan kinerja nyata, serta memperhitungkan kesesuaian hasil yang dicapai dengan tujuan yang ditetapkan manajemen pada tahap perencanaan. Kinerja diukur dengan metrik atau indikator tertentu (misalnya, tingkat layanan pelanggan, pengiriman tepat waktu, biaya, dll.) Masalah dasar dalam pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

- optimalitas,
- beberapa tujuan,
- risiko dan ketidakpastian, dan
- kompleksitas.

Keputusan Optimal dan Beberapa Tujuan

Keputusan yang optimal adalah yang terbaik. Keputusan yang optimal sangat "rapuh" dan menganggap dimensi masalah tertentu, kepenuhan, dan kepastian model. Selain itu, solusi optimal biasanya sangat sensitif terhadap penyimpangan. Selain itu, pengambilan keputusan terkait erat dengan dinamika dan harus dianggap sebagai proses penyesuaian adaptif dan bukan sebagai optimasi "satu arah".

Wawasan Praktis

Pertimbangkan sebuah contoh. Menentukan kuantitas pesanan optimal untuk beberapa item yang dibeli adalah masalah pengoptimalan yang umum. Optimalisasi ini didasarkan pada pengurangan biaya pemesanan dan penyimpanan persediaan, dan, jika demikian, jumlah pesanan yang dihitung hanya optimal untuk departemen pembelian. Pada saat yang sama, masalah ini terkait erat dengan perencanaan transportasi dan peningkatan tingkat layanan pelanggan. Jadi situasi masalah nyata yang ada adalah optimasi persediaan terintegrasi.

Masalah *penerapan pengambilan keputusan* berbasis optimasi saling terkait dengan kompleksitas, ketidakpastian, dan banyak tujuan. Fitur khusus dari keputusan optimal adalah pengambilan keputusan multi-tujuan oleh manajer dengan preferensi mereka sendiri yang, pada gilirannya, selalu berubah. Oleh karena itu, menjadi tidak mungkin untuk membangun fungsi seleksi umum untuk pengambilan keputusan multi-kriteria. Menemukan solusi optimal adalah mungkin, tetapi bisa sangat memakan waktu. Namun, solusi optimal ini dapat digunakan untuk benchmarking untuk memperkirakan kualitas solusi yang diperoleh dengan heuristik atau model simulasi (lihat lebih lanjut dalam bab ini).

Berbagai tujuan bertentangan dalam arti bahwa mereka menciptakan persaingan untuk sumber daya bersama untuk mencapai berbagai tujuan kinerja yang berbeda (keuangan, fungsional, lingkungan, dll.). Strategi pengambilan keputusan multi-kriteria (MCDM) menggunakan teknik analisis *trade-off* untuk mengidentifikasi desain kompromi yang kriteria bersaingnya saling memuaskan dalam pengertian Pareto-optimal. Salah satu contoh teknik MCDM yang *up-to-date* adalah TOPSIS. Untuk informasi lebih rinci tentang teori pengambilan keputusan, kami merujuk pada studi tentang riset operasi, teori keputusan, dan analisis kuantitatif dalam manajemen, misalnya, Taha (2009), Render et al. (2012), Dolgui dan Proth (2010), Yalaoui et al. (2012).

Risiko dan Ketidakpastian

Ketidakpastian adalah salah satu masalah paling kritis dalam mengambil keputusan. Ketidakpastian adalah properti sistem yang mencirikan ketidaklengkapan pengetahuan kita tentang sistem dan kondisi perkembangannya. Ketidakpastian adalah istilah polisemik (poli—banyak, sema—tanda). Secara historis, istilah pertama yang terkait dengan ketidakpastian

adalah kebetulan, probabilitas, dan kemungkinan, yang kita hubungkan dengan Aristoteles. Sampai abad kedua puluh, dasar-dasar matematika dan deskripsi faktor ketidakpastian didirikan pada interpretasi probabilitas-frekuensi dan terkait dengan Pascal, Ferma, Bernoulli, dan Laplace.

Teori probabilitas modern didasarkan pada penelitian Kolmogorov, yang memperkenalkan definisi aksiomatik probabilitas sebagai ukuran yang terkait dengan sistem aksioma dari apa yang disebut ruang probabilitas. Ketidakpastian menimbulkan risiko. Manajemen risiko adalah pendekatan metodologis untuk mengelola hasil yang tidak pasti.

Konsep risiko tunduk pada berbagai definisi. Knight (1921) mengklasifikasikan ketidakpastian "terukur" sebagai "risiko". Dari perspektif keuangan Markowitz (1952), risiko adalah varians pengembalian. Dari perspektif manajemen proyek, risiko adalah ukuran probabilitas dan konsekuensi dari tidak tercapainya tujuan proyek yang ditentukan. Menurut March dan Shapira (1987), risiko adalah produk dari probabilitas terjadinya peristiwa negatif dan jumlah kerusakan yang diakibatkannya.

Umumnya, dalam teori keputusan, risiko adalah ukuran dari serangkaian kemungkinan hasil (negatif) dari keputusan rasional tunggal dan nilai-nilai probabilistiknya. Sebuah fitur khusus dari manajemen risiko di SC (tidak seperti sistem intechnical) adalah bahwa orang tidak berusaha untuk jaminan hasil 100%: mereka secara sadar cenderung mengambil risiko. Ada masalah kontradiksi antara risiko objektif (ditentukan oleh para ahli, menerapkan cara ilmiah kuantitatif) dan risiko yang dirasakan (persepsi manajer). Ada tiga jenis ketidakpastian yang mempengaruhi SCOM (Klibietal.2010;Dolgui et al. 2018):

- ketidakpastian acak (yaitu, masalah dalam koordinasi permintaan dan penawaran);
- ketidakpastian bahaya (peristiwa tidak biasa dengan dampak tinggi, yaitu efek riak (Ivanov et al. 2014; Ivanov 2017a, b, 2018; Dolgui et al. 2018);
- ketidakpastian yang mendalam (gangguan parah) tidak ada informasi (teori permainan dan fungsi utilitas).

Menurut kepastian data, kasus-kasus berikut dapat diklasifikasikan:

- tidak ada informasi (diperlakukan dalam teori permainan dan fungsi utilitas);
- informasi yang tidak jelas (diperlakukan dalam teori fuzzy);
- informasi acak dan stokastik (diperlakukan dalam teori probabilitas);
- informasi yang ditentukan (diperlakukan dalam model analitis).

Faktor ketidakpastian biasanya dibagi menjadi dua kelompok:

- faktor stokastik dan
- faktor non stokastik.

Kelompok pertama dapat dijelaskan melalui model probabilitas. Untuk deskripsi formal ketidakpastian non-stokastik, deskripsi fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang diketahui, probabilitas subjektif untuk faktor ketidakpastian, deskripsi interval, dan deskripsi gabungan dari faktor ketidakpastian digunakan.

3.6 MODEL DAN PEMODELAN

Konsep model dapat diterapkan secara luas dalam bahasa alami manusia dan merupakan istilah ilmiah umum. Hal ini ditandai dengan polisemi, yaitu, diungkapkan secara luas dan mencerminkan makna yang berbeda tergantung pada aplikasi dan konteks. Saat ini, ada beberapa ratus definisi konsep model dan pemodelan. Untuk meringkas definisi yang berbeda, pandangan model dan pemodelan berikut disajikan.

Sebuah *model* adalah:

- sistem yang penyelidikannya merupakan alat untuk memperoleh informasi tentang sistem lain;

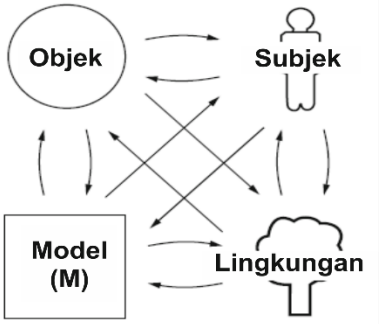
- metode keberadaan pengetahuan; dan
- peta sistem ganda dari objek asli yang, bersama dengan konten yang benar-benar benar, berisi konten benar dan salah bersyarat, yang mengungkapkan dirinya dalam proses pembuatan dan penggunaan praktisnya.

Pemodelan adalah salah satu tahapan aktivitas kognitif subjek, yang melibatkan pengembangan (pilihan) model, penggunaannya untuk melakukan penyelidikan, perolehan dan analisis hasil, pembuatan rekomendasi, dan estimasi kualitas model. sendiri seperti yang diterapkan pada masalah yang dipecahkan dan dengan mempertimbangkan kondisi khusus (Gambar 3.8).

Karena keterbatasan model yang dirancang (diterapkan) (sejumlah elemen dan hubungan terbatas yang menggambarkan objek milik realitas yang sangat beragam) dan sumber daya yang terbatas (temporal, keuangan, dan material) yang disediakan untuk pemodelan, model selalu mencerminkan model asli. objek dengan cara yang disederhanakan dan didekati. Namun, pengalaman menunjukkan bahwa ciri khusus model ini dapat diterima dan tidak bertentangan dengan solusi masalah yang dihadapi subjek.

Pengambilan Keputusan Berbasis Model

Untuk setiap keputusan, manajer menggunakan model kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif adalah pendekatan ilmiah untuk pengambilan keputusan manajerial di mana data mentah diproses dan dimanipulasi untuk menghasilkan informasi yang berarti. Perhatikan contoh berikut.



Gambar 3.8 Pemodelan Pemangku Kepentingan

Studi Kasus "Mendesain Ulang Aliran Material dalam Jaringan Manufaktur Global"

Deskripsi Masalah

Pertimbangkan sebuah perusahaan yang memproduksi sistem untuk transmisi energi dan memiliki dua lokasi: pabrik A berlokasi di Indonesia dan pabrik B berlokasi di Cina. Kedua pabrik memiliki penetrasi manufaktur yang dalam; dengan kata lain, mereka mampu memproduksi hampir semua komponen dan modul yang dibutuhkan untuk perakitan produk akhir. Kedua pabrik dapat merakit produk akhir yang sama dari komponen yang sama, yang dikenal sebagai komponen bersama. Perakitan terakhir selalu dilakukan di negara tempat pelanggan membangun sistem energinya. Apakah produksi komponen bersama dapat didistribusikan dalam jaringan sehingga total biaya jaringan diminimalkan harus dianalisis.

Pengembangan Model

Setiap manajer menerapkan metode kuantitatif dan kualitatif untuk setiap keputusan. Dari sudut pandang matematis, masalah dapat direpresentasikan sebagai sejumlah titik asal dengan beberapa kapasitas tertentu dan titik tujuan dengan beberapa permintaan tertentu. Volume produksi harus dikirimkan ke pelanggan sedemikian rupa sehingga total biaya diminimalkan. Ini adalah masalah yang terkenal dalam riset operasi, yaitu masalah transportasi. Pada saat yang sama, masalahnya juga terdiri dari biaya dan risiko yang tidak

dapat diukur dalam model optimasi, dan oleh karena itu diperlukan analisis kualitatif tambahan.

Memasukan data

Pada tahap pertama, empat pilihan untuk desain proses telah dirumuskan:

- Manufaktur lokal di A dan B
- Manufaktur di A untuk A dan B
- Manufaktur di B untuk A dan B
- Manufaktur campuran di A dan B untuk A dan B.

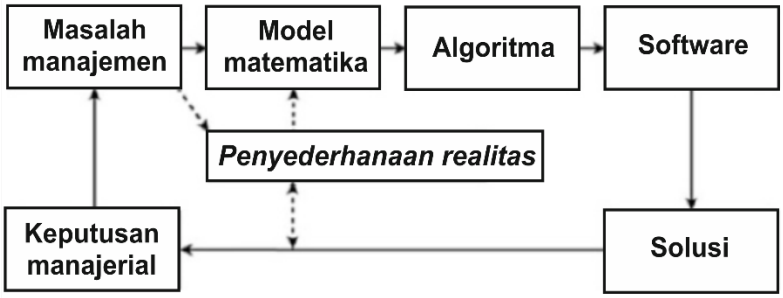
Untuk pengembangan model matematika diperlukan data sebagai berikut:

- titik asal
- titik tujuan
- kapasitas produksi di titik asal Ai
- permintaan di titik tujuan Bj
- biaya produksi dan transportasi satu unit produk dari Ai ke Bj.

Pengembangan Solusi

Fitur khusus dari masalah yang dipertimbangkan adalah bahwa titik asal dan tujuan sebenarnya identik. Model tersebut kemudian memiliki format standar dari masalah transportasi dan dapat diselesaikan dengan bantuan Excel Solver. Keputusan akhir harus dibuat berdasarkan analisis hasil optimasi kuantitatif dan analisis kualitatif manajerial.

Hasil Implementasi



Gambar 3.9 Proses pengambilan keputusan berbasis model

Dari sudut pandang efisiensi biaya, opsi 2 harus dipilih. Namun, ada beberapa risiko penting. Pertama, strategi sumber tunggal sangat berisiko karena kekurangan produksi dan pengiriman dapat terjadi. Kedua, jika manufaktur di Indonesia harus diluncurkan kembali, biaya implementasi akan sangat tinggi.

Proses pengambilan keputusan berbasis model ditunjukkan pada Gambar 3.9. Kita dapat mengamati bahwa masalah manajemen yang sebenarnya adalah titik awal dari proses pengambilan keputusan. Contohnya mungkin masalah lokasi fasilitas di mana kita diberikan permintaan di beberapa pasar, kemungkinan lokasi dan kapasitas fasilitas baru, biaya tetap untuk memiliki fasilitas di SC, dan biaya transportasi dari setiap lokasi ke setiap pasar. Kita harus memutuskan di mana lokasi fasilitas dan jumlah yang harus dikirim dari fasilitas ke pasar. Langkah selanjutnya adalah mengubah masalah nyata menjadi model matematika. Untuk transformasi ini, kita perlu mengurangi kompleksitas kenyataan. Ini pasti menghasilkan penyederhanaan. Misalnya, kami akan mengasumsikan kapasitas deterministik dalam model lokasi fasilitas kami alih-alih mempertimbangkan fluktuasi permintaan. Kami membuat penyederhanaan ini untuk mewakili masalah manajemen sedemikian rupa sehingga model dapat diselesaikan dengan bantuan algoritma yang ada dalam waktu yang wajar. Dalam contoh kami, kami merumuskan masalah lokasi fasilitas sebagai model pemrograman linier

integer campuran yang dapat diselesaikan dengan bantuan algoritma simpleks dan cabang & terikat.

Untuk implementasinya, diperlukan perangkat lunak. Contoh kecil dapat diselesaikan dengan bantuan Excel Solver, tetapi untuk data nyata, pemecah profesional seperti CPLEX, Lindo, AMPL, Matlab, GAMS, Gurobi, dan XPRESS ada. Perangkat lunak menghitung solusi. Dalam contoh kami, solusinya adalah saran di mana harus membuka lokasi fasilitas dan jumlah produk mana yang harus dikirim dari setiap lokasi yang dibuka ke masing-masing pasar sehingga total biaya produksi dan logistik menjadi minimal.

Perangkat lunak menghitung solusi ini. Pertanyaan terpenting sekarang adalah apakah solusi ini otomatis menjadi keputusan kita? TIDAK! Ini adalah solusi untuk masalah matematika. Untuk tahap selanjutnya, diperlukan keahlian manajemen untuk mentransfer solusi matematis ini ke dalam keputusan manajerial. Pertama-tama, penyederhanaan realitas harus ditinjau. Kedua, apa yang disebut fakta lunak seperti risiko, fleksibilitas, dll harus dimasukkan dalam analisis. Itulah mengapa kami lebih suka berbicara tentang metode kuantitatif pendukung keputusan.

Model Kuantitatif dan Riset Operasi

Model kuantitatif untuk SCOM dapat dibagi menjadi tiga pendekatan utama. Ini adalah optimasi, simulasi, dan heuristik. Model hybrid (misalnya, model simulasi berbasis optimasi) juga ada. Optimasi adalah metode analisis yang menentukan opsi terbaik untuk menyelesaikan operasi tertentu atau masalah SC. Optimasi telah menjadi topik yang sangat terlihat dan berpengaruh di bidang SCOM. Kelemahan menggunakan optimasi adalah kesulitan dalam mengembangkan model yang cukup rinci dan akurat dalam mewakili kompleksitas dan ketidakpastian SCM, sambil menjaga model cukup sederhana untuk dipecahkan.

Simulasi meniru perilaku satu sistem dengan sistem lainnya. Dengan membuat perubahan pada SC yang disimulasikan, seseorang dapat memperoleh pemahaman tentang dinamika SC fisik. Simulasi adalah alat yang ideal untuk menganalisis lebih lanjut kinerja desain yang diusulkan yang berasal dari model optimasi (Sterman 2000; Ivanov 2016, 2017a, b).

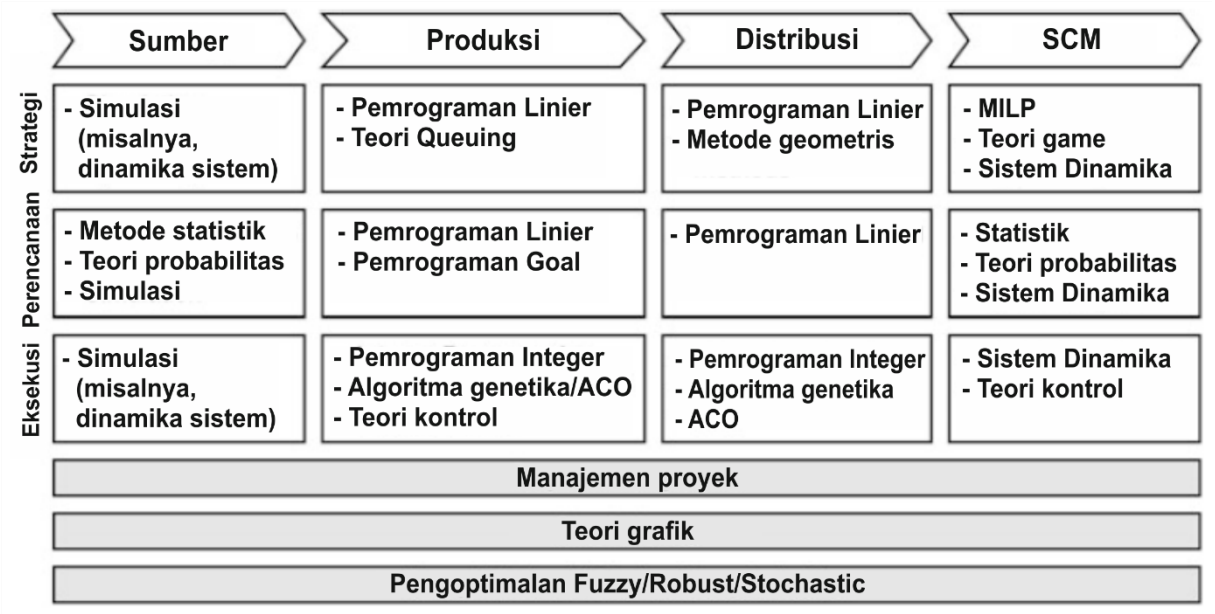
Heuristik adalah aturan cerdas yang sering mengarah pada solusi yang baik, tetapi belum tentu yang terbaik. Pendekatan heuristik biasanya lebih mudah diterapkan dan membutuhkan lebih sedikit data. Namun, kualitas solusi biasanya tidak diketahui. Pilihan untuk memperkirakan kualitas algoritma heuristik mungkin penggunaan optimasi sebagai alat untuk solusi "ideal" untuk masalah.

Opertion Research/Riset Operasi (OR) adalah penerapan metode analisis canggih untuk membantu membuat keputusan yang lebih baik (definisi INFORMS). ATAU berurusan dengan masalah yang dapat dijelaskan dengan model matematika untuk menemukan solusi yang optimal atau baik. Ikhtisar metode berbasis OR disajikan pada Gambar. 3.10. Metode OR dasar dan penerapannya pada SCOM termasuk tetapi tidak terbatas pada:

- Pemrograman linier (perencanaan produksi; manajemen pendapatan)
- Pemrograman bilangan bulat/Optimasi Kombinatorial (penjadwalan, perutean)
- Pemrograman linier integer campuran (MILP) (desain SC)
- Pemrograman dinamis/Teori Grafik (pengukuran lot dinamis/kontrak SC)
- Teori jaringan (manajemen proyek)
- Teori antrian (garis tunggu: pusat panggilan, layanan hotline, desain proses, taman hiburan, layanan)
- Simulasi (desain SC, *bullwhip-effect*, dll.)
- Heuristik (algoritma genetika, optimasi koloni semut (ACO), aplikasi untuk masalah penjadwalan dan perutean)

- Optimisasi Fuzzy/Robust/Stochastic (ketidakpastian data).

Penerapan banyak dari metode ini untuk masalah SCOM yang berbeda akan dibahas dalam bab lebih lanjut dari buku ini.



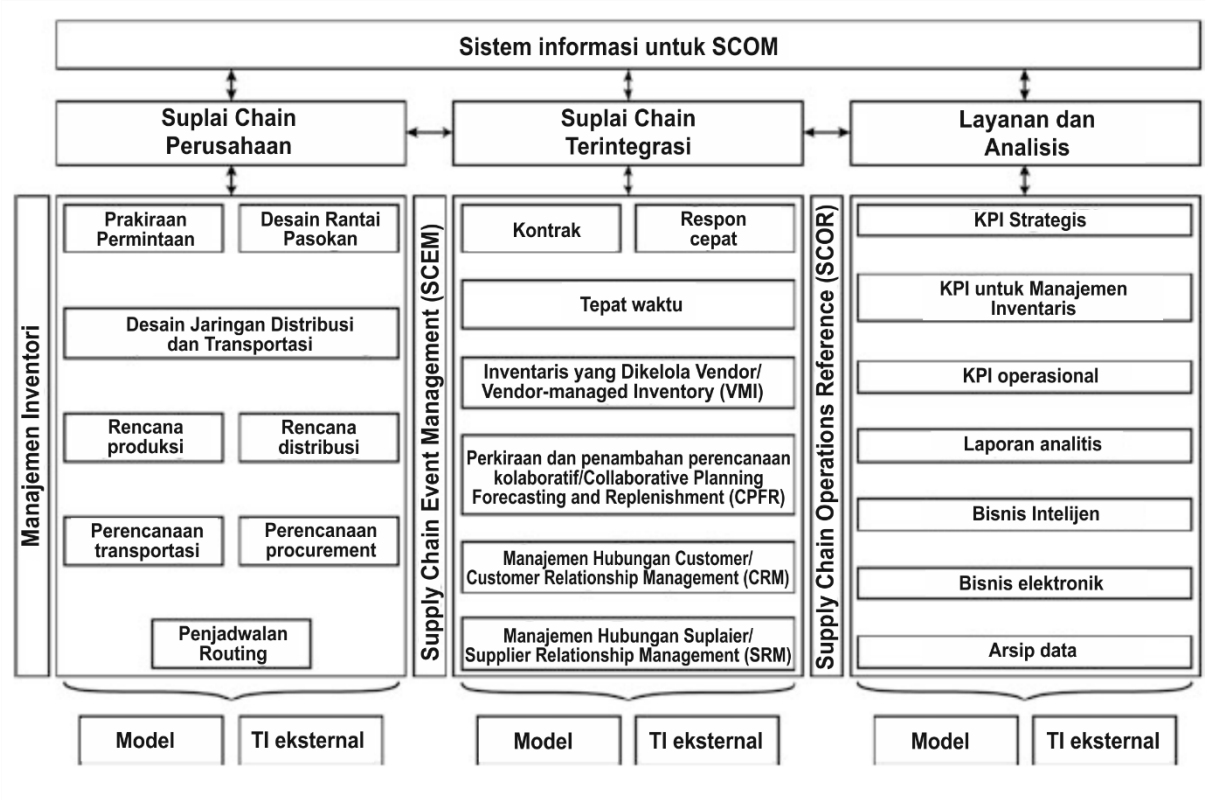
Gambar 3.10 metode untuk SCOM

Dukungan Pengambilan Keputusan Terintegrasi

Setelah membaca sejauh ini dalam buku teks ini, Anda sudah memiliki gambaran umum tentang:

- Pengambil keputusan di SCOM
- Proses bisnis di SCOM
- Metode dukungan pengambilan keputusan di SCOM
- TI di SCOM.

Sebelum mulai mempertimbangkan proses dan metode pendukung keputusan secara rinci, mari kita rangkum pengetahuan kita sesuai dengan segitiga “Process!Model!IT”. Pemodelan proses dan rekayasa ulang adalah pendahuluan dasar untuk keberhasilan penerapan model kuantitatif dan TI. Ketiga komponen ini saling terkait erat satu sama lain. Blok utama yang diperlukan untuk keberhasilan SCOM disajikan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Sistem informasi untuk SCOM

Banyak perusahaan melakukan kesalahan dengan memulai optimasi langsung dengan IT. Namun, sebelum ini, data mana yang diperlukan untuk model optimasi mana yang harus ditentukan. Selanjutnya, data ini harus dibawa ke dalam korespondensi dengan proses bisnis dan struktur organisasi.

Di blok "Rantai Suplai Perusahaan," fungsionalitas khas sistem ERP dan APS dapat digunakan. Di blok "SC Terpadu", diperlukan perangkat lunak khusus yang digerakkan oleh EDI untuk koordinasi dan kolaborasi SC. Terakhir, blok “Layanan dan analitik” bertanggung jawab atas pelaporan, pengelolaan data, dan kontrol KPI (indikator kinerja utama). Semua model ini didasarkan pada model proses bisnis dan model matematika. Manajemen data juga terdiri dari integrasi dengan beberapa TI eksternal seperti RFID, sistem keamanan pembayaran, dll. Pada Tabel 3.2, kami merangkum metode kuantitatif yang digunakan dalam modul tertentu dari sistem informasi SCOM. Dalam bab-bab berikutnya dari buku ini, kita akan mempelajari banyak dari masalah, model, dan metode ini secara rinci.

Metodologi Penelitian

Metode kuantitatif, *pemodelan dan optimasi* adalah cara populer untuk melakukan penelitian di SCOM. Metodologi penelitian lainnya berorientasi kualitatif dan mencakup penelitian studi kasus, penelitian tindakan, survei, dan penelitian berbasis wawancara (Kotzab et al. 2005; Yin2014).

Penelitian studi kasus didasarkan pada analisis deduktif dari contoh-contoh praktis yang ada dijelaskan dalam literatur. Sebuah kasus tunggal, beberapa kasus terisolasi, atau bahkan kasus tertanam dapat dianalisis untuk mengembangkan rekomendasi umum untuk suatu masalah.

Penelitian tindakan mengandaikan partisipasi aktif peneliti dalam pemecahan masalah. Ini bisa berupa, misalnya, magang di perusahaan tempat siswa terlibat dalam sebuah proyek. Tidak seperti dalam penelitian studi kasus, hasil proyek biasanya tidak diketahui di awal.

Dalam proyek yang sedang berlangsung, perbandingan status "sebagaimana adanya" dan "akan menjadi" bisa menjadi rumit. Analisis tolok ukur dapat berhasil digunakan di sini

Survei dan penelitian berbasis wawancara mengasumsikan pengumpulan data dari sumber yang berbeda, misalnya, wawancara para ahli di bidang tertentu. Kuesioner dirancang dan dievaluasi dengan bantuan metode statistik. Seringkali, metode persamaan struktural digunakan.

Tabel 3.2 Data, Keputusan, dan Metode dalam SCOM [berdasarkan Ivanov (2010)]

Input Data	**Indikator Kinerja**	**Contoh metode solusi**	**Hasil (output)**
Perkiraan Permintaan			
Data penjualan statistikal	Meminimalisasi kesalahan pada perkiraan	Pemulusan eksponensial; Analisis regresi	Perkiraan permintaan
Desain Suplai Chain			
Data lokasi Perkiraan permintaan; Data kapasitas; Transportasi (waktu, biaya, dll)	Meminimalisasi biaya	Masalah Lokasi Gudang Pusat Gravitasi (WLP) CPLM (Model Lokasi Pabrik Berkapasitas) Model Alokasi Lokasi	Berapa banyak pusat produksi dan distribusi yang dibutuhkan, di mana, dan dengan kapasitas berapa?
Desain jaringan distribusi-transportasi			
Pelanggan dan Supplier Desain Rantai Pasokan Perkiraan permintaan; Transportasi (waktu, biaya, dll)	Meminimalisasi biaya; memaksimalkan leve layanan	Masalah transportasi dan modifikasi multi tingkat	Produk mana dan berapa jumlah yang harus dikirim ke tujuan mana?
Manajemen persediaan			
Tuntutan; *Lead-time* Biaya penyimpanan, pemesanan, dan pergudangan Tingkat layanan; Data kapasitas	Meminimalisir Biaya; Memaksimalkan level layanan	Optimalisasi inventaris siklus (EOQ/EPQ); Optimalisasi inventaris keamanan; Manajemen inventarisasi multi-eselon; ATP/CTP	Kapan dan berapa banyak yang harus dipesan? Apa tingkat layanan yang optimal? Di mana menempatkan inventaris di SC?
Perencanaan penjualan dan operasi			
Biaya Permintaan Kapasitas Persediaan	Meminimalisir Biaya dan Memaksimalkan layanan	Pemrograman matematika	Paket agregat untuk 1–18 bulan
Perencanaan distribusi dan transportasi			
Rencana Penjualan dan Operasi Biaya Persediaan Kapasitas Transportasi	Meminimalisir biaya	Heuristik, Pemrograman matematika	Paket agregat untuk 1–18 bulan
Routing (Perutean) dan Scheduling (Penjadwalan)			

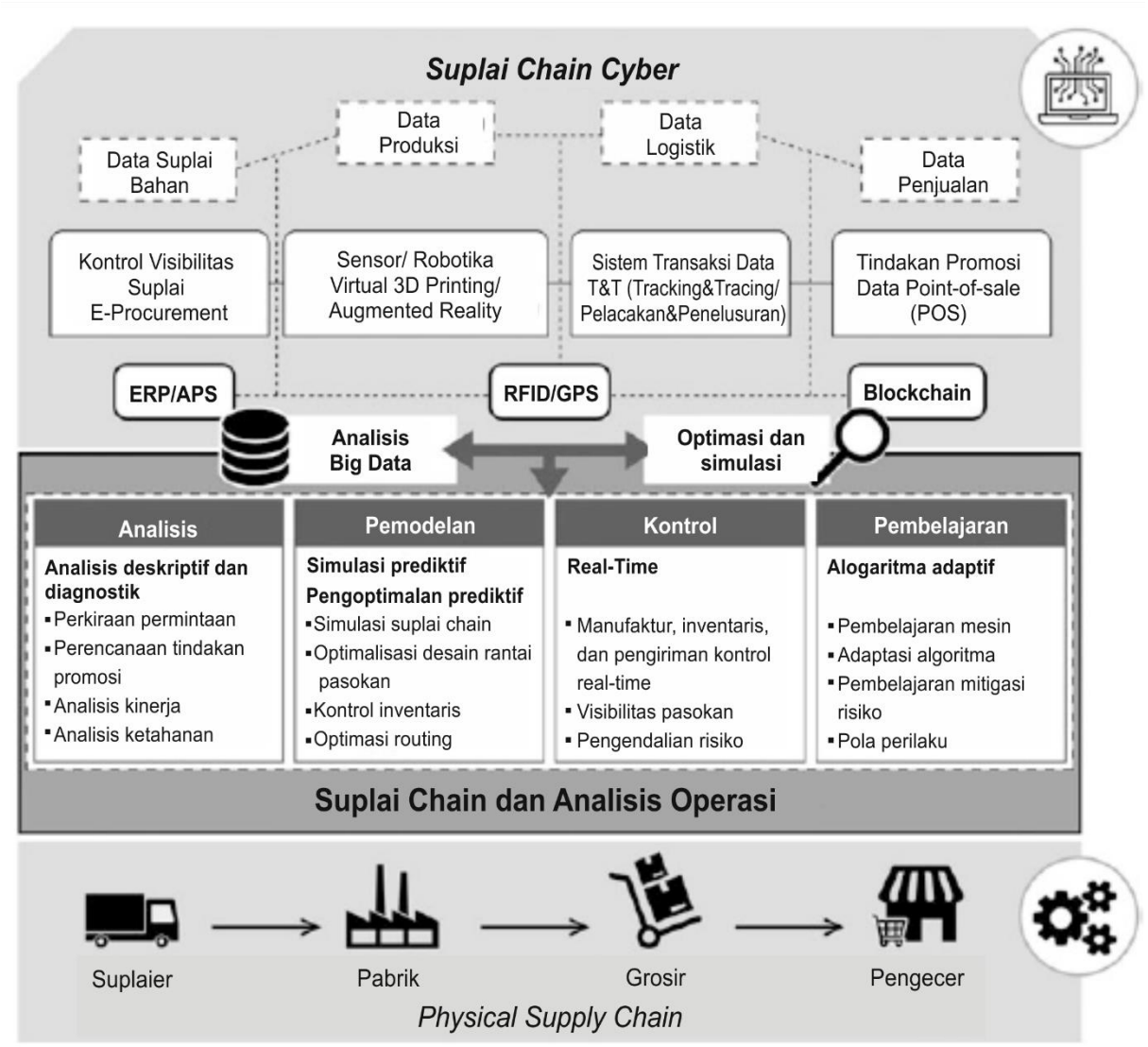
jadwal produksi induk; Kapasitas mesin; Tanggal jatuh tempo; Biaya	Meminimalkan waktu penyelesaian, Memaksimalkan pemanfaatan fasilitas, Meminimalkan persediaan *work-in process* (WIP), Meminimalkan waktu aliran	Optimasi kombinatorial, Heuristik	Penjadwalan dan rute pengiriman

3.7 INTEGRASI ANALISIS, SIMULASI, DAN PENGOPTIMALAN BISNIS

Keberhasilan dalam kompetisi SC sangat bergantung pada algoritma analitik yang dikombinasikan dengan optimasi dan pemodelan simulasi. Awalnya ditujukan untuk otomatisasi proses, teknik analisis bisnis sekarang mengganggu pasar dan model bisnis dan memiliki dampak yang signifikan pada pengembangan SCM.

Contoh Praktis

Pengecer elektronik menggunakan data transaksi dan perilaku pelanggan mereka yang luas untuk menawarkan cara baru dalam mencoba, mengalami, dan membeli produk mereka (misalnya Amazon dengan Alexa). PwC bekerja dengan perusahaan mobil besar yang ingin memperkenalkan kendaraan otonom untuk publik (Wilkinson 2018). Bagian dari pekerjaan ini menggunakan pembelajaran penguatan mendalam untuk mengembangkan aturan. Bersama dengan simulasi, pembelajaran penguatan mendalam digunakan untuk menentukan aturan keputusan "optimal" yang memungkinkan kendaraan memaksimalkan efisiensi sambil juga memenuhi permintaan perjalanan pelanggan. Lingkungan perangkat lunak untuk proyek ini menggunakan lingkungan yang dapat diperluas dan praktis dari perangkat lunak simulasi multi-metode AnyLogic untuk meningkatkan kemampuan DL4J untuk lingkungan pembelajaran yang mendalam. Mobil otonom menjadi lebih umum dan fitur-fiturnya sudah ada di banyak mobil konsumen. Kecerdasan buatan (AI) menjadi lebih meresap di dunia nyata dengan setiap proyek, dan harus menjadi bagian dari simulasi. Ini berarti AI tidak hanya akan menjadi bagian dari simulasi, tetapi simulasi juga akan membantu mengembangkan AI.



Gambar 3.12 Analisis rantai suplai dan operasi

Dalam dekade terakhir, simulasi dan optimasi telah memainkan peran penting dalam memecahkan masalah kompleks di SCOM. Contoh sukses termasuk perencanaan dan penjadwalan produksi, desain rantai suplai, dan optimasi perutean, untuk beberapa nama. Namun, banyak masalah tetap menantang karena kompleksitas dan skala besar, dan/atau ketidakpastian dan sifat stokastik. Di sisi lain, peningkatan pesat analitik bisnis memberikan peluang menarik untuk Riset Operasi dan pemeriksaan ulang masalah optimasi yang sulit ini, serta masalah yang baru muncul di SCOM (Gambar 3.12).

Contoh aplikasi analitik SC dan operasi termasuk logistik dan kontrol SC dengan data waktu nyata, kontrol inventaris dan manajemen menggunakan data penginderaan, alokasi sumber daya dinamis dalam sistem perakitan yang disesuaikan Industri 4.0, meningkatkan model prakiraan menggunakan *Big Data,* teknik pembelajaran mesin untuk kontrol proses, Visibilitas SC dan kontrol risiko, mengoptimalkan sistem berdasarkan informasi prediktif (misalnya, pemeliharaan prediktif), menggabungkan algoritma pengoptimalan dan pembelajaran mesin, serta pemodelan dan pengoptimalan berbasis simulasi untuk sistem stokastik (Ivanov et al. 2018).

Area aplikasi *Supply Chain* dan *Operations Analytics* dapat diklasifikasikan menjadi empat area, yaitu:

- Analisis deskriptif dan diagnostik,
- Simulasi prediktif dan optimasi preskriptif,
- Kontrol waktu nyata,
- Pembelajaran adaptif.

Sumber, manufaktur, logistik, dan data penjualan didistribusikan di antara sistem yang sangat berbeda, seperti ERP, RFID, sensor, dan blockchain. *Big Data Analytics* mengintegrasikan data ini ke informasi yang digunakan oleh algoritma kecerdasan buatan di SC cyber dan manajer di SC fisik (lih. Gambar 3.12; lihat juga Bab 16). Dengan demikian, generasi baru model simulasi dan optimasi telah muncul. Adopsi analitik yang meluas dan integrasinya dengan Riset Operasi menunjukkan bahwa simulasi dan pengoptimalan adalah kunci, tidak hanya dalam pemodelan sistem SC fisik, tetapi juga dalam pemodelan sistem cyber SC dan untuk mempelajarinya.

3.8 KESIMPULAN

Organisasi disusun oleh proses. Setiap organisasi atau strategi bisnis dipengaruhi oleh teknologi. Proses bisnis adalah jaringan aktivitas untuk mencapai fungsi bisnis. Konsep dasar pengelolaan proses dalam suatu organisasi disebut manajemen proses bisnis dan mencakup berbagai alat, metodologi untuk menganalisis, merancang, dan mengoptimalkan proses. Analisis hasil proses dapat dicirikan oleh efektivitas (pencapaian tujuan proses) dan efisiensi (melakukan proses dengan biaya minimum). Model proses menggambarkan aktivitas SCOM dari perspektif pemrosesan informasi.

Di tingkat perusahaan, sistem MIS seperti ERP, WMS, dan TPS digunakan. Pada level SC, sistem APS dan SCEM dapat diterapkan. Selama dekade terakhir, TI baru untuk operasi dan integrasi SC telah dikembangkan. Contohnya termasuk penambangan data, komputasi awan, internet fisik, pengenalan pola, penemuan pengetahuan, dan sistem peringatan dini, untuk beberapa nama. Tren pengembangan TI untuk SCOM meliputi *Business Intelligence* dan *data mining, cloud computing* dan SaaS, *E-Business*, dan Industry 4.0. Untuk setiap keputusan, manajer menggunakan model kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif didasarkan pada teknik Riset Operasi. Metodologi penelitian kualitatif meliputi studi kasus, tindakan, dan penelitian survei.

BAGIAN II
MERANCANG OPERASI DAN JARINGAN SUPLAI: PERSPEKTIF STRATEGIS
BAB 4
OPERASI DAN STRATEGI RANTAI SUPLAI

4.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Strategi operasi dan "kesesuaian strategis"
- Strategi rantai suplai yang efisien dan efektif
- *Bullwhip-efek*
- Inventaris yang Dikelola Vendor (VMI)
- *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR)
- Ketahanan dan keberlanjutan rantai suplai
- Efek riak

4.2 STUDI KASUS PENGANTAR "CEPAT DAN TERJANGKAU": ZARA, UNIQLO & PRIMARK

Tiga Faktor Sukses Zara: Kecepatan, Kecepatan, dan Kecepatan

Zara adalah peritel mode global yang menjual barang-barangnya ke seluruh dunia. Jejak internasional pengecer membuktikan bahwa batas negara bukanlah halangan bagi budaya mode bersama. Didirikan pada tahun 1975, pengecer Spanyol Zara memiliki toko yang berlokasi strategis di kota-kota terkemuka di seluruh benua (https://www.inditex.com/brands/zara), meluncurkan lebih dari 10.000 desain baru setiap tahun, dan diakui sebagai salah satu pengecer mode utama dunia. Itu milik Grup INDITEX, yang juga memegang nama merek umum seperti Pull&Bear, Bershka, dan Stradivarius.

Zara terkenal dengan gaya dan produknya yang terkini. Kunci utama strategi perusahaan mereka adalah strategi SC mereka. Pernyataan berikut oleh INDITEX memberikan petunjuk pertama dari strategi eksklusif ini: "Pendekatan kami terhadap mode—kreativitas, desain berkualitas, dan perputaran yang cepat untuk menyesuaikan dengan permintaan pasar yang berubah—telah memungkinkan kami untuk berkembang secara internasional dengan cepat dan telah menghasilkan publik yang sangat baik. tanggapan terhadap koleksi pengecer kami" (Inditex 2014).

Sementara banyak pengecer merancang dan memproduksi sekitar 80% dari persediaan musim mereka, Zara menahan 50% untuk diproduksi di tengah musim. Dengan cara ini mereka dapat bereaksi jika, misalnya, tren panas musim ini adalah skinny daripada jeans boot-cut. Tim penuh pakar mode mengawasi tren mendatang di setiap negara di kampus universitas, klub malam, dan peragaan busana. Semua kegiatan penelitian dan desain diarahkan dari kantor pusat Zara di La Coruña di Spanyol.

Untuk produksi, Zara memiliki pabrik teknologi tinggi sendiri dan sejumlah subkontraktor. Namun, Zara menjaga outsourcing seminimal mungkin dan memproduksi terutama di negara maju untuk memberikan kontrol kualitas yang lebih baik. Untuk menjaga daya tanggap pada tingkat tertinggi, banyak pakaian disimpan dalam tahap generik yang belum dicetak. Pendekatan ini disebut strategi penundaan, karena produk dapat dimodifikasi dari generik menjadi jadi sesuai dengan permintaan pelanggan.

Kantor pengadaan di Inggris, Cina, Indonesia, dan Belanda menangani semua aktivitas pembelian. Di bidang manufaktur, Zara menghubungkan dua situs strategi SC. Di satu tempat mereka mengimpor 40% produk mereka sebagai barang jadi dari negara-negara berbiaya rendah. Strategi ini digunakan untuk "dasar", atau produk yang tidak berubah oleh tren mode

seperti T-shirt putih dan hitam. Sedangkan semua bahan lainnya dibeli dari Mauritius, Selandia Baru, Australia, Maroko, Cina, India, Indonesia, Turki, Korea, Italia, dan Jerman.

Zara mencoba untuk sumber lokal bukan global, sehingga mengurangi biaya transportasi. Waktu tunggu yang singkat adalah faktor kunci lain bagi Zara. Di mana perusahaan mode lain memasok setiap 3 bulan, Zara mengisi ulang tokonya dua kali seminggu. Perusahaan menyediakan dasar-dasar yang diperlukan bagi subkontraktor untuk memenuhi waktu pengiriman yang telah disepakati.

Untuk menerapkan strategi SC-nya, ZARA mendesain ulang manajemen inventarisnya. Sebelumnya, barang dikirim dari dua gudang pusat ke masing-masing toko, berdasarkan permintaan dari masing-masing manajer toko. Keputusan lokal ini, ketika dinilai dalam skala global, tak terhindarkan menyebabkan operasi pergudangan, pengiriman, dan logistik yang tidak efisien. Kelebihan produksi, SC yang tidak efisien, dan pasar yang selalu berubah (untuk sedikitnya) adalah beberapa masalah yang harus diatasi Zara.

Berbagai model SCOM digunakan dalam mendesain ulang dan menerapkan sistem manajemen inventaris yang sepenuhnya baru. Sistem pengambilan keputusan terpusat yang baru menggantikan semua keputusan inventaris tingkat toko, sehingga memberikan hasil yang lebih optimal secara global. Sejak implementasi, memiliki produk yang tepat di tempat yang tepat pada waktu yang tepat untuk pelanggan menyebabkan peningkatan penjualan dari 3% menjadi 4%. Persediaan di Zara disimpan sedikit di bawah perkiraan tingkat penjualan.

Misalnya, jika permintaan meningkat pesat untuk dompet kopling, mereka dapat menetapkan pesanan darurat. Dengan cara ini, perusahaan mampu menghadapi perubahan permintaan yang tiba-tiba. Namun, ketika sebaliknya terjadi, manajemen Zara memutuskan bahwa pelanggan yang berpotensi hilang akan lebih murah daripada produk slow moving atau produk musim lalu. Kecepatan adalah strategi utama Zara. Semua produk harus meninggalkan gudang setelah maksimal 3 hari. Di setiap akhir musim, Zara menurunkan harga produknya hingga 30% untuk menjual sisa stok.

Semua barang tiba di toko dengan disetrika, di gantungan, dan dengan label harga, menghemat waktu berharga bagi staf. Penetapan harga Zara tidak didasarkan pada prinsip biaya ditambah margin klasik, tetapi pada penetapan harga menurut barang-barang yang sebanding di pasar lokal. Karena itu, ada kemungkinan produk yang sama memiliki harga yang berbeda di setiap negara Eropa. Untuk mempermudah penandaan harga, Zara sebelumnya menempelkan label pada barangnya yang menunjukkan semua harga dan barang dapat dengan mudah dipindahkan dari satu negara ke negara lain dengan kompleksitas yang lebih rendah.

Saat ini, kode batang (barcode) digunakan untuk menandai produk, dan ini dapat dibaca melalui pemindai, yang menunjukkan harga lokal di toko lokal. Hal ini juga memungkinkan Zara untuk terus memperbarui informasi tentang kapan dan di mana barang dijual. Semua informasi dianalisis di kantor pusat sehingga strategi tertentu dapat disesuaikan jika diperlukan.

Pemasaran diminimalkan, karena Zara melihat semua kegiatan promosi mengganggu pelanggan. Perusahaan telah berhasil menampilkan diri sebagai retailer fashion dengan gaya yang selalu berubah dan up-to-date dengan kualitas yang baik dengan tingkat harga yang terjangkau. Pelanggan sangat menghargai aset ini—membuat semua upaya pemasaran tambahan tidak diperlukan.

UNIQLO: Pakaian Kasual dan Dasar dengan Kualitas Terbaik

UNIQLO melakukan kebalikan dari Zara, tetapi tidak kalah suksesnya. UNIQLO adalah salah satu perusahaan Jepang terbesar berdiri paling cepat tumbuh dan menempati urutan ketiga di antara pengecer mode di seluruh dunia setelah Gap dan Marks & Spencer.

Perusahaan induknya, FAST RETAILING CO. LTD, yang juga memiliki nama merek GU dan Theory, didirikan pada tahun 1963 di Jepang, di mana ia masih memiliki kantor pusat di Yamaguchi-City. Produk berkualitas tinggi dan terjangkau dinilai lebih tinggi daripada mengejar tren terbaru.

Produknya agak kasual dan sederhana, menjadikannya acara-dan-kurang, tetapi tetap bergaya, menggunakan berbagai warna dan potongan. Alhasil, UNIQLO memenuhi permintaan pelanggan akan pakaian tanpa menghadirkannya di atas catwalk. UNIQLO memiliki banyak kantor produksi dan pembelian di Asia (Korea, Indonesia, Thailand dan Singapura) yang menjaga lebih dari 100 Supplier setiap minggunya. Dengan melakukan ini, perusahaan dapat mempertahankan kontrol kualitas yang baik atas mitra outsourcing mereka. Jika masalah mengenai kualitas muncul, mereka segera dibawa ke unit produksi di mana sarana untuk perbaikan ditemukan.

Saat ini, UNIQLO sedang berusaha untuk memperluas fasilitas pembelian dan produksi mereka untuk memenuhi permintaan di Inggris dan Amerika Serikat. UNIQLO mengontrol inventarisnya dengan hati-hati untuk mempertahankan tingkat inventaris yang optimal setiap minggunya. Pada akhir setiap musim, produk dijual dengan harga 20-30% lebih rendah dari harga awal untuk menghilangkan persediaan.

Selain itu, pengecer mode telah menemukan tempat baru untuk menjual pakaian: stasiun kereta api. Konsep ini bekerja sangat baik untuk UNIQLO. Stasiun Shinjuku adalah stasiun kereta api terbesar di Tokyo dan toko UNIQLO di sana menempati urutan ke-6 dari 770 toko UNIQLO. Popularitas yang disebut paket satu hari dengan dasar-dasar seperti kaus kaki dan pakaian dalam juga meningkat.

UNIQLO mengikuti model SPA (specialty store retailer pakaian private label) yang merupakan model khusus dimana retailer fashion melacak semua aktivitas bisnis dari titik asal hingga titik penjualan. Pendekatan ini memungkinkan UNIQLO untuk meningkatkan proses bisnisnya dengan cepat dan terus-menerus, sehingga memberikan keunggulan bagi perusahaan dibandingkan para pesaingnya.

Melalui hubungan jangka panjang dengan Supplier, UNIQLO selalu mencari cara untuk meningkatkan SC-nya. Hal ini mempengaruhi harga jual. Dengan mengoptimalkan SC-nya, perusahaan mampu menurunkan harga hingga sepertiga dibandingkan para pesaingnya. UNIQLO mempromosikan produknya di poster, pamflet, atau TV, menunjukkan item mana yang akan dijual minggu depan.

Primark: Ini Semua Tentang Uang

Banyak untuk sedikit adalah apa yang dihargai pelanggan ketika mengunjungi toko Primark, pergi dengan tas besar penuh pakaian modis baru yang harganya bahkan tidak setengah dari apa yang ditawarkan pesaing. Primark milik Associated British Foods, sebuah perusahaan yang menjual makanan dan pakaian. Sejak toko pertama dibuka di Dublin, Primark berkembang pesat dan saat ini memiliki lebih dari 250 toko di seluruh Eropa. Di masa depan, perusahaan berencana untuk membuka lebih banyak toko di lebih banyak negara.

Produk ini didasarkan pada desain sederhana dengan cetakan modis. Untuk menghemat biaya, Primark berfokus pada penjualan hanya ukuran yang paling populer. Pelanggan Primark menuntut barang-barang fashion catwalk di tingkat harga supermarket. Itu sebabnya ini semua tentang uang untuk Primark. Produk Primark bersumber dari lebih dari 600 Supplier, terutama dari negara-negara berbiaya rendah. Membeli dan menjual dalam volume tinggi dan menggunakan skala ekonomi memungkinkan Primark untuk mengurangi harga jual bagi pelanggan. Perusahaan menggunakan *off-season* untuk memproduksi lebih awal dan menggunakan periode produksi yang lebih murah. Primark menggunakan strategi *make-to-stock* yang khas dan efisien di mana fokusnya adalah memangkas biaya.

Selain itu, Primark memiliki sedikit mark-up pada produk mereka dan menghindari upaya pemasaran, karena percaya pada iklan dari mulut ke mulut. Akibatnya, harga relatif rendah. Kritik telah meningkat mengenai keberlanjutan pengecer berbiaya rendah, karena banyak pekerja di negara-negara berbiaya rendah menderita kondisi kerja yang buruk. Ini juga menarik perhatian beberapa pelanggan, itulah sebabnya pengecer seperti Primark mencoba melawan citra etis negatif, misalnya, bus mengungkapkan Supplier mereka.

Pertanyaan Diskusi

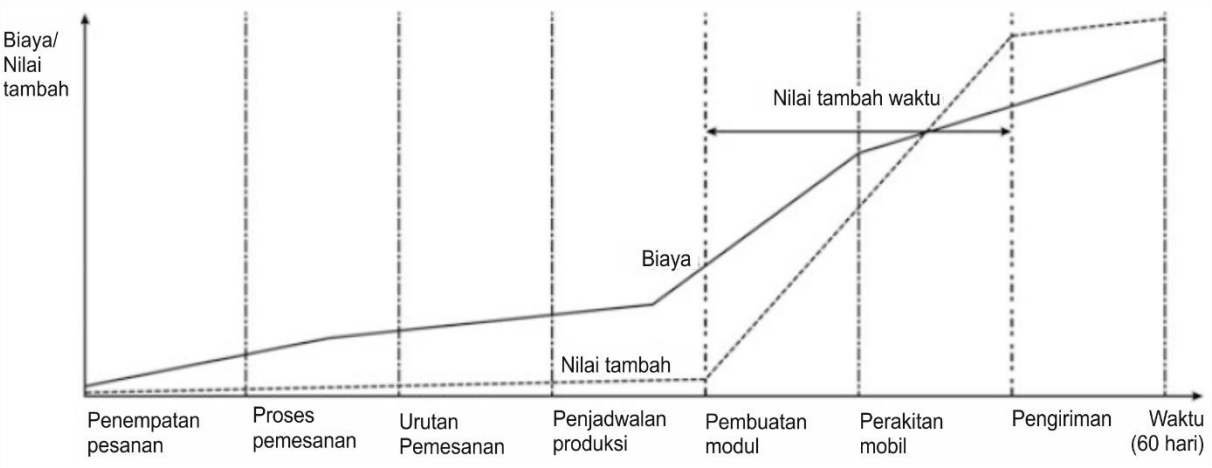
1. Apa bahaya dari pencampuran elemen ("strategi hybrid") dari strategi SC yang gesit dan ramping?
2. Bandingkan dantara Zara, UNIQLO, dan Primark mengenai tujuan utama mereka, desain produk, manufaktur, inventaris, Supplier, waktu tunggu, dan strategi penetapan harga.
3. Faktor-faktor apa yang penting untuk setiap strategi SC?
4. Apa pendapat Anda tentang keputusan UNIQLO untuk membuka fasilitas baru di Inggris dan AS?
5. Peran apa yang dimainkan teknologi informasi untuk koordinasi SC?
6. Bagaimana strategi SC Zara, UNIQLO, dan Primark mendukung strategi kompetitif mereka untuk mencapai "kesesuaian strategis"?
7. Apakah Anda khawatir tentang masalah keberlanjutan di SC pakaian jadi?

4.3 OPERASI DAN STRATEGI RANTAI SUPLAI

Nilai Tambah dan Biaya

Nilai tambah dan biaya adalah dua faktor dasar dan dominan dalam SCOM. Penciptaan nilai dapat dicapai dengan berbagai cara, misalnya melalui inovasi, layanan unik, atau kualitas. Setiap proses memiliki langkah-langkah nilai tambah, tetapi ini membutuhkan sumber daya yang meningkatkan biaya. Tentu saja, proses yang baik harus dirancang dengan tingkat waktu penambahan nilai yang tinggi dan periode waktu tidak bernilai tambah yang singkat. Hal ini meningkatkan baik efektivitas maupun efisiensi.

Namun dalam prakteknya sering terjadi keadaan sebaliknya. Dalam banyak kasus, langkah-langkah nilai tambah hampir tidak lebih dari 20% dari total waktu, dan perkiraan yang lebih realistis adalah sekitar 5-7% (Vrijhoef dan Koskela 2000; Christopher 2011). Hubungan antara nilai tambah waktu dan biaya ini dapat digambarkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Nilai tambah dan biaya

Dapat diamati dari contoh pembuatan mobil di atas bahwa nilai tambah waktu lebih singkat dibandingkan dengan kenaikan biaya. Oleh karena itu, rekomendasi umum adalah untuk memadatkan langkah-langkah pembuatan biaya untuk mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan tingkat layanan. Ilustrasi dari sisi ini adalah sebagai berikut: dokter memiliki gerakan bergerak, dan tindakan itu sendiri hanya membutuhkan waktu 10 detik, tetapi pasien akan menghabiskan setidaknya 10 menit di ruangan sejak 9 menit dan 50 detik akan diminta untuk mengisi berbagai formulir dan dokumen asuransi kesehatan. Dalam hal ini, nilai tambah waktu hanya 1,7%.

Strategi Operasi

Karena cara yang berbeda ada untuk menciptakan nilai dan mengurangi biaya, strategi operasi yang berbeda dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Strategi inovasi
- Strategi efisiensi
- Strategi kualitas
- Strategi layanan

Penggerak utama dalam strategi inovasi adalah inovasi produk atau layanan yang hebat. Menciptakan nilai melalui properti produk atau layanan yang unik dapat secara signifikan meningkatkan margin perusahaan sambil mempertahankan efisiensi biaya. Contohnya adalah Apple, dan transisinya dari iPhone3 ke iPhone4, iPhone X ke iPhone XR dan XS, lalu dari iPhone 11 ke iPhone 11 pro dan Promax dst. Sementara biaya produksi hanya sedikit meningkat, harganya hampir dua kali lipat. SCM dengan strategi inovasi harus memungkinkan pengenalan produk baru dan peningkatan penjualan dengan cepat dan lancar.

Dalam strategi efisiensi, harga merupakan keunggulan kompetitif utama. IKEA terkenal dengan logistik dan manufaktur yang sangat efisien. Semua langkah dalam rantai nilai mendukung strategi efisiensi. Dimulai dengan pertimbangan manufaktur dan logistik pada tahap desain produk, operasi di IKEA mengikuti filosofi ini di semua area lain seperti produksi, pengadaan, dan pengiriman (Heizer dan Render 2013).

Strategi kualitas memastikan keunggulan kompetitif berdasarkan sifat produk unggulan. "Made in Indonesia" telah dikaitkan dengan standar kualitas tinggi selama bertahun-tahun. Untuk produk seperti itu, biaya mungkin lebih tinggi karena di semua area operasional keputusan diambil untuk kualitas. Mekanisme kontrol kualitas sangat penting untuk memastikan kualitas tinggi di SC.

Strategi layanan atau daya tanggap berarti prioritas tinggi untuk preferensi pelanggan dalam keputusan operasi. Zara dikenal dengan operasi dan SC yang sangat responsif tak kalah juga dengan IKEA. Hal ini dimungkinkan melalui perencanaan lokasi fasilitas yang canggih dan produksi dalam jumlah kecil. Keduanya menimbulkan biaya tambahan, tetapi hal ini ditutupi oleh aktivitas dengan nilai tambah yang lebih tinggi (Chopra dan Meindl 2015).

Strategi Rantai Suplai dan "Kesesuaian Strategis"

Strategi SC harus sesuai dengan strategi kompetitif dan operasi. Mencocokkan strategi kompetitif perusahaan dan strategi SC disebut "strategic fit" (Chopra dan Meindl 2015). Kesesuaian strategis mengandaikan keselarasan tujuan di departemen yang berbeda dengan tujuan SC secara keseluruhan. Misalnya, keputusan khas dalam pemasaran berhubungan dengan bauran produk dan penetapan harga. Ini harus dibawa ke dalam korespondensi dengan keputusan logistik seperti transportasi, pengemasan, dan transshipment.

Wawasan Praktis

Pertimbangkan sebuah contoh. Walmart memiliki strategi pasar yang terutama berfokus pada ketersediaan tinggi berbagai produk berkualitas wajar dengan tingkat harga yang lebih rendah. Produknya tidak dibedakan oleh kemajuan teknologi atau

elemen desain yang unik dan dapat dibeli di pengecer lain juga. Kekuatan kompetitif Walmart terletak pada ketersediaan tinggi dan harga rendah yang diharapkan oleh pelanggan Walmart dari pengecer besar. Agar sejalan dengan fokus pemasaran yang diperkenalkan, Walmart telah menyesuaikan SC-nya dengan tepat. Misalnya, Walmart memiliki infrastruktur SC sendiri dan semua jaringan distribusi dimiliki sepenuhnya. Selain itu, mereka hanya membeli dari produsen berbiaya rendah. Strategi SC ini sepenuhnya mendukung fokus bisnis Walmart dalam menyediakan harga murah dan jaminan ketersediaan produk setiap hari. Dengan demikian, Walmart merupakan contoh sukses dari kesesuaian strategis (Chopra dan Meindl 2015).

Strategi SC dan kontribusi SC untuk strategi kompetitif dan operasi ditunjukkan pada Tabel 4.1. Strategi SC sering kali tidak hanya menargetkan satu faktor. Hanya penurunan harga ke level terendah yang bisa menjadi pilihan. Pada saat yang sama, strategi SC perlu disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan dan pelanggan. Pertimbangkan secara rinci strategi SC yang efisien dan responsif (lihat Tabel 4.2). Karakteristik SC tangkas adalah respons yang cepat terhadap permintaan pelanggan, persediaan rendah, dan Supplier yang fleksibel. Juga, lead time dikurangi untuk memungkinkan reaksi cepat terhadap fluktuasi permintaan. Margin relatif tinggi untuk memenuhi kebutuhan keuangan perusahaan. SC responsif paling cocok di mana persyaratan pasar tidak dapat diprediksi dan dapat berubah.

Tabel 4.1 Strategi SCM [berdasarkan Cohen dan Roussel (2013)]

Strategi	**Keuntungan**	**Dasar kompetitif**	**kontribusi SCM**
Inovasi	Teknologi atau brand unik	Produk yang inovatif dan banyak diminati	Produk yang inovatif dan banyak diminati
Biaya	Organisasi dengan biaya yang efisien	Harga rendah di segmen produk	Organisasi SC yang efisien dan ramping
Layanan/Respon	Fleksibel	Orientasi pelanggan	Agile SC dikembangkan dari sudut pandang pelanggan
Kualitas	Produk berkualitas tinggi	Properti produk yang unik	Kontrol kualitas di sepanjang SC

Tabel 4.2 Strategi SC yang efisien dan responsif [berdasarkan Fisher (1997)]

Kriteria	**Efisiensi Suplai Chain**	**Tanggung jawab Suplai Chain**
Global Utama	Pasokan permintaan dengan biaya terendah	Respon cepat pada permintaan
Strategi Desain Produk	Maksimalkan kinerja dengan biaya produk minimum	Buat modularitas untuk memungkinkan penundaan diferensiasi produk
Strategi harga	Margin yang lebih rendah karena harga adalah pendorong pelanggan utama	Margin yang lebih tinggi karena harga bukanlah pendorong pelanggan utama
Strategi manufaktur	Biaya yang lebih rendah melalui pemanfaatan yang tinggi	Pertahankan fleksibilitas kapasitas untuk menyangga ketidakpastian permintaan/pasokan
Strategi inventaris	Minimalkan inventaris untuk menurunkan biaya	Pertahankan inventaris penyangga untuk menghadapi

		ketidakpastian permintaan/penawaran
Strategi lead-time	Kurangi, tetapi tidak dengan mengorbankan biaya	Kurangi secara agresif, bahkan jika biayanya signifikan
Strategi Suplier	Pemilihan berdasarkan biaya dan kualitas	Pilih berdasarkan kecepatan, fleksibilitas, dan kualitas

Saat melihat SC ramping, hampir selalu yang terjadi adalah kebalikannya. Situasi pasar adalah permintaan dan harga yang stabil. Keanekaragaman produk juga relatif rendah. SC yang efisien berkonsentrasi terutama pada penurunan biaya melalui pemanfaatan kapasitas tinggi, meminimalkan inventaris, dan mengontrak Supplier dari negara berbiaya rendah. Dengan demikian, margin dijaga pada tingkat yang rendah. Strategi Lean SC juga mencoba mengurangi waktu tunggu, tetapi tidak dengan mengorbankan biaya yang lebih tinggi.

Saat memilih strategi, terkadang disarankan untuk menggunakan pendekatan campuran. Strategi yang buruk dapat membahayakan perusahaan, mungkin karena tidak memposisikan dirinya cukup menonjol di pasar, dengan tambahan risiko menghadapi faktor negatif lainnya. Beberapa situasi membutuhkan posisi yang jelas di SC ramping atau tangkas. Namun, banyak perusahaan memiliki rentang produk yang luas. Untuk beberapa produk, kondisi pasar mungkin stabil; untuk orang lain, bagaimanapun, mereka mungkin tidak stabil dan tidak dapat diprediksi. Untuk perusahaan-perusahaan ini, disarankan untuk menerapkan strategi gabungan dari elemen responsivitas dan efisiensi untuk produk khusus mereka.

Sebagai bagian dari strategi SC, definisi komponen, modul, atau sistem pra-rakitan adalah yang terpenting. Modul atau sistem ini harus diuji sebelumnya dan harus siap dipasang, dikirim langsung dari Supplier ke titik penggunaan di lantai bengkel produsen. Selanjutnya, kerjasama awal antara Supplier modul dan pelanggannya juga akan membantu meningkatkan penggunaan suku cadang standar dalam volume yang lebih tinggi, yang juga akan menghasilkan pengurangan biaya karena skala ekonomi.

Studi Kasus: Rantai Suplai Agile di Industri Makanan Indonesia

Perusahaan produksi untuk barang konsumsi, distributor, dan pengecer hari ini menderita tekanan tinggi dari pesaing. Tantangan bagi SCOM adalah untuk merespon dengan cepat perubahan pasar dan permintaan pelanggan, sementara pada saat yang sama mengurangi biaya. Studi kasus ini meninjau inisiatif utama dan hasil proyek pengoptimalan SC yang berlangsung di salah satu perusahaan nutrisi terkemuka dunia untuk bayi dan anak-anak di Indonesia. Perusahaan yang mendasarinya memperdagangkan lebih dari 70 produk di lebih dari 50 negara. Tujuan dari optimasi SC adalah untuk meningkatkan kelincahan SC dengan menyinkronkan semua proses yang terlibat untuk mengurangi lead time secara keseluruhan. Setiap proses didesain ulang untuk memberikan hanya apa yang dibutuhkan oleh proses berikutnya, dan hanya ketika proses berikutnya membutuhkannya.



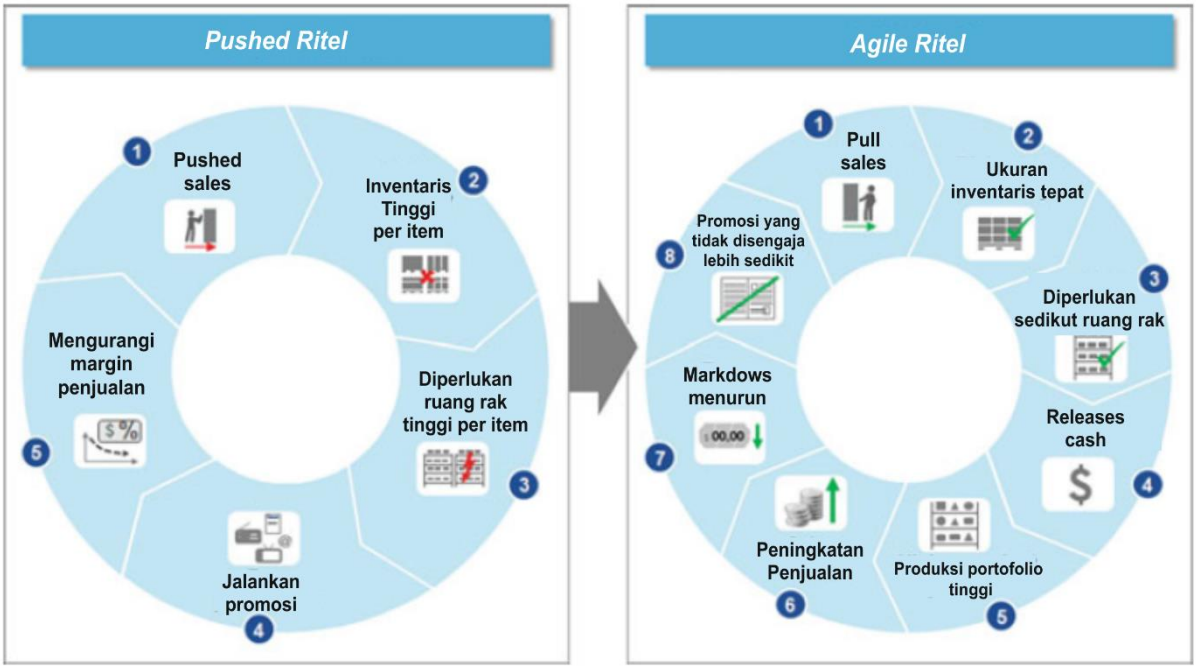
Gambar 4.2 Tahapan dalam proyek optimasi rantai suplai

SC tangkas dapat didefinisikan sebagai "jaringan dari perusahaan yang berbeda, memiliki keterampilan yang saling melengkapi dan terintegrasi dengan materi, informasi, dan

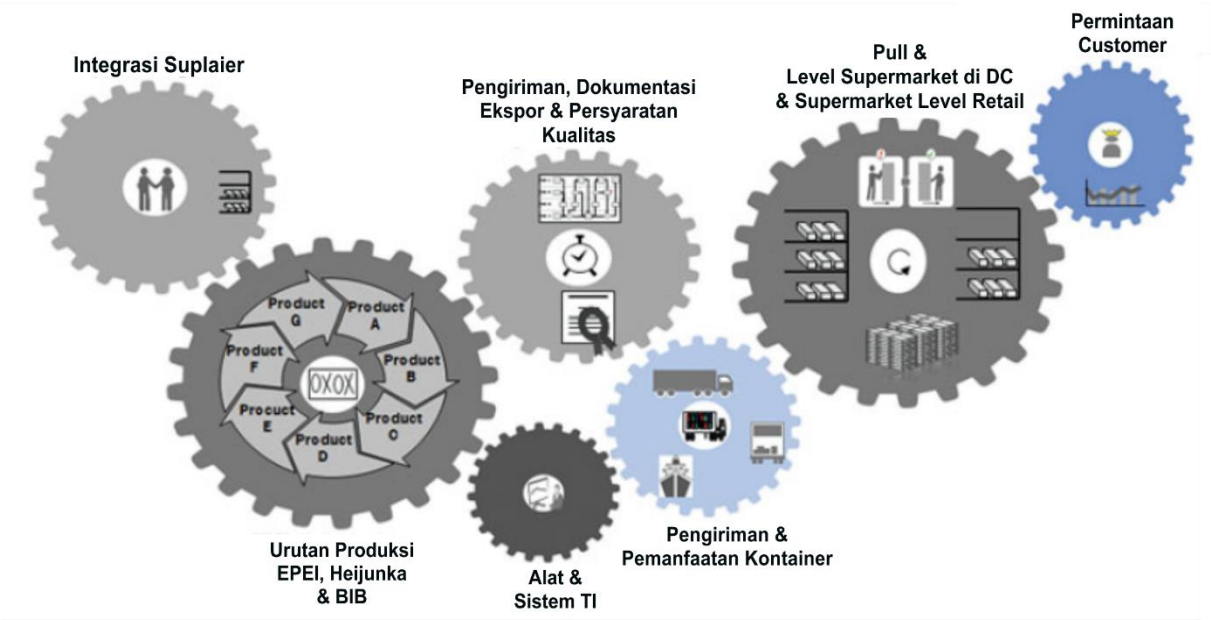
aliran keuangan yang disederhanakan, dengan fokus pada fleksibilitas dan kinerja" (Costantino et al. 2012); ini juga menjadi fokus inisiatif yang diterapkan dalam studi kasus ini. Proyek ini dilaksanakan di divisi Indonesia yang memiliki kantor pusat, lokasi produksi, dan pusat distribusi di kota-kota besar, dan distributornya di delapan negara Indoneisa. Proyek ini dibagi menjadi empat fase (lihat Gambar 4.2).

Fase pertama menjelaskan Analisis, di mana situasi SC perusahaan saat ini dianalisis dan didefinisikan. Fase kedua, Desain Sistem Baru, memiliki tujuan pengembangan strategis proses baru untuk memungkinkan kelincahan SC. Fase ketiga, Implementasi Percontohan, menerapkan proses baru pada keluarga produk yang representatif. Fase terakhir, *Roll Out*, mencakup implementasi total semua produk dan pasar.

Pada fase analisis, total *lead time* (waktu dari Supplier hingga penjualan ke pelanggan akhir) dipetakan. Ini menunjukkan 188 hari untuk Meksiko dan 295 hari untuk mengekspor ke Indonesia (yang merupakan rata-rata untuk semua negara). Lead time yang cukup lama terutama disebabkan oleh tingkat persediaan yang tinggi dan ukuran batch produksi yang besar. Pada saat yang sama, tingkat pengisian di toko ritel menunjukkan kurang dari 90%, dan umur simpan bervariasi dari 0 (stok habis) hingga 139 hari, terutama disebabkan oleh akurasi perkiraan yang buruk dan strategi pengisian ulang. Oleh karena itu, kendala utama yang dihadapi pada awal proyek adalah tingkat persediaan yang tinggi, respon yang lama, dan lead time, semua disebabkan terutama oleh ukuran batch besar yang diproduksi di fasilitas produksi. Jumlah keseluruhan produk didorong ke hilir melalui saluran distribusi tanpa sejalan dengan permintaan riil. Distributor, menjaga tingkat persediaan yang tinggi, juga digunakan untuk mendorong produk ke pasar masing-masing. Lebih jauh ke hilir, pengecer menawarkan diskon dan menjalankan promosi untuk memindahkan persediaan yang didorong dari saluran distribusi, menghasilkan tekanan pada margin penjualan. Tekanan pada margin kemudian diteruskan ke hulu, karena diskon volume biasanya menghasilkan margin yang lebih rendah untuk distributor dan produsen (lihat Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Transisi dari push ke Agile SC



Gambar 4.4 Rantai suplai tangkas. EPEI setiap bagian setiap interval, BIB batch-in-batch

Setelah analisis terperinci dari aliran informasi dan material, visi masa depan dan rencana implementasi dirinci pada fase kedua proyek: Fase Desain Sistem Baru. Desain untuk menginstal proses baru termasuk alat sinkronisasi untuk semua proses untuk semua titik SC untuk menyelaraskan produksi, konsumsi, dan pergerakan material (lihat Gambar 4.4). Sistem informasi saat ini juga perlu didesain ulang untuk menangani struktur proses yang baru. Poin yang sangat penting adalah definisi metodologi penjadwalan dan definisi ukuran lot produksi dan transportasi.

Pada *fase peluncuran*, proses yang diterapkan perlu distabilkan untuk semua produk, pasar, Supplier, dan pelanggan. Akibatnya, menjadi mungkin untuk mengurangi waktu tunggu sebesar 80% dari Supplier ke konsumen lokal dan sebesar 55% dari Supplier ke pasar ekspor. Selama implementasi percontohan, rencana produksi dengan “frekuensi produksi” yang lebih tinggi dan ukuran lot yang lebih kecil diimplementasikan untuk satu keluarga produksi. Proses dan sistem sinkronisasi diperkenalkan untuk Supplier dan pelanggan utama. Untuk keluarga produk ini, 72% pengurangan persediaan tercapai.

Memperkenalkan konsep "SC tangkas" memungkinkan pengurangan kekurangan persediaan, dan mengurangi waktu tunggu, sementara pada saat yang sama mengurangi tingkat persediaan di seluruh SC. Dalam kasus proyek yang mendasarinya, hal ini dicapai dengan menggunakan data *point-of-sale* (POS) yang transparan sebagai input, yang mencerminkan permintaan pelanggan yang sebenarnya. Akibatnya, pelanggan menemukan produk yang lebih segar, ketika mereka membutuhkannya dan di mana pun mereka menginginkannya, sehingga meningkatkan penjualan, omset, dan pendapatan di sepanjang SC. Permintaan pelanggan akhir yang sebenarnya dikombinasikan dengan frekuensi produksi yang lebih tinggi memungkinkan penyesuaian tingkat persediaan ukuran yang benar untuk semua titik di SC, baik lokal maupun global. Tingkat persediaan yang memadai dan frekuensi produksi yang lebih tinggi tidak hanya mengurangi waktu tunggu, tetapi juga memungkinkan respons yang lebih cepat terhadap permintaan konsumen. Oleh karena itu, pengisian ulang dikelola pada volume yang lebih rendah, tetapi dengan frekuensi yang lebih tinggi.

Menerapkan sistem tangkas membawa berbagai keuntungan bagi SC. Karena produksi merespons permintaan nyata, perusahaan cenderung tidak membangun persediaan yang tidak perlu, sehingga membebaskan uang tunai, dan mengurangi modal kerja serta biaya

untuk gudang yang mahal, pusat distribusi, dan produk usang. Penjualan di sisi pengecer juga meningkat karena tingkat layanan ditingkatkan dan produk yang lebih segar diisi ulang lebih sering untuk mengisi rak ke tingkat persediaan yang memadai.

4.4 KOORDINASI RANTAI SUPLAI

Efek Bullwhip

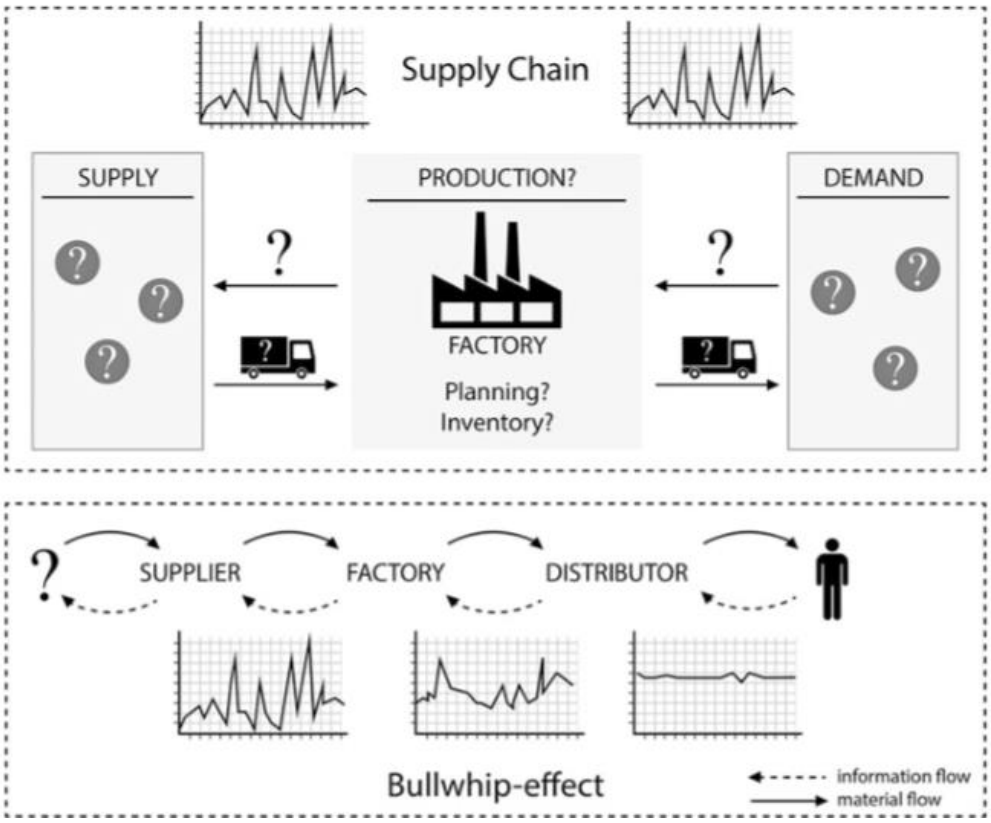
Bullwhip effect bukanlah fenomena baru dalam dunia industri (Forrester 1961). Efeknya dapat dijelaskan sebagai pembesaran variabilitas dalam pesanan di SC. Dengan kata lain, ordo yang tidak teratur di bagian hilir SC menjadi lebih jelas di bagian hulu di SC. Varians ini dapat mengganggu kelancaran proses SC karena setiap tautan di SC akan memperkirakan permintaan produk yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, yang mengakibatkan fluktuasi yang berlebihan (lihat Gambar 4.5). Banyak pengecer, masing-masing dengan sedikit variabilitas dalam pesanan mereka, dapat menyebabkan variabilitas yang besar untuk jumlah grosir yang lebih sedikit, dan bahkan variabilitas yang lebih besar untuk satu produsen. Alasan utama untuk efek bullwhip dapat dibagi menjadi area perilaku dan operasional (Lee et al. 1997; Sterman 2000):

Penyebab Perilaku

- penyalahgunaan kebijakan stok dasar
- kesalahan persepsi tentang umpan balik dan penundaan waktu
- reaksi pemesanan panik setelah permintaan yang tidak terpenuhi
- risiko yang dirasakan dari rasionalitas terbatas pemain lain.

Penyebab Operasional

- pemrosesan permintaan dependen (permintaan tidak transparan dan menyebabkan distorsi informasi di SC)
- variabilitas waktu tunggu
- sinkronisasi ukuran lot/pesanan
- diskon kuantitas
- promosi perdagangan dan pembelian ke depan
- antisipasi kelangkaan.



Gambar 4.5 Bullwhip-effect di SC

Tabel 4.3 Penghapusan *bullwhip-effect*

Alasan untuk efek bullwhip	**Penanggulangan**
Menuntut non-transparansi	Koordinasi informasi
Mengabaikan pemesanan dalam upaya mengurangi persediaan	Pemesanan otomatis dan pemantauan inventaris untuk menghindari kelebihan stok atau kekurangan
Pengelompokan pesanan	Definisi ukuran lot yang terkoordinasi dan akurat
Promosi	Gunakan harga rendah setiap hari (EDLP) sebagai ganti promosi
Permainan kekurangan	Validasi permintaan pelanggan melalui data historis pemesanan pelanggan
Pengembalian produk	Kebijakan untuk mengontrol pengembalian atau pesanan yang dibatalkan.

Konsekuensi negatif, stok pengaman yang lebih tinggi, produksi yang tidak efisien (surplus atau kekurangan), dan pemanfaatan saluran distribusi yang rendah atau puncak dapat dikenali. Sebagai penanggulangan *bullwhip effect,* tindakan berikut dapat diidentifikasi (Tabel 4.3). Pertimbangkan bagaimana permintaan non-transparansi mengarah ke bullwhip-effect.

Wawasan Praktis

Untuk mengurangi *bullwhip-effect*, disarankan untuk menghindari reaksi pemesanan panik jika terjadi fluktuasi permintaan yang tidak terduga. Disarankan untuk memperhitungkan jeda waktu antara pesanan dan pengiriman di seluruh SC.

Penting untuk memahami di mana permintaan berada, di mana persediaan berada, dan di mana biayanya.

Tugas 4.1 Bullwhip Effect: Fokus pada Permintaan Non-transparansi

Perusahaan barang konsumen yang bergerak cepat (FMCG) menghadapi sedikit variasi permintaan yang menyebabkan variasi besar dalam stok di sisi Supplier. Perusahaan mengirimkan produknya ke konsumen melalui produsen dan tiga Supplier. Karena biaya perubahan tingkat produksi yang relatif rendah dibandingkan dengan biaya penyimpanan persediaan, perusahaan telah memutuskan untuk mengubah tingkat produksinya untuk mengurangi komitmen modal dalam bentuk produk jadi. Tugas menunjukkan efek pada produsen penurunan 10% permintaan dari pelanggan.

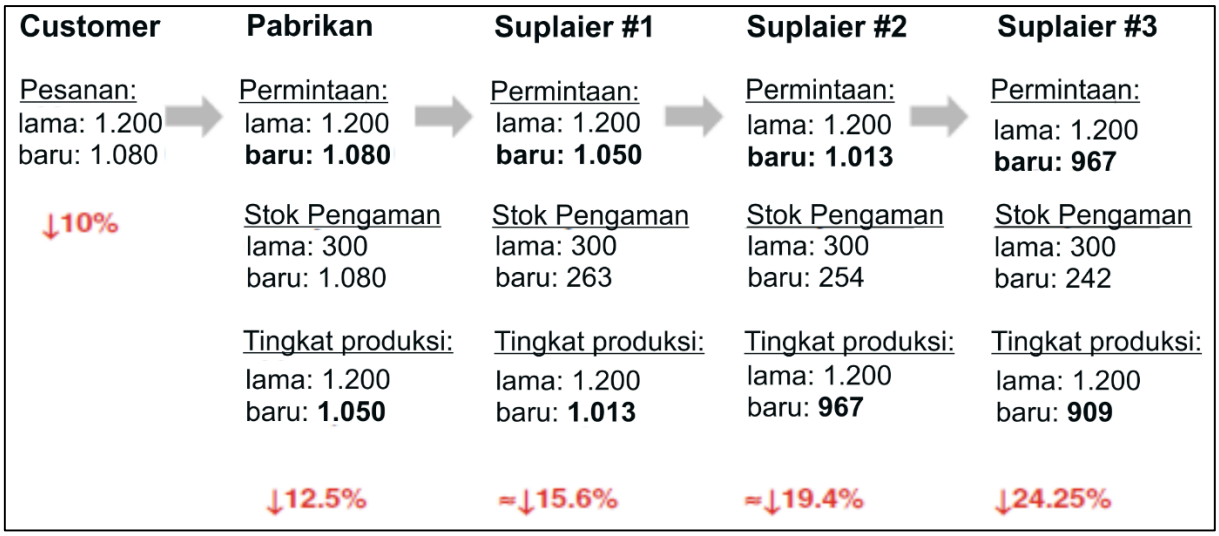
Persamaan 4.1

Pesanan baru | tingkat produksi = Permintaan baru - Stok pengaman lama + Stok pengaman baru

Data awal untuk analisis disajikan pada Tabel 4.4. Sekarang, permintaan turun 10%. Stok pengaman adalah 25% dari permintaan dan oleh karena itu mampu menutupi permintaan selama 1 minggu. Permintaan baru berkorelasi dengan tingkat produksi baru anggota SC pendahulunya (lihat Gambar 4.6).

Tabel 4.4 Data permintaan

	Permintaan lama	Pesanan lama	Stok lama
Pelanggan	1200	1200	300
Manufaktur	1200	1200	300
Suplier #1	1200	1200	300
Suplier #2	1200	1200	300
Suplier #3	1200	1200	300



Gambar 4.6 Implikasi dari uktuasi permintaan terhadap tingkat produksi

Setiap pemain di SC mengasumsikan bahwa perkiraan permintaan (atau pesanan) untuk periode berikutnya sama dengan periode saat ini. Mengikuti asumsi ini, setiap Supplier akan sama seperti pada periode saat ini, dan setiap Supplier akan merencanakan tingkat produksi mereka untuk menutupi permintaan/pesanan untuk periode berikutnya, yang akan sama dengan permintaan/pesanan untuk periode saat ini (misalnya, permintaan baru Supplier #3 berorientasi pada tingkat produksi baru Supplier #2). Masalahnya, hanya produsen yang bisa melihat perubahan permintaan di sisi pelanggan. Pemain lain di SC tidak dapat melihat

perubahan permintaan karena tidak transparan. Untuk alasan itu, para pemain akan mengubah tingkat produksi dan stok pengaman mereka karena pendahulunya mengubah pesanannya tanpa memberi tahu mitra SC lainnya.

Kita dapat mengamati bahwa kurangnya transparansi permintaan mempengaruhi kekurangan tersebut. Misalnya, Supplier #3 tidak akan memproduksi jumlah yang tepat untuk pesanan pelanggan guna memenuhi permintaan mereka. Dapat disimpulkan bahwa perubahan di sisi pelanggan meningkatkan kuantitas pesanan melalui SC jika permintaan tidak transparan. Secara umum, komunikasi, validasi permintaan, berbagi informasi, pemesanan dengan bantuan komputer, dan strategi penetapan harga yang lebih baik dapat membantu mengurangi efek bull-whip dalam situasi ini.

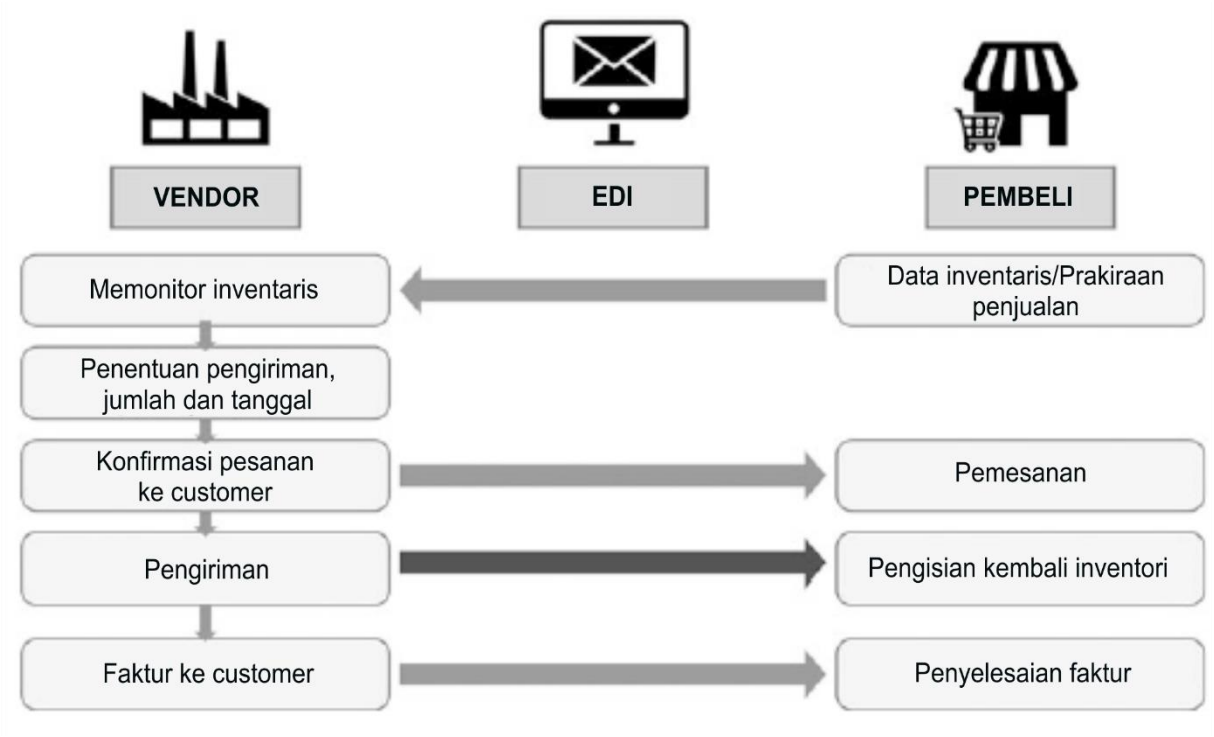
Inventaris yang Dikelola Vendor

Persediaan biasanya ada untuk mengelola ketidakpastian penawaran dan permintaan (safety stock) dan untuk mengambil keuntungan dari skala ekonomi (*cycle inventory*). Pada saat yang sama, pasar modern membutuhkan lebih banyak fleksibilitas dari SC. Pesanan dan permintaan pelanggan sering berubah. Dalam membangun persediaan yang tinggi, perusahaan dapat meningkatkan fleksibilitas mereka di satu sisi. Di sisi lain, jika permintaan berubah, tumpukan persediaan ini akan menyebabkan kerugian.

Pertimbangkan contoh singkat: HP dan Canon bekerja sama dalam produksi printer Laserjet. Canon memproduksi mesin untuk berbagai jenis printer. Namun, HP dapat menunjukkan perubahan permintaan hanya 3 bulan sebelumnya. Canon membutuhkan 6 bulan untuk mengubah rencana produksinya. Karena permintaan untuk Laserjet III menurun drastis, sejumlah besar mesin untuk jenis printer ini ada dalam persediaan dan harus dihapuskan (pegunungan Laserjet). Untuk menghadapi tantangan ini, strategi koordinasi SC secara ekstensif menggunakan Internet dan TI baru. Ide-ide dari konsep-konsep tersebut adalah sebagai berikut (Heizer dan Render 2013):

- Koordinasi alih-alih ketidakpastian
- “Ganti inventaris dengan informasi”
- SC terintegrasi
- Transparansi permintaan dan persediaan.

Pada tingkat pabrik, persediaan adalah asuransi terhadap hal-hal yang tidak diketahui; di SC, "tidak diketahui" ini menjadi "dikenal" melalui kolaborasi. Inventaris di SCM adalah pengungkit untuk keandalan dan fleksibilitas SC daripada penyangga terhadap ketidakpastian buta. Salah satu strategi koordinasi SC adalah *vendor-managed inventory* (VMI). Dengan VMI, vendor mengontrol inventaris di sisi pembeli. Pembeli memberikan informasi tentang persediaan dan penjualan (lihat Gambar 4.7).



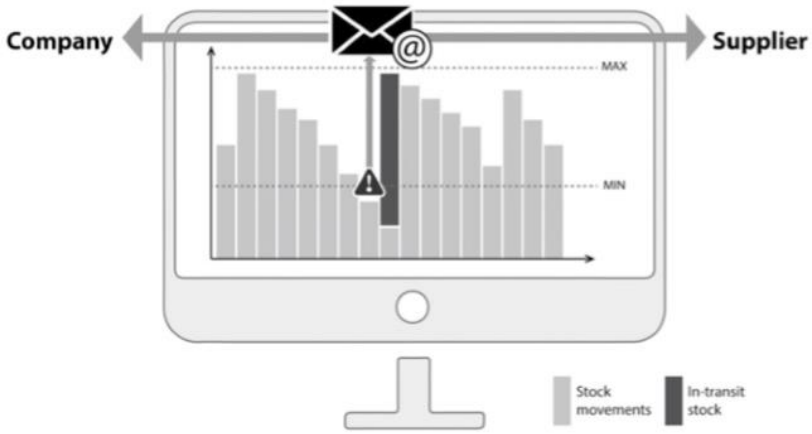
Gambar 4.7 Strategi inventaris yang dikelola vendor

VMI adalah konsep khusus dari restocking dan pengisian kembali persediaan yang berasal dari bisnis ritel, lini bisnis di mana ketersediaan stok merupakan faktor yang signifikan jika bukan merupakan faktor penting bagi keberhasilan perusahaan. Pembeli memberikan informasi tertentu kepada Supplier, dan Supplier bertanggung jawab penuh untuk mempertahankan tingkat persediaan yang disepakati, biasanya di lokasi konsumsi pembeli (biasanya toko). Penyedia logistik pihak ketiga (3PL) mungkin dilibatkan untuk mengontrol tingkat persediaan yang diperlukan dengan menyesuaikan kesenjangan permintaan dan penawaran.

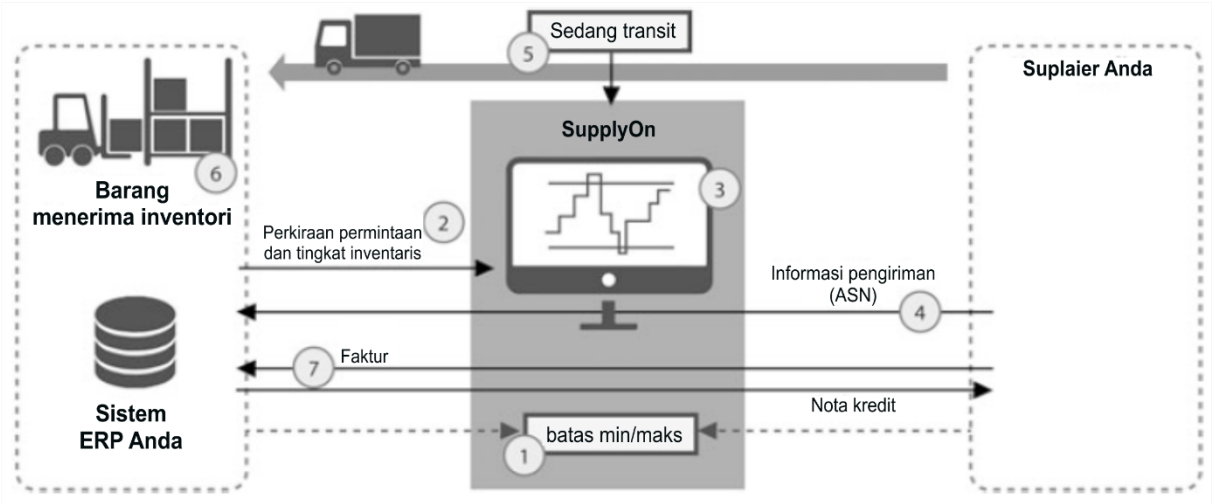
Keuntungan utama dari konsep ini adalah bahwa informasi persediaan real-time tersedia untuk Supplier (produsen grosir) dan pelanggan (distributor atau pengecer) menyerahkan kendali persediaan kepada mereka. Vendor meninjau setiap item yang dibawa pelanggan dan bertanggung jawab atas rencana inventaris. Peningkatan efisiensi dalam aktivitas proses didasarkan pada *Electronic Data Interchange* (EDI) dan organisasi SC kolaboratif (lihat Gambar 4.8). Supplier menerima wawasan tentang tingkat stok dan perkiraan permintaan dan memastikan bahwa stok berada dalam batas yang disepakati. Pertimbangkan contoh proses VMI di SupplyOn (Gambar 4.9). Langkah-langkah berikut disertakan dalam proses VMI di SupplyOn (Gambar 4.9):

- menyepakati batas stok minimum dan maksimum;
- permintaan dan inventaris ditransmisikan dari sistem ERP internal ke SupplyOn;
- permintaan dan inventaris ditampilkan di Monitor Inventaris, sehingga Supplier dapat merencanakan pengiriman berdasarkan batas yang disepakati;
- ASN (AdvancedShipmentNotification) dimasukkan oleh Supplier dan dikirimkan ke sistem ERP internal;
- saat barang sedang dikirim, Inventor Monitor menunjukkannya sebagai jumlah dalam perjalanan;
- barang dipesan ke dalam sistem pada saat pengiriman dan menjadi terlihat di Stock Monitor;

- faktur atau nota kredit dibuat segera setelah barang dipesan.



Gambar 4.8 Konsep peringatan di VMI (berdasarkan SupplyOn, digunakan dengan izin)



Gambar 4.9 VMI di SupplyOn (berdasarkan SupplyOn, digunakan dengan izin)

Kelebihan VMI adalah sebagai berikut:

Untuk Penjual

- Pengenalan dini terhadap uktuasi permintaan
- Optimalisasi perencanaan produksi; peningkatan volume
- Penegakan disiplin: pengukuran dan komunikasi
- Perencanaan dan penggunaan sumber daya yang lebih baik melalui visibilitas
- Analisis pasar yang lebih baik dan penghapusan aktivitas yang tidak bernilai tambah
- Ikatan pelanggan yang lebih dekat dan status pilihan

Untuk Pembeli

- Peningkatan ketersediaan inventaris
- Pengurangan kegiatan pengadaan
- Lebih sedikit kehabisan stok dengan perputaran persediaan yang lebih tinggi
- Campuran produk yang optimal
- Biaya operasional, pembelian, dan administrasi yang lebih rendah
- Kekuatan strategis hubungan SC
- Kepuasan pelanggan yang lebih besar dan peningkatan penjualan

Untuk SC Keseluruhan

- Optimalisasi manajemen inventaris dan pengurangan biaya

- Penurunan modal tetap (saham)
- Peningkatan perencanaan keuangan
- Mendukung kolaborasi jangka panjang

Untuk Pengguna Akhir

- Meningkatkan tingkat layanan dan mengurangi kehabisan stok

Namun, terbukti bahwa VMI yang berkelanjutan membutuhkan kepercayaan dari kedua belah pihak dan kemauan untuk berinvestasi (misalnya biaya switching, EDI, dll.). Hubungan yang lebih dekat menyiratkan lebih banyak ketergantungan dan kerja sama. Jadi, pelanggan harus siap untuk mengomunikasikan promosi dan kampanye pemasaran lainnya dengan Supplier sehingga item tambahan dapat tersedia tepat waktu. Di antara keterbatasan VMI lainnya adalah risiko yang tidak terduga, seperti pemogokan karyawan jika terjadi kehabisan stok dan risiko kehilangan pelanggan.

Batasan VMI dapat dinyatakan sebagai berikut:

- Kepercayaan pada SC harus tinggi;
- Tingginya biaya implementasi dan investasi di bidang TI; ketergantungan pada EDI;
- Risiko kerugian pelanggan;
- Risiko yang tidak dapat diperkirakan sebelumnya: pemogokan karyawan;
- VMI sebagian besar menguntungkan pengguna akhir dan penjual sementara vendor melakukan sebagian besar pekerjaan;
- Aktivitas pemrosesan tambahan untuk vendor (biaya);
- Pembeli tergantung Supplier.

Konsep VMI telah terbukti efisien dalam kasus-kasus berikut:

- Barang-barang dengan jumlah konsumsi yang tinggi;
- Item dengan nilai konsumsi tinggi (bandingkan dengan analisis ABC);
- Kegiatan pengadaan tradisional harus diubah.

Terakhir, VMI disarankan untuk lini bisnis dengan banyak outlet dan dengan potensi kemitraan jangka panjang antara vendor dan pelanggan. Sederhananya, ritel besar yang akan dirantai ulang lebih mungkin mendapat manfaat dari VMI dan memulihkan modal yang diinvestasikan untuk beralih ke VMI daripada toko serba ada milik keluarga kecil. VMI direkomendasikan secara khusus untuk industri seperti ritel, farmasi, otomotif, teknologi tinggi, dan industri lainnya di mana ekspektasi persediaan merupakan faktor penting dalam memperoleh keunggulan kompetitif.

4.5 PERENCANAAN KOLABORATIF, PRAKIRAAN, DAN PENGISIAN ULANG

Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment (CPFR) bertujuan untuk mengintegrasikan dan mengoordinasikan aktor dan proses di SC mengenai perencanaan dan pemenuhan permintaan pelanggan, produksi, dan inventaris (lihat Gambar 4.10). CPFR adalah manajemen kooperatif dari permintaan dan penawaran melalui visibilitas bersama dan penambahan produk di SC. CPFR didasarkan pada pertukaran informasi antara Supplier dan pengecer, yang membantu dalam merencanakan dan memenuhi permintaan pelanggan melalui sistem informasi bersama. CPFR mencakup tiga tahap dasar:

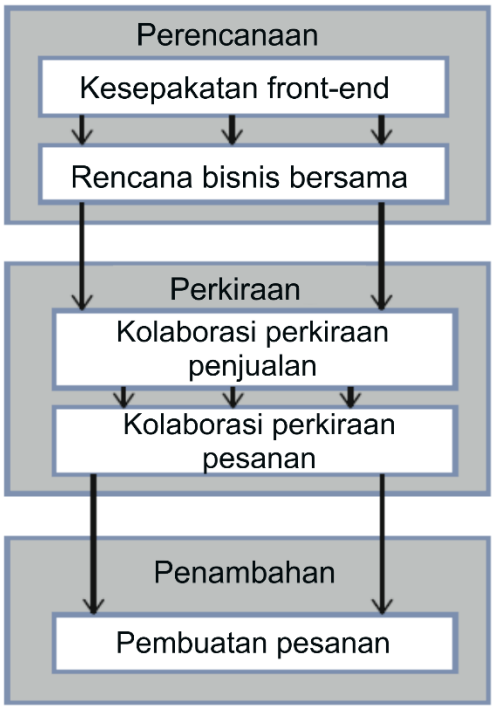
Pada tahap perencanaan, definisi area kolaborasi, tanggung jawab, dan deskripsi misi, tujuan, dan kerangka kerja kolaborasi berlangsung. Mitra dagang berbagi rencana bisnis dan informasi organisasi. Informasi kategori, seperti definisi peran, strategi, dan taktik, perlu dieksplorasi. Acara musiman dan kerangka kerja untuk semua acara harus dibagikan pada tahap ini. Pada fase prakiraan, prakiraan penjualan dan pesanan perlu dilakukan dan dibagikan. Selain itu, pengecualian untuk prakiraan ini harus diklasifikasikan. Acara, rencana promosi

untuk produk, informasi produk baru, perkiraan individu, dan kendala perkiraan yang terkait dengan penjualan harus dibagikan. Di area pengisian ulang, waktu tunggu, data logistik, perubahan lokasi, tingkat inventaris saat ini, inventaris dalam perjalanan, dan data POS (point-of-sale) harus dibagikan. Pada fase terakhir, pesanan yang dikomit dari prakiraan pesanan harus dibuat.

Kontrak Rantai Suplai

Sebuah kontrak suplai menentukan parameter yang mengatur hubungan pembeli-Supplier (Chopra dan Meindl 2012). Kontrak memiliki dampak yang signifikan pada perilaku dan kinerja semua tahapan dalam SC. Dua kelompok kontrak dapat dibedakan:

- Kontrak untuk ketersediaan produk dan keuntungan SC dan
- Kontrak untuk mengkoordinasikan biaya SC.



Gambar 4.10 Strategi CPFR

Pada kelompok pertama, Supplier merancang kontrak yang mendorong pembeli untuk membeli lebih banyak barang dan meningkatkan tingkat ketersediaan produk. Dengan kata lain, Supplier berbagi bagian dari ketidakpastian permintaan pembeli. Dalam kelompok ini, kontrak berikut termasuk:

- Kontrak pembelian kembali atau pengembalian (harga sisa digunakan di mana pengecer dapat mengembalikan inventaris yang tidak terjual dengan jumlah tertentu)
- Kontrak bagi hasil (bagian dari pendapatan pengecer dibayarkan kepada Supplier)
- Kontrak fleksibilitas kuantitas (produsen mengizinkan pengecer untuk mengubah jumlah yang dipesan setelah mengamati permintaan).

Kontrak untuk mengkoordinasikan biaya SC didasarkan pada kontrak diskon kuantitas. Kontrak diskon kuantitas menurunkan biaya keseluruhan tetapi mengarah pada kecenderungan untuk ukuran lot yang lebih tinggi. Hal ini pada gilirannya memfasilitasi tingkat persediaan yang lebih tinggi di SC. Biasanya masuk akal untuk produk komoditas yang Suppliernya memiliki biaya tetap tinggi per lot. Kami mengacu pada buku teks oleh Das (2016) mengenai analisis kuantitatif kontrak SC.

Ketahanan dan Keberlanjutan Rantai Suplai

SC mempengaruhi lingkungan dan dipengaruhi olehnya. Mengingat masalah ekologi, bencana alam, dan tantangan pembangunan masyarakat, kebutuhan akan sudut pandang baru tentang SCM menjadi semakin jelas. Paradigma sebelumnya tentang kepuasan pelanggan secara keseluruhan dan tidak terbatas secara alami telah gagal karena terbatasnya sumber daya yang tersedia untuk kepuasan ini.

Dalam pengaturan ini, dualitas tujuan utama SCM—memaksimalkan tingkat layanan dan meminimalkan biaya—akan ditingkatkan oleh komponen ketiga—menjaga ketahanan dan keberlanjutan SC (Ivanov 2017). Kerangka tujuan "segitiga" ini akan membangun paradigma SCM baru yang dapat diformulasikan sebagai pemeliharaan ketahanan dan harmonisasi rantai nilai dengan kemungkinan kepuasan pelanggan penuh dan konsumsi sumber daya yang hemat biaya untuk memastikan kinerja sistem ekologi produksi pada cakrawala waktu yang tidak terbatas (lihat Gambar 4.11).



Gambar 4.11 Ketahanan dan keberlanjutan manajemen rantai suplai

4.6 CONTOH RANTAI SUPLAI: CONTOH COCA-COLA DAN MERCADONA

Keberlanjutan SC didasarkan pada triple-bottom-line: “ekonomi-ekologi-masyarakat”. Pertimbangan bersama dari semua elemen ini sangat penting untuk SCM dalam perspektif jangka panjang. Dalam SCM konsep seperti "*Closed-Loop Supply Chain*" dan "*Reverse Logistics*" telah dikembangkan. Mereka didasarkan pada gagasan bahwa SC tidak berakhir pada titik penjualan, tetapi dapat mencakup area purna jual. Kami menyoroti masalah keberlanjutan SC berdasarkan dua studi kasus Coca-Cola dan Mercadona.

Studi Kasus Coca-Cola

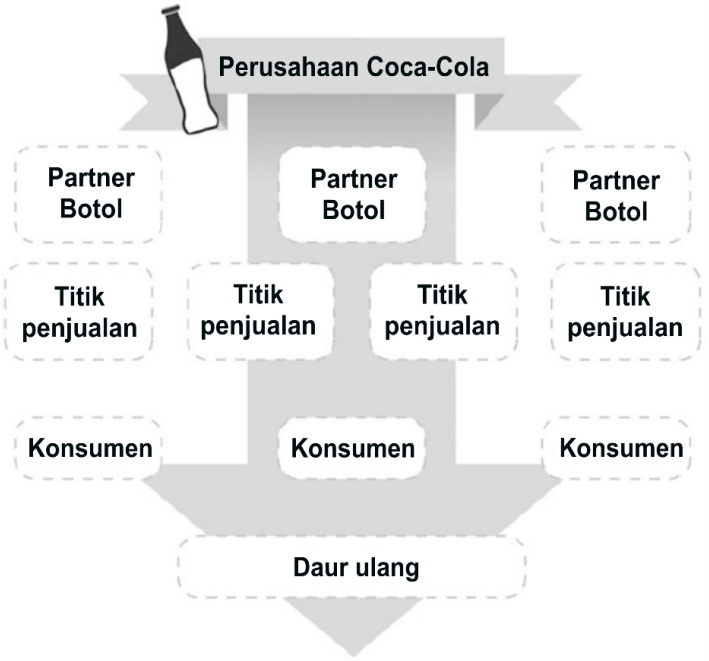
Sistem Coca-Cola menciptakan rantai nilai berdasarkan kemitraan yang kuat dengan Supplier, distributor, dan pengecer. The Coca-Cola Company sendiri hanya memproduksi bahan dasar minuman, seperti sirup dan konsentrat. Kemudian mendistribusikan dan menjualnya ke mitra pembotolan mereka (lebih dari 250 di seluruh dunia), yang berlokasi di setiap negara tempat produk Coca-Cola dijual (lihat Gambar 4.12).

Mitra pembotolan memproduksi paket dan mendistribusikan minuman sebagai minuman bermerek ke titik penjualan (POS). Mitra pembotolan juga mengatur kolaborasi dengan Supplier. Misalnya, Coca-Cola Beverages telah menjalin kerjasama jangka panjang dengan SIG, Supplier terkemuka bahan kemasan cair. Coca-Cola dan SIG telah mengakui dan menganut CPFR (perencanaan kolaboratif, prakiraan, dan pengisian ulang). SIG memiliki akses elektronik ke tingkat persediaan dan perkiraan penjualan di Coca-Cola tanpa penundaan waktu (sebelumnya terlambat hingga 15 hari). Coca-Cola menerima jumlah dan waktu pengiriman yang tepat. Hal ini memungkinkan Coca-Cola untuk mengurangi tingkat

persediaan bahan kemasan hingga 50%. Ini secara drastis mengurangi waktu pemrosesan untuk pesanan dan meningkatkan penguncian pelanggan.

Mitra pembotolan tetap berhubungan dekat dengan toko kelontong, supermarket, toko serba ada, bioskop, dan semua pelanggan lain yang menyediakan minuman dari CocaCola. Setelah menjual minuman ke pelanggan, konsumen dapat membeli semua produk CocaCola dari POS yang berbeda. Karena setiap botol Coca-Cola kosong dapat didaur ulang, konsumen bertanggung jawab untuk mendaur ulang.

Seluruh rantai nilai didasarkan pada fakta bahwa perusahaan dan Suppliernya tidak melalui proses dari manufaktur hingga mendistribusikan produk ke konsumen, tetapi mempertimbangkan loop tertutup, dari manufaktur hingga penggunaan, dan memulihkan material lagi untuk manufaktur. Di satu sisi, ini meminimalkan biaya produksi dan, di sisi lain, membantu melindungi lingkungan. Misalnya, Coca-Cola menyumbang 0.2 miliar untuk penanaman 25.000 hektar kebun jeruk, sehingga menciptakan sekitar 4.100 pekerjaan.



Gambar 4.12 Rantai suplai Coca-Cola

Karena air sangat penting bagi kesehatan masyarakat dan masyarakat dibangun oleh orang-orang yang membeli minuman dari Coca-Cola, perusahaan harus menemukan cara untuk mengisi kembali air mereka. Untuk menyediakan akses ke air bersih dan oleh karena itu menciptakan penyediaan air yang berkelanjutan bagi masyarakat dan, tentu saja, produksi minuman, Coca-Cola menyumbang 18.4 T (rupiah) pada tahun 2012 untuk mendukung 58 inisiatif air di seluruh dunia.

Selain itu, mendukung berbagai proyek daur ulang dan pemulihan bahan bekas serta pengembangan teknologi baru memainkan peran penting dalam membuat proses pengemasan lebih berkelanjutan. Pada tahun 2009, sistem Coca-Cola mengembangkan kemasan Botol Tanaman, botol plastik *polietilen tereftalat* (PET) yang sebagian terbuat dari tanaman dan dapat didaur ulang sepenuhnya.

Mengenai teknologi baru dan masalah ekologi, Coca-Cola juga memperkenalkan banyak proyek untuk mengatasi perubahan iklim. Coca-Cola menggerakkan truk mereka dengan campuran bahan bakar alternatif yang efisien, misalnya biodiesel atau gas alam. Di Indonesia, lebih dari 750 truk yang mendistribusikan produk dari Coca-Cola menggunakan bahan bakar sekitar 30% lebih sedikit dibandingkan dengan diesel konvensional.

Studi Kasus Mercadona

Tujuan dari studi kasus ini adalah untuk menganalisis bagaimana sebuah perusahaan dapat secara efisien menerapkan SC berkelanjutan tanpa berdampak negatif pada pergantian. Koordinasi rantai nilai dari posisi logistik antar moda dan SC loop tertutup memungkinkan untuk mengurangi biaya, meningkatkan pengiriman tepat waktu dan citra perusahaan, dan mencapai kepuasan pelanggan yang lebih tinggi. Semua faktor ini memiliki efek positif pada omset. Mercadona adalah bisnis keluarga dan merupakan jaringan supermarket besar dengan omset 190,8 juta rupiah pada tahun 2012. Pada tahun 1981, perusahaan hanya memiliki delapan toko di Valencia. Hari ini jumlah ini telah meningkat menjadi 1411 toko dan 74.000 karyawan.

Mercadona disebut sebagai "Toyota ritel" karena perbaikan terus-menerus dari proses lean. Misalnya, perusahaan mengemas buah secara longgar daripada menjualnya dalam wadah untuk menghemat bahan kemasan, hanya menjual barang dalam jumlah terbatas, sehingga dapat mengurangi biaya karena variabilitas yang menurun, dan telah mendesain ulang kemasan untuk mengoptimalkan transportasi.

Mercadona mengatakan keuntungan bukanlah tujuan utama, melainkan investasi dalam pengembangan jangka panjang, misalnya, karyawan mereka. Menjadi ramping dan selalu selangkah lebih maju dari pesaing mereka adalah bagian dari strategi Mercadona. Seluruh SC mendukung strategi lean dan inovasi ini agar tetap efisien dan efektif di pasar modern yang bergejolak. Target beberapa tahun terakhir adalah menemukan cara untuk secara umum menjadi lebih berkelanjutan. Dewan Manajemen Mercadona secara khusus berfokus pada SC-nya.

Mercadona awalnya mengatur pengangkutan produknya dengan truk dan bekerja sama dengan perusahaan logistik Acotral, yang semakin mengalami keterlambatan karena lalu lintas jalan raya. Karena banyak barang pergi dari Supplier di Sevilla, di Spanyol selatan ke Valencia di timur, penggunaan layanan kereta api untuk jarak terjauh dibahas sebagai opsi. Renfe, mantan perusahaan kereta api milik negara, sangat menderita akibat liberalisasi pasar. Untuk mengamankan posisi keuangan mereka, mereka mencari strategi baru. Menawarkan solusi transportasi ke jaringan supermarket menjadi pilihan yang menarik.

Oleh karena itu, Mercadona, Arcotral dan Renfe mencapai kesepakatan kerjasama untuk menggunakan kereta api sebagai moda transportasi. Proses logistik antar moda yang baru dirancang sebagai berikut. Dari Supplier di Seville, produk diangkut dengan truk ke terminal kereta api di Seville. Di sini barang dikirim, dengan Renfe membawa barang dengan dua kereta dua kali seminggu ke Valencia. Tentu saja, konsep ini hanya berlaku untuk barang-barang non-segar seperti gula dan barang-barang non-makanan seperti baterai. Dari terminal kereta api Valencia, Arcotral mengambil barang dan membawanya ke pusat distribusi Mercadona untuk memasok supermarket regional.

Elemen penting dari SC yang didesain ulang adalah koordinasi antar perusahaan. Renfe harus menyesuaikan layanannya untuk dapat mengangkut barang dalam jumlah besar ke Mercadona. Selain itu, kesepakatan kolaboratif hanya dapat berhasil jika didasarkan pada kepercayaan dan situasi win-win untuk semua. Seperti yang dinyatakan sebelumnya, Renfe menyesuaikan layanan mereka. Perubahan lebih lanjut di pihak mereka termasuk alat komunikasi yang memungkinkan pelacakan produk pada setiap tahap proses transportasi. Mercadona kemudian memasukkan alat komunikasi ini ke dalam sistemnya sendiri yang memungkinkan visibilitas di seluruh SC. Dengan menawarkan solusi transportasi ini, Renfe mengembangkan konsep bisnis baru. Dengan pelanggan utama seperti Mercadona, mereka menyelesaikan situasi keuangan mereka sendiri dan mengamankan posisi pasar. Pada gilirannya, Mercadona menjadi kurang rentan terhadap lalu lintas jalan, dan pengiriman

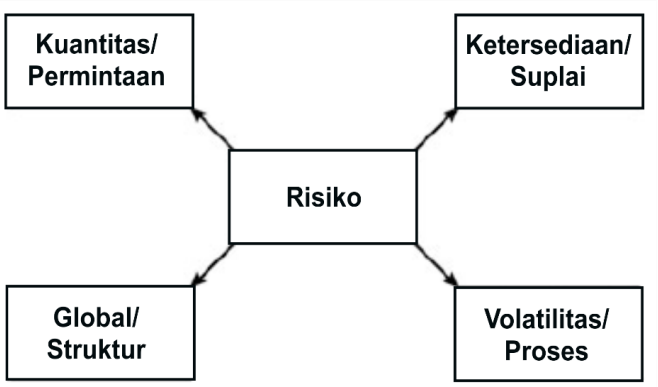
jarang tertunda. Hal ini juga menghemat biaya dalam hal pemeliharaan stok pengaman. Saat menggunakan kereta api, emisi kebisingan berkurang, kemacetan lalu lintas dan kecelakaan lebih sedikit, emisi CO2 berkurang 12.000 ton setiap tahun. Mercadona mendemonstrasikan contoh praktik terbaik tentang bagaimana perusahaan dapat, ketika menerapkannya dengan benar, meningkatkan keberlanjutan dan memiliki efek positif pada proses bisnis dan omset mereka

Pertanyaan Diskusi

- Studi kasus menunjukkan contoh kehidupan nyata yang positif yang dapat diterapkan pada bisnis lain. Meskipun Mercadona adalah contoh kelas satu tentang bagaimana menerapkan keberlanjutan di SCM, di mana Anda dapat melihat kemungkinan keterbatasan konsep ini?
- Pertimbangkan SC baru yang didesain ulang dalam perjanjian kolaboratif antara Mercadona, Renfe, dan Arcotral. Pada titik mana SC aliran balik/loop tertutup dapat diimplementasikan?
- Sebagaimana dinyatakan dalam studi kasus, kesepakatan kolaboratif hanya bekerja berdasarkan "kepercayaan dan situasi saling menguntungkan untuk semua". Tantangan apa yang dapat Anda lihat yang dapat menjadi kritis bagi SC?

4.7 KETAHANAN RANTAI SUPLAI DAN EFEK RIAK

Sub-bagian ini secara singkat memperkenalkan area risiko SC. Dalam Bab. 16, kami akan menguraikan berbagai aspek risiko perubahan besar, ketahanan, dan efek riak. Secara umum, risiko SC dapat diklasifikasikan ke dalam bidang permintaan, penawaran, proses, dan struktur (lihat Gambar 4.13). Risiko ketidakpastian permintaan dan penawaran terkait dengan ketidakpastian acak dan situasi bisnis seperti biasa. Risiko tersebut juga dikenal sebagai risiko berulang atau operasional. Manajer SC mencapai peningkatan yang signifikan dalam mengelola SC global dan mengurangi risiko SC berulang melalui perencanaan dan pelaksanaan yang lebih baik (Chopra dan Sodhi 2014). Dari 2010 hingga 2014, gangguan SC terjadi pada frekuensi dan intensitas yang lebih besar, dan dengan demikian memiliki konsekuensi yang lebih besar. Risiko mengganggu seperti itu sekarang merupakan tantangan baru bagi manajer SC (Simchi-Levi et al.2015; Ivanov et al. 2017a,b). Mari kita berkonsentrasi pada sisi gangguan. Pertama, tren globalisasi dan outsourcing membuat SC lebih kompleks dan kurang dapat diamati dan dikendalikan. Menurut teori kompleksitas, sistem seperti itu menjadi lebih sensitif terhadap gangguan. Fokus khusus di bidang ini diarahkan pada gangguan pada jalur transportasi. Kedua, paradigma efisiensi proses lean, sumber tunggal, dll. telah gagal dalam situasi disrupsi. Akibatnya, SC menjadi lebih rentan, bahkan terhadap gangguan kecil. Setiap gangguan di SC global, terutama di basis suplainya, segera mempengaruhi seluruh SC. Ketiga, dengan meningkatnya spesialisasi dan konsentrasi geografis manufaktur, gangguan pada satu atau beberapa node mempengaruhi hampir semua node dan link di SC. Keempat, TI menjadi elemen penting dari SC global, karena gangguan di TI mungkin berdampak signifikan pada gangguan aliran material.

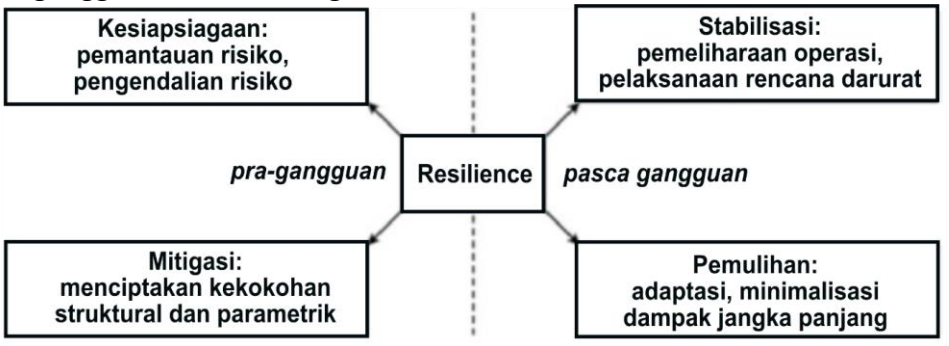


Gambar 4.13 Risiko rantai suplai (Ivanov et al. 2014a)

Ketahanan adalah kemampuan untuk mempertahankan, melaksanakan, dan memulihkan (menyesuaikan) pelaksanaan yang direncanakan bersama dengan pencapaian kinerja yang direncanakan (atau disesuaikan, tetapi masih dapat diterima) (Ivanov dan Sokolov 2013). Membangun SC yang tangguh didasarkan pada mitigasi risiko, kesiapsiagaan terhadap gangguan, stabilisasi, dan pemulihan (lihat Gambar 4.14). Bidang dasar ketahanan meliputi sistem, proses, dan ketahanan produk. Untuk elemen dasar peningkatan ketahanan SC adalah sebagai berikut (Blackhurst et al. 2011; Pettit et al. 2013; Chopra dan Sodhi 2014):

- Supplier cadangan
- Persediaan berlebihan
- Kapasitas berlebihan
- Koordinasi informasi dan transparansi data
- Proses fleksibilitas
- Fleksibilitas produk.

Strategi koordinasi dan pengadaan di SC juga tipikal dalam praktiknya. Banyak perusahaan juga berinvestasi dalam redundansi struktural (misalnya, Toyota memperluas SC-nya menjadi sumber multi-sumber dan membangun fasilitas baru di sisi suplai). Keempat elemen ketahanan ini dapat dilihat sebagai strategi mitigasi pada tahap pra-gangguan dan reaksi pada tahap pasca-gangguan dalam kerangka ketahanan.



Gambar 4.14 Ketahanan rantai suplai (Ivanov et al. 2014a)

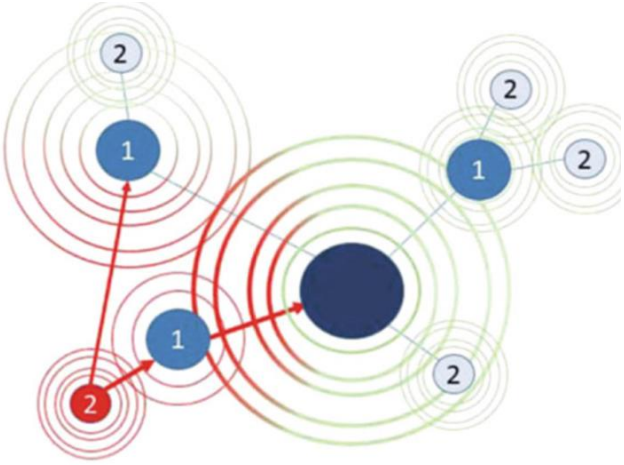
Untuk implementasi, penting untuk memahami bahwa analisis risiko dan ketahanan tidak banyak berarti kecuali jika dikaitkan dengan dampaknya terhadap efisiensi biaya. *Trade-off* "efisiensi-fleksibilitas-ketahanan" menjadi lebih dan lebih penting di SCOM dan baru-baru ini dianggap sebagai efek riak di SC (Ivanov et al. 2014a, b).

Sementara efek bullwhip menggambarkan risiko dengan probabilitas tinggi-dampak rendah, efek riak berfokus pada gangguan frekuensi rendah-dampak tinggi. Efek riak pada SC

dihasilkan dari perambatan gangguan dari gangguan awal menuju tahapan SC lainnya dalam jaringan suplai, produksi, dan distribusi (Gambar 4.15).

Efek riak bukanlah kejadian yang jarang terjadi. Dalam banyak kasus, gangguan SC melampaui tahap terganggu; yaitu, gangguan asli menyebabkan propagasi gangguan di SC, kadang-kadang menimbulkan konsekuensi yang lebih tinggi. Efek riak adalah fenomena propagasi gangguan di SC dan dampaknya terhadap kinerja output SC (misalnya, penjualan, pengiriman tepat waktu, dan keuntungan total). Efek riak mungkin memiliki konsekuensi yang lebih serius daripada penurunan kinerja jangka pendek. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian pangsa pasar (misalnya, Toyota kehilangan posisi pemimpin pasarnya setelah tsunami pada tahun 2011 dan perlu mendesain ulang mekanisme koordinasi SC-nya atau kehilangan nilai perusahaan. Hendricks dan Singhal (2005) menghitung efek negatif dari gangguan SC melalui analisis empiris dan menemukan pengembalian saham 33-40% lebih rendah dibandingkan dengan tolok ukur mereka selama periode waktu 3 tahun yang dimulai 1 tahun sebelum dan berakhir 2 tahun setelah gangguan: efek negatif yang besar pada profitabilitas, penurunan pendapatan operasional 107%, penjualan 7% lebih rendah pertumbuhan dan 11% pertumbuhan biaya, 2 tahun dengan tingkat kinerja yang lebih rendah setelah gangguan.

Efek riak juga dikenal sebagai “efek domino” atau “efek bola salju”. Alasan untuk efek riak tidak sulit untuk diidentifikasi. Dengan meningkatnya kompleksitas SC dan tekanan konsekuen pada peningkatan kecepatan dan efisiensi, semakin banyak industri yang didistribusikan di seluruh dunia dan terkonsentrasi di distrik industri rahang. Selain itu, SC yang terglobalisasi sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur transportasi permanen. Strategi mitigasi dan pemulihan untuk efek riak dipertimbangkan dalam kerangka ketahanan SC (Gambar 4.14).



Gambar 4.15 Perambatan gangguan dalam rantai suplai

Tabel 4.5 Alasan dan penanggulangan efek riak

Alasan	Dampak SCM	Dampak efek	Penanggulangan
Leanes	Single Sourching	Dalam skenario non-disrupted, tidak rasional untuk menghindari praktik lean. Pada saat yang sama, gangguan kapasitas dapat mengakibatkan efek riak dan penurunan kinerja. Rekomendasi untuk menggunakan buffer	Beberapa/Sumber ganda/Supplier Cadangan
	Inventaris rendah		Inventaris mitigasi risiko
	Kapasitas fleksibel		Penundaan

		kapasitas atau fasilitas cadangan sebagai cadangan kapasitas tambahan.	
Kompleksitas	Globalisasi	Tanpa kebijakan kontinjensi yang terkoordinasi, pemulihan gangguan dan estimasi dampak kinerja bisa sangat tahan lama dan mahal. Algoritme kontrol terkoordinasi diperlukan untuk memantau perilaku SC, mengidentifikasi gangguan, dan menyesuaikan aturan alokasi pesanan menggunakan kebijakan kontingensi terkoordinasi.	Diversifikasi sumber geografis
	Desentralisasi		Rencana kontingensi SC global
	Multi-level SC		Segmentasi Supplier menurut risiko gangguan

Tabel 4.5 merangkum alasan dan tindakan balasan untuk efek riak (Ivanov dan Rozhkov 2017; Dolgui et al. 2018; Ivanov 2018). Literatur memberikan bukti bahwa durasi gangguan dan propagasi berdampak pada kinerja SC. Strategi proaktif seperti fasilitas cadangan dan inventaris memiliki dampak positif terhadap kinerja dan pencegahan penyebaran gangguan. Kecepatan pemulihan memainkan peran penting dalam mengurangi dampak kinerja dari gangguan. Peningkatan ketahanan SC dapat menyiratkan peningkatan biaya di SC.

4.8 POIN PENTING BAB INI

Sebuah strategi SC adalah salah satu strategi yang paling penting dalam suatu perusahaan. Ini harus sesuai dengan strategi kompetitif dan operasi. Penjajaran seperti itu disebut “kesesuaian strategis”. Strategi SC dapat didasarkan pada biaya, kelincahan, inovasi, atau kualitas. Seringkali, strategi hibrida sangat berhasil. Salah satu isu penting dalam SCM adalah koordinasi SC. Koordinasi yang gagal di SC dapat menyebabkan bullwhip effect. Ini dapat dicegah dengan bantuan koordinasi informasi, berbagi data tentang penjualan, perkiraan permintaan, dan inventaris. VMI dan CPFR adalah contoh strategi koordinasi. Kontrak SC yang canggih juga dapat membantu memastikan koordinasi SC yang lebih baik.

Akhirnya, keberlanjutan dan ketahanan menjadi semakin penting di SCM. Garis bawah "ekonomi-ekologi-masyarakat" memiliki dampak langsung pada pengembangan SCM di masa depan. SC yang tangguh diharapkan untuk melanjutkan eksekusi mereka bahkan jika terjadi gangguan parah dan bagian dari SC dihancurkan.

BAB 5
SUMBER STRATEGI

5.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Peran pembelian, pengadaan, dan pengadaan di SCOM
- Elemen dasar dari proses sumber
- Buat-atau-beli (*make-or-buy*) vs. outsourcing
- Masalah organisasi dalam sumber
- Strategi sumber menurut jumlah Supplier, distribusi Supplier geografis, dan prinsip sumber
- Metode analisis pengeluaran dan pemilihan Supplier
- Elemen manajemen hubungan Supplier/ *Elements of supplier relationship management* (SRM)

5.2 STUDI KASUS PENGANTAR "KONSEP LOGISTIK"

Pada tahun 2011, tujuan baru untuk 2018 untuk Grup Volkswagen diumumkan: pengurangan biaya 20%; 50% lebih sedikit keluhan tentang cacat pada kendaraan baru; 30 inovasi hebat; kepuasan karyawan yang lebih tinggi; pekerja terlatih sempurna; hanya 8 minggu antara mulai dan operasi penuh produksi serial—dan semua ini dengan 25% lebih sedikit kerusakan lingkungan. Ketujuh perintah ini harus dibawa pada kartu aluminium oleh setiap manajer produksi VW.

Sistem produksi Volkswagen/ *Volkswagen production system* (VPS) baru dan konsep logistik baru/ *new logistics concept* (NLK) di *Volkswagen* (VW) Meskipun banyak pencapaian, Grup Volkswagen juga menghadapi banyak tantangan terkait produktivitas, yang terutama dipengaruhi oleh produksi dan logistik. Sementara pesaing terbesarnya, Toyota, memproduksi rata-rata 30 kendaraan per karyawan setiap tahun, di VW jumlah ini hanya 17.

Tantangan lainnya adalah: proses produksi yang berbeda di lokasi VW yang didistribusikan secara global; variasi permintaan dan hilangnya fleksibilitas dalam produksi dan logistik; stok yang lebih besar sebagai konsekuensi dari perencanaan produksi dan logistik yang terpisah; dan pengembangan teknologi baru yang berkelanjutan (misalnya, kendaraan hibrida dan listrik).

Keberhasilan Toyota dapat ditelusuri kembali ke produksi ramping. *Just-in-time* (JIT) (tidak ada produksi dan logistik *on-stock*), Kaizen (perbaikan berkelanjutan) dan Jidoka (menghindari kesalahan melalui otomatisasi cerdas) adalah tiga pilar produksi lean. Sistem produksi Volkswagen/ *Volkswagen production system* (VPS) baru dan konsep logistik baru/ *new logistics concept* (NLK) harus meningkatkan kinerja produksi dan logistik. Melalui Sistem VPS baru, biaya per kendaraan akan berkurang sekitar 1500 . Ini harus dicapai melalui:

- pengenalan jalur perakitan fleksibel, memproduksi berbagai model (misalnya pabrik VW baru di China dapat memproduksi dua model Golf yang berbeda, serta dua model Audi yang berbeda pada jalur perakitan yang sama);
- standarisasi proses produksi (misalnya satu prosedur pengecatan untuk semua 90 pabrik, bukan 90 pabrik yang berbeda seperti yang terjadi sekarang);
- pengurangan jumlah variasi (misalnya hanya 28 variasi AC, bukan 102 seperti yang terjadi sekarang).

Grup VW mengikuti strategi ambisius dengan VPS dan menghadapi tantangan besar ke depan. Di masa depan, lebih banyak model dari merek yang berbeda perlu diproduksi di satu pabrik

untuk dapat bereaksi lebih fleksibel. VW, sampai sekarang di pabriknya di pasar negara berkembang, membangun model Skoda, Audi, dan Volkswagen di satu pabrik. Ini tidak pernah terjadi di masa lalu. Konsep logistik dalam 20 tahun terakhir tidak lagi cocok di sini.

NLK digunakan secara luas di AUD Iand di Grup Volkswagen secara keseluruhan. Tujuannya adalah optimalisasi proses suplai antara Supplier dan Grup Volkswagen. Melalui pencocokan yang tepat dari jadwal suplai dengan lead time yang lebih pendek, peningkatan arus barang akan tercapai. Keuntungan penanganan pengiriman di sisi Supplier akan menghasilkan: lead time yang lebih pendek; perencanaan produksi yang lebih baik melalui "periode beku"; dan pengurangan bahan produksi.

Di masa lalu, VW menggunakan inventaris untuk memasok produksi. Untuk dapat bereaksi terhadap setiap permintaan dari produksi, bahan harus disimpan. Tetapi jika bahan hanya diam tanpa bergerak, tidak ada nilai tambah untuk VW. Ini adalah pemborosan yang akan dihilangkan secara berkelanjutan dalam sistem baru. Idenya adalah untuk membuat proses lebih ramping dan dengan demikian mengurangi waktu tunggu. Proses produksi dan logistik harus sinkron. Jika produksi memiliki waktu siklus 1 menit, artinya setiap menit satu kendaraan meninggalkan jalur perakitan, maka VW juga akan menerapkan waktu siklus ini ke logistik, dari jalur kembali ke Supplier: ini baru. Orang dapat membayangkannya bekerja seperti ini: ada lalu lintas bersiklus ke arah jalur ke input material. Jika ada 20 bagian dalam bin, bin perlu ditukar setelah tepat 20 siklus; VW perlu menerapkan waktu siklus yang sama kembali ke Supplier.

Dalam pengembangan konsep dan implementasinya, semua pihak terlibat secara intensif dan memberikan kontribusi yang substansial. Kolaborasi dengan logistik pabrik sangat penting. Mr Stein, kepala proyek NLK mengatakan (AutomobilProduktion 2014):

> Kami mengoptimalkan diri dari dalam ke luar. Kami memiliki sejumlah hubungan pelanggan internal dan eksternal dalam proses kami, sehingga pekerja lini perakitan adalah pelanggan Supplier. Interaksi yang dioptimalkan dalam produksi adalah titik awal untuk dipertimbangkan. Kita berbicara tentang segitiga; itu berarti pekerja perakitan memiliki tempat di kendaraan yang dia kerjakan dan tempat sampah dari mana dia mendapatkan bahan-bahan yang dibutuhkan. Sekarang ketersediaan materi diatur sedemikian rupa di mana dia benar-benar tidak memiliki rute berjalan kaki dan oleh karena itu fokusnya adalah pada kegiatan yang menambah nilai. Sebelumnya, bahan disimpan di beberapa tempat sampah; hari ini kami mengurutkan materi sebelum mengirimnya ke jalur perakitan. Penyortiran ini sudah terjadi, jika mungkin, di sisi Supplier.

Konsep seperti itu disebut "supermarket". Bahan dibagi dan disiapkan untuk setiap urutan dalam baris. Sistem TI juga merupakan salah satu faktor keberhasilan proyek. Karena Grup Volkswagen telah berfokus pada pengurangan lead time, maka perlu untuk menyesuaikan aliran EDI (electronic data inter change) dengan merencanakan waktu penjemputan dan pengiriman yang tepat. Dengan cara ini, selama pengambilan barang, pengirim barang tidak perlu berhenti hanya di satu Supplier, tetapi dapat berhenti beberapa kali di sepanjang rute yang telah ditentukan (disebut milk run). Proses ini harus terlihat dalam aliran EDI baru. Yang baru dalam proses NLK adalah penggunaan sistem pesan pesanan, EDIFACT GLOBAL DELJIT, yang mendokumentasikan secara tepat proses pemesanan barang.

Ini terlihat seperti ini. Modul pengambilan memproses pratinjau yang diterima untuk perencanaan produksi. Hal ini digunakan untuk klasifikasi kasar dari jadwal pick-up. Pesanan yang lebih rinci/perencanaan yang baik diproses melalui panggilan pengiriman. Dalam modul JIT, panggilan pengiriman yang diterima ditampilkan. Gambaran umum dari semua pesanan

dapat dilihat dan juga dicetak. Monitor JIT menunjukkan pesanan, mengawasi semua pesanan, dan memberi tahu Supplier kapan pengiriman berikutnya diperlukan.

Pada monitor JIT, informasi dibagi dalam DELJIT menurut tanggal dan pelanggan. Status pengiriman saat ini ditampilkan di monitor dan memberikan informasi tentang semua materi yang dikirimkan. Setiap pengiriman diumumkan melalui catatan pengiriman EDI. Transfer catatan pengiriman harus dilakukan selama pengiriman transportasi oleh Supplier. Barang yang akan dikirim juga harus diberi label barang. Label kode batang VDA4902 sebelumnya digantikan oleh label transportasi global baru (GTL). Ada juga modul opsional untuk koneksi langsung ke sistem ERP. Identifikasi frekuensi radio (RFID) juga digunakan dalam logistik material. Sementara itu, keterbacaan transponder aktif dan pasif sangat baik. Namun, itu akan memakan waktu sebelum ada implementasi yang luas. Label yang harus dilengkapi dengan tempat sampah, pada saat ini, masih terlalu mahal.

Konsep ini akan diterapkan langkah demi langkah di semua lokasi di seluruh dunia. Secara alami, perhatikan bahwa segala sesuatu dapat dicapai sekaligus. Jangka waktu sangat dipengaruhi oleh awal produk di pabrik. Dengan produk baru, proses baru juga akan digunakan. Oleh karena itu, implementasi lengkap akan dilakukan di tahun-tahun mendatang. Selama jenis perencanaan ini, ada program yang terus berubah, tidak seperti proyek yang selesai setelah beberapa tahun. VW telah mulai mengoptimalkan area *in-house* mereka, dan sekarang mereka mulai melangkah keluar, ke dalam jaringan suplai dan transportasi. Kolaborasi yang erat dengan Supplier dan penyedia layanan akan mengubah proses masuk dan keluar selangkah demi selangkah.

Diskusi

Jelaskan perkembangan baru konsep produksi dan logistik di VW sebagai berikut: deskripsi masalah/target/solusi/perubahan!implementasi! hasil.

- Strategi sumber mana yang diikuti oleh grup VW?
- Apa itu manajemen ramping?
- Apa yang Anda pahami dengan istilah "waktu siklus"?
- Mengapa sinkronisasi logistik dan proses produksi penting?

5.3 PROSES DAN PRINSIP

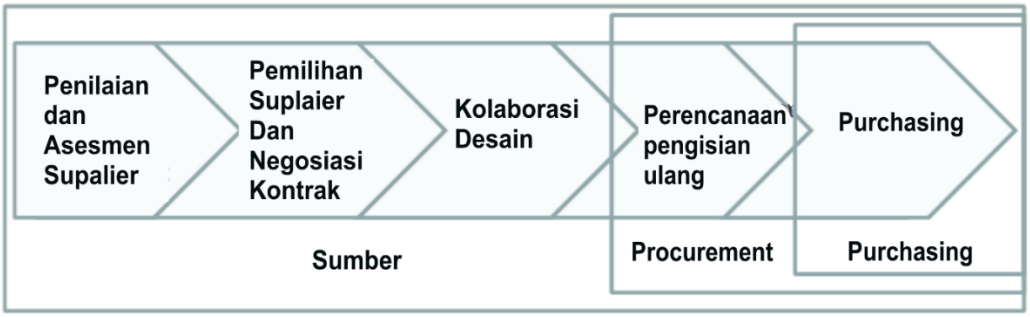
Pengadaan, Pembelian, dan Pengadaan

Bagian ini membahas definisi pengadaan, pembelian, dan pengadaan yang dapat dibedakan sebagai berikut (lihat Gambar 5.1). Menurut Lysons dan Farrington (2012), pembelian adalah “proses pengadaan kebutuhan yang tepat, pada waktu yang diperlukan, dengan biaya serendah mungkin dari sumber yang dapat diandalkan”. Pembelian sebagian besar berkaitan dengan kegiatan komersial dan terkait dengan transaksional, proses pemesanan. Pengadaan mencakup cakupan yang lebih luas daripada pembelian dan mencakup akuisisi dari pihak ketiga dan dari penyedia internal. Ini juga melibatkan penilaian opsi dan keputusan "buat-atau-beli" yang kritis.

Sumber perlu dipahami sebagai keseluruhan "rangkaian proses bisnis yang diperlukan untuk membeli barang dan jasa" (Chopra dan Meindl 2012). Rentang kegiatan yang berkorelasi, misalnya, dari pemilihan Supplier, hingga pembuatan kontrak, desain dan kolaborasi produk, hingga evaluasi kinerja Supplier. Secara garis besar, sourcing adalah proses membangun dan mengelola hubungan Supplier di SC. Dalam arti sempit, sourcing terkait dengan aktivitas dan proses yang menyediakan perusahaan dengan bahan, jasa, peralatan modal, alat produksi, peralatan dan perlengkapan untuk bekerja, dll dari Supplier atau mitra eksternal. Dalam praktiknya, sourcing mengintegrasikan tingkat pengambilan keputusan strategis dan operatif dan mengoordinasikan strategi suplai, pengadaan, dan aktivitas

pembelian. Ini adalah elemen mendasar dari SCOM karena merupakan proses penghubung yang menyediakan organisasi dengan masukan yang diperlukan untuk pembuatan produk atau layanan mereka.

Sourcing adalah kegiatan yang sangat penting di SC. Suku cadang dan bahan yang dibeli dapat mencapai lebih dari 60% dari biaya barang jadi; untuk perusahaan ritel di dalam SC ini bisa mencapai 90%. Kualitas bahan yang dibeli, biaya barang yang dibeli, pengiriman barang atau jasa tepat waktu, manajemen Supplier, dan hubungan Supplier adalah beberapa faktor yang memiliki dampak signifikan pada kinerja SC dan menempatkan tuntutan khusus pada manajer pengadaan. Karena sourcing adalah subjek yang sangat penting dan luas, bab ini berfokus pada prinsip, proses, dan faktor organisasi seputar strategi sourcing di SCOM dan aktivitas terkait.

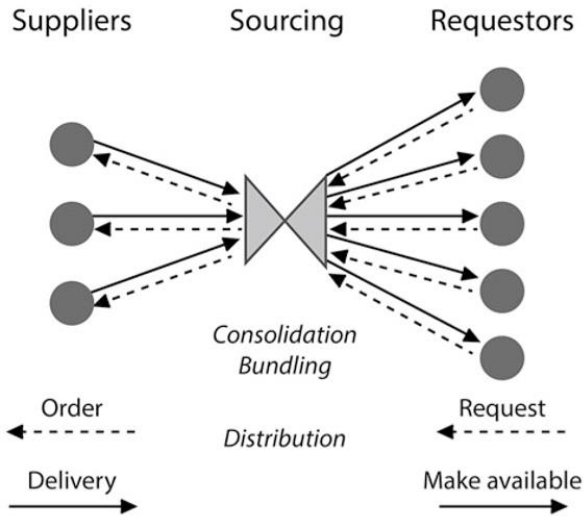


Gambar 5.1 Pembelian, pengadaan, dan pengadaan [diadopsi dengan perubahan dari Manganetal. (2008)].

Proses Sumber

Secara umum, proses sourcing menghubungkan sisi penawaran dengan sisi permintaan, sehingga apa yang disebut objek sourcing akan tersedia bagi pemohon. Hal ini diilustrasikan dengan cara yang disederhanakan pada Gambar 5.2, yang menggambarkan hubungan tingkat tinggi antara pihak yang meminta dan pihak yang memasok. Untuk lebih memahami detail di balik proses ini, penting untuk mengembangkan pemahaman yang jelas tentang konten dan tujuan kegiatan pengadaan, yang mencakup elemen-elemen berikut:

- *Penentuan kebutuhan material*: jenis, komposisi, konfigurasi, kualitas, volume, lokasi, dan waktu pengiriman objek sumber;
- *Manajemen pesanan:* penentuan volume pesanan, frekuensi, waktu, dan spesifikasi kondisi logistik. Juga pengawasan pengiriman yang akurat, penerimaan barang, kontrol dan persetujuan faktur dapat menjadi bagian dari proses pengadaan generik;
- *Riset, observasi, dan analisis basis Supplier:* analisis dan evaluasi basis Supplier, penilaian potensi kemitraan baru, dan penjabaran rekomendasi (sumber strategis), persiapan negosiasi, kontrak, dll.
- *Membuat atau membeli keputusan:* identifikasi ruang lingkup nilai tambah internal/eksternal tergantung pada kompetensi inti, tetapi juga perbandingan kapasitas, waktu tunggu, biaya, dll.
- *Manajemen Supplier:* mengaudit Supplier, menjalankan penilaian manajemen kinerja, misalnya, mengenai pengiriman tepat waktu, kualitas, keandalan, fleksibilitas, dll. Ini juga terkait dengan pengembangan Supplier atau inisiasi penggantian Supplier.



Gambar 5.2 Proses pengadaan generik [berdasarkan Kummer et al. (2013)]

Harus dipahami bahwa objek sumber dapat berupa produk dan non-produk terkait. Misalnya, di sebuah restoran, ada SC baik untuk makanan (yaitu, sumber terkait produk) dan untuk peralatan dapur (yaitu, sumber terkait non-produk). Tabel 5.1 menunjukkan pilihan contoh terkait, tetapi tentu saja tabel dapat diperluas dengan item tambahan.

Contoh pada Tabel 5.1 juga menunjukkan bahwa sebuah perusahaan berurusan dengan sejumlah besar Supplier yang berbeda setiap hari dan perusahaan juga secara teratur berhubungan dengan Supplier baru yang potensial. Untuk membuatnya sedikit lebih spesifik, kami akan menunjukkan contoh perusahaan dari industri barang investasi berat (seperti turbin, pesawat, kereta api, dll.), di mana sekitar 35.000 Supplier didokumentasikan dalam Sistem SRM.

Penting untuk disebutkan bahwa tidak semua Supplier ini sama pentingnya. Perusahaan akan berurusan dengan beberapa Supplier secara teratur dan dengan yang lain lebih sering. Dari 35.000 Supplier ini, misalnya, mungkin 500–600 merupakan basis Supplier inti.

Tabel 5.1 Contoh objek sumber

Contoh untuk objek sumber terkait produk	**Contoh untuk objek sumber yang tidak terkait dengan produk**
Bahan baku (misalnya pelat logam, kayu, batu, ...) Perlengkapan tambahan (misalnya sekrup, mur, baut, lem, ...) Bahan habis pakai/persediaan operasi (misalnya oli/gemuk, bensin, ...) Suku cadang yang dibeli (misalnya bunga api, katup, suku cadang knalpot, ...) Modul rakitan yang dibeli (misalnya sistem navigasi; bemper dengan kisi-kisi dan lampu kabut ...) Membeli sistem yang dikembangkan (misalnya pengembangan dan pra-perakitan	Peralatan padat modal (misalnya derek, mesin penggilingan, rak gudang dan peralatan ...) Suku cadang untuk produksi atau untuk pemeliharaan (misalnya bor, cutting-disk, suku cadang mesin, bola lampu ...) Perlengkapan kantor (misalnya kertas, pena, stapler, ...) Personil (misalnya melalui perusahaan perekrutan, mempekerjakan konsultan atau staf sementara, ...) Informasi dan layanan terkait bisnis (misalnya analisis pesaing, perencanaan dan pelaksanaan pameran, acara, pemesanan perjalanan bisnis, ...)

Sistem HVAC lengkap yang dipasang ke modul depan ...) Perdagangan barang (misalnya, tas untuk notebook, DVD untuk camcorder...	Modal atau jasa keuangan (memperoleh pinjaman, dukungan keuangan eksternal ...)

5.4 *MAKE-OR-BUY* DAN *OUTSOURCING*

" *Make-or-Buy* " adalah keputusan strategis yang menentukan apakah objek sumber dibuat secara internal atau bersumber dari luar. Keputusan strategis semacam itu mungkin juga terkait dengan pertanyaan tentang kompetensi inti. Perusahaan bahkan mungkin memiliki Supplier internal mereka sendiri, yang menyiapkan modul atau sistem tertentu dan mempresentasikannya ke jalur perakitan begitu dibutuhkan (ini bisa berupa roda kemudi eksklusif yang dibuat dengan tangan untuk satu pelanggan mobil dan yang dipresentasikan ke perakitan garis). Bisa juga komponen propulsi untuk produsen kereta api telah dirakit sebelumnya oleh Supplier internal atau komponen sayap internal yang telah dirakit sebelumnya untuk produsen pesawat terbang.

Wawasan Praktis

Sebagai contoh, sebuah pabrik mobil menyimpan kreasi alat-alat yang mereka gunakan untuk memproduksi komponen logam seperti spatbor, pintu, kap mesin, dll di rumah untuk menghindari karakteristik penampilan luar mobil yang diserahkan kepada pesaing di pasar. tahap yang sangat awal dari fase desain. Keputusan untuk "membuat" ini terutama didorong oleh keinginan untuk menghindari peniruan desain mobil.

Keputusan *Make-or-buy* berdampak pada keseluruhan tingkat penciptaan nilai internal; masing-masing, itu terkait erat dengan keputusan seputar strategi produksi. Ketika kita berbicara tentang *make-or-buy*, tim sourcing perlu memutuskan bersama dengan pakar manufaktur apakah pembelian eksternal (“beli”) mungkin merupakan solusi yang lebih disukai secara ekonomi atau jika masing-masing bagian harus diproduksi sendiri (“*make*”). Seperti yang dijelaskan sebelumnya, analisis terperinci dari TCO (total biaya kepemilikan) sangat disarankan untuk membuat atau membeli keputusan. Keputusan seperti itu juga perlu mempertimbangkan faktor-faktor persaingan mengenai kompetensi inti atau ketakutan untuk memberikan pengetahuan kepada pihak eksternal yang akan menawarkan kesempatan untuk ditiru. Dalam kasus seperti itu, "buatan" internal akan menjadi pilihan yang lebih disukai, bahkan ketika sumber eksternal dapat dianggap sebagai alternatif yang lebih menarik secara ekonomi.

Di sisi lain, jika proses penambahan nilai yang relevan secara historis telah dilakukan oleh orang-orang di unit organisasi dan keputusan telah dibuat untuk mengeksternalisasi proses tertentu (yaitu, untuk membeli), yang disebut *outsourcing* terjadi. Ini berarti bahwa *outsourcing* adalah hasil dari keputusan *make-or-buy.* Beberapa masalah umum dalam analisis *outsourcing* adalah sebagai berikut:

- biaya produksi lebih rendah
- penggunaan yang lebih baik dari sumber daya yang tersedia
- fokus pada kompetensi inti
- restrukturisasi biaya
- pengurangan waktu ke pasar
- berbagi risiko
- berbagi pengetahuan
- masalah kualitas
- fleksibilitas

- manfaat pajak.

Wawasan Praktis

Keputusan *outsourcing* yang salah dapat merusak perusahaan. Supplier untuk galangan pembuatan kapal memutuskan untuk melakukan *outsourcing* proses pengelasan yang ditempatkan tepat di tengah-tengah proses teknologinya. Namun jumlah pesanan cukup rendah (ini adalah alasan untuk *outsourcing*) dan subkontraktor baru selalu menjadwalkan pesanan ini sebagai tidak penting karena tidak tertarik untuk mempertahankan tingkat layanan yang tinggi untuk pelanggan yang tidak penting. Akibatnya, waktu tunggu pengiriman di galangan pembangunan kapal meningkat dari 10 hari menjadi 35–40 hari. Manajer pengadaan perlu sering menghubungi subkontraktor dan meminta mereka untuk mempercepat pesanan. Dalam beberapa bulan, galangan pembangunan kapal membatalkan perjanjian. Dalam kasus penggunaan mesin yang rendah pada langkah proses, akan lebih masuk akal untuk mencoba memasukkan pesanan tambahan untuk mesin ini daripada mengalihdayakan sebagian dari proses teknologi, terutama jika itu di tengah proses.

Make-or-buy tidak hanya terhubung ke proses manufaktur murni. Misalnya, bahan mentah atau bagian lepas tunggal dapat dievaluasi; itu juga dapat diterapkan pada modul atau layanan, seperti layanan TI, logistik transportasi, atau pengelolaan fasilitas (misalnya, pembersihan, pemeliharaan, atau layanan keamanan). Selain itu, solusi campuran antara membeli dan membuat juga dimungkinkan untuk memenuhi permintaan pasar.

Pilihan berikut memberikan ringkasan berdasarkan Kummer et al. (2013) yang mencerminkan parameter yang mungkin dipertimbangkan ketika perusahaan memutuskan apakah akan "membuat" atau "membeli":

- *Kompetensi inti/kesesuaian strategis* Apa saja kemampuan unik yang sangat sulit untuk ditiru? Apa tujuan strategis yang harus dipenuhi perusahaan? Apakah fokus pada produksi ramping memerlukan adaptasi kedalaman produksi? Apakah perlu membeli lebih banyak di pasar baru karena persyaratan konten lokal?
- *Keragaman dan/atau stabilitas di sisi permintaan* Berapa tingkat permintaan yang dapat kami penuhi secara stabil dengan kapasitas yang ada dan kapan direkomendasikan untuk meningkatkan kebutuhan kapasitas puncak dengan sumber eksternal tambahan sementara?
- *Kapasitas produksi di sisi sumber* Apakah ada kontrak yang ada (misalnya perjanjian pembelian atau pesanan penjualan) yang perlu dipenuhi dan yang akan memengaruhi keputusan buat atau beli?
- *Otonomi* Apakah kita membahayakan posisi kompetitif kita dengan menyediakan gambar rahasia, hak kekayaan intelektual, hasil penelitian baru, dll.? Apakah ada risiko bahwa kita bahkan dapat menciptakan pesaing di masa depan dengan mengambil keputusan pembelian yang akan mengarah pada transfer pengetahuan?
- *Ketergantungan pada Supplier* Dengan meningkatkan tingkat pembelian eksternal, ketergantungan pada Supplier, kualitas, keandalan, dan ketepatan waktu mereka dapat secara signifikan memengaruhi reputasi organisasi itu sendiri: Apakah kita memiliki posisi pasar yang kuat atau lemah dan bagaimana cara mencari Supplier?
- *Evaluasi struktur biaya* Dalam kasus keputusan “membuat”, biaya terkait terkait dengan misalnya, biaya bahan dan tenaga kerja, gaji, atau biaya penyusutan peralatan yang digunakan. Dalam hal “beli”, keputusan akan terkait dengan biaya pembelian, transportasi, penanganan, penyimpanan, atau transportasi.
- *Kekurangan keuangan atau kebutuhan modal* Terutama pada saat kekurangan keuangan, keputusan untuk mendapatkan suku cadang, modul, atau layanan dari luar

merupakan faktor penting karena mengurangi tekanan biaya. Dalam praktiknya, keputusan akan, selain kriteria kualitatif, digabungkan dengan metode kuantitatif untuk memperkuat proses seleksi lebih lanjut.

Organisasi Proses Sumber

Dimensi terakhir dalam pengelolaan proses sourcing terkait dengan organisasi kegiatan sourcing. Dimensi ini difokuskan pada pengaturan organisasi dari pihak yang membeli. Sebuah perusahaan dapat membeli barang sendiri secara individual, tetapi bisa juga beberapa perusahaan secara bersama-sama menentukan barang yang harus dipasok dari satu Supplier. Ini berarti bahwa beberapa perusahaan ini secara organisasi menciptakan aliansi sumber.

Dalam hal terminologi yang tepat, kita dapat meringkas bahwa, berbeda dengan proses pengadaan individu, pengadaan kolektif mungkin merupakan strategi yang masuk akal. Heizer dan Render (2013) memberikan contoh produsen kecil perahu motor yang membentuk aliansi tersebut untuk mengumpulkan permintaan mereka akan mesin perahu motor; atau rumah sakit yang memesan persediaan klinis di koperasi, sehingga mendapat manfaat dari efek volume pemesanan yang lebih besar.

Dalam kasus pemain global dalam industri telekomunikasi, sebuah perusahaan mungkin berada dalam hubungan Supplier-pelanggan dengan sekitar 20.000 Supplier di 80 negara. Banyak Supplier yang berbeda dan suku cadang yang berbeda menunjukkan karakteristik yang berbeda: penting untuk ditekankan bahwa perusahaan perlu menentukan strategi pengadaan yang sesuai dengan tujuan individualnya. Strategi pengadaan akan dipertimbangkan di bagian selanjutnya.

Strategi Sumber

Strategi sumber dapat diklasifikasikan menurut tiga fitur dasar:

- jumlah Supplier (sumber tunggal, ganda, dan ganda);
- distribusi Supplier geografis (sumber lokal, nasional, internasional, dan global);
- prinsip-prinsip sumber (sumber *on-stock*, JIT, sumber tertentu).

Mari kita pertimbangkan strategi ini secara rinci.

Sumber Tunggal vs. Sumber Ganda

Di area ini, tugasnya adalah mengelola basis Supplier dengan tujuan menentukan jumlah Supplier yang tepat. Dengan mengurangi basis Supplier, volume yang lebih besar dapat dipesan dari satu Supplier (strategi sumber tunggal) dengan tujuan menghasilkan efek bundling volume (skala). Namun, ketergantungan pada satu Supplier mungkin berisiko terlalu tinggi.

Wawasan Praktis

Berfokus pada sumber tunggal memberikan banyak keuntungan efisiensi. Namun, sejumlah gangguan baru-baru ini telah memaksa manajer SC untuk memikirkan kembali strategi lean sourcing ini karena penghematan biaya dapat diatasi oleh dampak gangguan (Chopra dan Sodhi 2014; Ivanov et al. 2014). Perusahaan yang menggunakan sumber tunggal dengan Supplier di Jepang atau Thailand sangat terpengaruh oleh tsunami dan banjir pada tahun 2011. Banyak pabrik produksi di seluruh dunia dihentikan selama beberapa bulan. Intel mengklaim telah kehilangan 10 miliar dalam penjualan selama kuartal keempat tahun 2011. Pada tahun 2010, letusan gunung berapi di Islandia mengganggu banyak pengiriman udara sensitif waktu di SC global. Kebakaran di pabrik Phillips Semiconductor di Albuquerque, New Mexico pada tahun 2000 menyebabkan pelanggan utamanya, Ericsson, kehilangan potensi pendapatan sebesar 2 milyar. Nokia juga terpengaruh oleh gangguan ini, tetapi menemukan sumber suplai alternatif dalam waktu 3 hari. Namun, ini sangat mahal.

Risiko lain dari sumber tunggal terkait dengan standarisasi produk. Jika Supplier tunggal memproduksi barang yang digunakan dalam banyak model produk yang berbeda, dampak bencana dapat menjalar dengan sangat cepat melalui SC, seperti yang terjadi pada Toyota pada tahun 2011. Inilah sebabnya mengapa banyak perusahaan seperti Samsung cenderung memiliki setidaknya dua Supplier, bahkan jika Supplier kedua hanya menyediakan 20% dari volume (Sodhi dan Lee 2007).

Dengan demikian, mungkin juga merupakan strategi yang masuk akal untuk bekerja sama dengan sumber kedua atau ketiga untuk suatu bagian atau modul. Strategi Supplier ini berbeda dengan strategi sumber tunggal dan disebut sebagai sumber ganda atau, dengan lebih dari dua, strategi sumber ganda yang lebih baik menyeimbangkan aliran material global dan memberikan pengurangan risiko. Misalnya, ZARA memproduksi barang paling trendi di Eropa, mendekati permintaan yang sangat dinamis dan berubah. Barang-barang yang bergerak lambat diproduksi di Turki dan Asia (Indonesia,China dan Korea), karena waktu tunggu tidak penting dan pengurangan biaya dapat dicapai di bidang manufaktur. Li & Fung Ltd, sebuah perusahaan manufaktur kontrak dari Hong Kong, memiliki berbagai rencana suplai yang memungkinkan mereka untuk secara fleksibel mengalihkan produksi di antara Supplier. Diskusi di atas memungkinkan kita untuk merumuskan beberapa masalah kritis ketika memutuskan sumber tunggal vs ganda atau ganda. Mereka termasuk:

- volume
- variasi produk
- ketidakpastian permintaan
- pentingnya waktu tunggu
- gangguan dan risiko lainnya
- biaya transportasi
- kompleksitas manufaktur
- kompleksitas koordinasi
- masalah pasca-penjualan.

Beberapa keuntungan dari sumber tunggal adalah sebagai berikut:

- perjanjian jangka panjang
- kestabilan harga
- Supplier termasuk dalam proses pengembangan produk pada tahap yang sangat awal
- biaya transaksi rendah
- efek skala.

Kekurangan dari strategi sumber tunggal meliputi:

- kebijakan harga yang tidak efisien;
- masalah lead time, kualitas, dan layanan;
- kurangnya kerjasama dengan banyak Supplier.

Sumber Lokal vs. Global

Melihat lokasi Supplier adalah aspek lain dari strategi sumber. Hal ini terkait dengan strategi wilayah sumber geografis. Ada dua ekstrem, mulai dari sumber lokal (jumlah Supplier terbatas, tetapi norma, bahasa, mata uang yang sama, jarak terpendek, dan dengan demikian waktu reaksi tercepat jika terjadi perubahan) versus sumber global (menawarkan basis Supplier terluas, tetapi menderita mis. , jarak jauh, mata uang yang berbeda, standar norma, dll). Di antara ini, ada juga sumber nasional atau kontinental.

Untuk menghindari keputusan buruk yang mungkin dibuat hanya berdasarkan harga pembelian, praktik menunjukkan bahwa fokus yang ketat pada pendekatan TCO sangat dianjurkan. Karena waktu-ke-pasar yang menyusut dan kebutuhan akan manajemen SC yang

tangkas, keuntungan murni dari harga pembelian yang rendah dapat dengan mudah dihilangkan dengan kebutuhan untuk memesan ukuran lot yang besar; ini dapat melakukan perjalanan ke seluruh dunia selama berminggu-minggu, menghasilkan penyangga keamanan, inventaris, dan biaya transportasi yang lebih tinggi.

Wawasan Praktis

Dari 17 toko manufaktur Louis Vuitton (LV) untuk barang-barang kulit, 12 berlokasi di Prancis, 3 di Spanyol, dan 2 di Amerika Serikat. Semua proses manufaktur dan pengembangan ditangani di bengkel pusat di Italia. LV menggunakan produsen eksternal hanya untuk melengkapi segmen manufakturnya dan mencapai fleksibilitas produksi dalam hal volume. Ini membeli bahannya dari Supplier yang berlokasi di seluruh dunia, yang dengannya LV telah menjalin hubungan kemitraan. Strategi Supplier yang diterapkan selama beberapa tahun terakhir memungkinkan pemenuhan persyaratan dalam hal volume, kualitas, dan inovasi (Heizer dan Render 2013).

Tabel 5.2 Analisis keputusan sumber global

	Local Sourching	**Global Sourching**
Keuntungan	• Norma/standar yang sama • Mudah dijangkau/jarak pendek • Budaya yang sama, mata uang yang sama, iklim politik yang sama • Dasar yang baik untuk pengiriman JIT • Risiko gangguan yang lebih rendah untuk keseluruhan SC	• Variasi terluas dari vendor yang tersedia • Portofolio produk atau layanan terbesar • Peluang terbaik untuk membandingkan dan bernegosiasi dengan Supplier karena basis Supplier terluas
Kekurangan	• (Sangat) basis Supplier terbatas atau tidak ada basis Supplier • Kemungkinan daya tawar pembeli yang terbatas karena keterbatasan di sisi Supplier	• Waktu perjalanan dan transportasi yang lebih lama • Waktu respons yang lebih lama jika terjadi perubahan • Mungkin ukuran lot yang lebih besar • Norma/standar yang berpotensi berbeda • Budaya, mata uang, dan ketidakpastian politik yang berbeda • Risiko gangguan yang lebih tinggi untuk keseluruhan SC

Untuk sumber global, barang dengan volume tinggi, permintaan tetap, dan biaya transportasi rendah adalah yang paling disukai. Namun, peluang dan risiko yang berbeda dalam hal biaya, layanan, kualitas, dan keberlanjutan harus dimasukkan dalam analisis.

- Biaya: tenaga kerja, pajak, transportasi, asuransi, transshipment, bea, dan transaksi.
- Kualitas: tagihan bahan baku, kontrol kualitas, layanan purna jual, sertifikasi.
- Layanan: pengiriman tepat waktu, daya tanggap, fleksibilitas, peralatan teknis, gambar, keandalan.

- Keberlanjutan: masalah politik, ekonomi, sosial.

Isu mengenai analisis keputusan sumber global disajikan pada Tabel 5.2. Sumber global menawarkan akses ke berbagai Supplier terluas yang tersedia (tidak seperti sumber lokal atau nasional) dan ini memberikan banyak keuntungan. Pada saat yang sama, upaya yang lebih besar dan keterampilan bahasa tertentu diperlukan untuk menjalin hubungan dengan vendor atau mitra global.

Sumber global juga membutuhkan lebih banyak waktu untuk perjalanan ke Supplier dan untuk transportasi barang. Faktor-faktor seperti risiko mata uang atau ketidakstabilan politik bisa sangat berpengaruh dan sangat penting, bersama dengan budaya, norma, atau standar yang berbeda.

Tabel 5.2 menunjukkan beberapa keuntungan dan kerugian dari dua strategi sumber geografis ekstrim: sumber lokal versus global. Di antara dua ekstrem ini, ada juga peluang untuk mengikuti strategi pengadaan nasional; ini akan terkait dengan perluasan radius sumber, yaitu, meningkatkan jumlah vendor potensial, tetapi terus menjaga risiko pada tingkat yang rendah. Strategi pengadaan kontinental akan lebih meningkatkan basis Supplier yang dapat diakses, tetapi masih akan membatasi risiko waktu transportasi yang sangat lama dan volume yang besar.

Wawasan Praktis

Dalam praktiknya, per komoditas dan bagian, strategi yang masuk akal harus ditentukan dengan mengevaluasi peluang dan risiko yang sesuai. Dalam banyak kasus, strategi campuran dengan kombinasi elemen sumber lokal dan global dapat menjadi pilihan yang baik. Misalnya, Amazon lebih suka menyimpan barang yang bergerak cepat di pusat distribusi sementara barang yang bergerak lambat cenderung disimpan di pusat. Apple melokalkan produksi di China, tetapi jaringan distribusinya bersifat global. Segmentasi SC semacam itu juga membantu mengurangi implikasi risiko gangguan (Chopra dan Sodhi 2014).

5.5 STUDI KASUS "i-PHONE"

iPhone pertama kali dikembangkan di California. Kemudian tim teknik membuat daftar bahan untuk semua komponen yang diperlukan. Bersama dengan manajemen suplai, tim teknik menemukan kombinasi terbaik antara peralatan dan kemampuan produksi. Karena SC Apple bekerja secara global, ini akan membutuhkan komponen dari Supplier internasional. Inilah sebabnya mengapa kamera diproduksi di AS, komponen frekuensi tinggi dibuat di Jerman, beberapa case diproduksi di Indonesia dan screem berasal dari Korea Selatan.

Semua komponen dikirim ke Shenzhen (Cina) di mana mereka dirakit di pabrik Foxconn. Kemudian pelanggan dapat memesan iPhone melalui toko Apple Online dan UPS (*United Parcel Service*) dan Fedex mengirimkan langsung ke pelanggan. Semua iPhone yang tersisa dikirim ke gudang pusat di Elk Grove, California, setelah itu didistribusikan ke Apple Store dan mitra yang ditunjuk.

Waktu dari merancang produk hingga produksi aktual biasanya 10 bulan. Untuk mempercepat pengenalan produk baru, Apple memperoleh lisensi tambahan dan, jika perlu, seluruh bisnis pihak ketiga. Dalam beberapa kasus, Apple menggunakan pembayaran lanjutan untuk memastikan akses ke bahan baku penting yang strategis. Selanjutnya, Apple tidak hanya membangun hubungan dengan Suppliernya, tetapi juga Supplier ke Supplier untuk menjamin bahwa SC tidak terputus.

Secara umum, Apple bergantung pada beberapa Supplier, yang memungkinkannya mempertahankan manajemen Supplier yang efisien. Keuntungan lain dari berfokus pada beberapa Supplier adalah Apple dapat berkonsentrasi pada pengembangan Supplier dan

mencoba meningkatkan kinerjanya. Selain itu, indikator kinerja utama (KPI) yang relevan mendukung kesan bahwa SC Apple sangat efisien. Studi Gartner (2014) menunjukkan bahwa perputaran persediaan Apple sebesar 69,2 secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan Samsung, yaitu 18,1.

Diskusi

1. KPI mana yang dapat mengukur efisiensi SC?
2. Apa strategi pengadaan utama yang diikuti oleh Apple?
3. Apa itu bill of material?
4. Apa pendapat Anda tentang manajemen Supplier Apple?
5. Terdiri dari fase apa?
6. Apa pendapat Anda tentang siklus hidup produk iPhone? Apa pengaruhnya terhadap SCM-nya?

5.6 *JUST IN TIME (JIT)*

Untuk memiliki pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip *Just-in-Time* (JIT), pertama-tama mari kita lihat definisi yang diberikan oleh American Production and Inventory Control Society (Lysons dan Farrington 2012):

> JIT adalah filosofi manufaktur yang didasarkan pada penghapusan semua pemborosan secara terencana dan peningkatan produktivitas yang berkelanjutan. Ini mencakup keberhasilan pelaksanaan semua aktivitas manufaktur yang diperlukan untuk menghasilkan produk akhir dari rekayasa desain hingga pengiriman dan termasuk semua tahap konversi dari bahan mentah dan seterusnya. Elemen utama termasuk hanya memiliki persediaan yang dibutuhkan saat dibutuhkan; untuk meningkatkan kualitas hingga nol cacat; untuk mengurangi lead time dengan mengurangi waktu set-up, panjang antrian dan ukuran lot; untuk secara bertahap merevisi operasi itu sendiri; dan untuk mencapai hal-hal ini dengan biaya minimum.

Membuat apa yang dibutuhkan pelanggan, kapan dibutuhkan, dan dalam jumlah yang dibutuhkan dengan menggunakan sumber daya manusia, material, dan mesin yang minimum—ini adalah ide inti JIT. JIT dikembangkan pada 1950-an oleh Toyota di Jepang. Seiring dengan perkembangan *Toyota Production System* (TPS), JIT menjadi elemen inti dari konsep lean production. Ini difokuskan untuk memenuhi permintaan yang tepat mengikuti mode pengisian ulang sinkron produksi, yang diaktifkan oleh pesanan pelanggan dan terkait dengan semua langkah penambahan nilai sebelumnya.

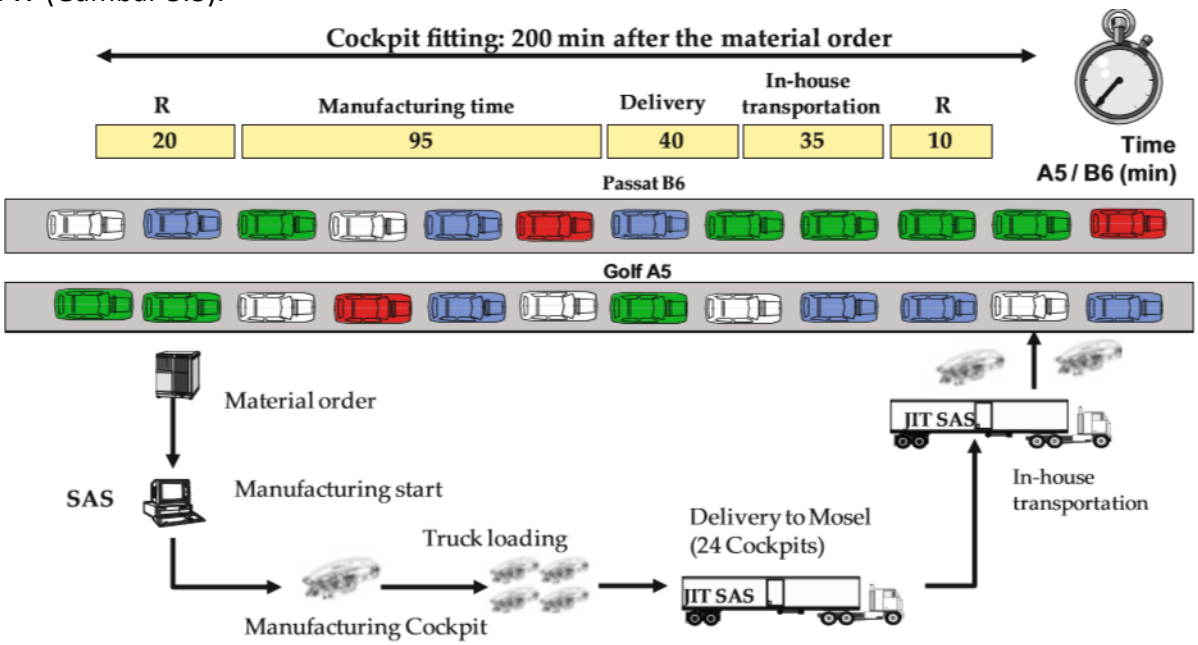
Prinsip JIT erat menghubungkan disiplin fungsional produksi, pengadaan/sumber, logistik, dan penjualan. Selain itu, JIT membutuhkan kerjasama erat yang berhasil dari pihak-pihak yang terlibat secara internal dan eksternal karena didasarkan pada prinsip tarik. JIT memungkinkan pengurangan persediaan di lokasi produksi, pemotongan waktu tunggu, dan peningkatan produktivitas dan daya tanggap. Material bernilai tinggi dengan prediktabilitas permintaan yang baik dan permintaan yang stabil dapat direkomendasikan secara khusus untuk JIT.

Studi Kasus "*Just-in-Time* dan *Just in Sequence* di Volkswagen Saxony"

Pabrik produksi Volkswagen Saxony berlokasi di Mosel. Pabrik baru ini dibangun sebagai konsep "ladang hijau" pada awal 1990-an, melihat kembali tradisi manufaktur mobil yang lama di Saxony. Itu adalah salah satu situs konstruksi terbesar di Eropa. Di pabrik tubuh, proses sangat otomatis dengan bantuan robot. Pengecatan juga dilakukan secara otomatis dan dirancang dengan pertimbangan lingkungan.

Pabrik tersebut memproduksi VW Golf dan Passat serta badan mobil untuk Bentley. Tubuh yang dicat menerima kode batang untuk perakitan kendaraan akhir tergantung pada

pesanan spesifikasi oleh pelanggan. Perakitan berlangsung di jalur perakitan. Pembaca memindai barcode pada tubuh. Persyaratan material secara otomatis dibuat dan dikirim ke Supplier. Mereka mengirimkan modul JIT dan JIS (*just-in-sequence*) yang diperlukan untuk setiap kendaraan individu. Pertimbangkan contoh kolaborasi JIT dari produsen kokpit SAS dan VW (Gambar 5.3).



Gambar 5.3 Contoh kolaborasi JIT antara produsen kokpit SAS dan VW [berdasarkan Olle dan Ivanov (2009)]

SAS memproduksi kokpit tiga kilometer jauhnya dari Mosel. Pengaturan waktu yang tepat sangat penting untuk kesuksesan. Sementara SAS merakit kokpit, produksi di VW berlanjut dalam operasi paralel. Ini menghemat waktu dan uang. VW Saxony menerima Hadiah Logistik untuk konsep "produksi yang disinkronkan dalam kemitraan". Modul selesai tiba JIT di jalur perakitan.

5.7 MANAJEMEN HUBUNGAN SUPPLIER

Saat memilih strategi sumber, aspek-aspek SRM berikut harus dipertimbangkan dalam praktik (Geissbauer dan D'heur 2010) (lihat Tabel 5.3) SRM dapat dibagi menjadi empat bidang:

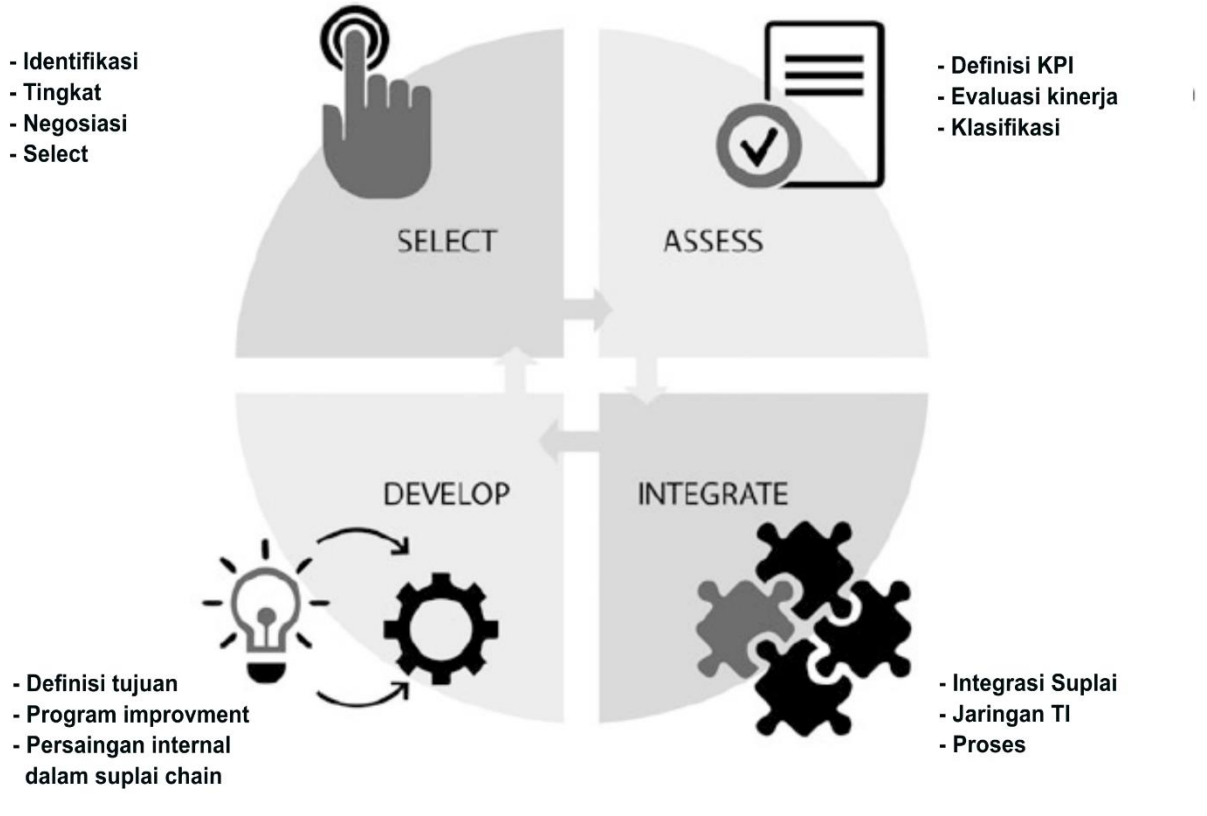
- analisis Supplier
- pemilihan Supplier
- integrasi Supplier
- pengembangan Supplier (Gambar 5.4).

Mari kita pertimbangkan bidang-bidang ini secara rinci.

Tabel 5.3 Strategi pengadaan dan SRM

Elemen strategi sumber	Aktivitas sumber yang sesuai
Seleksi Suplier	Komposisi portofolio Supplier yang dioptimalkan
Evaluasi Suplier	Penilaian sistematis atas kemampuan dan kinerja Supplier
Integrasi dan Pengembangan Suplier	Meningkatkan potensi dan kemampuan Supplier

Manajemen resiko suplier	Pencegahan, pengurangan, atau penghapusan risiko Supplier
Fase out uplier	Optimalisasi portofolio Supplier
Manajemen hubungan suplier	Kegiatan berkelanjutan untuk meningkatkan kinerja Supplier
Manajemen informasi suplier	Sistem informasi untuk administrasi data Supplier
Audit suplier	Identifikasi kinerja dan tingkat teknologi



Gambar 5.4 Fungsi manajemen hubungan Supplier

Analisis Supplier Strategis

Pertama, departemen sumber wajib melakukan analisis pengeluaran untuk menganalisis Supplier mana yang volume penjualannya tercakup untuk jenis suku cadang atau komoditas apa. Ini berarti jumlah item yang dibeli memerlukan analisis yang cermat untuk menghasilkan dasar untuk mengembangkan skenario perbaikan. Skenario seperti itu dapat dikaitkan dengan penyesuaian (menambah atau mengurangi) jumlah Supplier atau mengalihkan tanggung jawab tambahan kepada Supplier. Secara umum, peluang dinilai pada langkah pertama fase analisis strategis.

Langkah strategis kedua berfokus pada pembuatan profil untuk kategori (misalnya kertas, logam, karet atau kursi, roda, lampu, dll.) dan untuk mengelompokkan bahan atau layanan untuk mengidentifikasi pola sumber yang berulang. Untuk mengembangkan strategi sumber pada *langkah ketiga*, TCO harus diidentifikasi. Ini penting untuk mengembangkan kertas keputusan yang sebanding yang juga akan digunakan untuk mendukung keputusan buat atau beli. Hasilnya adalah gambaran ringkas yang menyoroti item mana yang akan dipasok secara eksternal dibandingkan dengan bagian atau komponen yang akan diproduksi secara internal.

Dalam langkah strategis keempat, Supplier potensial perlu diidentifikasi dan disaring. Mungkin saja Supplier baru ditambahkan setelah mereka mengajukan penawaran yang menjanjikan. Berdasarkan kriteria pemilihan Supplier yang ditentukan, basis Supplier perlu dievaluasi secara kritis. Seperangkat kriteria seleksi yang telah ditentukan sebelumnya menangkap dan menjelaskan atribut yang berbeda. Ini membantu memfasilitasi dan mempercepat proses penilaian (Baily et al. 2008).

Ketika pakar bisnis berbicara tentang analisis pengeluaran, itu berarti memahami berapa banyak Supplier yang ada dan berapa nilai tukar uang per Supplier. Bozarth dan Handfield (2013) menyatakan bahwa "analisis pengeluaran adalah penerapan teknik kuantitatif untuk membeli data dalam upaya untuk lebih memahami pola pengeluaran dan mengidentifikasi peluang untuk perbaikan." Analisis pembelanjaan dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

- Kategori produk atau jasa apa yang secara signifikan mempengaruhi pengeluaran perusahaan?
- Berapa banyak yang kita belanjakan dengan berbagai Supplier?
- Apa pola pengeluaran kita di lokasi yang berbeda?

Gagasan utama di balik analisis ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang baik, berdasarkan analisis data, tentang perilaku pengeluaran perusahaan dengan Supplier atau mitranya. Tergantung pada pertanyaan yang perlu dijawab, jalur yang sesuai perlu diambil untuk meninjau informasi kuantitatif yang ada.

Sebagai contoh, praktik menunjukkan bahwa sebuah perusahaan akan menghabiskan jumlah yang sangat tinggi dari biaya pengadaan mereka dengan hanya sejumlah kecil Supplier atau mitra layanan. Untuk analisis kasus seperti itu, analisis Pareto adalah solusi yang baik. Dalam kasus lain, di mana sejumlah besar data memerlukan perhatian yang cermat, analisis regresi juga merupakan pendekatan yang baik. Tim yang menguraikan analisis semacam itu membutuhkan keterampilan dan kompetensi yang baik untuk menjalankan pemisahan data tersebut. Seiring dengan analisis pembelanjaan, beberapa metode lain digunakan dalam praktik:

1. *Analisis industri Supplier*—Tinjauan Supplier, pangsa pasar mereka, kekuatan keuangan, cakupan geografis untuk mendapatkan gambaran terstruktur tentang Supplier untuk barang dan jasa tertentu termasuk pemahaman tentang peran yang dimainkan Supplier ini di SC (apakah itu bahan baku lokal penyedia atau mitra yang bertindak secara global yang menyediakan sub-rakitan?).
2. *Analisis biaya dan kinerja*—Pemeriksaan pemicu biaya untuk barang dan jasa yang bersumber serta mengembangkan model indikator kinerja utama (KPI) yang solid. Disarankan untuk menganalisis langkah-langkah penambahan nilai di sisi Supplier dan kemudian memetakan pemicu biaya dan pendorong/influencer kinerja terhadap berbagai proses transformasi.
3. *Analisis peran Supplier*—Identifikasi peran yang dimainkan Supplier dalam desain SC: Supplier mana yang akan memainkan peran aktif atau mengoordinasikan bagian-bagian SC versus vendor yang hanya mengirimkan barang atau jasa mereka (misalnya pengisian bahan bakar solar) secara pasif mode.
4. *Analisis proses bisnis*—Penilaian proses bisnis antara pihak yang membeli dan menjual. Dalam prakteknya analisis ini akan membantu menjawab pertanyaan siapa dari sisi pelanggan akan bertukar dengan siapa seberapa sering dan bagaimana dengan Supplier komoditas yang sesuai. Hal ini berkaitan dengan frekuensi pertukaran data, proses kerjasama, dokumen yang akan ditransfer, dan juga alat-alat (misalnya EDI,

WebEDI atau portal Supplier) yang perlu digunakan untuk memfasilitasi pertukaran informasi yang terstruktur dan harmonis, sehingga proses bisnis menjadi praktis hidup.

5. *Analisis manfaat bisnis*—Kuantifikasi potensi penghematan per komoditas dan penggunaan manfaat yang teridentifikasi ini untuk tujuan penetapan target yang transparan. Lebih jauh lagi, analisis manfaat bisnis yang terbukti seperti itu juga akan membantu manajemen senior membuat keputusan.
6. *Implementasi dan pelaksanaan rencana komoditas*—Elaborasi dari rencana terstruktur yang menunjukkan untuk jenis komoditas apa dengan Supplier mana jenis strategi dan alat apa yang harus diterapkan oleh siapa dari organisasi dan kapan. Ini berarti prinsip-prinsip manajemen proyek memainkan peran penting dalam mengubah strategi menjadi rencana dengan tugas dan paket kerja yang telah ditentukan.

Karena strategi pengadaan komoditas memiliki dampak besar pada keseluruhan desain SC, direkomendasikan bahwa, selain spesialis sumber, perwakilan dari mis. manufaktur, logistik/SC, kualitas, teknik, dan keuangan harus menjadi bagian dari tim strategi sumber komoditas lintas fungsi. Tentu saja, komposisi individu tim perlu diidentifikasi kasus per kasus tergantung pada perusahaan, jejak globalnya, dan industrinya, tetapi secara keseluruhan, strategi yang dikembangkan bersama yang mempertimbangkan masukan dan kontribusi dari berbagai fungsi yang relevan harus menjadi tujuannya.

Pemilihan Supplier

Pada fase ini, tim sumber akan membuat daftar pendek Supplier berdasarkan kriteria pemilihan Supplier yang teridentifikasi. Pendekatan yang berbeda dimungkinkan, tetapi pada prinsipnya tugasnya adalah menilai sejauh mana kemampuan Supplier memenuhi kriteria pemilihan pelanggan. Entah mereka sepenuhnya terpenuhi, atau sampai tingkat tertentu terpenuhi, atau mereka tidak akan dipenuhi oleh Supplier. Ini berarti untuk mengidentifikasi vendor yang paling tepat, atribut dan proses pemilihan vendor yang umum dikembangkan dan diterima perlu didefinisikan dan diterapkan di dalam organisasi.

Pemilihan Vendor

Pemilihan vendor adalah masalah multi-kriteria yang mencakup ukuran kualitatif dan kuantitatif. Menurut Amid dkk. (2011), kepentingan relatif dari kriteria, sub-kriteria, dan, dalam banyak kasus, faktor pembobotan ditentukan oleh manajemen puncak dan manajer pembelian. Penting untuk ditekankan bahwa pemilihan Supplier yang cermat dan tepat merupakan elemen penting dan penting dalam aktivitas pengadaan, karena kinerja SC secara keseluruhan sangat bergantung pada setiap pihak yang terlibat.

Setelah daftar pendek dibuat, diskusi dan negosiasi kontrak yang terperinci akan dimulai. Kemudian, pada langkah ini, kondisi komersial secara khusus menjadi agenda, tetapi persyaratan logistik (misalnya instruksi pengemasan, ukuran lot, alat transportasi, label pengenal barang, atau catatan pengiriman) juga merupakan bagian dari kesepakatan. Ketika negosiasi kontraktual diselesaikan dan kontrak ditandatangani, perjanjian khusus ini akan menjadi bagian dari proses operasional sehari-hari.

Dalam praktiknya, model berbobot sering digunakan untuk menghormati prioritas atau untuk fokus pada kriteria yang lebih penting. Misalnya, ini mungkin kualitas, biaya, atau keberlanjutan. Faktor biaya, kualitas, dan kinerja pengiriman serta kapasitas, pengalaman, layanan, kemampuan teknis, dan status keuangan digunakan dalam praktik. Selain itu, eksposur risiko Supplier menjadi faktor evaluasi penting dalam beberapa tahun terakhir (Simchi-Levi et al. 2015; Ivanov et al. 2017; Ivanov 2018; Dolgui et al. 2018; Yoon et al. 2018). Pertimbangan faktor-faktor ini memfasilitasi hubungan jangka panjang dengan kemungkinan vendor atau mitra.

Tugas 5.1 Pemilihan Supplier

Untuk lebih memahami prinsip di balik pemilihan Supplier yang sistematis seperti itu, mari kita asumsikan kita adalah karyawan sebuah perusahaan dan adalah tugas kita untuk mengevaluasi dua Supplier alternatif terhadap daftar kriteria pemilihan Supplier untuk perusahaan kita. Dalam contoh kita, kita harus memiliki kriteria pemilihan Supplier berikut dengan bobot kepentingan yang sesuai di sebelahnya (lihat Tabel 5.4). Departemen pengadaan akan membuat standar yang berisi kriteria pemilihan yang relevan. Daftar kriteria ini akan digunakan untuk semua Supplier untuk memastikan komparabilitas pemilihan Supplier yang telah dilakukan di masa lalu dan untuk pemilihan Supplier yang akan datang (Tabel 5.4).

Di samping kriteria seleksi khusus perusahaan adalah persentase bobot individu. Secara total kami akan selalu memiliki 100%, split atas kriteria seleksi. Selain itu, faktor pembobotan standar akan digunakan dalam praktik untuk memastikan konsistensi dan reproduktifitas pemilihan Supplier.

Dalam praktiknya, Anda akan menemukan bahwa departemen pengadaan yang relevan telah menyetujui persyaratan untuk menetapkan poin untuk setiap kriteria. Ini akan dikalikan baris demi baris untuk menghitung nilai peringkat Supplier secara keseluruhan. Dalam contoh kami, Supplier A mencapai total peringkat 5,7 poin, dan untuk Supplier B jumlah totalnya adalah 6,1 poin. Oleh karena itu kami akan memilih Supplier B.

Karena peringkat pada tabel di atas cukup dekat satu sama lain, orang mungkin juga berpikir untuk menjaga hubungan baik dengan Supplier A, mungkin untuk evaluasi di masa mendatang. Tentu saja, bukan satu Supplier saja yang dievaluasi oleh departemen pengadaan: ada beberapa perusahaan yang dinilai. Akhirnya, karena penggunaan metode peringkat faktor untuk pemilihan Supplier sangat subjektif, analisis sensitivitas harus dilakukan jika evaluasi serupa dari beberapa Supplier. Analisis semacam itu membantu mengidentifikasi dampak perubahan bobot dan skor pada evaluasi Supplier secara keseluruhan.

Tabel 5.4 Analisis skor untuk pemilihan Supplier

Kriteria	**Berat (%)**	**Skor untuk suplier A**	**Rating Suplier A**	**Skor untuk suplier Ba**	**Rating suplier B[a]**
Biaya barang yang dibeli	20	6	1.20	7	1.40
Kualitas barang yang dibeli	20	4	0.80	6	1.20
Kinerja pengiriman tepat waktu (OTD)	15	7	1.05	4	0.60
Kesesuaian standar keberlanjutan	25	6	1.50	8	2.00
Reputasi Supplier di pasar	10	3	0.30	4	0.40
Referensi dari pelanggan lain	5	8	0.40	4	0.20
Jejak global Supplier	5	9	0.45	6	0.30
Total	100		5.70		6.10

[a] *Skala berkisar dari 0 poin (sangat buruk) hingga 10 poin (sangat baik)*

Integrasi dan Pengembangan Supplier

Pada prinsipnya, proses berulang dari eksekusi pengadaan dan kolaborasi SC dimulai sekarang. Praktek telah menunjukkan bahwa pesanan pembelian tradisional cenderung

dianggap tidak fleksibel, karena jumlah dan tanggal pengiriman adalah tetap (tampilan yang disederhanakan). Berbeda dengan pesanan pembelian, perjanjian penjadwalan (perjanjian fleksibel) lebih disukai dalam praktik bisnis, karena tanggal dan kuantitas permintaan yang tepat akan dikomunikasikan dari pihak pemesanan kepada Supplier pada tahap selanjutnya.
Dalam konteks ini tentang bagaimana melakukan eksekusi sourcing dan kolaborasi SC secara lebih praktis, penggunaan TI juga harus disebutkan. Portal kolaborasi Supplier (misalnya, SupplyOn, lihat Bab 3) memungkinkan komunikasi antara perusahaan mitra dan dengan demikian mewakili platform cerdas untuk bertukar informasi yang diperlukan untuk memulai aliran material yang sesuai.

Pengembangan Supplier difokuskan di satu sisi pada peningkatan kemampuan Supplier untuk menerapkan peningkatan produksi, mis. dengan pemecahan masalah praktis atau dengan membangun proses perbaikan terus-menerus. Di sisi lain, ia berusaha untuk meningkatkan biaya, kualitas, dan pengiriman Supplier dengan memiliki tim pengembangan Supplier di fasilitas vendor. Seperti yang ditunjukkan oleh detail, pendekatan berorientasi proses dan hasil saling melengkapi.

Pengembangan Supplier terkait dengan dukungan konsultasi aktif dan memberikan panduan yang diperlukan untuk mengidentifikasi masalah, menganalisisnya, dan menyelesaikannya secara praktis. Ini mungkin termasuk penyediaan spesialis sementara atau bahkan dikaitkan dengan dukungan keuangan. Secara keseluruhan, tujuannya adalah untuk mengamankan, mengembangkan, dan memelihara basis Supplier yang solid dan andal. Lysons dan Farrington (2012) menyarankan pendekatan sembilan langkah yang khas untuk mengatur struktur secara sistematis dan mengikuti proses pengembangan Supplier. Langkah-langkah ini dapat direpresentasikan sebagai berikut:

1. *mengidentifikasi produk kritis* (terutama produk strategis dan produk bottleneck);
2. *mengidentifikasi Supplier penting* (menilai kemampuan mereka saat ini dan masa depan; apakah masuk akal untuk mengembangkannya?);
3. *menilai kinerja Supplier* (penggunaan kerangka standar KPI, kuesioner, daftar periksa, atau metodologi penilaian khusus perusahaan);
4. *menentukan kesenjangan antara kinerja Supplier saat ini dan yang diinginkan* (mengidentifikasi kesenjangan dari sudut pandang suplai dan dari sudut pandang permintaan, atau kesenjangan gabungan, seperti tingkat kolaborasi);
5. *membentuk tim pengembangan Supplier lintas fungsi* (yang menjalankan penilaian, mengidentifikasi kesenjangan, dan mengembangkan serta menegosiasikan pendekatan solusi yang memungkinkan);
6. *bertemu dengan tim manajemen puncak Supplier* (untuk mengidentifikasi tingkat hubungan kolaboratif yang diperlukan, ini membantu kedua belah pihak untuk memahami kebutuhan peningkatan dan mengembangkan hubungan yang dibangun berdasarkan kepercayaan);
7. *setuju bagaimana kesenjangan yang teridentifikasi dapat dijembatani* (misalnya untuk mengimplementasikan solusi TI, membentuk tim perbaikan bersama, untuk melaksanakan sertifikasi kualitas...mengembangkan rencana yang sesuai);
8. *menetapkan tenggat waktu untuk pencapaian perbaikan* (memiliki rencana tindakan yang disepakati dengan tindakan yang ditentukan, pemilik tindakan, kiriman, dan tanggal jatuh tempo);
9. *memantau perbaikan* (selama pelaksanaan tindakan pengembangan Supplier, tetapi juga setelah itu untuk memastikan tindakan korektif berkelanjutan).

Dalam praktiknya, pengembangan Supplier seperti itu terkait dengan pembentukan hubungan jangka panjang yang didasarkan pada rasa saling percaya. Selanjutnya, karyawan perlu bekerja

sama dengan sukses untuk menyelaraskan organisasi dan budaya. Ini berarti bahwa selain sembilan langkah teoretis yang dirangkum sebelumnya, faktor manusia dan budaya yang lembut memainkan peran penting dalam mencapai tujuan untuk bersama-sama meningkatkan kinerja Supplier.

5.8 POIN PENTING BAB INI

Pada dasarnya, dalam kegiatan pengadaan, pertanyaan-pertanyaan berikut perlu dinilai dan jawaban harus dikembangkan pada prinsipnya untuk barang-barang dari kategori komoditas:

1. *Apa yang harus bersumber?*—Ini adalah pertanyaan mengenai objek sumber (misalnya, komponen lepas tunggal, modul, sistem, layanan, atau objek terkait non-produk?) Ini juga mengacu pada pertanyaan tentang make-or-buy, yang menjelaskan keputusan outsourcing .
2. *Bagaimana item harus bersumber?*—Apa alat atau proses sumber yang perlu diterapkan (misalnya apakah kita mempertimbangkan sumber manual atau apakah kita menggunakan alat TI seperti portal atau EDI? Seberapa baik proses bisnis diselaraskan antara pihak Supplier dan pembeli ?) Apa organisasi sumber yang tepat, yaitu apakah akan menjalankan pembelian secara individu atau membentuk aliansi dan dengan demikian mengikuti gagasan sumber kolaboratif?
3. *Dari siapa ke sumber?*—Dengan berapa banyak Supplier atau mitra kita bekerja sama (dowefocusonasolesSupplier,dowelebih suka sumber ganda,ataustrategi kamiuntuk membeli barang atau jasa dari beberapa vendor?) Supplier mana yang menunjukkan kinerja yang baik atau memiliki potensi lebih lanjut—siapa yang harus dikembangkan dan siapa yang harus diganti ?
4. *Dari mana sumbernya?*—Apakah kita fokus pada kerja sama dengan Supplier lokal, apakah ruang lingkup kita terhubung dengan vendor nasional atau kontinental, atau apakah strategi yang ditujukan untuk sumber global?
5. *Kapan sumbernya?*—Bagaimana pengadaan harus dijadwalkan mengenai keterlibatan Supplier awal pada tahap pengembangan produk untuk bersama-sama mengembangkan terpisah atau modul dan untuk menyepakati strategi pengiriman yang paling sesuai (misalnya JIT) termasuk kontainer yang sesuai atau unit penyimpanan stok (SKU)? Alternatifnya, strategi pengadaan stok atau sumber yang disesuaikan dengan permintaan dapat diterapkan.

Sejalan dengan lima dimensi ini adalah faktor strategis lainnya mengenai hubungan jangka panjang dengan Supplier, pengukuran kinerja mereka, dan analisis pola pengeluaran yang stabil yang perlu dilakukan untuk memastikan evaluasi berkelanjutan dan peningkatan kegiatan pengadaan. Tentu saja, upaya yang terlibat akan berbeda dari perusahaan ke perusahaan dan industri ke industri; dengan demikian bab ini dimaksudkan untuk memberikan beberapa panduan tentang pertimbangan strategi pengadaan yang mendasar, proses terkait, dan bagaimana hubungan dengan Supplier terhubung ke SCOM.

BAB 6
STRATEGI PRODUKSI

6.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Setelah mempelajari bab ini Anda akan dapat:
- Tampilan dorong dan tarik rantai suplai
- Kustomisasi massal dan modularisasi
- Titik penetrasi pesanan dan penundaan
- Strategi produksi dasar dalam rantai suplai
- Analisis lokasi titik penetrasi pesanan

6.2 STUDI KASUS PENGANTAR DELL VS. LENOVO

Dell

Perusahaan Dell didirikan pada tahun 1984 oleh Michael Dell, yang saat itu berusia 19 tahun. Dimulai dengan modal awal hanya 10 juta yang dipinjam dari ayah Dell, perusahaan membuka anak perusahaan pertamanya di Inggris hanya 3 tahun kemudian. Pada tahun 1995, Dell menjadi perusahaan global dan pada tahun 2001 dinobatkan sebagai penyedia sistem komputer No. Ada apa dengan Dell yang membuatnya begitu istimewa?

Dell terkenal dengan model penjualan langsung dan pendekatan ATO atau "*assemble to order*". Ini berarti manufaktur dan pengiriman PC individu dikonfigurasi untuk spesifikasi pelanggan tertentu. Alih-alih melakukan pra-perakitan PC lengkap, MichaelDell membuat SC di mana inventaris komponen disimpan di beberapa lokasi pusat, dan saat pelanggan memesan, komputer Dell dirakit persis dengan kebutuhan pelanggan.

Distribusi dan pengiriman dilakukan langsung ke pelanggan. Komponen standar ditawarkan dan pelanggan dapat memilih fitur tertentu yang ingin mereka tambahkan ke perangkat teknis. Fokus pelanggan yang kuat adalah bagian penting dari model langsung. Saluran online telah terbukti sangat efektif untuk penjualan perangkat keras komputer, dan pada tahun 2009 mewakili sekitar setengah dari penjualan dalam kategori ini. Pada tahun 2007, Dell memperluas saluran penjualannya dan mulai menjual PC melalui toko ritel.

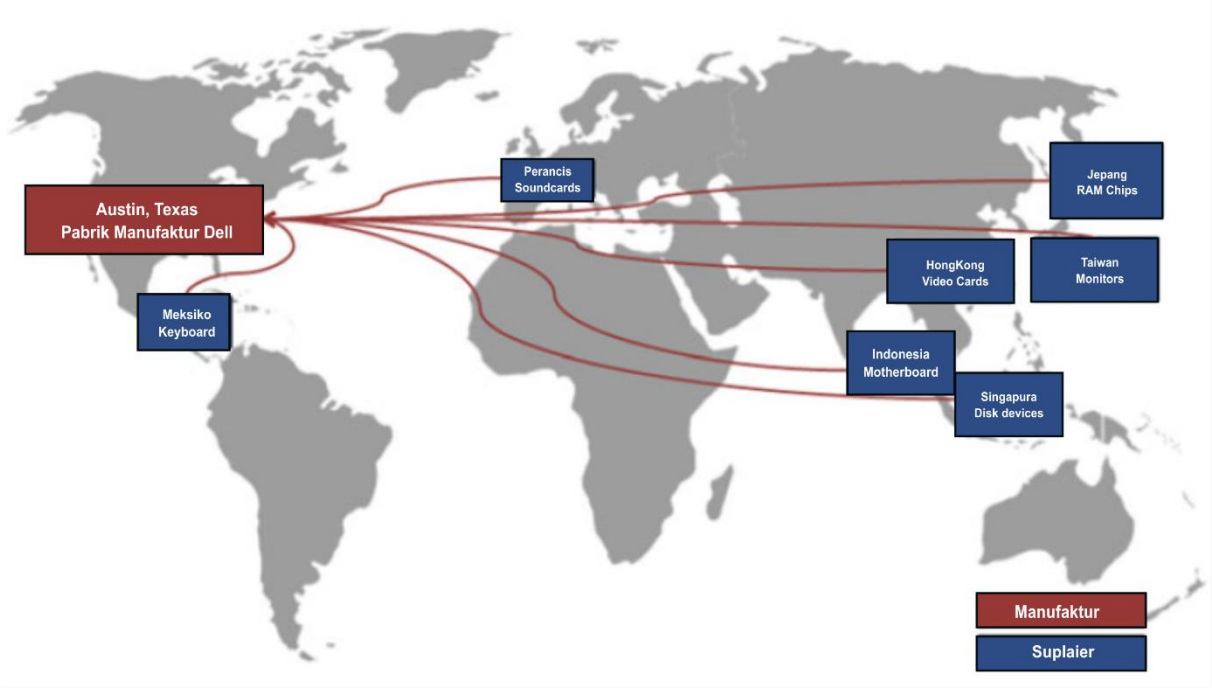
Sebagian besar Supplier Dell berasal dari negara-negara Asia, seperti Jepang (chip RAM), Taiwan (monitor), dan Singapura (perangkat disk). Semua komponen kemudian dikirim ke pabrik, misalnya di Austin, Texas (Gambar 6.1).

Dengan menggunakan strategi ATO, waktu siklus berkurang dan biaya persediaan dijaga pada tingkat yang rendah, karena tidak semua jenis produk perlu disimpan, tetapi hanya versi standar. Selain itu, perakitannya mudah karena fitur yang bisa dipilih tidak bergantung pada tampilan luar perangkat. Jadi Dell dapat menawarkan produk berkualitas tinggi dengan harga yang relatif rendah.

Pelanggan dapat memilih antara jenis prosesor, perangkat lunak, atau penyimpanan yang mereka inginkan di perangkat mereka. Namun, pengalaman sentuhan dan rasa perangkat masih kurang dan kehadiran Dell di toko-toko ritel masih sedikit. Pelanggan mungkin merindukan kehadiran ahli penjualan selama proses pembelian. Dell mencoba mengatasi kendala ini dengan menawarkan hotline dan live chat dengan perwakilan penjualan di situs web mereka.

Sistem seperti itu memungkinkan Dell untuk membuat SC yang lebih fleksibel dan memastikan efisiensi. Waktu tunggu awalnya 4-6 minggu. Dengan model ATO, PC dapat dirakit sepenuhnya dalam 1-2 hari, dan pelanggan akan menerima pesanan pada akhir minggu. Ini

secara signifikan mengurangi biaya penyimpanan persediaan yang terjadi selama pengiriman dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Dengan strategi ini, Dell biasanya menyimpan persediaan kurang dari 4 hari. Dengan menggunakan strategi perakitan penundaan, Dell mampu menghasilkan uang lebih cepat dan menginvestasikan kembali uang ini untuk meningkatkan model SC mereka.



Gambar 6.1 Rantai suplai DELL

Meskipun Dell disebut sebagai pembuat aturan ketika mereka memperkenalkan model langsung, perubahan pasar memaksa perusahaan untuk memikirkan kembali strateginya. Model ini terutama dimaksudkan untuk produksi massal komputer pribadi untuk pelanggan bisnis. Namun, saat ini sebagian besar penjualan dihasilkan oleh laptop untuk pelanggan akhir. “Kami menemukan bahwa hanya satu dari empat pelanggan kami yang menggunakan model langsung lagi,” kata William Hutchinson, wakil presiden logistik global Dell. Sementara model langsung bekerja dengan sangat baik ketika Dell membidik basis pelanggan yang sebagian besar matang, pelanggannya saat ini kemungkinan besar berasal dari pasar negara berkembang dengan infrastruktur yang belum matang.

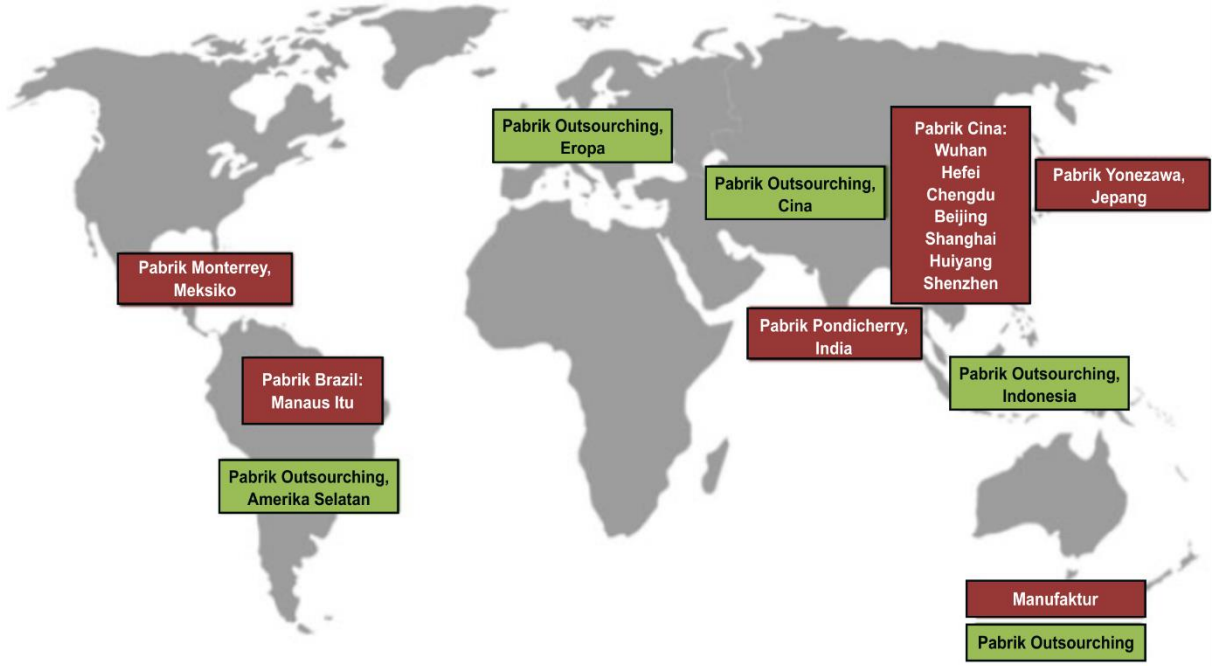
Pada musim gugur 2013, perusahaan berubah dari perusahaan publik menjadi perusahaan swasta sehingga dapat lebih fleksibel dalam pengambilan keputusan. Lini produk masa depan sekarang adalah penyimpanan, jaringan (misalnya *Dropbox*), dan komputasi awan. Untuk media penyimpanan, model langsung tidak lagi berlaku karena ada sedikit atau tidak ada penyesuaian yang wajar terhadap produk yang diperlukan. Oleh karena itu, dalam bidang produk ini sulit bagi Dell untuk memperoleh keunggulan kompetitif. Kemungkinan besar, memproduksi melalui strategi *make-to-stock* (MTS) akan lebih masuk akal. Selain itu, dengan meningkatnya permintaan, risiko kehabisan stok karena persediaan rendah juga meningkat. Terlebih lagi, beberapa pelanggan menuntut lebih dari harga rendah. Untuk meningkatkan pendekatan kepada pelanggan kelas atas ini, Dell akan menerapkan "lini produk premium". Di masa depan, Dell kemungkinan besar akan memiliki strategi hybrid dan menggunakan MTO *(make-to-order)* dan ATO.

Lenovo

Merek Lenovo muncul pada tahun 2004, tetapi perusahaan memiliki sejarah yang jauh lebih lama, dimulai di Beijing pada tahun 1984 sebagai Perusahaan Pengembangan Teknologi Baru (NTD Co.) dari Institut Teknologi Komputasi (ICT) dari Akademi Ilmu Pengetahuan China (CAS) .Pada tahun 1988, perusahaan diperluas ke Hong Kong dan tumbuh menjadi perusahaan PC terbesar di Cina. Pada tahun 2004, ia berubah nama menjadi Lenovo, dan pada tahun 2005 mengakuisisi mantan Divisi Komputasi Pribadi IBM. Saat ini, Lenovo adalah salah satu produsen PC terbesar di dunia. Ini memiliki lebih dari 33.000 karyawan di lebih dari 60 negara dan beroperasi di lebih dari 160 negara di seluruh dunia.

SC global di Lenovo didirikan sesuai dengan dimensi fungsional, geografis, dan "pelanggan internal". Untuk meningkatkan layanan pelanggan di pasar utama, Lenovo mendirikan "benteng" di Eropa, Amerika, Singapura, Indonesia dan Shenzhen, Cina untuk menyediakan layanan bisnis dan keuangan kepada pelanggan (lihat Gambar 6.2).

Pada bulan Oktober 2005, Lenovo mengumumkan struktur organisasi baru, yang terdiri dari produksi, pemasaran, dan logistik. Lenovo mendasarkan pengembangan dan pemasaran produk di Hong Kong. Hal ini memungkinkan staf teknis Lenovo untuk menerima informasi pasar dan teknis secara tepat waktu dan memahami kemajuan faktor pasar dan teknis. Ini juga memperpendek siklus pengembangan produk perusahaan dan produk perusahaan dapat mengikuti tren internasional.



Gambar 6.2 Rantai suplai Lenovo

Produksi terutama diselenggarakan di Shenzhen dan area produksi lainnya di Cina daratan. Biaya tenaga kerja dan harga real estat di Cina daratan jauh lebih rendah daripada di Hong Kong. Menempatkan proses produksi di daratan Cina membantu mengurangi biaya produksi. Selain investasi Lenovo sendiri dalam pembangunan pabrik produksi di Shenzhen dan tempat lain, Lenovo juga mengembangkan hubungan kerja sama dengan produsen dalam negeri lainnya.

Dalam manajemen pengadaan dan inventaris, Lenovo mengintegrasikan pengadaan, produksi, distribusi, dan logistik ke dalam sistem terpadu dengan lebih dari 300 Supplier. Selain itu, perusahaan memiliki lebih dari 5000 saluran pelanggan di Cina. Pembelian bahan

baku seperti monitor, hard drive, kartu video, dan bahkan chassies dan suku cadang lainnya biasanya diselenggarakan bekerja sama dengan Supplier di Taiwan, yang merupakan pusat suplai dunia untuk komponen TI.

Dalam manajemen produksi dan inventaris, Lenovo menggunakan kombinasi MTS dengan margin keamanan yang besar, dan produksi MTO dengan stok barang jadi yang relatif aman untuk memenuhi permintaan hanya dalam beberapa hari. Di Cina daratan, Supplier Lenovo mengoperasikan gudang di dekat Shanghai, Beijing, dan Huiyang sehingga ketiga pabrik ini dapat menerima pengiriman lebih cepat. Baru-baru ini, Lenovo membuka fasilitas produksi di Amerika Serikat untuk meningkatkan hubungan dengan pelanggan bisnisnya dan untuk dapat menawarkan dukungan yang lebih fleksibel.

Lenovo juga menggunakan pola pembelian VMI. Sesuai dengan proyek VMI Lenovo, manajer inventarisnya, BAX Global Freight Logistics Ltd, sebagai logistik pihak ketiga, bertanggung jawab atas pengendalian inventaris. Perusahaan logistik pihak ketiga bertanggung jawab untuk mengisi kembali lini produksi pada waktu yang tepat dengan item yang tepat dalam jumlah yang tepat. VMI mengandalkan berbagi informasi antara Supplier, logistik pihak ketiga, dan Lenovo, dan memastikan pengiriman bahan yang dibutuhkan untuk produksi tepat waktu. VMI membawa banyak manfaat bagi produksi dan manajemen inventaris di Lenovo.

Pertama, proses bisnis internalnya disederhanakan. Kedua, menempatkan persediaan lebih dekat ke produksi dan meningkatkan elastisitas penawaran dan merespon dengan lebih baik terhadap perubahan permintaan pasar. Ketiga, meningkatkan likuiditas persediaan. Keempat, melalui manajemen inventaris visual, Lenovo dapat memantau kemampuan pengiriman Supplier secara online. Pada akhirnya, ini akan mempercepat logistik Lenovo, mempersingkat waktu tunggu, dan memastikan pengiriman material yang diperlukan untuk produksi tepat waktu: karena Lenovo SC dipersingkat, biaya berkurang dan fleksibilitas ditingkatkan.

Pada fase distribusi, Lenovo dan mitra membentuk hubungan yang lebih erat, dengan berbagi informasi yang tepat waktu dan integrasi operasi yang tepat dan efisien. Saluran distribusi Lenovo adalah distributor, agen, distributor kontrak, dan distributor non-kontrak. Lenovo membagi fungsi saluran yang berbeda dan menggunakan dua sistem saluran, yaitu satu untuk komputer rumah dan satu untuk komputer bisnis. Karena target pelanggan yang berbeda, distributor dapat menjalin hubungan baik dengan pelanggan mereka, yang membantu dalam membuka pasar sambil menghindari persaingan yang kuat di antara mereka sendiri.

Lenovo menganut sistem distribusi sekunder, yaitu maksimal dua level antara Lenovo dan konsumen, karena level yang berlebihan akan mengurangi efisiensi operasi dan meningkatkan biaya manajemen Lenovo. Lenovo telah mengadopsi strategi distribusi selektif. Di satu sisi, Lenovo dapat menjangkau pasar melalui distributor. Di sisi lain, dengan memilih dan melatih agen inti dan distributor, Lenovo mampu memberikan solusi yang lebih baik kepada pengguna. Melalui pengembangan saluran sekunder, Lenovo meratakan struktur saluran distribusinya. Pengiriman langsung diatur untuk produksi MTO. Seperti halnya produk Dell, pelanggan dapat memesan produk Lenovo secara online, tetapi tanpa penyesuaian apa pun yang disesuaikan dengan pelanggan.

Untuk mengelola kompleksitas SC, Lenovo menggunakan sistem ERP dari SAP. ERP membantu Lenovo untuk menjalankan eksekusi SC yang efektif. Dengan memantau sejumlah besar data SC secara real time, Lenovo memiliki akses ke informasi yang lebih akurat, membantu memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat, memfasilitasi SC yang responsif, dan meningkatkan efisiensi logistik. Ini juga memberikan visibilitas kirim-ke-ujung

dari seluruh SC global, dan meningkatkan transparansi dan efisiensi dengan akses real-time di seluruh SC.

Diskusi

1. Identifikasi tahapan dasar dalam rantai nilai yang dijelaskan dalam studi kasus ini.
2. Jelaskan hubungan antar antara strategi produksi dan distribusi di Dell dan Lenovo.
3. Bandingkan strategi MTO dan MTS.
4. Jelaskan keuntungan dan kemungkinan batasan VMI di Lenovo.

6.3 PENUNDAAN DAN MODULARISASI

Masalah: Produksi Massal atau Kustomisasi Produk

Henry Ford berkata: "Seorang pelanggan dapat memiliki mobil yang dicat warna apa pun yang dia inginkan selama itu hitam". Sampai tahun 1970-an, produksi massal mendominasi industri dan pasar. Keuntungannya adalah biaya unit yang rendah karena pengaturan mesin yang langka, pemesanan bahan dalam jumlah besar, dan penggunaan teknologi dan bahan standar. Sejak tahun 1980-an, pelanggan telah memainkan peran yang semakin penting di SC.

Produk menjadi individual dan disesuaikan. Fleksibilitas ini menciptakan keunggulan kompetitif, tetapi juga mahal. Mesin harus sering dipasang, ukuran lot di manufaktur dan pengadaan menjadi lebih kecil, dan variasi teknologi dan material meningkat. Dalam konteks ini, masalahnya adalah menentukan strategi produksi yang tepat untuk SC untuk menggabungkan keunggulan produksi massal dan kustomisasi.

Prinsip: Penundaan dan Modularisasi

Di era individualisasi produk yang berorientasi pada pelanggan dan persaingan global, perusahaan berjuang untuk menemukan cara untuk meningkatkan daya tanggap tanpa harus menyimpan persediaan barang jadi yang besar. Penundaan dan modularisasi adalah alat yang berguna dalam hal ini.

Konsep penundaan pertama kali diperkenalkan dalam literatur oleh Alderson (1950), di mana diamati bahwa produk cenderung menjadi terdiferensiasi saat mendekati titik pembelian; kemudian konsep ini dikembangkan lebih lanjut oleh Bucklin (1965). Selain penundaan pengiriman barang ke depan (time delay) dan pemeliharaan barang di lokasi sentral di saluran (place delayment), kegiatan manufaktur tertentu juga dapat ditunda (Van Hoek 2001). Meskipun diferensiasi ini meningkatkan daya jual, kemampuan manufaktur produk menjadi lebih kompleks.

Van Hoek (2001) mendefinisikan penundaan sebagai "sebuah konsep organisasi dimana beberapa kegiatan di SC tidak dilakukan sampai pesanan pelanggan diterima". Penundaan sangat berguna untuk:

- Jumlah varian yang signifikan dari produk akhir dengan pembagian permintaan yang tidak pasti pada varian.
- Waktu pengiriman yang diminta oleh pelanggan harus memungkinkan langkah-langkah nilai tambah setelah menerima pesanan pelanggan (atau perkiraan permintaan yang andal).

Diferensiasi produk generik menjadi produk akhir spesifik bergeser lebih dekat ke konsumen dengan menunda perubahan identitas, seperti perakitan atau pengemasan, hingga lokasi SC terakhir yang memungkinkan. Hal ini memungkinkan stok pengaman disimpan sebagai satu produk generik, bukan beberapa produk akhir yang spesifik. Terutama dalam kasus di mana pemisahan permintaan menjadi produk akhir tertentu tidak pasti, penundaan dengan efek penyatuan risiko menyebabkan persyaratan stok pengaman yang lebih rendah dan risiko yang lebih rendah dari

Konsep modularisasi menyiratkan pendekatan desain produk dimana produk dirakit dari satu set unit konstituen standar. Ini memberikan peluang untuk mengeksploitasi ruang lingkup dan skala ekonomi dari perspektif desain produk. Isu utama di sini adalah merancang mekanisme hubungan yang efisien dalam unit-unit penyusunnya sehingga setiap kombinasi yang diperlukan dapat dirakit dengan mudah.

Baldwin dan Clark (1997) menggambarkan modularitas sebagai "membangun produk atau proses yang kompleks dari subsistem yang lebih kecil yang dapat dirancang secara independen namun berfungsi bersama secara keseluruhan". Ide integrasi modularitas produk dan proses telah diselidiki secara ekstensif dalam pendekatan kustomisasi massal.

Ernst dan Kamrad (2000) memperkenalkan kerangka kerja konseptual untuk mengevaluasi struktur SC yang berbeda dalam konteks modularisasi dan penundaan. Dalam analisis, modularisasi terkait dengan penundaan. Makalah ini memperkenalkan taksonomi dan mengembangkan kerangka kerja yang sesuai untuk karakterisasi empat struktur SC, yang didefinisikan menurut tingkat gabungan modularisasi dan penundaan: kaku, tertunda, termodulasi, dan fleksibel.

6.4 CONTOH STRATEGI PENUNDAAN

No Dropp (2009)

No Drop adalah perusahaan manufaktur cat Indonesia yang menerapkan strategi penundaan dalam kategori produk emulsinya. No Dropp menawarkan empat merek emulsi. Pada gilirannya, setiap merek menawarkan 150–250 warna. Menawarkan berbagai macam corak warna sangat penting di pasar emulsi. Emulsi terdiri dari "basa" dan kombinasi "pewarna". Basis memberikan aspek fungsional sementara pewarna memberikan warna yang dibutuhkan. Basis menyumbang 99% dari volume emulsi akhir. Berbagai macam warna dikembangkan hanya dengan menggunakan 10 pewarna. Di No Dropps, pencampuran bahan dasar dan pewarna, juga dikenal sebagai “pewarnaan”, dilakukan di berbagai titik penjualan (SP) yang tersebar di seluruh negeri. Rata-rata, ada satu SP untuk setiap 400 pengecer. Di titik pengecer, pelanggan memilih dari kisaran 150–250 warna.

Pengecer segera meneruskan pesanan ini ke SP. Waktu efektif untuk pewarnaan adalah sekitar 10 menit. Pelanggan mengumpulkan warna pilihannya dalam waktu 1-2 hari setelah melakukan pemesanan. Kecuali untuk shade tertentu yang bergerak cepat, persediaan di SP terutama base dan stainers. SP memesan ini secara berkala dari pusat distribusi regional (RDC) yang ditunjuk. Gudang pabrik mengisi kembali persediaan RDC secara berkala. Periodisitas pemesanan tergantung pada volume permintaan. Lead time RDC (factory to RDC) berada pada kisaran 2 minggu sampai 1 bulan sedangkan lead time SP (RDC to SP) berada pada kisaran 1-2 hari. Dengan demikian, jangka waktu pengiriman akan mendekati satu bulan jika operasi pewarnaan dilakukan di pabrik itu sendiri.

Pewarnaan adalah operasi berteknologi rendah karena pengeluaran modal yang rendah dan kesederhanaan. Diferensiasi yang tertunda karena penundaan operasi pewarnaan telah mengurangi tingkat persediaan secara drastis. Layanan pelanggan tinggi karena periode pengiriman berkurang. Kesalahan prakiraan juga sangat berkurang. Tidak ada kerugian skala ekonomi sebagai akibat dari penundaan. Menjadi operasi yang sederhana, kualitas produk tidak berkurang karena operasi dipindahkan dari pabrik ke SPs.

No Dropp merevolusi konsep penundaan di industri cat Indonesia. No Dropp telah menawarkan jumlah warna yang jauh lebih tinggi dan mempertahankan persediaan barang jadinya sekitar 60% dari rata-rata industri. Ini telah membantu mereka untuk mempertahankan profitabilitas secara konsisten lebih tinggi daripada rata-rata industri, dan mungkin telah berkontribusi pada peningkatan pangsa pasar selama periode waktu tertentu.

Industri Otomotif (Appelfeller dan Buchholz 2011; Kagermann et al. 2011)

Desain modular adalah metode penting untuk mengontrol dan mengurangi kompleksitas. Menggunakan komponen dan modul yang identik secara signifikan mengurangi keragaman dan kompleksitas. Komponen dan modul yang terbatas, akurat, dan terdefinisi, yang dirakit untuk menciptakan produk akhir individual, menghasilkan keragaman lahiriah dan standarisasi batin. Dalam industri otomotif pendekatan ini dikenal sebagai strategi platform yang dapat digunakan di dalam atau di seluruh lini produk atau merek.

Dari sudut pandang pelanggan, penundaan berarti mampu menetapkan persyaratan selambat mungkin dalam proses produksi. Pabrikan kendaraan sangat terkenal dengan praktik ini. Misalnya, pelanggan BMW dapat memodifikasi kendaraan pribadi mereka hingga 5 hari sebelum perakitan dimulai. Pada gilirannya, Supplier gearbox atau kursi harus menunda produksi sampai persyaratan yang tepat diketahui. Sementara biaya implementasinya signifikan, penundaan dalam kombinasi dengan JIT memiliki banyak manfaat:

Biaya persediaan yang lebih rendah untuk barang jadi, tetapi juga untuk bahan baku dan barang dalam proses (WIP);

- Risiko keusangan produk yang lebih rendah;
- Prakiraan yang lebih sederhana dan respons yang lebih besar;
- Produk yang disesuaikan dapat memberikan keunggulan kompetitif, seperti waktu ke pasar, serta memerintahkan harga premium.

Jika sebuah perusahaan memindahkan perakitan akhir ke waktu dan lokasi yang dekat dengan pelanggan dalam waktu atau ruang, ia dapat menyediakan solusi yang lebih personal dan menghindari produksi make-to-stock, sambil tetap mewujudkan skala ekonomi. Contoh yang baik dari keberhasilan penerapan strategi penundaan adalah produsen mobil Toyota (Belson 2011). Membangun merek seperti Toyota, Lexus, dan Scion di pabriknya sendiri di Jepang, Toyota kemudian mengirimkan mobil-mobil tersebut dengan tujuan untuk dijual secara internasional. Toyota menggunakan fasilitas pelabuhan, mis. operasi seluas 98 hektar di pelabuhan Newark adalah pabrik perakitan yang diperkecil. Mobil, yang ditujukan untuk dijual dari Virginia ke Maine, dimodifikasi di pelabuhan Newark sesuai dengan permintaan khusus pelanggan dalam waktu yang sangat singkat.

Berbagai opsi yang disebut port-installed dapat menghasilkan 21 model yang berbeda. Rata-rata lama waktu yang dihabiskan di fasilitas Toyota adalah 8 hari untuk 12.500 kendaraan yang tiba dengan kapal pada satu waktu. Antara 2 dan 6 hari diperlukan untuk penyesuaian yang diperlukan dan dibutuhkan rata-rata 1,9 hari lagi untuk sebuah mobil, setelah selesai, meninggalkan fasilitas.

Dengan menyelesaikan modifikasi dalam waktu 8 hari dan memungkinkan pelanggan untuk menyesuaikan pesanannya sehubungan dengan konfigurasi mobil—termasuk radio satelit, ban, pelek, pelindung bumper, body moulding, dan berbagai item eksterior—sampai 2 hari sebelum mobil tiba di Newark, Toyota mencapai layanan pelanggan yang lebih baik dan kepuasan pelanggan yang lebih tinggi. Selain itu, setelah menjalin hubungan dekat dengan Supplier dan hanya memesan aksesori yang dibutuhkan setiap hari selama 2 hari ke depan, fasilitas tersebut telah mengurangi persediaan tepat waktu sebesar 70% dalam 4 tahun terakhir.

IKEA (Cheng dkk. 2010; Kagermann dkk. 2011)

Dengan produksi di 41 unit berbeda di seluruh dunia, IKEA mengendalikan SC untuk sekitar 9500 produk jadi. Grup “Rentang Strategi & Rantai Suplai Pengembangan Produk” bertanggung jawab untuk menangani SC semulus dan seefisien mungkin. IKEA mengembangkan konsep 'desain untuk logistik' (DFL). DFL berfokus pada desain produk tidak hanya sesuai dengan kebutuhan pelanggan, tetapi juga untuk memastikan penanganan dan

transportasi yang efisien. Hal ini menghasilkan penyimpanan barang yang lebih efisien dan apa yang disebut pendekatan paket datar, di mana sebagian besar barang dikemas dalam bentuk paket yang datar dan mudah ditangani.

IKEA pada akhirnya menargetkan tingkat pengisian 75% untuk truknya. Karena integrasi vertikal, IKEA memproduksi "*make-to-stock*", yang berarti mereka mengikuti strategi push. Strategi ini hadir dengan banyak keuntungan di satu sisi, tetapi juga dengan beberapa risiko di sisi lain. Pertama, pendekatan "*make-to-stock*" membutuhkan prakiraan permintaan yang akurat untuk mengelola pertukaran antara biaya (biaya transportasi/biaya persediaan) dan tingkat layanan (ketersediaan barang). Oleh karena itu, IKEA terlibat dalam risiko saat mengumpulkan aktivitas seperti:

- penundaan (langkah terakhir dari SC adalah perakitan produk oleh pelanggan)
- standarisasi bahan (sekrup seragam, papan, warna, teknik)
- pengumpulan persediaan (di gudang atau di toko)
- pengumpulan produk (jenis produk serupa).

IKEA telah mengambil konsep penundaan manufaktur ke tingkat yang sangat tinggi: perakitan akhir banyak item furnitur terjadi di rumah orang. Perusahaan bekerja sama dengan para Suppliernya untuk mencari dan merancang furnitur menarik yang dapat netral lokasi dan dikemas dengan rapi bila memungkinkan, membuat produknya dapat diterima di banyak negara sambil menjaga biaya transportasi dan pergudangan tetap rendah. Semua produk di toko ritel IKEA disimpan dalam bentuk setengah jadi (kemasan datar) dan dirakit oleh pelanggan atau kurir setelah pengiriman ke rumah. Dengan cara ini, kapasitas muatan truk dapat dimanfaatkan dengan lebih baik dan konfigurasi dapat dilakukan dengan mudah di lokasi pelanggan.

Tampilan *Push–Pull* dan Titik Penetrasi Order

Tampilan *push/pull* SC membagi proses SC menjadi dua kategori berdasarkan apakah proses tersebut dijalankan sebagai respons terhadap pesanan pelanggan (SC *downstream*) atau untuk mengantisipasi pesanan pelanggan (*make-to-stock, upstream* SC). Proses tarik dimulai sebagai tanggapan atas pesanan pelanggan. Keuntungan tariknya adalah daya tanggap, dan tingkat individualisasi produk berorientasi pelanggan yang tinggi. Proses push dimulai dan dilakukan untuk mengantisipasi pesanan pelanggan. Keuntungannya adalah skala ekonomi (biaya produksi dan transportasi rendah), eksibilitas (persediaan tingkat tinggi), dan waktu suplai yang singkat.

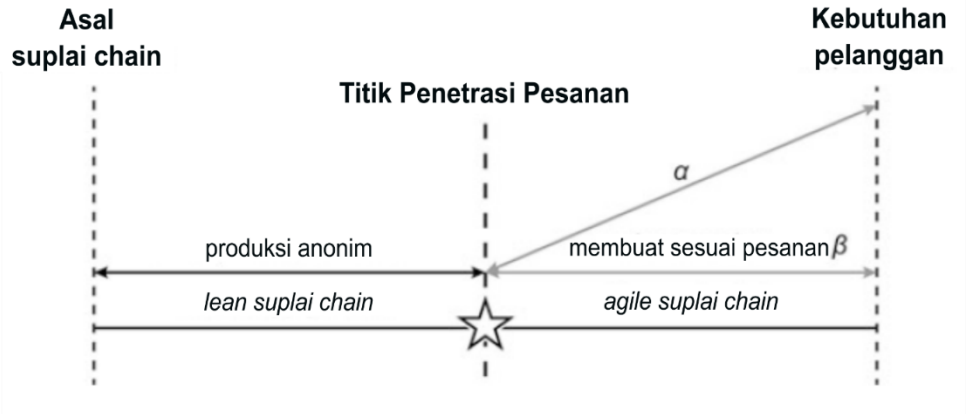
Pandangan ini sangat berguna ketika mempertimbangkan keputusan strategis yang terkait dengan desain SC, karena memaksa pertimbangan yang lebih global dari proses SC yang berhubungan dengan pelanggan. Gagasan utama di balik penundaan adalah untuk menunda diferensiasi produk pada titik yang lebih dekat dengan pelanggan. Titik ini juga dikenal sebagai titik penetrasi pesanan (OPP) (lihat Gambar 6.3).

Dalam hal pertanyaan atau pesanan pelanggan, barang dapat dikirim dari unit penyimpanan persediaan umum (lintasan) atau disesuaikan menurut permintaan atau pesanan (lintasan). Di bagian hulu OPP, prosesnya dirancang agar ramping. Proses hilir dirancang agar gesit. Tiga kategori utama yang relevan dengan lokasi OPP:

- Keterlambatan diferensiasi produk—penundaan,
- Merancang dan mengembangkan produk standar atau generik yang dapat dikonfigurasi yang dapat disesuaikan dengan cepat—modularisasi produk,
- Implementasi strategi kolaborasi khusus, strategi inventaris, buffer, dll. untuk memenuhi tujuan tingkat layanan—kelincahan.

Dalam praktiknya, strategi penundaan yang dipilih menentukan lokasi OPP. Semakin ke hulu OPP terletak di SC, semakin banyak kegiatan manufaktur dan logistik yang tertunda. Secara

umum, tujuannya adalah untuk menunda manufaktur dan logistik sebanyak mungkin dan mempertahankan standar layanan pelanggan yang tinggi.



Gambar 6.3 Titik penetrasi pesanan

Lokasi OPP tergantung pada sejumlah faktor.

Faktor 1. Biaya penyimpanan persediaan. Faktor ini telah disorot dalam literatur sebagai salah satu yang paling penting untuk menganalisis strategi penundaan.

Faktor 2. Biaya modularisasi. Biaya modularisasi yang tinggi merupakan kelemahan utama dari penundaan.

Faktor 3. Biaya pemasangan dan pengoperasian sistem informasi. Namun, pengenalan TI baru menghabiskan banyak uang.

Faktor 4. Biaya pengisian ulang. Studi kasus praktis, yaitu DELL, menunjukkan kesimpulan bahwa responsivitas SC sangat bergantung pada kecepatan pengisian unit produk yang dipersonalisasi pelanggan.

Lokasi OPP tergantung pada produk.

Faktor 1. Berapa banyak varian produk yang mungkin?

Faktor 2. Apa yang disesuaikan (produk, ukuran batch, dan paket)?

Faktor 3. Bagian mana dari produk yang dapat disesuaikan dari sudut pandang teknologi?

Faktor 4. Bagian mana dari produk yang dapat dimodulasi dari sudut pandang teknologi?

Faktor 5. Harga produk

Faktor 6. Apa situasi bersamaan dalam industri?

Faktor 7. Siklus SC untuk suatu produk

Faktor 8. Siklus kustomisasi suatu produk

Faktor 9. Di mana inventaris strategis diadakan?

Lokasi OPP tergantung pada pelanggan.

Faktor 1. Siapa yang meluncurkan pesanan (konsumen individu, organisasi, eceran, atau grosir)?

Faktor 2. Siapa yang meluncurkan kustomisasi (konsumen individu atau organisasi)?

Faktor 3. Siapa pelanggan akhir (konsumen individu atau organisasi)?

Faktor 4. Jumlah pelanggan

Faktor 5. Kontrak mana yang digunakan?

Lokasi OPP tergantung pada Supplier.

Faktor 1. Berapa banyak Supplier alternatif yang tersedia?

Faktor 2. Kemungkinan aliansi strategis di bawah dan dengan Supplier

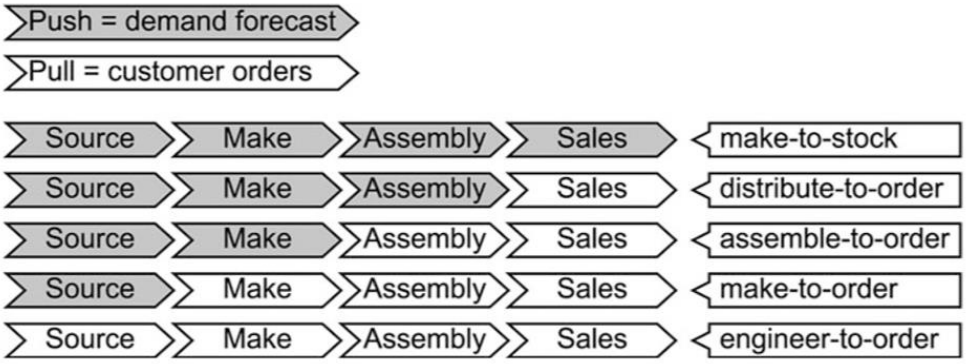
Faktor 3. Kontrak apa yang digunakan?

Pemilihan Strategi Produksi

Kita sudah tahu prinsip-prinsip penundaan, pandangan push/pull, dan OPP. Sekarang kita dapat mengintegrasikan pengetahuan ini dan mempertimbangkan beberapa strategi produksi.

Jenis Strategi Produksi

Dengan proses tarik, eksekusi dimulai sebagai tanggapan atas pesanan pelanggan. Dengan proses push, eksekusi dimulai untuk mengantisipasi pesanan pelanggan. Oleh karena itu, pada saat eksekusi proses pull, permintaan pelanggan diketahui dengan pasti, sedangkan pada saat eksekusi proses push, permintaan tidak diketahui dan harus diramalkan (lihat Gambar 6.4).



Gambar 6.4 Strategi produksi dalam rantai suplai

Batas push/pull adalah tempat OPP yang memisahkan proses push dari proses pull. Sebuah produk disimpan selama mungkin dalam keadaan generik. Diferensiasi produk generik menjadi produk akhir spesifik digeser lebih dekat ke konsumen dengan menunda perubahan identitas, seperti perakitan atau pengemasan, hingga lokasi SC terakhir yang memungkinkan. Berdasarkan penempatan OPP tersebut, dapat ditentukan strategi produksi sebagai berikut:

- *Make-to-stock* (MTS)
- *Distribute-to-order* (DTO)/*Configure-to-order* (CTO)
- *Assemble-to-order* (ATO)
- *Make-to-order* (MTO)
- *Engineer-to-order* (ETO).

Strategi make-to-stock adalah tipikal untuk produksi massal produk standar seperti gula, kaus kaki, dll. Keunggulan MTS adalah biaya produksi per unit yang rendah dan pemanfaatan kapasitas yang lebih tinggi karena efek skala dan fleksibilitas kuantitas mengenai fluktuasi permintaan yang dihasilkan dari standarisasi produk. Kerugian dari MTS adalah persediaan yang lebih tinggi dan fleksibilitas produksi yang lebih rendah.

Strategi distribusi-ke-pesanan (atau konfigurasi-ke-pesanan)/ Distribute-to-order (DTO)/Configure-to-order (CTO) memungkinkan sedikit individualisasi pelanggan. Ini mungkin memiliki kemasan khusus pelanggan (seperti dalam industri farmasi) atau beberapa item individual yang ditambahkan ke produk manufaktur standar. Keuntungan DTO adalah fleksibilitas yang lebih tinggi mengenai struktur produk dan persediaan yang lebih rendah.

Assemble-to-order mengandaikan tingkat individualisasi produk yang lebih tinggi yang terjadi langsung di dalam manufaktur. Contoh khas ATO adalah manufaktur mobil atau DELL di industri elektronik. Perakitan dilakukan secara individual untuk setiap pelanggan dari satu set modul standar. Kelebihan dan kekurangan ATO serupa

dengan DTO/CTO, tetapi dengan investasi yang lebih tinggi dalam proses, fleksibilitas produk, dan persediaan yang lebih rendah.

Strategi make-to-order mirip dengan ATO, tetapi mengandaikan juga kemungkinan individualisasi pelanggan di tingkat modul/komponen. Ini berarti bahwa tidak hanya perakitan akhir dari beberapa modul standar yang dapat diindividualisasikan, tetapi juga modul dan komponen dapat diproduksi secara individual untuk setiap pelanggan tertentu. MTO dapat direkomendasikan untuk produk khusus pelanggan dengan permintaan yang berfluktuasi. Kelebihan dan kekurangan MTO mirip dengan ATO, tetapi dengan investasi yang lebih tinggi dalam fleksibilitas dan persediaan yang lebih rendah.

Engineer-to-order memiliki tingkat individualisasi pelanggan tertinggi. Contohnya adalah produksi Airbus 380 atau bangunan rumah di mana pelanggan terlibat dalam proses rekayasa dan produksi sejak awal dan tidak hanya dapat memilih komponen individual, tetapi juga bahan dan desain. ETO masuk akal untuk produk kompleks bernilai tinggi di mana individualisasi pelanggan sangat penting. Dalam praktiknya, strategi produksi hibrida, misalnya, MTO-ETO sering ditemui (Jordan dan Graves 1995; Alp dan Tan 2008; Zschorn et al. 2017).

6.5 STUDI KASUS AIRBUS

Strategi Produksi dan Kolaborasi Supplier Strategis dengan Bantuan AirSupply

Mengambil contoh manufaktur pesawat terbang di Airbus, studi kasus berikut menjelaskan bagaimana Airbus menerapkan strategi produksi ETO dan berkolaborasi dengan Suppliernya menggunakan AirSupply. Setiap kali pesawat Airbus dibuat, itu adalah hasil perakitan banyak bagian yang mewakili volume pesanan yang sangat besar. Dan apa yang benar untuk lini perakitan Airbus adalah untuk seluruh industri kedirgantaraan di mana tidak hanya pesawat terbang, tetapi juga helikopter dan satelit yang dibangun. Suku cadang untuk manufaktur berasal dari beberapa Supplier dari seluruh dunia. Kebanyakan dari mereka cukup kompleks dan perlu memenuhi standar kualitas tertinggi. Setiap penundaan waktu dapat menyebabkan biaya yang sangat tinggi.

Sangat penting bahwa semua Supplier yang terlibat dalam pembuatan pesawat memiliki visibilitas *realtime* dari kemajuan permintaan dan persediaan untuk beradaptasi dengan fluktuasi dan perubahan kebutuhan pelanggan. Dalam kasus seperti itu, penting bagi pelanggan dan Supplier untuk memiliki alat bersama yang memungkinkan mereka untuk berkolaborasi dengan lebih baik dan untuk mendapatkan visibilitas atas permintaan serta inventaris.



Gambar 6.5 Strategi produksi modular (berdasarkan SupplyOn)

Pada bulan Januari 2009, EADS memutuskan untuk memulai pengembangan solusi industri Dirgantara & Pertahanan khusus untuk menggantikan solusi SCM individu perusahaan saat ini. EADS adalah salah satu perusahaan Aerospace & Defense terkemuka di seluruh dunia. Berbagai produk termasuk pesawat dari Airbus, helikopter, dan satelit dari divisi Astrium. Setiap pesawat praktis adalah salah satu dari jenisnya. Salah satu alasan mengapa semua pesawat komersial dikonfigurasi secara berbeda adalah bahwa maskapai yang memesan ingin membedakan diri mereka dari pesaing mereka. Cara termudah bagi penumpang untuk melihat perbedaan ini adalah dengan melihat kursi dan sistem hiburan.

Dengan 75%, nilai tambah Supplier eksternal dalam pembuatan pesawat relatif tinggi. Sebuah pesawat jarak jauh tunggal terdiri dari sekitar empat juta bagian individu, yang dipasok oleh perusahaan dari banyak negara. Bahkan di jalur perakitan akhir, pekerja mengumpulkan komponen yang berasal dari setidaknya empat negara berbeda: bagian badan pesawat dan penstabil vertikal berasal dari Jerman, bagian kokpit dan badan pesawat tengah dari Prancis, sayap dari Inggris, dan penstabil horizontal dari Spanyol (lihat Gambar 6.5).

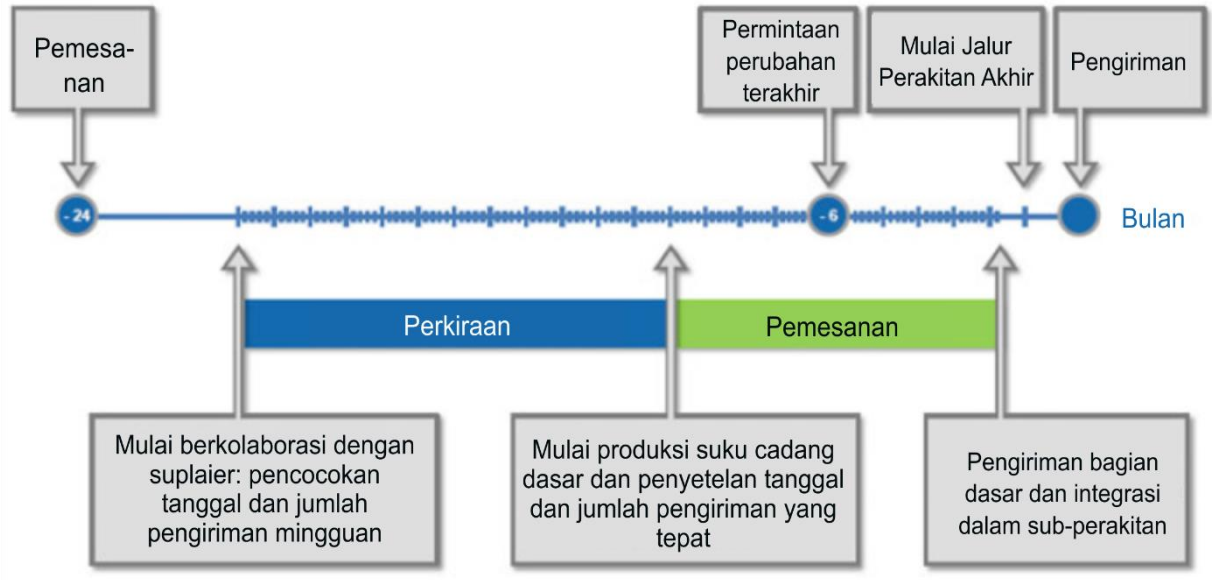
Dari mana mesin berasal tergantung pada preferensi pelanggan. Tugas ini menjadi lebih rumit dengan lamanya waktu yang diberikan Airbus kepada pelanggannya untuk menyampaikan keinginan akhir mereka. Termasuk waktu tunggu, pembuatan membutuhkan waktu sekitar 2 tahun, dan Airbus menerima permintaan perubahan pelanggan hingga paling lambat 6 bulan sebelum pengiriman (lihat Gambar 6.6).

Kolaborasi dengan Supplier dimulai hanya beberapa bulan setelah pesanan diterima. Ini normal untuk industri dirgantara dan sangat berbeda dengan industri otomotif, misalnya. Tanggal pengiriman dikoordinasikan dengan Supplier pada interval mingguan, baik pada perencanaan kapasitas dan tingkat pesanan. Produksi komponen dimulai sebelum tanggal di mana pelanggan dapat meminta modifikasi terakhir. Perakitan akhir memakan waktu sekitar 1 bulan. Proses koordinasi intensif dengan Supplier ini dikelola melalui AirSupply.

Seperti apa kolaborasi itu secara konkret? Langkah pertama adalah menghitung permintaan masa depan melalui sistem ERP Airbus. Ini selalu terjadi pada akhir pekan. Pada

hari Senin berikutnya, Petugas Pemesanan Airbus memeriksa perencanaan permintaan yang dihasilkan (lihat Gambar 6.7).

Langkah selanjutnya adalah persetujuan perencanaan kebutuhan dan transmisi ke Supplier melalui AirSupply. Supplier sekarang memeriksa apakah dia dapat menyediakan apa yang dibutuhkan oleh Airbus. Jika jawabannya ya, dia mengirimkan konfirmasinya. Jika jawabannya tidak, dia dapat menggunakan AirSupply untuk mengusulkan jumlah alternatif dan tanggal pengiriman. Petugas Pemesanan di Airbus kemudian memeriksa proposal Supplier dan menerimanya. Proses kolaborasi kini telah berhasil diselesaikan dan data ditransfer kembali ke sistem ERP di Airbus.



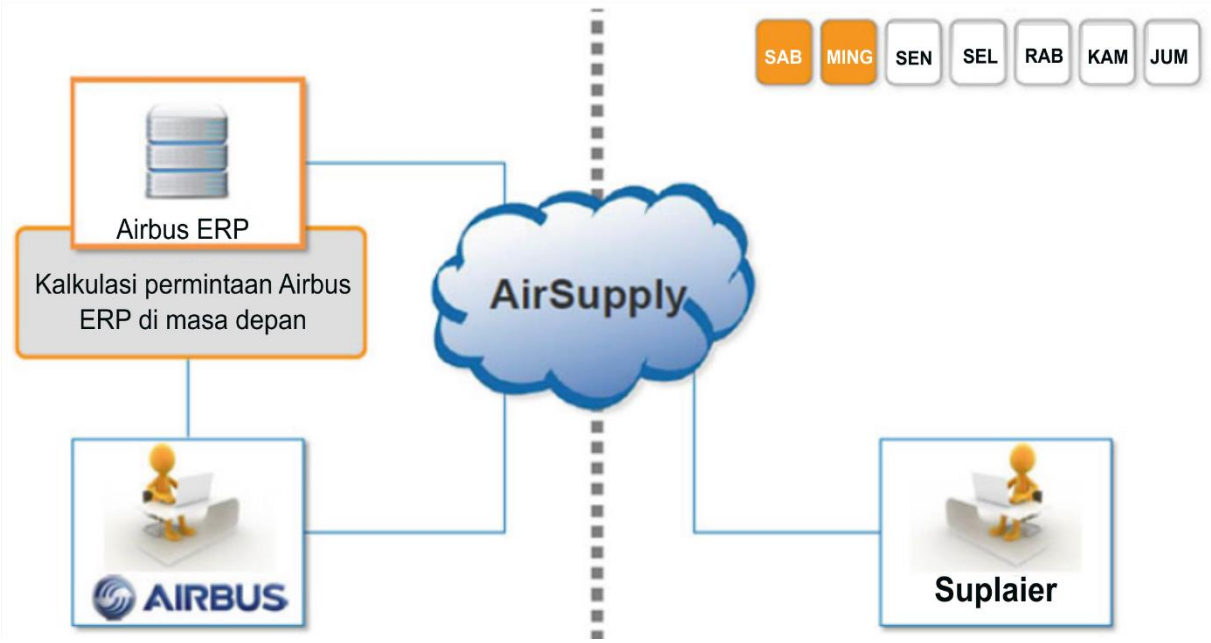
Gambar 6.6 Kolaborasi yang intens dengan Supplier di seluruh proses produksi pesawat terbang

Jelas bahwa tidak mungkin melakukan proses ini dengan bertukar pesan dalam format EDI konvensional. Aturan yang diperlukan untuk mewakili kolaborasi ini secara logis tidak disediakan oleh sistem ERP klasik. Inilah sebabnya mengapa seluruh rangkaian aturan logis yang mengatur kolaborasi telah dipindahkan ke cloud. Sistem ERP hanya memproses hasil kolaborasi. Dari perspektif arsitektur sistem, solusinya tertanam dalam infrastruktur cloud SupplyOn. Ini terdiri dari komponen utama yang mengontrol pendaftaran perusahaan dan pengguna. Saat ini, sekitar 8000 perusahaan dari lebih 70 negara menggunakan solusi SupplyOn.

Salah satu aspek yang paling luar biasa dari proyek ini adalah bahwa ia menciptakan solusi untuk seluruh industri Aerospace dan tidak hanya untuk grup EADS. Untuk memungkinkan hal ini, asosiasi industri kedirgantaraan Prancis GIFAS membentuk inisiatif BoostAeroSpace. SupplyOn merancang solusi tersebut bersama dengan mitra utama EADS, dan perusahaan Dassault Aviation, Safran, dan Thales. Hingga 150 orang terlibat dalam proyek dalam fase paling intensif, dengan total sekitar 10.000 hari kerja. Setelah tahap desain, pengembangan, dan uji coba selesai, solusi tersebut diluncurkan pada akhir tahun 2011. Tak lama setelah itu, integrasi Supplier dimulai.

Tujuan strategis EADS dan Airbus adalah untuk mempertahankan daya saing industri Dirgantara & Pertahanan Eropa dalam jangka panjang. Mereka yakin bahwa ini dapat dicapai dengan cara terbaik dengan menciptakan solusi industri bersama dengan perusahaan-perusahaan terkemuka lainnya di sektor ini. Itu adalah tujuan ambisius EADS untuk membangun solusi SCM industri Aerospace & Pertahanan terbaik di seluruh dunia. Ini berlaku

untuk fungsionalitas solusi serta model bisnis yang mendasarinya. EADS dan BoostAeroSpace memilih SupplyOn sebagai mitra implementasi dan operasi mereka karena rekam jejaknya yang sukses dengan solusi berbasis cloud untuk industri otomotif. Setelah AirSupply digunakan di EADS, mitra BoostAeroSpace, dan pelanggan selanjutnya, AirSupply akan memantapkan dirinya sebagai standar industri.



Gambar 6.7 Awal kerjasama Supplier

Diskusi

1. Apa manfaat AirSupply untuk kolaborasi Supplier yang dapat Anda identifikasi?
2. Jelaskan keuntungan dan risiko dari strategi produksi ETO (*engineer-to-order*).

Singkatnya, *trade-off* dasar dalam memilih strategi produksi yang tepat adalah antara investasi dalam fleksibilitas dan pengurangan biaya karena efek skala atau pengurangan persediaan. Total fleksibilitas, persediaan, dan biaya unit harus seimbang dengan kepuasan pelanggan dan tingkat layanan. Salah satu pendekatan yang mungkin untuk melakukan analisis seperti itu disajikan di bagian berikutnya.

6.6 METODE: ANALISIS KEHILANGAN PENJUALAN

Tugas ini menyelidiki masalah bagaimana menentukan strategi produksi dan lokasi OPP yang tepat di SC. Dalam model yang diusulkan, kami mempertimbangkan dua strategi:

- MTS dan pengiriman dari unit penyimpanan inventaris umum dan
- memperkenalkan bagian hilir MTO yang gesit dari unit penyimpanan inventaris umum.

Kami berasumsi bahwa pengenalan bagian gesit SC hilir dari OPP mengarah pada peningkatan fleksibilitas dan biaya. Dengan demikian, kami mengusulkan perlakuan berbasis "lostsales" dari penentuan lokasi OPP: lokasi OPP dapat ditentukan dengan perbandingan hasil keuangan dari dua strategi (dengan dan tanpa OPP). Berkenaan dengan perlakuan ini, estimasi kuantitatif lokasi OPP dapat ditemukan dengan menghubungkan strategi yang disebutkan di atas satu sama lain, yaitu, indeks lokasi OPP dapat dihitung pada berbagai tahap SC menurut model (6.1) (Ivanova dkk. 2015):

Persamaan 6.1

$$D = \frac{R_a * k_a(C_u^a + C_d^a + P^a + L^a}{R - (C + k * P + k * L)}$$

D adalah indeks untuk mengkarakterisasi efisiensi lokasi OPP,
R adalah pendapatan dalam kasus make-to-stock,
R_a adalah pendapatan ketika kelincahan diperkenalkan ke hilir dari unit penyimpanan persediaan umum,
C adalah biaya SC dalam kasus make-to-stock,
C_u^a adalah biaya SC hulu dari OPP ketika kelincahan diperkenalkan,
C_d^a adalah biaya SC hilir dari OPP ketika kelincahan diperkenalkan,
P adalah penalti kontrak yang tidak terpenuhi dalam kasus make-to-stock,
P^a adalah penalti dari kontrak yang tidak terpenuhi ketika kelincahan diperkenalkan,
L adalah kerugian dari pertanyaan pelanggan yang ditolak dalam kasus make-to-stock,
L^a adalah hilangnya permintaan pelanggan yang ditolak saat kelincahan diperkenalkan,
k, k_a mengoreksi koefisien untuk memperhitungkan peningkatan penjualan di masa depan karena peningkatan daya tanggap ketika kelincahan diperkenalkan
t adalah waktu sesaat dalam seluruh siklus SC $[t_0;T]$.

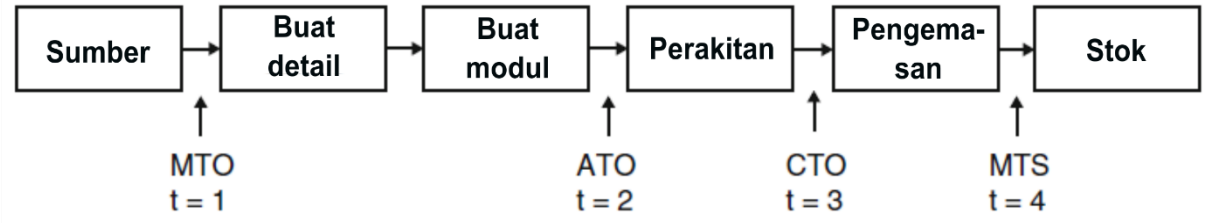
Lokasi OPP yang berbeda dapat diselidiki dan yang terbaik dengan nilai maksimum D>1 dipilih berdasarkan rumus (6.1).

6.7 TUGAS 6.1 PEMILIHAN LOKASI OPP

Kami mempertimbangkan SC di mana empat lokasi OPP potensial sesuai dengan strategi berikut:

- MTO—*Make-to-Order,*
- ATO—*Assembly-to-Order,*
- CTO—*Configureto-Order,*
- MTS—*Make-to-Stock* (Gambar 6.8) .

Data berikut dipertimbangkan (Tabel 6.1): Hitung indeks D dan usulkan lokasi OPP. D_{max} = 6.65 dan sesuai dengan OPP di t = 4. Merekomendasikan strategi manufaktur! Kami merekomendasikan memilih strategi MTS karena tidak ada kebutuhan untuk OPP apapun di SC ini.



Gambar 6.8 Lokasi Alternatif OPP

Tabel 6.1 Perbandingan lokasi OPP di SC

t	1	2	3	4
R^a	160	180	200	220
R	220	220	220	220
C_u^a	40	40	40	40
C_d^a	160	160	160	160
C	192	192	192	192
P^a	3.5	3.5	3.5	3.5
P	7	7	7	7
L^a	2.5	2.5	2.5	2.5
L	11.2	11.2	11.2	11.2
k_a, k	1.15	1.15	1.15	1.15
D	−3.111739745	0.141442716	3.394625177	6.647807638

Jelaslah sudah tampilan push/pull dari proses dalam SC. Tampilan push/pull SC membagi proses SC menjadi dua kategori berdasarkan apakah proses tersebut dijalankan sebagai respons terhadap pesanan pelanggan atau untuk mengantisipasi pesanan pelanggan. Proses tarik dimulai sebagai tanggapan atas pesanan pelanggan. Proses push dimulai dan dilakukan untuk mengantisipasi pesanan pelanggan. Batas push/pull memisahkan proses push dari proses pull.

Jelaskan dasar *trade-off* antara responsif dan efisiensi SC dalam hal inventarisasi. Pertukaran mendasar ketika membuat keputusan inventaris adalah antara daya tanggap dan efisiensi. Meningkatkan persediaan umumnya akan membuat SC lebih responsif terhadap pelanggan. Pilihan ini, bagaimanapun, datang dengan biaya sebagai persediaan yang ditambahkan menurunkan efisiensi. Oleh karena itu, manajer SC dapat menggunakan inventaris sebagai pendorong untuk mencapai tingkat respons dan efisiensi yang ditargetkan sesuai dengan strategi kompetitif mereka. Jelaskan arti dari koefisien k, k_a mengoreksi koefisien yang memperhitungkan kenaikan penjualan di masa depan karena peningkatan daya tanggap ketika kelincahan diperkenalkan.

6.8 KESIMPULAN

Pelanggan memainkan peran yang semakin penting dalam SC. Produk telah menjadi individu dan disesuaikan. Fleksibilitas ini menciptakan keunggulan kompetitif, tetapi juga mahal. Strategi produksi yang tepat di SC menggabungkan keunggulan produksi massal yang efisien dan kustomisasi produk yang responsif. Tampilan push/pull SC membagi proses SC menjadi *downstream* (produksi sebagai tanggapan atas pesanan pelanggan) dan upstream (produksi untuk mengantisipasi pesanan pelanggan). Proses tarik dimulai sebagai tanggapan atas pesanan pelanggan. Keuntungan dari hilir adalah daya tanggap, dan tingkat individualisasi produk berorientasi pelanggan yang tinggi. Proses push dimulai dan dilakukan untuk mengantisipasi pesanan pelanggan. Keuntungan dari hulu adalah skala ekonomi dan fleksibilitas (persediaan tingkat tinggi dan waktu suplai singkat).

Elemen pertama dari strategi produksi dari sudut pandang *push-pull* adalah penundaan, yang merupakan konsep organisasi di mana beberapa aktivitas di SC tidak dilakukan sampai pesanan pelanggan diterima. Penundaan sangat berguna ketika ada banyak varian produk akhir dengan pembagian permintaan varian yang tidak pasti. Selain itu, waktu pengiriman yang diminta oleh pelanggan harus memungkinkan langkah-langkah penambahan nilai setelah menerima pesanan pelanggan (atau perkiraan).

Elemen kedua untuk strategi produksi adalah OPP, yang memisahkan bagian tarikan tangan dorong dari SC. Dalam praktiknya, strategi penundaan yang dipilih menentukan lokasi OPP. Semakin ke hulu OPP terletak di SC, semakin banyak kegiatan manufaktur dan logistik yang tertunda. Secara umum, tujuannya adalah untuk menunda manufaktur dan logistik sebanyak mungkin sambil mempertahankan standar layanan pelanggan yang tinggi. Berdasarkan penempatan OPP tersebut, dapat ditentukan strategi produksi sebagai berikut:

- *Make-to-stock* (MTS)
- *Distribute-to-order* (DTO)/*Configure-to-order* (CTO)
- *Assemble-to-order* (ATO)
- *Make*-to-*order (MTO)*
- *Engineer-to-order* (ETO)

BAB 7
PERENCANAAN LOKASI FASILITAS DAN DESAIN JARINGAN

7.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Memahami pentingnya memilih lokasi fasilitas yang tepat
- Jelaskan fase utama dari proses pengambilan keputusan terkait lokasi
- Menerapkan teknik analisis kuantitatif untuk memecahkan masalah SCD
- Hitung solusi untuk pengaturan yang berbeda dari masalah lokasi gudang
- Hitung lokasi fasilitas dengan bantuan model Steiner-Weber
- Gunakan metode pusat gravitasi dan algoritma Miehle
- Memahami peran analisis beberapa faktor dalam menemukan fasilitas
- Terapkan metode peringkat faktor untuk keputusan lokasi fasilitas

7.2 STUDI KASUS PENGANTAR POWER PONG SPORTS, CHINA

Pada tahun 1856 Alexander Parks memproduksi seluloid pertama, bahan plastik yang dapat dengan mudah dicairkan dan dibuat menjadi berbagai bentuk. Awalnya, Parks mencari bahan yang mirip dengan gading untuk membuat produksi bola bilyar lebih mudah dan lebih murah. Di pertengahan abad kedua puluh seluloid terutama digunakan untuk pembawa film dan bola tenis meja, tetapi juga menjadi bahan penting dari beberapa bahan peledak serta senjata. Ini adalah bahan yang sangat berbahaya karena berbahaya dan mudah terbakar secara spontan.

Salah satu produk berbasis seluloid yang paling umum digunakan dan dijual dalam jumlah besar di seluruh dunia adalah bola tenis meja. Sebagian besar jumlah produksi keseluruhan tahunan berasal dari pabrik-pabrik di Indonesia, Cina dan Jepang. Namun, bola tenis meja dibutuhkan di seluruh dunia, sehingga jumlah yang signifikan diekspor. Misalnya, di Indonesia, lebih dari 20 juta bola tenis meja terjual setiap tahun.

Pengangkutan produk dalam jumlah besar yang mengandung seluloid dalam jumlah besar termasuk dalam kategori pengangkutan barang berbahaya. Pada tahun 2001, sebuah wadah berisi 300.000 bola tenis meja dilaporkan meledak setelah dipanaskan oleh matahari. Karena bahaya tersebut, semakin banyak negara telah melarang seluloid dalam segala bentuk dari produksi, perdagangan, dan penanganan. Untuk alasan ini, semakin banyak produk yang digantikan oleh pengganti bebas seluloid.

Mengacu pada larangan seluloid di seluruh dunia, Mr. Adham Sharara, ketua Federasi Tenis Meja Internasional (ITTF), mengumumkan pada tahun 2011 bahwa ITTF akan mengubah aturan tenis meja internasional untuk mengizinkan penggunaan bola tenis meja. dibuat tanpa seluloid. Setelah pengumuman ini, beberapa produsen bola tenis meja mulai mendesain ulang proses produksi yang sesuai di SC mereka. Ternyata pelepasan seluloid membutuhkan desain ulang yang signifikan dari proses produksi, dan investasi dalam fasilitas dan teknologi produksi baru menjadi perlu.

Salah satu produsen bola tenis meja utama adalah Power Pong Sport (PPS) yang berkantor pusat di Cina. Pasar paling penting untuk PPS di Eropa dan Asia (barang-barang terukur yang dijual) adalah Prancis (FRA), Jerman (GER), dan Inggris Raya (UK). Semua negara Eropa lainnya dikelompokkan ke dalam pasar South-Eastern Rupiahpe (SEE), South-Western Rupiahpe (SWE), Northern Rupiahpe (NEU), Korea Selatan (KOR), Indonesia (IDN), China (CHN), Jepang (JPG) dan Hongkog (HKG). Karena pentingnya tiga pasar pertama, PPMemiliki kontrak

impor eksklusif yang tahan lama dengan satu pengecer peralatan olahraga di Prancis (TriColor Sportive), Jerman (TT Profi), dan Inggris (Competitive Fitness).

PPS telah memutuskan untuk membangun pabrik baru di Shanghai secara eksklusif untuk bola tenis meja baru yang diproduksi tanpa seluloid. Tuan XuChenis kepala departemen logistik di PPS dan bertanggung jawab atas kontrak baru dengan pengecer untuk memasok pasar dengan bola tenis meja bebas seluloid baru. Tuan Chen telah membuat dua keputusan penting, sesuai dengan strategi SC PPS:

- Kontrak yang dibuat dengan pengecer akan diperpanjang selama 1 tahun untuk memastikan bahwa jumlah yang signifikan dapat dijual.
- Hanya pasar terpenting yang akan menerima pengiriman langsung dari PPS. Ini berkontribusi pada realisasi skala ekonomi yang signifikan untuk pengiriman bola tenis tablet dari Shanghai ke Marseille (TriColor Sportive), Yogyakarta (TT Profi), dan Felixstowe (Competitive Fitness) dengan transportasi kontainer laut dalam kontainer 20 kaki yang terisi penuh.

Setelah memantau pengaturan ini, Tuan Chen sekarang akan mengidentifikasi cara yang masuk akal untuk memastikan bahwa, selain tiga pasar utama, semua negara Eropa akan memiliki akses ke bola PPS baru. Ide dasarnya adalah bahwa PPS akan memperpanjang kontrak yang dibuat dengan TriColorSportive,TTProfi, dan Competitive Fitness dan mendistribusikan hak di antara ketiga reseller ini mengirimkan bola PPS di negara-negara SEE, SWE, dan NEU.

Mr. Chen mengusulkan idenya kepada dewan manajer PPS dan mendapat persetujuan, karena idenya membuat SC tetap sederhana. Namun, Chen diinstruksikan untuk menjaga agar biaya distribusi tahunan serendah mungkin. Pada saat yang sama, strategi distribusinya harus memastikan bahwa bola PPS tersebar di seluruh pasar Eropa. Sebagai titik awal untuk meminimalkan biaya, Tuan Chen menghubungi tiga pengecer, mengundang perwakilan mereka ke kantornya, dan menjelaskan proposalnya. Ketiga wakil ini cukup bersemangat. Dalam beberapa hari, mereka mendapatkan OK dari manajemen mereka. Negosiasi kontrak ditetapkan.

Tabel 7.1 Biaya transportasi tahunan antara pengecer Eropa dan pasar serta pembayaran tahunan tetap ke pengecer (Rp. 10.000)

Reseller	**Biaya tahunan tetap**	**Semua tanda**					
		j = 1	**j = 2**	**j = 3**	**j = 4**	**j = 5**	**j = 6**
		FRA	GER	UK	SEE	SWE	IDN
TriColor Sportive (FRA)	95	4	24	12	23	16	19
TT Profi (GER)	90	24	1	9	11	14	13
Competitive fitness (UK)	70	30	16	3	24	21	17
Competitive Sport Clothes (IDN)	85	330	12	4	24	22	11

Chen meminta perwakilan lokal dari tiga pengecer untuk memperkirakan biaya transportasi tahunan mereka dari gudang terkait ke enam pasar. Karena PPS ingin menjadi yang pertama mendistribusikan bola tenis meja bebas seluloid di Eropa, PPS akan menanggung semua biaya transportasi untuk kontrak tahun pertama. Tabel 7.1 berisi biaya

agregat per Rp. 10.000 untuk tahun pertama. Biaya penerusan dari pengecer Eropa terpilih ke seluruh Eropa dinilai secara independen.

Untuk membuat kerjasama menarik bagi ketiga pengecer, PPS membayar jumlah tetap tahunan kepada pengecer yang digunakan untuk mendistribusikan bola ke negara-negara Eropa lainnya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.1. Selanjutnya, PPS tidak mengizinkan konflik kepentingan antara tiga pasar tidak langsung SEE, SEW, dan NEU. Ini menjamin bahwa masing-masing dari enam pasar yang disebutkan di atas secara eksklusif ditugaskan ke tepat satu pengecer. Mr Chen memiliki kesepakatan umum dengan kondisi dari tiga reseller. Tugas selanjutnya adalah memutuskan cara bola PPS dapat mencapai enam pasar.

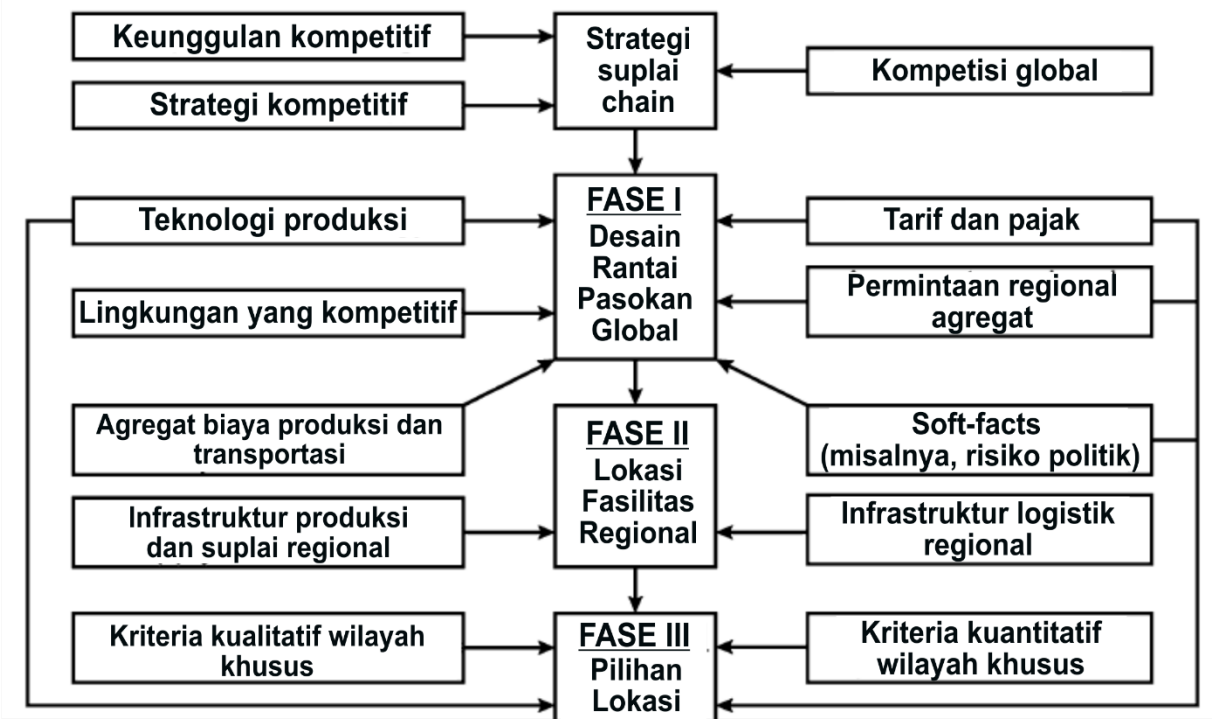
Diskusi

1. Reseller mana yang harus digunakan PPS untuk mendistribusikan bola tenis meja bebas seluloid di Eropa?
2. Pengecer mana yang masing-masing harus ditugaskan ke SEE, SWE, dan NEU?
3. Apakah perlu menggunakan lebih dari satu pengecer untuk melayani pasar?
4. Apa yang terjadi jika salah satu pengecer tidak dapat menangani permintaan yang diharapkan dari SEE, SWE, atau NEU?
5. Asumsikan bahwa pengecer harus membuka fasilitas baru untuk menangani permintaan tambahan. Di mana seharusnya fasilitas ini ditempatkan?
6. Bagaimana biaya tahunan dapat ditekan serendah mungkin?

7.3 KERANGKA DESAIN RANTAI SUPLAI

Keputusan inti yang harus dibuat dalam kasus PPS adalah pemilihan pasar (negara) di mana basis untuk operasi PPS harus dipasang. Keputusan ini dipengaruhi oleh pilihan sebelumnya, tetapi juga mempengaruhi keputusan selanjutnya. Keputusan strategis yang dibuat oleh dewan PPS mengenai strategi untuk melayani pasar melalui hanya beberapa gerbang masuk merupakan implikasi dari posisi strategis PPS SC—untuk menjaga biaya distribusi serendah dan sesederhana mungkin. Keputusan dewan ini harus dipertimbangkan oleh Tuan Chen selama pemilihan negara gerbang yang akan digunakan untuk mengirimkan bola PPS ke enam pasar.

Tuan Chen harus mempertimbangkan pedoman ini untuk memastikan bahwa kecocokan strategis sistem distribusi PPS tercapai dan dipertahankan. Di sisi lain, segera setelah pasar gerbang ditentukan, keputusan ini mengikat dan harus dipertimbangkan ketika membuat keputusan selanjutnya. Misalnya, jika Jerman dipilih sebagai negara gerbang unik untuk melayani pasar Eropa & Asia, perencanaan semua operasi transportasi harus mencakup pertimbangan infrastruktur, peraturan, dan undang-undang yang tersedia. Pemilihan wilayah (negara) yang terlibat dalam operasi SC oleh karena itu merupakan keputusan individu yang ditempatkan dalam urutan tugas keputusan lain yang harus diselesaikan untuk mengatur dan menggunakan jaringan distribusi sebagai bagian dari PPS SC.



Gambar 7.1 Kerangka desain rantai suplai (berdasarkan Chopra dan Meindl 2012)

Pada Gambar 7.1, kerangka kerja SCD Chopra dan Meindl (2012) yang dimodifikasi disajikan untuk menunjukkan pengaturan semua tugas keputusan yang diperlukan untuk menyiapkan dan menyebarkan SC. Dalam kerangka ini, strategi SC dipahami sebagai fase keputusan pertama. Kami merujuk ke Bab. 4, Supply Chain Strategy, mengenai fase ini.

Tahap I membahas kompilasi dari wilayah/pasar Supplier atau Supplier yang dianggap tunduk pada pemenuhan permintaan pasar dalam jangka panjang. Wilayah seperti itu mungkin mencakup benua, negara, area budidaya, atau tempat pemancingan. Juga segmentasi pasar total (global) bervariasi dari daerah lokal ke benua. Tahap I memberikan daftar wilayah geografis yang dapat menjanjikan untuk pendirian SCD. Selain itu, usulan pemasangan jaringan transportasi antara daerah suplai dan permintaan diberikan pada tahap I.

Pada tahap II, semua wilayah diproses secara individual. Di setiap wilayah, lokasi tertentu (dinyatakan dengan koordinat) diidentifikasi di mana fasilitas dapat dipasang atau dari mana jumlah suplai dapat menyusup ke SC. Keluaran tahap II adalah daftar pendek calon lokasi (dengan fasilitas yang ada atau dengan fasilitas yang prospektif) yang telah dipilih untuk efisiensi biaya.

Pada tahap III dilakukan seleksi akhir terhadap lokasi-lokasi yang akan dipertimbangkan dalam SCD. Beberapa kriteria dipertimbangkan pada tahap ini dan analisis mencapai jauh melampaui minimalisasi biaya. Selanjutnya, kapasitas dialokasikan di semua lokasi yang dianggap berkontribusi terhadap pemenuhan permintaan dari pasar yang akan dilayani.

Keputusan yang terkait dengan fase I-III termasuk dalam kategori keputusan SCD strategis (jangka panjang). Revisi keputusan ini hampir tidak mungkin atau menyiratkan biaya yang signifikan. Bab ini membahas tiga fase keputusan dari kerangka perencanaan lokasi. Kami mendiskusikan dan menyelidiki alat untuk mendukung manajer SC dalam mengidentifikasi alternatif keputusan terbaik. Bagian. 7.3, kami memperkenalkan masalah lokasi gudang sebagai contoh representatif dari tugas keputusan inti dalam pemilihan wilayah yang berkontribusi (fase II). Alat untuk

mendukung derivasi keputusan pemilihan lokasi yang memadai adalah fokus dari Sektor 7.4 (fase III). Keputusan yang terkait dengan fase III dipertimbangkan dalam sektor 7.5

Desain Rantai Suplai Global

Fase I kerangka analisis lokasi membahas pemilihan wilayah sumber yang digabungkan ke dalam SC keseluruhan. Dari daerah sumber yang dipilih, pasar dilayani sedemikian rupa sehingga suplai keseluruhan dari sumber yang berbeda mencakup permintaan masing-masing pasar individu. Kasus PPS adalah representasi khas dari situasi keputusan fase I. Melalui kasus PPS, kami mengembangkan model optimasi matematis yang sesuai) sebagai titik awal pengambilan keputusan rasional yang menggabungkan sumber daya komputasi untuk mendapatkan keputusan lokasi yang optimal.

Untuk memecahkan masalah lokasi gudang (WLP) yang disebut (tanpa kapasitas), kami menjelaskan penggunaan pendekatan spreadsheet 2, serta konfigurasi algoritme pendukung keputusan tujuan umum yang disebut *branch-&-bound.* Akhirnya, kami menyelidiki konsekuensi dari kelangkaan, yaitu terbatasnya ketersediaan jumlah yang ditawarkan di daerah sumber, yang mengarah pada definisi masalah lokasi gudang berkapasitas (CWLP). Untuk CWLP, kami juga mengusulkan model optimasi matematis yang sesuai serta teknik pendukung keputusan.

Masalah Lokasi Gudang dan Formalisasinya

Kasus PPS adalah contoh yang representatif untuk situasi keputusan yang sering terkait dengan SCD. Pertama, keputusan tentang wilayah (pasar, negara) yang menampung fasilitas (pabrik, gudang, mitra) yang akan digunakan sebagai simpul jaringan diperlukan (“keputusan lokasi”). Kedua, keputusan juga harus dibuat tentang bagaimana pasar-pasar tersebut dipasok dari fasilitas regional sehingga permintaan setiap pasar tercakup (“keputusan penawaran”). Masalah seperti itu yang membutuhkan keputusan lokasi dan suplai disebut masalah lokasi gudang atau WLP (Daskin 1995; Drezner 1995; Melo et al.2009; Askinetal.2014). Tujuan keseluruhan yang ingin dicapai dalam menyelesaikan WLP adalah untuk menjaga total biaya penyediaan semua wilayah serendah mungkin. Oleh karena itu, untuk setiap wilayah harus diputuskan apakah lebih menguntungkan untuk membuka fasilitas (menciptakan biaya tetap untuk menjalankan fasilitas) atau menggunakan jaringan transportasi untuk memasok suatu wilayah (menciptakan biaya transportasi).

Persamaan 7.1

$$Z = \sum_{s \in S} f_s * y_s + \sum_{s \in S} \sum_{m \in S} C_{sm} * x_{sm}$$

Jumlah biaya (tahunan) yang dinyatakan dalam Persamaan. (7.1) harus diminimalkan dengan memvariasikan nilai-nilai variabel keputusan y, serta xsm. Keluarga y, dari variabel keputusan biner mewakili keputusan pembukaan fasilitas. Semua variabel keputusan ini diperbolehkan untuk disetel ke 1 ("gunakan fasilitas ini") atau 0 ("jangan gunakan fasilitas ini"). Demikian pula, x_{sm} mengkode keputusan tentang apakah akan menggunakan jalur transportasi di T antara gudang dan pasar. Meskipun dua kategori keputusan yang diperkenalkan membahas keputusan manajerial yang berbeda, mereka termasuk dalam jenis keputusan yang sama: tepat satu dari dua opsi harus dipilih (keputusan biner). Oleh karena itu, WLP ternyata merupakan kumpulan keputusan biner yang saling bergantung tentang pembukaan lokasi. Setiap pasar harus dilayani tepat dari satu fasilitas seperti dalam contoh PPS. Untuk memastikan kondisi ini ketika menetapkan nilai untuk variabel keputusan-x, perlu untuk memastikan bahwa kendala (7.2) dipatuhi.

Persamaan 7.2

$$\sum_{s \in S} x_{sm} = 1, \forall m \in M$$

Dalam kasus di mana (7.2) tetap tidak terisi, maka setidaknya satu pasar di m tetap tidak terlayani. Karena jumlah keseluruhan biaya untuk memasok semua pasar harus diminimalkan: setiap solusi di mana pasar m ∈ M terhubung dengan dua atau lebih fasilitas menyiratkan biaya yang lebih tinggi dan memilih salah satu fasilitas ini untuk melayani pasar dapat mengurangi biaya. Singkatnya, dalam solusi optimal biaya WLP, setiap pasar dipasok dari tepat satu fasilitas s ∈ S.

Jelas, tidak ada gunanya memasang jalur transportasi antara pasar m dan fasilitas s jika s tidak dibuka, misalnya, jika kita menetapkan x_{sm}=1 jika, dan pada saat yang sama, y_s=0 maka kita akan mendapatkan solusi yang tidak berguna dan tidak dapat direalisasikan untuk WLP.Inorder untuk menghindari kegagalan seperti itu, kami memperkenalkan batasan (7.3) dan (7.4) bahwa pemasangan fasilitas pasangan dengan keputusan pemasangan tautan transportasi dan memastikan bahwa kami memasang tautan transportasi hanya jika telah diputuskan bahwa fasilitas asal juga harus dipasang.

Persamaan 7.3

$$x_{sm} \leq y_s, \in S, \forall_m \in M$$

Persamaan 7.4

$$y_s \in \{0;1\} \forall s \in S, x_{sm} \in \{0;1\} \forall (s;m) \in T$$

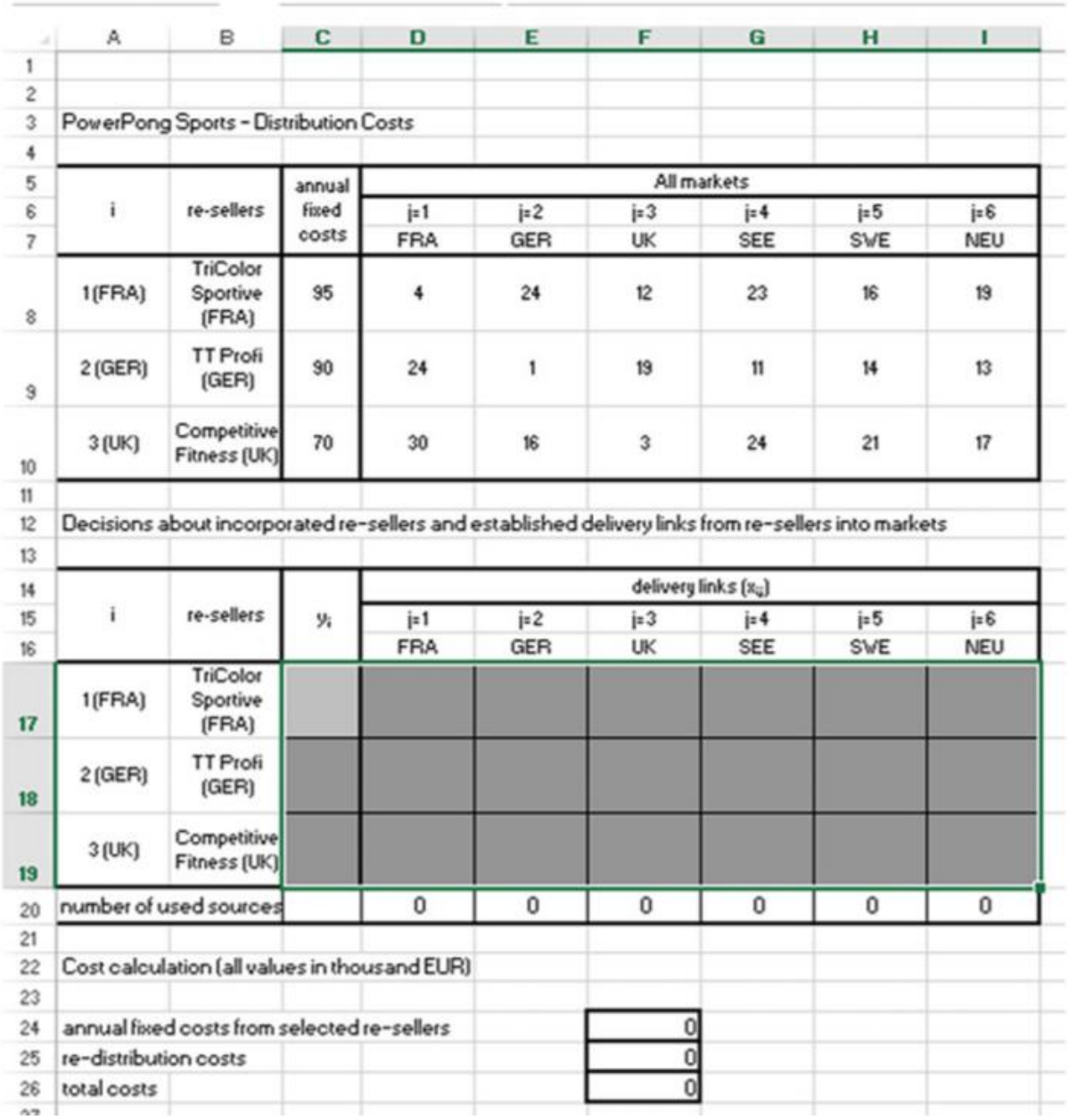
Hal ini diperlukan untuk meminimalkan total biaya untuk pemasangan fasilitas dan jaringan transportasi yang tunduk pada Persamaan. (7.1), sehingga setiap pasar dilayani oleh tepat satu fasilitas (7.2). Jika kita menggunakan fasilitas untuk memasok pasar, maka fasilitas ini harus terbuka (7.3). Setiap fasilitas yang tersedia dapat dibuka atau ditutup dan setiap jalur transportasi yang tersedia digunakan atau tidak (7.4).

Rumusan masalah yang murni dan formal adalah sebagai berikut: “minimize (7.1) sambil memperhitungkan (7.2)–(7.4). Kumpulan ekspresi matematika (7.1)– (7.4) adalah model matematika untuk WLP. Model ini mewakili masalah keputusan yang mendasarinya secara formal. Solusi untuk model ini terdiri dari pilihan nilai untuk masing-masing variabel keputusan y serta masing-masing variabel keputusan x.

Solusi seperti itu adalah layak, jika dan hanya jika, semua kendala (7.2)-(7.4) terpenuhi, misalnya, jika implementasi nilai yang dipilih untuk variabel keputusan mengarah ke pernyataan yang benar secara logis. Setiap solusi fisibel dari model WLP yang diusulkan yang mengarah ke nilai fungsi tujuan yang tidak didominasi disebut solusi optimal dari model WLP. Solusi optimal seperti itu dapat digunakan untuk mendapatkan solusi optimal untuk WLP dunia nyata yang mendasarinya.

Pendekatan Spreadsheet untuk WLP

Bahkan untuk kasus WLP yang agak kecil seperti skenario PPS, hampir tidak mungkin untuk mengidentifikasi instantiasi biaya minimal dari nilai y_i dan x_{ij}. Skema perhitungan spreadsheet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.2 adalah langkah pertama untuk mengelola kompleksitas masalah yang melekat dan menentukan biaya keputusan yang berbeda.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3	PowerPong Sports - Distribution Costs								
4									
5	i	re-sellers	annual fixed costs	All markets					
6				j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6
7				FRA	GER	UK	SEE	SWE	NEU
8	1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)	95	4	24	12	23	16	19
9	2 (GER)	TT Profi (GER)	90	24	1	19	11	14	13
10	3 (UK)	Competitive Fitness (UK)	70	30	16	3	24	21	17
11									
12	Decisions about incorporated re-sellers and established delivery links from re-sellers into markets								
13									
14	i	re-sellers	y_i	delivery links (x_{ij})					
15				j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6
16				FRA	GER	UK	SEE	SWE	NEU
17	1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)							
18	2 (GER)	TT Profi (GER)							
19	3 (UK)	Competitive Fitness (UK)							
20	number of used sources			0	0	0	0	0	0
21									
22	Cost calculation (all values in thousand EUR)								
23									
24	annual fixed costs from selected re-sellers					0			
25	re-distribution costs					0			
26	total costs					0			

Gambar 7.2 Lembar perhitungan biaya untuk kasus PPS

Tabel 7.2 Pembayaran ke pengecer Eropa (1000)

Sell (cell)	Rumus	
F24	= SUMPRODUCT(C17:C19;C8:C10)	Jumlah biaya tetap tahunan
F25	= SUMPRODUCT(D17:I19;D8:I10)	Biaya link tahunan
F26	=F24 + F25	Total biaya tahunan

Bagian atas spreadsheet ini (baris 5–10) berisi semua data masalah yang relevan, yang merupakan biaya tetap tahunan untuk setiap pengecer (kolom C) dan biaya untuk memasang jalur transportasi dari pengecer ke pasar (kolom D–I). Di bagian tengah skema perhitungan (baris 14-19) keputusan pengaturan dapat diketik ke dalam sel yang diarsir abu-abu. Sel penutup area C17–C19 digunakan untuk mengkode keputusan yang terkait dengan penggabungan pengecer. Ketika “1” dimasukkan, maka pengecer yang sesuai akan dipertimbangkan, tetapi jika “0” diketik maka pengecer ini tetap tidak dipertimbangkan.

Misalnya, jika TriColor Sportive dipertimbangkan dalam sistem distribusi PPS Eropa, maka sel C17 diisi dengan “1”. Demikian pula, "1" dan "0" diketik ke dalam area sel D17–I19 untuk mengkodekan keputusan pada jaringan transportasi yang dipasang dari pengecer ke enam pasar. Untuk setiap pasar, jumlah pengecer yang dipilih dihitung pada baris 20.

Biaya untuk kumpulan keputusan berkode dihitung di bagian bawah spreadsheet (baris 24-26). Rumus yang sesuai diberikan pada Tabel 7.2. Secara teoritis, seseorang mungkin menggunakan spreadsheet untuk menguji setiap kemungkinan kombinasi nilai “0” dan “1” dalam sel yang diarsir abu-abu. Sayangnya, ada 2^{21}=2.097.152 kombinasi yang berbeda. Pertama, setiap kombinasi harus diperiksa kelayakannya sehubungan dengan kendala (7.6)–(7.13).

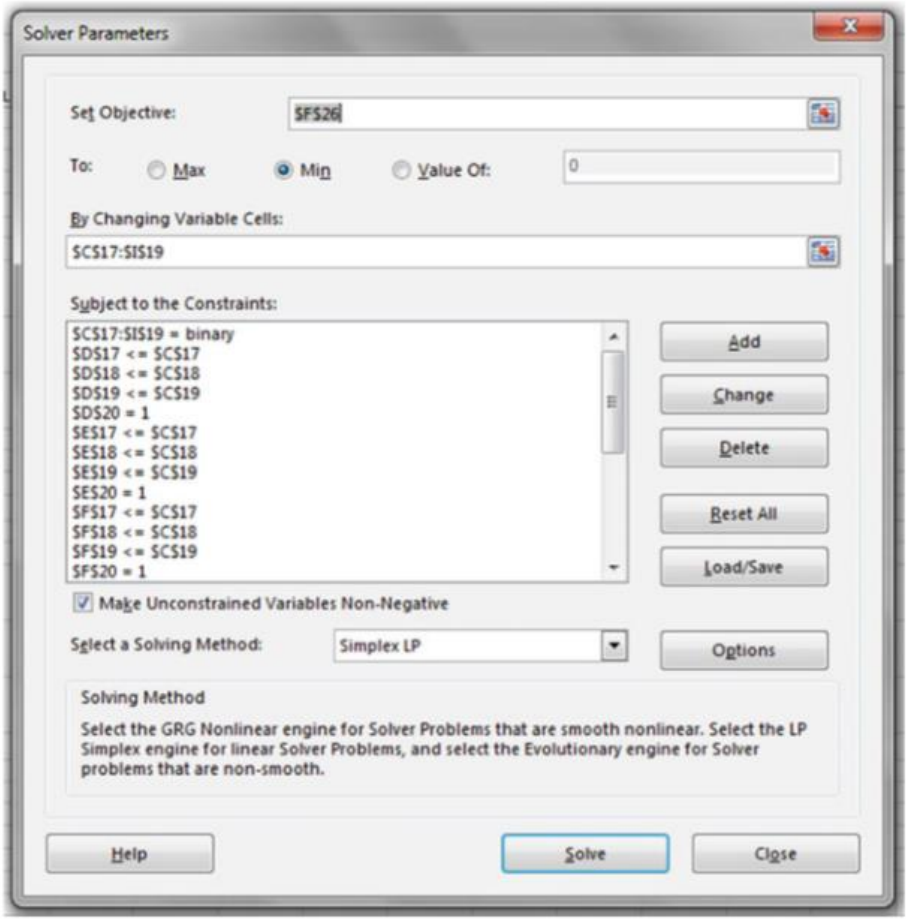
Kedua, untuk setiap kombinasi yang layak, biaya terkait harus dihitung menggunakan Persamaan. (7.5). Jika kita berasumsi bahwa kedua langkah ini dapat dijalankan dalam waktu 1 detik, maka dibutuhkan 2,5 hari untuk menemukan solusi terbaik yang layak untuk pengaturan PPS-WLP. Oleh karena itu, menguji semua kombinasi secara manual tidak praktis. Untungnya, alat kalkulasi spreadsheet (misalnya Microsoft Excel, Open Office) menyediakan add-in khusus yang membantu kita menguji kombinasi yang berbeda. Satu add-in disebut "Solver".

Catatan: File Excel yang telah dikonfigurasi sebelumnya dengan data PPS dan konfigurasi solver yang sesuai dapat ditemukan di *E-Supplement*. Pemecah Excel adalah add-in yang disertakan dengan setiap penginstalan Excel. Untuk menggunakan add-in ini, perlu untuk mengaktifkannya sebelum digunakan pertama kali. Open Office juga menyertakan alat pemecah masalah.

Sebelum Anda dapat menerapkan add-in solver ke dalam kasus PPS, perlu dilakukan konfigurasi yang hati-hati untuk memberikan solver dengan informasi masalah yang komprehensif, mis. untuk memasukkan parameter model dan variabel keputusan. Gambar 7.3 menunjukkan pengaturan parameter yang diperlukan.

Pertama, sel yang berisi nilai fungsi tujuan (atau di mana nilai fungsi tujuan dihitung) dimasukkan ke dalam kotak input "setel tujuan". Di sini, sel $F$26 berisi nilai target yang menjadi subjek pengoptimalan. Kedua, tujuan optimasi ditentukan, mis. apakah nilai fungsi tujuan akan diminimalkan atau dimaksimalkan, atau jika nilai target tertentu harus dicapai. Dalam kasus PPS, total yang dihitung dalam sel $F$26 diminimalkan.

Ketiga, bidang-bidang yang harus dimodifikasi oleh pemecah ("sel variabel") harus ditentukan. Di sini, semua sel di area $C$17:$I$19 dapat divariasikan oleh solver. Area $C$17:$C$19 mewakili vektor variabel keputusan (yFRA,yGER, yUJ) sedangkan area $D$17 hingga $I$19 sesuai dengan matriks variabel keputusan x_{ij}.



Gambar 7.3 Pengaturan parameter untuk solver



Gambar 7.4 Spesifikasi kendala

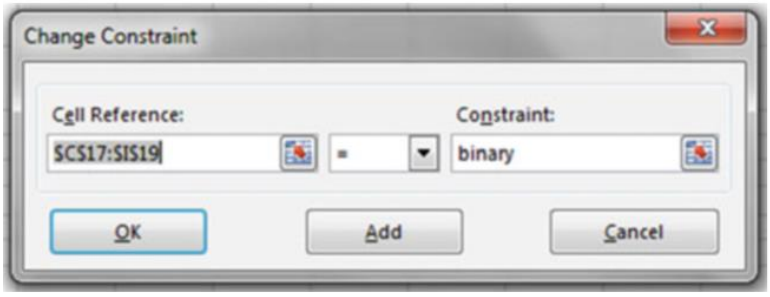
Keempat, Anda perlu menentukan batasan yang harus dipertimbangkan/yang dimiliki oleh model. Batasan diketik satu demi satu dengan mengklik tombol kepala di jendela parameter pemecah. Gambar 7.4 menunjukkan contoh bagaimana constraint $x_{GER;\ NEU} \leq y_{GER}$ dari Persamaan. (7.12) ditentukan. Untuk masukan kendala (7.2), pemecah mengacu pada sel D20-I20 di mana jumlah di sisi kiri Persamaan. (7.2) dihitung (Gambar 7.5).



Gambar 7.5 Penyusunan kendala

Jika perlu, domain variabel keputusan harus dibatasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.6 untuk membatasi nilai yi dan xij menjadi 0 atau 1. Akhirnya, perlu untuk menentukan algoritme optimisasi yang dipanggil oleh pemecah untuk memecahkan model matematika yang ditentukan. Untuk model PPS, kami memilih opsi algoritma simpleks karena model (7.1)–(7.4) terdiri dari fungsi tujuan linier dan kendala linier. Pemecah mendeteksi bahwa variabel keputusan hanya dapat dipakai dengan nilai 0 atau 1. Ketika lima langkah yang disebutkan di atas telah dijalankan, proses pemecahan dimulai dengan mengklik tombol "Pecahkan". Sekarang rutinitas optimasi memulai proses optimasi dan menulis proposal solusi akhir ke dalam sel variabel. Pada Gambar 7.7 nilai yang dikembalikan untuk kasus PPS telah ditulis ke dalam sel variabel.

Desain optimal dari jaringan PPS di Eropa adalah menyetujui kontrak dengan pengecer di Indonesia (y_2 =1) dan meneruskan bola dari Indonesia ke lima pasar yang tersisa (x_{2j}=1 untuk semua j = 1, ... , 6). Biaya tahunan untuk desain ini mencapai 172 TEUR (ribu Rupiah) p.a. dan jumlah ini termasuk jumlah 80 TEUR yang dibayarkan kepada TT Profi sebagai jumlah tahunan tetap untuk menutupi semua pengeluaran pengecer untuk menangani pesanan intra-Eropa dan Asia, serta biaya untuk jaringan transportasi, yang mencapai 92 TEUR p.a. Proposal ini mengurangi total biaya tahunan sehingga Mr. Chen akan terus menandatangani kontrak dengan TT Profi, tetapi bukan kontrak dengan TriColor Sportive. Selain itu, tidak ada kontrak dengan Competitive Fitness di Inggris yang akan ditandatangani.

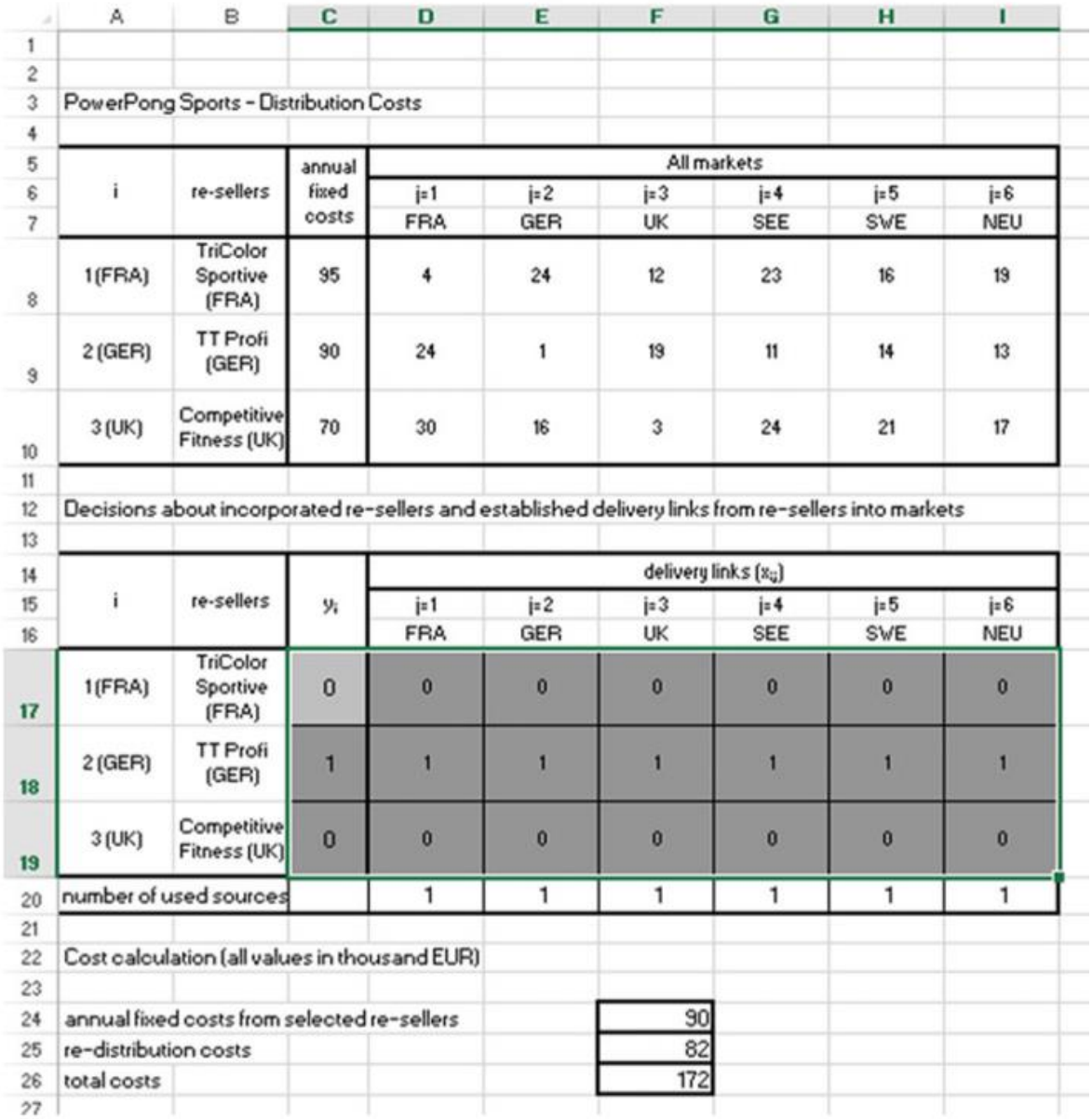


Gambar 7.6 Spesifikasi domain variabel keputusan

Dari perspektif metodologis, kami melakukan tiga langkah secara berurutan untuk menyelesaikan situasi keputusan dunia nyata:

- Situasi keputusan dunia nyata dikodekan ke dalam model keputusan matematis ("langkah pemodelan").
- Representasi keputusan yang diformalkan (model keputusan matematis) diproses oleh algoritma optimasi yang mengembalikan solusi optimal dari model ("langkah pemecahan model").
- Solusi model ditafsirkan sebagai proposal keputusan untuk masalah dunia nyata ("langkah implementasi solusi model").

Pendekatan pemecahan masalah yang dilaporkan di sini adalah contoh khas dari pendekatan keputusan berbasis model. Tantangan utama adalah untuk mewakili WLP menggunakan model matematika. Karena struktur linier dari fungsi tujuan serta kendala, kami dapat menerapkan alat pemecahan model kotak hitam untuk mendapatkan solusi model.



PowerPong Sports - Distribution Costs

i	re-sellers	annual fixed costs	All markets j=1 FRA	j=2 GER	j=3 UK	j=4 SEE	j=5 SWE	j=6 NEU
1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)	95	4	24	12	23	16	19
2 (GER)	TT Profi (GER)	90	24	1	19	11	14	13
3 (UK)	Competitive Fitness (UK)	70	30	16	3	24	21	17

Decisions about incorporated re-sellers and established delivery links from re-sellers into markets

i	re-sellers	y_i	delivery links (x_{ij}) j=1 FRA	j=2 GER	j=3 UK	j=4 SEE	j=5 SWE	j=6 NEU
1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)	0	0	0	0	0	0	0
2 (GER)	TT Profi (GER)	1	1	1	1	1	1	1
3 (UK)	Competitive Fitness (UK)	0	0	0	0	0	0	0
number of used sources			1	1	1	1	1	1

Cost calculation (all values in thousand EUR)

annual fixed costs from selected re-sellers	90
re-distribution costs	82
total costs	172

Gambar 7.7 Mengembalikan solusi optimal untuk kasus PPS

Latihan

Dewan direksi manajemen PPS telah memutuskan untuk mendesain ulang segmentasi pasar di Eropa. Wilayah pasar sebelumnya SWE telah dipecah menjadi SouthWestern Rupiahpe I (SWE-I) dan South-Western Rupiahpe II (SWE-II). SWE-I sekarang menuntut sepertiga dari bekas pasar SWE. Biaya tahunan untuk pemasangan jaringan transportasi dibagi antara SWE-I dan SEW-II. Apakah perlu mendesain ulang jaringan di Eropa?

Asumsikan bahwa SWE tetap lengkap. Namun, karena keberhasilan tim tenis meja nasional Portugal baru-baru ini, pasar Portugis telah berkembang pesat. Terletak di pasar yang sedang berkembang ini, pengecer potensial tambahan menawarkan PPS kondisi berikut untuk kerjasama: Biaya tahunan ditetapkan sebesar Rp. 60.000.000 dan untuk masing-masing dari enam pasar biaya pengiriman yang sama sebesar Rp. 20.000 per unit pengemasan dimungkinkan. Apakah ada keuntungan bagi PPS untuk mempertimbangkan calon pengecer keempat ini untuk jaringan distribusi Eropanya?

7.4 *BRANCH-&-BOUND*: CARA KERJA *ADD-IN SOLVER*

Sejauh ini kita telah mempelajari cara membuat kode WLP menjadi model optimasi matematis. Selanjutnya, kita telah mempelajari bagaimana kita dapat menggunakan alat kotak hitam seperti Excel Solver untuk mendapatkan solusi berkualitas tinggi (optimal) untuk model tersebut. Jelas, pengetahuan tentang tipe model keputusan yang tepat cukup untuk memecahkan tantangan dunia nyata dari WLP. Namun, sejauh ini, kami tidak memiliki pengetahuan tentang cara pemecah model kotak hitam memproses model yang ditentukan, kami juga tidak memiliki kesempatan untuk menilai optimalitas solusi model yang diusulkan. Pada bagian ini, kita akan mempelajari prinsip-prinsip dasar dari algoritma pemecahan model yang berfungsi sebagai dasar bagi banyak pemecah model keputusan. Teknik ini disebut *branch-&-bound* (b&b).

Seperti namanya b&b, ada dua aktivitas yang saling bergantung untuk memproses model. Satu aktivitas adalah memecah masalah menjadi masalah yang lebih kecil (percabangan) dan aktivitas kedua adalah memperkirakan nilai fungsi tujuan terbaik yang dapat dicapai dengan memecahkan model dari "cabang" spesifik dari keseluruhan masalah.

Pada bagian ini, kami menjelaskan strategi percabangan yang efisien untuk model WLP serta skema pembatas yang efisien untuk menentukan batas bawah fungsi tujuan yang terkait dengan model untuk setiap pemisahan sub-masalah WLP. Meskipun ide b&b diterapkan pada kumpulan model keputusan yang cukup komprehensif untuk keseluruhan besar masalah keputusan, baik strategi percabangan maupun skema pembatas harus disesuaikan untuk model tertentu.

Mari kita mulai motivasi dan penjelasan algoritma b&b dengan pengamatan sederhana yang valid untuk model WLP PPS. Terlepas dari keputusan pemilihan reseller, kami dapat menentukan biaya transportasi yang paling sedikit diperlukan dengan cara berikut. Pertama, pilih nilai minimal di setiap kolom yang terkait dengan target pasar pada Tabel 7.1. Kedua, hitung jumlah Z(---) dari enam nilai yang dipilih, mis. Z(---)=4 + 1 + 3 + 11 + 14 + 13=46 TEUR. Nilai ini diperlukan untuk menjaga jaringan distribusi secara independen dari reseller yang tergabung.

Fakta bahwa tidak ada pengecer yang dipilih dinyatakan dengan tiga tanda hubung “---” di mana tanda hubung pertama mewakili pilihan untuk menggabungkan pengecer pertama (“1”) atau keputusan untuk tidak bekerja sama dengan pengecer pertama (“0”). Kami memulai konfigurasi algoritme b&b untuk WLP dengan derivasi strategi percabangan yang memadai. Strategi ini secara rekursif membagi model M(---) dari model WLP yang diberikan menjadi dua sub-model M(1--) dan M(0--).

- Dalam model M(1--) kita tambahkan batasan bahwa Supplier pertama harus dimasukkan (y1 = 1).
- Dalam model M(0--) kami mendalilkan kendala bahwa Supplier pertama mungkin tidak dipertimbangkan (y1 =0).

Perhatikan bahwa tidak ada solusi model WLP yang tetap tidak dipertimbangkan jika kita menangani M(1--) dan M(0--) sebagai ganti model WLP awal, karena y1 sama dengan 1 atau 0. Namun, sekarang kita mungkin bertanya apa manfaatnya berurusan dengan dua model, bukan satu. Untuk membenarkan pemisahan model ini, kami menganalisis konsekuensi dari penggantian model. Model yang baru-baru ini dibuat M(1--) dan M(0--) adalah "lebih kecil" dari model asliM(---), karena satu dari tiga keputusan yang diminta telah dibuat dan hanya dua keputusan (sekitar yang kedua sebagai serta pengecer ketiga) harus diselesaikan.

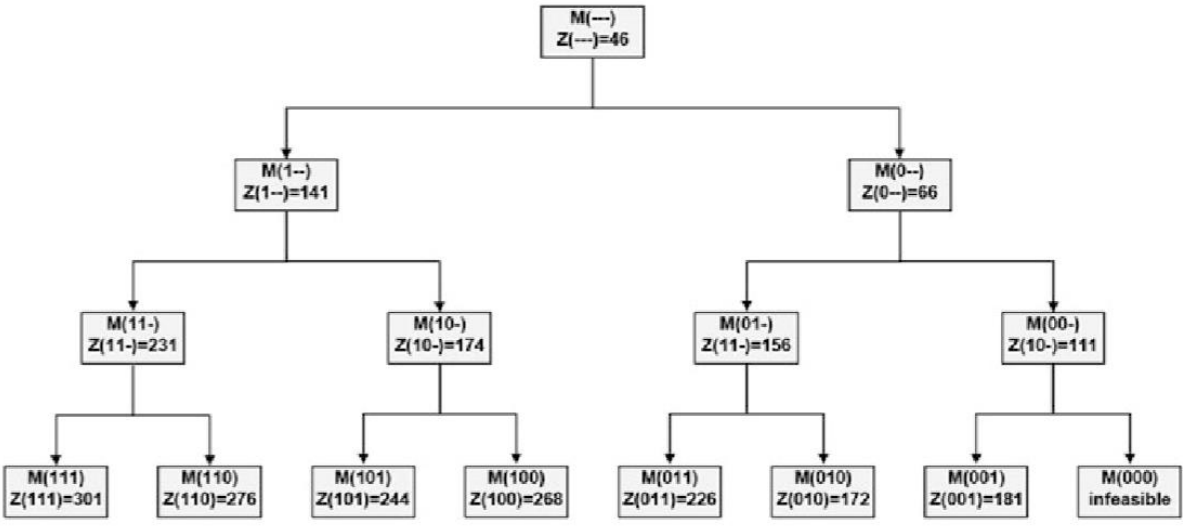
Nilai estimasi biaya Z(1--) terkait dengan M(1--) serta nilai estimasi biaya Z(0--) terkait dengan M(0--) dapat disempurnakan dibandingkan dengan estimasi biaya Z(- --) terkait dengan M(---). + 95 TEUR =141 TEUR: setiap alternatif keputusan di mana pengecer pertama

tergabung (y1 =yFRA=1) menghasilkan biaya tahunan minimal 141 TEUR. Dalam sub-masalah yang diwakili oleh M(0--), pengecer pertama tidak dimasukkan. Oleh karena itu, tidak ada jalur transportasi yang dapat berasal dari pengecer ini (xij = xFRAj = 1, 8j {FRA;GER;UK;SEE;SWE;NEU; IDN; KOR}). Secara khusus, tautan FRA ke FRA tidak dapat digunakan.

FRA pasar harus dilayani dari reseller lain. Karena itu, kami tidak dapat mempertimbangkan jaringan transportasi ini untuk menghitung biaya transportasi paling rendah antara pengecer dan pasar. Dari sisa link yang bisa digunakan untuk melayani FRA, kami memilih link yang paling murah yaitu (GER;FRA). Karena biaya keterkaitan cFRA;FRA =4 tetapi cGER;FRA =24, jumlah biaya transportasi terkecil meningkat sebesar 20 TEUR p.a. sehingga kita mendapatkan Z(0--) = 46 4 + 24= 46 + 20 = 66 TEUR p.a.

Setelah menghasilkan dua model M(1--) dan M(0--) dengan memutuskan tentang penggabungan pengecer 1, kami melanjutkan dengan keputusan tentang pertimbangan pengecer 2. Kedua sub-masalah diwakili oleh M(1--) serta M(0--) karena itu dibagi menjadi dua masalah yang lebih kecilM(11-)danM(10-), masing-masing M(01-)danM(00-). Masing-masing dari empat sub-masalah ini kemudian dibagi lagi untuk memasukkan pengecer 3 ke dalam evaluasi biaya (Gambar 7.8).

Struktur pohon dari semua kemungkinan sub-masalah dalam kasus PPS ditunjukkan pada Gambar 7.8. Setiap node di pohon mewakili satu sub-masalah yang ditentukan oleh kombinasi reseller yang terlibat/ditolak/sejauh ini belum diputuskan. Node mewakili solusi WLP yang tidak lengkap di mana setidaknya satu reseller masih belum diputuskan. Sebuah node mewakili solusi dari WLP jika ada keputusan yang dibuat untuk setiap reseller. Node di tiga level teratas pertama dari pohon pada Gambar 7.8 mewakili solusi yang tidak lengkap, tetapi node di level bawah mewakili solusi yang berbeda dari WLP. Solusi dari model M(000) tidak layak karena tidak ada reseller yang digunakan dan ini tidak mungkin. Tujuh solusi lainnya layak dan solusi M (010) dengan total biaya 172 adalah solusi termurah yang tersedia. Excel Solver telah mengembalikan solusi yang sama.



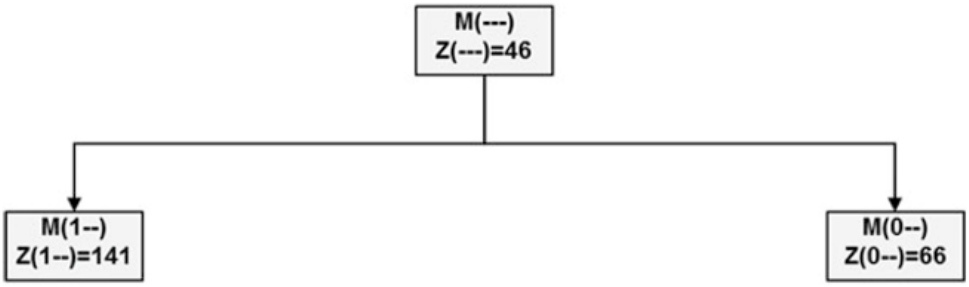
Gambar 7.8 Pohon submasalah dan estimasi biaya serta solusi untuk kasus PPS

Secara keseluruhan, perlu dibentuk dan dievaluasi 15 sub-masalah untuk menyelesaikan kasus PPS. Secara umum, WLP hadir dengan jumlah lokasi potensial yang jauh lebih besar yang berhubungan dengan pengecer (atau Supplier). Misalkan N adalah jumlah sumber suplai sehingga jumlah sub-masalah sama dengan 1 + 2 + 22 +2 3 + ...+2 N. Sebagai contoh, misalkan N=5 yang memerlukan spesifikasi dan evaluasi (perkiraan biaya) dari 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32=63 sub-masalah dan jika N = 10 maka jumlah sub-masalah naik menjadi 1 + 2+

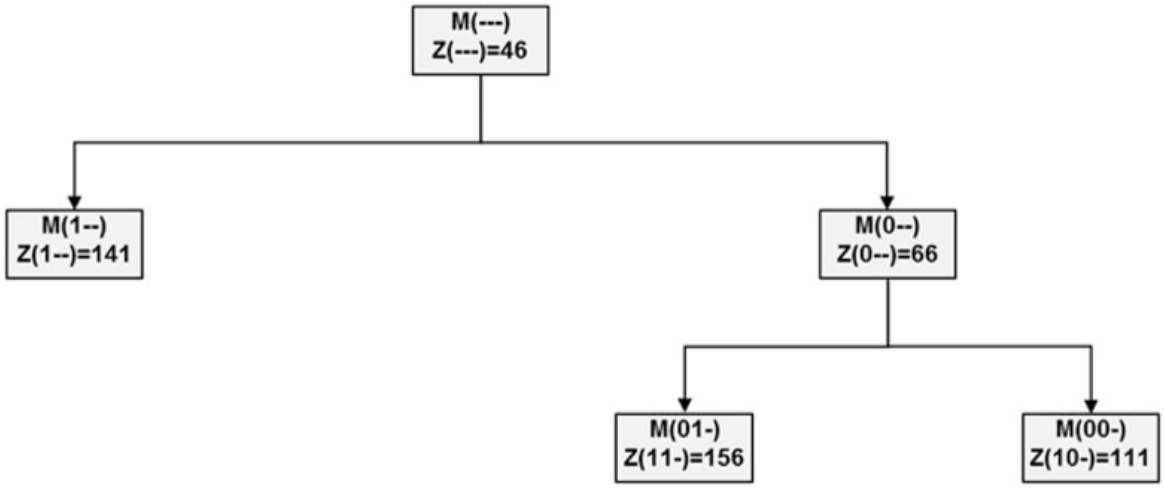
4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 + 256 + 512 + 1024= 2047. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua sub-masalah ini sangat tinggi. Namun, kita dapat menggunakan nilai fungsi tujuan dari solusi pertama yang ditemukan selama eksekusi b&b untuk mengurangi jumlah sub-masalah yang harus disiapkan dan dievaluasi. Untuk alasan ini, kami menganalisis urutan di mana sub-masalah dihasilkan (Gambar 7.9, 7.10, 7.11, 7.12, dan 7.13).

Setelah langkah percabangan pertama pada keputusan tentang penggabungan pengecer 1, kami memiliki dua sub-masalah. Kami sekarang memilih sub-masalah dengan estimasi biaya yang lebih rendah dan menganggap bahwa pengecer pertama tetap tidak dipertimbangkan (Gambar 7.10). Sub-masalah kanan yang diwakili oleh M(0--) memiliki nilai estimasi biaya yang lebih rendah dan akan dipecah selanjutnya. Untuk alasan ini, kami menghasilkan sub-masalah 01-dan 00- dan menentukan batas bawah biaya (Gambar 7.11).

Gambar 7.11 berisi tahap saat ini dari pohon keputusan. Sub-masalah kanan yang diwakili oleh M(000) tidak layak, tetapi sub-masalah kiri sesuai dengan solusi lengkap dan layak pertama dengan biaya 181. Kami menetapkan biaya terkecil saat ini ke Z terkecil: =181TEUR. Karena kedua sub-masalah001 dan0000 tidak dapat dipecah lagi, maka perlu kembali ke level sebelumnya dan menyelidiki sub-masalah terbuka yang diwakili oleh M(01-). Langkah mundur seperti itu ke tingkat yang lebih tinggi disebut langkah mundur (Gambar 7.12).

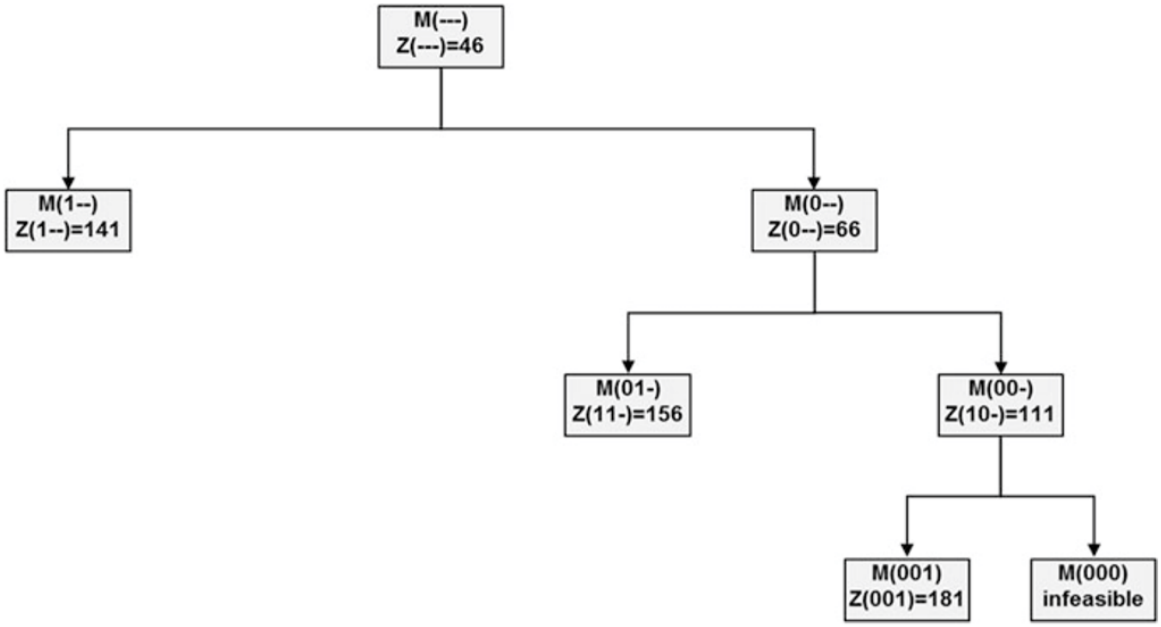


Gambar 7.9 Pohon setelah langkah percabangan pertama

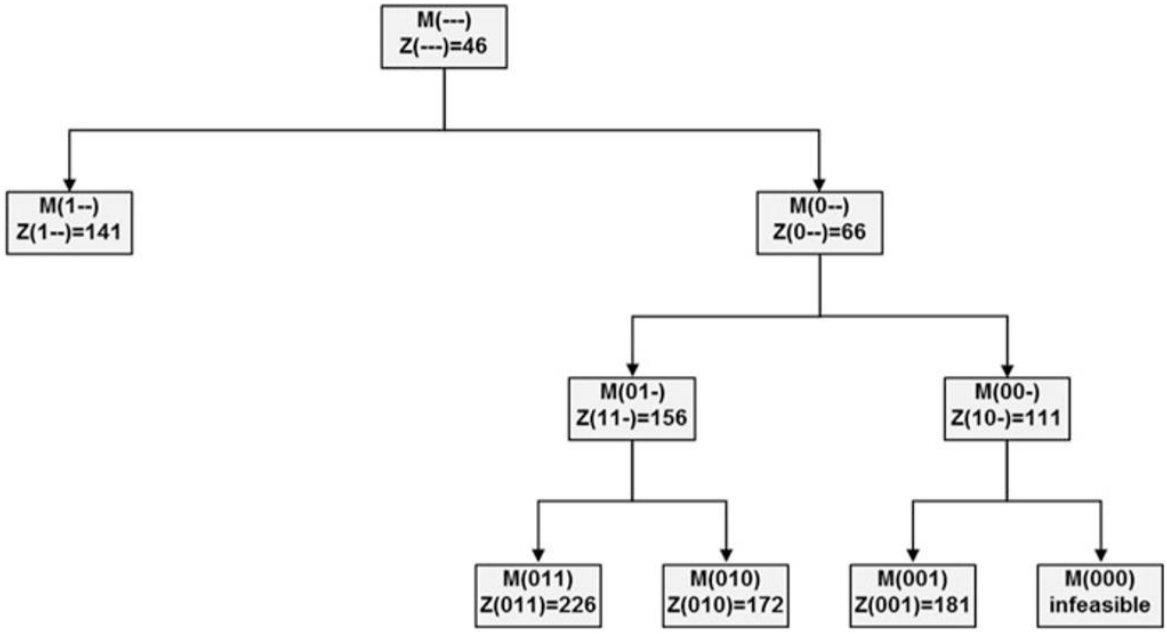


Gambar 7.10 Pohon setelah langkah percabangan kedua

Setelah pelacakan balik telah selesai, kami memperluas sub-masalah01-dan mendapatkan dua solusi baru untuk WLP. Biaya dari solusi 011 adalah 226 TEUR dan tidak meningkatkan biaya terkecil Zleast dari solusi terbaik yang ditemukan sejauh ini. Solusi 010 menghasilkan biaya 172 TEUR yang meningkatkan Zleast sehingga kami dapat memperbarui Zleast dan menetapkan Zleast :=172 TEUR, melacak kembali ke level tiga. Karena tidak ada sub-masalah terbuka yang tersisa di level tiga yang belum diproses, kami melacak kembali ke level 2 dan memproses pembukaan sub-masalah 1-- (Gambar 7.13).



Gambar 7.11 Pohon setelah langkah percabangan ketiga



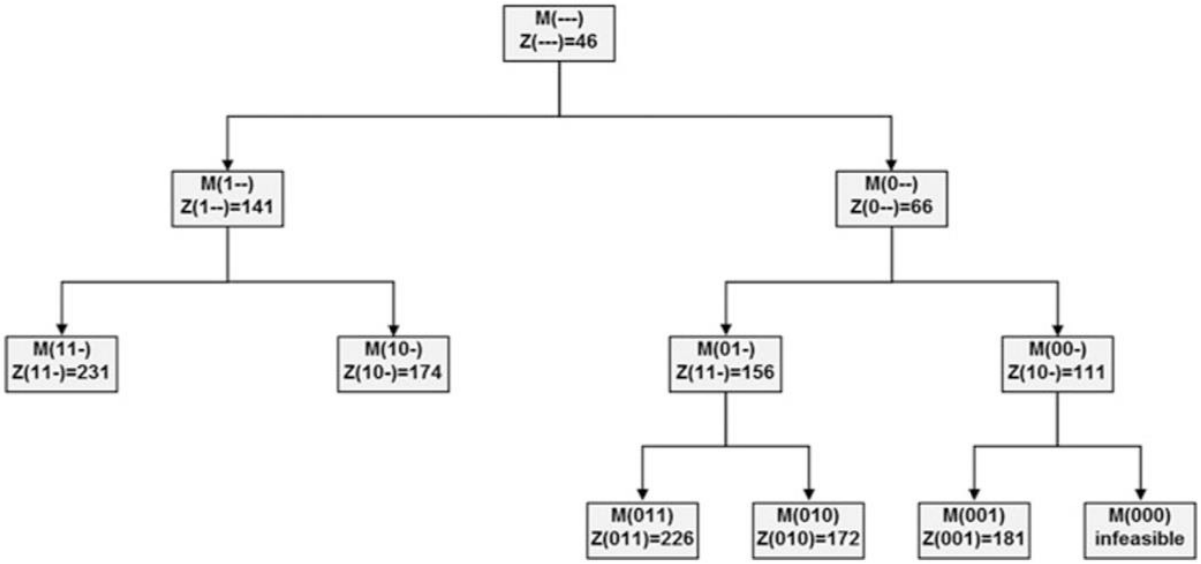
Gambar 7.12 Pohon setelah backtracking dan langkah percabangan keempat

Kami membuat sub-masalah11-serta sub-masalah10 dan menentukan batas bawah biaya (Gambar 7.13). Untuk kedua sub-masalah, batas bawah 231 dan 174 melebihi biaya 172 dari solusi biaya terkecil yang ditemukan sejauh ini. Oleh karena itu, tidak perlu menganalisis dua sub-masalah lebih lanjut karena tidak mungkin menemukan solusi yang lebih baik untuk model WLP. Seperti yang kita lihat dari pohon terakhir pada Gambar 7.13 tidak perlu untuk menghasilkan semua kemungkinan sub-masalah jika kita menyimpan solusi terbaik yang ditemukan sejauh ini.

Wawasan Praktis

Untuk kasus kecil, b&b adalah metode yang cocok. Namun, solusi dari masalah kehidupan nyata melibatkan kompleksitas yang lebih tinggi. Ini membuatnya perlu untuk menyelesaikan WLP dengan metode heuristik yang berbeda (tidak menawarkan jaminan untuk menemukan solusi terbaik yang tersedia) daripada algoritma yang tepat.

Alasan untuk ini adalah tingginya jumlah variabel integer. Namun, prosedur heuristik tidak menawarkan jaminan untuk menemukan solusi optimal.



Gambar 7.13 Pohon setelah lacak balik ganda dan langkah percabangan kelima

WLP berkapasitas

Kami sekarang menyelidiki dampak kapasitas terbatas pada SCD. Oleh karena itu, perlu diketahui jumlah qs (s S) yang dapat ditangani oleh setiap pengecer per tahun. Selanjutnya, untuk menetapkan jumlah yang cukup untuk setiap pengecer, kita perlu memiliki jumlah permintaan dan dm dari setiap pasar (m M). Untuk kasus PPS, jumlah maksimal yang dapat ditangani oleh pengecer dirangkum dalam Tabel 7.3. Tabel 7.4 menunjukkan permintaan tahunan yang diharapkan dari enam pasar. Semua nilai dinyatakan dalam jumlah unit pengepakan (paket).

Tabel 7.3 Jumlah penanganan tahunan (unit pengepakan) dari pengecer/pasar

s	q_s
TriColor Sportive (FRA	20.000
TT profi (GER)	20.000
Competitive Fitness (UK)	15.000
Competitive Sport Clothes (IDN)	15.000

Tabel 7.4 Permintaan tahunan enam unit pengepakan pasar

M	d_m
FRA	5000
GER	8500
UK	3200
SEE	2800
SWE	2100
IDN	1700

Tentu saja, tidak ada reseller yang hanya mampu melayani total permintaan sebanyak 23.300 unit packing. Oleh karena itu, diperlukan setidaknya dua reseller yang tergabung. Akibatnya, setidaknya jumlah penanganan tetap tahunan kedua harus dibayar. Berbeda dengan WLP tanpa kapasitas, solusi optimal untuk kasus yang diselidiki di sini, yang disebut

CWLP atau Capacitated Plant Location Model (CPLM) berbeda dari solusi WLP, karena lebih dari satu reseller dianggap dalam solusi optimal.

Sekali lagi, kita harus membuat keputusan tentang penggabungan reseller, sehingga keputusan yang sesuai dikodekan lagi oleh variabel keputusan biner y_s ($s \in S$). Dalam WLP kami menggunakan keluarga variabel keputusan biner xsm untuk mewakili keputusan tentang pemasanganSupplier(pengecer)sambungan sambungan transportasi dengan pasar. Dalam konteks CWLP, perlu juga untuk menentukan jumlah yang dikirim di sepanjang jalur transportasi. Oleh karena itu, kami menggunakan keluarga variabel keputusan non-negatif zsm untuk mewakili keputusan tentang pemasangan dan penggunaan jaringan transportasi. Jika zsm sama dengan 0, maka tidak ada tautan yang dipasang untuk menghubungkan Supplier s dengan pasar m. Jika zsm lebih besar dari 0, maka nilai zsm diinterpretasikan sebagai kuantitas yang dikirim sepanjang jalur transportasi yang berasal dari Supplier dan berakhir di pasar m.

Kami telah menggunakan nilai csm biaya tetap tahunan untuk menentukan biaya tahunan untuk penggabungan hubungan transportasi antara lokasi suplai s dan pasar m. Parameter ini menentukan biaya tahunan untuk memindahkan seluruh permintaan pasar sasaran dari sumber suplai. Dalam CWLP, kami bertujuan untuk mendistribusikan permintaan total pasar di antara jalur transportasi yang berbeda; perlu diketahui biaya c'sm untuk memindahkan satu unit paket di sepanjang jalur transportasi, menghubungkan sumber suplai s dengan pasar m.

Kita dapat menghitung nilai c'sm dari nilai-nilai yang terdapat pada Tabel 7.1. Kami menjelaskan ini sebagai contoh hubungan transportasi antara pengecer Inggris dan pasar SEE. Di sini, total biaya untuk mengirimkan permintaan pasar 2800 unit paket adalah Rp. 240.000.000 per tahun, sehingga setiap unit paket yang dikirim antara Supplier di Inggris dan pasar SEE memiliki biaya Rp. 240.000.000 /Rp. 280.000.000 unit paket Rp. 85,7 juta. Tabel 7.5 merangkum biaya pengiriman c'sm per unit paket.

Tabel 7.5 Biaya pengiriman c'_{sm} antara pengecer Eropa dan pasar per unit paket

	j = 1	**j = 2**	**j = 3**	**j = 4**	**j = 5**	**j = 6**
	FRA	**GER**	**UK**	**SEE**	**SWE**	**IDN**
TriColor Sportive (FRA)	0.80	2.82	3.75	8.21	7.62	11.18
TT Profi (GER	4.80	0.12	5.94	3.93	6.67	7.65
Competitive fitness (UK)	6.00	1.88	0.94	8.57	10.00	10.00
Competitive Sport Clothes (IDN)	7.00	1.65	0.88	6.55	8.99	10.00

Menggunakan koefisien biaya transportasi per unit paket serta variabel keputusan z_{sm} untuk jumlah yang dikirim, kita dapat menentukan biaya distribusi keseluruhan ZCWLP per tahun menurut Persamaan. (7.14).

Persamaan 7.14

$$Z^{CWLP} = \sum_{s \in S} f_s * y_s + \sum_{s \in S} \sum_{m \in M} c'_{sm} * z_{sm}$$

Dengan menggunakan variabel kuantitas aliran z_{sm}, kita dapat memformulasi ulang permintaan yang mencakup kendala (7.2), sehingga suplai pasar dari lebih dari satu Supplier (reseller) juga menjadi mungkin.

Persamaan 7.15

$$\sum_{s \in S} z_{sm} \geq d_{s,} \forall m \in M$$

Demikian pula, kita harus memastikan bahwa tidak ada Supplier (pengecer) yang bermaksud mengirimkan lebih banyak jumlah daripada yang tersedia ke semua pasar secara bersamaan. Kendala seperti itu tidak terdapat dalam model WLP tanpa kapasitas. Sisi kiri kendala (7.16) menghitung jumlah suplai aktual yang dikirim dari Supplier ke semua pasar lain dan jumlah ini tidak boleh melebihi jumlah yang tersedia q_s.

Persamaan 7.16

$$\sum_{m \in M} z_{sm} \leq q_{s,} \forall m \in S$$

Sekali lagi, perlu untuk memastikan bahwa Supplier(reseller)mengirimkan jumlah hanya jika reseller s ini tidak dipertimbangkan, yaitu perlu mengkode implikasi zsm 0 ⟹ ys =1 dalam kendala linier. Kita dapat menyesuaikan batasan yang sesuai (7.3) dan mendapatkan batasan (7.17). Dalam batasan ini, K mewakili angka "cukup besar", mis. K dapat diatur ke 1000.000 dalam skenario kasus PSS. Jika $z_{sm} > 0$ untuk pasar tertentu m dan jika Persamaan. (7.17) harus valid, maka perlu bahwa K $y_s > 0$, yang setara dengan fakta bahwa $y_s > 0$ dan ini berarti Supplier s dipertimbangkan. Teknik untuk memodelkan implikasi logis antara variabel keputusan non-biner dan biner ini disebut "metode-K-besar" atau "metode-M-besar". Penting untuk memilih nilai K yang sesuai untuk setiap skenario yang dimodelkan.

Persamaan 7.17

$$\sum_{s \in S} z_{sm} \geq K * y_{s,} \forall s \in S, \forall m \in S$$

Akhirnya, domain dari variabel keputusan yang tergabung dideklarasikan oleh kendala (7.18).

Persamaan 7.18

$$y_s \in \{0; 1\} \ \forall s \in S, z_{sm} \geq 0 \forall (s, m) \in T$$

Dengan menggunakan ekspresi matematika yang disebutkan di atas, kita sekarang siap untuk menyatakan tantangan CWLP dengan tepat:

Perlu untuk meminimalkan total biaya untuk pemasangan fasilitas dan pengiriman paket seperti yang dinyatakan dalam (7.14), sehingga permintaan masing-masing pasar tercakup (7.15), tetapi tidak ada Supplier yang mendistribusikan lebih dari jumlah stok lokalnya (7.16) . Jika kita menggunakan fasilitas untuk memasok pasar, maka fasilitas ini harus terbuka (7.17). Setiap fasilitas yang tersedia dibuka atau ditutup dan jumlah paket yang akan dikirim antara setiap pasangan Supplier dan pasar harus ditentukan (7.18).

Rumusan masalah formal murni dari CWLP adalah sebagai berikut: meminimalkan (7.14) sedangkan kendala (7.15)-(7.18) dihormati. Gambar 7.14 merepresentasikan masalah CWLP dalam bentuk spreadsheet Excel. Perlunya mempertimbangkan keterbatasan jumlah suplai di Supplier (reseller) yang berbeda membuat proses penyelesaian CWLP lebih menantang dibandingkan dengan penyelesaian WLP. Secara khusus, menjadi perlu untuk mendefinisikan kembali komponen dari algoritma b&b yang digunakan untuk WLP.

Kesulitan utama adalah untuk memutuskan apakah sub-masalah memiliki solusi yang layak, yaitu, untuk mengetahui apakah Supplier yang sudah dipertimbangkan dan masih belum ditangani dapat menyediakan kapasitas yang cukup untuk memenuhi permintaan dari semua pasar. Evaluasi satu sub-masalah menjadi cukup rumit dan membutuhkan upaya komputasi yang besar. Oleh karena itu, kami merujuk pembaca ke literatur ilmiah (Daskin 1995; Drezner 1995; Melo et al. 2009; Benyoucef et al. 2013; Askin et al. 2014) dan hanya melaporkan pendekatan spreadsheet untuk CWLP.

Gambar 7.14 menggambarkan model spreadsheet yang digunakan untuk menyediakan semua data masalah ke Excel Solver. Perhatian khusus diberikan pada persiapan penanganan kendala kuantitas pada kuantitas suplai maksimal (7.15) serta kuantitas yang paling sedikit disediakan untuk memenuhi permintaan pasar individu (7.16).
Bagian atas spreadsheet dari baris 1 hingga baris 12 berisi parameter masalah sekarang termasuk stok yang tersedia secara lokal (kolom C) serta permintaan yang diungkapkan dari masing-masing pasar (baris 12). Matriks biaya (E9:J11) berisi biaya untuk pengiriman satu unit paket, bukan biaya tahunan untuk melayani pasar yang lengkap (biaya tahunan untuk pemasangan jaringan transportasi di WLP).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2												
3	PowerPong Sports - Distribution Costs, Demand and Availability											
4												
5	Distribution costs per loading unit in EUR											
6			max.		All markets							
7	i	re-sellers	handling	annual fixed costs	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6		
8			quantities S_i		FRA	GER	UK	SEE	SVE	NEU		
9	1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)	20000	95000	0,80	2,82	3,75	8,21	7,62	11,18		
10	2 (GER)	TT Profi (GER)	20000	90000	4,80	0,12	5,94	3,93	6,67	7,65		
11	3 (UK)	Competitive Fitness (UK)	15000	70000	6,00	1,88	0,94	8,57	10,00	10,00		
12	demanded packages D_j		55000		5000	8500	3200	2800	2100	1700	23300	
13												
14	Decisions about incorporated re-sellers and established delivery links from re-sellers into markets											
15												
16					delivery quantities (z_{ij})							
17	i	re-sellers		y_i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	deliverred	excess
18					FRA	GER	UK	SEE	SVE	NEU	quantities	quantities
19	1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)									0	-20000
20	2 (GER)	TT Profi (GER)									0	-20000
21	3 (UK)	Competitive Fitness (UK)									0	-15000
22	fulfilled demand				0	0	0	0	0	0		
23	uncovered deman				5000	8500	3200	2800	2100	1700		
24												
25	Cost calculation (all values in EUR)											
26												
27	annual fixed costs from selected re-sellers						0					
28	re-distribution costs						0					
29	total costs						0					

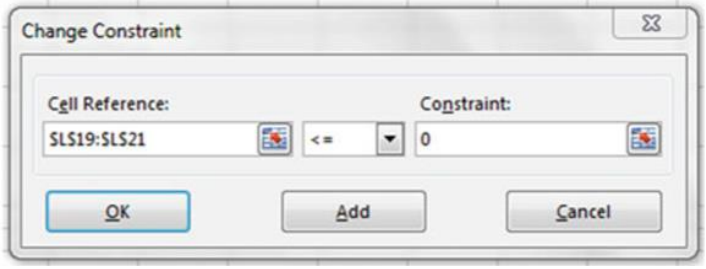
Gambar 7.14 Model spreadsheet CWLP

Bagian tengah spreadsheet dari baris 14 hingga baris 23 berisi sel variabel (D19:J21). Selain itu, kami menghitung permintaan yang terpenuhi (baris 22) serta permintaan terbuka (tidak tertutup) untuk setiap pasar (baris 23). Nilai yang disebutkan terakhir digunakan kemudian dalam perumusan kendala yang disebarkan ke pemecah. Selanjutnya, kita dapat menghitung jumlah total pengiriman dari masing-masing Supplier (kolom K) serta kelebihan stok lokal (kolom L). Kami akan memasukkan nilai kelebihan stok ke dalam batasan. Bagian bawah spreadsheet berisi biaya yang dihitung dari parameter serta dari sel variabel (baris 27-29). Dalam Gambar. 7.15, 7.16, 7.17, dan 7.18, kami menggambarkan pembangunan sistem kendala [Persamaan. (7.15)–(7.18)] untuk CWLP.



Gambar 7.15 Representasi permintaan yang mencakup kendala (7.15) di add-in Excel Solver

Menurut batasan yang ditunjukkan pada Gambar 7.15, kami menerapkan add-in solver untuk menghindari permintaan yang tidak tercakup. Menurut batasan yang ditunjukkan pada Gambar. 7.16, add-in solver diinstruksikan untuk mencegah kelebihan stok di Supplier. Metode Big-K untuk mewakili ketergantungan logis antara penggunaan Supplier dan jumlah pengiriman yang dikodekan dalam kendala (7.17) ditunjukkan pada Gambar 7.17, di mana K 1.000.000.000. Akhirnya, Gambar 7.18 menunjukkan spesifikasi domain untuk jumlah yang dikirim yang diwakili oleh keluarga variabel keputusan zsm. Pada Gambar 7.19, solusi untuk CWLP disajikan.



Gambar 7.16 Representasi batasan stok terbatas (7.16) di add-in Excel Solver



Gambar 7.17 Representasi keluarga kendala (7.17) di add-in Excel Solver



Gambar 7.18 Representasi dari keluarga kendala (7.18) di add-in Excel Solver

Untuk menguji model ini, pertama-tama kami menggunakannya untuk menyelesaikan skenario WLP. Kami berasumsi bahwa setiap Supplier (reseller) mampu menangani keseluruhan permintaan dari semua pasar. Jumlah stok yang cukup tinggi telah ditentukan dalam sel C9, C10, dan C11. Menghasilkan solusi optimal yang sama seperti yang ditunjukkan

pada Gambar 7.7.Hanya pengecer#2 yang digunakan dan total biaya sama dengan 172.000 rupiah.

Pada percobaan kedua, kami membatasi ukuran stok (jumlah maksimum penanganan untuk setiap pengecer) sesuai dengan nilai yang dikompilasi pada Tabel 7.3. Solusi optimal ditunjukkan pada Gambar 7.20. Dalam hal ini, perlu untuk mempertimbangkan pengecer kedua karena TTProfi tidak dapat menangani total permintaan tahunan untuk enam pasar. Dalam solusi baru, model menyarankan untuk juga mempertimbangkan pengecer #3. Ini memberikan kontribusi 100 paket untuk pengiriman ke pasar FRA dan memenuhi permintaan pasar Inggris yang lengkap. Total biaya telah meningkat dari 172.000 rupiah menjadi 226.120 rupiah. Ini adalah peningkatan 54.120 rupiah. Pertimbangan pengecer kedua dikenakan biaya 70.000 rupiah per tahun.

PowerPong Sports - Distribution Costs, Demand and Availability

Distribution costs per loading unit in EUR

i	re-sellers	max. handling quantities S_i	annual fixed costs	All markets j=1 FRA	j=2 GER	j=3 UK	j=4 SEE	j=5 SVE	j=6 NEU
1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)	25000	95000	0,80	2,82	3,75	8,21	7,62	11,18
2 (GER)	TT Profi (GER)	25000	90000	4,80	0,12	5,94	3,93	6,67	7,65
3 (UK)	Competitive Fitness (UK)	25000	70000	6,00	1,88	0,94	8,57	10,00	10,00
demanded packages D_j		75000		5000	8500	3200	2800	2100	1700

23300

Decisions about incorporated re-sellers and established delivery links from re-sellers into markets

i	re-sellers	y_i	delivery quantities (z_{ij}) j=1 FRA	j=2 GER	j=3 UK	j=4 SEE	j=5 SVE	j=6 NEU	delivered quantities	excess quantities
1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)	0	0	0	0	0	0	0	0	-25000
2 (GER)	TT Profi (GER)	1	5000	8500	3200	2800	2100	1700	23300	-1700
3 (UK)	Competitive Fitness (UK)	0	0	0	0	0	0	0	0	-25000
fulfilled demand			5000	8500	3200	2800	2100	1700		
uncovered deman			0	0	0	0	0	0		

Cost calculation (all values in EUR)

annual fixed costs from selected re-sellers	90000
re-distribution costs	82000
total costs	172000

Gambar 7.19 Mengembalikan solusi optimal ke skenario CWLP dalam kasus PPS

Selain itu, kuantitas penanganan yang terbatas memerlukan penyertaan Inggris untuk menyelamatkan pasar GER dengan peningkatan biaya transportasi sebesar 120 rupiah, tetapi kita dapat memperoleh keuntungan dari biaya transportasi yang lebih murah yang menghemat 16.000 rupiah. Oleh karena itu, kami memperoleh penghematan total 16.000 rupiah–120 rupiah x 15.880 rupiah dalam biaya pengiriman, tetapi kami harus membayar tambahan 70.000 rupiah dalam biaya tetap tahunan kepada pengecer kedua.

Lokasi Fasilitas Regional

Pendekatan berbasis WLP mendukung identifikasi wilayah yang harus dipertimbangkan untuk mendirikan SC. Wilayah ini mungkin benua, negara, negara bagian, atau bahkan pertanian, area tumbuh, atau perkebunan yang memasok atau mengonsumsi

produk. Menurut skema perencanaan lokasi, hasil dari fase I (wilayah yang akan dipertimbangkan dalam calon SCD) diteruskan ke fase II di mana satu atau beberapa lokasi harus diidentifikasi untuk setiap wilayah sebagai node jaringan.

Dalam konteks kasus PPS, region adalah negara yang menjadi tuan rumah reseller atau pasar. Keputusan khas fase II sekarang adalah memilih gudang tujuan pengiriman paket dari China dan dari mana pelanggan di pasar menerima pengiriman mereka. Kita sekarang dapat mengasumsikan bahwa fasilitas pengecer regional yang ada terlalu kecil untuk menangani pengiriman tambahan yang terkait dengan bola bebas seluloid dan ada penjual yang mencari lokasi baru di negara terkait untuk membangun atau menyewa gudang baru. Bagian ini membahas masalah khusus dalam mengidentifikasi kandidat yang menjanjikan untuk mendirikan fasilitas baru yang dapat menangani material yang masuk dan keluar sebagai bagian dari SC global. Secara khusus, kami akan

- menjadi terbiasa dengan masalah keputusan fase II yang umum terkait dengan perencanaan lokasi;
- memperkenalkan model sederhana pusat gravitasi yang mewakili situasi keputusan fase II;
- mengembangkan perhitungan matematis sederhana untuk identifikasi dan penentuan koordinat lokasi yang optimal;
- pertimbangkan pengetahuan dan permintaan yang tersedia sambil menurunkan lokasi optimal tersebut dengan memecahkan apa yang disebut model Steiner-Weber;
- pelajari bagaimana algoritma Miehle dapat digunakan untuk menyelesaikan model Steiner-Weber.

PowerPong Sports – Distribution Costs, Demand and Availability

Distribution costs per loading unit in EUR

i	re-sellers	max. handling quantities S_i	annual fixed costs	All markets j=1 FRA	j=2 GER	j=3 UK	j=4 SEE	j=5 SWE	j=6 NEU
1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)	20000	95000	0,80	2,82	3,75	8,21	7,62	11,18
2 (GER)	TT Profi (GER)	20000	90000	4,80	0,12	5,94	3,93	6,67	7,65
3 (UK)	Competitive Fitness (UK)	15000	70000	6,00	1,88	0,94	8,57	10,00	10,00
demanded packages D_j		55000		5000	8500	3200	2800	2100	1700

23300

Decisions about incorporated re-sellers and established delivery links from re-sellers into markets

i	re-sellers	y_i	delivery quantities (z_{ij}) j=1 FRA	j=2 GER	j=3 UK	j=4 SEE	j=5 SWE	j=6 NEU	deliverred quantities	excess quantities
1 (FRA)	TriColor Sportive (FRA)	0	0	0	0	0	0	0	0	-20000
2 (GER)	TT Profi (GER)	1	4900	8500	0	2800	2100	1700	20000	0
3 (UK)	Competitive Fitness (UK)	1	100	0	3200	0	0	0	3300	-11700
fulfilled demand			5000	8500	3200	2800	2100	1700		
uncovered deman			0	0	0	0	0	0		

Cost calculation (all values in EUR)

annual fixed costs from selected re-sellers	160000
re-distribution costs	66120
total costs	226120

Gambar 7.20 Mengembalikan solusi optimal untuk skenario CWLP dalam kasus PPS

Deskripsi Masalah Manajemen

Kami mempertimbangkan situasi keputusan fase II dari TT Profi, pengecer Indonesia yang dipilih oleh PPSa sebagai bagian dari SC globalnya. TTProfi sedang mencari gudang baru di Indonesia untuk menerima aliran material masuk dari pabrik PPS di Shanghai. Dari fasilitas ini lima mitra ritel lokal utama, yang ditunjukkan pada Tabel 7.6, menerima pengiriman mereka.

Setiap pengiriman dilakukan oleh perusahaan ekspedisi kecil yang dibayar sesuai dengan jarak antara titik pengambilan dan titik pengiriman kiriman. Untuk menekan biaya distribusi serendah mungkin, TT Profi ingin membuka gudang barunya di lokasi dengan jarak transportasi tahunan terkecil yang harus dijembatani. Ketua TT Profi ingin tahu di koordinat mana gudang baru harus ditempatkan untuk meminimalkan total biaya transportasi dari gudang ke semua pelanggan.

7.5 MODEL MATEMATIKA DARI SITUASI KEPUTUSAN

Isu-isu yang relevan dalam masalah keputusan ini adalah lokasi pelanggan, jarak dari gudang ke pelanggan, dan permintaan pelanggan. Setiap lokasi pelanggan diwakili oleh pasangan koordinat (x;y) yang terurut. Koordinat (x;y) dari lima lokasi diberikan pada kolom ketiga dan keempat dari Tabel 7.6. Data ini tidak dapat dimodifikasi; mereka adalah data input atau parameter masalah. Koordinat pelanggan i diberi nama (x_i; y_i), mis. (x_1; y_1) (10; 80) dan seterusnya. Permintaan untuk setiap pelanggan juga diberikan dan dilambangkan sebagai D(x_i; y_i).

Sebaliknya, (x; y)-koordinat (p_x; p_y) dari gudang baru adalah variabel dan harus ditentukan. Akibatnya, px serta py adalah variabel keputusan dalam skenario keputusan yang diselidiki. Kami berasumsi bahwa jumlah total biaya transportasi sebanding dengan jarak dan volume transportasi (yaitu, permintaan). Ini membawa kita pada perumusan fungsi tujuan, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan. (7.19):

Persamaan 7.19

$$Z(px; py) = \sum_{i=1}^{N} d((px, py)\ ;\ (xi; yi)\ \rightarrow min$$

Tabel 7.6 Pelanggan dari TT Prof

Kita dapat mengamati bahwa total biaya transportasi tergantung pada koordinat px dan py dari calon gudang dan jarak. Kami berasumsi bahwa jumlah total biaya transportasi dari calon lokasi gudang (px;py) ke lokasi pelanggan (xi; yi) kurang lebih setara dengan jarak dan permintaan. Oleh karena itu, jarak d((px; py); (xi; yi)) antara lokasi pelanggan ke-i dan gudang harus ditentukan untuk menghitung biaya transportasi.

Untuk meminimalkan pembayaran ke perusahaan penerusan, perlu memvariasikan px dan juga py selama Z(px; py) menjadi minimal. Minimisasi (7.19) mewakili situasi keputusan untuk mengidentifikasi fasilitas biaya terendah untuk TT Prof, sehingga dapat dipahami sebagai model untuk situasi keputusan yang diuraikan.

Memecahkan Model Matematika: Pendekatan Pusat Gravitasi

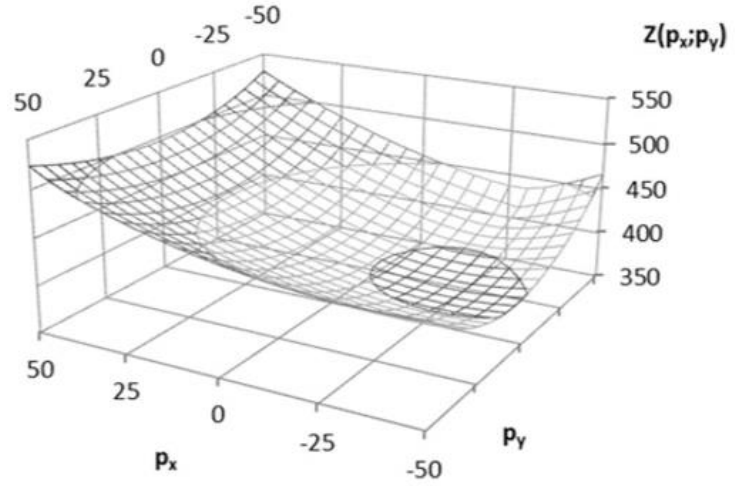
Kami menyebut setiap pasangan (px; py) yang meminimalkan (7.19) solusi optimal dari model (7.19). Karena tidak ada batasan lebih lanjut untuk dipertimbangkan yang membatasi pemilihan nilai px atau py, masalah keputusan yang diwakili oleh (7.19) termasuk dalam kategori masalah optimasi global. Semua kemungkinan nilai px dan py merepresentasikan solusi fisibel dari (7.19) dan oleh karena itu merupakan kandidat untuk menjadi solusi optimal. Ada dua pilihan untuk menghitung jarak. Perhentian pertama adalah jarak garis langsung (jarak Euclidean) dan yang kedua adalah perhitungan jarak ortografis (persegi). Menurut opsi

pertama, jarak sama dengan jarak Euclidean antara dua titik di bidang ini. Nilai ini dapat ditentukan menurut Teorema Pythagoras yang mengarah ke Persamaan. (7.20).

Persamaan 7.20

$$d((px;py);(xi;xy)) = \sqrt{(x_i - p_x)^2 + (y_i - p_i)^2}$$

Gambar 7.21 menggambarkan jarak total dari gudang ke semua pelanggan yang bergantung pada koordinat gudang (px;py)(tanpa pertimbangan permintaan). Kami mengamati bahwa fungsi Z menunjukkan tepat satu minimum; ini berarti ada tepat satu pasangan (px;py) yang meminimalkan Z. Membaca nilai pasti dari pasangan optimal ini hampir tidak mungkin. Selanjutnya, jika jumlah pelanggan N cukup tinggi maka menggambar gambar yang sama membutuhkan upaya komputasi yang besar. Untuk itu diperlukan metode yang lebih cepat dan handal untuk penentuan pasangan koordinat gudang yang optimal.



Gambar 7.21 Jarak total ke semua pelanggan (nilai fungsi tujuan) dalam ketergantungan nilai px dan juga py (semua nilai diberikan dalam kilometer)

Fungsi Z kontinyu dan terdiferensialkan dan variabel keputusan tidak dibatasi. Oleh karena itu, kita dapat menentukan titik optimal Z dengan kalkulus diferensial. Langkah-langkah berturut-turut berikut harus dijalankan dalam urutan yang diberikan.

1. Turunan pertama Z0 dari Z ditentukan
2. Nol dari Z0 ditentukan

Persamaan 7.21

$$\frac{dZ}{dp_x} = \frac{Np_x}{\sqrt{(x_i - p_x)^2 + (y_i - p_i)^2}} - \sum_{i=1}^{N} \frac{x_i}{\sqrt{(x_i - p_x)^2 + (y_i - p_i)^2}}$$

Persamaan 7.22

$$\frac{dZ}{dp_y} = \frac{Np_y}{\sqrt{(x_i - p_y)^2 + (y_i - p_y)^2}} - \sum_{i=1}^{N} \frac{y_i}{\sqrt{(x_i - p_y)^2 + (y_i - p_y)^2}}$$

Kita mulai dengan situasi di mana kita tidak mempertimbangkan permintaan individual, yaitu D (xi;yi)=1 untuk semua. Karena Zi adalah fungsi dari dua variabel keputusan spx serta py, turunan Z0 terdiri dari dua turunan parsial(7.21) dan (7.22). Mereka dapat ditentukan dengan mempertimbangkan py dan px masing-masing sebagai invarian.

Persamaan 7.23

$$p_x = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N}$$

Persamaan 7.24

$$p_y = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N}$$

Mengatur bagian kanan dari Persamaan. (7.21) sama dengan 0 mengarah ke rumus (7.23) dan mengatur sisi kanan Persamaan. (7.22) sama dengan 0 hasil dalam rumus (7.24). Kedua rumus (7.23) dan (7.24) ini dapat digunakan untuk menentukan nilai optimal dari koordinat gudang. Penerapan formula yang dikembangkan menentukan lokasi gudang yang optimal untuk TT Prof. Kami mendapatkan koordinat optimal $p_x = \frac{10-45+60+45-75}{5}$ dan $p_y = \frac{-80-80+50-75+80}{5}$. Menggunakan dua rumus ini memungkinkan kita untuk mendapatkan solusi optimal dari model (7.19) (tanpa pertimbangan permintaan) dari parameter masalah yang disediakan.

Kami sekarang menggabungkan permintaan yang terkait dengan setiap subjek pelanggan dalam model (7.19). Ini diperlukan karena perusahaan ekspedisi biasanya dibayar sesuai dengan jarak yang dijembatani dan jumlah yang dipindahkan. Produk jarak (diukur dalam km) dan berat (diukur dalam ton) disebut kinerja transportasi. Dinyatakan dalam ton kilometer (tkm). Model (7.19) disebut model analisis lokasi pusat gravitasi (Chopra dan Meindl 2012) atau model Steiner-Weber (Domschke dan Drexl 1985). Menggunakan data permintaan, rumus (7.25) dan (7.26) digunakan untuk menghitung koordinat optimal.

Persamaan 7.25

$$p_x = \frac{\sum_{j=1}^{N} \frac{D(x_j, y_j) \ * \ x_j}{\sqrt{(p_x - x_j)^2 + (p_y - y_j)^2}}}{\sum_{j=1}^{N} \frac{D(x_j, y_j)}{\sqrt{(p_x - x_j)^2 + (p_y - y_j)^2}}}$$

Persamaan 7.26

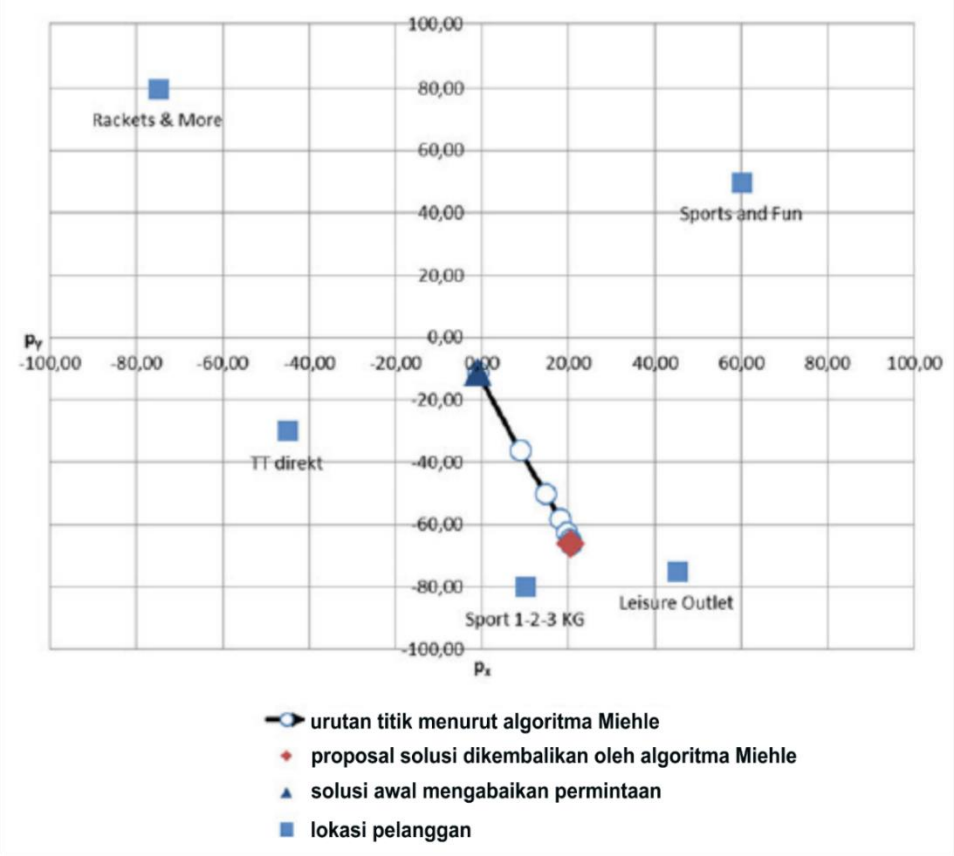
$$p_y = \frac{\sum_{j=1}^{N} \frac{D(x_j, y_j) \ * \ y_j}{\sqrt{(p_x - x_j)^2 + (p_y - y_j)^2}}}{\sum_{j=1}^{N} \frac{D(x_j, y_j)}{\sqrt{(p_x - x_j)^2 + (p_y - y_j)^2}}}$$

Penentuan pasangan koordinat yang optimal untuk gudang lagi-lagi membutuhkan penentuan turunan arah. Kedua fungsi ini kemudian disetel sama dengan 0 dan kita mendapatkan ekspresi (7,25) dan (7,26), masing-masing, untuk mengekspresikan p_x dan p_y. Sayangnya, karakterisasi px dan py ini bersifat rekursif, yang berarti bahwa kita memerlukan px (di sisi kanan persamaan) untuk menghitung p_x. Masalah yang sama diamati untuk penentuan p_y. Tidak mungkin mentransformasikan kedua persamaan sehingga rekursi dapat dihindari. Kami tidak dapat menentukan nilai (p_x;p_y) seperti yang kami lakukan dalam kasus tanpa data permintaan. Diperlukan pendekatan lain.

Untuk memutus sirkulasi dalam rumus (7,25) dan (7,26), Miehle (1958) mengusulkan pendekatan aproksimasi. Ide dasar dari algoritma Miehle terdiri dari perhitungan berurutan dari urutan solusi (a_0;b_0), (a_1;b_1), (a_2;b_2), ...dari (7.19). Nilai dari (a_i1;b_i1) digunakan sebagai nilai px dan py di bagian kanan Persamaan. (7.25) dan (7.26) dan keduanya digunakan untuk menghitung solusi berikutnya (ai;bi). Pendekatan ini merupakan contoh perhitungan kursif.Jika kita menghitung pasangan koordinat dengan cara ini, maka barisan nilai fungsi tujuan Z(a_0;b_0), Z(a_1 ;b_1), Z(a_2;b_2), ...berkurang dan konvergen menuju nilai kinerja seminimal mungkin. Oleh karena itu, urutan koordinat yang dihitung mendekati pasangan koordinat optimal dari gudang baru sehubungan dengan minimalisasi kinerja transportasi yang diperlukan secara keseluruhan.

Tabel 7.7 Iterasi dari algoritma Miehle yang diterapkan pada data TT Prof'

Iteration	Old solution		Updated solution			Costs
i	a_i	b_i	a_{i+1}	b_{i+1}	Distance	$Z(a_i;b_i)$
0	−1.00	−11.00	8.78	−36.16	26.99	897.38
1	8.78	−36.16	14.69	−50.10	15.14	808.37
2	14.69	−50.10	18.05	−58.14	8.71	771.93
3	18.05	−58.14	19.64	−62.48	4.62	757.29
4	19.64	−62.48	20.28	−64.57	2.18	752.67
5	20.28	−64.57	20.49	−65.48	0.94	751.58
6	20.49	−65.48	20.53	−65.87	0.39	751.37
7	20.53	−65.87	20.52	−66.03	0.16	751.33
8	20.52	−66.03	20.50	−66.10	0.07	751.32
9	20.50	−66.10	20.49	−66.14	0.04	751.32



Gambar 7.22 Representasi grafis dari kemajuan algoritma Miehle

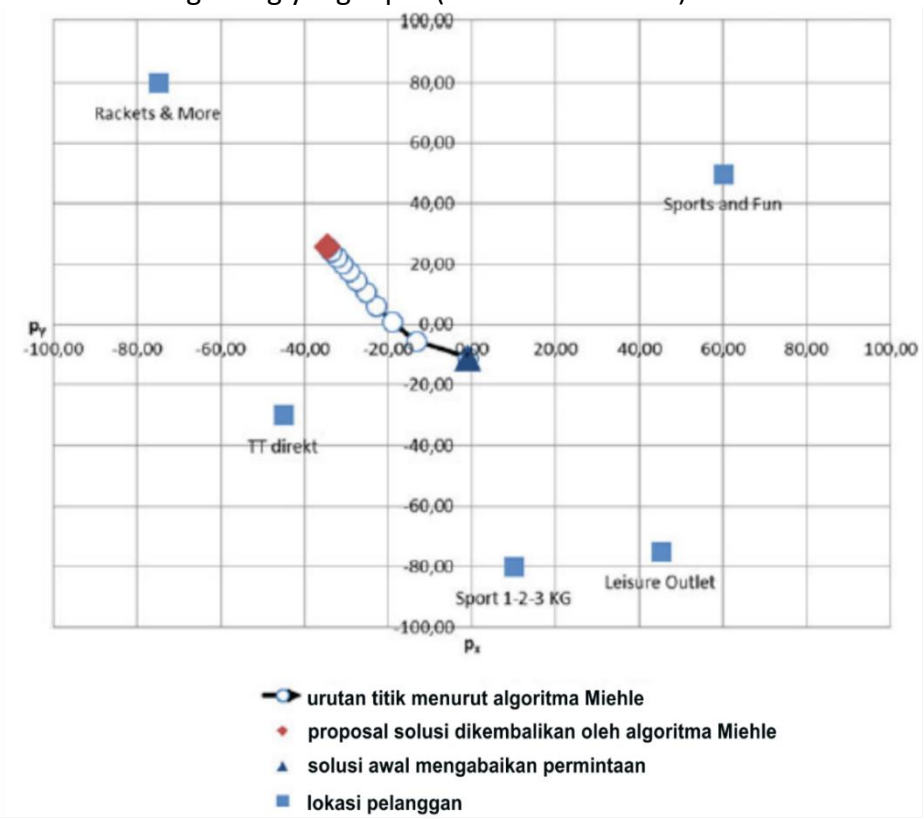
Kami mendemonstrasikan penerapan algoritma Miehle dan menerapkannya pada contoh data yang diberikan pada Tabel 7.6. Dengan mengabaikan permintaan pelanggan, kita dapat menentukan pasangan koordinat pertama (a0;b0) dengan menggunakan rumus (7.23)–(7.24), sehingga kita mulai dengan (a0;b0):= (1; 11). Performa yang dibutuhkan adalah Z (1;11)=89,738 tkm.

Jika kita menetapkan $p_x = a_0 = 1$ dan $p_y = b_0 = 11$ di ruas kanan (7.25) dan(7.26), maka kita mendapatkan solusi yang diperbarui (a_1;b_1) = (8,78; 36 ,16) dengan penurunan nilai kinerja yang dibutuhkan Z(8,78; 36,16) = 80.837 tkm. Iterasi berikutnya diulang dengan cara yang sama dan solusi yang ada diganti dengan yang diperbarui, menerapkan kembali rumus (7,25) dan (7,26) (lihat Tabel 7.7).

Sayangnya, tidak ada jaminan bahwa proses berulang berakhir setelah sejumlah pengulangan tertentu. Untuk alasan ini, kami menghentikan pembaruan solusi segera setelah kami mengamati bahwa solusi asli (ai;bi) dan pembaruannya (ai+1 ;bi+1) telah menjadi serupa. Di sini, kami menyebut dua solusi serupa jika jarak antara dua titik yang diwakili kurang dari 0,05 km. Dalam contoh TT Prof, kami menghentikan algoritma Miehle setelah iterasi sejak usulan solusi kesepuluh (20.50; 66.10) dan pembaruannya (20.49; 66.14) berjarak kurang dari 0,05 km dari satu sama lain (kolom 6 pada Tabel 7.7). Membiarkan koordinat gudang menjadi (20,49; 66,14), total biaya transportasi adalah 751,32 rupiah, tunduk pada (7,19).

Kita telah melihat dalam contoh penerapan algoritma Miehle bahwa nilai fungsi tujuan-Z berkurang setelah setiap pembaruan yang dijalankan dan titik asli dan pembaruannya menjadi lebih dan lebih mirip. Sekarang, kita simpulkan langkah-langkah pendekatan Miehle: Mulai: tentukan pasangan koordinat awal (a0;b0) dengan menerapkan (7.21) untuk menentukan a0 dan (7.22) untuk menentukan b0. Iterasi: selama jarak antara titik (ai;bi) dan pembaruannya (ai+1;bi+1) melebihi ambang batas yang diberikan, maka mulailah siklus pembaruan lain. Jika tidak, kembalikan(ai+1;bi+1) sebagai perkiraan solusi optimal (tidak diketahui) dari model lokasi gravitasi (7.19).

Evolusi solusi antara selama eksekusi algoritma Miehle ditunjukkan pada Gambar 7.22. Kita dapat mengamati bahwa proposal asli (segitiga gelap) jauh dari proposal terakhir (berlian). Karena Leisure Outlet meminta jumlah terbesar dari TTProfi, maka masuk akal untuk menempatkan gudang dekat dengan pelanggan penting ini. Jika pelanggan Rackets & More meningkatkan jumlah permintaan tahunannya menjadi 8 ton, maka akan bermanfaat untuk menempatkan gudang baru di area sebelah kiri atas dari lapangan operasi. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan lokasi gudang yang tepat responsif terhadap data permintaan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengambil estimasi permintaan yang dapat dipercaya dan stabil untuk memilih gudang yang tepat (lihat Gambar 7.23).



Gambar 7.23 Representasi grafis dari kemajuan algoritma Miehle jika Raket & Lainnya membutuhkan 8 ton

Catatan: File Excel yang berisi model spreadsheet dari pendekatan Miehle ke pengaturan TT Profi dapat ditemukan di E-Supplement. Dalam opsi kedua untuk penghitungan jarak, kami menggunakan metode persegi panjang seperti yang ditunjukkan pada rumus (7.27), diikuti oleh (7.28)–(7.29) untuk menentukan p_x; p_y:

Persamaan 7.27

$$D((p_x;p_y);(x_i;y_i)) = |x_i - p_x| + |p_i - p_y|$$

Persamaan 7.28

$$p_x = \frac{\sum_{i=1}^{N} Di * xi}{\sum_{i=1}^{N} Di}$$

Persamaan 7.29

$$p_y = \frac{\sum_{i=1}^{N} Di * yi}{\sum_{i=1}^{N} Di}$$

Menggunakan data dari Tabel 7.6, kita mendapatkan $p_x = \frac{30-45+90+157.5-150}{11} = 7.5$ dan $p_y = \frac{-20-30+75-262.5+160}{11} = -27$. Perhitungan jarak ditunjukkan pada Tabel 7.8. Tunduk pada Persamaan. (7.19), total biaya dihitung sebagai berikut dengan asumsi bahwa biaya per kilometer adalah 1,00:

$$Z=55.5 * 3 + 55.5 *1 + 129.5 *1.5 + 85. * 3.5 + 189.5 * 2 = 1094.5$$

Kita dapat mengamati bahwa total biaya dalam kasus kedua lebih tinggi dari hasil algoritma Miehle. Hal ini pertama-tama dapat dijelaskan oleh jarak yang lebih besar dalam metode kuadrat dibandingkan dengan jarak Euclidian. Kedua, kami menggunakan prosedur yang disederhanakan untuk perhitungan koordinat tanpa memperbaikinya dengan algoritma Miehle. Dengan menggunakan file Excel dalam *E-Supplement* buku ini, Anda dapat membuktikan bahwa membiarkan koordinat awal dari Tabel 7.7 menjadi (7.5; 27), maka algoritma Miehle akan memberikan solusi koordinat yang sama seperti untuk kasus awal dengan koordinat (1; 11). Menetapkan koordinat optimal ini (20,49; 66,14) dalam (7,19) dan menggunakan metrik jarak kuadrat, hitung total biaya transportasi dan bandingkan dengan solusi dengan jarak Euclidian!

Catatan: Dalam hal biaya yang berbeda per kilometer dalam arah yang berbeda, Persamaan. (7.25), (7.26), (7.28), dan (7.29) perlu diperpanjang. Lebih khusus lagi, pembilang dan penyebut dari persamaan yang diberikan perlu dikalikan dengan biaya untuk setiap pelanggan individu, yaitu, di setiap komponen individu dari fungsi penjumlahan.

7.6 ANALISIS PERINGKAT FAKTOR

Studi Kasus OTLG

Volkswagen Original Teile Logistik GmbH & Co. KG (OTLG) adalah mitra layanan untuk suku cadang Volkswagen, Volkswagen Nutzfahrzeuge, Audi, Seat dan koda. OTLG adalah bagian dari tingkat grosir di SC dan bertanggung jawab atas penjualan dan pemasaran. Saat ini, OTLG beroperasi di tujuh lokasi di setiap negara. Pendapatan tahunan perusahaan hampir 2,5 miliar rupiah. Ini melayani hampir 5000 mitra Indonesia dan menempati ruang gudang total lebih dari 300.000 m^2 (setara dengan 47 lapangan sepak bola). Setiap tahun 45.000.000 tindakan panggilan, pengambilan, dan pengiriman materi berlangsung, sesuai dengan sekitar 200.000 operasi harian.

Selama proyek optimasi logistik DNO D (optimasi jaringan distribusi), jaringan distribusi OTLG didesain ulang. Sebelas pusat distribusi (DC) dikonsolidasikan menjadi delapan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.24. Di antara mereka, DC VZ baru didirikan di Ludwigsfelde (lihat Gambar 7.25). Langkah pertama adalah memilih lokasi untuk DC baru. Awalnya, banyak

lokasi potensial dan kriteria seleksi diidentifikasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.26. Selanjutnya, daftar singkat lokasi yang lebih disukai dibuat (Gambar 7.27).

Setelah evaluasi, lokasi Preußenpark dipilih karena memiliki skor terbaik untuk kriteria yang terdaftar. Pada Gambar 7.28, DC baru ditunjukkan. Pertama, koneksi rel dan jalan raya yang sangat baik membuat lokasi yang dipilih lebih disukai. Kriteria ini sangat penting untuk OTLG karena logistik yang sangat dinamis. Setiap hari, 250 truk digunakan untuk suplai reguler dan 200 van kecil digunakan untuk suplai sehari-hari. Ini memastikan bahwa 98% pesanan dipenuhi dalam waktu 24 jam. Jumlah total SKU mencapai hampir 100.000 posisi dengan nilai inventori 43,2 juta rupiah. Setiap hari, lebih dari 30.000 posisi dikirimkan, memungkinkan untuk memasok 402 VW/Audi dan 476 SEAT/Škoda pelanggan dengan suku cadang asli.

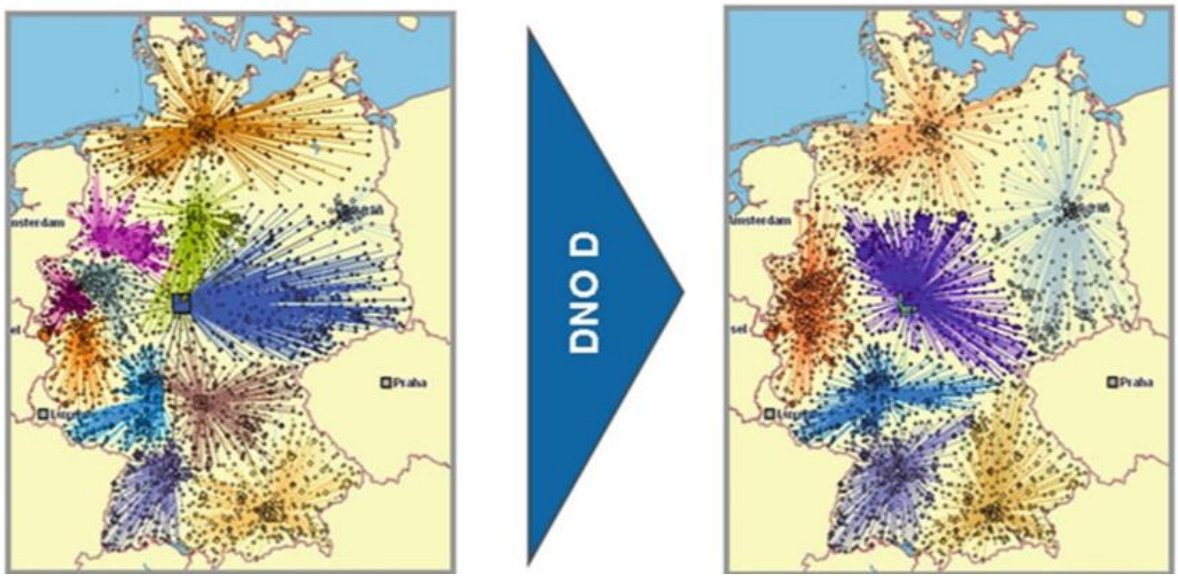
Diskusi

1. Analisis desain ulang jaringan distribusi OTLG. Jenis jaringan logistik apa yang telah diterapkan? Mengapa mencari lokasi baru di Brandenburg?
2. Berdasarkan studi kasus ini, jelaskan langkah-langkah dasar dalam keputusan pemilihan fasilitas! Mengapa kriteria logistik begitu penting bagi OTLG? Kriteria mana yang penting, misalnya, untuk kasus hotel baru?

Metode Peringkat Faktor

Setelah melihat bagaimana OTLG GmbH & Co. KG melakukan analisis mereka untuk mengidentifikasi lokasi yang tepat untuk pusat distribusi mereka, kami perlu melihat secara mendalam kriteria keputusan terkait dan prosedur pengambilan keputusan. Studi kasus OTLG menunjukkan bahwa ombinasi dengan infrastruktur yang sangat baik (hubungan jalan/kereta api), sangat mempengaruhi keputusan mereka. Dengan kata lain, ketersediaan infrastruktur merupakan faktor dengan prioritas tertinggi bagi OTLG GmbH & Co. KG.

Seperti yang dapat Anda bayangkan, tidak semua perusahaan akan menilai kriteria "infrastruktur" sebagai yang paling penting dalam memilih lokasi fasilitas baru. Artinya berbeda



Gambar 7.25 Desain ulang jaringan distribusi di OTLG (# OTLG GmbH & Co. KG)



Gambar 7.28 Pusat distribusi baru di Ludwigsfelde (# OTLG GmbH & Co. KG)

Tabel 7.9 Kriteria pemilihan lokasi fasilitas

Kriteria Kuantitatif	**Kriteria Kualitatif**
Biaya transportasi Biaya Biaya tenaga kerja Biaya material Biaya sewa B iaya tenaga kerja Biaya material Pajak Dukungan keuangan dari pemerintah daerah Biaya bangunan dan konstruksi Biaya sewa	Infrastukutr Kualitas tenaga kerja Pengembangan transportasi Daya beli Pilihan pembiayaan (zona perdagangan bebas, dll.) Supplier Risiko politik Risiko bencana alam Kedekatan dengan pelanggan dan Supplier Iklim bisnis Peraturan lingkungan Keunggulan kompetitif Hambatan pemerintah dan perdagangan

Wawasan Praktis

Dalam praktiknya, daftar kriteria pemilihan lokasi merupakan langkah pertama dalam perencanaan lokasi fasilitas. Di satu sisi, daftar ini bisa menjadi panjang dengan sangat cepat. Inilah sebabnya mengapa merupakan praktik umum untuk membangun kriteria utama dan sub-kelompok untuk memfasilitasi pemahaman yang jelas tentang struktur daftar. Di sisi lain, banyak pakar dari berbagai departemen terlibat dalam penyusunan daftar ini. Mungkin diperlukan waktu yang cukup lama untuk menemukan kompromi tentang kriteria mana yang harus dimasukkan.

Langkah selanjutnya adalah mengevaluasi lokasi potensial yang berbeda sesuai dengan faktor-faktor yang ditentukan. Metode penilaian faktor sangat mudah. Tim yang bertugas mengidentifikasi lokasi baru memilih kriteria yang relevan. Seperti yang akan kita lihat nanti, ini tergantung pada spesifikasi industri, yaitu, setiap perusahaan dalam industri tertentu akan menyusun daftar faktor lokasi lokasi yang berpusat pada perusahaan.

Untuk membuat prosesnya sangat nyata, mari kita asumsikan bahwa kita adalah konsultan dan kita perlu mendukung perusahaan lain seperti OTLG GmbH & Co. KG dalam proses pengambilan keputusan mereka. Bayangkan bahwa dalam tim konsultan kami, kami telah menyusun daftar berikut dengan enam kriteria, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.10. Menurut pentingnya, tim memutuskan jumlah poin maksimum yang dapat diperoleh per faktor lokasi. Untuk kriteria "Infrastruktur" ini mungkin secara hipotesis 300 poin, maksimal. Kemudian tim memberikan poin untuk setiap opsi dan per faktor.

Wawasan Praktis

Mungkin masuk akal untuk membiarkan anggota tim membuat penilaian mereka secara individual dan kemudian menghitung rata-rata per faktor dan opsi. Lembar skor individu diarsipkan sehingga jalur pengambilan keputusan benar-benar transparan dan dapat direproduksi untuk tinjauan selanjutnya

Tabel 7.10 Model peringkat faktor

Lokasi Pabrik	Tingkat min-max	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C
Infrastruktur	0-300	213	232	204
Kedekatan dengan suplier	0-200	170	182	186
Kedekatan dengan pelanggan	0-200	180	171	192
Fasilitas lainnya	0-150	113	165	78
Kualitas tenaga kerja	0-100	72	65	85
Biaya listrik	0-50	42	48	32
Total	0-1000	790	854	777

Misalnya, jika tim manajemen operasi terdiri dari lima anggota dan masing-masing individu menilai faktor pertama dari opsi pertama, skor yang dihasilkan mungkin terlihat seperti ini:

Anggota 1: skor 210
Anggota 2: skor 230
Anggota 3: skor 220
Anggota 4: skor 200
Anggota 5: skor 205

Rata-rata, ini akan menghasilkan 1065/5=213 poin untuk faktor pertama "Infrastruktur" untuk opsi A. Untuk semua kriteria lainnya, latihan serupa harus dilakukan dalam praktik sehingga peringkat yang benar-benar transparan dapat disajikan kepada manajemen senior. Opsi yang menerima skor tertinggi adalah opsi yang disarankan sebagai lokasi baru yang paling sesuai. Dalam contoh kita, ini adalah lokasi B. Jika skor opsi yang berbeda sangat dekat satu sama lain, analisis sensitivitas wajib dilakukan. Kekurangan metode penilaian faktor termasuk fakta bahwa persentase pembobotan yang diberikan per faktor tidak terlihat dengan jelas. Metode yang berguna untuk mengatasi ini adalah apa yang disebut analisis nilai utilitas.

Analisis Nilai Utilitas

Kami akan menguraikan pendekatan prinsip diikuti oleh analisis nilai utilitas (lihat Günther dan Tempelmeier 2009) sehubungan dengan kasus teoretis, di mana pemain global mengembangkan strategi untuk memproduksi dan mendistribusikan barang-barangnya di Asia.

Bayangkan bahwa manajemen puncak dari perusahaan yang berfungsi secara global telah meminta tim SCOM untuk mencari lokasi yang cocok untuk membuat pabrik baru di Asia. Departemen penjualan dari perusahaan global hipotetis itu mungkin telah menilai bahwa

pasar untuk produk perusahaan tumbuh secara signifikan, misalnya, di India. Sebagai akibatnya, tim SCOM akan melakukan penilaian terhadap lokasi-lokasi potensial di sana.

Daftar berikut memberikan gambaran umum untuk menemukan lokasi untuk fasilitas produksi baru tergantung pada tingkat yang berbeda dari masalah keputusan lokasi.

Langkah 1 Pemilihan Wilayah Ekonomi Pertama-tama, masing-masing benua untuk wilayah ekonomi atau zona perdagangan tempat pencarian lokasi yang tepat harus dilakukan harus ditentukan. Pada langkah pertama, kriteria berikut ini sangat penting:

- daya tarik kawasan ekonomi;
- potensi penjualan dan/atau pengembangan pasar yang diharapkan;
- stabilitas politik kawasan;
- persyaratan hukum mengenai pendirian fasilitas produksi, dll.

Langkah 2 Pemilihan Negara Dalam Wilayah Ekonomi Kasus teoretis kami juga menunjukkan bahwa opsi perlu dirampingkan lebih lanjut, yaitu pencarian situs harus dipersempit (di sini difokuskan pada India). Artinya di benua Asia (Langkah 1); sub-benua India telah diidentifikasi pada Langkah 2 untuk pelaksanaan perencanaan lokasi dan analisis lokasi. Selain pengembangan pasar yang diharapkan, ada juga faktor lokasi seperti:

- ketersediaan tenaga kerja;
- kualitas sumber daya manusia, misalnya tingkat pendidikan;
- tingkat gaji dan/atau upah;
- dukungan lokal/regional untuk lokasi fasilitas baru;
- dukungan lokal/daerah terkait pengembangan usaha;
- ketersediaan Supplier yang sesuai;
- ketersediaan teknologi dan/atau infrastruktur transportasi yang memegang peranan penting.

Langkah 3 Pemilihan Wilayah Dalam Negara dalam Wilayah Ekonomi Pada langkah ketiga, sub-benua atau mungkin negara yang diidentifikasi harus dinilai lebih lanjut oleh tim SCOM. Ini berarti kabupaten atau distrik tertentu akan diidentifikasi untuk penempatan fasilitas produksi baru. Pada kenyataannya, kemungkinan besar akan ada beberapa pilihan yang tersedia dan itu akan menjadi tugas para ahli untuk mengidentifikasi lokasi terbaik untuk perusahaan. Untuk melakukan ini, kriteria lebih lanjut harus dipertimbangkan; ini disajikan berikutnya.

Ketika kita merujuk kembali ke contoh kita, tim operasi pengambilan keputusan untuk mengidentifikasi fasilitas baru di India perlu mengevaluasi berbagai alternatif. Ini berarti daftar panjang situs alternatif dibuat dan pilihan yang berbeda kemudian perlu dinilai secara kritis. Penilaian kritis ini harus dapat direproduksi dan perlu dikompilasi sedemikian rupa sehingga manajemen puncak dapat melacak kembali langkah-langkah berbeda yang mengarah pada identifikasi lokasi yang disukai. Dalam praktiknya, sebuah tabel akan dikompilasi yang menunjukkan alternatif yang berbeda, yang kemudian dipetakan dan dinilai berdasarkan daftar faktor lokasi (kriteria) yang telah ditentukan. Ini adalah prinsip dasar dari analisis nilai utilitas. Kriteria ini dapat berupa:

- koneksi ke infrastruktur yang tersedia (misalnya jalan, kereta api, pelabuhan, bandara);
- ketersediaan utilitas (seperti listrik atau air untuk pendinginan);
- ketersediaan bahan baku (misalnya besi untuk produksi baja);
- ketersediaan properti lapangan hijau atau objek/fasilitas yang ada;
- subsidi atau tunjangan perpajakan, dll.

Langkah 4 Pemilihan Lokasi Fasilitas Pada Langkah 4, keputusan akhir untuk lokasi yang dipilih harus dibuktikan jika ada beberapa kemungkinan properti yang tersedia di sebidang tanah

yang sama. Bayangkan, misalnya, mungkin ada kawasan industri yang baru dibuat di mana komunitas asal menawarkan properti yang berbeda untuk dijual. Oleh karena itu, tabel faktor lokasi yang disebutkan di atas akan memberikan bukti untuk identifikasi bidang tanah yang paling cocok untuk fasilitas baru. Oleh karena itu, faktor keputusan akhir dapat berupa:

- dimensi geografis tanah (baik bentuk properti yang lebih memanjang atau persegi panjang atau mungkin segitiga);
- kesesuaian topografi atau kendala yang ada (misalnya tanah berbukit atau tiang listrik yang ada);
- biaya properti dan opsi selanjutnya untuk perluasan/perluasan;
- peluang bagi Supplier untuk mencari lokasi terdekat;
- kendala lingkungan (misalnya mengenai emisi);
- koneksi ke infrastruktur yang ada (aksesibilitas untuk arus masuk dan juga pengiriman barang jadi keluar).

Urutan prinsip kegiatan yang perlu dilakukan oleh tim SCOM untuk melakukan analisis nilai utilitas tersebut adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi opsi lokasi.
2. Menentukan kriteria keputusan (faktor lokasi) dan pengukurannya.
3. Tentukan pembobotan sebesar 100% untuk kriteria yang berbeda.
4. Evaluasi setiap opsi lokasi pada skala yang dinormalisasi untuk mencapai “nilai utilitas parsial” dengan skala dari 1 hingga 10 poin (di mana 10 terbaik).
5. Hitung "nilai utilitas total" dari opsi lokasi dengan mengalikan "nilai utilitas parsial" dengan bobot dan menambahkan nilai-nilai ini.
6. Pilih opsi dengan “total utility value” tertinggi.

Tabel 7.11 menggambarkan contoh sederhana dari aplikasi potensial dari analisis nilai utilitas. Kemungkinan faktor lokasi yang disajikan di atas masing-masing merupakan indikasi inspirasi bagi tim SCOM. Dalam praktiknya, kriteria lokasi akan berbeda tergantung pada industri masing-masing dan akan memiliki prioritas yang berbeda. Misalnya, untuk perusahaan kimia, pembatasan ekologis sangat penting dan untuk industri berat ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan kemungkinan besar akan memiliki pengaruh yang signifikan pada proses pengambilan keputusan. Juga faktor-faktor seperti fasilitas perusahaan lainnya yang ada di wilayah tertentu mungkin memengaruhi keputusan tentang lokasi baru.

Tabel 7.11 Analisis nilai utilitas

Lokasi Pabrik	Berat	Opsi X		Opsi Y		Opsi Z	
		Poin	Nilai parsial	Poin	Nilai parsial	Poin	Nilai Parsial
Infrastruktur	35	7	2.45	8	1.80	6	2.10
Kedekatan dengan suplier	20	6	1.20	7	1.40	8	1.60
Kedekatan dengan situs yang ada	20	8	1.60	4	0.80	9	1.80
Potensi ekspansi	10	6	0.60	7	0.70	7	0.70
Kualitas tenaga kerja	10	8	0.80	3	0.30	8	0.80
Topografi	5	10	0.50	8	0.40	9	0.45
Total	**100**						
Total nilai utilitas			7.15		6.40		7.45

Wawasan Praktis

Keputusan perencanaan lokasi fasilitas menyiratkan penggunaan metode kuantitatif dan kualitatif. Meskipun ketelitian dan kekuatan teknis, metode simulasi dan optimasi bukanlah teknik yang dominan dalam pengambilan keputusan pada perencanaan lokasi fasilitas dan SCD. Dalam praktiknya, keputusan ini biasanya didorong oleh kebijakan perusahaan dan dianalisis dengan bantuan kasus bisnis dan data empiris.

Studi Kasus "Taman Niedersachsen" (Berdasarkan www.niedersachsenpark.de)

Tujuan dari studi kasus ini adalah untuk mengetahui mengapa Adidas Group memilih Niedersachsenpark sebagai lokasi pusat distribusi barunya. Adidas Group adalah produsen barang olahraga terbesar kedua di dunia dan berkantor di bbeberapa negara. Di Indonesia, Adidas Group memiliki tiga pusat distribusi. Kawasan industri dan komersial terbesar di Lower Saxony. Pusat distribusi yang baru didirikan ini adalah yang terbesar dalam hal throughput grup. Pada tahun 2015, Adidas Group mengharapkan produksi 100 juta keping per tahun di pusat distribusi ini. Sebagai perbandingan, dua pusat distribusi bersama-sama mencapai total keluaran 80 juta keping.

Selain throughput yang diharapkan, pusat distribusi baru memiliki keunggulan lebih lanjut seperti lokasinya. Ini sangat penting bagi Grup Adidas karena komponen utama produknya tiba. Dengan demikian, kelompok dapat menekan biaya transportasi dari pelabuhan ke pusat distribusi. Selain itu, sangat fleksibel dalam hal rencana konstruksi dan pengembangan untuk memenuhi persyaratan Grup Adidas.

Tabel 7.12 Analisis peringkat faktor dan nilai utilitas

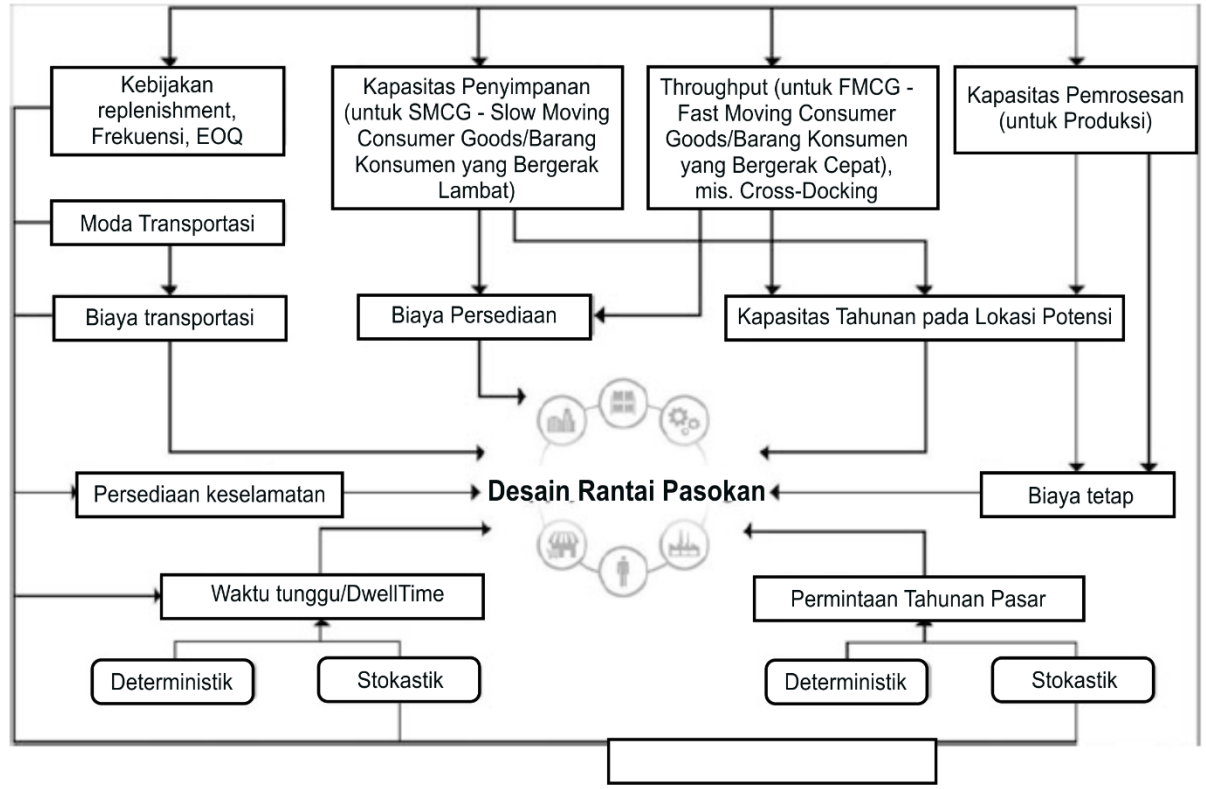
Faktor sukses utama	***Berat***	***Skor (siluar dari 100)***		***Skor berat***	
		N-Park	***Bavaria***	***N-Park***	***Bavaria***
Total Skor					

Selain itu, hak konstruksi untuk seluruh wilayah diatur. Tidak ada kemungkinan perselisihan publik yang dapat menyebabkan waktu tunggu yang lama atau potensi kerusakan reputasi sebelum mereka mulai beroperasi di lokasi ini. Karena tidak ada area pemukiman, pusat distribusi diizinkan untuk beroperasi 24/7, berbeda dengan 17 jam per hari. Ini memungkinkan proses yang sangat efisien. Keuntungan signifikan lainnya adalah kesempatan untuk memesan area untuk potensi ekspansi di masa depan. Perusahaan dapat memesan area ini jika mereka tidak ingin mengecualikan kemungkinan ekspansi di masa depan, tetapi belum memiliki rencana konkret. Keuntungan ini menciptakan tingkat fleksibilitas yang berharga bagi organisasi.

Singkatnya, keuntungan yang diuraikan menunjukkan bahwa lokasi yang menguntungkan untuk pusat distribusi baru Grup Adidas. Dalam banyak aspek, itu melampaui pusat distribusi. Menurut Lars Mangels (Manajer Komunikasi Perusahaan di Adidas Group), Indonesia memenuhi semua persyaratan yang mereka harapkan dari sebuah lokasi untuk pusat distribusi. Studi kasus mengungkapkan bahwa Indonesia adalah lokasi optimal untuk pusat distribusi baru Adidas Group. Apa kamu setuju? Terapkan metode analisis peringkat faktor dan nilai utilitas untuk kasus ini (gunakan Tabel 7.12).

7.7 MENGGABUNGKAN OPTIMASI DAN SIMULASI DALAM DESAIN RANTAI SUPLAI

Pertimbangkan kombinasi simulasi dan optimasi yang berupaya menemukan lokasi optimal untuk fasilitas dan mengalokasikan pelanggan ke lokasi yang tunduk pada maksimalisasi keuntungan rantai suplai (yaitu, kami mempertimbangkan masalah alokasi lokasi). Gambar 7.29 menggambarkan saling ketergantungan utama antara parameter dalam desain rantai suplai.



Gambar 7.29 Kerangka analisis desain rantai suplai

Optimalisasi jaringan dapat digunakan untuk sejumlah masalah desain rantai suplai seperti:

- Masalah lokasi pabrik yang tidak berdaya dan tidak berdaya;
- desain jaringan distribusi;
- Perancangan jaringan distribusi dengan inventarisasi, lead time, dan pemilihan moda transportasi;
- desain jaringan produksi-distribusi;
- Masalah lokasi hub;
- Desain jaringan suplai dengan risiko operasional;
- Menyediakan desain jaringan dengan risiko gangguan.

Dalam bentuk umum, desain rantai suplai menggunakan optimasi jaringan mempertimbangkan parameter seperti:

- Lokasi fasilitas alternatif,
- Pelanggan (pasar),
- Produksi, pemrosesan persediaan, dan biaya transportasi,
- Biaya fasilitas tetap dan biaya penyimpanan persediaan,
- Throughput dan kapasitas minimum dan maksimum dalam produksi, transportasi, dan penyimpanan,
- Permintaan di pasar,

- Jumlah periode dan produk,
- Bill of material.

Variabel yang akan dioptimalkan adalah fasilitas yang akan dimasukkan dalam desain rantai suplai dan jumlah (aliran) yang akan dikirimkan dari sumber ke tujuan dalam rantai suplai. Solusi biasanya dibatasi oleh permintaan maksimum/minimum di pasar dan throughput dan kapasitas minimum dan maksimum dalam produksi, transportasi, dan penyimpanan. Fungsi tujuan meminimalkan biaya total.

Meskipun pengoptimalan jaringan dapat menghasilkan wawasan yang berguna, beberapa masalah dinamis, seperti inventaris, sumber, dan kebijakan pengendalian pengiriman tidak dipertimbangkan dalam kerangka analisis ini. Dengan demikian, simulasi dapat menjadi perpanjangan yang berguna dari pengoptimalan jaringan, karena memungkinkan pertimbangan ketidakpastian yang bergantung pada waktu, seperti fluktuasi permintaan dan waktu tunggu (yaitu, risiko operasional) dan kerusakan fasilitas (yaitu, risiko gangguan). Selain itu, simulasi dapat digunakan untuk memvalidasi hasil optimasi dalam lingkungan yang dinamis dan tidak pasti (lih.Bab.3).

7.8 KESIMPULAN BAB INI

Bab ini memperkenalkan masalah, model, dan teknik untuk mengelola keputusan lokasi dalam konteks pengaturan jaringan suplai. Kami menerima pandangan tentang proses analisis lokasi dan memahami pentingnya memilih lokasi yang tepat untuk fasilitas selama pembentukan jaringan suplai. Ada beberapa tugas keputusan penting yang berbeda yang harus diselesaikan sebelum jaringan dapat diatur. Kami telah memperkenalkan kerangka kerja SCD untuk menyelaraskan keputusan ini. Akhirnya, kami menjadi akrab dengan alat untuk mendukung keputusan SCD. Pemilihan pendekatan terutama tergantung pada data masalah yang ingin kita pertimbangkan untuk mendapatkan keputusan yang optimal.

Bagian ketiga memberikan pengantar masalah keputusan penting dari perencanaan lokasi. WLP menjawab tantangan untuk meneliti pasar dan Supplier dan menjalin hubungan transportasi antara pasar dan Supplier dari perspektif jangka panjang. Tujuan dari perencanaan lokasi gudang adalah meminimalkan total biaya untuk SCD. Dengan bantuan contoh PPS, kami menganalisis pengaturan WLP yang khas serta data perencanaan yang relevan.

Kami menyelidiki pendekatan berbasis model untuk mengidentifikasi SCD terbaik. Pertama, kami mengusulkan model optimasi matematika untuk WLP. Kedua, kami mengonfigurasi dan menerapkan alat pendukung keputusan lembar kerja menggunakan add-in ExcelSolver. Ketiga, kami mempelajari teknik branch-&-bound sebagai pendekatan umum untuk mendapatkan opsi desain optimal untuk model WLP. Akhirnya, kami menganalisis dampak ketersediaan produk yang terbatas pada Supplier tertentu untuk SCD dan memperkenalkan model CWLP yang kami konfigurasikan dengan alat berbasis spreadsheet untuk mendapatkan solusi optimal.

Dapat disimpulkan bahwa teknik pemrograman matematika adalah alat yang berguna dan kuat untuk meningkatkan keputusan untuk SCD. Mereka memungkinkan pertimbangan permintaan, kapasitas, dan biaya sambil menentukan SCD global. Pada saat yang sama, penerapan alat-alat ini dalam kehidupan nyata harus dianggap tunduk pada banyak keterbatasan, seperti asumsi pada fungsi linier, nilai parameter deterministik, dan kompleksitas komputasi. Solusi untuk model matematika tidak secara otomatis merupakan keputusan manajerial! Tren penelitian terkini terlibat dalam pertimbangan parameter non-deterministik (Lim et al. 2013), SCD yang andal (Snyder dan Daskin 2005; Klibi et al. 2010; Li et al. 2013), dan efek riak di SC (Ivanov et al. 2014).

Bagian selanjutnyamempertimbangkan tahap selanjutnya dalam SCD, di mana semua wilayah diproses secara individual. Di setiap wilayah, lokasi tertentu (dinyatakan dengan koordinat) diidentifikasi di mana fasilitas dapat dipasang atau dari mana jumlah suplai dapat menyusup ke SC. Keluaran dari fase ini adalah usulan lokasi pembukaan fasilitas dengan memperhatikan efisiensi biaya. Kami belajar bagaimana menerapkan metode pusat gravitasi untuk keputusan lokasi fasilitas dan bagaimana menentukan lokasi yang optimal, dikoordinasikan dengan bantuan metode rata-rata sederhana dan algoritma Miehle. Metode pusat gravitasi dapat membantu menentukan lokasi satu gudang dengan biaya transportasi minimal. Ini adalah metode sederhana yang mudah diterapkan. Kekurangannya adalah asumsi linier, ketidakmungkinan mempertimbangkan banyak lokasi, data deterministik, dan pertimbangan infrastruktur jalan geografis dan nyata yang buruk.

Bagian terakhir analisis beberapa kriteria dianggap melampaui minimalisasi biaya. Kami mempelajari metode analisis peringkat faktor dan nilai utilitas, serta kelebihan dan keterbatasannya dalam praktik. Metode analisis peringkat faktor dan nilai utilitas memungkinkan pertimbangan faktor kualitatif dan kuantitatif yang berbeda untuk keputusan lokasi yang mudah dipahami oleh manajer. Beberapa kekurangan adalah subjektivitas metode ini terkait pemilihan faktor dan penilaian serta pembobotannya. Analisis sensitivitas penting untuk penerapan praktis metode analisis peringkat faktor dan nilai utilitas. Ingat Bab. 4, Strategi Rantai Suplai, dan menganalisis kasus PPS sehubungan dengan hal-hal berikut:

- Diskusikan strategi SC PPS sehubungan dengan Eropa dan bola tenis meja bebas seluloid. Pasar apa yang akan dilayani? Apakah ada strategi reaktif yang lebih disukai atau adakah strategi dorong yang dimaksudkan?
- Apa batasan yang diberikan kepada Tuan Chen untuk pemasangan SCD di Eropa?
- Asumsikan bahwa PPS ingin menawarkan waktu pengiriman 72 jam ke semua pelanggan di Eropa ketika mereka memesan unit pengemasan melalui situs web ritel. Diskusikan apakah SCDA yang dimaksudkan oleh Mr. Chen dapat digunakan lagi atau apakah diperlukan upaya desain ulang yang signifikan.

BAB 8
DESAIN JARINGAN DISTRIBUSI DAN TRANSPORTASI

8.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

Dalam bab ini Anda akan terbiasa dengan aspek terpenting dari konfigurasi jaringan transportasi. Secara khusus, Anda akan:

- mempelajari aspek-aspek tipikal dan masalah keputusan yang relevan dengan konfigurasi jaringan distribusi dan transportasi saat ini;
- menjadi terbiasa dengan tipe generik struktur jaringan distribusi dan transportasi;
- memahami trade-off dasar dalam desain jaringan distribusi dan transportasi yang berkaitan dengan biaya dan daya tanggap;
- memahami apa itu konsolidasi dan bagaimana konsolidasi dapat digunakan untuk mencapai skala ekonomi dalam konteks distribusi dan transportasi;
- mengoptimalkan keterlibatan penyedia layanan logistik dengan menetapkan jumlah pengiriman yang berbeda ke jaringan transportasi yang sesuai.

8.2 STUDI KASUS PENDAHULUAN: JEPARA FURNITURE

Jepara Furniture adalah produsen furnitur berkualitas tinggi. Portofolio produk terutama terdiri dari semua jenis furnitur yang terbuat dari kayu alami. Seorang pelanggan khas Jepara Furniture rela membayar harga yang cukup tinggi untuk mendapatkan produk yang cukup berkualitas. Gambar 8.1 menggambarkan jaringan suplai untuk Jepara Furniture.

Karena kayu adalah bahan utama produk Jepara Furniture, pengadaan berbagai jenis kayu sangat penting untuk kinerja dan keberhasilan operasi Jepara Furniture. Sejumlah besar kayu dibeli dari Supplier Asia. Setelah melihat pohon, deputi dari departemen pengadaan Jepara Furniture memilih pohon yang akan digunakan sebagai "Supplier" bahan baku.

Pekerja pertanian lokal memotong pohon, membersihkannya secara kasar dan memasukkannya ke dalam wadah. Peti kemas ini diteruskan ke pelabuhan peti kemas terdekat dari mana mereka dikirim langsung atau dengan transshipment dari pengangkut yang berbeda ke pelabuhan peti kemas Demak, Yogyakarta, atau Salatiga di Semarang utara. Karena kondisi cuaca di wilayah Supplier dan penggabungan jalur kapal dan jalur barat peti kemas yang berbeda, tidak mungkin untuk meratakan dan menyeimbangkan jumlah peti kemas yang membawa suplai untuk Jepara Furniture.

Setelah peti kemas untuk Jepara Furniture tiba di salah satu dari tiga terminal peti kemas, seorang ahli kayu memeriksa bahan baku dan terkadang menolak peti kemas karena kualitas rendah atau serangan hama. Setelah muatan peti kemas melewati kontrol kualitas, kayu tersebut diangkut dengan truk sewaan, yang membawanya ke pabrik Jepara Furniture daerah Jepara, sekitar 800 km dari pantai

Jepara Furniture didirikan pada tahun 1875, dan sejak itu terus berkembang dengan kesuksesan ekonomi yang stabil. Namun, selama krisis ekonomi antara 2008 dan 2010, Jepara Furniture terancam bangkrut tapimampu bertahan hanya dengan bantuan investasi tambahan. Baru-baru ini, para pemangku kepentingan baru telah menganalisis dan mengevaluasi semua proses Jepara Furniture untuk melindungi investasi mereka dan mencapai profitabilitas jangka panjang. Evaluasi ini dilakukan oleh konsultan eksternal. Dalam laporan evaluasi akhir mereka, mereka menyebutkan bahwa biaya transportasi untuk bahan baku cukup tinggi. Mereka menyadari bahwa kayu impor tidak tersedia sehingga strategi pengadaan internasional diperlukan, tetapi mereka merekomendasikan untuk

mempertimbangkan kembali proses membawa kayu impor dari pelabuhan di Surabaya utara ke lokasi manufaktur di semarang.

Setelah menerima laporan evaluasi dari para pemangku kepentingan, dewan manajemen Jepara Furniture membahas implikasinya. Mengenai "masalah transportasi", mereka mengakui bahwa mereka tidak memiliki pengetahuan logistik yang cukup untuk menilai dan berpotensi merestrukturisasi proses transportasi. Mereka mendiskusikan situasi dengan perwakilan pemangku kepentingan dan mendapatkan persetujuan untuk memperpanjang dewan manajemen dengan anggota lain, yang akan bertanggung jawab atas proses transportasi dan logistik. Setelah aplikasi yang cermat dan prosedur pemilihan kandidat, Jepara Furniture mempekerjakan Agus sebagai manajer transportasi dan logistik. Agus telah bekerja selama beberapa tahun sebagai insinyur konsultan transportasi dan pada beberapa proyek pengembangan dan restrukturisasi untuk jaringan transportasi nasional dan internasional. Tugas pertamanya dengan Jepara Furniture adalah untuk memeriksa pengaturan sistem proses transportasi saat ini antara pelabuhan dan lokasi produksi Jepara Furnitures.

a. Agus menemukan bahwa Jepara Furniture tidak memiliki truk sendiri. Setiap kali jumlah transportasi tertentu harus dipindahkan, Jepara Furniture menyewa truk dari perusahaan pengiriman barang dengan tarif harian tetap. Apakah ini ide yang bagus? Silakan diskusikan pro dan kontra dari pengaturan ini. Setelah berhasil melewati tahun-tahun kritis, Jepara Furniture ingin mulai tumbuh lagi. Saat ini, mereka sedang mempersiapkan integrasi dua pabrik furnitur lainnya ke dalam perusahaan mereka. Salah satu fasilitas produksi ini terletak di dekat Kendal, Tempat produksi tambahan kedua adalah di Bekasi, dekat dengan Jakarta, tepat di samping perbatasan Bekasi-Semarang. Setelah integrasi dua lokasi produksi tambahan ini selesai, jumlah impor kayu akan meningkat sekitar 150%. Untuk memastikan ketersediaan kayu dalam jumlah yang cukup, impor juga akan diproses melalui pelabuhan Tangerang .
b. Haruskah metode transportasi sebelumnya dipertahankan? Apa saja kemungkinan modifikasi yang diperlukan untuk transportasi pedalaman? Haruskah Jepara Furniture membeli truknya sendiri dan mendirikan departemen transportasinya sendiri? Tempat produksi mana yang harus dipasok dari pelabuhan mana untuk menekan biaya transportasi seminimal mungkin? Haruskah semua layanan transportasi yang diperlukan diberikan kepada penyedia layanan transportasi?

Struktur Jaringan Transportasi Umum

Agus menyiapkan ringkasan singkat tentang struktur jaringan transportasi umum dari perspektif yang disebut permintaan asal-ke-tujuan (OD). Permintaan OD mengungkapkan kebutuhan untuk memindahkan sejumlah barang tertentu dari lokasi suplai (asal) ke lokasi permintaan (tujuan).

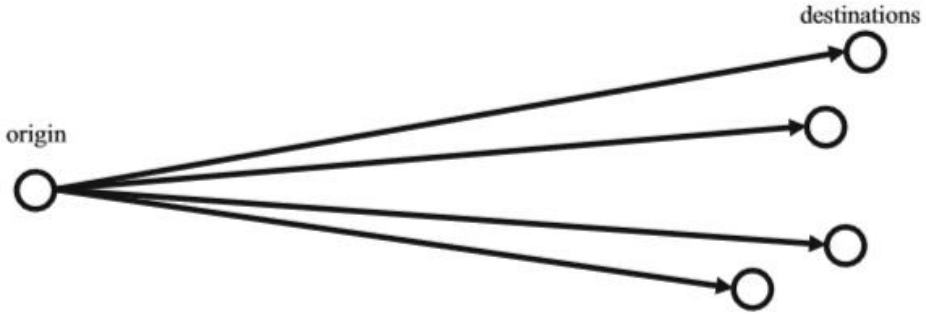
Dalam pengaturan yang paling sederhana, jumlah suplai tersedia di satu lokasi (asal) dan jumlah suplai yang tersedia diminta seluruhnya atau sebagian dari satu lokasi (tujuan) seperti yang dijelaskan pada Gambar 8.2. Tidak ada peluang untuk mengoptimalkan (mengurangi) upaya transportasi jika tujuan ingin segera menerima jumlah yang diminta. Jika pengiriman terpisah diperbolehkan, maka dimungkinkan untuk membagi jumlah total menjadi pengiriman yang lebih kecil yang dapat diambil dan dikirim satu demi satu. Waktu pengiriman pengiriman individu dapat diatur.

Keputusan tentang jaringan distribusi yang diatur dalam Gambar 8.3 adalah sama seperti dalam pengaturan tautan yang dijelaskan sebelumnya. Hanya waktu pengiriman yang dapat ditentukan. Pada Gambar 8.4, tujuan meminta jumlah suplai tertentu, tetapi jumlah permintaan didistribusikan ke beberapa lokasi asal. Secara umum, jumlah total yang tersedia

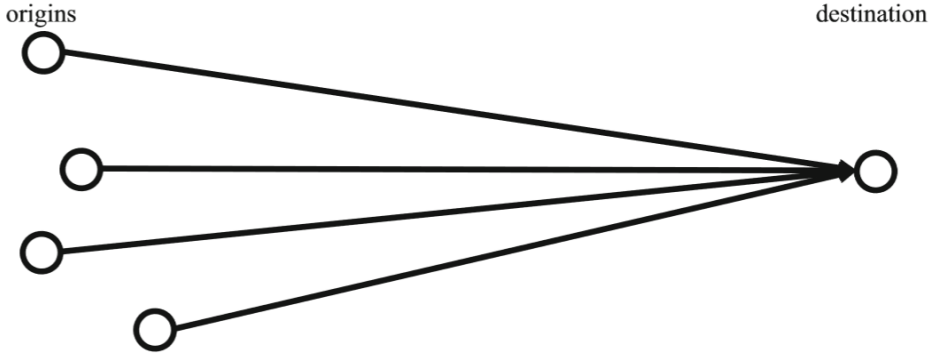
melebihi jumlah yang diminta. Selain menjawab pertanyaan kapan harus mengirim, keputusan penting lainnya harus dibuat. Penting untuk memutuskan asal mana yang harus menyediakan kuantitas suplai mana. Penting untuk berhati-hati agar jaringan transportasi termurah digunakan. Namun, jika asal yang relevan tidak menawarkan jumlah yang cukup, perlu menggunakan jalur transportasi kedua (dan mungkin lebih jauh) untuk memenuhi permintaan dari tujuan. Dari perspektif kerangka perencanaan lokasi yang diperkenalkan di Bab. 7, menjawab pertanyaan tentang lokasi suplai mana yang memberikan kontribusi kuantitas untuk memenuhi permintaan total akan menjadi keputusan tahap keempat: ini disebut keputusan alokasi kapasitas.



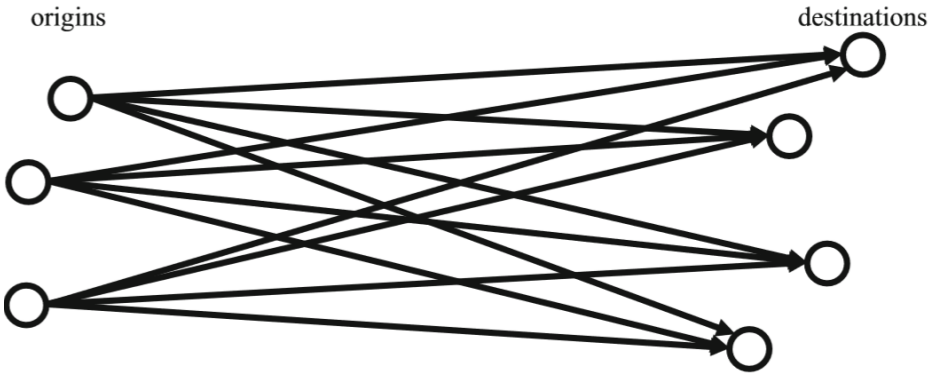
Gambar 8.2 Tautan transportasi



Gambar 8.3 Jaringan distribusi



Gambar 8.4 Jaringan suplai



Gambar 8.5 Struktur jaringan banyak-ke-banyak

Situasi yang paling kompleks diwakili oleh struktur jaringan banyak-ke-banyak yang ditunjukkan pada Gambar 8.5. Di sini, beberapa asal menyediakan jumlah suplai, tetapi ada juga beberapa lokasi tujuan yang menuntut. Selain keputusan tentang waktu pengiriman,

perlu untuk membuat dua keputusan tambahan. Pertama, perlu untuk memutuskan dari lokasi mana lokasi tujuan individu diberikan. Kedua, untuk setiap lokasi asal ada keputusan yang diperlukan tentang jumlah dan tujuan yang dipasok. Akhirnya, keputusan menjadi lebih rumit jika biaya untuk memindahkan barang di sepanjang jalur transportasi yang tersedia berbeda.

Agus menyimpulkan pengantarnya ke dalam struktur jaringan transportasi umum dengan menerapkan kosakata baru ke Jepara Furniture case. Saat ini, ada struktur jaringan suplai yang tersedia dengan tiga pelabuhan, Semarang, Surabaya dan Banyuwangi, membentuk set asal dan tujuan tunggal di Jakarta dan Bali. Namun, segera setelah fasilitas manufaktur kedua (baik di Bekasi) diintegrasikan. jaringan suplai kayu, jenis jaringan berubah menjadi struktur jaringan banyak-ke-banyak.

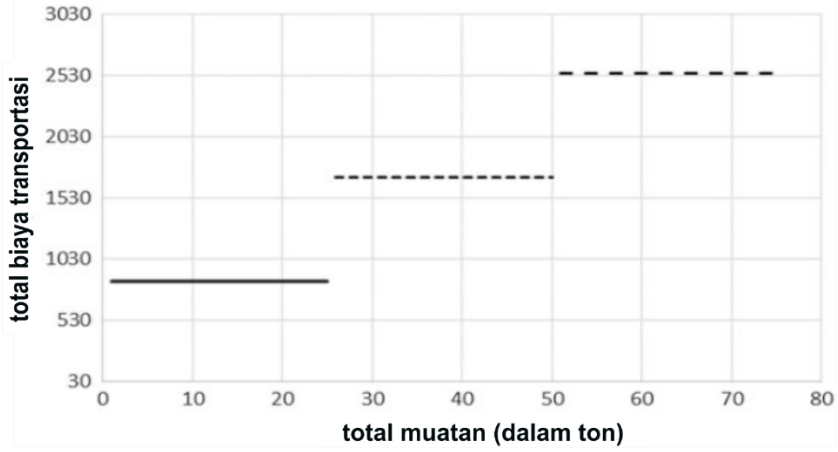
Wawasan Praktis

Strategi pemasaran baru berbasis Big Data mempengaruhi desain jaringan distribusi. Salah satu contohnya adalah strategi omnichannel. Multisaluran adalah model bisnis lintas saluran untuk meningkatkan pengalaman pelanggan dengan mengatur promosi di tempat, menggunakan jejaring sosial, aplikasi, dan saluran lainnya. Keragaman ini meningkatkan ketidakpastian permintaan dan kompleksitas koordinasi jaringan distribusi.

Mewujudkan Skala Ekonomi dalam Transportasi

Dika, yang merupakan petugas keuangan Jepara Furniture, sangat tertarik dengan pernyataan Agus. Dia adalah orang pertama yang mengajukan pertanyaan kepada Agus. Dia ingin tahu bagaimana uang dapat dihemat dalam bisnis transportasi dan bagaimana efisiensi proses dapat ditingkatkan. Dari bisnisnya sehari-hari, dia tahu bahwa skala ekonomi biasanya terwujud jika sejumlah besar produk dibeli atau jika pemasangan mesin yang tidak perlu dapat dihindari. Dika ingin tahu dari Agus apakah ada prinsip serupa yang bisa dimanfaatkan dalam transportasi.

Agus senang dengan pertanyaan ini karena pertanyaan ini menawarkan titik masuk untuk penjelasannya tentang bagaimana uang dapat dihemat melalui sistem transportasi yang terorganisir dengan baik dan proses transportasi yang rumit. Dika bertanya: “Apa logika umum di balik pengurangan biaya transportasi? Apa masalah umum yang harus dipertimbangkan di sini untuk konfigurasi sistem “transportasi yang baik”?”



Gambar 8.6 Fungsi konstan *piece-wise* dari total biaya transportasi untuk kuantitas muatan yang diberikan

Konsolidasi Pengiriman

Agus ingin menyewa truk dari perusahaan truk untuk melakukan layanan transportasi yang diperlukan antara Demak dan Jepara, karena Jepara Furniture tidak menjalankan truknya sendiri. Setelah panggilan telepon ke seorang teman lama di perusahaan penerusan

TransRoad, ia menerima tawaran untuk layanan penerusan. Menurut penawaran, penyediaan truk biaya 850 rupiah per hari termasuk semua jarak tempuh dan biaya untuk pengemudi, asuransi, dll. Truk menyediakan muatan paling banyak 25 ton dan jumlah tersebut jatuh tempo secara independen dari muatan yang sebenarnya. berat. Jika Agus ingin mengirimkan lebih dari 25 ton per hari, ia wajib menyewa dan membayar truk kedua. Kondisi sewa untuk truk kedua dan truk ketiga bersyarat identik dengan kondisi yang telah digariskan.

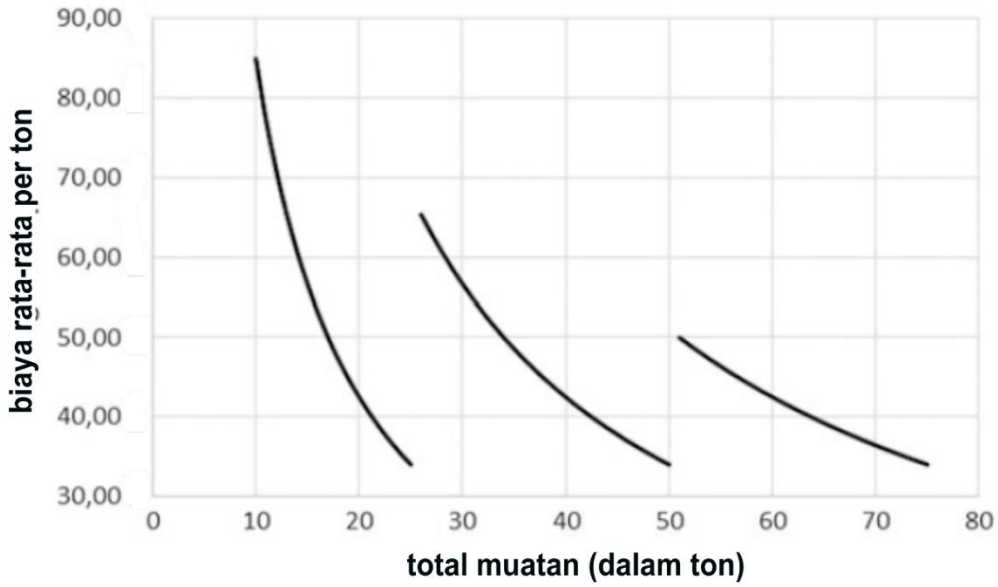
Evaluasi penawaran ini mengungkapkan struktur biaya dan properti yang menarik berikut ini. Jika sebuah truk disewa untuk muatan ton pertama, maka sisa 24 ton dapat diangkut tanpa biaya tambahan. Ini berarti bahwa tarif yang diusulkan mengandung "tarif rata terikat" hingga 25 ton (lihat Gambar 8.6). Garis kontinu mewakili biaya jika satu truk disewa, garis putus-putus mewakili situasi dengan dua truk yang disewa, dan garis putus-putus berlaku untuk biaya jika muatan terlalu tinggi sehingga truk ketiga harus disewa. Ada diskontinuitas dari total biaya setiap kali truk lain diperlukan.

Beberapa kesimpulan dapat dirumuskan setelah beberapa konvensi nama variabel dasar telah diperkenalkan. Misalkan F adalah harga untuk menyewa truk dan Q adalah muatan truk yang disewa. Biarkan dR menjadi permintaan OD yang sesuai untuk dR/Q lmpertimbangkan OD hubungan dengan R. Jumlah truk yang dibutuhkan N(R; Q) sama dengan itu dan total biaya transportasi untuk hubungan ini R dijumlahkan dengan C(R; Q; F) : F N(R; Q).

Wawasan Praktis

Biaya transportasi biasanya terdiri dari 6-8% dari biaya perusahaan. Dalam kebanyakan kasus, biaya transportasi dapat dikurangi sebesar 10-15%. Misalnya, perusahaan dengan total biaya 1,0 miliar rupiah dapat memotong biaya transportasi sekitar 8,0 juta rupiah.

Agus menyimpulkan dari fakta-fakta yang disebutkan di atas bahwa ia harus berusaha untuk mengisi truk sewaan sepenuhnya untuk meminimalkan biaya sperma yang dipindahkan dari muatan. Selanjutnya, truk kedua yang mungkin diperlukan juga harus diisi sebanyak mungkin untuk mengurangi biaya transportasi.



Gambar 8.7 *Costs-per-ton-of-payload*(nilai biaya-per-ton-untuk kurang dari 10 hingga softpayload tidak ditampilkan untuk menjaga keterbacaan grafik)

Tabel 8.1 Permintaan transportasi harian dalam seminggu tanpa konsolidasi

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Total
OD-permintaan d_R (dalam ton)	32	53	18	34	43	60	30	270
Permintaan yang dipenuhi	32	53	18	34	43	60	30	270
Truk yang disewa	2	3	1	2	2	3	2	15
Biaya C	1700	2550	850	1700	1700	2550	1700	12.750
Biaya c (per ton)	53.13	48.11	47.22	50.00	39.53	42.50	56.67	

Konsolidasi adalah istilah untuk kombinasi dua atau bahkan lebih kuantitas yang akan dikirim antara asal tertentu dan tujuan tertentu. Agus memikirkan cara untuk menggabungkan beberapa kuantitas untuk mengisi truk yang terisi sebagian. Pada minggu terpilih yang ditunjukkan pada Tabel 8.1, Agus mendeteksi bahwa permintaan yang dinyatakan untuk hari Senin (output produksi dari pabrik beton) adalah 32 ton sehingga diperlukan dua truk untuk membawa hasil produksi lengkap dari Jepara. Hal ini menghasilkan total biaya sewa truk sebesar rupiah 1700 yang menghasilkan Rp. 1700/32ton=53,13 rupiah/ton biaya untuk setiap pengangkutan, tetapi tingkat pengisian rata-rata hanya 64%. Pengangkutan langsung dari jumlah total tanpa penundaan jumlah apapun membutuhkan menyewa 15 truk, sehingga biaya transportasi mingguan mencapai 15.850 rupiah =12.750 rupiah pada tingkat pengisian rata-rata 71,5%.

Penundaan

Menganalisis permintaan transportasi harian selama seminggu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8.2, Agus muncul dengan ide untuk menunda transfer sebagian kecil dari permintaan transportasi harian untuk menghindari masuknya truk yang hanya terisi sebagian. Agus tahu bahwa tidak ada urgensi terkait dengan pengiriman permintaan selama setidaknya satu truk melakukan perjalanan dari Demak ke Jepara setiap hari. Idenya sekarang adalah mengirim hanya truk yang terisi penuh (kecuali pada hari Minggu ketika jumlah sisa permintaan mingguan harus dipindahkan ke Jepara).

Tabel 8.2 Permintaan transportasi harian dalam seminggu dengan penundaan pemuatan truk fraksional

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Total
OD-permintaan d_R yang datang	32	53	18	34	43	60	30	270
Permintaan yang ditunda	0	7	10	3	12	5	15	
Permintaan yang tersedia	32	60	28	37	55	65	45	
Permintaan yang dipenuhi saat ini	25	50	25	25	50	50	45	270
Truk yang disewa	1	2	1	1	2	2	2	11
Biaya C	850	1700	850	850	1700	1700	1700	9350
Biaya c (per ton)	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	37.88	

Tabel 8.2 menunjukkan aktivitas transportasi yang dihasilkan. Permintaan yang masuk digabungkan dengan jumlah yang ditunda ke permintaan yang tersedia baru-baru ini. Beban truk penuh (FTL) berasal dari jumlah permintaan yang tersedia, tetapi jumlah sisa ditunda hingga hari berikutnya dalam seminggu. Strategi ini menghasilkan truk yang terisi penuh pada hari Senin sampai Sabtu, tetapi pada hari Minggu tingkat pengisian rata-rata turun menjadi 90%. Namun, hanya 11 truk yang dibutuhkan seharga 9350 rupiah , yang menunjukkan

penghematan biaya transportasi sebesar 26,67% dan tingkat pemanfaatan kapasitas rata-rata lebih besar dari 98%.

Agus sangat terkejut berapa banyak uang yang bisa dia hemat jika dia menggunakan strategi penundaan dengan tujuan hanya mengirimkan truk yang terisi penuh untuk mewujudkan skala ekonomi sebesar mungkin. Namun, Agus sadar bahwa strategi penundaan ini rapuh. Dalam hal lokasi konstruksi yang menuntut meminta transportasi segera dari jumlah yang dihasilkan, strategi ini tidak dapat diterapkan lagi. Oleh karena itu, Agus akan mencari peluang lain untuk meningkatkan tingkat pengisian truk yang disewa.

Milk-Runs

Agus menganalisis jumlah suplai harian dari tiga pelabuhan Demak, Yogyakarta dan Salatiga, semuanya terletak berdekatan di Semarang. Saat ini, Jepara Furniture menyewa truk untuk ketiga jalur, Demak-Jepara, Yogyakarta-Jepara, dan Salatiga-Jepara. Masing-masing truk ini mengambil jumlah muatan yang ditentukan di pelabuhan yang dipilih dan membawanya langsung ke area Jepara. Untuk contoh minggu yang diberikan dalam Tabel 8.3, pendekatan ini menghasilkan total 36 truk yang disewa. Biaya yang harus dibayarkan kepada perusahaan penerusan ditambah rupiah 30.600. Utilisasi kapasitas rata-rata antara 61% dan 79% diamati, dan biaya rata-rata per ton yang dipindahkan bervariasi antara Rp. 44,89 ribu dan Rp. 60,43 ribu.

Tabel 8.3 Permintaan transportasi harian di tiga pelabuhan

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Total
Permintaan yang menunggu ddi Demak								
OD-permintaan dR dalam ton	32	53	18	34	43	60	30	270
Permintaan yang dipenuhii	32	53	18	34	43	60	30	270
Truk yang disewa	2	3	1	2	2	3	2	15
Biaya C	1700	2550	850	1700	1700	2550	1700	12.750
Biaya c (per ton)	53.13	48.11	47.22	50.00	39.53	42.50	56.67	48.17
Utilisasi (%)	64	71	72	68	86	80	60	72
Permintaan yang menunggu di Yogyakarta								
OD-permintaan dR dalam ton	23	42	31	28	38	50	20	232
Permintaan yang dipenusi	23	42	31	28	38	50	20	232
Truk yang disewa	1	2	2	2	2	2	1	12
Biaya C	850	1700	1700	1700	1700	1800	850	10.200
Biaya c (per ton)	36.96	40.48	54.84	60.71	44.74	34.00	42.50	44.89
Utilisasi (%)	92	84	62	56	76	100	80	79
Permintaan yang menunggu di Salatiga								
OD-permintaan dR dalam ton	13	12	25	13	26	38	11	138
Permintaan yang dipenusi	13	12	25	13	26	38	11	138
Truk yang disewa	1	1	1	1	2	2	1	9
Biaya C	850	850	850	850	1700	1700	850	7650
Biaya c (per ton)	65.38	70.83	34.00	65.38	65.38	44.74	77.27	60.43

Utilisasi (%)	52	48	100	52	52	76	44	61

Analisis data pertama dari Tabel 8.3 mengungkapkan bahwa hanya 17 dari 36 truk sewaan yang terisi penuh. Lebih dari separuh truk sewaan dioperasikan hanya dengan muatan sebagian. Selain itu, jumlah yang diangkut oleh truk bermuatan sebagian seringkali cukup kecil. Agus menganalisis situasi pada hari Kamis. Dari Demak, truk sewaan kedua hanya mengangkut 9 ton. Truk kedua yang disewa untuk layanan Yogyakarta ke Jepara hanya mengangkut 3 ton sedangkan truk satu-satunya yang berangkat dari Salatiga hanya memuat 13 ton. Agus menyadari bahwa ketiga jumlah "kelebihan" ini bertambah hingga 25 ton sehingga satu truk dapat memindahkan ketiga pengiriman. Untuk alasan ini, Agus memutuskan untuk mengevaluasi layanan yang disebut milk-run (Chopra dan Meindl 2009) dari pelabuhan ke Jepara. Dalam milk-run, satu truk mengunjungi dua atau lebih lokasi pengambilan sebelum membawa seluruh muatan ke tujuan yang sama.

Dalam pengaturan Jepara Furniture, ada empat kemungkinan milk-run yang berbeda: (1) Demak, Yogyakarta, dan Salatiga dilayani sebagai lokasi pengambilan oleh truk yang sama; (2) Demak dan Yogyakarta disajikan dalam satu milk-run; (3) jumlah permintaan yang menunggu di Demak serta di Salatiga dikonsolidasikan; (4) satu truk memuat jumlah permintaan di Yogyakarta dan juga di Salatiga. Urutan kunjungan tergantung pada posisi awal truk serta lokasi pengambilan dan lokasi penurunan umum (lihat Bab 14). Milk-run mewakili konsolidasi pengiriman berbasis lokasi.

Untuk mencapai pengurangan biaya sebesar mungkin dengan milk-run, Agus menggunakan pendekatan berikut. Dia mulai menentukan jumlah minimal truk yang terisi penuh untuk setiap hari dan pelabuhan. Sebagai contoh, Agus menganggap hari Senin. Demak menyatakan permintaan 32 ton, sehingga satu truk penuh 25 ton dapat dicapai. Agus memasukkan sisa 7 ton ke dalam "kuantitas susu yang dijalankan". Dari Yogyakarta, 23 ton harus diangkut, tetapi tidak ada muatan truk penuh yang dapat dihasilkan sehingga Agus memasukkan semua 23 ton ke dalam jumlah susu yang dijalankan. Dari Salatiga, Agus memasukkan 13 ton ke dalam jumlah susu yang dijalankan. Secara keseluruhan, 43 ton dipilih untuk layanan susu-lari.

Salah satu pilihan (Tabel 8.4) adalah menyewa dua truk untuk milk-run. Truk pertama di antara mereka dimulai di Demak, mengangkut 7 ton. Ini berlanjut ke Yogyakarta di mana ia memuat tambahan 13 ton; selanjutnya berlanjut ke Salatiga di mana 5 ton diambil. Truk pengangkut susu sewaan kedua dimulai di Yogyakarta dan memuat 10 truk dan, sebagai tambahan, mengangkut 8 ton di Salatiga. Penggabungan layanan milk-run membutuhkan dua truk, bukan tiga jika tidak ada milk-run yang digunakan, sehingga satu truk dapat diselamatkan pada hari Senin. Demikian pula, Agus mengkompilasi milk-run untuk hari-hari yang tersisa (lihat Tabel 8.4). Penghematan harian truk untuk disewa akhirnya mengarah pada pengurangan truk yang dibutuhkan menjadi 28 (dibandingkan dengan 36 truk tanpa milk-run). Ini berarti pengurangan biaya perekrutan sebesar 22,2% menjadi 23,800 . Tingkat pemanfaatan kapasitas rata-rata naik hingga 92% dan biaya rata-rata untuk memindahkan muatan 1 ton turun menjadi 37,38 ketika operasi susu dijalankan.

Transshipment

Agus telah menjelaskan manfaat dari layanan yang dikelola susu. Namun, dia juga menyebutkan kekurangan dan kekurangannya. Tantangan utamanya adalah memastikan bahwa layanan yang dikelola susu sesuai dengan permintaan harian. Dari hari ke hari, produksi susu harus disesuaikan dengan permintaan terkini. Hal ini membuat perencanaan milk-run cukup rumit. Jika jumlah total dari lokasi milk-run sedikit di atas jumlah muatan truk penuh, maka penggabungan truk yang hampir kosong tidak dapat dihindari. Lebih lanjut, dalam kasus

kemungkinan masuknya pelabuhan Tangerang serta dua lokasi manufaktur di Bekasi dan Republik Ceko, milk-run tampaknya menjadi kurang menarik karena jarak yang jauh. Karena tantangan ini, Agus mengusulkan pendekatan konsolidasi ketiga kepada dewan manajemen Jepara Furniture.

Seperti yang dapat diamati dari peta sebelah kiri pada Gambar 8.8, sebagian besar dari tiga rute truk dari pelabuhan laut ke lokasi produksi adalah sama. Ketiga lokasi penjemputan Salatiga, Yogyakarta, dan Demak "berbagi" sebagian besar jalur koneksi mereka ke tujuan bersama mereka, Jepara. Untuk meningkatkan tingkat pengisian truk yang menempuh jarak jauh, Agus mengusulkan untuk memasang fasilitas transshipment di Hanover, di mana truk yang datang dari tiga pelabuhan memasuki jalan raya utama yang sama dari utara ke selatan, A7. Di fasilitas transshipment ini, truk yang masuk diturunkan dan dikirim kembali ke pelabuhan untuk membawa jumlah lebih lanjut ke fasilitas tersebut. Truk-truk lain kemudian dimuat dengan jumlah yang baru saja tiba, dan truk-truk ini kemudian melakukan perjalanan ke Jepara .

Agus menguraikan dua manfaat utama dari jenis konsolidasi pengiriman ini. Pertama, truk yang melakukan perjalanan dari pelabuhan ke fasilitas transshipment menempuh jarak yang relatif pendek, antara 150 dan 200 km. Oleh karena itu, mereka dapat melakukan antar-jemput dua atau bahkan tiga kali antara pelabuhan penjemputan dan Hanover, sehingga satu truk cukup untuk meneruskan semua jumlah dari pelabuhan ke fasilitas transshipment di pedalaman pelabuhan. Kedua, karena konsolidasi arus masuk jumlah yang berasal dari tiga pelabuhan laut, ada peluang besar untuk mengumpulkan muatan truk penuh untuk layanan pengangkutan utama. Kedua aspek tersebut berkontribusi pada pengurangan biaya transportasi.

Tabel 8.4 Transportasi harian dengan milk-run

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Total
Permintaan yang menunggu di Demak								
OD-permintaan dR dalam ton	32	53	18	34	43	60	30	270
Permintaan yang dipenuhii	25	50	0	25	25	50	25	200
Truk yang disewa	1	2	0	1	1	2	1	8
Biaya C	850	1700	-	850	850	1700	850	6.800
Utilisasi (%)	100	100	0	100	100	100	100	86
Permintaan yang menunggu di Yogyakarta								
OD-permintaan dR dalam ton	23	42	31	28	38	50	20	232
Permintaan yang dipenusi	0	25	25	25	25	50	0	150
Truk yang disewa	0	1	1	1	1	2	0	6
Biaya C	_	850	850	850	850	17000	_	5.100
Biaya c (per ton)	0	100	100	100	100	100	0	71
Utilisasi (%)								
Permintaan yang menunggu di Salatiga								
OD-permintaan dR dalam ton	13	12	25	13	26	38	11	138

Permintaan yang dipenusi	0	7	25	0	25	25	11	93
Truk yang disewa	0	1	1	0	1	1	1	5
Biaya C	-	850	850	-	850	850	850	4250
Utilisasi (%)	0	28	100	0	100	100	44	53
Sisa permintaan terpenuhi dalam milkruns								
Permintaan milkrun di Demak (HH)	7	3	18	9	18	10	5	70
Permintaan milkrun di Yogyakarta (BHV)	23	17	6	3	13	0	20	82
Permintaan milkrun di Salatiga (WHV)	13	5	0	13	1	13	0	45
Jumlah permintaan	43	25	24	25	32	23	25	
Milkrun HH-BHV-WHV	25	25		25			25	
Milkrun HH-BHV			24		25	23		
Milkrun HH-WHV	28				7			
Milkrun BHV-WHV	43	25	24	25	32	23	25	
Permintaan yang dipenuhii	2	1	1	1	2	1	1	9
Sewa truk	1700	850	850	850	1700	850	850	7650
Biaya C	86	100	96	100	64	92	100	91
Utilisasi (%)	3	5	3	3	5	6	3	28
Jumlah keseluruhan truk yang disewa	2550	4250	2550	2550	4250	5100	2550	23.800
Jumlah yang dipindahkan	68	107	74	75	107	148	61	640
Biaya per ton	38	40	34	34	40	34	42	37.38
Utilisasi (%)	91	86	99	100	86	99	81	92

Agus menjelaskan ide konsolidasi berbasis transshipment sesuai dengan pengaturan berikut. Sebuah truk sewaan tersedia dan dibayar selama 24 jam. Dalam periode ini, dapat menjalankan tiga siklus feeder antara pelabuhan dan fasilitas transshipment dan perjalanan angkut utama berikutnya dari Hanover ke Jepara (pola layanan tipe-A). Atau, ia dapat menyelesaikan enam siklus pengumpan dan tidak ada perjalanan jarak jauh utama (pola layanan tipe-B); atau, sebagai opsi ketiga, ia dapat menjalankan satu perjalanan jarak jauh utama saja (pola layanan tipe-C). Sebuah truk yang dioperasikan hanya di layanan pengumpan di Semarang dapat disewa dengan tarif yang dikurangi sebesar 750 , karena operator truk mengeluarkan biaya lebih sedikit untuk menginap semalam untuk kendaraan dan awaknya. Pengurangan tarif sebesar 700 berlaku untuk truk yang melakukan satu pengangkutan utama hanya karena jarak tempuh yang berkurang, seperti pada Tipe-Cpattern. Dalam dua pendekatan konsolidasi pertama (penundaan dan milk-runs), Agus tidak dapat memanfaatkan penurunan tarif karena setiap truk yang disewa ditugaskan untuk operasi pengangkutan. Pemisahan operasi pengumpan dari operasi pengangkutan utama ini menghasilkan kemungkinan untuk menyepakati tarif yang berbeda untuk truk yang ditugaskan untuk pola layanan yang berbeda.

Tabel 8.5 dan model [Persamaan. (8.1)–(8.4)] berisi perhitungan jumlah truk yang dibutuhkan serta biaya terkait. Menentukan jumlah truk dengan biaya terendah yang

beroperasi pola tipe-A, tipe-B, atau tipe-C per hari adalah masalah optimasi dengan kendala. Jumlah truk sewaan yang paling murah untuk ketiga pola tersebut harus ditemukan, tetapi juga harus dipastikan bahwa jumlah minimal siklus feeder dan layanan angkut utama disediakan. Namun, masalah ini dapat dimodelkan sebagai program linier bilangan bulat sebagai berikut.

Biarkan y_A menjadi variabel keputusan bilangan bulat yang mewakili jumlah truk yang disewa untuk melaksanakan pola layanan tipe-A. Untuk jumlah truk pola tipe-B yang disewa dan truk pola tipe-C, variabel keputusan bilangan bulat yB dan yC digunakan. Biarkan kfeed menunjukkan nomor layanan pengumpan minimal yang diperlukan dan biarkan kmh menunjukkan layanan angkut utama minimal yang diperlukan.

Tabel 8.5 Transportasi harian dengan trans-shipment

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Total
Permintaan yang menunggu di Demak								
OD-permintaan dR dalam ton	32	53	18	18	43	60	30	270
Permintaan yang dipenuhii	32	53	18	18	43	60	30	270
Layanan pengumpan yang diperlukan	2	3	1	2	2	3	2	15
Permintaan yang menunggu di Yogyakarta								
OD-permintaan dR dalam ton	23	42	31	28	38	50	20	232
Permintaan yang dipenusi	23	42	31	28	38	50	20	232
Layanan pengumpan yang diperlukan	1	2	2	2	2	2	1	12
Permintaan menunggu di Salatiga								
OD-permintaan dR dalam ton	13	12	25	13	26	38	11	138
Pemenuhan Permintaan	13	12	25	13	26	38	11	138
Layanan pengumpan yang diperlukan	1	1	1	1	2	2	1	9
Total permintaan Hanover ke Jepara	68	107	74	75	107	148	61	640
Siklus pengumpan yang diperlukan	4	6	4	5	6	7	4	36
Siklus pengumpan yang diperlukan	3	5	3	3	5	6	3	28
Menyewa truk untuk Pola tipe-A	2	5	2	2	2	3	2	18
Menyewa truk untuk pola tipe-B	0	0	0	0	0	0	0	0
Menyewa truk untuk pola tipe-C	1	0	1	1	3	3	1	10
Siklus pengumpan yang tersedia	6	15	6	6	6	9	6	54

Tersedia layanan angkut utama	3	5	3	3	5	6	3	28
Biaya persewaan	2400	4250	2400	2400	3800	4650	2400	22.300
Sewa truk	3	5	3	3	5	6	3	28

Persamaan 8.1

$$Z=850y_A+750y_B+700y_C$$

Persamaan 8.2

$$3y_A+6y_B \geq k^{feed}$$

Persamaan 8.3

$$1y_A+1y_C \geq k^{mk}$$

Persamaan 8.4

$$y_A, y_B, y_C \in \{0; 1; 2; ...\}$$

Tujuannya adalah untuk meminimalkan total biaya perekrutan [Persamaan. (8.1)], tetapi jumlah minimal layanan feeder yang diperlukan [Persamaan. (8.2)] dan layanan angkut utama [Persamaan. (8.3)] harus dihormati. Hanya truk lengkap yang bisa disewa [Persamaan. (8.4)]. Model ini dapat dengan mudah diselesaikan menggunakan Excel Solver atau perangkat lunak pemecah lainnya.

Agus telah menentukan jumlah truk terbaik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8.5. Penggabungan truk yang ditugaskan hanya untuk pengangkutan utama (pola tipe-C) menghasilkan pengurangan biaya lebih dari 6% dibandingkan dengan situasi milk-run meskipun jumlah truk yang tergabung tetap sama.

Meskipun strategi transshipment membutuhkan biaya transportasi paling sedikit seminggu jika tidak ada penundaan yang memungkinkan, Agus menyadari beberapa kekurangan. Pertama, fasilitas transshipment harus dibangun, disewa, atau disewa. Kegiatan trans-shipment dan proses penyimpanan yang diperlukan menimbulkan biaya. Selama biaya tambahan lebih kecil dari penghematan biaya transportasi, Agus menyarankan untuk menggunakan fasilitas transshipment. Namun, Agus juga memperingatkan para manajer bahwa kompleksitas konfigurasi jaringan transportasi akan meningkat.

Sejauh ini, Agus telah memperkenalkan konsep konsolidasi pengiriman sebagai strategi untuk menghindari perjalanan truk yang terisi sebagian. Tujuan konsolidasi adalah untuk mencapai skala ekonomi selama transportasi. Tiga strategi konsolidasi telah diusulkan. Penundaan mengkompilasi pengiriman dari slot waktu yang berbeda bersama-sama. Milk-runs bertujuan untuk memuat kiriman dari operasi pengambilan yang berbeda pada satu truk untuk meningkatkan tingkat pengisian truk ini. Transshipment memanfaatkan tarif perekrutan yang berbeda untuk berbagai jenis operasi truk (tergantung pada layanan regional).

Agus menyimpulkan bahwa ide-ide yang disajikan di sini berlaku secara umum juga untuk sarana transportasi lain seperti kereta api, denah, kapal, atau tongkang. Dalam kasus konsolidasi transshipment, layanan feeder serta operasi angkut utama dapat ditugaskan ke sumber daya dari sarana transportasi yang berbeda.

Desain Jaringan Transportasi Berbasis Trade-Off

Setelah Agus menyelesaikan presentasinya, dimulailah diskusi tentang strategi jaringan distribusi yang tepat untuk Jepara Furniture. Anggota dewan menyukai gagasan mendesain ulang jaringan suplai berdasarkan transshipment. Namun, mereka tidak merasa nyaman dengan investasi yang diperlukan atau dengan biaya tahunan untuk menjalankan titik transshipment.

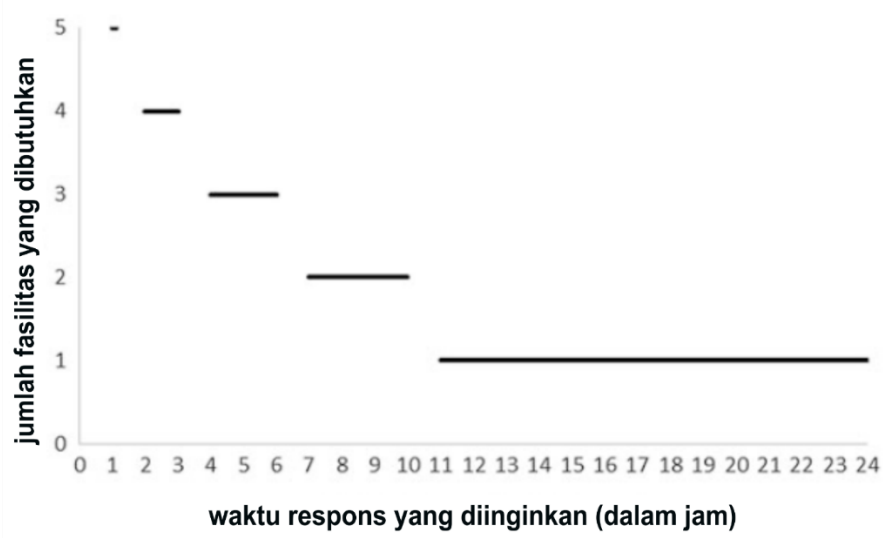
Sehubungan dengan perluasan prospektif dengan dimasukkannya Tangerang, Jakarta, dan Kendal, mereka tidak dapat memperkirakan biaya dan manfaat yang terkait. Oleh karena itu, mereka meminta Agus untuk memberikan penjelasan lebih lanjut tentang masalah ini. Agus mengharapkan pertanyaan seperti itu. Dia telah menyiapkan ringkasan eksekutif dari bagian "Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Desain Jaringan Distribusi" dari buku SCM Chopra dan Meindl (2009), di mana topik tersebut dibahas secara rinci. Dia mendistribusikan salinan ini dan memberikan survei lisan.

Ada dua arah umum untuk merancang dan mengevaluasi jaringan transportasi. Pertama, kebutuhan pelanggan harus diidentifikasi. Kebutuhan ini akan menjadi titik awal untuk pengaturan jaringan transportasi. Kedua, biaya pemasangan dan penyebaran jaringan transportasi harus ditentukan. Kedua hal ini dikompromikan oleh ketidakpastian keadaan masa depan di mana jaringan transportasi digunakan. Di satu sisi, kebutuhan pelanggan tidak diketahui, disembunyikan, atau akan berubah. Di sisi lain, biaya untuk menjalankan jaringan tertentu tunduk pada dampak eksternal, mungkin dari permintaan pelanggan yang berosilasi, harga bahan bakar yang bervariasi, biaya tenaga kerja, dan sebagainya. Oleh karena itu, hanya perkiraan kasar manfaat yang berkaitan dengan kepuasan dan biaya pelanggan yang mungkin. Penggerak utama kepuasan pelanggan adalah kemampuan untuk segera bereaksi dan dengan keandalan yang tinggi terhadap permintaan pelanggan yang diungkapkan. Jika pelanggan menyadari kebutuhan akan transportasi, pelanggan ini ingin memiliki layanan secepat mungkin. Di sini, urgensi terkait dengan waktu pengambilan secepat mungkin atau waktu pengiriman paling awal.

Sehubungan dengan situasi Kayu di Jawa, hal berikut mungkin terjadi. Sebuah situs manufaktur (Jepara, Jakarta, atau Kendal) mengakui bahwa bahan tambahan diperlukan sesegera mungkin. Jika bahan ditebar (bahkan untuk waktu yang singkat, tetapi secara teratur) di salah satu fasilitas impor atau transshipment yang terdapat dalam jaringan suplai Jepara Furniture, waktu suplai ulang rata-rata cenderung menurun dengan bertambahnya jumlah node jaringan. Bergantung pada distribusi spasial dari titik-titik di mana bahan-bahan ditebar, waktu suplai ulang (yang sama dengan perbedaan antara waktu kedatangan bahan tambahan dan waktu ketika kebutuhan diungkapkan) berkurang secara proporsional, menurun atau progresif (lihat Gambar 8.10).

Gambar 8.10 dengan jelas menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara jumlah fasilitas untuk menyimpan bahan suplai dan tingkat layanan pelanggan. Dalam kasus Jepara Furniture, setiap titik transshipment akan menampung sejumlah jenis kayu yang berbeda yang sedang transit dari pelabuhan impor ke lokasi manufaktur. Agus menekankan bahwa menyimpan bahkan dalam jumlah kecil di halaman transshipment dapat berkontribusi untuk memastikan suplai ulang yang cepat.

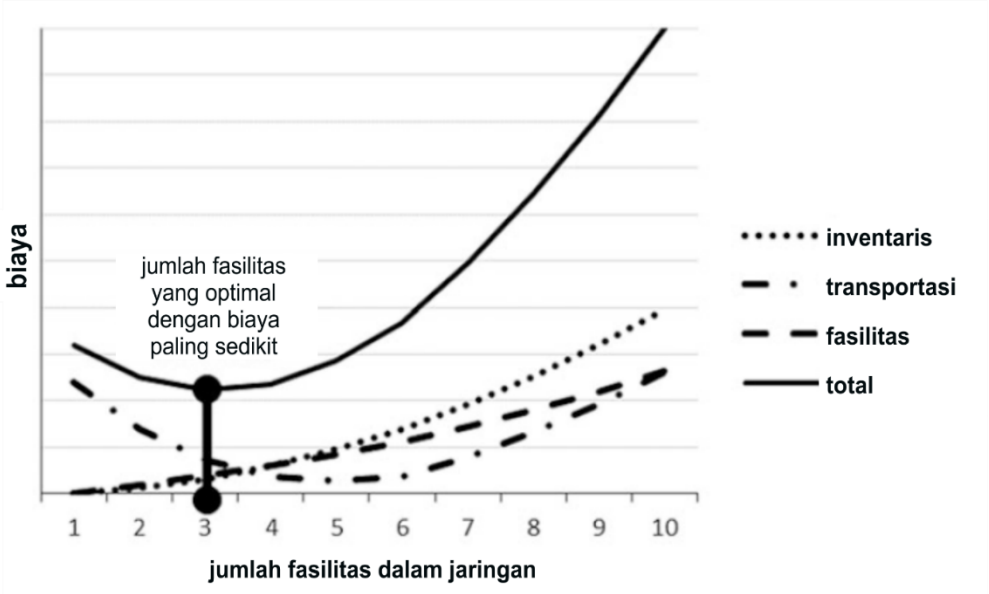
Alasan utama untuk ini adalah bahwa jarak dari halaman transshipment ke pabrik berkurang dibandingkan dengan jarak rata-rata dari pelabuhan ke lokasi manufaktur. Namun, Agus juga menjelaskan bahwa jumlah fasilitas lebih berperan dalam pendistribusian barang dengan pesanan pelanggan yang terlambat.



Gambar 8.10 Hubungan antara waktu respons pelanggan yang diinginkan (sumbu x) dan jumlah fasilitas yang diperlukan untuk memastikan waktu respons ini

Untuk mencapai tingkat ketersediaan material yang lebih tinggi dan waktu suplai ulang yang lebih cepat, Agus mengusulkan untuk membahas pemasangan dua titik transshipment. Selain di Hanover, ia mengusulkan pendirian fasilitas transshipment di wilayah Pati, yang terletak tepat di antara Kudus dan Jepara, dekat dengan jalan raya utama A7. Dalam fasilitas transshipment ini, arus masuk kayu dari pelabuhan dapat digabungkan dengan arus masuk dari Tangerang. Selanjutnya, dari fasilitas Pati, dimungkinkan untuk mengirim bahan ke ketiga lokasi pabrik. Sebuah gudang kecil di sini dapat digunakan untuk mempertahankan persediaan pengaman terpusat dari semua bahan untuk ketiga lokasi produksi di setiap halaman pengiriman. Tentu saja, biaya untuk menjaga semua fasilitas tetap berjalan meningkat jika jumlah fasilitas yang dioperasikan bertambah.

Setelah Agus mengklarifikasi keterkaitan antara jumlah node jaringan yang dipertimbangkan dan layanan yang akan ditawarkan kepada pelanggan, ia terus menjelaskan pemicu biaya utama dalam jaringan transportasi. Agus menunjukkan bahwa ada tiga pemicu biaya utama yang harus dipertimbangkan selama penentuan desain jaringan yang tepat (Gambar 8.11). Pertama, ada biaya persediaan. Biaya persediaan cenderung meningkat jika jumlah fasilitas jaringan meningkat karena setiap fasilitas memiliki jumlah tertentu dari persediaan. Selain fakta bahwa ada persediaan yang direncanakan sudah ditebar, mungkin juga ada persediaan yang menunggu untuk diteruskan. Kedua, biaya yang terkait langsung dengan penggunaan fasilitas harus dipertimbangkan: biaya meningkat jika jumlah fasilitas meningkat. Ketiga, ada biaya transportasi yang berkontribusi terhadap pengeluaran secara keseluruhan.



Gambar 8.11 Hubungan antara waktu respons pelanggan yang diinginkan (sumbu x) dan jumlah fasilitas yang diperlukan untuk memastikan waktu respons ini

Pada Gambar 8.11, perkembangan tipikal biaya transportasi ditunjukkan oleh grafik putus-putus. Hingga sejumlah fasilitas transshipment yang dipelihara, skala ekonomi tambahan dapat diwujudkan dengan konsolidasi, seperti yang dibahas sebelumnya. Jika lebih banyak fasilitas transshipment dimasukkan ke dalam jaringan, maka jumlah koneksi transportasi melebihi nilai ambang batas. Di luar nilai ambang batas ini, truk tidak mungkin lagi terisi penuh.

Kuantitas rata-rata yang akan dipindahkan oleh sebuah truk berkurang, karena total permintaan transportasi didistribusikan melalui jumlah pilihan transportasi yang lebih tinggi, sehingga biaya yang dipindahkan semakin meningkat. Menjumlahkan dua peningkatan fungsi biaya untuk biaya fasilitas dan persediaan dan fungsi biaya transportasi cembung mengarah ke fungsi cembung untuk total biaya. Fungsi tersebut memiliki jumlah fasilitas yang optimal dengan biaya total yang minimal. Memasukkan jumlah fasilitas yang optimal ini meminimalkan total biaya sistem transportasi dan dengan demikian memberikan kontribusi untuk menyeimbangkan biaya dan kepuasan pelanggan.

Alokasi Kapasitas dalam Jaringan Banyak-ke-Banyak

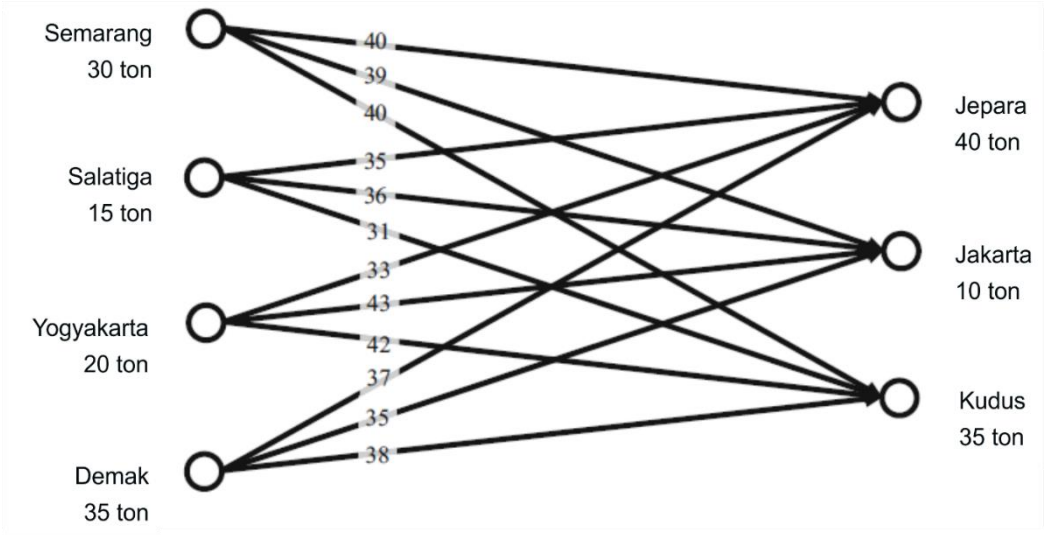
Setelah Agus menyelesaikan garis besar skema untuk menemukan jaringan transportasi yang sesuai, diskusi lain di antara anggota dewan Jepara Furniture dimulai. Robert, yang merupakan manajer sumber daya manusia, ingin mengetahui apakah mungkin untuk membangun dan mengoperasikan jaringan transportasi yang sangat canggih tanpa anggota staf yang terlatih dan terdidik. Agus yakin bahwa ini tidak mungkin karena manajemen transportasi memerlukan pengetahuan mendalam tentang teknologi transportasi, proses transportasi, serta peraturan dan undang-undang transportasi.

Pernyataan yang jelas ini dipertimbangkan oleh anggota dewan dalam diskusi selanjutnya. Karena tampaknya mustahil untuk mengoperasikan jaringan transportasi yang kompleks secara efisien tanpa sekelompok manajer transportasi yang terlatih dengan baik, ada dua pilihan yang tersisa: kelompok manajer transportasi yang sangat terspesialisasi harus dibentuk (dipekerjakan atau dilatih); atau kegiatan transportasi harus di-*outsource.*

Robert ingin tahu pendapat Agus. Agus menjawab sebagai berikut. Sejauh ini, Jepara Furniture telah mengikuti strategi di antara dua opsi tersebut. Karena Jepara Furniture tidak memiliki truk sendiri, kendaraan ini disewa. Namun, risiko kegagalan mencapai tingkat

pengisian tinggi yang diperlukan untuk mendapatkan skala ekonomi sepenuhnya ada pada Jepara Furniture. Jika tidak ada skala ekonomi yang dapat direalisasikan untuk alasan apapun, biaya transportasi akan cukup tinggi. Untuk alasan ini, Agus setuju bahwa mereka harus memikirkan outsourcing semua transportasi. Dalam konteks ini, akan berguna untuk mencari penyedia jasa angkutan yang hanya dibayar untuk jasa angkutan yang dilaksanakan, sebagai industri jasa surat dan paket. Dari perhitungan serupa dengan yang dilakukan, Jepara Furniture mengetahui biaya per ton jika mereka memutuskan untuk menyewa lagi.

Agus menyarankan untuk menghubungi beberapa perusahaan ekspedisi untuk mengumpulkan informasi tentang tarif mereka untuk semua kemungkinan koneksi impor antara empat pelabuhan Jepara Furniture dan tiga fasilitas manufaktur. Satu minggu kemudian, ada pertemuan lain antara Agus dan anggota dewan. Agus ingin menggunakan pertemuan ini untuk menjelaskan bagaimana biaya transportasi dapat diminimalkan jika penyedia layanan transportasi dibayar dengan ton yang diangkut saja.



Gambar 8.12 Data analisis transportasi untuk Jepara Furniture

Selama seminggu terakhir, Agus menghubungi beberapa perusahaan angkutan barang dan meminta tarif mereka untuk memindahkan barang antara pelabuhan dan lokasi manufaktur. Lebih khusus lagi, dia meminta harga per ton yang dipindahkan antara pelabuhan tertentu sebagai lokasi pemuatan dan pabrik tertentu sebagai lokasi pembongkaran. Agus mengumpulkan semua informasi. Untuk masing-masing dari 12 jalur transportasi yang mungkin, ia memilih pengangkut barang termurah. Tarif terkait (per ton) diberikan pada Gambar 8.12. Selain itu, Agus telah menunjukkan jumlah suplai yang tersedia di setiap pelabuhan dan jumlah yang dipesan oleh setiap pabrik per minggu.

Inti untuk memecahkan masalah transportasi adalah menetapkan jumlah yang dikirim ke setiap jalur transportasi yang tersedia yang menghubungkan pelabuhan laut (simpul suplai) dengan lokasi produksi (simpul penerima). Jika kuantitas nol diberikan ke sebuah link, maka link ini tidak digunakan. Penting untuk memilih kuantitas pengiriman untuk setiap link dimana jumlah biaya untuk semua link transportasi minimal, tetapi dimana permintaan untuk setiap node penerima terpenuhi (pembatasan A) dan tidak ada stok node suplai yang terlampaui (pembatasan B) . Jelas, semua kuantitas yang ditetapkan harus nol atau lebih besar dari nol (pembatasan C).

8.3 MASALAH TRANSPORTASI

Masalah transportasi [atau masalah distribusi Hitchcock (Hitchcock 1941)] membahas situasi yang dijelaskan pada Gambar 8.12 dan bertujuan untuk meminimalkan jumlah total biaya transportasi sementara permintaan individu dari setiap node penerima terpenuhi dan tidak ada node suplai yang memasok lebih banyak daripada itu memiliki stok. Seperti yang dapat dilihat dari contoh pada Gambar 8.12, memecahkan masalah transportasi bukan tugas sepele. Untuk setiap node Supplier harus diputuskan kuantitas mana yang ditugaskan ke node penerima mana, dan sebaliknya untuk setiap node penerima, karena harus diputuskan kuantitas mana yang dipesan dari node suplai mana.

Inti dari pemecahan masalah transportasi adalah menetapkan jumlah yang dikirim ke setiap jalur transportasi yang tersedia yang menghubungkan pelabuhan laut (simpul suplai) dengan lokasi produksi (simpul penerima). Jika kuantitas nol diberikan ke sebuah link, maka link ini tidak digunakan. Penting untuk memilih kuantitas pengiriman untuk setiap link dimana jumlah biaya untuk semua link transportasi minimal, tetapi dimana permintaan untuk setiap node penerima terpenuhi (pembatasan A) dan tidak ada stok node suplai yang terlampaui (pembatasan B) . Jelas, semua kuantitas yang ditetapkan harus nol atau lebih besar dari nol (pembatasan C).

Model Keputusan

Mirip dengan masalah lokasi gudang (WLP) di Bab. 7, dimungkinkan untuk mewakili (untuk "memodelkan") situasi keputusan yang terkait dengan masalah distribusi Hitchcock dalam hal model optimasi linier. Parameter model ini [Persamaan. (8.5)–(8.8)] adalah sebagai berikut. Himpunan S berisi semua node suplai dan untuk setiap elemen s ∈ S kuantitas suplai yang tersedia (tersimpan) qs diketahui. Semua node penerima dikumpulkan dalam himpunan R dan node r ∈ R meminta kuantitas dr. Semua kuantitas dinyatakan dalam ton per minggu. Biaya untuk memindahkan satu ton dari simpul Supplier s ∈ S ke simpul penerima r ∈ R ditulis di atas busur yang sesuai pada Gambar.8.12 dan faktor biaya ini adalah r. Ada diskon yang tersedia jika jumlah yang diangkut ditingkatkan.

Variabel keputusannya adalah xsr, yang mewakili jumlah transportasi yang ditetapkan ke jalur transportasi yang berasal dari simpul suplai s dan berakhir di simpul penerima r. Semua nilai real non-negatif diperbolehkan untuk xsr.

Persamaan 8.5

$$min\ Z = \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} c_{sr} * x_{sr}$$

Persamaan 8.6

$$\sum_{s \in S} x_{sr} \geq d_r \forall_r \in R$$

Persamaan 8.7

$$\sum_{r \in R} x_{sr} \leq q_s \forall_s \in S$$

Persamaan 8.8

$$x_{sr} \geq 0 \forall s \in S,\ r \in R$$

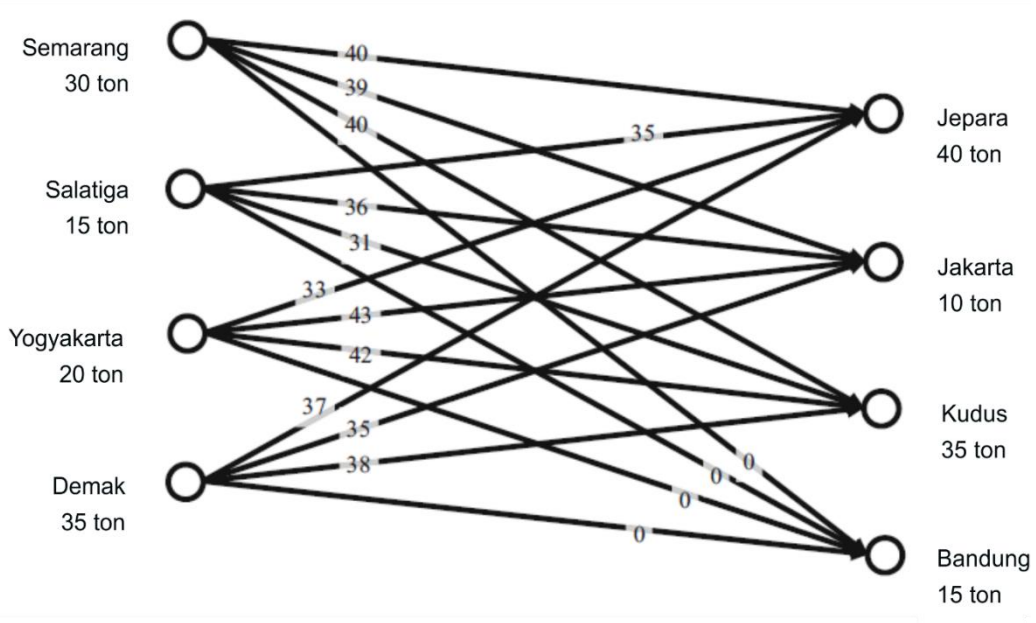
Hal ini diperlukan untuk meminimalkan total biaya transportasi (8.5). Permintaan individu dari semua node penerima harus dicakup (8.6), tetapi stok yang tersedia harus dipertimbangkan (8.7). Semua kuantitas yang ditetapkan untuk suatu hubungan transportasi harus non-negatif (8.8). Rumusan program linier dari masalah distribusi Hitchcock ini awalnya diperkenalkan oleh Dantzig (1951), yang juga telah mengusulkan algoritma yang elegan untuk menentukan jumlah transportasi yang optimal untuk setiap link.

Metode ini sekarang dikenal sebagai metode distribusi yang dimodifikasi (MODI). Namun, metode MODI menganggap bahwa solusi awal yang layak untuk model (8.5)–(8.8) sudah tersedia. Oleh karena itu, prosedur konstruksi seperti itu dibahas terlebih dahulu di Sect. 8.5.3, sebelum metodologi MODI diperkenalkan. Algoritma MODI kemudian digunakan untuk mengulangi dan meningkatkan solusi awal, dengan memperhatikan bahwa, untuk setiap iterasi, kelayakan dipertahankan dan biaya dikurangi.

Konsep dua fase ini, terdiri dari fase konstruksi dan fase perbaikan selanjutnya diproses, adalah pendekatan yang penting dan diselidiki dengan baik untuk identifikasi solusi optimal atau sub-optimal untuk suatu model optimasi. Agus akan menjelaskan perhitungan biaya pembebanan kuantitas transportasi minimal dengan menggunakan pendekatan MODI. Dia menggunakan contoh data yang diberikan pada Gambar 8.12.

Wawasan Praktis

Dalam praktiknya, masalah transportasi juga dapat diselesaikan untuk kasus-kasus dengan kemacetan kapasitas. Dalam situasi ini, kapasitas dapat diperpanjang dengan apa yang disebut biaya berlebih. Selain itu, masalah transportasi dapat diperluas ke pengaturan SC multi-tahap seperti sistem cross-docking atau hub-and-spoke. Bentuk ini disebut masalah transshipment.



Gambar 8.13 Data masalah transportasi untuk Jepara Furniture termasuk pelanggan Bandung (“masalah transportasi seimbang”)

Menemukan Solusi Model yang Layak Pertama

Agus memulai konstruksi tugas layak pertama dengan menganalisis jumlah total yang diminta serta jumlah total yang tersedia. Untuk menerapkan pendekatan MODI, kedua jumlah ini harus sama ("masalah transportasi seimbang"). Karena kesetaraan tidak diamati dalam contoh kita (jumlah jumlah suplai adalah 100 ton, tetapi total permintaan hanya 85 ton) Agus memperkenalkan pelanggan buatan ("simpul permintaan Bandung") yang meminta jumlah suplai sisa. Biaya transportasi buatan menuju simpul permintaan buatan ini diatur ke 0. Dengan modifikasi ini, masalah transportasi sekarang "seimbang" sehubungan dengan permintaan dan penawaran di SC (Gambar 8.13).

Untuk menjaga deskripsi algoritma konstruksi sekompak mungkin, Agus menyajikan semua data dalam apa yang disebut matriks transportasi yang ditunjukkan pada Gambar 8.14. Kepala baris berisi nama pelabuhan dan jumlah suplai yang tersedia, tetapi kepala kolom

memuat nama node yang diminta (pabrik) dan jumlah yang diminta. Matriks bentang terdiri dari 4 ∈ 4 sel. Di sudut kiri atas sel dalam baris dan kolomj Agus menulis biaya pengiriman 1 ton di sepanjang tautan yang berasal dari j.

	Jepara 40	Jakarta 10	Kudus 35	Bandung 15
Semarang 30				
Salatiga 15	35	36	31	0
Yogyakarta 20	33	43	42	0
Demak 35	37	35	38	0

Gambar 8.14 Matriks transportasi kosong (mulai konstruksi)

	Jepara 40	Jakarta 10	Kudus 35	Bandung 15
Semarang 30	40 30	39 -	40 -	0 -
Salatiga 15	35	36	31	0
Yogyakarta 20	33	43	42	0
Demak 35	37	35	38	0

Gambar 8.15 Matriks transportasi yang terisi sebagian setelah penugasan jumlah pertama ke jaringan transportasi Tangerang ke Jepara

Saat ini, semua sel kosong tetapi Agus akan mengisinya secara berurutan dengan jumlah yang diteruskan di sepanjang jalur transportasi terkait. Agus memulai dengan sel kiri atas yang mewakili jalur transportasi dari Tangerang ke Jepara (1!1). Sel ini (koneksi) ditandai dengan bingkai tebal. Agus memberikan kuantitas sebanyak mungkin ke tautan ini. Kuantitas maksimal adalah 30 ton karena Tangerang tidak menawarkan kuantitas yang lebih besar. Agus memberikan 30 ton ke tautan berlabel dan menulis jumlah ini di sel yang ditandai. Setelah penugasan ini, Agus menyimpulkan dua masalah. Pertama, permintaan dari Jepara sebagian tidak terpenuhi (10 ton harus dibawa ke sana dari pelabuhan lain), tetapi Tangerang tidak dapat digunakan untuk memasok lokasi lain. Oleh karena itu, Agus dapat menutup semua koneksi yang tersisa mulai dari Tangerang. Dia menunjukkan penutupan ini dengan menulis "-" ke dalam sel yang terkena (Gambar 8.15).

Agus akan mengisi sel berikutnya. Dia mencoba untuk memenuhi permintaan dari satu-satunya situs yang dilayani sebagian di Jepara. Ini berarti bahwa ia menetapkan 10 ton untuk menghubungkan Salatiga ke Jepara dengan faktor biaya 35 /ton. Sekarang permintaan dari Jepara benar-benar terpenuhi dan Agus menutup semua koneksi yang berakhir di sini. Ini tidak dapat digunakan lebih lanjut (Gambar 8.16).

	Jepara 40	Jakarta 10	Kudus 35	Bandung 15
Semarang 30	40 30	39 -	40 -	0 -
Salatiga 15	35 10	36	31	0
Yogyakarta 20	33 -	43	42	0
Demak 35	37 -	35	38	0

Gambar 8.16 Matriks transportasi yang terisi sebagian setelah penugasan kuantitas ke jalur transportasi Salatiga ke Jepara

	Jepara 40	Jakarta 10	Kudus 35	Bandung 15
Semarang 30	40 30	39 -	40 -	0 -
Salatiga 15	35 10	36 5	31 -	0 -
Yogyakarta 20	33 -	43	42	0
Demak 35	37 -	35	38	0

Gambar 8.17 Matriks transportasi yang terisi sebagian setelah penugasan kuantitas 5 ke jalur transportasi Salatiga ke Jakarta (langkah ke-3)

	Jepara 40	Jakarta 10	Kudus 35	Bandung 15
Semarang 30	40 30	39 -	40 -	0 -
Salatiga 15	35 10	36 5	31 -	0 -
Yogyakarta 20	33 -	43 5	42	0
Demak 35	37 -	35 -	38	0

Gambar 8.18 Matriks transportasi yang terisi sebagian setelah penugasan kuantitas 205 ke jalur transportasi Yogyakarta ke Jakarta (langkah ke-4)

Salatiga masih memiliki beberapa kuantitas yang tersedia dan sisa 5 ton sekarang ditugaskan ke lokasi permintaan yang tersedia berikutnya setelah Jepara. Ini adalah Jakarta (lihat Gambar 8.17). Ukuran stok di Salatiga sudah habis, tetapi permintaan dari Jakarta belum sepenuhnya terpenuhi. Agus memilih Bremer memiliki Supplier berikutnya yang tersedia setelah Salatiga (Gambar 8.18). Yogyakarta menyediakan sisa 5 ton untuk Jakarta.

Permintaan dari Jakarta sepenuhnya terpenuhi, tetapi Yogyakarta masih memiliki 15 ton yang tersedia. Jumlah ini diberikan ke lokasi permintaan berikutnya yaitu Kendal (Gambar 8.19). Namun, Yogyakarta tidak dapat sepenuhnya memenuhi permintaan dari Kendal. Jumlah sisa 20 ton disediakan oleh lokasi suplai berikutnya setelah Yogyakarta, yaitu Demak (Gambar 8.20).

Gambar 8.21 menunjukkan matriks transportasi pertama yang lengkap yang mewakili solusi layak yang dibangun pertama dari model transportasi. Kuantitas suplai sisa 15 ton ditugaskan ke tautan yang berasal dari Demak dan menuju ke simpul permintaan Bandung. Semua jaringan transportasi bekas diarsir dengan warna abu-abu. Skema konstruksi ini disebut aturan sudut barat laut (Gass 2003). Agus menentukan biaya yang terkait dengan jumlah transportasi yang dipakai dengan menjumlahkan produk dari jumlah yang ditetapkan dan koefisien biaya. Di sini, Agus mendapat 40 /t0 = 30t0+35/t0 = 10t0+36/t0 = 5t0+43/t0 = 5t0+42/t0 = 15t0+38/t0 = 20t0+0/t0 =15t0=3335 sebagai total biaya penerusan.

	Jepara 40	Jakarta 10	Kudus 35	Bandung 15
Semarang 30	40 30	39 -	40 -	0 -
Salatiga 15	35 10	36 5	31 -	0 -
Yogyakarta 20	33 -	43 5	42 15	0 -
Demak 35	37 -	35 -	38	0

Gambar 8.19 Matriks transportasi yang terisi sebagian setelah penugasan jumlah 15 ke jalur transportasi Yogyakarta ke Kendal (langkah ke-5)

	Jepara 40	Jakarta 10	Kudus 35	Bandung 15
Semarang 30	40 30	39 -	40 -	0 -
Salatiga 15	35 10	36 5	31 -	0 -
Yogyakarta 20	33 -	43 5	42 15	0 -
Demak 35	37 -	35 -	38 20	0

Gambar 8.20 Matriks transportasi yang terisi sebagian setelah penugasan jumlah 20 ke jalur transportasi Demak ke Kendal (langkah ke-6)

	Jepara 40	Jakarta 10	Kudus 35	Bandung 15
Semarang 30	40 30	39 -	40 -	0 -
Salatiga 15	35 10	36 5	31 -	0 -
Yogyakarta 20	33 -	43 5	42 15	0 -
Demak 35	37 -	35 -	38 20	0 15

Gambar 8.21 Matriks transportasi yang terisi penuh setelah penugasan kuantitas sisa 15 ton ke jalur transportasi Demak ke simpul permintaan Bandung (langkah ke-7)

Pemeriksaan Optimalitas

Setelah presentasi prosedur konstruksi, Agus ditanya oleh Dika apakah solusi yang diusulkan sudah optimal dan bagaimana Agus bisa memeriksa apakah sudah optimal. Secara umum, penerapan metode matriks minimum tidak mengarah pada solusi optimal model, jawab Agus. Namun, ada cara intuitif untuk memeriksa apakah dan bagaimana penugasan dapat dimodifikasi sehingga biaya dapat dikurangi.

Ide dasarnya adalah untuk mencari tahu apakah pergeseran beberapa kuantitas antara mata rantai transportasi akan menghasilkan pengurangan biaya. Jika pergeseran seperti itu tidak mungkin, maka solusi yang tersedia adalah optimal, karena tidak ada pengurangan biaya lebih lanjut yang mungkin dilakukan. Di sisi lain, jika pergeseran pengurangan biaya diidentifikasi dan diterapkan segera, ini mengarah ke penugasan baru dan diperbarui dengan biaya total yang lebih rendah.

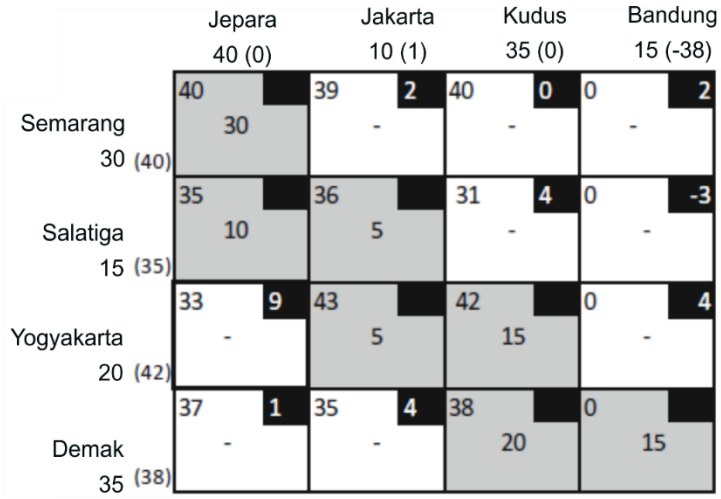
Total biaya 3335 terkait dengan jaringan transportasi yang digunakan sejauh ini. Tautan transportasi yang digunakan disebut tautan dasar dan tautan yang saat ini tidak digunakan disebut tautan non-dasar. Agus akan memeriksa apakah penggunaan arofanon-baseline akan mengarah pada pengurangan biaya. Oleh karena itu, Agus pertama-tama mendistribusikan jumlah biaya saat ini ke semua node jaringan.

Persamaan 8.9

$$u_1 + v_1 = 40$$

Oleh karena itu, ia memperkenalkan apa yang disebut nilai potensial ui untuk simpul suplai i ∈ S dan vj untuk simpul penerima j ∈ R dan membagi biaya cij untuk semua jalur transportasi yang digunakan saat ini i→j sehingga $c_{ij}=u_i+v_j$. Ini mengarah ke sistem persamaan linear yang ditunjukkan dalam Persamaan. (8.9)–(8.15). Ada solusi unik jika kita menetapkan $v_1=0$ (tanpa pengaturan ini akan ada lebih dari satu solusi). Solusi ini dapat diturunkan dengan penerapan metode eliminasi Gaussian. Dalam contoh yang dipertimbangkan di sini, kita mendapatkan nilai potensial $u_1=40$, $u_2=35$, $u_3=42$, $u_4=38$, $v_1=0$, $v_2=1$, $v_3=0$ dan $v_4= 38$. Nilai-nilai ini ditulis dalam tanda kurung (lihat Gambar 8.22).

Agus sekarang dapat menghitung faktor biaya yang diperhitungkan c'ij per ton untuk tautan yang saat ini tidak digunakan dengan menambahkan potensi ui untuk lokasi awal i dan potensi vj untuk lokasi yang menentukanj($c'_{ij}:=u_i+v_j$).Jika membandingkan biaya saat ini dengan biaya riil menghitung c'_{ij} : $=c_{ij}$ yang berlaku jika tautan yang saat ini tidak digunakan digunakan, dia dapat melihat apakah penggabungan ini mengarah pada penghematan. Penghematan/nilai ini ditulis di sudut kanan atas sel yang mewakili sel yang baru saja tidak digunakan (persegi panjang hitam kecil). Semua koneksi dengan pengecualian Tangerang-Kendal dan Salatiga-Bandung akan mengarah pada pengurangan biaya. Oleh karena itu, solusi awal bukanlah solusi optimal.

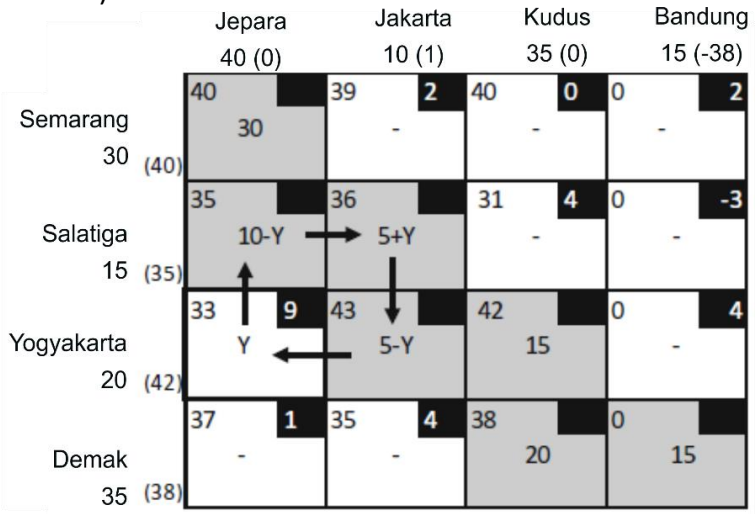


Gambar 8.22 Proposal solusi awal dengan nilai potensial dan penghematan per ton

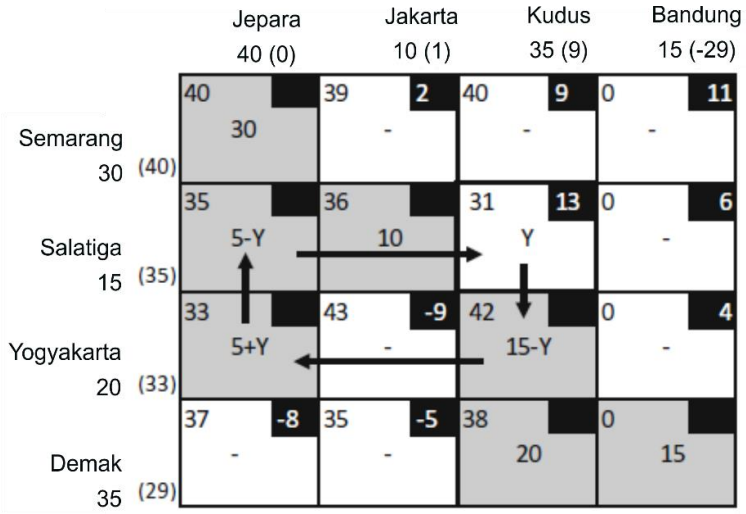
Jika Agus menemukan solusi yang diberikan bahwa tidak ada koneksi non-basis yang terkait dengan penghematan c'ij-cij per ton positif (>0), maka solusi yang tersedia saat ini adalah optimal. Oleh karena itu, Agus dapat menggunakan penghematan tersirat c'ij - cij yang terkait dengan koneksi non-basis sebagai kriteria optimalitas umum untuk memeriksa apakah solusi layak yang diberikan optimal atau tidak.

Peningkatan Solusi

Karena Agus mengetahui bahwa solusi yang dibangun tidak optimal, ia harus memodifikasinya. Oleh karena itu, pertama-tama ia mengidentifikasi sambungan non-basis dengan penghematan tertinggi per ton. Ini adalah tautan Yogyakarta ke Jepara dengan penghematan 90rb per yang ditetapkan (3.1).Agus menunjukkan tautan ini dengan bingkai hitam (lihat Gambar 8.22).



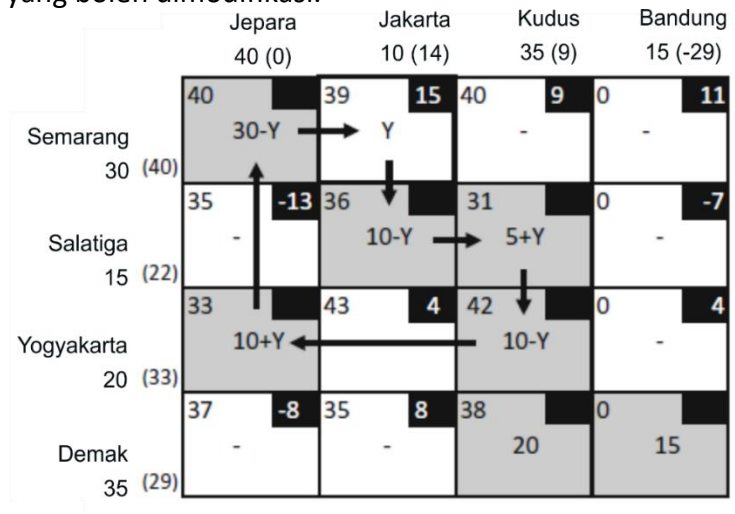
Gambar 8.23 Solusi pertama dengan jalur zig-zag (biaya 3335)



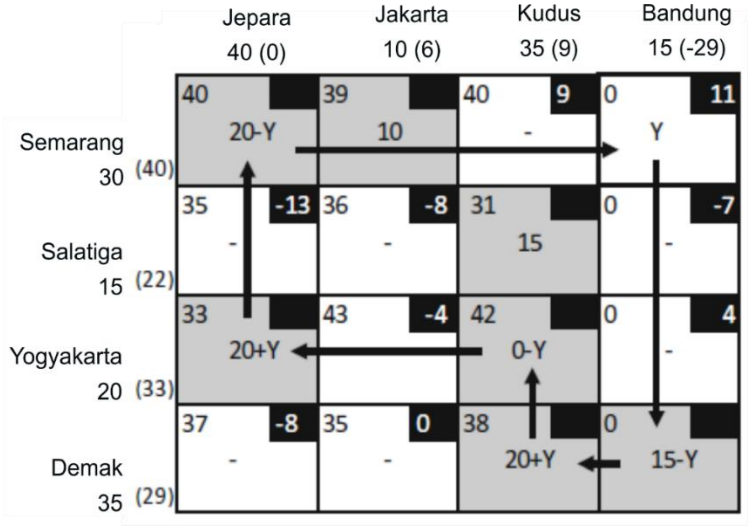
Gambar 8.24 Matriks transportasi kedua dengan biaya=3290 dan Y=min {10;5}=5

Karena setiap ton yang ditetapkan ke tautan ini mengurangi total biaya transportasi sebesar 9 , Agus ingin menetapkan jumlah tertinggi yang mungkin Y ke tautan ini. Oleh karena itu, dia harus memindahkan beberapa jumlah di antara tautan yang sudah digunakan. Ketika Agus menugaskan Y ton untuk pengiriman dari Yogyakarta ke Jepara, maka Jepara menerima Y ton di atas kuantitas yang diminta. Oleh karena itu, kuantitas yang terkait dengan link lain yang digunakan terminasi di Jepara harus dikurangi sebesar Y ton. Dalam contoh yang ditunjukkan pada Gambar 8.23, jumlah yang akan dikirim dari Salatiga ke Jepara dikurangi sebesar Y ton. Namun, pengurangan kuantitas yang akan dikirim dari Salatiga mengurangi total kuantitas keluar sebesar Y ton. Ini menyiratkan kebutuhan untuk meningkatkan jumlah yang akan dikirim dari Salatiga ke lokasi lain sebesar Y ton untuk mencegah pengurangan jumlah total keluar yang terkait dengan Salatiga. Di sini, hanya mungkin untuk meningkatkan jumlah yang ditetapkan ke tautan Salatiga ke Jakarta oleh unit Y.

Sekarang, Jakarta menerima jumlah yang terlalu besar sehingga jumlah masuk yang disediakan oleh simpul Supplier lain harus dikurangi sebesar Y ton. Di sini, hanya kuantitas yang ditugaskan ke penghubung Yogyakarta ke Jakarta yang dikurangi 5 ton. Setelah pengurangan ini, semua inkonsistensi yang terkait dengan jumlah yang ditetapkan diselesaikan. Urutan busur yang ditunjukkan pada Gambar 8.23 mewakili urutan jumlah pengiriman yang dimodifikasi. Ini dikenal sebagai "jalur zig-zag". Untuk konstruksinya, hanya sambungan dasar yang boleh dimodifikasi.



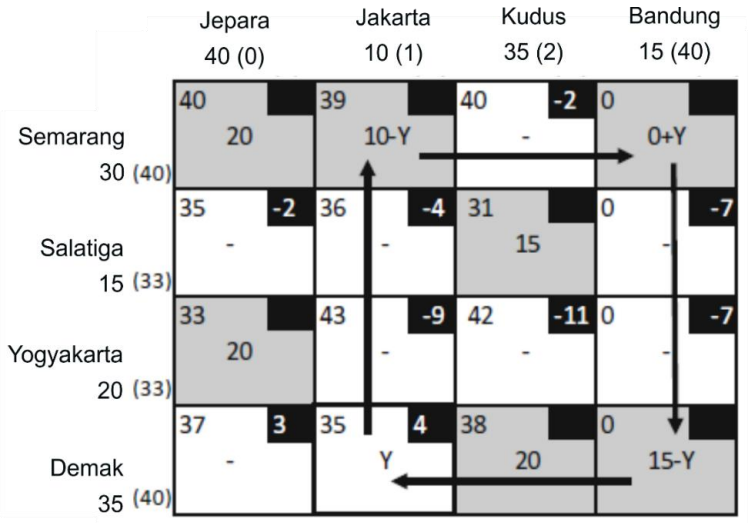
Gambar 8.25 Matriks transportasi ketiga dengan biaya=3225 dan Y=min {10; 10; 30}=10



Gambar 8.26 Matriks transportasi keempat dengan biaya=3075 dan Y=min {15;0;20}=0

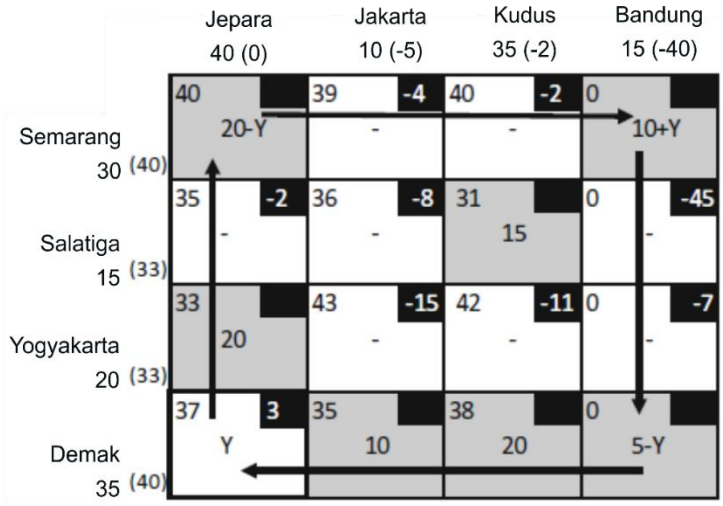
Mengikuti jalur zig-zag, Agus dapat menentukan nilai fisibel maksimal yang dapat diberikan ke Y. Oleh karena itu, ia mencatat semua kuantitas awal yang telah dikurangi Y. Karena kuantitas yang diperbarui tidak boleh negatif, Agus memberikan nilai tercatat minimal ke Y. Dalam contoh, itu adalah Y:=min{10;5}=5. Solusi terbaru yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 8.24. Biaya yang terkait dengan solusi baru ini adalah 3335 5 t0 9 /t0=3290 . Agus merangkum langkah-langkah untuk memperbarui solusi untuk masalah transportasi.

1. Tentukan nilai potensial ui dan vj untuk semua lokasi yang terlibat.
2. Tentukan biaya yang diperhitungkan $c'_{ij}==u_i+v_j$ untuk semua tautan (koneksi) non-basis saat ini.
3. Bandingkan biaya yang diperhitungkan dengan biaya sebenarnya. Jika $u_i + v_j - c_{ij}>0$ untuk setidaknya satu tautan non-basis, solusi yang diberikan tidak optimal (jika tidak, itu adalah solusi optimal).
4. Pilih link non-basis i* - j* dengan nilai penghematan maksimal $u_i+v_j - c_{ij}$ per ton.
5. Tentukan besaran Y yang akan diberikan ke tautan yang berasal dari i* dan terminasi di j* dengan penentuan jalur zig-zag melalui tautan dasar saat ini.
6.



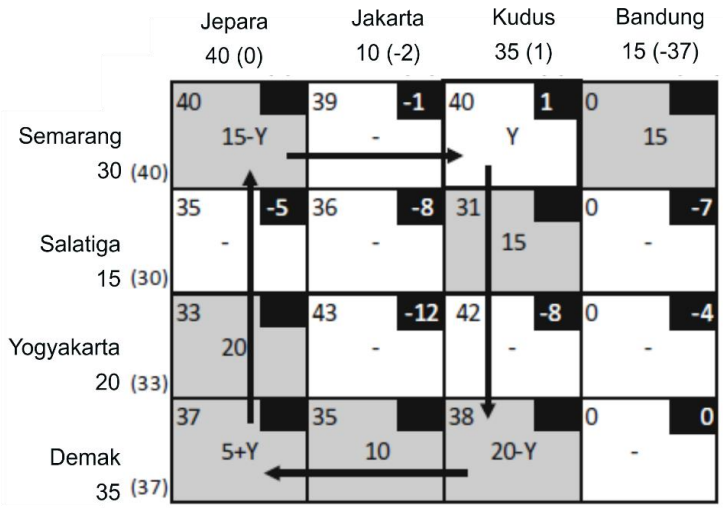
Gambar 8.27 Matriks transportasi kelima dengan biaya=3075 dan Y=min {10;15}=10

Kelima langkah ini diulangi sampai pada langkah (3) diketahui bahwa tidak ada hubungan non-basis yang penggabungannya akan mengurangi total biaya. Gambar 8.24, 8.25, 8.26, 8.27, 8.28, 8.29, dan 8.30 berisi matriks transportasi antara yang secara berurutan dibangkitkan oleh aplikasi berulang dari langkah (1)–(5). Matriks transportasi ketiga tidak optimal, sehingga jalur zig-zag ditentukan (Gambar 8.25). Di sini, kedua pangkalan yang menghubungkan Salatiga ke Jakarta dan Yogyakarta ke Kendal membawa jumlah minimal yang sama yaitu 10 ton. Yang pertama dari kedua base link Wilhelmhaven ke Jakarta menjadi link non-base ("-") sedangkan link lainnya tetap base link dan jumlahnya diset ke 0 (Gambar 8.26).

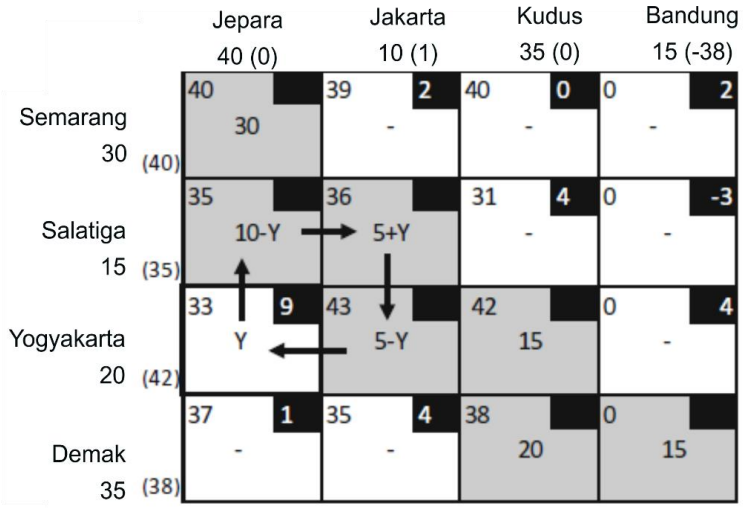


Gambar 8.28 Matriks transportasi keenam dengan biaya=3035 dan Y=min {20;5'5

Metode MODI dapat digunakan untuk mengoptimalkan penetapan kuantitas ke jaringan transportasi yang berbeda dalam pengaturan jaringan banyak ke banyak. Selain algoritma sudut barat laut ini, ada prosedur lain untuk menghasilkan solusi awal: algoritma matriks-minimum seperti yang dijelaskan dalam Vahrenkamp dan Mattfeld (2007) dan algoritma pendekatan Vogel seperti yang dijelaskan dalam Domschke (2007). Juga, algoritme perbaikan alternatif, seperti algoritme batu loncatan (Charnes dan Cooper 1954), dapat digunakan untuk mengidentifikasi solusi optimal untuk model transportasi.



Gambar 8.29 Matriks transportasi ketujuh dengan biaya=3020 dan Y=min {15;20}=15



Gambar 8.30 Matriks transportasi kedelapan dengan biaya=3005 (optimal)

8.4 DESAIN JARINGAN DISTRIBUSI

Studi Kasus: ALDI vs. Homeplus

Tujuan pembelajaran studi kasus ini adalah untuk (1) mengidentifikasi *trade-off* dasar antara fasilitas, persediaan, biaya transportasi, dan desain jaringan distribusi; dan (2) memahami keselarasan antara responsivitas dan efisiensi SC. ALDI adalah singkatan dari Albrecht Discount, dan merupakan supermarket yang didirikan di Jerman pada tahun 1913. Rantai telah berkembang pesat dan sekarang dapat ditemukan di seluruh dunia. Strategi ALDI adalah menjual kualitas yang sangat wajar dengan harga diskon. Kombinasi unik dari efisiensi, namun tetap menjual produk berkualitas tinggi memberi ALDI keunggulan kompetitif.

Perusahaan memiliki daya beli yang membuatnya mudah untuk menggunakan skala ekonomi dan diskon kuantitas untuk membeli produk. Variasi produk agak terbatas dibandingkan dengan supermarket lain. Hal ini memungkinkan pengurangan biaya persediaan. Toko-toko umumnya agak kecil dan standar. Apalagi, ALDI memilih lokasi supermarket yang relatif murah. Ini juga mengurangi biaya fasilitas. Biaya transportasi rendah karena biasanya direncanakan menggunakan batch besar. ALDI terutama menjual merek mereka sendiri dan menjaga pemasaran dan periklanan seminimal mungkin, memungkinkan mereka untuk mengurangi biaya overhead.

Selain itu, margin keuntungan cukup kecil dibandingkan dengan pesaing ALDI. Keputusan operasional ini memungkinkan ALDI untuk menjual dengan harga rendah sambil memegang pangsa pasar yang besar. Strategi ini bekerja sangat baik untuk pelanggan yang sadar harga. Namun, beberapa konsumen mungkin melewatkan produk bermerek favorit mereka atau pilihan produk yang lebih beragam. Selain itu, supermarket lain menawarkan lebih banyak produk dan layanan non-makanan, membuatnya menarik bagi pelanggan. ALDI telah meningkatkan penawaran sektor ini, misalnya, layanan foto atau perjalanan di halaman web mereka.

Berbelanja di internet telah menjadi sangat populer dalam beberapa tahun terakhir. Pada awalnya orang hanya membeli buku dan barang elektronik, dan hari ini pada dasarnya semuanya tersedia secara online. Banyak supermarket seperti Walmart dan Tesco telah mengembangkan konsep di mana pelanggan dapat memesan secara online dan membeli bahan makanan yang dikirim ke rumah mereka. Tesco dikenal dengan nama Homeplus di Korea Selatan dan menyesuaikan model bisnisnya untuk lebih memenuhi kebutuhan dan preferensi pelanggan lokalnya. Sementara mereka juga menawarkan belanja bahan makanan

online, Homeplus sedang mempertimbangkan cara yang lebih baik untuk menjangkau pelanggan, yaitu melalui konsep "toko virtual".

Toko virtual didasarkan pada teknologi m-commerce di mana pembeli dapat menelusuri gambar produk yang tersedia di tempat umum, dalam hal ini stasiun kereta bawah tanah. Produk dapat dipilih dengan memindai kode QR dengan ponsel pintar yang menggunakan aplikasi seluler untuk langsung memesan produk. Produk kemudian dikirim ke rumah pelanggan dalam hari yang sama. Pengiriman diatur untuk tiba dengan cepat, sehingga bahan makanan akan berada di dapur pembelanja malam itu dan tidak perlu menunggu untuk menerimanya.

Toko virtual sangat sesuai dengan harapan pelanggan lokal: penjualan meningkat 130% dalam 3 bulan, dan jumlah pengguna terdaftar meningkat 76%. Toko m-commerce virtual mungkin lebih cocok untuk pasar Korea daripada kebanyakan pasar lainnya. Namun manfaatnya, seperti waktu belanja yang lebih singkat, layanan pemesanan dan pembayaran yang nyaman, dan pengiriman ke rumah juga dapat menjadi semakin dihargai di seluruh dunia, sama seperti semakin banyak negara yang akan mencapai tingkat penerimaan ponsel cerdas yang serupa dengan yang ada di Korea Selatan.

Dari perspektif SCM, manfaat tambahan dapat dicapai. Terutama, toko fisik dapat dihilangkan, yang mengarah ke SC yang lebih hemat biaya dengan pengiriman langsung sebagai strategi distribusi. Seluruh proses pembelian dapat diotomatisasi tanpa campur tangan manusia dari pihak pengecer. Dengan lebih sedikit pusat distribusi terpusat, tingkat layanan pelanggan (ketersediaan produk) yang lebih tinggi dan persediaan pengaman yang berkurang dapat dicapai. Namun, biaya pengiriman untuk jumlah yang sangat kecil bisa menjadi masalah serius, tergantung pada perilaku pesanan pelanggan dan kebijakan harga pengiriman toko.

Rumah plus display barang di pusat transportasi umum, seperti stasiun metro. Pelanggan dapat mengamati produk di poster, seperti di rak nyata, dan dapat memindai dengan smartphone mereka. Apa premis untuk hit besar? Korea adalah pengadopsi awal dalam hal teknologi. Pada tahun 2011, 40% dari seluruh penduduk Korea Selatan menggunakan smartphone. Jadi memindai barang melalui kode QR memudahkan pelanggan berbelanja sambil menunggu. Homeplus dihargai karena kreativitasnya. Aplikasi tersebut diunduh 900.000 kali pada tahun pertama dan perusahaan tersebut bahkan dinominasikan untuk beberapa penghargaan desain. Penjualan meningkat pesat dan Homeplus sekarang menjadi pengecer online nomor satu. Perusahaan memperluas toko virtualnya ke halte bus dan stasiun kereta api.

Dari sudut pandang operasional, seperti biasa, ada kelebihan dan kekurangan dari toko virtual. Mengirimkan barang langsung ke pelanggan mengurangi jumlah barang yang dijual di toko. Akibatnya, lebih sedikit persediaan yang dibutuhkan dan biaya persediaan berkurang. Selain itu, pemesanan online memudahkan pelacakan barang dan berpotensi lebih sedikit barang hilang karena pencurian, salah hitung, atau campur tangan manusia lainnya. Juga, dengan pengiriman langsung, metode FIFO cukup mudah diterapkan, karena pelanggan tidak dapat memilih di antara jenis barang yang sama dari rak.

Dengan cara ini, produk yang mendekati kedaluwarsa dapat dijual sebelum barang tahan lama. Selain itu, layanan pelanggan ditingkatkan ketika ketersediaan barang lebih tinggi, karena dikirim dari gudang pusat. Ini sekali lagi mengurangi biaya untuk pergudangan bersama dengan biaya personil. Singkatnya, memiliki pemesanan online dan pengiriman langsung memudahkan untuk merancang SC yang lebih hemat biaya dibandingkan dengan penjualan tradisional di toko.

Yang paling penting, pelanggan sangat diuntungkan dari inovasi tersebut. Mereka dapat menggunakan waktu tunggu mereka di halte bus atau stasiun metro untuk berbelanja bahan makanan. Waktu adalah barang berharga dalam masyarakat saat ini, yang mungkin mengapa membeli makanan setelah bekerja mungkin lebih merepotkan bagi kebanyakan orang daripada kesenangan. Dengan teknologi yang sangat berkembang di Korea Selatan, konsep toko virtual mudah digunakan. Selain itu, toko tidak terlalu ramai, yang merupakan manfaat lain yang secara pasif mempengaruhi pembeli offline.

Peningkatan layanan pelanggan meningkatkan reputasi Homeplus dibandingkan dengan pesaing mereka. Penting bagi Homeplus untuk memperhatikan tingkat layanannya agar terus menyenangkan calon konsumennya. Kekhawatiran ini mencakup fungsionalitas aplikasi ponsel cerdas serta pengiriman tepat waktu dan kualitas produk. Kerugian dari konsep dapat timbul dengan biaya pengiriman. Karena semua barang dikirim langsung, biaya pengiriman mungkin lebih tinggi. Homeplus dapat merancang sistem pengiriman yang efisien menggunakan pengiriman truk susu ke banyak pelanggan di area terdekat.

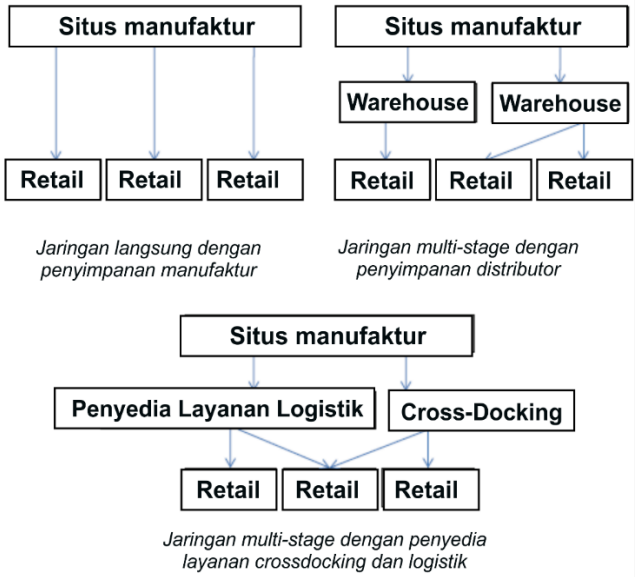
Selain itu, membuat barang dan harga tersedia secara online meningkatkan daya banding. Sudah ada banyak aplikasi yang membantu pelanggan menemukan barang termurah di setiap toko. Tren ini kemungkinan akan meningkat. Hal ini membuat vendor perlu untuk fokus pada nilai jual yang unik sehingga mereka tidak menemukan diri mereka terekspos pada penjualan dengan harga *drop-down.*

Diskusi:

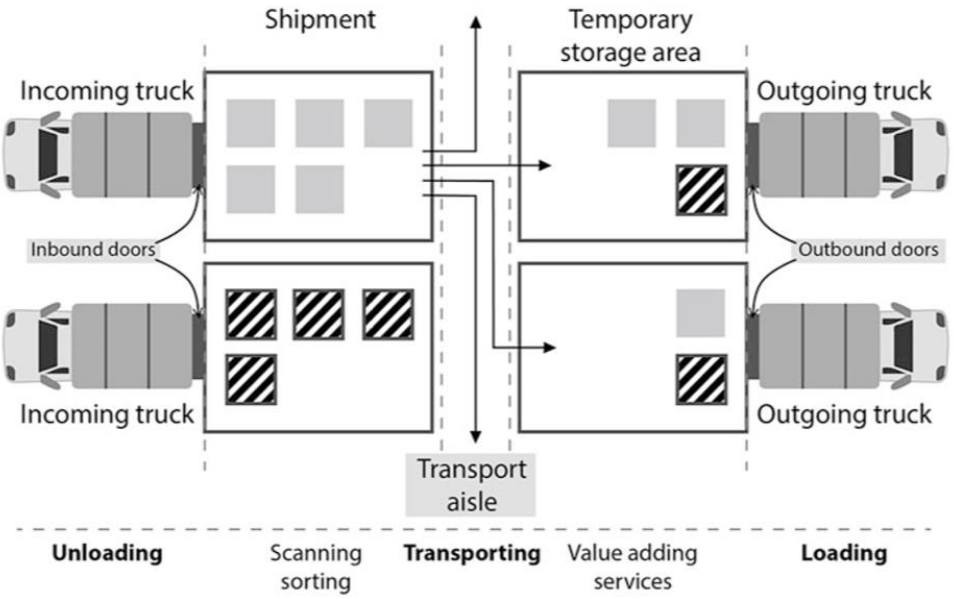
1. Pertimbangkan pertukaran antara biaya persediaan, jumlah gudang, dan biaya transportasi di ALDI dan Homeplus. Jelaskan masalah efisiensi dan daya tanggap dalam studi kasus berdasarkan pertukaran ini.
2. Faktor efisiensi dan daya tanggap mana yang dapat Anda identifikasi di ALDI dan Homeplus?
3. Strategi distribusi apa yang digunakan Homeplus di Korea Selatan?
4. Strategi transportasi apa yang digunakan Homeplus di Korea Selatan?
5. Faktor apa saja yang memfasilitasi konsep Homeplus di Korea Selatan?
6. Apakah mungkin untuk menerapkan toko virtual di negara Anda? Tantangan apa yang mungkin dihadapi?

Jenis Jaringan Distribusi

Menurut desain jaringan transportasi, struktur jaringan distribusi yang berbeda dapat dibedakan (Gambar 8.31). Dalam hal pengiriman langsung, distribusi diatur sebagai jaringan langsung, dengan penyimpanan di sisi manufaktur. Atau, jika strategi produksinya adalah *assemble-to-order* (ATO) atau *make-to-order* (MTO), produk dapat dikirim langsung ke pelanggan (misalnya, ini adalah strategi DELL).



Gambar 8.31 Jenis Jaringan Distribusi



Gambar 8.32 Terminal *cross-docking* [berdasarkan Stephan dan Boysen (2011)]

Dalam bisnis ritel, sebagian besar jaringan distribusi diatur sebagai sistem multi-tahap dengan gudang perantara, pusat distribusi, pusat cross-docking, dan terminal hub. Sistem kompleks seperti itu biasanya dikelola oleh penyedia layanan logistik. Sebagai contoh, pertimbangkan jaringan *cross-docking* dan *hub-and-spoke*. *Cross-docking* mengimplementasikan gagasan konsolidasi barang dari truk masuk ke truk keluar melalui titik transit perantara (yaitu pusat *cross-docking*). Ciri khusus dari cross-docking adalah barang tidak disimpan di gudang lebih dari 24 jam (lihat Gambar 8.32).

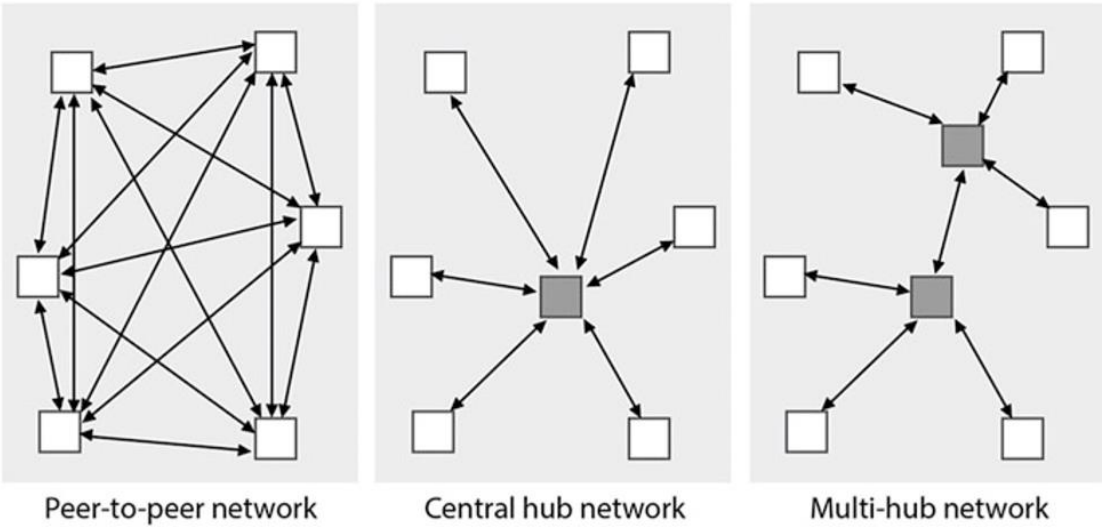
Beberapa keuntungan dari cross-docking adalah realisasi skala ekonomi dalam transportasi, pengiriman paket yang sering, pengurangan persediaan, aliran produk yang lebih cepat, pengurangan kesalahan, penghematan dalam penanganan material dan biaya tenaga kerja, peningkatan pemanfaatan kapasitas armada, dan mitigasi bullwhip. memengaruhi. Pada saat yang sama, diperlukan investasi yang tinggi untuk membangun terminal cross-docking. Kompleksitas koordinasi dan risiko kehabisan stok/gangguan di SC juga meningkat. Akhirnya,

masalah keamanan data menjadi sangat penting. Contoh realisasi *cross-docking* yang berhasil dapat ditemukan di banyak perusahaan ritel, misalnya, Walmart, E. LeClerc, dll.

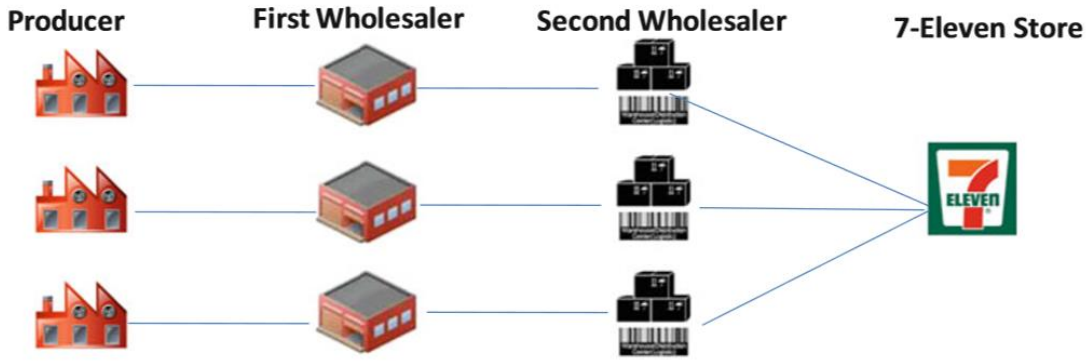
Jaringan *hub-and-spoke* juga mengimplementasikan ide konsolidasi (Gambar 8.33). Hub mewakili elemen konsolidasi dalam jaringan distribusi. Jari-jari adalah gudang regional dan pelanggan. Konsep ini digunakan untuk konsolidasi pengiriman dengan kelebihan dan kekurangan yang sama seperti *cross-docking*. Misalnya, bandara Leipzig-Halle adalah hub terbesar DHL di Jerman. Dalam perjalanan bab selanjutnya, Anda akan menemukan studi kasus pada jaringan distribusi yang berbeda.

Studi Kasus: Seven-Eleven Japan

Seven-Eleven Japan Co. Ltd didirikan pada tahun 1974 dan tumbuh menjadi salah satu jaringan ritel terbesar, dengan lebih dari 50.000 toko di seluruh dunia dengan luas rata-rata 100–150 m2 per toko. Pada awalnya, SC perusahaan bersifat langsung, berorientasi dari produsen ke toko (Gambar 8.34).



Gambar 8.33 Jenis jaringan *hub-and-spoke*



Gambar 8.34 Rantai suplai yang berorientasi langsung

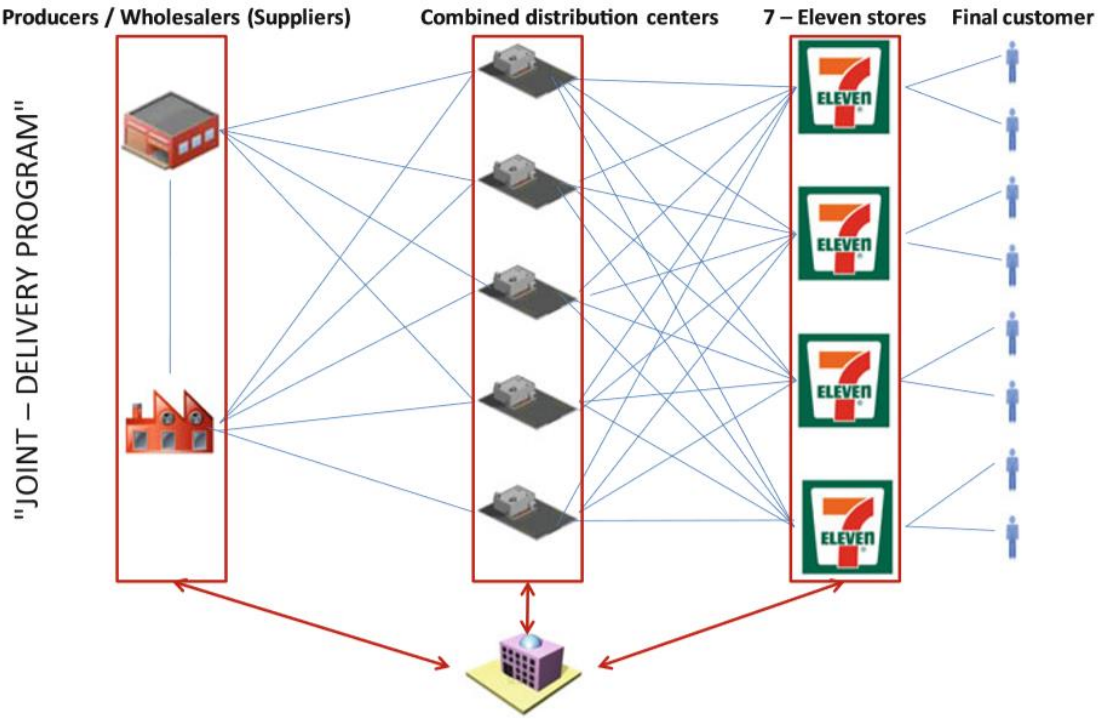
Jenis struktur ini menghasilkan kekurangan yang signifikan. Karena jumlah fasilitas yang tinggi, total fasilitas/penanganan, persediaan, dan biaya logistik yang tinggi (lebih dari 70 pengiriman sehari ke toko) dihadapi. Jalur informasi terlalu panjang yang berdampak negatif pada tingkat layanan karena waktu respons yang rendah dan perputaran persediaan (sekitar 25 putaran setahun pada 1970-an).

Dalam mendesain ulang jaringan distribusi, Seven-Eleven Japan (SEJ) melakukan beberapa perubahan penting. Tujuan utama dari desain ulang adalah untuk lebih

meningkatkan kepuasan dan profitabilitas pelanggan. Tujuannya adalah mengurangi biaya, mencegah kehabisan stok, dan memastikan produk berkualitas tinggi. Perusahaan meluncurkan beberapa tindakan, seperti investasi tinggi dalam sistem informasi dan komunikasi, identifikasi mitra yang memadai untuk setiap wilayah, dan jaminan hubungan jangka panjang. Selain itu, sistem pengiriman gabungan (CDS) dikembangkan yang didasarkan pada tidak adanya pengiriman langsung ke toko (Gambar 8.35).

Produsen dan distributor yang berbeda dari wilayah geografis yang sama mengkonsolidasikan pengiriman mereka untuk meminimalkan jumlah truk yang pergi ke pusat distribusi gabungan (CDC). Lima CDC (yaitu, produk beku, produk dingin, makanan segar, minuman dan mie, dan majalah) diurutkan berdasarkan kategori produk dan suhu penyimpanan yang diperlukan. Dari sini, produk Supplier yang berbeda dikirim ke toko. Untuk beberapa produk (misalnya, produk kemasan segar), pengiriman terjadi beberapa kali sehari. Untuk produk beku, tiga pengiriman seminggu sudah cukup. Setiap tur truk mencakup lebih dari satu toko, sebaiknya selama jam tidak sibuk. Dengan menghilangkan kebutuhan untuk pemeriksaan barang masuk, biaya seluruh operasi SC dapat lebih diturunkan.

Perubahan desain jaringan distribusi mempengaruhi semua tahapan dalam SC dan biaya SC (persediaan, transportasi, fasilitas, dan informasi). Toko harus mengkonfigurasi ulang rak toko setidaknya tiga kali sehari dan etalase melayani segmen dan permintaan konsumen yang berbeda pada waktu yang berbeda. Kantor pusat SEJ harus merancang dan mengelola lokasi, transportasi, inventaris, dan sistem informasi untuk mendukung tujuan mereka. Mereka juga bertanggung jawab untuk merencanakan lokasi toko baru untuk memastikan kehadiran yang kuat.



Gambar 8.35 Rantai suplai yang didesain ulang

Pengiriman tepat waktu sekarang menjadi tanggung jawab Supplier. Dalam hal ketidakpatuhan dengan tanggal pengiriman yang disepakati, Supplier harus membayar denda yang setara dengan margin kotor produk yang dikirimkan. Sebagai imbalannya, Supplier dihargai dengan hubungan bisnis jangka panjang dan adopsi dalam proyek-proyek baru, seperti proyek *e-commerce* "7dream.com". Kesimpulannya, kesadaran akan kebutuhan

pelanggan dan kemampuan manajemen untuk bereaksi dan menanggapi preferensi pasar dengan mempertimbangkan biaya secara bersamaan, memastikan keberhasilan ekonomi jangka panjang SEJ.

Mendesain ulang SEJ mencapai peningkatan di banyak bidang, mis. pertumbuhan penjualan (+11.29%), jumlah toko (+5.84%), dan margin keuntungan (+30%); penjualan yang lebih tinggi per meter persegi; penjualan rata-rata per hari toko yang lebih tinggi (66.900 yen/51.500 yen), jumlah pelanggan harian (1059 di SEJ/rata-rata industri 880), tingkat kehabisan stok yang sangat rendah, peningkatan efisiensi SC, penurunan inventaris relatif terhadap penjualan, pengurangan jumlah unit penyimpanan stok (SKU) menjadi 2500, penurunan perputaran persediaan (45 putaran bukannya 14 pada tahun 1974), dan penurunan rata-rata jumlah pengiriman ke setiap toko.

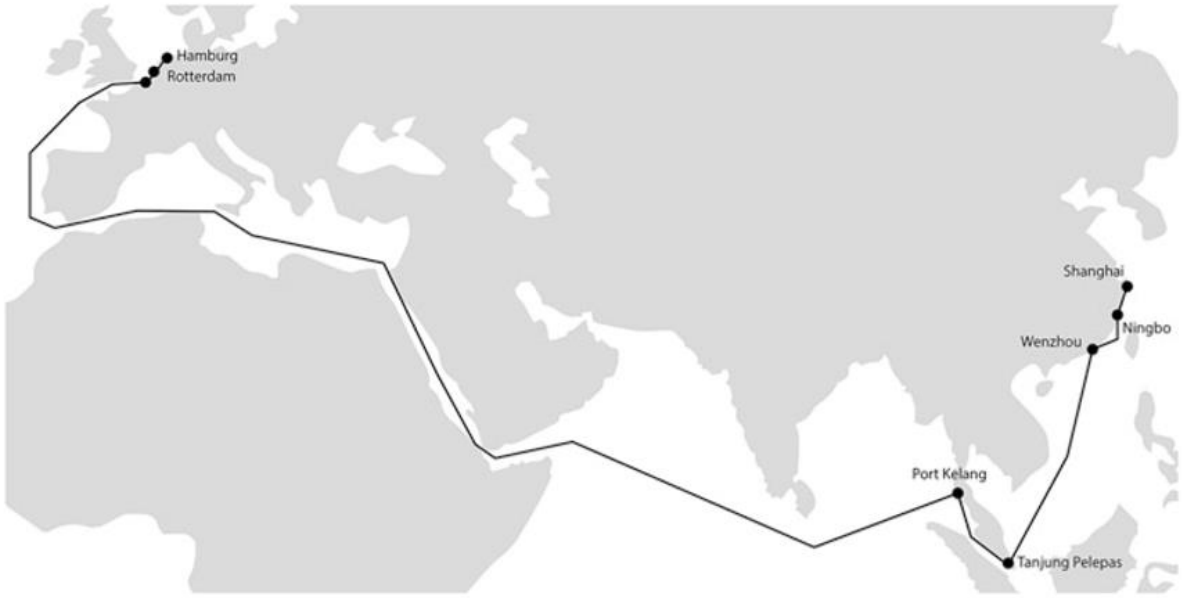
Diskusi

1. Identifikasi dampak pada aktor yang berbeda di SC setelah desain ulang sistem distribusi.
2. Mengapa Seven-Eleven memilih persiapan makanan segar di luar lokasi dan pengiriman selanjutnya ke toko?
3. Bagaimana perubahan biaya SC berikut: inventaris/transportasi/fasilitas dan penanganan/informasi?
4. Apa nama strategi transportasi ketika tur setiap truk dimulai dari pusat distribusi dan mencakup lebih dari satu toko?
5. Desain jaringan transportasi mana yang digunakan dalam kasus SEJ? Apa kelebihan dan keterbatasan jenis jaringan ini?

8.5 MODA TRANSPORTASI

Studi Kasus: Transportasi Sepatu dari China ke Austria

Buku harian wadah penuh sepatu dari perusahaan Deichmann. Berikut ini dijelaskan perjalanan kontainer dari Wenzhou ke Wina, berdasarkan artikel “Schuhe unterwegs” di HHLA-Messe-Magazine, 2011.



Gambar 8.36 Rantai transportasi Deichmann

Ningbo, Cina, 7 November, 11:30: Salah satu kapal peti kemas terbesar dimuati dengan peti kemas yang berbeda. Salah satunya adalah container CMAU 146090-0, yang sarat dengan

koleksi sepatu Deichmann. Sepatu diproduksi di Whenzou dan diangkut ke Ningbo, di mana kontainer dimuat ke kapal kontainer. Terusan Suez, 28 November, 0:57: Kapal kontainer berlayar di Terusan Suez sepanjang 160 km dengan kecepatan 7,5 knot. Terusan Suez adalah salah satu jalur pelayaran terpenting di dunia.

Burchardkai, 29 November, 8:00: Kapal kontainer berkapasitas 14.000 kotak standar. Ini berarti bahwa perencanaan yang baik dari proses pemuatan sangat penting di berbagai pelabuhan. Di Terminal Peti Kemas HHLA, Burchardkai, persiapan pemuatan untuk pelabuhan Le Havre sedang berlangsung, diawasi oleh perencana kapal yang bertanggung jawab.

Le Havre, 7 Desember, 6:00: Kapal kontainer meninggalkan Le Havre setelah berhenti sebentar. Perencana kapal mengatur pengiriman dan pemuatan kapal. Perencana kapal menggunakan perangkat lunak perencanaan untuk memutuskan di mana setiap kontainer akan ditumpuk.

Burchardkai, 10 Desember, 8:45: Kapal tunda membantu kapal kontainer berlabuh. Raksasa, mesin pengiriman yang direncanakan secara rinci dimulai.

9:00: Perencana kapal yang bertanggung jawab memutuskan bersama dengan petugas kapal peti kemas kapan rencana pemuatan dan pemuatan ulang akan dilakukan.

12:14: Dari jam 9 pengiriman dimulai. Beberapa ribu kontainer harus diisi ulang.

12:15: Untuk kasus seperti itu, HHLA telah berinvestasi di tempat berlabuh dan jembatan yang efisien.

12:16: Pengemudi jembatan memiliki monitor bagian dalam sehingga dia dapat melihat kontainer mana yang harus dia ambil. Pada saat yang sama perencana kapal lain mengontrol jumlah peti kemas yang dibongkar.

12:17: Pengemudi van-carrier mendapat pesan otomatis ketika kontainer telah diletakkan di sisi dermaga.

12:20: Pengemudi van-carrier meletakkan wadah penuh sepatu. Derek dibantu komputer dan memindahkan kontainer ke posisi optimal untuk penyimpanan sementara.

Burchardkai, 11 Desember, 10:50: Kontainer dimuat ke kereta oleh perusahaan Metrans menuju Kendal. Kereta tersebut terisi penuh dengan 60 kontainer.

11:25: Memuat dari penyimpanan sementara dan kereta dilakukan oleh operator van. Pengemudi mobil van memperoleh informasi tentang proses pemuatan dari jaringan komputerisasi. Tujuannya adalah untuk mencapai bongkar muat yang lancar.

14:31: Karyawan Metrans sedang mengatur proses untuk 1781 kereta Metrans, yang mengangkut barang dari Kendal ke Demak. Wadah dengan sepatu dimuat ke bagian pertama kereta.

15:48: Kereta sepanjang 600 m meninggalkan pelabuhan Demak. Jaringan komputerisasi menginformasikan petugas operator Metrans di Kendal dan ahli logistik dari Deichmann bahwa kontainer sedang dalam perjalanan ke Kendal.

Decin, depot kereta barang, 12 Desember, 6:10: Pergantian masinis lokomotif. Metrans memiliki rencana logistik khusus untuk pemanfaatan kapasitasnya sehingga mampu mengangkut peti kemas lebih banyak dari pesaingnya. Dari lalu lintas internasional luar negeri pada jaringan kereta api, 75% dilakukan oleh Metrans.

12 Desember, 8:57: Kereta tiba di salah satu pusat transshipment terbesar di Eropa. Sebanyak 15.000 kontainer dapat disimpan dan sepuluh kereta dapat dimuat dan dimuat ulang pada saat yang bersamaan.

Dunajska Streda,13Desember,9:11:Perusahaan Deichmann membuka pusat distribusi baru mereka di sebelah area terminal. Area terminal menawarkan ruang untuk 25.000

kontainer. Sepatu itu tiba di pusat distribusi tempat sepatu itu disusun menjadi berbagai unit transportasi untuk berbagai kota.

Wina, pendirian tetap Schenker, 14 Desember, 13:45: Kontainer yang ditujukan ke Wina meninggalkan pusat distribusi. Kontainer tiba di gudang di jalan Gottfried-Schenker pada pukul 13:45.

Wina, Mariahilfer Street 41, 15 Desember, 8:12: Perjalanan dari Cina ke Austria berakhir di anak perusahaan Deichmann, di jalan perbelanjaan tua Wina. Perjalanan dari Ningbo ke Wina memakan waktu 37 hari, 20 jam dan 42 menit. Seperti yang dapat kita lihat dari contoh ini, rantai transportasi modern terdiri dari berbagai moda transportasi (yaitu, transportasi antarmoda). Moda transportasi utama, kelebihan dan kekurangannya dirangkum dalam Gambar 8.37. Dapat diamati dari Gambar 8.37 bahwa tidak ada moda transportasi tunggal yang memberikan solusi ideal. Pemilihan moda transportasi didasarkan pada prioritas kriteria seperti kecepatan, biaya, jaringan, keamanan, jadwal, dll.

Mode transportasi	Penggunaan umum	Kelebihan	Kekurangan
Jalan 	Pintu ke pintu Ideal untuk kargo campuran. Biasanya digunakan untuk leg pertama dan terakhir	Fleksibel untuk pintu ke pintu. Murah	Terbatas untuk transportasi kontinental Kemacetan perkotaan Kerusakan jalan
Rel 	Untuk domestik. transportasi kontinental dan antarbenua	Ideal untuk barang berat dan jarak jauh Ramah lingkungan	Diperlukan koneksi ke sistem rel.Kereta lengkap membutuhkan volume besar (dengan frekuensi rendah), jika tidak, maka perlu penanganan di yard (kecepatan transportasi rendah)
Udara 	Untuk transportasi cepat	Cepat dan aman	Mahal Ukuran dan berat barang dibatasi Biasanya sebagai bagian dari transportasi multimodal
Laut 	Pengiriman massal, di mana waktu tunggu yang lama tidak masalah	Ideal untuk barang besar dan berat Kontainer laut berstandar tinggi di seluruh dunia Lebih murah daripada transportasi udara untuk transportasi antarbenua	Rute yang tidak fleksibel Waktu tunggu yang lama Jadwal yang tidak fleksibel (kapal tidak akan menunggu kontainer yang hilang)

Gambar 8.37 Perbandingan berbagai moda transportasi (berdasarkan SupplyOn)

8.6 KESIMPULAN

Pertanyaan mendasar dalam desain jaringan distribusi dan transportasi adalah sebagai berikut:

- Kapan dan di mana barang-barang dalam jumlah dan kualitas yang dibutuhkan perlu diambil dan dikonsolidasikan agar barang-barang tersebut tepat waktu di tempat tujuan?
- Tingkat layanan mana yang harus dihormati (pengiriman tepat waktu, toleransi)?
- Moda dan sarana transportasi apa yang memungkinkan dan pilihan yang tepat untuk keseluruhan atau sebagian transportasi?
- Siapa yang mengatur dan siapa yang melaksanakan (bagian mana dari) pengangkutan?
- Siapa yang membayar bagian transportasi mana?
- Bagaimana biaya yang dijanjikan untuk transportasi yang efisien dan andal dapat diminimalkan?

Kami telah membahas aspek-aspek tipikal dan masalah keputusan dalam mengkonfigurasi jaringan distribusi dan transportasi seperti yang muncul saat ini. Oleh karena itu, kami telah membahas tantangan umum yang terkait dengan pengaturan jaringan transportasi yang tepat dan sesuai; selain itu kami telah memberikan presentasi mendalam tentang tugas keputusan tertentu.

Pada akhir bab ini, kita telah mengenal beberapa tipe umum dari struktur jaringan distribusi dan transportasi. Mulai dari tata letak pengiriman langsung yang sederhana, kami dapat memperluas struktur ini dengan strategi penundaan, milkruns, dan transshipment untuk mencapai skala ekonomi dalam konteks perencanaan transportasi melalui konsolidasi. Namun, kita telah melihat bahwa keberhasilan konsolidasi tergantung pada ketersediaan pengiriman yang memadai yang dapat dikelompokkan bersama untuk membuat muatan truk penuh.

Risiko yang terkait dengan konsolidasi pengiriman cukup tinggi jika permintaan transportasi bervariasi dari waktu ke waktu. Dalam situasi seperti itu, penggabungan penyedia layanan logistik dapat bermanfaat jika hanya dibayar per jumlah yang dikirim. Penetapan jumlah yang akan dikirim ke link yang berbeda dalam jaringan transportasi banyak-ke-banyak adalah masalah keputusan yang rumit yang dikenal sebagai masalah distribusi Hitchcock. Kami telah membahas dan menerapkan prosedur untuk menyelesaikan tugas keputusan penting ini dalam konteks mengkonfigurasi jaringan transportasi.

BAB 9
PERENCANAAN PABRIK DAN DESAIN PROSES

9.1 TUJUAN PEMBELAJARAN UNTUK BAB INI

- peran perencanaan pabrik di SCOM
- proses perencanaan pabrik
- peran dan metode perencanaan kapasitas
- opsi untuk desain aliran proses
- sistem produksi ramping
- tren modern: Industri 4.0

9.2 STUDI KASUS PENGANTAR

"Perencanaan Pabrik di Tesla"

Lokasi pabrik baru dapat memberikan keunggulan kompetitif dan memiliki relevansi strategis bagi setiap perusahaan. Untuk sekali, lokasi mempengaruhi struktur biaya. Misalnya, produksi di negara berupah rendah memengaruhi harga produksi produk. Risiko dibentuk oleh politik, nilai tukar, dan pergerakan mata uang. Banyak perusahaan beroperasi di berbagai negara dengan memanfaatkan keunggulan di setiap lokasi.

Di sisi lain, inovasi memainkan peran penting lainnya untuk kesuksesan bisnis. Kedekatan dengan universitas, area penelitian atau perusahaan lain yang beroperasi dalam bisnis dapat meningkatkan insentif inovasi. Di sini, karyawan yang berkualitas juga lebih mudah dijangkau, misalnya melalui rekrutmen dari universitas. Sebagian besar waktu pemerintah akan mendukung bidang-bidang tertentu dengan keuntungan pajak untuk memicu pengembangan klaster inovasi. Di daerah-daerah ini infrastruktur berkembang dengan baik. Oleh karena itu, persediaan mudah dikirim ke area tersebut dan produk jadi ke pengecer atau pelanggan akhir. Lokasi pasar, di mana pelanggan berada, juga relevan.

E-mobilitas adalah tren baru dalam industri mobil. Dengan berkurangnya jumlah bahan bakar fosil, listrik merupakan pilihan yang menarik untuk dikejar sambil membantu melindungi lingkungan. Tetapi ada kritik bahwa beberapa pabrik bukanlah produsen nol emisi tetapi hanya mengalokasikan emisi di tempat lain. Baterai perlu diisi oleh pembangkit listrik dan baterai sulit diproduksi. Meski demikian, peneliti menemukan bahwa mobil listrik tetap hemat energi dan lebih ramah lingkungan dibandingkan kendaraan berbahan bakar bensin atau diesel.

Menurut para ahli*, e-mobilitas* dapat mengurangi emisi CO2 sebesar 47% pada tahun 2030. Perusahaan telah menemukan tren ini dan telah mencoba untuk menemukan versi e-mobilitas yang paling efisien. Kendala terbesar masih dihadirkan oleh baterai. Banyak yang mahal untuk diproduksi atau tidak bertahan lama. Selain itu, masalah keamanan harus diselesaikan. Pengembangan baterai lithium-ion telah membawa kemajuan besar. Banyak pemerintah mendukung penerapan sistem non-bahan bakar. Produsen peralatan asli (OEM) terus mengembangkan kendaraan listrik baru.

Tesla adalah salah satu perusahaan generasi baru di kancah e-mobilitas. Baru-baru ini, Tesla Roadster dan Tesla S menghadirkan model untuk audiens massal. Yang ketiga direncanakan—versi olahraga. Mobil-mobil tersebut memiliki tingkat kebisingan yang relatif rendah, nol emisi dan biaya sekitar 35.000. Ini merupakan persaingan serius untuk OEM yang sudah lama mapan.

Pabrik produksi Tesla terletak di Fremont, California. Kota ini terletak tepat di jantung area penelitian Lembah Silikon yang bergengsi. Di sini banyak perusahaan telah menetap, pada dasarnya memproduksi semua teknologi yang ditawarkan. Lembah Silikon menjadi populer pada 1980-an dan 1990-an, dan disebut kompleks pasca-fordistik dengan dinamika khusus. Ada berbagai keuntungan dari lokasi ini.

Kedekatannya dengan Universitas Stanford yang paham teknologi hanyalah salah satunya. Apa yang disebut dinamika pengetahuan dan terdidik, karyawan berkualifikasi tinggi bersama dengan kebijakan ramah fiskal menarik perusahaan. Selain itu, dekat dengan industri militer dan pesawat terbang, yang mendukung faktor lokasi yang sudah menguntungkan. Jaringan Supplier telah dikembangkan dan didirikan. Selain itu, Silicon Valley terletak di dekat San Francisco, yang menawarkan suasana kerja yang baik bagi karyawannya.

Ada juga kerugian pada cluster teknologi. Infrastruktur sangat kelebihan beban. Sementara orang-orang terus berpindah ke daerah itu, infrastrukturnya tidak sejalan dengan permintaan. Selain itu, harga sewa telah meledak, membuatnya sangat sulit bagi perusahaan kecil untuk ruang kantor. Seringkali, perusahaan rintisan kecil ternyata menjadi perusahaan yang paling sukses.

Tesla membeli pabrik produksi dormant di SiliconValley dari Toyota, yang menggunakan ruang pabrik besar yang relatif sedikit. Berbagai Supplier mengirimkan komponen ringan ke pabrik dengan truk. Waktu tunggu yang lama untuk pelanggan Tesla S0, saat ini sekitar 4 bulan, sangat bermasalah. Ini terutama karena kekurangan baterai lithium-ion yang dipasok oleh Panasonic.

Di dalam pabrik terdapat delapan robot di setiap lini perakitan. Biasanya, robot hanya dapat memenuhi satu tugas; Namun, robot Tesla mampu menangani empat sekaligus. Tesla S adalah model saat ini di jalur produksi. Waktu pemrosesan di setiap stasiun (disebut takt time) adalah 5 menit dan total *lead time* produksi/ *total production lead time* (PLT) (disebut waktu siklus) memakan waktu 3-5 hari. Ini masih cukup lama dibandingkan dengan produsen mobil besar. Delapan puluh mobil Tesla S dibangun di lokasi setiap hari.

Pada tahun pertama 20.000 mobil direncanakan, jumlah yang agak kecil dibandingkan dengan pesaing besar Tesla seperti Hyundai dan Beijing Motors. Tesla memulai bisnisnya sekitar 10 tahun yang lalu dan masih bekerja dalam skala yang jauh lebih kecil. Namun demikian, ini cukup berhasil.

Saat ini, Tesla sedang meningkatkan pabrik untuk perakitan model SUC atau mobil sport. Jalur perakitan akan tetap sama; hanya robot yang harus diprogram ulang. Konsep pabrik ini sangat fleksibel dan menghemat biaya investasi yang sangat besar dibandingkan dengan membangun lini produksi atau pabrik baru.

Pertanyaan

- Apa keuntungan dari lokasi pabrik di Silicon Valley?
- Apa keuntungan umum dari tata letak produksi Tesla?
- Bagaimana masalah lead-time dapat diselesaikan?
- Masalah apa yang berpotensi dihadapi Tesla di masa depan?
- Berapa banyak mobil yang dapat diproduksi dalam 8 jam oleh Tesla jika waktu tempuh dapat dikurangi menjadi 3 menit?

9.3 PERENCANAAN PABRIK

Peran Perencanaan Pabrik di SCOM

Masalah perencanaan pabrik dan desain proses terjadi ketika, misalnya, pabrik yang ada memerlukan adaptasi untuk memastikan bahwa produk baru dapat diproduksi dengan menggunakan infrastruktur yang ada. Perencanaan dan desain juga dapat diperlukan untuk

menerapkan teknologi baru ke dalam proses produksi sehingga waktu pengerjaan dapat dikurangi. Ini hanyalah dua masalah umum ketika pabrik harus dimodifikasi untuk menghasilkan keunggulan kompetitif.

Tetapi ada juga masalah terkait dengan pendirian pabrik yang sama sekali baru. Pendirian fasilitas manufaktur yang benar-benar baru juga dianggap sebagai "pendekatan lapangan hijau", dibandingkan dengan "pendekatan lapangan coklat" ketika memodifikasi pabrik yang ada.

Kadang-kadang mungkin juga perlu untuk memusatkan apa yang disebut jejak produksi, yang berarti bahwa pabrik mungkin disesuaikan ukurannya (diperluas atau dikurangi) dalam kasus di mana pabrik mungkin ditutup atau bagian dari pabrik lama mungkin diaktifkan kembali. Tantangan bisnis saat ini menuntut pabrik yang dinamis, mudah beradaptasi, skalabel, dan modular (Wiendahl et al. 2005; Schenk et al. 2014). Hal ini terkait—di antara banyak faktor yang mempengaruhi lainnya—dengan siklus hidup produk yang lebih pendek dan persyaratan waktu ke pasar yang lebih pendek serta peningkatan teknologi produksi. Selain itu, reaksi cepat terhadap perubahan kebutuhan pasar dan kondisi teknologi memerlukan desain pabrik baru dan modular. Grundig (2015) memberikan pendekatan yang sangat terstruktur dan sistematis terhadap proses dan langkah-langkah dalam perencanaan pabrik.

Pabrik modular baru adalah yang dibuat BMW di Leipzig, Jerman. Fasilitas ini mencakup tiga area produksi utama mobil—bengkel bodi, bengkel cat, dan perakitan akhir. Aspek penting adalah skalabilitas dan potensi ekspansi yang dimiliki pabrik untuk memungkinkan penyesuaian tata letaknya sesuai dengan perkembangan pasar. Baru-baru ini pabrik Leipzig telah diperluas untuk memproduksi kendaraan listrik BMW juga.

Sekarang jelas bahwa spektrum "perencanaan pabrik dan desain proses" mencakup berbagai masalah praktis yang didekati dengan cara yang terstruktur. Bab ini bertujuan untuk menguraikan pendekatan dan langkah-langkah yang diambil untuk memecahkan tantangan yang dirangkum di atas.

Proses Perencanaan Pabrik

Perencanaan pabrik yang sistematis terkait dengan kaskade perencanaan, juga disebut sebagai "piramida perencanaan", dari ide awal, melalui proses pabrik yang ideal, hingga elaborasi terperinci, hingga saat pabrik akhirnya beroperasi. Secara umum, seseorang perlu mempertimbangkan langkah-langkah perencanaan target, pengembangan konsep, elaborasi dan evaluasi alternatif dan pelaksanaan alternatif yang dipilih yang mengarah ke bangunan pabrik akhir. Tiga proses dasar dalam perencanaan pabrik dapat diklasifikasikan seperti pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1 Proses perencanaan pabrik

Fase	Isi utama atau hasil yang ingin dicapai Kumpulan persyaratan (misalnya program produksi);
Perencanaan	Analisis tugas yang perlu dilakukan;
	Kesehatan, Keselamatan dan Lingkungan (HSE)/studi kelayakan yang perlu dipertimbangkan;
	Deskripsi area fungsional dan keluaran yang diharapkan, alternatif tata letak;
	Model tata letak/rencana tata letak situs yang akan disajikan;
	Dokumen yang diperlukan untuk mendapatkan persetujuan otoritas.
Realisasi	Pernyataan kerja (misalnya juga untuk tujuan subkontrak);
	Penyaringan kutipan/penawaran untuk dievaluasi;

	Rencana proyek terperinci dan informasi terkait tentang realisasi dan perencanaan kapasitas (siapa/perusahaan mana yang akan bekerja kapan dan apa yang harus diselesaikan kapan (ini adalah tugas yang sangat menantang bagi tim manajemen proyek);
	Rencana pembelian alat berat (misalnya robot, alat transportasi, mesin, peralatan logistik, crane...);
	Rencana instalasi TI seperti terminal untuk manajemen lantai toko, dll.;
	Rencana perjalanan dinas; Rencana untuk pelatihan atau perekrutan tenaga kerja
Operasi	Rencana persetujuan akhir dan commissioning pabrik dan area fungsionalnya untuk memastikannya dapat dioperasikan;
	Dokumen yang harus diperoleh dari badan persetujuan eksternal, sertifikat mutu, HSE dan persetujuan konstruksi;
	Perencanaan tahap ramp-up termasuk pelatihan dan pendidikan tenaga kerja, Persiapan untuk memulai produksi volume.

Pertimbangkan proses ini secara lebih rinci. Prasyarat perencanaan dan persiapan perencanaan pabrik terdiri dari pengumpulan masukan jangka pendek, menengah dan panjang yang relevan untuk proyek perencanaan pabrik. Perencanaan sasaran ini merupakan masukan untuk penataan proses dan pembuatan dokumentasi perencanaan. Hasil dari blok pertama ini menciptakan perumusan tugas dan target/tujuan proses perencanaan pabrik yang tepat dan telah berkontribusi pada studi kelayakan pertama atau pra-kelayakan.

Perencanaan Struktur Pabrik

Kompleks ini berkaitan dengan pembuatan desain tata letak pabrik tingkat tinggi pertama yang mendukung evaluasi konsep alternatif untuk pabrik. Penting untuk disebutkan bahwa dalam hal ini diambil pandangan yang ideal, yang berarti bahwa kendala potensial mengenai infrastruktur yang tersedia atau bagian dari flensa tidak dipertimbangkan. Alasan untuk pandangan yang terputus ini adalah untuk mengembangkan struktur yang paling tepat (perencanaan prinsip), identifikasi area produksi utama, proses perakitan yang diperlukan dan juga aliran dan pengaturan logistik yang diperlukan.

Dengan kata lain, perencanaan kompleks ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi dan memilih struktur yang paling tepat dalam kondisi terbaik dan juga bertujuan untuk mendimensi area fungsional. Selanjutnya koneksi dan keterkaitan logistik serta urutan proses dimajukan oleh tim perencanaan pabrik sehingga tata letak pabrik yang ideal dapat disajikan. Setelah disepakati, dilakukan penyesuaian dengan kondisi nyata yang ada atau tersedia. Pemindahan dari skenario ideal ke apa yang dapat dicapai mengarah pada generasi tata letak yang disebut realistis. Berbagai varian yang disajikan (skenario) dapat disebutkan serta studi kelayakan terkait.

Namun, mungkin perlu untuk memisahkan area fungsional karena getaran (misalnya, bengkel pers), dan untuk memisahkan bangunan agar sesuai dengan aturan dan peraturan konstruksi setempat (misalnya, perlindungan kebakaran, emisi kebisingan, polusi) atau untuk pertimbangkan yayasan khusus. Aspek-aspek ini berbeda dari kasus ke kasus dan dari negara ke negara sehingga hal ini perlu diselidiki secara rinci setelah keputusan untuk pabrik baru dibuat dalam praktik.

Perencanaan Detail dan Persiapan Proyek untuk Realisasi

Setelah manajemen memutuskan varian tata letak pabrik yang disukai, perencanaan terperinci (perencanaan halus) dilakukan. Dimulai dengan tata letak blok (rough layout) yang telah dijelaskan sebelumnya, alokasi dan ruang yang tepat untuk mesin, penempatan

peralatan pendukung, perencanaan ruang tambahan dan infrastruktur kantor (ruang ganti, dukungan medis, kantor, ruang sanitasi), tetapi juga perencanaan media (gas, air, listrik, teknologi informasi...) harus terjadi. Dapat dikatakan bahwa "fasilitas kosong" dari perencanaan kasar sekarang diisi dengan konten fungsional yang tepat (perencanaan halus) sehingga pabrik akhirnya dapat dibuat. Hasil dari proses ini adalah proyek perencanaan pabrik termasuk semua rencana rinci.

Realisasi Proyek

Ketika perincian ditentukan, Supplier dan mitra perlu dilibatkan sesuai dengan rencana proyek yang ditentukan. Bersamaan dengan semua kompleks perencanaan ini, tim perlu membuat perhitungan biaya yang diperlukan (pengembangan dan validasi kasus bisnis) diikuti dengan menjalankan pengendalian biaya yang ketat. Selain itu, perencanaan perlu disiapkan dengan benar oleh tim manajemen proyek untuk melacak kemajuan, untuk memvisualisasikannya dan untuk waspada jika terjadi penyimpangan. Ini bisa berupa penyimpangan terkait biaya, waktu atau kualitas. Ini adalah tugas khas yang akan dijalankan di bawah bimbingan tim manajemen proyek perencanaan pabrik. Untuk membuat proses perencanaan pabrik dengan skenario use case tipikal lebih transparan bagi pembaca, kasus-kasus singkat disajikan sebagai berikut:

- Pabrik yang ada secara berkala disesuaikan dengan kebutuhan produksi saat ini.
- Pabrik yang ada didesain ulang sepenuhnya untuk memenuhi tujuan strategis.
- Pabrik baru sepenuhnya dibangun dari awal untuk menghasilkan keunggulan kompetitif di pasar baru.
- Pabrik sementara dengan mitra.

Pabrik yang Ada Secara Teratur Disesuaikan dengan Kebutuhan Produksi Saat Ini

Pabrik direncanakan dari sudut pandang tata letak dan proses dengan cara untuk memastikan pelaksanaan yang sempurna dari semua langkah produksi dan perakitan yang diperlukan. Hal ini juga dilakukan dengan mempertimbangkan sistem produksi yang sesuai dan prinsip-prinsip Lean yang mendasarinya.

Perusahaan perlu menyesuaikan produksinya dan dengan demikian tata letak pabrik setiap kali ada produk baru diluncurkan. Artinya, tim yang menangani perencanaan pabrik meninjau pabrik yang ada, aliran material dari area masuk ke area penyimpanan, mempertimbangkan keterlibatan dan alokasi Supplier ke dalam proses produksi, dan berurusan dengan pertanyaan tentang bagaimana menguji produk dan bagaimana mengirimkannya ke pelanggan.

Seperti yang dapat kita lihat, perencanaan pabrik terkait dengan perencanaan tata letak, urutan produksi, dan juga mengakui pentingnya aliran material yang disederhanakan. Jika ada langkah produksi atau perakitan baru, jika ada lebih banyak Supplier yang perlu dilibatkan, jika bangunan yang ada perlu disesuaikan atau jika ada kebutuhan untuk membuat gedung baru, ini semua dilakukan oleh departemen perencanaan pabrik. Seperti yang ditunjukkan oleh kasus pertama ini, bahkan tanpa membuat pabrik yang sama sekali baru, aspek perencanaan pabrik memainkan peran penting selama produksi normal dari portofolio produk dan dengan demikian merupakan tugas rutin untuk memastikan perbaikan terus-menerus.

Pabrik yang Ada Didesain Ulang Sepenuhnya Untuk Memenuhi Tujuan Strategis

Berbeda dengan ringkasan penyesuaian pabrik secara terus-menerus di atas untuk memenuhi kebutuhan produksi saat ini, perubahan total pabrik adalah tugas di mana lokasi pabrik di sebidang tanah tetap sama, tetapi di mana perubahan mendasar diterapkan. Perombakan pabrik yang lengkap seperti itu selanjutnya didasarkan pada keputusan strategis karena melibatkan investasi yang signifikan.

Berdasarkan masukan dari tim penjualan mengenai program produksi yang diharapkan untuk beberapa tahun ke depan, kebutuhan kapasitas yang dihasilkan diturunkan. Itu berarti diperlukan pemahaman tentang jenis produk apa dan berapa jumlah yang diharapkan untuk ditempatkan di pasar. Informasi ini diberikan kepada tim perencanaan pabrik pada tingkat agregat. Perencana pabrik kemudian meninjau pengaturan fasilitas yang ada dan menentukan langkah produksi mana yang diperlukan, jenis teknologi apa yang diperlukan dan apa artinya dalam hal jam produksi, stasiun dan jumlah bangunan.

Misalnya, keputusan strategis dibuat untuk hampir menggandakan volume produksi untuk memenuhi pasar global. Ini akan membutuhkan desain ulang tata letak yang lengkap, yang memungkinkan, misalnya, lini model campuran dengan waktu penyetelan yang dipersingkat; ini juga sangat terkait dengan penyiapan konsep logistik yang sama sekali baru untuk memberi makan jalur perakitan secara terus-menerus dengan bahan dari gudang. Gudang tersebut akan dibangun sepenuhnya baru dan disebut kereta logistik yang akan dipasang untuk menyediakan suku cadang dan komponen ke stasiun perakitan. Artinya, bentuk bangunan tetap sama, tetapi alokasi internal stasiun, aliran material, dan alokasi gudang harus sepenuhnya diubah. untuk memenuhi tuntutan pasar yang berkembang.

Pabrik Baru Dibangun Sepenuhnya dari Awal Untuk Menghasilkan Keunggulan Kompetitif di Pasar Baru

Perencanaan pabrik juga memainkan peran strategis yang signifikan sehubungan dengan generasi keunggulan kompetitif. Misalnya, pasar India mungkin memerlukan produk baru (misalnya, barang investasi). Untuk memenangkan penawaran komersial yang sesuai, perlu dipastikan bahwa produk dibuat dengan tingkat yang sangat tinggi secara lokal di India sendiri. Ini juga disebut sebagai "konten lokal". Itu berarti sebuah lokasi perlu diidentifikasi untuk mendirikan pabrik yang benar-benar baru, di mana staf lokal akan menciptakan produk akhir dengan proporsi bahan yang bersumber secara lokal.

Untuk kasus perencanaan pabrik ini, aspek perencanaan lokasi juga penting karena perusahaan perlu mengidentifikasi wilayah untuk membuat pabrik baru di lokasi lapangan hijau. Berdasarkan pertimbangan kriteria pemilihan lokasi (misalnya, infrastruktur yang ada, ketersediaan tenaga kerja potensial, Supplier yang sesuai atau penyedia layanan logistik yang mampu), lokasi pabrik harus diidentifikasi. Sebidang tanah juga harus menyediakan kemungkinan perluasan pabrik di kemudian hari. Akhirnya, fasilitas yang sama sekali baru dengan Supplier internal di lokasi perlu dibuat di India.

Pabrik Sementara dengan Mitra

Ini adalah kasus khusus dari perencanaan pabrik, di mana persyaratan kandungan lokal harus dipenuhi, tetapi tidak ada pabrik baru yang harus dibuat. Bayangkan bahwa barang investasi harus dibuat untuk pelanggan di Rumania. Asumsikan bahwa ini akan terkait dengan kontrak satu kali (produk diproduksi, tetapi kemudian tidak ada produk lebih lanjut yang harus dibuat untuk pelanggan itu), tidak ada kasus bisnis untuk pabrik baru.

Dalam situasi seperti itu, tidak akan ada kasus bisnis yang membenarkan pendirian pabrik baru. Untuk memproduksi di Rumania dengan staf lokal untuk pelanggan lokal, infrastruktur yang ada akan dianalisis untuk menemukan fasilitas yang sudah ada yang perlu memenuhi persyaratan yang diperlukan (seperti infrastruktur, ukuran dan tinggi bangunan, peralatan penanganan, kepadatan lantai, dll. ...).

Dalam zona industri tradisional, fasilitas yang sesuai dapat diidentifikasi. Alternatif-alternatif yang tersedia akan ditinjau kembali mengenai kecocokan strategis dan operasionalnya. Akhirnya, barang investasi dapat diproduksi di pabrik yang awalnya menghasilkan, misalnya, transformator pembangkit listrik berat. Tentu saja, pabrik tersebut perlu direncanakan ulang dengan mempertimbangkan proses perakitan dan logistik yang

diperlukan untuk memastikan pengiriman produk yang tepat waktu dan berkualitas ke pelanggan akhir. Contoh ini menunjukkan bahwa perencanaan pabrik harus dipertimbangkan sebagai keputusan strategis agar responsif dan fleksibel dalam hal fokus pelanggan.

Kesehatan, Keselamatan, dan Lingkungan

Penting untuk ditekankan, bahwa dalam semua contoh dan kegiatan seputar perencanaan pabrik, aspek HSE memiliki prioritas tertinggi. HSE berkaitan dengan kondisi kerja yang layak yang harus dipastikan oleh perusahaan sehingga karyawan dapat berkontribusi pada nilai tambah dalam kondisi yang aman dan sehat. Oleh karena itu, tenaga kerja harus dilengkapi dengan aksesoris pelindung diri, seperti sepatu keselamatan, sarung tangan, topi keras, penyumbat telinga, dll. Selain itu, aspek ergonomis perlu dipertimbangkan dan alat yang sesuai (misalnya alat angkat atau transportasi) harus tersedia. Orang-orang harus aman ketika mereka melakukan pekerjaan mereka. Pelatihan dan pendidikan keselamatan adalah tujuan wajib. Selain itu, instruksi keselamatan dan kerja harus tersedia untuk semua karyawan, termasuk instruksi tentang cara melanjutkan jika terjadi cedera.

Perencanaan pabrik dan HSE sangat terkait, karena HSE juga terkait dengan memastikan pencahayaan atau pencahayaan yang tepat, serta menjaga area kerja bebas dari debu (misalnya, dari pengelasan); bau (misalnya, dari lem) atau dari suara mesin atau pemrosesan. Juga emisi harus dihindari ketika misalnya truk fork lift sedang mengisi baterai: emisi yang tepat atau teknologi evakuasi asap harus dipasang.

Tempat kerja yang aman berarti juga pintu keluar darurat harus ditandai dengan jelas, alat pemadam kebakaran tersedia dalam jangkauan yang mudah dan alat bantu visual yang sesuai menunjukkan jalur terpendek ke alat pemadam atau ke pintu keluar darurat . Oleh karena itu topik terkait HSE harus selalu menjadi agenda utama dalam menjalankan operasi tetapi juga ketika operasi baru direncanakan.

Perencanaan Kapasitas

Di bawah kapasitas, kami memahami throughput, atau jumlah unit yang dapat disimpan, diterima, disimpan, atau diproduksi oleh suatu fasilitas dalam periode waktu tertentu (Heizer dan Render 2014). Artinya ada kendala atau batasan produksi untuk memenuhi permintaan. Batas ini bisa teoretis dan efektif.

Batas teoritis disebut kapasitas desain yang merupakan keluaran teoritis maksimum dari suatu sistem. Kapasitas efektif adalah kapasitas yang diharapkan perusahaan untuk dicapai dengan batasan operasi saat ini (Heizer dan Render 2014). Dalam prakteknya, kapasitas efektif biasanya lebih rendah dari kapasitas desain.

Mari kita lihat kapasitas menggunakan contoh yang sangat sederhana. Asumsikan bahwa kita memiliki toko roti kecil di stasiun kereta api besar. Jika satu orang membutuhkan waktu 2 menit untuk menyiapkan sandwich, maka orang tersebut dapat menghasilkan 30 sandwich (60 menit per jam/2 menit waktu persiapan per sandwich 30 sandwich) per jam. Jadi, melihat definisi di atas, jumlah total yang bisa diproduksi per jam adalah 30 sandwich, dengan kata lain kapasitasnya sama dengan 30 sandwich per jam. Dalam contoh teoretis ini, kita mungkin telah menganalisis bahwa ada permintaan puncak di pagi hari (pukul 8.00), saat makan siang (pukul 12.00) dan di malam hari (pukul 17.00), ketika orang-orang melakukan perjalanan pulang. ke rumah mereka. Selama tiga waktu puncak ini, permintaan mungkin 90 sandwich per jam. Itu menunjukkan dua masalah operasional yang khas: pertama kami memiliki masalah kapasitas pada waktu puncak; dan kedua kita perlu menyeimbangkan kapasitas sesuai permintaan.

Apa yang bisa kita lakukan, misalnya, adalah menambah tenaga kerja pada saat permintaan tinggi; atau kita mungkin menggunakan teknologi untuk mempersingkat waktu untuk membuat satu produk; atau kami mungkin melakukan pra-produksi komponen

sandwich kami (ini bisa berupa pra-pengirisan roti atau pengirisan keju). Contoh sederhana ini menunjukkan bahwa perusahaan perlu mengetahui kapasitas yang ada, sehingga apa yang dapat dilakukan per periode. Perusahaan juga perlu menyesuaikan kapasitasnya masing-masing dan perlu mengetahui dengan jelas dimana kendala atau hambatannya.

Sekarang, mari kita terjemahkan cara berpikir ini ke dalam dunia operasional. Untuk menentukan kapasitas, perlu diketahui produk-produk yang harus dipasarkan. Pemahaman tentang permintaan ini dapat didorong oleh pesanan, dan/atau dapat didorong oleh perkiraan. Dalam contoh toko roti kita, bisa jadi ada gedung bank di dekatnya yang menempatkan pesanan tetap 50 sandwich setiap hari. Itu berarti bahwa ada kontrak yang ada yang secara tepat menentukan jumlah dan komposisi barang.

Selain itu, kita mengetahui pola permintaan harian reguler termasuk tiga puncak per hari yang dijelaskan di awal bagian ini.Aspek prakiraan berperan ketika kita mempertimbangkan periode liburan atau aspek musiman lainnya. Bisa juga terjadi bahwa kami menyadari bahwa permintaan harian meningkat sekitar persentase tertentu ketika ada pertandingan sepak bola di dekatnya.

Semua ini adalah informasi yang sangat penting bagi kita untuk memahami permintaan produk per satuan waktu dan bagaimana menyeimbangkannya dengan kapasitas yang ada. Ini juga memberitahu kita bahwa kita harus mampu menyesuaikan kapasitas kita untuk mengatasi perubahan di sisi permintaan. Akibatnya, kita perlu memiliki ruang, tenaga kerja dan mesin dan peralatan untuk memenuhi permintaan. Tentu saja informasi tentang permintaan masa depan ini tidak hanya diperlukan untuk menentukan kapasitas, tetapi juga relevan untuk mengelola SC, karena kebutuhan bahan yang sesuai perlu dikomunikasikan kepada Supplier.

Dalam contoh toko roti yang disederhanakan untuk tujuan ilustrasi yang lebih baik, ini mungkin roti, mentega, keju, dll. Dalam operasi pabrik besar yang sebenarnya, bahan baku, suku cadang dan komponen yang dibeli harus sesuai dengan permintaan yang telah diperkirakan serta dengan kapasitas teknis dan manusia yang diperlukan.

Teori Antrian

Teori antrian adalah alat penting untuk perencanaan kapasitas dalam layanan dan industri. Kami menemukan antrian misalnya di supermarket atau di ruang tunggu; atau ada antrian truk di depan pusat distribusi atau beberapa pesanan yang harus diproses dalam produksi.

Teori antrian membantu menganalisis kinerja suatu proses seperti kedatangan barang sementara di pusat distribusi. Kinerja umumnya dapat diukur dalam dimensi yang berbeda seperti kapasitas, waktu, biaya, kualitas atau fleksibilitas dan faktor-faktor ini dapat saling mempengaruhi. Model antrian adalah alat yang baik untuk analisis dimensi waktu dalam suatu proses. Pada Gambar 9.1, model antrian sederhana (model satu saluran) disajikan. Sebuah model antrian terdiri dari elemen-elemen berikut:

- input (misalnya, pasien)
- antrian (misalnya, pasien di ruang tunggu)
- stasiun pemrosesan (misalnya, dokter)
- output (pasien setelah perawatan).

Dalam teori antrian, ada pilihan yang berbeda untuk menggambarkan keempat elemen ini. Untuk menggambarkan antrian kita menggunakan notasi

a/b/c,

di mana *a* adalah distribusi probabilitas tingkat kedatangan, misalnya:

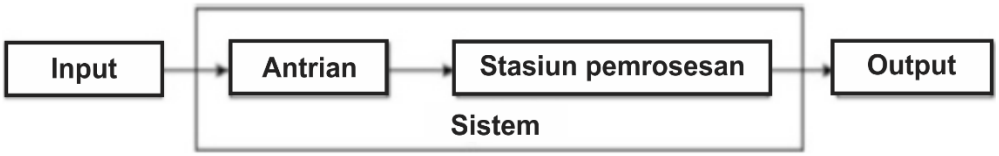
- Distribusi D = degenerasi (deterministik)
- Distribusi M = Markovian (proses Poisson)

- Distribusi G = umum;

b adalah distribusi probabilitas waktu pelayanan

- D = distribusi degenerasi
- M = distribusi eksponensial
- G = distribusi umum;

c adalah jumlah server (stasiun pemrosesan)



Gambar 9.1 Model antrian

Berkenaan dengan jumlah server, ada dua jenis model dasar. Model satu saluran hanya mempertimbangkan satu antrian dan satu server yang memproses input. Model multi-channel terlibat dengan satu antrian dan beberapa server atau beberapa antrian dan beberapa server. Pertimbangkan sistem di mana tidak ada kendala dalam antrian dan kami mengikuti aturan "pertama datang pertama dilayani" untuk menentukan urutan pemrosesan. Untuk menganalisis kasus ini, kami memperkenalkan beberapa notasi yang menggambarkan komponen sistem (Gambar 9.2). Kami mempertimbangkan apa yang disebut antrian M/M/1. Kami menentukan jumlah rata-rata kedatangan per periode waktu sebagai dan jumlah rata-rata orang atau barang yang dilayani per periode waktu (yaitu, tarif layanan rata-rata) sebagai.

Artinya laju kedatangan berdistribusi Markov, waktu pelayanan terdistribusi secara eksponensial dan terdapat satu server. Kita dapat menemukan antrian ini, misalnya, di kantor pos atau supermarket kecil dengan hanya satu kasir atau di ruang tunggu hanya untuk satu dokter operasi. Perhatikan rumus berikut untuk memahami bagaimana menganalisis kinerja proses antrian. Untuk menentukan waktu antara kedatangan dua pelanggan, mis. pasien, kami menggunakan Persamaan. (9.1):

Persamaan 9.1

$$\textit{Perkiraaninter - waktu kedatangan} = \frac{1}{\lambda}$$

Untuk menganalisis waktu layanan kami menggunakan Persamaan. (9.2):

Persamaan 9.2

$$\textit{Perkiraan waktu layanan} = \frac{1}{\mu}$$

Untuk menganalisis faktor pemanfaatan untuk sistem kami menggunakan Persamaan. (9.3):

Persamaan 9.3

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \; ; \; \rho \leq 1$$

Untuk menghitung probabilitas lebih dari n-unit dalam sistem, kita dapat menggunakan Persamaan. (9.4):

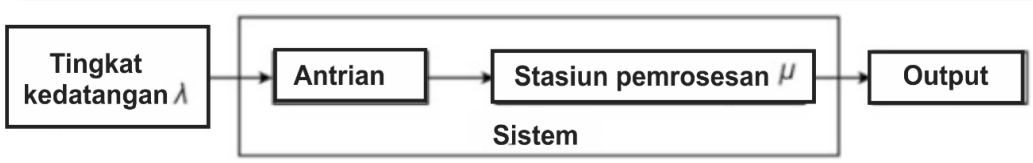
Persamaan 9.4

$$P_n = p^n * (1\text{-}p)$$

Untuk mengetahui panjang antrian (misalnya, perkiraan jumlah pasien di ruang tunggu), kami menggunakan Persamaan. (9.5):

Persamaan 9.5

$$L_Q = \frac{p^2}{1 - p}$$



Gambar 9.2 Notasi untuk teori antrian

Panjang sistem (misalnya, perkiraan jumlah pasien di ruang tunggu dan di ruang operasi dokter) ditentukan dengan bantuan Persamaan. (9.6):
Persamaan 9.6:

$$L_s = L_Q + p = \frac{p}{1 - p}$$

Waktu tunggu dalam antrian (misalnya, waktu yang dihabiskan di ruang tunggu) dapat ditemukan menggunakan Persamaan. (9.7):
Persamaan 9.7:

$$T_Q = \frac{p^2}{\lambda * (1 - p)}$$

Waktu tunggu di seluruh sistem (misalnya, waktu yang dihabiskan di ruang tunggu dan operasi dokter) dihitung dengan bantuan Persamaan. (9.8):
Persamaan 9.8

$$T_s = T_Q + \frac{1}{\mu} = \frac{p}{\mu * (1 - p)}$$

Tugas 9.1 Teori Antrian Sistem M/M/1

Di sebuah toko buku di pusat kota hanya ada satu kasir karena dua kasir lainnya berada dalam jarak dekat. Biasanya uang tunai dapat digunakan untuk membayar rata-rata 70 pelanggan per jam. Tapi rata-rata hanya ada 55 pelanggan per jam di toko buku. Selain menguangkan pelanggan, kasir juga harus membongkar pengiriman. Analisis kinerja antrian, dan periksa apakah ada cukup waktu untuk membongkar pengiriman.

$$Inter - waktu\ kedatangan = \frac{1}{5} = 0.018\ jam = 1.08\ menit = 64.8\ detik$$

Setiap 65 detik ada pelanggan baru yang mau beli buku

$$Waktu\ pelayanan = \frac{1}{70} = 0.0143\ jam = 0.86\ menit = 51.4\ detik$$

$$\frac{1}{70} = 0.86\ menit * 55\ customer = 47.3\ menit$$

Kasir membutuhkan rata-rata 51,5 detik untuk mencairkan satu pelanggan dan 47,3 menit untuk semua 55 pelanggan per jam yang berarti kasir memiliki 12,7 menit per jam untuk membongkar pengiriman.

$$\rho = \frac{55}{70} = 78.6\%$$

Dan kasir ditempati 78,6% dari waktu. Sekarang kami ingin menganalisis antrian dilihat dari sudut pandang pelanggan.

$$L_Q = \frac{0.786^2}{1 - 0.786} = 2.89\ ; L_s = 2.89 + 0.786 = 3.68$$

Ada rata-rata sekitar tiga orang menunggu dalam antrian dan sekitar empat orang dalam sistem.

$$T_Q = \frac{0.786^2}{55 * (1 - 0.786)} = 0.0525\ Jam = 3.15\ menit$$

$$T_s = 0.525 + \frac{1}{70} = 0.0668\,Jam = 4.01\,menit$$

Pelanggan rata-rata menunggu 3,15 menit dalam antrian dan total 4,01 menit di toko buku sebelum mereka dapat meninggalkan toko dengan pembelian mereka.

Tugas 9.2 Teori Antrian Sistem M/M/c

Dalam kasus M/M/cqueue, rumusnya berbeda. Kita dapat menemukan M/M/cqueue misalnya di pusat distribusi. Ada beberapa truk yang menunggu di zona tunggu untuk menurunkan barang mereka ke dok pemuatan atau untuk dimuat. Dalam kasus antrian M/M/c kami memiliki distribusi Markovian dari tingkat kedatangan, distribusi eksponensial waktu layanan dan c server (>1).

Perhatikan contoh berikut untuk M/M/cqueues. Rata-rata ada 40 truk yang tiba per jam dan satu dok muat dapat membongkar dan memuat 12 truk/jam. Selanjutnya ada empat dermaga pemuatan. Asumsikan setiap loading dock memiliki kapasitas dan waktu yang sama. Hanya ada satu antrian yang menunggu. Untuk menghitung tingkat hunian sistem kami menggunakan Persamaan. (9.9):

$$\rho = \frac{\lambda}{c * \mu} = \frac{40}{4 * 12} = 83.3\%$$

Dermaga pemuatan pusat distribusi ditempati selama 83,3% dari waktu. Untuk menghitung perkiraan jumlah truk yang menunggu dalam antrian, kita perlu mencari probabilitas bahwa sistem benar-benar kosong [Persamaan. (9.10)].

Persamaan 9.10

$$P0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{c-1} \frac{(c * p)^i}{i!} + \frac{(c*p)^c}{c!} * \frac{1}{(1-p)}}$$

$$P0 = \frac{1}{\frac{(4.0 * 833)^0}{0!} + \frac{(4.0 * 833)^1}{1!} + \frac{(4.0 * 833)^2}{2!} + \frac{(4.0 * 833)^3}{3!} + \frac{(4.0 * 833)^4}{4!} \frac{1}{(1-0.833)}}$$

Probabilitas sistem kosong adalah 2,14%. Sekarang dimungkinkan untuk menghitung jumlah truk dalam antrian [Persamaan. (9.11)].

Persamaan 9.11

$$L_Q = \frac{c^c * p^{c+1}}{c! * (1-p)^2} * P_0 = \frac{4^4 * 0.833^{4+1}}{4! * (1-0.833)^2} * 0.0214 = 2.183$$

Dalam kasus empat dok pemuatan dan perkiraan 40 truk per jam, 2,2 truk sedang menunggu dalam antrian. Perkiraan jumlah truk di seluruh sistem dihitung menggunakan Persamaan. (9.12):

$$L_s = L_Q + c * p = 2.183\ 4 * 0.833 = 5.515$$

Rata-rata ada 5,5 truk dalam sistem. Waktu tunggu dalam antrian didefinisikan menggunakan Persamaan. (9.13):

$$T_Q = \frac{L_Q}{\lambda} = \frac{2.183}{40} = 0.00546\,jam = 3.276\,menit$$

Waktu tunggu di seluruh sistem didefinisikan menggunakan Persamaan. (9.14):

$$T_s = T_Q + \frac{1}{\mu} = 0.0546 + \frac{1}{12} = 0.1379\,jam = 8.274\,menit$$

Seperti yang Anda lihat, waktu tunggu dalam sistem adalah 8,3 menit.

Hukum little

Pada tahun 1961, John DC Little memberikan bukti matematis untuk aturan yang menempatkan persediaan L (= jumlah rata-rata objek dalam suatu sistem) dalam kaitannya dengan tingkat throughput λ (= tingkat kedatangan rata-rata objek) dan waktu tunggu W (= waktu rata-rata yang dihabiskan objek dalam sistem). Hukum Little mengatakan "bahwa, di bawah kondisi mapan, jumlah rata-rata jumlah barang dalam sistem antrian sama dengan tingkat rata-rata di mana barang tiba dikalikan dengan waktu rata-rata yang dihabiskan barang dalam sistem." (Little and Graves 2008). Membiarkan

L = jumlah rata-rata item dalam sistem antrian (misalnya, persediaan barang dalam proses dalam sistem)

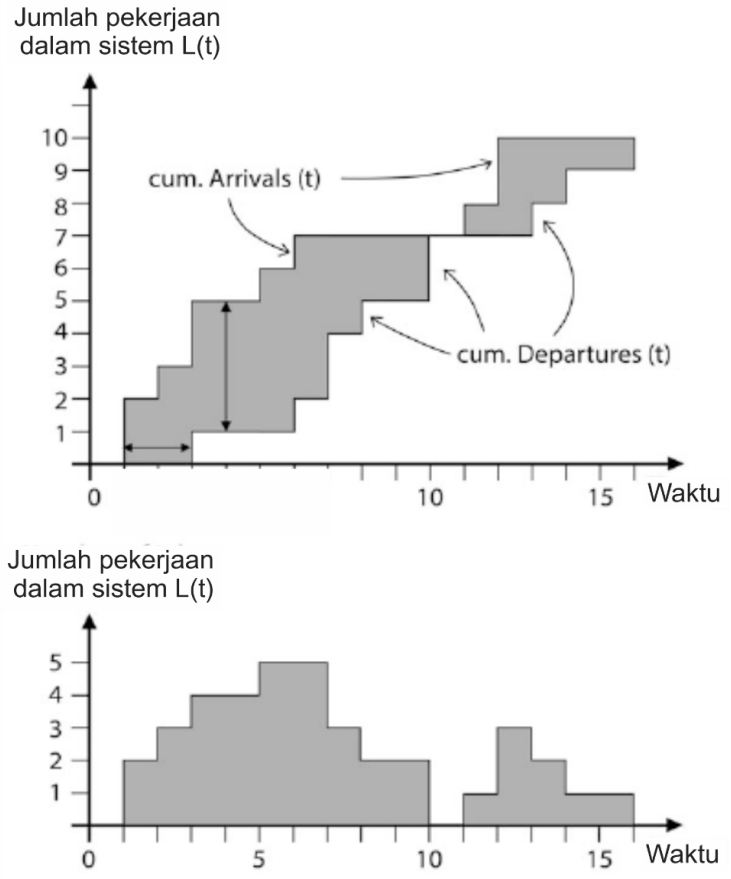
W = waktu tunggu rata-rata dalam sistem untuk sebuah item

λ = jumlah rata-rata item yang tiba per satuan waktu

hukum dapat direpresentasikan sebagai Persamaan. (9.15):

$$L = \lambda * W$$

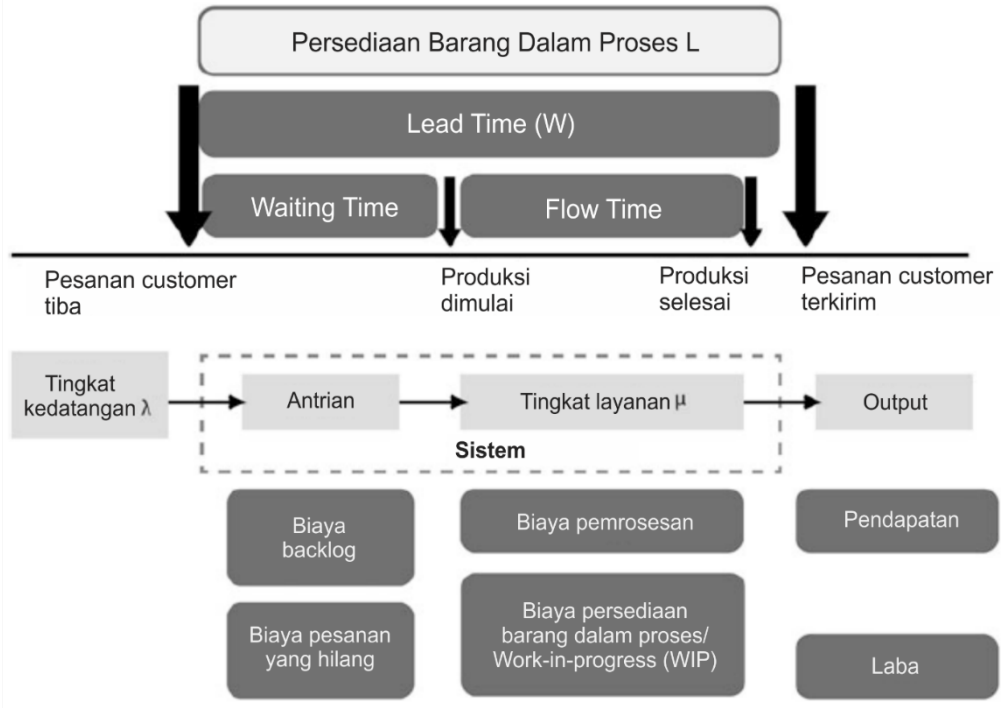
Hukum Little menunjukkan bahwa ketika kita mencapai keadaan tunak, yaitu, keadaan sistem adalah stasioner dan tingkat kedatangan lebih kecil dari tingkat layanan (lih. Gambar 9.2), jumlah rata-rata objek yang tiba di sistem selama periode waktu (misalnya 1 jam atau 1 hari) adalah sama dengan orang-orang yang meninggalkan sistem selama periode waktu itu. Elegan dalam kesederhanaannya, Little's Law mewakili salah satu dasar dalam analisis kapasitas. Contoh adaptasi berikut ini terkait dengan penerapan Little's Law di pabrik manufaktur yang dijelaskan oleh Bozarth dan Handfield (2013). Pertimbangkan penerapan Hukum Little untuk inventarisasi dan analisis lead time dalam sistem manufaktur (Gambar 9.3).



Gambar 9.3 Analisis dinamika persediaan dan lead time

Bagian atas Gambar 9.3 menyajikan dinamika pesanan masuk dan keluar dalam sistem manufaktur. Pada titik waktu 1, dua pesanan tiba dalam sistem dan jumlah pekerjaan dalam sistem, yaitu, persediaan L(t) adalah 2 att=1. Pada t=2, satu pesanan lagi datang dan dua pesanan pertama masih diproses. Oleh karena itu, L(t)=2 att=2. Pada t=3, dua pesanan baru datang dan pesanan pertama keluar dari sistem. Oleh karena itu, L(t)=4 pada t=3.Dinamika persediaan ini ditunjukkan di bagian bawah Gambar 9.3.

Selain itu, bagian atas dari Gambar 9.3. menunjukkan lead time (sj – cj) untuk setiap pekerjaan, di mana sj adalah waktu penyelesaian pekerjaan dan cj adalah waktu mulai pemrosesan pekerjaan. Misalnya, lead time untuk pekerjaan no. 1 adalah dua satuan waktu. Akhirnya, kami menggabungkan diskusi sebelumnya tentang teori garis tunggu dan Hukum little (Gambar 9.4).



Gambar 9.4 Komponen utama dari garis tunggu dan model Hukum little

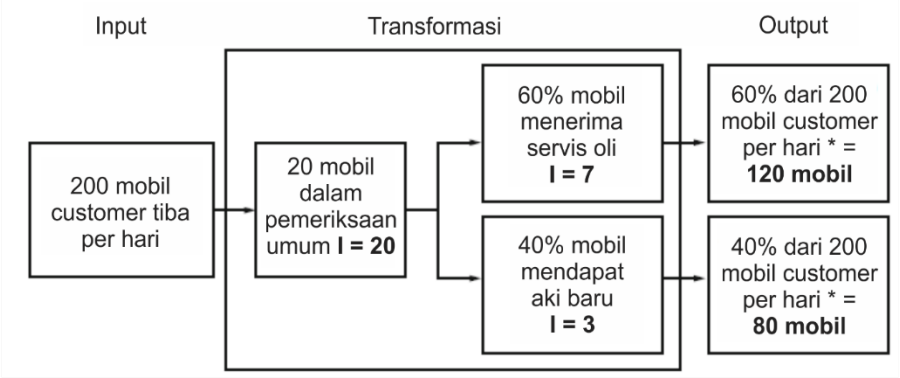
Empat peristiwa besar, yaitu, kedatangan pesanan pelanggan dalam antrian sistem manufaktur, awal produksi, akhir produksi, dan pengiriman pesanan pelanggan membangun kerangka analisis. Interval waktu antara peristiwa pertama dan terakhir disebut *lead time.* Waktu tunggu adalah selang waktu antara kejadian pertama dan kejadian kedua. Waktu alir adalah selang waktu antara kejadian kedua dan ketiga. Selama waktu tunggu, terjadi *backlog cost* dan *lost order cost*. Selama waktu aliran, biaya pemrosesan dan biaya persediaan WIP dipertimbangkan. Pesanan yang dikirim menghasilkan pendapatan dan keuntungan.

Tugas 9.3 Hukum little (Little Law

Mari kita asumsikan bahwa di garasi mobil, dua perbaikan standar ditawarkan di zona layanan ekspres khusus dengan harga yang sangat kompetitif. Baterai dapat ditukar di stasiun kerja 1 dan oli diganti di stasiun kerja 2. Sebelum ini, pelanggan harus mendaftar dan mereka juga menerima pemeriksaan mobil umum. Kemudian mereka ditugaskan ke stasiun 1 atau 2 tergantung pada perbaikan yang diperlukan (baik layanan baterai atau oli). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.5, 200 pelanggan per hari tiba di garasi itu.

- Seperti yang dinyatakan, semua pelanggan melewati pemeriksaan umum di mana rata-rata 20 mobil berada dalam sistem untuk diperiksa.

- Enam puluh persen klien meminta layanan oli, dan persediaan rata-rata adalah tujuh mobil.
- 40% lainnya ingin baterai mereka ditukar, dan persediaan rata-rata adalah tiga mobil.



Gambar 9.5 Hukum Little—contoh penggunaan di garasi mobil

Melihat skenario ini, kita dapat menghitung metrik berikut: Waktu tunggu W untuk inspeksi umum adalah W=L/λ=(20 inventaris mobil dalam inspeksi)/(200 mobil pelanggan per hari) = 0,1 hari dalam inspeksi umum=48 menit menunggu waktu, jika kita mengasumsikan bahwa perusahaan beroperasi 8 jam (=480 menit) per hari. Kita dapat mengamati bahwa 120 mobil menerima servis oli per hari, dan rata-rata ada tujuh mobil di area servis oli.

Menerapkan prinsip perhitungan yang sama seperti sebelumnya, ini membawa kita ke waktu tunggu untuk servis oli: W=L/λ=(7 inventaris mobil dalam servis oli)/(120 mobil per hari)=0,0583 per hari =28 menit waktu tunggu selama sehari dengan waktu kerja 480 menit.

Tetapi kami juga memiliki total 80 mobil per hari yang akan menerima baterai baru. Rata-rata, hanya ada tiga mobil dalam inventaris. Mengambil rumus menurut Hukum little, ini membawa kita ke waktu tunggu untuk penggantian baterai: W=L/λ=3 persediaan mobil di servis oli)/(80 mobil per hari)=0,0375 per hari =18 menit waktu tunggu selama sehari dengan waktu kerja 480 menit. Berapa waktu tunggu untuk mobil yang menerima servis oli atau aki baru?

Secara total, mobil membutuhkan 48 menit untuk pemeriksaan umum+28 menit untuk servis oli=76 menit waktu tunggu. Dalam hal pemeriksaan umum ditambah pemasangan baterai baru, waktu tunggunya adalah 48 menit+18 menit=66 menit. Seperti yang telah kita pelajari dari contoh itu, rumus "Hukum little" yang sederhana namun kuat dapat digunakan hanya untuk satu proses tunggal, tetapi juga dapat diterapkan untuk sistem transformasi multiproses-langkah.

Belajar mengambil hukum Little

Seseorang juga dapat menggunakan rumus sederhana untuk penilaian cepat fasilitas manufaktur, misalnya sehubungan dengan penilaian pabrik cepat (*rapid plant assessment*/RPA). Selama tur pabrik, cukup pertimbangkan Persamaan. (9.15). Jika Anda bertanya selama kunjungan ke pabrik berapa rata-rata tingkat produksi per hari dan berapa waktu produksi, Anda cukup menghitung rata-rata persediaan yang dibawa.

Di sisi lain, jika Anda seorang manajer operasi di sebuah pabrik dan Anda tahu Hukum little, Anda harus mencoba mengidentifikasi pendorong utama untuk waktu *throughput*, yaitu proses utama dengan durasinya yang menyebabkan penundaan atau memperpanjang waktu *throughput*. Cobalah untuk memahami ini dan cobalah untuk mengidentifikasi tindakan menyimpan untuk mengurangi faktor-faktor penundaan ini.

Ide keseluruhannya adalah untuk menjaga tingkat keluaran keluaran yang sama, tetapi untuk mengurangi waktu keluaran untuk menurunkan persediaan yang dibawa. Jika

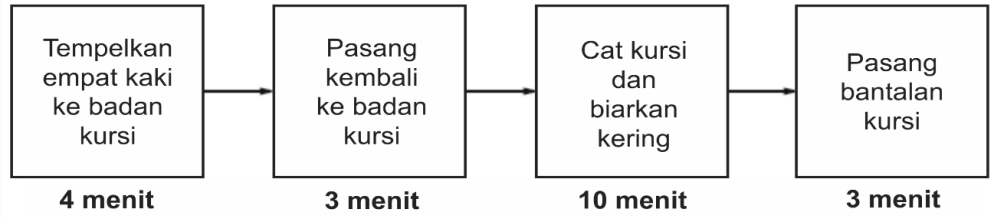
persediaan tidak menjadi perhatian perusahaan, tetapi pencapaian output yang lebih tinggi per hari adalah prioritas, pengurangan waktu throughput juga akan membantu di sini. Jika persediaan tetap stabil dan waktu throughput dapat dikurangi sebagai konsekuensinya, tingkat throughput akan meningkat. Itu berarti kita bisa memproduksi lebih banyak, dan itulah alasan mengapa Little's Law juga terkait dengan manajemen kapasitas.

Poin Diskusi

- Di mana lagi Anda bisa berpikir untuk menerapkan rumus sederhana "Hukum little"? Pikirkan tentang penggunaan di lingkungan manufaktur tetapi juga di lingkungan layanan.
- Anggaplah diri Anda berada di posisi manajer sebuah perusahaan asuransi dan Anda ingin meningkatkan kepuasan pelanggan dengan menjanjikan kepada semua pelanggan bahwa setiap orang akan dilayani dalam waktu 15 menit dalam waktu dekat. Bagaimana “Hukum little” dapat membantu Anda?
- Jika Anda ingin meningkatkan kinerja sistem nilai tambah, sehingga mengurangi waktu throughput, di mana Anda akan memprioritaskan pengamatan Anda?

9.4 ANALISIS KEMACETAN/TEORI KENDALA

Kemacetan menentukan kapasitas sistem transformasi. Untuk membuatnya lebih transparan, anggap saja ada produk (misalnya kursi) yang membutuhkan, misalnya, empat langkah produksi sederhana (lihat Gambar 9.6):



Gambar 9.6 Rantai proses.

Dalam proses produksi yang disederhanakan ini, pengecatan dan pengeringan membutuhkan waktu paling lama karena membutuhkan waktu 10 menit per kursi (10 menit per kursi/60 menit per jam=0,167 jam per kursi). Atau lebih sederhananya, enam kursi per jam dapat dicat dan dengan demikian kapasitas sistem adalah enam kursi karena ini ditentukan oleh kemacetan. Setelah identifikasi kemacetan (langkah 1), tugas manajer operasi adalah mencari peluang bagaimana waktu kemacetan ini dapat dikurangi.

Istilah lain yang sering digunakan untuk bottleneck adalah kendala, karena merupakan proses yang mencegah perusahaan mencapai tujuannya (Goldratt 1990). Jika kita ingin memproduksi sepuluh kursi per jam, sesuatu perlu dilakukan untuk membatasi dampak dari kendala atau kemacetan itu, manajer kinerja perlu menemukan cara (kemungkinan besar dengan bantuan seorang insinyur manufaktur) untuk mengurangi kemacetan. waktu dari 10 menjadi hanya 6 menit per kursi.

Solusi yang mungkin dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan proses penyemprotan atau menggunakan jenis cat yang berbeda atau meningkatkan suhu agar cat lebih cepat kering. Itu berarti sebuah rencana harus dibuat untuk mengurangi dampak dari kendala dan untuk mengurangi waktu kemacetan (langkah 2). Manajer operasi dan insinyur manufaktur adalah sumber daya khusus yang perlu bekerja pada penerapan langkah-langkah yang teridentifikasi (langkah 3).

Selanjutnya, seseorang harus mencoba untuk lebih menyeimbangkan pekerjaan dan mungkin mencoba melakukan beberapa pekerjaan persiapan yang diperlukan untuk

pengecatan, seperti pembersihan setelah bagian belakang badan kursi dipasang. Jika ini juga dilakukan, kami mencoba menyebarkan pekerjaan dari kemacetan serta mencoba meningkatkan kemampuan terkait proses produksi (langkah 4). Jika ini telah berhasil diterapkan, manajer kinerja akan mulai lagi untuk mengidentifikasi kendala dan hambatan baru sebagai bagian dari pencarian perbaikan terus-menerus ini (langkah 5).

Drum, Penyangga, Tali

Drum adalah instrumen yang bertanggung jawab atas ketukan (beat rate atau takt time) dari sistem produksi. Ini juga dapat dianggap sebagai kecepatan atau jadwal produksi dan dengan demikian memberikan informasi mengenai item yang perlu diproduksi per unit waktu. *Penyangga* juga dapat dipertimbangkan sebagai inventaris (atau jenis sumber daya lain) dari sistem yang memungkinkan bottleneck untuk tampil pada ketukan drum. Simbol terakhir adalah pahlawan. Ini berarti untuk bertukar informasi atau komunikasi yang diperlukan antara pihak yang berbeda. Ini mengacu pada kebutuhan untuk menyinkronkan elemen atau stasiun kerja yang berbeda dalam sistem untuk beroperasi secara selaras dan dengan demikian memiliki fungsi mengirim sinyal.

Asumsikan ada jalan raya yang memiliki lima lajur dan pada suatu lokasi tertentu (misalnya jembatan) dipersempit menjadi tiga lajur, maka ini merupakan batasan atau kendala kapasitas, karena mobil hanya dapat menggunakan tiga lajur tersebut. Menurut teori kendala (ToC), Anda hanya mencapai peningkatan atau keuntungan jika memungkinkan untuk meningkatkan kapasitas kemacetan. Itu berarti untuk contoh kami bahwa Anda hanya dapat meningkatkan sistem dengan membuat jembatan yang lebih luas dengan empat atau bahkan lima jalur

Prinsip kedua dari ToCisthatit tidak meningkatkan kinerja sistem jika Anda mencoba untuk bekerja pada area yang tidak macet. Sebagai contoh, jika Anda membuat jalan raya yang lebih baik dengan enam lajur tetapi Anda mempertahankan jembatan lama dengan tiga lajur, ini tidak akan memperbaiki sistem, karena kemacetan tetap sama.

Prinsip ketiga mengatakan bahwa waktu yang Anda habiskan di kemacetan, jembatan dalam kasus kami, hilang. Dalam operasi nyata, Anda dapat mencoba mengurangi dampak kemacetan dengan menggunakan staf yang terlatih baik atau dengan menerapkan sistem manajemen yang ketat untuk menurunkan dampak kemacetan.

Di dalam pabrik, bengkel cat atau kra mungkin mengalami kemacetan. Dalam kasus derek, Anda dapat menjadwalkannya dengan tepat dan harus menggunakan operator derek terampil yang dapat mengarahkan barang dengan presisi tertinggi, sehingga waktu yang digunakan untuk mengambil barang, memindahkannya dan menempatkannya di tempat tujuan sangat terbatas.

Kita dapat meringkas bahwa manajemen kemacetan dan menangani kendala adalah tugas sehari-hari bagi manajer operasi. Selanjutnya, kendala akan selalu ada dan karena kejadian yang diharapkan atau tidak diharapkan, kemacetan baru akan muncul (orang-orang kunci meninggalkan perusahaan, pekerja sakit atau mogok, mesin rusak, Supplier tidak dapat menyediakan suku cadang...). Pemicu kemacetan lainnya juga dapat berupa perubahan bauran produk, penggunaan teknologi baru, dan pelatihan orang untuk membuat produk baru menggunakan teknologi baru. Mengetahui dan menangani kendala tersebut adalah bagian dari bisnis sehari-hari di SCOM.

Analisis break-even

Pada bagian sebelumnya yang berhubungan dengan Little's Law atau ToC, kami hanya melihat kapasitas tanpa mempertimbangkan aspek untung dan rugi. Analisis titik impas adalah pendekatan yang juga melihat biaya, masing-masing pendapatan. Slack dkk. (2010) meringkas bahwa analisis titik impas adalah "teknik membandingkan pendapatan dan biaya pada tingkat

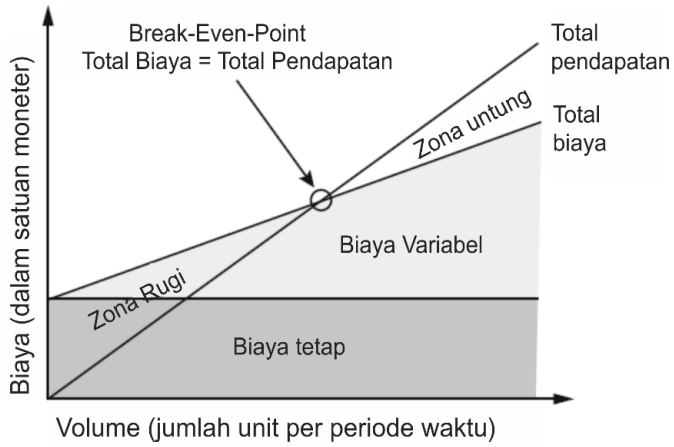
output yang meningkat untuk menetapkan titik di mana pendapatan melebihi biaya, yaitu titik di mana titik impas".

Titik impas adalah titik di mana total biaya jumlah unit yang perlu diproduksi sama dengan total pendapatan yang dihasilkan (Krajewski et al. 2013). Itu berarti bahwa dari sudut pandang kapasitas, sebuah perusahaan perlu beroperasi di atas titik impas, atau secara grafis di sisi kanan titik itu, seperti yang digambarkan Gambar 9.7.

Dengan jumlah unit yang menyebabkan surplus di sisi pendapatan, yaitu di mana pendapatan lebih tinggi dari biaya, perusahaan akan memasuki zona keuntungan. Di bawah volume produksi itu, secara grafik, perusahaan berjalan ke kiri dari titik impas dan dengan demikian hanya menghasilkan kerugian, karena biaya lebih tinggi daripada pendapatan.

Tugas 9.4 Break-Even-Point

Tempatkan diri Anda pada posisi manajer produksi yang perlu mengevaluasi apakah masuk akal untuk membeli mesin baru untuk produksi barang tertentu. Asumsi yang mendasarinya adalah bahwa biaya dan pendapatan adalah fungsi linier dan kita mengetahui biaya yang tepat ini. Selanjutnya, suku bunga atau biaya persediaan dikeluarkan dari model analisis titik impas kami. Ini akan menjadi tugas Anda untuk menghitung titik impas dalam jumlah unit tetapi juga dalam bentuk uang.



Gambar 9.7 Break-Even-Point

Perhatikan notasi berikut:

BP_x mewakili titik impas dalam satuan x
$BP_\$$ mewakili titik impas dalam Rp. ('000)
p mewakili harga per unit
x mewakili jumlah unit yang diproduksi
vc mewakili biaya variabel
fc mewakili biaya tetap.

Persamaan (9.16) digunakan untuk menentukan total pendapatan (TR):

$$TR = p * x$$

Persamaan (9.17) diterapkan untuk menentukan total biaya (TC):

$$TC = fc+vc * x$$

Menurut definisi analisis impas, titik impas tercapai ketika TR sama dengan TC. Itu berarti bagi Anda sebagai manajer produksi, Anda perlu mengatur: TR=TC atau mempertimbangkan detail dari atas, kita dapat menggunakan Persamaan. (9.18)

$$P*x=fc+vc*x$$

untuk mengidentifikasi titik impas dalam satuan. Titik impas dalam unit dengan demikian sama [lihat Persamaan. (9.19)]:

$$BP_x = fc/(p\text{-}vc)$$

Untuk mengubahnya menjadi nilai moneter, hasil BPx perlu dikalikan dengan harga per unit, mis.

$$BP_\$ = BP_x * p = [fc/(p\text{-}vc)] * p = fc * p/(p\text{-}vc)$$

Berdasarkan Persamaan. (9.20), laba juga dapat dihitung, karena laba (disederhanakan) sama dengan TR-TC, yang diterjemahkan dalam Persamaan. (9.21):

$$\text{Profit } P = TR - TC = p * x - (fc + vc * x)$$

Pertimbangkan contoh numerik. Anda menerima nilai tahunan berikut dari departemen pengontrol Anda (lihat Tabel 9.2): Untuk menghitung titik impas dalam $US BP$, Anda perlu menggunakan rumus (9.6):

$$BP_\$ = 20.000 * 5/[5 - (1+2)] = 100.000/2 = 50.000\$/\text{tahun}.$$

Itu berarti titik impas dalam $US BP$ tercapai, setelah nilai 50.000 terlampaui. Sebagai manajer produksi, Anda ingin mengetahui jumlah unit yang perlu diproduksi untuk mencapai titik impas dalam unit BPx. Oleh karena itu Anda sekarang perlu menggunakan rumus (9.18):

$$BP_x\ 20.000/[5 - (1+2)] = 20.000/2 = 10.000 \text{ unit/tahun:}$$

Tentu saja, titik impas dalam $AS secara langsung dihubungkan oleh harga jual per unit dengan titik impas dalam unit, seperti yang dapat Anda lihat dengan mudah pada contoh di atas. Anda cukup menguji hasilnya dengan mengambil BPx (yang sama dengan 10.000 unit dalam tugas kami) dan mengalikannya dengan harga jual (yang di sini sama dengan 5/unit). Hasilnya adalah 10.000 unit 5/unit=50.000, seperti yang dihitung di atas.

Wawasan Praktis

Dalam praktiknya, titik impas dalam $US lebih relevan untuk penjualan atau departemen pengendali, sedangkan titik impas dalam unit "berbicara" lebih tepat kepada manajer yang bertanggung jawab atas produksi, pembelian, atau logistik. Hal ini karena fakta bahwa manajer produksi atau logistik perlu mempertimbangkan tidak hanya ukuran atau berat produk untuk menentukan kebutuhan ruang di lantai produksi atau di gudang, tetapi juga untuk mengidentifikasi alat pengangkat atau transportasi yang benar. bahkan analisis adalah metode perhitungan sederhana yang menyediakan berbagai macam orang di dalam organisasi dengan informasi penting untuk tujuan mereka.

Tabel 9.2 Data awal untuk analisis titik impas

Biaya tetap/Fixed Cos (FC)	**20000**
Biaya bahan per unit	1 per unit
Tenaga kerja langsung per unit	2 per unit
Harga penjualan per unit	5 per unit

9.5 POHON KEPUTUSAN

Dalam prakteknya, ketidakpastian pasar dan faktor-faktor seperti biaya produksi, permintaan, harga, inflasi atau nilai tukar mempengaruhi keputusan manajerial. Haruskah kami memperluas produksi kami atau tidak, apakah merupakan pilihan yang menguntungkan untuk membangun kembali pusat distribusi lama jika permintaan untuk tahun-tahun berikutnya tidak pasti atau haruskah kami menandatangani kontrak jangka panjang dengan Supplier kami jika kami tidak tahu apakah pelanggan menyukai produk baru kami?

Analisis pohon keputusan membantu membuat keputusan dalam lingkungan yang tidak pasti. Sebuah pohon keputusan membantu untuk membangun gambaran grafis dari strategi yang mungkin dan untuk menghitung dalam langkah-langkah sederhana pendapatan, biaya dan nilai moneter yang diharapkan dari beberapa peluang. Analisis pohon keputusan

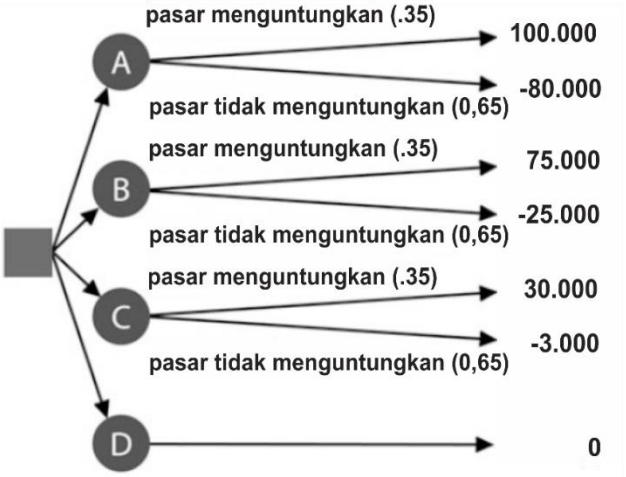
menawarkan kombinasi keputusan strategis, seperti memperluas lokasi produksi atau tidak, dan perencanaan keuangan. Ini mengevaluasi keputusan strategis dengan profitabilitas untuk mendukung proses pengambilan keputusan. Untuk alasan itu dapat membantu untuk membuat keputusan dan membantu desain proses dan jaringan.

Tugas 9.5 Analisis Pohon Keputusan

Sebuah perusahaan berpikir untuk memperluas lokasi produksi mereka karena mereka menganggap perkembangan pasar yang menguntungkan. Untuk menghitung nilai moneter yang diharapkan (EMV), kita harus mempertimbangkan probabilitas P untuk perkembangan pasar yang menguntungkan (0,35) dan yang tidak menguntungkan (0,65). Opsi A berarti ekspansi besar, opsi B—ekspansi sedang, opsi C—ekspansi kecil, dan opsi D—tidak ada ekspansi. Di akhir pohon Anda dapat melihat biaya atau keuntungan dari setiap peluang (Gbr. 9.8) Untuk menghitung EMV kita harus menggunakan Persamaan. (9.22):

*EMV =P (menguntungkan) * keuntungan + P (tidak menguntungkan) * kerugian*

Menggunakan Persamaan. (9.22) menjadi mungkin untuk memutuskan ekspansi mana yang paling menguntungkan:



Gambar 9.8 Lokasi produksi perluasan pohon keputusan

*EMV (A) = 0.35 * 100.000 + 0.65 * (-80.000) = -10.000*
*EMV (B) = 0.35 * 75.000 + 0.65 * (-25.000) = 10.000*
*EMV (C) = 0 .35 *30.000 + 0.65 * (-3000) =8550*
EMD (D) = 0

Kita dapat mengamati bahwa ekspansi menengah akan menjadi keputusan terbaik dari sudut pandang keuangan, dalam kasus di mana perkembangan pasar akan diprediksi dengan cara yang sama. Opsi D, tidak ada ekspansi, akan menyebabkan perbedaan karena perusahaan tidak akan mengubah apa pun.

Wawasan Praktis

Penting dalam analisis pohon keputusan untuk mengidentifikasi semua faktor yang mempengaruhi biaya dan memutuskan faktor mana yang tidak pasti dalam perhitungan. Isu kritisnya adalah bagaimana menilai probabilitas untuk faktor-faktor tidak pasti yang relevan dan mempertimbangkan pengaruhnya. Selain itu, perusahaan tidak boleh hanya fokus pada analisis keuangan. Faktor-faktor lain mungkin juga penting dan bagian keuangan hanya dapat menjadi sebagian kecil dari proses pengambilan keputusan. Dalam praktiknya, analisis pohon keputusan seringkali didukung oleh pengembangan kasus bisnis untuk kemungkinan ekspansi di masa depan.

Pertanyaan Diskusi

- Menurut Anda, mengapa manajemen kapasitas penting bagi perusahaan yang aktif secara global yang memiliki jaringan produksi besar dengan banyak lokasi produksi?
- Mengapa manajemen kapasitas sangat penting dari sudut pandang strategis?
- Apa konsekuensi ketika diidentifikasi bahwa kapasitas yang ada dari suatu perusahaan terlalu tinggi dibandingkan dengan ketika kekurangan? Apa tindakan korektif yang Anda sarankan untuk menyesuaikan kapasitas yang ada sehingga dapat memenuhi permintaan di masa depan?
- Apakah ini strategi yang tepat untuk menargetkan pemanfaatan kapasitas hampir 100%, atau menurut Anda seseorang juga harus mempertimbangkan beberapa kapasitas menganggur untuk hal-hal yang tidak dapat diprediksi?

9.6 SIMULASI: STUDI KASUS ANYLOGIC

Deskripsi Masalah

Centrotherm Photovoltaics AG adalah Supplier global teknologi dan peralatan untuk industri fotovoltaik, semikonduktor, dan mikroelektronika. Perusahaan perlu mengidentifikasi jalur produksi otomatis terbaik dan konfigurasi pabrik untuk meminimalkan biaya dan memaksimalkan hasil dan keandalan. Fokus khusus adalah untuk:

- menentukan jenis dan jumlah peralatan yang dibutuhkan untuk memenuhi rencana produksi;
- mengevaluasi alternatif tata letak untuk meningkatkan throughput dan tingkat pemanfaatan;
- memeriksa kemungkinan kemacetan dalam aliran material;
- mengevaluasi dampak perilaku operator pada output pabrik;
- menguji konsekuensi pemeliharaan dalam berbagai kerangka waktu;
- mengidentifikasi perilaku sistem jika terjadi kerusakan;
- mengidentifikasi probabilitas memo;
- mengevaluasi perubahan kinerja selama waktu henti yang direncanakan.

Pengembangan Model

Para konsultan menggunakan teknologi simulasi dan pemodelan AnyLogic untuk memberikan jawaban atas masalah ini. Menggunakan kemampuan AnyLogic Professional untuk membuat dan menyimpan perpustakaan objek khusus, konsultan merangkum pengalaman simulasi mereka yang luas dalam industri manufaktur fotovoltaik dan semikonduktor dan membuat perpustakaan mereka sendiri, yang mereka gunakan kembali di banyak proyek, termasuk yang satu ini.

Pengembangan Solusi

Pustaka ini menampilkan elemen yang dibangun di atas lingkungan pengembangan model AnyLogic dan memungkinkan konsultan untuk dengan mudah membuat model berbagai jenis peralatan, sistem penanganan material di dalam pabrik, personel, dan sistem kontrol produksi, semuanya khusus untuk industri fotovoltaik dan semikonduktor. Dalam proyek Centrotherm, solusi ini membantu pemodel dengan cepat mereproduksi berbagai aspek perilaku sistem produksi klien.

Menguji Solusinya

Setelah model dibangun, tahap percobaan proyek dimulai. Para konsultan menguji banyak parameter untuk menemukan solusi terbaik. Data masukan, yang mencakup konfigurasi tata letak dan berbagai parameter, diambil langsung dari file Excel dan Access. Setiap simulasi berjalan direproduksi 1 tahun operasi pabrik.

Pertama, para konsultan bereksperimen dengan desain lini produksi secara keseluruhan, menggunakan variasi parameter dan optimasi. Mereka menguji banyak parameter, termasuk yang berkaitan dengan kapasitas dan jumlah berbagai peralatan, kaset, tempat sampah, dll., untuk melihat konfigurasi mana yang akan bekerja paling baik dalam hal throughput, keandalan, dan tingkat sisa. Kemudian konsultan bekerja untuk mengoptimalkan kebijakan transportasi, alokasi zona penyangga, dan proses kontrol watermark.

Menganalisis Hasil

Beberapa varian tata letak yang diusulkan ditolak selama tahap ini karena kinerjanya yang buruk. Akhirnya, beberapa solusi yang dihasilkan diuji secara manual untuk menyelidiki keuntungan dan kerugian dari masing-masing solusi, dan untuk mengetahui bagaimana solusi tersebut dapat ditingkatkan lebih lanjut.

Penerapan

Solusi yang diusulkan memberikan Centrotherm Photovoltaics AG kesempatan untuk secara signifikan meningkatkan desain lini produksi dan memilih solusi terbaik dalam hal throughput, keandalan, dan tingkat skrap dengan biaya rendah. Selain itu, pada akhir proyek, model dirilis ke klien sehingga dapat digunakan untuk analisis perubahan di masa mendatang di pabrik. Model ini memungkinkan pelanggan untuk melakukan eksperimen sendiri, bermain dengan parameter dan tata letak, mengubah data input, dll. Model simulasi fasilitas manufaktur ini akan berfungsi sebagai alat pendukung keputusan di pabrik untuk waktu yang lama.

Struktur Aliran Proses

Secara intuitif jelas bahwa tidak semua produk diproduksi dengan cara yang sama. Untuk memperbesar ini untuk Anda, kita perlu memikirkan kasus hipotetis lain, di mana Anda akan menjadi produsen dan produk akan menjadi kursi. Ini adalah contoh yang sangat sederhana, tetapi membuatnya mudah untuk memahami ide dan konsep yang mendasarinya

Job Shop

Tempatkan diri Anda dalam situasi di mana Anda berencana untuk memproduksi kursi kecil Anda sendiri untuk kamar atau apartemen Anda. Anda akan pergi ke pusat do-it-yourself terdekat, akan membeli beberapa potong kayu, beberapa paku dan warna cat favorit Anda (misalnya merah). Ini adalah bahan yang Anda butuhkan untuk kursi. Selain itu, Anda memerlukan beberapa alat, mungkin kuas, gergaji, dan palu. Alat dan bahan standar ini ditambah kreativitas dan pekerjaan manual Anda adalah semua yang Anda perlukan untuk membuat perabot pribadi Anda sendiri (mungkin Anda akan memproduksi dan merakitnya di dapur Anda atau di garasi).

Hasilnya akan menjadi produk yang benar-benar unik dan tidak ada orang lain yang memiliki produk yang sama! Mungkin salah satu teman Anda akan meminta Anda untuk memproduksi yang kedua, tetapi dengan beberapa perubahan mengenai ukuran dan juga warna (teman Anda ingin memiliki kursi lipat besar, dicat hijau). Dengan peralatan Anda, Anda juga dapat membuat produk seperti itu untuk teman Anda.

Apa yang baru saja kami gambarkan adalah pengaturan tipikal dari apa yang disebut struktur aliran proses "jobshop". Rahasia di baliknya adalah bahwa dengan struktur aliran proses seperti itu, produk yang benar-benar unik dibuat di bawah penggunaan alat standar dalam jumlah yang sangat rendah. Juga, upaya manual cukup tinggi, sehubungan dengan tingkat otomatisasi, yang secara umum sangat rendah.

Karena Anda memproduksi secara manual dan membeli sejumlah kecil bahan, harga satuannya cukup tinggi, tetapi begitu juga fleksibilitas untuk menyesuaikan pengaturan produksi Anda dan untuk memenuhi persyaratan yang berubah. Jika Anda mengikuti dengan seksama contoh kursi kayu hipotetis dari atas, Anda sekarang akan memahami bahwa bengkel

kerja adalah struktur aliran proses yang digunakan untuk membuat produk dengan volume yang sangat rendah (hanya satu kursi ini untuk Anda dan kursi yang disesuaikan untuk teman Anda).). Pada saat yang sama, kita dapat memahami bahwa job shop cocok untuk menciptakan produk dengan variasi yang besar.

Jelas bahwa, bahkan dengan contoh yang sangat tidak biasa dan hipotetis ini, kami masih mengembangkan konsep "toko kerja". Pada kenyataannya, ini digunakan untuk pembuatan mis. gigi pengganti, kacamata medis atau mungkin sepeda motor bergaya eksklusif atau mobil yang disetel secara eksklusif. Contoh lain adalah penjahit tradisional yang memproduksi gaun atau jas khusus untuk Anda. Ini semua adalah produk individu dengan variasi yang besar dan volume yang sangat rendah.

Toko Batch

Sekarang mari kita lanjutkan dengan contoh hipotetis kursi kita, yang terbuat dari kayu. Mari kita asumsikan bahwa Anda akan pergi ke pasar untuk menjual produk Anda. Sementara Anda menjual dan orang-orang datang kepada Anda menyatakan bahwa mereka ingin memiliki kursi kecil dan kursi besar dengan sandaran tangan dalam berbagai warna, akibatnya akan meningkatkan volume jenis produk serupa yang perlu dibuat.

Kemungkinan besar, ide terbaiknya adalah Anda menawarkan dua kursi standar (yang kecil dan yang besar) yang dapat dicat dengan lima warna berbeda, misalnya. Karena portofolio produk yang dipilih itu, reaksi alaminya adalah Anda akan menghasilkan ukuran lot tertentu dari yang kecil dan kemudian ukuran lot lain yang lebih besar. Karena produk diproses dalam lot atau batch, struktur aliran ini disebut pemrosesan batch atau produksi batch (yaitu, produk diproduksi di toko batch). Pada langkah produksi terakhir, Anda kemudian akan melakukan kustomisasi, yaitu lukisan individu di pasar menggunakan kaleng semprot.

Sekali lagi, sekarang mari kita beralih kembali ke kenyataan. Tentu saja, tidak hanya pakaian eksklusif yang diproduksi seperti yang Anda tahu, tetapi juga produk eksklusif lainnya dalam seri kecil seperti mesin pertanian atau konstruksi, helikopter atau ambulans. Dalam kasus ini, batch produk serupa akan dibuat. Misalnya, produsen peralatan konstruksi khusus akan memproduksi serangkaian kecil 20 ekskavator, yang semuanya akan memiliki peralatan komunikasi yang sama di papan dan semua akan dicat dengan warna biru untuk pelanggan tertentu dan menyandang logo perusahaan. Idenya adalah untuk mengurangi dampak waktu set-up dan biaya set-up dan juga untuk memperkenalkan stabilitas ke dalam proses penciptaan nilai.

Perakitan

Mari kita lanjutkan perjalanan kursi hipotetis. Kursi Anda luar biasa, semua orang di lingkungan Anda menyukainya dan sekarang bahkan toko meminta Anda untuk memproduksinya dalam jumlah yang lebih tinggi. Itu berarti volume yang dibutuhkan meningkat secara signifikan dan akibatnya, misalnya memotong kayu secara manual untuk kursi dan menjalankan perakitan manual tidak lagi efisien.

Konsekuensinya kemudian mungkin untuk melihat kemungkinan penggunaan lebih banyak mesin untuk memotong kayu, mengebor lubang, menyatukan bagian-bagiannya, mengecat dan bahkan mengemasnya. Jadi kami akan mempertimbangkan pemanfaatan mesin yang lebih tinggi dan bahkan memikirkan lebih banyak otomatisasi. Selanjutnya, kita akan memikirkan definisi paket pekerjaan atau fokus pada spesialisasi pekerjaan (pemotongan, pengeboran...), yang mengarah pada identifikasi stasiun kerja dalam proses penciptaan nilai. Untuk memastikan aliran produk konstan, stasiun yang berbeda juga perlu diseimbangkan untuk menghindari waktu idle.

Produk yang sedang dibuat bergerak pada waktu takt yang ditentukan dari stasiun ke stasiun. Ini juga disebut sebagai produk yang mengikuti langkah yang ditentukan melalui

stasiun kerja. Dalam kasus yang ideal, seseorang akan menggunakan ban berjalan atau serupa untuk pergerakan produk di seluruh fasilitas produksi.

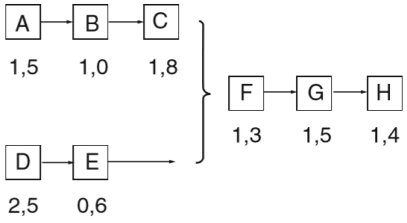
Dan inilah yang diterapkan di dunia nyata. Jalur perakitan digunakan untuk produksi massal barang dengan volume yang relatif tinggi dan tingkat varian yang terdefinisi dengan baik. Contoh produk yang paling terkenal yang dibuat di jalur perakitan adalah mobil (misalnya, jalur perakitan Henry Ford untuk mobil yang diproduksi massal dari T-Model yang terkenal). Contoh lain yang diproduksi di jalur perakitan adalah perangkat rumah tangga seperti mesin cuci, lemari es atau oven microwave, tetapi juga barang elektronik seperti TV atau komputer. Semua ini memiliki kesamaan bahwa barang yang diproduksi dibuat dalam volume besar dan bergerak dengan kecepatan konstan melalui pabrik dari stasiun kerja ke stasiun kerja. Hal ini membuat produksi cukup efisien, tetapi juga rentan jika stasiun mungkin tidak bekerja atau bagian yang salah (atau tidak ada) yang dipasok ke stasiun. Hasilnya bisa menjadi garis berhenti.

Tugas 9.6 Penyeimbangan Jalur Perakitan

Perencana yang bertanggung jawab atas penyeimbangan lini perakitan memerlukan beberapa masukan. Salah satu masukan mendasar adalah tagihan pembuatan bahan (BoM) yang memberikan informasi yang diperlukan mengenai komposisi bagian tunggal yang akan dirakit untuk membuat produk akhir. Untuk memastikan hal ini, urutan logis dari langkah-langkah yang berbeda (disebut hubungan prioritas) juga perlu diketahui (bayangkan saja urutan pembuatan pizza: pertama muncul adonan, lalu saus tomat, diikuti jamur, lalu keju, kemudian dimasukkan ke dalam oven, dll.). Selain itu, waktu tugas untuk aktivitas yang berbeda harus diketahui bersama dengan permintaan dan kapasitas yang tersedia per periode waktu.

Tabel 9.3 Data awal untuk penyeimbangan lini perakitan

Aktivitas	***Tugas***	***Yang lebih dulu***	***Waktu tugas (menit)***
A	Pasang rem di papan	Tidak Ada	1.5
B	Pasang roda belakang di papan	A	1.0
C	Rekatkan penutup anti selip di atas papan	B	1.8
D	Modul Garpu Depan Pra-rakitan	Tidak Ada	2.5
E	Pasang roda Depan di Fork-Modul	D	0.6
F	Masukkan Modul Garpu Depan ke Papan	C, E	1.3
G	Instal Steering Bar-Modul	F	1.5
H	Uji fungsionalitas yang benar	G	1.4
	Jumlah total Waktu Tugas		11.6



Gambar 9.9 Diagram prioritas untuk perakitan skuter

Mari kita lihat contoh cara merakit skuter manual sederhana. Anda bertanggung jawab untuk menyeimbangkan jalur perakitan menurut masukan berikut dari para insinyur manufaktur (Tabel 9.3):

Langkah 1: Diagram Prioritas

Langkah pertama adalah membuat apa yang disebut "diagram prioritas" berdasarkan input yang diterima. Tabel 9.3 menunjukkan hubungan yang didahulukan dan diagram yang sesuai dapat dibuat. Ilustrasi yang disederhanakan ditunjukkan pada Gambar 9.9:

Langkah 2: Identifikasi Jumlah Pengikut

Berdasarkan diagram prioritas, kita dapat mengidentifikasi jumlah kegiatan berikut. Hitung saja masing-masing tugas berikut. Ini diperlukan untuk menerapkan heuristik untuk penugasan tugas selanjutnya ke workstation (WS).

- Aktivitas A memiliki 5 pengikut.
- Kegiatan B dan D memiliki 4 pengikut.
- Aktivitas C dan E memiliki 3 pengikut.
- Aktivitas F memiliki 2 pengikut.
- Aktivitas G memiliki 1 pengikut.
- Aktivitas H memiliki 0 pengikut.

Langkah 3 Mendefinisikan Tugas

Heuristik Kami akan menerapkan heuristik untuk memulai pemuatan jalur perakitan yang dimulai dengan aktivitas yang memiliki jumlah aktivitas berikut paling banyak. Diagram prioritas perlu dipatuhi. Jika ada aktivitas yang memiliki jumlah pengikut yang sama, maka yang akan digunakan adalah aktivitas dengan jumlah waktu tugas yang lebih tinggi.

Wawasan Praktis

Heuristik dapat diterapkan untuk mendapatkan hasil yang wajar, tetapi terkadang mungkin diperlukan untuk meninjau dan melakukan kembali latihan jika heuristik mungkin tidak mengarah pada hasil yang memuaskan. Selain heuristik yang disajikan di sini (Jacobs dan Aquilano 2014), Heizer dan Render (2014) menyarankan heuristik lebih lanjut, tetapi ini tidak dipertimbangkan untuk contoh kita. Dalam bisnis nyata, digunakan metode matematika yang lebih canggih yang didukung oleh perangkat lunak. Metode ini memungkinkan mempertimbangkan kasus yang berbeda dengan mesin paralel, waktu pemrosesan yang tidak pasti, dll. (Dolgui dan Proth 2010)

Langkah 4: Identifikasi Aktivitas Bottleneck dan Tentukan Tingkat Produksi Maksimal

Dalam contoh kami, aktivitas "D" memiliki waktu pemrosesan terlama 2,5 menit. Kegiatan ini juga dianggap sebagai penyebab kemacetan dan menentukan tingkat produksi yang maksimal. Mari kita asumsikan bahwa kita bekerja 8 jam per hari di fasilitas manufaktur skuter kita. Mempertimbangkan 60 menit per jam, kami mendapatkan waktu produksi yang tersedia per hari 8 jam/hari 60 menit/jam=480 menit/hari Untuk mengidentifikasi tingkat produksi maksimal per hari, kita perlu membagi waktu produksi yang tersedia per hari dengan waktu kemacetan . Dalam contoh kami, ini dihitung sebagai berikut:

Maks. tingkat produksi =(480 mnt /hari)/(2,5 mnt /produk)=192 produk/hari

Langkah 5: Hitung Takt Time Berdasarkan Output yang Diperlukan

Mari kita asumsikan, bahwa kita harus menyeimbangkan lini perakitan kita untuk tingkat produksi 150 skuter per hari. Dalam hal ini, kita perlu membagi waktu produksi yang tersedia per hari dengan output yang dibutuhkan. Kita mendapatkan:

Takt time = (480 menit /hari)/(150 skuter/hari) = 3,2 menit /skuter

Langkah 6: Hitung Jumlah Workstation Minimal Teoretis

Seperti yang dapat diamati dari Tabel 9.3, jumlah waktu tugas sama dengan 11,6 menit. Waktu tempuh adalah 3,2 menit/skuter. Itu berarti kita perlu mendistribusikan total waktu tugas ke beberapa workstation. Ini adalah persis tugas sekarang. Untuk mengidentifikasi jumlah minimum WS, kami membagi total waktu tugas dengan waktu takt yang diidentifikasi:

Jumlah minimum WS =(11,6 mnt /skuter)/(3,2 mnt /skuter/WS)=3,63 WS

Karena kami tidak dapat memiliki fragmen WS, kami perlu mengumpulkannya. Itu berarti untuk contoh kita bahwa setidaknya empat WS perlu dipertimbangkan.

Langkah 7: Memuat Stasiun Kerja Menurut Langkah 3

Stasiun kerja 1

3,2 menit – A (1,5 menit)=1,7 menit

1,7 menit – B (1,0 menit)=0,7 menit (=waktu idle yang tersisa)

Stasiun kerja 2

3,2 menit–H (2,5 menit)=0,7 menit

0,7 mnt–E (0,6 mnt)=0,1 mnt (=waktu idle yang tersisa)

Stasiun kerja 3

3,2 menit–C (1,8 menit)=1,4 menit

1,4 mnt–F (1,3 mnt)=0,1 mnt (=waktu idle yang tersisa)

Stasiun kerja 4

3,2 menit–G (1,5 menit)=1,7 menit

1,7 menit H (1,4 menit)=0,3 menit (=waktu idle yang tersisa)

Pengelompokan aktivitas per workstation (WS) ditunjukkan pada Gambar 9.10.

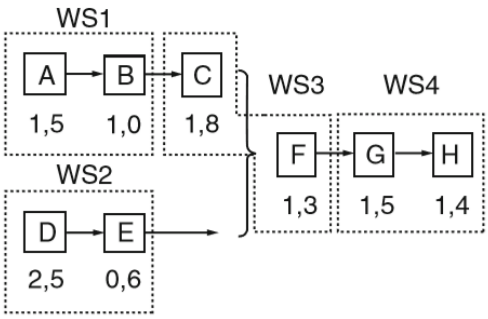
Gambar 9.11 mengilustrasikan pengelompokan tugas per stasiun kerja dengan baik, tetapi tidak memberikan gambaran yang baik tentang waktu takt dan efisiensi jalur perakitan. Oleh karena itu, diagram batang bertumpuk digunakan dalam praktik yang menunjukkan pembebanan per stasiun termasuk waktu senggang yang sesuai. Pada Gambar 9.11, diagram batang bertumpuk yang sesuai disajikan. Dalam praktiknya ini juga disebut peta Yamazumi ("Yama" berarti gunung dan "zumi" berarti menumpuk dalam bahasa Jepang). Jadi ini adalah interpretasi grafis dari pekerjaan menumpuk per stasiun.

Langkah 8: Hitung Efisiensi Jalur Perakitan

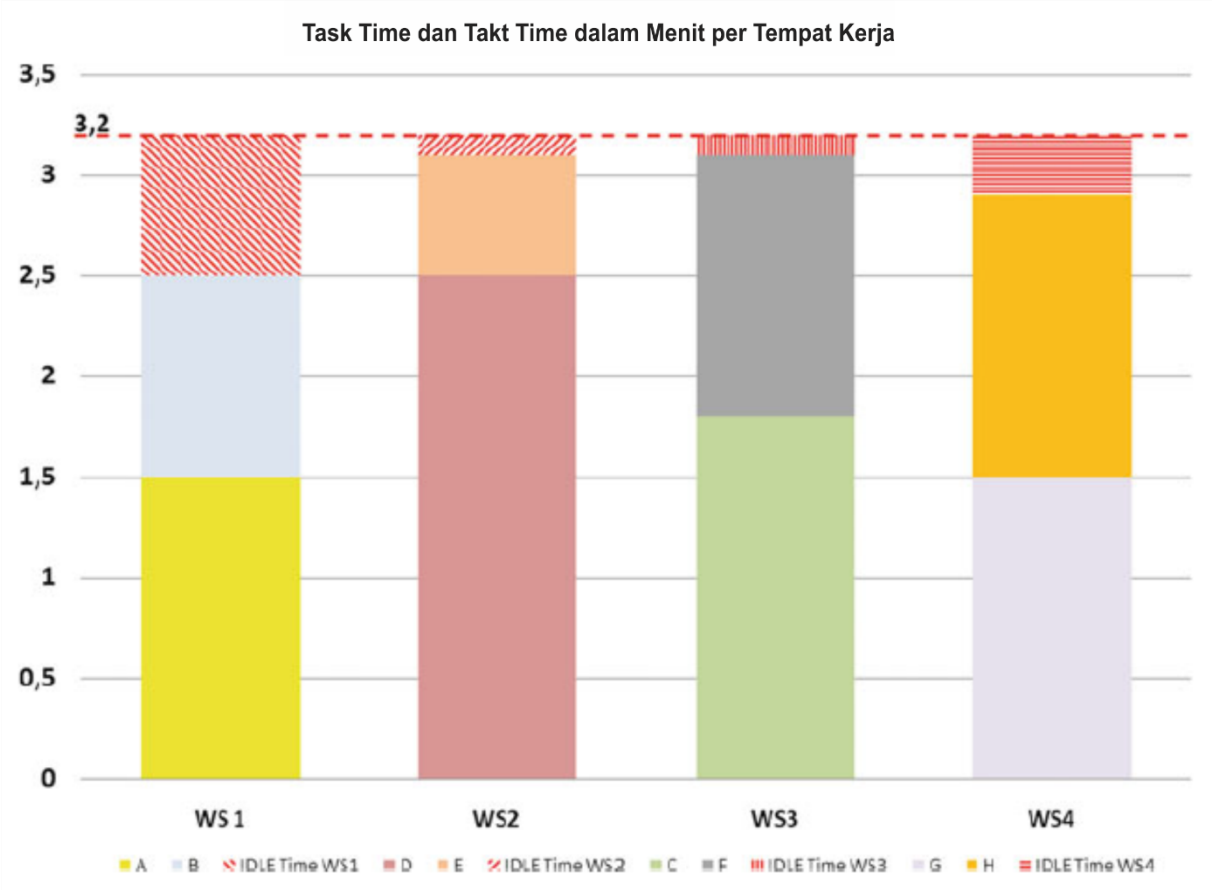
Pada langkah terakhir, efisiensi jalur perakitan baru yang seimbang perlu ditentukan. Seperti yang ditunjukkan oleh diagram batang bertumpuk (Yamazumi) (Gbr. 9.9), ada waktu idle di setiap WS, yang mengakibatkan inefisiensi. Lini perakitan akan mencoba menemukan cara untuk mengurangi inefisiensi ini dalam banyak iterasi. Jika kita mempertimbangkan pemuatan jalur perakitan untuk skuter, kita dapat menghitung efisiensi menggunakan Persamaan. (9.23):

Efisiensi [%] = total waktu tugas/(waktu takt - jumlah stasiun kerja)

Untuk contoh kita, efisiensi [%] = 11,6 menit/(3,2 menit x 4) = 111,6 menit/12,8 menit =0906 yang berarti 91%. Para perencana sekarang akan mencoba untuk memecah tugas individu menjadi bagian-bagian yang lebih kecil untuk mengurangi waktu menganggur dan meningkatkan efisiensi.



Gambar 9.10 Precedence diagram dengan indikasi workstation



Gambar 9.11 Yamazumi Chart untuk jalur perakitan seimbang

Aliran Kontinu

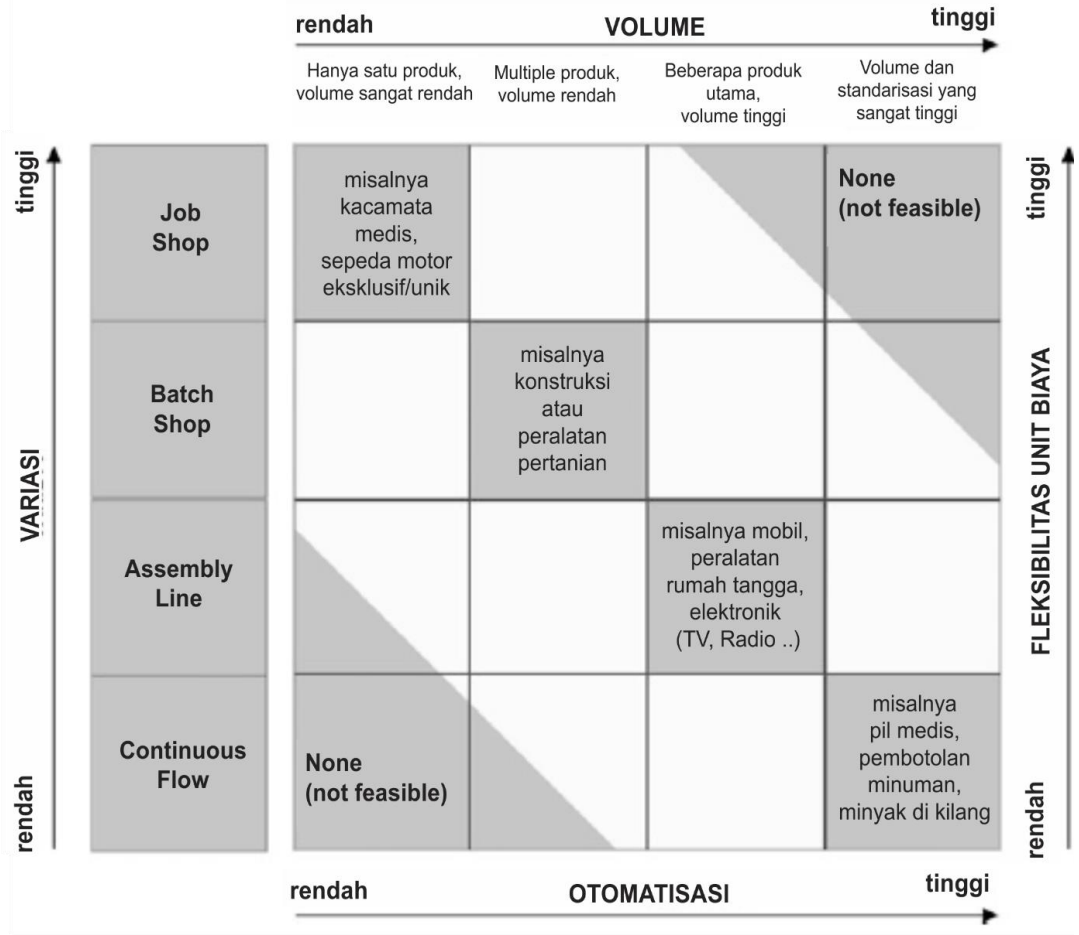
Sekarang jika permintaan kursi sangat tinggi, yaitu ribuan item per hari yang dibutuhkan, orang bahkan akan memikirkan kembali desain dan bahan kursi. Pertanyaannya adalah bagaimana kita bisa menyederhanakan desain untuk mengurangi jumlah part dan waktu proses perakitan? Itu berarti, orang bisa berargumen, bahwa produk itu seharusnya tidak lagi terbuat dari kayu, tetapi mungkin dari plastik. Alih-alih memotong potongan kayu, menyatukannya di jalur perakitan dan kemudian mengecatnya, orang dapat menyarankan agar kursi dibuat dalam satu aliran plastik terus menerus dalam berbagai warna. Produksi akan dilakukan setelah proses pencetakan plastik.

Alih-alih memiliki banyak stasiun kerja, proses akan berlangsung dalam satu aliran kontinu, proses bernilai tambah dimulai dengan pengisian butiran plastik, memanaskannya, menekannya ke dalam bentuk yang diperlukan, mendinginkannya dan kemudian mengeluarkannya dari cetakan.

Intervensi manusia akan dilibatkan untuk pengawasan mesin dan untuk memastikan kualitas, tetapi penciptaan produk akan dicapai melalui pemanfaatan mesin, menggunakan otomatisasi tertinggi. Biaya per produk akan tetap relatif rendah, tetapi di sisi lain, biaya untuk fasilitas dan mesin akan sangat tinggi, karena tingkat otomatisasi yang sangat tinggi. Selanjutnya, kustomisasi lengkap tidak mungkin karena cetakan dirancang khusus untuk membuat satu produk dan dengan demikian sangat mahal. Ini akan menghasilkan fleksibilitas yang sangat rendah untuk menyesuaikan produk dengan kemungkinan perubahan dari sisi pelanggan.

Matriks Produk-Proses

Pada dasarnya, struktur aliran produk yang dipertimbangkan memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda. Hubungan antara produk dan proses dapat diringkas dalam bentuk yang disebut matriks produk-proses (lihat Gambar 9.12). Mari kita kembali ke contoh hipotetis awal kursi kita. Jika Anda ingin memproduksi kursi Anda secara eksklusif dan dalam jumlah kecil, Anda akan memilih bengkel kerja; jika di sisi lain tugasnya adalah memproduksi kursi dalam jumlah tertinggi, aliran kontinu akan menghasilkan struktur yang direkomendasikan. Secara keseluruhan, pertanyaan tentang volume dan variasi adalah faktor yang akan mendorong keputusan Anda menuju struktur aliran proses yang paling tepat.



Gambar 9.12 Matriks proses produk [berdasarkan Chase et al. (2006)]

9.7 SISTEM PRODUKSI LEAN

Lean Thingking

"Lean" berarti proses berkelanjutan untuk meningkatkan efisiensi dan perbaikan dalam organisasi, yang membutuhkan kerja tim, rasa hormat, dan mengambil alih tanggung jawab. Anggota tim juga bertanggung jawab untuk mendeteksi cacat dan berjuang untuk akar penyebabnya, ditambah mengidentifikasi solusi untuk penghindaran di masa depan. Lean juga membutuhkan hubungan yang baik dengan serikat pekerja yang disertai dengan kepercayaan. Organisasi ramping dicirikan oleh lima prinsip utama berikut (Womack dan Jones 1996; Bicheno dan Holweg 2008):

- *nilai dari sudut pandang pelanggan*
- *eliminasi aliran nilai dan pemborosan ("muda")*
- *kelancaran aliran dalam produksi*
- *kebijakan pull-control, misalnya, Kanban*

- *kesempurnaan dan perbaikan terus-menerus (Kaizen).*

Filosofi yang mendasari semua prinsip yang disebutkan di atas adalah menghormati orang dan belajar dari kesalahan.

Nilai Mengidentifikasi 'nilai' produk atau layanan berarti memahami dan menentukan apa yang diharapkan pelanggan untuk diterima. Memahami apa yang diinginkan dan tidak diinginkan pelanggan adalah aspek utama dalam lean thinking. Womack dan Jones (2005) menggambarkan nilai sebagai kemampuan yang disediakan untuk pelanggan pada waktu yang tepat dengan harga yang sesuai, sebagaimana didefinisikan dalam setiap kasus oleh pelanggan.

Aliran Nilai dan Pemetaan Aliran Nilai

Aliran nilai menyajikan aktivitas spesifik yang diperlukan untuk merancang, memesan, dan menyediakan produk spesifik, mulai dari konsep hingga peluncuran, pesanan hingga pengiriman, bahan mentah ke tangan pelanggan. Proses yang paling efektif dicapai dengan melakukan langkah nilai tambah minimal yang diperlukan dan tanpa langkah pemborosan. Ini adalah tujuan ideal yang paling mustahil untuk dicapai dalam praktik. Metode untuk memaksimalkan volume langkah-langkah nilai tambah dalam praktik lean disebut pemetaan dan analisis aliran nilai.

VSA (analisis aliran nilai) adalah alat untuk menghubungkan aliran proses dan analisis biaya. Ini adalah alat yang cocok untuk mendesain ulang sistem penciptaan nilai. Ketersediaan tim yang terlatih sangat penting sebagai faktor kunci keberhasilan. Dalam VSA, langkah-langkah proses yang berbeda dalam proses penciptaan nilai diidentifikasi, didaftar, diurutkan dan divisualisasikan. Kemudian waktu nilai tambah diukur. Sebagai perbandingan, waktu yang tidak bernilai tambah juga diukur. Pemetaan aliran nilai (VSM) memberikan pemahaman tentang proses saat ini dengan:

- memvisualisasikan beberapa tingkat proses
- menyoroti sampah dan sumbernya,
- membuat poin keputusan "tersembunyi" menjadi jelas.

VSM juga menyediakan alat komunikasi untuk merangsang ide dengan menangkap pengetahuan organisasi yang kritis dan mengidentifikasi lokasi untuk pengumpulan data dan pengukuran proses.

Mengalir

Womack dan Jones (2005) menggambarkan aliran sebagai "pencapaian progresif tugas sepanjang aliran nilai sehingga produk hasil dari desain untuk peluncuran, pesanan untuk pengiriman, dan bahan baku ke tangan pelanggan tanpa penghentian, memo atau arus balik" . Konsep aliran difokuskan pada pergerakan dan proses penambahan nilai produk seperti itu, tetapi juga melibatkan aliran material, informasi, dan keuangan. Prinsip aliran juga dapat diperluas ke area non-produksi yang terkait dengan aliran informasi. Aliran informasi di antara pihak-pihak yang terlibat dalam jaringan penciptaan nilai sama pentingnya dengan aliran fisik materi.

Menarik

Prinsip “tarik” menganggap suatu sistem dari kegiatan hilir ke hulu di mana tidak ada yang diproduksi oleh Supplier hulu sampai pelanggan hilir memberi sinyal kebutuhan. Tarik berarti bahwa seseorang harus memulai pembuatan produk atau layanan ketika pelanggan memintanya.

Mencari Kesempurnaan

Mencari kesempurnaan adalah elemen perbaikan terus-menerus dalam filosofi ramping. Kesempurnaan tidak hanya berarti kualitas. Kesempurnaan harus dianggap mampu menciptakan apa yang diinginkan pelanggan, ketika dibutuhkan dan dengan harga yang wajar dan dapat diterima dengan sedikit pemborosan. Penting untuk dipahami bahwa suatu proses

tidak akan sempurna dan perlu dilakukan pemeriksaan ulang secara terus-menerus terhadap proses agar tetap kompetitif dan ramping. Diperlukan pengulangan siklus optimasi ini untuk mendekati optimal dengan setiap loop yang diambil.WomackandJones (2005) meringkas kesempurnaan sebagai "penghapusan total muda sehingga semua aktivitas di sepanjang aliran nilai menciptakan nilai".

Prinsip Produksi Lean

Untuk pandangan menyeluruh tentang asal mula Lean, harap pertimbangkan “Mesin yang Mengubah Dunia” oleh Womack et al. (2007). Pada tahun 1950, Eiji Toyoda, anggota keluarga Toyoda yang mendirikan Toyota Motor Company, mengunjungi pabrik Ford's Rouge di Detroit. Dari tahun 1937 hingga 1950, yaitu selama periode 13 tahun, Toyota memproduksi total 2685 mobil, berbeda dengan 7000 mobil yang diproduksi Ford di lokasi Rouge dalam satu hari (Womack et al. 1990). Eiji Toyoda menilai secara rinci prinsip produksi massal yang diterapkan di Detroit dan menyimpulkan bahwa kinerja fasilitas Toyota juga dapat ditingkatkan dan dia bertukar informasi tentang hal itu dengan Taiichi Ohno, insinyur produksi terkemuka Toyota di Nagoya. Bahkan orang Jepang menganggap staf Toyota sebagai "sekelompok petani", awalnya memproduksi alat tenun, kemudian truk militer dan beberapa mobil kerajinan tangan—tetapi hari ini, perusahaan tersebut diakui sebagai salah satu produsen motor paling efisien dan berkualitas tinggi. kendaraan di dunia.

Produksi Lean/Sistem Produksi Toyota

Sebagai hasil penelitian di MIT International Motor Vehicle Program (IMVP) istilah 'lean production' diciptakan dan Holweg (2007, p. 426) menunjukkan, bahwa: "Istilah 'lean production' pertama kali digunakan oleh Krafcik pada tahun 1988, dan selanjutnya, Womack et al. tentu saja menggunakan istilah 'produksi ramping' untuk membedakan Toyota dengan sistem 'produksi massal' Barat dalam buku 'Mesin'.”

Ohno (1988) mengidentifikasi bahwa prinsip produksi massal AS tidak akan berlaku untuk industri Jepang yang berorientasi pada produksi kerajinan. Oleh karena itu, terciptalah pendekatan baru. Di industri barat, banyak mesin digunakan, dan masing-masing harus menghasilkan sejumlah besar suku cadang yang sama, karena pergantian memerlukan spesialis dan memakan banyak waktu.

Taiichi Ohno mengembangkan mesin press, di mana cetakan dimasukkan (setiap beberapa jam, bukan bulan) melalui roller dan diperbaiki dengan mekanisme cepat sederhana untuk menggunakan beberapa mesin untuk menekan dengan beberapa cetakan. Ini menghemat waktu, biaya, dan ruang. Selain itu, alih-alih menggunakan tim changeover spesialis, Taiichi Ohno menyarankan bahwa para pekerja harus mampu dan bertanggung jawab untuk menjalankan pertukaran dies; setelah upaya perbaikan terus-menerus, waktu pergantian dikurangi menjadi hanya 3 menit pada akhir tahun 1950-an. Dia juga mengidentifikasi bahwa lebih efisien biaya untuk menekan ukuran lot kecil dari suku cadang daripada menjalankan batch press dalam jumlah besar, menghasilkan (a) pengurangan persediaan yang dibawa dan (b) identifikasi langsung dari logam tekan yang rusak lembar.

Hasilnya adalah peningkatan kesadaran tentang kualitas dan identifikasi awal cacat. Itu juga menghindari sejumlah besar suku cadang yang diproduksi secara salah yang perlu diperbaiki, dikerjakan ulang atau bahkan dibuang—jika mereka mengikuti sistem produksi batch besar sesuai dengan filosofi produksi massal. Untuk lebih menyempurnakan pendekatan ini, tidak ada pekerja bodoh yang tidak manusiawi yang akan diperlukan, melainkan satu set tenaga kerja yang sangat terampil, termotivasi, dan proaktif!

Toyota juga menderita krisis keuangan ketika menjadi sasaran pendudukan Amerika pascaperang. Toyota bermaksud memberhentikan 25% dari tenaga kerja mereka, yang mengakibatkan gejolak yang mengarah pada penguatan hak-hak karyawan dan serikat pekerja

yang kuat. Kompromínya adalah bahwa tenaga kerja dikurangi seperempatnya, tetapi Presiden Kiichiro Toyoda mengundurkan diri dan pekerja yang tersisa menerima jaminan kerja seumur hidup di Toyota disertai dengan upah berdasarkan senioritas dan penerimaan pembayaran bonus. Dengan kata lain, karyawan menjadi bagian dari komunitas Toyota dengan hak untuk menggunakan fasilitas yang tersedia.

Ohno mengerti bahwa karena perjanjian ini, para pekerja bisa bertahan di Toyota seumur hidup. Toyota dan para pekerja menjadi 'satu komunitas'. Jadi dia bermaksud untuk terus meningkatkan keterampilan dan kompetensi mereka karena mereka menjadi bagian dari "aset manusia". Hal ini perlu dilihat secara kontras dengan persepsi Ford yang menggunakan pekerja sebagai “peralatan manusia” untuk melakukan satu atau dua tugas secara berulang, diawasi oleh seorang mandor, dikelola oleh insinyur industri dan seterusnya di sepanjang hierarki. Ini juga berkontribusi pada pembentukan budaya lean (Mann 2010).

Satu temuan yang mengejutkan bagi Ohno adalah bahwa dalam pendekatan Ford, mobil akan dipindahkan sepanjang jalur, bahkan ketika ada cacat, karena ini diperbaiki di area pengerjaan ulang khusus sebelum dikirim ke dealer. Kembali ke Jepang, Taiichi Ohno membentuk tim pekerja terampil, dipimpin oleh seorang pemimpin tim yang cakap.

Pemimpin tim adalah manajer dan pekerja pada saat yang sama dan juga digunakan sebagai "pelompat" untuk mengisi kekosongan rekan tim yang absen. Tim-tim ini selanjutnya bertanggung jawab secara otonom untuk banyak proses perakitan dan untuk area tertentu di pabrik, jadi katakanlah, domain kerja mereka. Mereka juga bertanggung jawab atas kontrol kualitas, pemeliharaan rumah, dan pembersihan serta melakukan perbaikan kecil. Elemen kunci dari tim adalah pengoptimalan proses yang berkelanjutan—tim berada di garis depan, sehingga mereka merasakan kesulitan dan tahu cara memperbaiki keadaan.

Kaizen

Pendekatan perbaikan terus-menerus ini disebut "Kaizen" dalam bahasa Jepang (Imai 1993). MacDuffieetal. (1996) merangkum bahwa "di bawah filosofi perbaikan terus-menerus yang mencirikan produksi ramping, masalah yang diidentifikasi melalui minimalisasi buffer dipandang sebagai peluang untuk pembelajaran organisasi". Berbeda dengan produksi massal di dunia barat, di mana kesalahan atau suku cadang yang dipasang secara tidak benar akan berpindah ke seluruh lini dan pada saat kesalahan mungkin telah diidentifikasi, banyak mobil yang rusak telah dibuat, Taiichi Ohno melakukan sesuatu yang sama sekali berbeda.

Ohno membuat penemuan lain yang sederhana namun revolusioner. Dia memasang kabel ke jalur perakitan dan pekerja didorong untuk menarik kabelnya, sehingga menghentikan seluruh jalur perakitan jika ada kesalahan yang diketahui oleh seorang pekerja (Ohno 1988). Kemudian para pekerja di komunitas mereka mencari solusi untuk masalah tersebut, yang memberi mereka banyak tanggung jawab untuk memastikan untuk melakukannya dengan benar pertama kali.

Limbah

Pengurangan Untuk mengubah prinsip lean dalam fungsi lain dari organisasi, proses seperti itu juga dapat diterapkan dalam proses non-produksi: kabel atau tanda andon[1] ada untuk menyoroti kesalahan ketika kesalahan itu muncul (Dennis 2010).

Ohno juga mencoba menilai alasan kesalahan yang terjadi dengan menanyakan “Five Whys”, yang merupakan pendekatan terstruktur untuk sampai pada apa yang disebut sebagai “akar penyebab” masalah (Ohno 1988). Awalnya jalur perakitan sangat sering berhenti, tetapi

[1] Andon adalah bahasa Jepang dan berarti “lentera” dan dengan demikian bersifat visual, seperti lampu lalu lintas yang menyoroti dalam proses produksi apa pun yang berjalan sesuai rencana (hijau OK) atau jika ada masalah/gangguan (merah¼NOK) yang memerlukan intervensi dan mitigasi segera.

semakin matang analisis kesalahan dan sikap pencegahan ini, semakin banyak tingkat kegagalan yang turun secara signifikan hingga hampir tidak ada cacat: ini adalah hasil 100% di Toyota dibandingkan dengan 90% di pabrik produksi massal. Inilah alasan mengapa di pabrik Toyota saat ini hampir tidak ada ruang yang direncanakan untuk pengerjaan ulang, karena hampir tidak ada pengerjaan ulang dibandingkan dengan pabrik produksi massal saat ini yang mencurahkan 20% dari ruang mereka untuk koreksi kualitas. Ide pengurangan limbah yang dekat juga merupakan konsep Six Sigma yang menetapkan persyaratan khusus pada manajemen dan kontrol kualitas (Chiarini 2012). Limbah, atau muda, dapat diklasifikasikan dalam dua cara.

- Tipe I Muda ditemukan dalam aktivitas yang tidak menambah nilai bagi pelanggan, tetapi diperlukan, untuk mengirimkan produk.
- Tipe II Muda ditemukan pada aktivitas yang tidak menciptakan nilai dan dapat segera dihilangkan, seperti menunggu dan transportasi yang tidak perlu.

Muda tipe 1 perlu dikurangi seminimal mungkin dan muda tipe II perlu dihilangkan. Daftar pemborosan 7 + 1 ini adalah salah satu elemen kunci dalam Lean Thinking. Womack dan Jones (2005) menyatakan bahwa pencacahan awal limbah Taiichi Ohno banyak ditemukan dalam produksi. Istilah pemborosan "tujuh tambah satu" berasal dari fakta bahwa awalnya, pemborosan diidentifikasi tujuh, tetapi kemudian menjadi jelas bahwa tidak memenuhi persyaratan pelanggan juga pemborosan, maka "7+1 ":

- *Produksi* berlebih melebihi permintaan
- *Menunggu* langkah pemrosesan selanjutnya
- *Transportasi* material yang tidak perlu (misalnya antar desa, Supplier, fasilitas, dll.)
- *Pemrosesan* suku cadang yang berlebihan karena mis. alat dan/atau desain produk yang buruk
- *Persediaan* yang melebihi apa yang dibutuhkan
- *Gerakan dan gerakan yang tidak perlu* dilakukan oleh karyawan selama melakukan pekerjaan mereka (misalnya mencari suku cadang, alat, dokumentasi, dll.)
- *Produksi suku cadang* yang rusak ditambah
- *Tidak memenuhi persyaratan pelanggan*

Baru-baru ini, ide atau pengetahuan yang terbuang telah ditambahkan ke "7+1" (Dennis 2010). Kasus Toyota dengan jelas menunjukkan bagaimana aspek struktur aliran proses, tata letak dan perencanaan pabrik serta evolusi dari kerajinan ke produksi ramping saling berhubungan. Lebih jauh lagi, telah ditunjukkan bahwa prinsip-prinsip perbaikan terus-menerus dan pemikiran dalam hal kualitas semuanya terkait erat. Ini juga telah menunjukkan keterbatasan awalnya, misalnya kebutuhan akan pandangan sistem total mengenai perusahaan ramping dan kebutuhan intensif untuk kerjasama dengan mitra SC yang terlibat (tidak peduli apakah mereka internal atau eksternal).

Untuk meringkas prinsip-prinsip produksi ramping, dapat dinyatakan bahwa lean berusaha untuk menggabungkan keuntungan dari kedua kerajinan dan produksi massal, mencoba untuk menghindari biaya unit yang tinggi dari pengerjaan dan pada saat yang sama menghindari proses yang kaku, membosankan dan tidak fleksibel. dari produksi massal. Hal ini menyebabkan kemampuan untuk mengurangi biaya per unit dan secara dramatis meningkatkan kualitas sementara pada saat yang sama mampu menyediakan produk yang lebih luas kepada pelanggan dan pekerjaan yang lebih menantang bagi staf.

Mengenai komposisi tim pekerja, produksi ramping berusaha untuk menciptakan tim fleksibel yang terdiri dari staf multi-keterampilan yang mengoperasikan mesin yang sangat fleksibel untuk menghasilkan volume produk dalam variasi tinggi. Prinsip-prinsip ini

diterapkan pada tingkatan Supplier, tetapi juga melihat integrasi dealer dan pembeli ke dalam konsep lean.

Untuk meringkas, Sistem Produksi Toyota pada prinsipnya mencakup bidang-bidang utama berikut (lihat juga Heizer dan Render 2014, hlm. 661):

1. ***Sistem Tarik:*** Suku cadang hanya diproduksi, saat dibutuhkan untuk produksi lebih lanjut. Ini adalah kebalikan dari Push-System, di mana material dimasukkan ke area produksi atau gudang. Tujuan dari prinsip tarik adalah, misalnya, untuk meningkatkan efisiensi dan untuk menghindari produksi berlebih, transportasi yang tidak perlu, dan tingkat persediaan yang terlalu tinggi.
2. ***Just in Time (JIT):*** Mengikuti Pull-System, suku cadang dan modul dikirimkan ke stasiun dalam jumlah yang tepat dan pada waktu yang tepat (jadi tepat waktu), saat dibutuhkan. Hal ini untuk menghindari, bahwa fasilitas dibanjiri dengan bahan yang tidak perlu.
3. ***Kanban:*** Kanban berarti "tanda" atau "kartu". Digunakan untuk menunjukkan bahwa sejumlah kecil komponen perlu diproduksi. Pendekatan praktis Itisa berdasarkan konsumsi bahan nyata yang memulai proses pengisian (tidak seperti perencanaan kebutuhan bahan (MRP) yang mengandaikan pengisian yang direncanakan).
4. ***Praktik Kerja Standar***: Ini adalah prosedur terdokumentasi yang disepakati untuk proses produksi. Ini untuk memastikan bahwa setiap orang mengikuti langkah dan urutan yang sama dalam penciptaan nilai. Dengan demikian, waktu per operasi akan terpenuhi dan kualitas untuk menyelesaikan pekerjaan akan sama untuk semua produk serupa.
5. ***Mesin Minimal:*** Mesin eksklusif dirancang untuk aplikasi Toyota tertentu. Mungkin juga merupakan ide yang baik untuk menggunakan mesin serba guna umum dengan adaptor tertentu untuk menyederhanakan penggunaan dan untuk memudahkan perawatan.
6. ***Menghormati Orang:*** Karyawan diperlakukan dan juga dihormati sebagai pekerja yang cakap dengan pengetahuan dan mereka diberdayakan untuk menggunakan kemampuan mereka.
7. ***Karyawan yang diberdayakan***: Karyawan memiliki tanggung jawab. Misalnya, mereka dapat menghentikan produksi dalam kasus-kasus mendesak, mungkin mengevaluasi ide-ide perbaikan dan juga secara aktif terlibat dalam lingkaran kendali mutu.
8. ***Area Kaizen***: Ini adalah area, di mana karyawan terlibat untuk memberikan saran. Selanjutnya ide atau saran tersebut diuji, didiskusikan dan dievaluasi.
9. ***Jidoka***: Mesin dilengkapi dengan perangkat bawaan untuk memantau kinerja dan untuk "membuat penilaian". Jika terjadi masalah, mesin akan mengganggu proses, itulah sebabnya Jidoka juga dianggap sebagai mesin atau otomatisasi dengan “sentuhan manusia”. Ini menghindari pemrosesan komponen yang rusak dan memungkinkan untuk menganalisis akar penyebab cacat.
10. ***Sistem Andon***: Awalnya, jika ada masalah, kabel ditarik atau lampu berkedip di stasiun. Saat ini, masalah juga ditampilkan secara terbuka di papan atau layar untuk menyoroti penyimpangan dari standar. Ini adalah bagian dari ide untuk memvisualisasikan masalah.
11. ***Jadwal tingkat***: Model di jalur perakitan dicampur untuk memenuhi permintaan pelanggan dan untuk menghindari variasi besar dalam pemuatan jalur perakitan. Pekerjaan perlu diseimbangkan atau diratakan, dengan fokus pada pemrosesan batch yang lebih kecil.

12. ***Komponen perakitan***: Suku cadang atau modul dapat ditempatkan di dalam mobil untuk akses yang lebih mudah daripada menempatkan suku cadang di rak di sebelah jalur perakitan. Modul yang lebih besar telah dirakit sebelumnya di dekat jalur perakitan utama dan kemudian diumpankan ke jalur perakitan utama ("pengumpanan jalur tulang ikan").

9.8 RANTAI SUPLAI SEDERHANA

Berpikir Lean dalam Rantai Suplai

Anker (2013) menunjukkan bahwa sebuah mobil dapat terdiri dari 25.000 bagian tunggal dan biaya bahan terkait mewakili sekitar 70% dari total biaya produksi. Sehubungan dengan harga, pelanggan membayar, akun biaya bahan berada di kisaran 50%. Tingkat suplai yang disediakan oleh pihak eksternal adalah sekitar 75%, itu berarti produksi in-house sekitar 25% (Anker 2013). Dalam kasus fasilitas produksi Smart di Hambach (Prancis), kontribusi eksternal mendekati 90%, yang menunjukkan bahwa dalam kasus itu kedalaman produksi terutama dengan Supplier dan produsen peralatan asli (OEM) menyumbang sekitar 10% .

Jika kita membandingkan ini dengan contoh-contoh yang diberikan sebelumnya, Fordini awalnya berusaha untuk 100% di Kompleks Rouge, tetapi menguranginya kembali menjadi 50% setelah Perang Dunia II. Bagi Taiichi Ohno pertanyaannya adalah bagaimana Supplier dan produsen dapat bekerja sama dengan cara yang efisien untuk bersama-sama mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas.

Proses prinsip dari desain hingga produksi dalam pendekatan Ford atau GM adalah bahwa insinyur mereka sendiri merancang suku cadang (sebelumnya dibeli secara eksternal) sepenuhnya sendiri. Kemudian cetak biru dikirim ke Supplier suku cadang potensial yang seharusnya mengajukan penawaran mereka. Setelah itu, Supplier dipilih secara prinsip berdasarkan harga, tetapi juga mempertimbangkan kualitas dan keandalan pengiriman—dengan efek samping bahwa Supplier sering beralih, ketika yang lain membuat penawaran yang lebih baik. Juga di sini orang dapat melihat perubahan pola pikir mengenai kriteria untuk memilih Supplier.

Lean SCM menyadari bahwa ada kekurangan kerjasama dari Supplier dan integrasi mereka ke dalam rantai nilai. Potensi perbaikan terus-menerus dan kontribusi mereka mengenai praktik terbaik tetap tidak dimanfaatkan dalam pendekatan produksi massal. Juga Supplier mengikuti prinsip memproduksi ukuran batch besar yang dikirim ke produsen mobil. Jika cacat ditemukan, banyak suku cadang yang rusak telah dipasang di mobil dan pada saat yang sama sejumlah besar suku cadang yang rusak (persediaan) diproduksi yang memerlukan pengerjaan ulang atau scrapping.

Lean SCM mengidentifikasi potensi Supplier yang—sebanding dengan kemampuan pengetahuan pekerja lantai toko—tidak dimanfaatkan. Oleh karena itu lean SCM mendorong Supplier untuk menyumbangkan keahlian mereka sendiri, yang berarti bahwa Toyota menetapkan persyaratan teknis yang harus dipenuhi oleh suku cadang, tetapi desain terperinci dikembangkan oleh Supplier (yang mampu mengoptimalkan komponen yang mereka tawarkan sesuai dengan manufaktur mereka sendiri) .

Kemudian, Ohno mengklasifikasikan Supplier ke dalam beberapa tingkatan. Supplier tingkat 1 adalah Supplier yang secara mandiri mengembangkan suku cadang berdasarkan persyaratan utama (misalnya parameter perlambatan, diameter, dan ukuran untuk sistem rem. Supplier membuat prototipe yang menjadi komponen serial saat mereka berhasil lulus uji fungsionalitas. Supplier tingkat 1 pada prinsipnya tidak bersaing satu sama lain, sehingga mereka secara terbuka membagikan informasi mereka di tingkat Supplier. Taiichi Ohno juga meminta agar Supplier tingkat 1 sendiri-sendiri membentuk Supplier lini kedua untuk diri

mereka sendiri sesuai dengan prinsip yang sama. Supplier fabrikasi ini pada prinsipnya spesialis manufaktur tetapi bukan ahli teknik.

Supplier lapis kedua ini dikelompokkan dan diatur dalam asosiasi Supplier non-pesaing yang juga berkontribusi untuk berbagi informasi secara terbuka di antara Supplier. Sebagai efek samping, "Toyota memutar operasi suplai internalnya menjadi perusahaan Supplier lapis pertama yang semi-independen di mana Toyota mempertahankan sebagian kecil dari ekuitas dan mengembangkan hubungan serupa dengan Supplier lain yang telah sepenuhnya independen" (Womack et al. .2007, hal.60). Toyota juga mendukung Suppliernya dengan pinjaman keuangan, tetapi juga dengan tenaga kerja dan mendorong basis Supplier untuk menawarkan produk mereka ke perusahaan dan industri lain.

Kanban

Saat ini, pemikiran Lean di SC telah sering dipertimbangkan dalam kaitannya dengan manajemen risiko SC. Telah diketahui bahwa teknik lean yang khas seperti sumber tunggal atau persediaan rendah membuat SC rapuh jika terjadi gangguan di pabrik dan Supplier karena bencana alam dan buatan manusia (lihat Bab 4, efek Ripple).

Ide selanjutnya dari lean SCM adalah penyederhanaan proses logistik dan material call-off. Pada prinsipnya, rantai yang terhubung seperti di pabrik besar harus dibuat, di mana proses produksi sebelumnya memasok bahan dalam jumlah terbatas ke langkah proses berikut setelah bahan dihentikan.

Idenya adalah untuk menggunakan wadah atau kotak yang beredar. Setiap wadah atau kotak dilengkapi dengan kartu yang menandakan perlunya wadah atau bahan lain. Kartu ini disebut “kanban”. Wadah dan kotak diisi dengan suku cadang dan kemudian dikirim ke langkah produksi berikutnya dan—ketika benar-benar kosong—dikembalikan ke asalnya dan dengan demikian bertindak sebagai tanda penghentian. Keuntungannya adalah persediaan berkurang selama SC ini. Dalam situasi yang tidak menguntungkan di mana satu kontainer membawa bagian yang rusak, seluruh sistem akan berhenti setelah bagian yang rusak terdeteksi, karena sirkulasi kotak juga akan terganggu. Intinya, lima elemen berikut sangat penting untuk SC lean.

- *Kualitas sempurna* pertama kali dicapai melalui tujuan menciptakan nol cacat, mengungkapkan dan memecahkan masalah pada sumber utamanya (misalnya lantai toko), mencapai kualitas dan produktivitas yang lebih tinggi secara bersamaan melalui kerja tim atau pemberdayaan pekerja.
- *Minimisasi limbah* dicapai dengan menghapus semua aktivitas yang tidak bernilai tambah dan dengan memanfaatkan sumber daya yang langka (misalnya modal, orang, dan ruang) secara paling efisien dan dengan menerapkan pengiriman JIT serta menghilangkan penyangga keamanan untuk pengurangan inventaris.
- *Perbaikan terus-menerus* (mengurangi biaya, meningkatkan kualitas dan meningkatkan produktivitas) dicapai melalui proses perubahan yang dinamis, pengembangan produk/proses yang simultan dan terintegrasi, takt time dan time-to-market yang cepat, keterbukaan dan berbagi informasi.
- *Fleksibilitas* dicapai melalui produksi campuran yang berbeda atau keragaman produk yang lebih besar dengan cepat, tanpa mengorbankan efisiensi pada volume produksi yang lebih rendah, melalui pengaturan dan manufaktur yang cepat dalam ukuran lot yang kecil.
- *Hubungan jangka panjang antara Supplier dan produsen utama* (perakitan, integrator sistem) dibangun melalui pembagian risiko kolaboratif, pengaturan biaya dan pengaturan berbagi informasi.

9.9 KESIMPULAN

Keputusan untuk membangun pabrik baru atau memodifikasi pabrik yang sudah ada memiliki kepentingan strategis dan perlu berkontribusi pada penciptaan keunggulan kompetitif. Peran perencanaan pabrik juga untuk mempertimbangkan keberhasilan kemitraan dengan pihak-pihak yang terlibat dalam SC dan juga bertujuan untuk manajemen operasi yang efisien. Direkomendasikan untuk mempertimbangkan pertanyaan-pertanyaan berikut dalam kegiatan perencanaan pabrik untuk menguraikan pendekatan yang berhasil untuk menempatkan fasilitas yang beroperasi dengan baik dengan struktur dan kapasitas aliran proses yang sesuai di lokasi yang tepat.

Bagaimana Merencanakan Pabrik dengan Cara Terstruktur?

Perencanaan pabrik pada umumnya berkaitan dengan investasi yang signifikan. Untuk itulah perencanaan perlu dilakukan secara terstruktur dan sistematis. Pendekatan yang salah dapat mengakibatkan kerugian modal yang sangat besar. Dengan demikian, hubungan logis antara tahap perencanaan awal fasilitas, realisasi pabrik baru atau yang disesuaikan, dan operasi selanjutnya (pabrik yang sedang berjalan) perlu dibangun. Di antara langkah-langkah yang berbeda ini, pemeriksaan tonggak yang cermat perlu dilakukan untuk mendapatkan persetujuan oleh pengambil keputusan untuk pindah ke fase berikutnya.

Opsi Berbeda Manakah yang Dapat Dipertimbangkan?

Perencanaan pabrik tidak selalu diperlukan untuk membuat fasilitas yang benar-benar baru. Merupakan bagian dari tugas umum dan rutin para perencana untuk mendesain ulang fasilitas yang ada untuk memastikan bahwa model baru dapat diproduksi di lokasi yang sudah ada. Selanjutnya, pabrik yang ada dapat diperluas karena permintaan yang meningkat. Mereka juga dapat dikurangi (atau bahkan ditutup) ketika pasar menunjukkan penurunan permintaan. Pilihan lain adalah penciptaan baru yang lengkap dari sebuah pabrik di "lapangan hijau" agar dekat dengan pasar baru atau kemitraan produksi sementara lokal mungkin juga menjadi pilihan untuk memenuhi kemungkinan persyaratan konten lokal.

Bagaimana Mendukung Proses Perencanaan Kapasitas Pabrik?

Untuk memastikan keluaran yang sesuai dari fasilitas, kebutuhan perlu diketahui atau ditaksir dengan cara yang dibuktikan, sehingga (desain dan efektif) kapasitas dapat ditentukan. Alat yang berguna untuk membantu mengidentifikasi aspek kapasitas misalnya terkait dengan penerapan Little's Law, menjalankan analisis bottleneck (teori kendala) atau menerapkan prinsip analisis titik impas yang sistematis, pohon keputusan, dan garis tunggu teori.

Apa Struktur Alur Proses Umum yang Perlu Dipertimbangkan?

Ketika kita berbicara tentang desain aliran proses, hubungan langsung dengan aspek volume permintaan dan variasi barang yang akan diproduksi perlu dibuat. Ketika produk dengan volume yang sangat rendah dan variasi yang signifikan harus diproduksi, prinsip "job shop" akan menjadi keputusan yang tepat. Jika produk perlu diproduksi dalam ukuran lot kecil, misalnya 10 truk pemadam kebakaran yang sama persis untuk pemadam kebakaran regional, 10 produk ini kemungkinan besar akan diproduksi mengikuti pendekatan “batch shop”, karena barang-barang ini diproduksi secara berkala dalam batch kecil atau banyak.

Dengan asumsi bahwa misalnya 700 mobil atau 2000 oven microwave perlu dibuat per hari, "jalur perakitan" adalah struktur aliran proses yang sesuai karena memungkinkan produksi massal barang standar mengikuti kecepatan reguler saat memindahkan barang dari stasiun kerja ke stasiun kerja. Akhirnya untuk produksi volume yang sangat besar dari produk standar seperti pil medis, botol air mineral atau gula, produksi mengikuti konsep "aliran kontinu" akan menjadi strategi pemasangan.

Bagaimana Kami Mengidentifikasi Aktivitas yang Tidak Bernilai Tambah dan Apa yang Harus Difokuskan?

Salah satu prinsip dasar dalam menjalankan operasi adalah penerapan “leanthinking”. Sesuai dengan gagasan “lean”, diperlukan pernyataan yang jelas tentang apa yang diharapkan pelanggan dan apa yang dianggap sebagai “nilai”. Oleh karena itu, aliran nilai harus dipetakan dan nilai tambah masing-masing proses non-nilai tambah harus dianalisis, sehingga upaya atau aktivitas yang tidak perlu, seperti menunggu, produksi berlebih, cacat, dll. dapat diidentifikasi. Hal ini menghasilkan identifikasi dan eliminasi dari apa yang disebut pemborosan 7 +1. Baru-baru ini juga bakat atau pengetahuan yang terbuang telah ditambahkan ke 7 + x pemborosan. Aspek lain dari "lean" adalah kelancaran proses penambahan nilai tanpa hambatan atau penyangga sesuai dengan apa yang disebut prinsip "tarik". Lean thinking juga menekankan untuk mencari kesempurnaan dengan perbaikan terus-menerus. Pertimbangan lean yang mendasar adalah rasa hormat terhadap orang lain.

Apa yang Akan Dibutuhkan untuk Masa Depan?

Selain fokus pada faktor operasional seperti desain atau penerapan prinsip-prinsip Lean, juga perkembangan pesat kecerdasan dan teknologi internet memerlukan pengakuan. Salah satu tren modern disebut Industri 4.0 yang terkait dengan revolusi industri keempat setelah pertama mekanisasi, kedua elektrifikasi dan ketiga penggunaan teknologi informasi dalam domain produksi. Menggunakan Internet ofThings, mesin dan bahan memindai pertukaran informasi yang disebut sistem cyber-fisik. Diharapkan untuk mendapatkan potensi efisiensi tambahan sekitar 30% karena kombinasi cerdas dari mesin, material dan manusia (Lemmer 2014).

Poin Diskusi

- Diskusikan dalam kelompok faktor eksternal mana yang mungkin memengaruhi perusahaan untuk mencari lokasi manufaktur atau layanan baru
- Menguraikan keuntungan dan kerugian tetapi juga jenis risiko dan peluang apa yang dapat Anda lihat ketika perusahaan secara teratur menyesuaikan jejak industri mereka
- Analisis dampak pemikiran lean pada risiko dan kerentanan SC
- Apa saja persyaratan baru bagi manusia di lingkungan produksi mengingat perkembangan menuju Industri 4.0?
- Akankah teknologi manufaktur aditif baru seperti pencetakan 3D dalam kombinasi dengan bahan ringan baru seperti komposit karbon berdampak pada desain proses dan struktur aliran di masa depan?

BAB 10
PERENCANAAN TATA LETAK

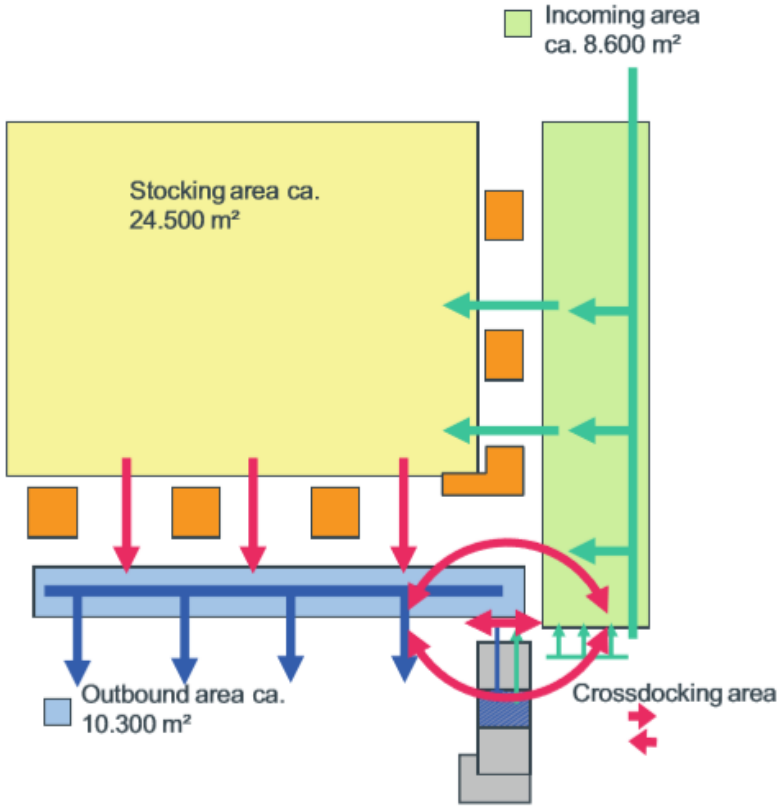
10.1 TUJUAN PEMBELAJARAN UNTUK BAB INI

- Peran perencanaan tata letak di SCOM
- Perencanaan tata letak di bidang manufaktur
- Perencanaan tata letak di gudang
- Metode perencanaan tata letak.

10.2 STUDI KASUS PENGANTAR "OTLG LUDWIGSFELDE"

Volkswagen Original Teile Logistik GmbH & Co. KG (OTLG) adalah mitra layanan untuk suku cadang Volkswagen, Volkswagen Nutzfahrzeuge, Audi, Seat, dan koda.OTLGmerupakan bagian dari tingkat penjualan grosirS dan tidak bertanggung jawab untuk penjualan dan pemasaran di Jerman. Saat ini, OTLG beroperasi di tujuh pusat distribusi di Jerman. Setelah menemukan pusat distribusi baru, perencanaan tata letak telah dilakukan sebagai berikut (Gambar 10.1).

Tata letak gudang mencakup area masuk untuk penerimaan dan pemeriksaan barang. Jika pesanan untuk barang yang dipasok sudah ada, barang akan dipindahkan melalui area cross-docking langsung ke area outbound. Jika tidak, barang-barang tersebut pertama-tama disimpan dan kemudian disimpan, dan kemudian diambil setelah pesanan diterima. Tata letak seperti itu memastikan rute transportasi terpendek dan penempatan, penyimpanan, dan pengambilan barang yang efisien dengan bantuan perangkat lunak canggih dan teknologi penanganan material otomatis. Berdasarkan studi kasus ini, jelaskan proses dan area dasar dalam tata letak logistik gudang.



Gambar 10.1 Perencanaan tata letak di OTLG di Ludwigsfelde

Perencanaan Tata Letak di Manufaktur

Dalam Bab 9, struktur aliran proses disajikan, dan menjadi jelas bahwa parameter dasar yang menentukan struktur aliran proses mana yang harus digunakan adalah volume dan variasi. Struktur aliran proses tidak menunjukkan jenis tata letak manufaktur yang terbaik, tetapi jenis tata letak terkait erat dengan proses yang diterapkan untuk membuat produk. Tata letak adalah pengaturan fisik objek dalam ruang. Tujuan mendasar yang terkait dengan hal ini adalah sebagai berikut:

- untuk membatasi jarak perjalanan antar mesin atau departemen;
- mengalokasikan departemen atau area fungsional/area produksi utama dalam pola yang wajar;
- untuk menghindari arus penyeberangan (bahan, alat transportasi, manusia, dll.);
- untuk mempersiapkan adaptasi atau ekspansi di kemudian hari.

Secara umum, ada empat tipe dasar tata letak di bidang manufaktur dan ini adalah:

- tata letak posisi tetap,
- tata letak aliran proses,
- tata letak aliran produk,
- tata letak berbasis sel.

Tata Letak Posisi Tetap

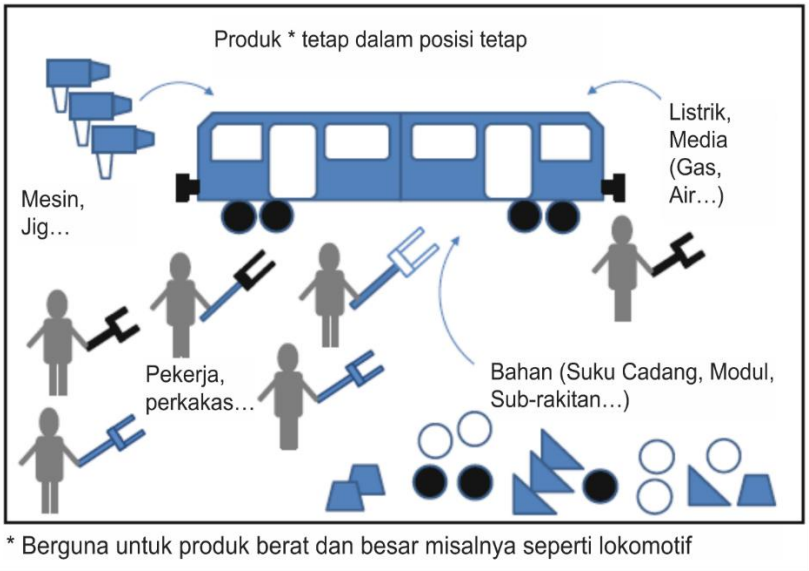
Kita mulai dengan tata letak posisi tetap. Seperti namanya, dalam jenis tata letak ini produk atau objek tetap dalam posisi tetap saat nilai ditambahkan. Bayangkan ada pekerjaan konstruksi yang sedang berlangsung di sebuah kota: semua pekerja, peralatan, mesin, dan suku cadang dibawa dan ditempatkan di lokasi di mana pekerjaan itu dilakukan. Hal yang sama juga berlaku untuk set film, di mana teknisi, aktor, kameramen, sutradara, dll. datang ke lokasi syuting film.

Sekarang kita memiliki pemahaman tentang arti tata letak posisi tetap, kita membahas lingkungan manufaktur. Pendekatan serupa dengan contoh film juga dapat diterapkan dalam operasi di mana volume barang yang diproduksi agak rendah dan di mana produk sangat berat atau besar, yaitu, sulit untuk dipindahkan. Contohnya adalah lokomotif/kereta api, pesawat terbang, atau kincir angin tenaga listrik. Dalam semua kasus ini, produk tetap berada di lokasi yang sama untuk jangka waktu yang sangat lama dan bahan harus didekatkan ke titik penciptaan nilai.

Di lantai produksi, area tertentu yang ditentukan perlu ditentukan di mana suku cadang atau komponen akan ditempatkan oleh staf logistik/pergerakan material. Jejak kaki (= area yang ditandai di lantai pabrik) perlu ditentukan di mana bahan yang diperlukan akan disangga. Para pekerja harus berjalan bolak-balik dari penyangga material ke produk untuk memindahkan material ke produk. Upaya transportasi yang sama juga berlaku untuk alat, mesin, atau media (seperti listrik, gas, atau air).

Untuk memberikan contoh praktis, bayangkan perakitan lokomotif di fasilitas pabrik. Semua bagian yang diperlukan disangga di luar, sehingga pekerja perlu mengambilnya dan membawanya ke dalam lokomotif untuk melakukan perakitan akhir, yaitu di dalam lokomotif. Seperti yang tersirat dalam contoh ini, fleksibilitas untuk mengubah urutan paket pekerjaan perakitan cukup tinggi di pengaturan tata letak posisi tetap.

Selain itu, dampak dari alat atau mesin yang rusak tidak terlalu besar, karena tata letak memberikan peluang untuk mengganti mesin dan kemudian melanjutkan pekerjaan. Pada saat yang sama, aspek gerak dan gerakan (berjalan, menunggu, mencari), atau kemungkinan tingkat persediaan buffer yang relatif tinggi adalah kelemahan dari sistem tata letak ini. Ilustrasi simbolis di bawah ini menunjukkan gerak dan gerakan media, pekerja, peralatan, dll. secara sederhana (lihat Gambar 10.2).



Gambar 10.2 Prinsip tata letak posisi tetap

Wawasan Praktis

Intinya, untuk produksi beberapa produk berat dan besar, tata letak posisi tetap adalah pilihan yang baik, karena memberikan keuntungan fleksibilitas dan kemampuan beradaptasi. Di sisi lain, kerugiannya adalah tingginya jumlah gerakan dan gerakan yang tidak perlu.

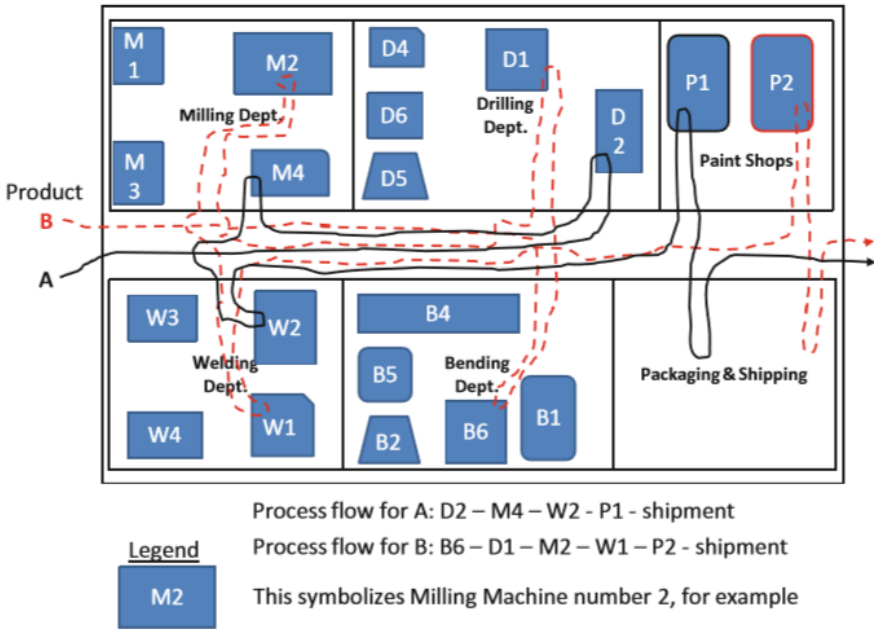
Tata Letak Aliran Proses

Dalam hal pemrosesan lebih lanjut, mis. bagian logam atau produk logam, tata letak aliran proses adalah jenis tata letak dasar lainnya. Prinsip utamanya adalah bahwa lingkungan operasional dibagi menjadi area fungsional khusus, misalnya, departemen tempat pemotongan logam, departemen lain yang mengkhususkan diri dalam pengeboran, departemen lain yang berspesialisasi dalam penggilingan, dll. Tata letak area fungsional khusus di bidang manufaktur seperti itu. sangat mirip dengan tata letak rumah sakit, di mana Anda memiliki pertolongan pertama, dokter mata, penyakit dalam, atau bangsal ahli jantung. Dalam manufaktur logam, produk 1 mungkin pertama-tama memerlukan operasi pengeboran, kemudian beberapa penggilingan, dan akhirnya beberapa pengelasan. Produk 2 mungkin pertama-tama memerlukan pembengkokan, kemudian pengeboran, penggilingan, dan kemudian pengelasan. Yang menjadi jelas adalah bahwa urutan proses yang perlu dilakukan menentukan aliran produk antar departemen. Ini juga alasan mengapa jenis tata letak ini disebut "tata letak aliran proses." Keuntungannya adalah tata letaknya cukup fleksibel, karena memungkinkan produksi sejumlah besar produk yang sangat berbeda (tentu saja mereka perlu dibuat dengan menggunakan teknologi dan mesin produksi serupa, seperti dijelaskan di atas) dalam jumlah yang relatif tinggi.

Kerugiannya adalah produksi dalam ukuran lot tertentu, upaya transportasi yang tinggi, dan bahaya memiliki jumlah aliran material yang melintasi/berlawanan yang cukup tinggi. Karena departemen pada prinsipnya terspesialisasi, beberapa mesin juga mungkin tersedia di mis. departemen pengeboran (lihat Gambar 10.3).

Tata letak aliran proses tidak terlalu rentan terhadap kerusakan mesin. Jika mesin bor 4 rusak, mungkin produk alternatif dapat diproduksi menggunakan mesin bor 5, misalnya, seperti yang digambarkan pada Gambar 10.3. Untuk memahami Gambar 10.3, berikut penjelasan singkat mengenai kasus hipotetis di atas. Produk A diproses terlebih dahulu pada

mesin bor D2, kemudian dipindahkan ke mesin milling M4, kemudian dilas pada W2. Setelah ini, produk dicat di toko cat P1. Akhirnya, pengemasan dan persiapan pengiriman berlangsung. Selanjutnya atau mungkin secara bersamaan, produk B dipindahkan melalui fasilitas tersebut, dan diproses pada mesin B6, D1, M2, W1, dan P2. Seperti yang ditunjukkan di atas, produk A dan B mengalir melalui departemen manufaktur sesuai dengan langkah-langkah proses yang relevan. Seperti diilustrasikan pada Gambar 10.3, aliran mungkin menjadi hampir kacau. Ini disebut sebagai "aliran spageti yang diilustrasikan sebagai diagram spageti" dalam terminologi pemikiran ramping.



Gambar 10.3 Prinsip proses flow layout

Wawasan Praktis

Pada dasarnya, untuk produksi ratusan atau ribuan bagian (logam) yang serupa, tata letak aliran proses adalah pilihan yang baik, karena memberikan keunggulan fleksibilitas, kegunaan umum, dan memiliki tingkat kerentanan yang relatif rendah. Kerugiannya adalah tingginya jumlah gerakan dan gerakan yang tidak perlu dan aliran material yang melintasi.

Tata Letak Aliran Proses: Tampilan Praktis

Gambar 10.4 menunjukkan ruang pabrik tempat pusat mesin untuk pembuatan break disk berteknologi tinggi dipasang. Minimalkan jarak transportasi antara mesin adalah prinsip dasar dari perencanaan tata letak. Alokasi mesin memastikan aliran untuk kinerja serangkaian proses khusus. Dalam kasus khusus ini, aliran terstruktur dengan cara berikut: pembubutan—penggilingan—pengeboran. Pengujian non-destruktif juga merupakan salah satu proses yang dapat dilakukan bersamaan dengan penghilangan burr dalam proses atau penyeimbangan break disk.

"Fleksibilitas tinggi" adalah kriteria utama untuk desain tata letak ini. Proses produksi yang dilakukan pada beberapa mesin mengharuskan objek dipindahkan dari satu pusat mesin ke pusat lainnya. Hal ini dapat diimplementasikan pada layout yang dikembangkan. Pada prinsipnya, semua aliran produk sesuai dengan proses produksi adalah mungkin.



Gambar 10.4 Pusat mesin untuk pembubutan, penggilingan, dan pengeboran (# Knorr-Bremse Berlin SfS GmbH)

Gambar 10.4 menggambarkan prinsip lean utama. Misalnya, papan visualisasi yang menunjukkan ketersediaan bahan, grafik Pareto pada KPI kualitas, lembar periksa atau grafik yang menunjukkan kepatuhan terhadap kemajuan produksi ditempatkan di lantai toko. Tujuannya adalah untuk mendapatkan transparansi mengenai kemajuan produksi yang direncanakan dan aktual, untuk menghormati prinsip-prinsip 5S (*sort, systemize, sweep, standardize, sustain*—dalam bahasa Jepang seiri, seiton, seiso, seiketsu dan shitsuke) dan untuk mengamankan TPM (*Total Productive Maintenance*). Lebih jauh lagi, kode warna standar dengan jelas menunjukkan jejak untuk bahan mentah dan barang jadi.

Disk pecah diproduksi dalam ukuran lot (batch) tertentu (lihat juga Bab 13) dan tergantung pada kapasitas penyimpanan rak di lantai toko yang menentukan ukuran batch masing-masing. Misalnya, jika kapasitas penyimpanan rak sama dengan 20 unit, ukuran batch 30 unit tidak mungkin. Pengaturan area manufaktur pada Gambar 10.4 sangat fleksibel. Ini memungkinkan untuk menerapkan pola aliran alternatif sesuai dengan proses yang diperlukan untuk pembuatan produk masing-masing. Ini adalah contoh yang sangat baik dari "tata letak aliran proses."

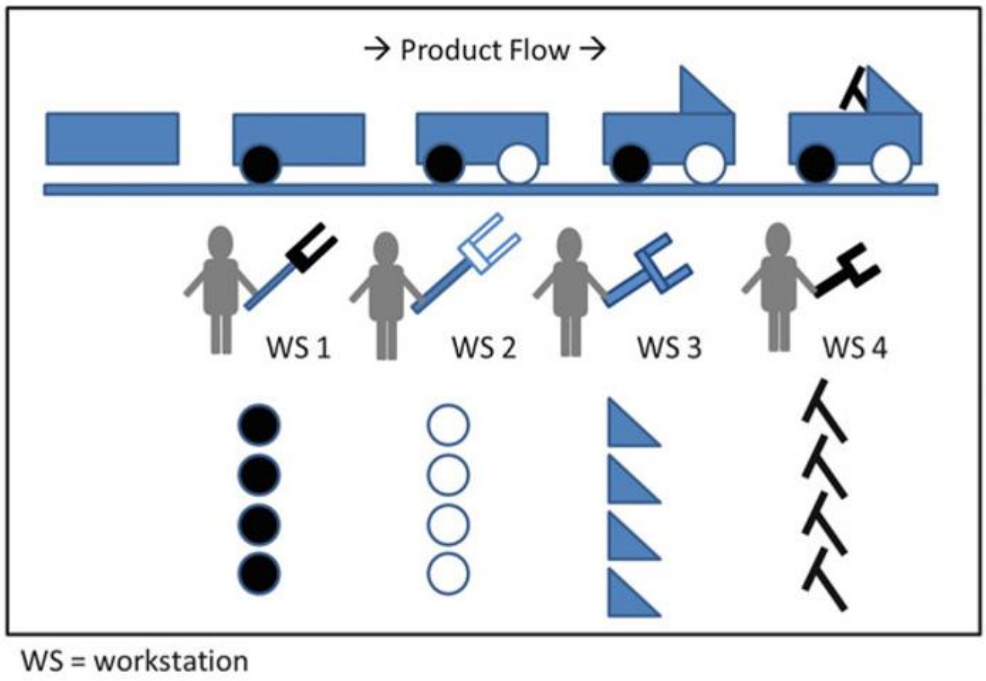
Tata Letak Aliran Produk

Ide kunci dari jenis tata letak ini adalah bahwa produk yang dibuat bergerak melalui serangkaian stasiun kerja yang dirancang dan dilengkapi secara khusus. Bisa jadi produk akan dipindahkan dengan sistem konveyor (seperti jalur perakitan untuk produksi mobil atau peralatan rumah tangga), tetapi bisa juga produk dipindahkan melalui stasiun kerja yang ditentukan secara manual (misalnya produksi kotak konverter untuk industri kereta api).
Biasanya, jenis tata letak ini dipertimbangkan ketika jumlah produk yang sangat mirip diproduksi dalam jumlah yang sangat tinggi, misalnya 1000 mobil per hari. Penting untuk tata

letak aliran produk yang berfungsi dengan baik bahwa produk bergerak melalui fasilitas dengan kecepatan yang sama (lihat Gambar 10.5).

Misalnya, mungkin produk bergerak dengan irama (atau kecepatan) mis. 90 detik dari stasiun kerja ke stasiun kerja. Pada prinsipnya, stasiun yang berbeda dilengkapi dengan semua mesin dan media yang diperlukan, dan bahan yang diperlukan untuk dipasang ke produk di stasiun itu juga disangga di stasiun. Ini berarti setiap stasiun dirancang untuk tujuan khusus. Jika Anda berpikir tentang perakitan mobil, Anda memiliki stasiun awal di mana kabel harness ditempatkan di mobil, setelah itu karpet dipasang, diikuti oleh kursi, dan seterusnya.

Urutan itu penting, tetapi begitu juga durasi pekerjaan yang perlu dilakukan, serta teknologi pendukung dan ruang yang diperlukan untuk material yang dibutuhkan di masing-masing stasiun. Sehubungan dengan logistik dan penempatan bahan, jumlah pasti suku cadang perlu diidentifikasi sebelum merencanakan tata letak karena mereka harus disangga tepat di sebelah stasiun perakitan di lini, sehingga semuanya (produk, suku cadang untuk dipasang, alat, dan media) mudah dijangkau. Parameter, suku cadang, proses, alat, media, dll. ini memiliki pengaruh signifikan terkait dimensi tata letak.



Gambar 10.5 Prinsip tata letak aliran produk

Tata letak aliran produk juga dapat diterapkan pada pembuatan peralatan rumah tangga seperti mesin cuci, lemari es, atau oven microwave, atau untuk sepatu olahraga, dll., dan volume produksi perlu membenarkan pengaturan khusus dari tempat kerja dan perkakas yang diperlukan. Keuntungannya adalah bahwa produk dapat dirakit dengan cara yang sangat efisien: aliran produk memanjang dan waktunya sangat seimbang, sesuai dengan kecepatan (kecepatan detak) yang ditentukan dari produk yang bergerak melalui fasilitas produksi dalam mode aliran tunggal satu bagian. rusak, atau ketika mesin atau alat rusak, aliran produk akan terganggu. Sementara tata letak menghasilkan efisiensi tinggi, itu juga sangat rentan.

Wawasan Praktis

Intinya, untuk produksi ribuan produk serupa (seperti mobil atau peralatan rumah tangga) per hari, tata letak aliran produk mungkin merupakan pilihan yang baik, karena memberikan keuntungan efisiensi dan aliran lancar pada kecepatan tertentu di sepanjang yang ditentukan secara khusus, stasiun kerja yang dirancang, dan dilengkapi secara teknis. Produk mengalir di atas stasiun kerja ini pada waktu siklus yang konstan.

Kerugiannya adalah kemungkinan gangguan atau penghentian yang tinggi jika terjadi bagian yang hilang atau mesin yang rusak.

Tata Letak Aliran Produk: Tampilan Praktis

Di area bisnis purna jual dan layanan padat karya dengan volume produksi yang agak rendah dan variasi yang tinggi, tata letak manufaktur dasar dengan tata letak aliran produk yang stabil dikombinasikan dengan prinsip lean juga dapat diterapkan (lihat Gambar 10.6). Dalam kasus khusus ini, sistem pemutus yang digunakan diperbaiki di area khusus pabrik. Meskipun tidak ada ban berjalan, prinsip-prinsip jalur perakitan umum (lihat Bab 9) diterapkan ketika tata letak dirancang.

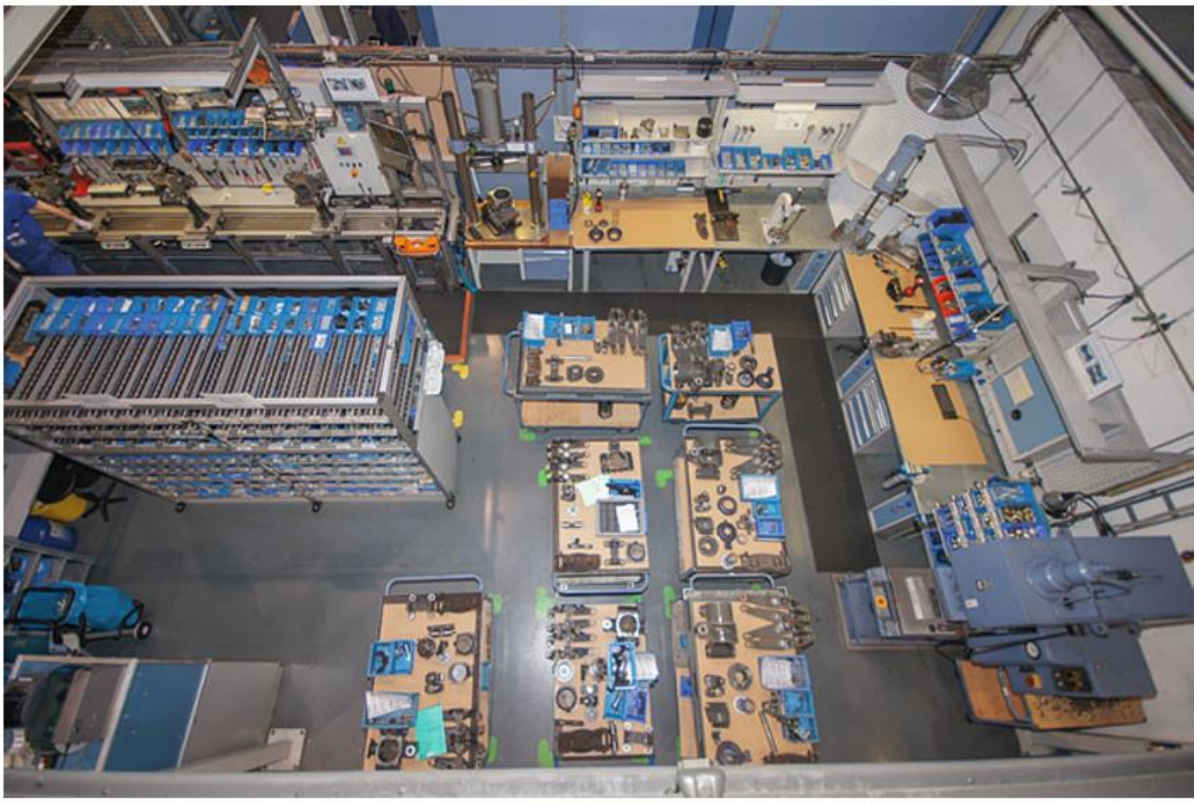
Gambar 10.6 menggambarkan perakitan akhir dari sistem pemutus yang diperbaharui saat produk bergerak melalui serangkaian stasiun kerja yang dirancang khusus mengikuti pengaturan waktu yang tetap. Ini juga disebut waktu takt (lihat juga Bab 9), yang "adalah tingkat (waktu per unit) di mana sistem harus menghasilkan produk untuk memenuhi permintaan pelanggan eksternal" (Martin 2007).



Gambar 10.6 Produk—*flowlayout*/jalur perakitan untuk proses perbaikan[tampilan depan](# KnorrBremse Berlin SfS GmbH)

Sebelum perakitan akhir, sistem istirahat yang digunakan yang diterima diperiksa dalam proses penerimaan barang awal. Setelah ini, pembongkaran dan pembersihan sistem yang diterima dilakukan (Gambar 10.7). Set suku cadang baru dan bahan rakitan lain yang telah dipasang sebelumnya disediakan ke jalur perakitan bersama dengan komponen yang dibersihkan dan dibongkar pada troli.

Media visual dan jejak kaki di lantai menandai posisi masing-masing troli, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.7. Selain itu, alat dan jig ditempatkan dalam jangkauan yang mudah dijangkau dengan menghormati filosofi titik terbaik untuk tempat kerja yang ergonomis. Gambar 10.7 dengan jelas menunjukkan bahwa untuk seri yang lebih kecil dengan upaya manual yang tinggi, prinsip dasar "tata letak aliran produk" dapat diterapkan secara efektif.



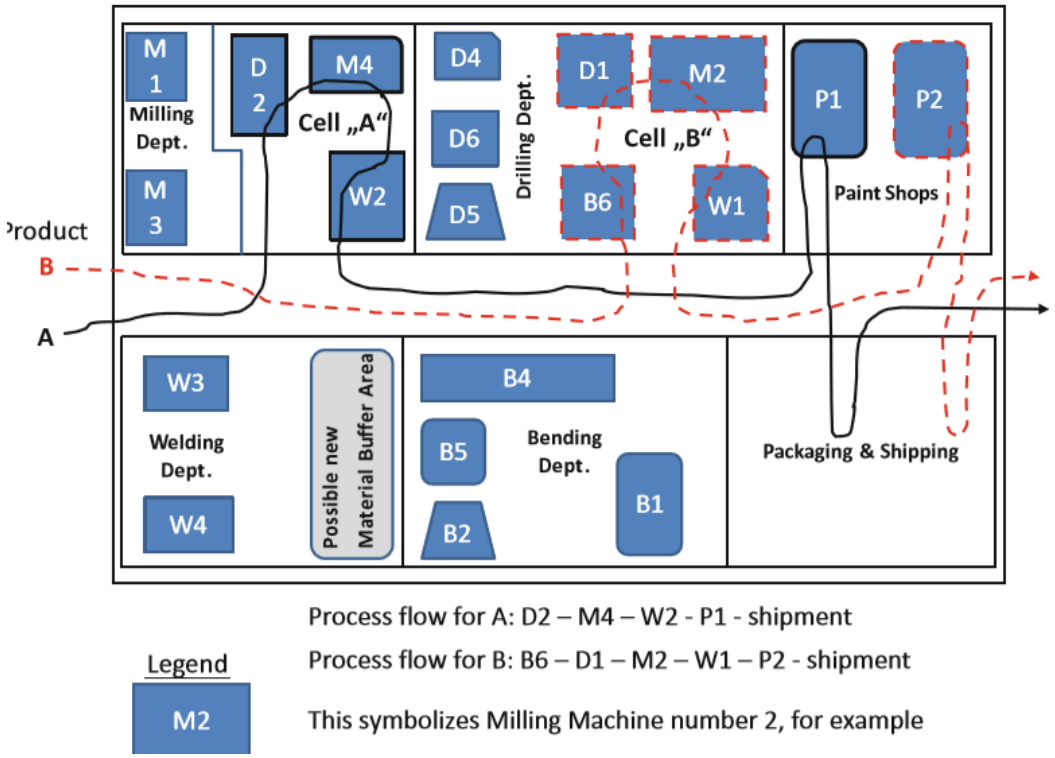
Gambar 10.7 Produk—tata letak aliran/jalur perakitan untuk proses perbaikan [tampilan atas] (# KnorrBremse Berlin SfS GmbH)

Tata Letak Berbasis Sel

Dalam hal tata letak berbasis sel, keuntungan dari tata letak aliran produk (aliran halus) dan tata letak aliran proses (fleksibilitas) digabungkan. Jenis tata letak ini disebut juga dengan tata letak hibrid atau disebut sebagai pengelompokan teknologi. Ide utamanya adalah untuk mengelompokkan mesin, peralatan, dan peralatan yang dibutuhkan dalam urutan yang tepat dari langkah-langkah produksi sehingga tidak akan ada persilangan material dan jarak transportasi yang diminimalkan.

Dalam kasus seperti itu, produk dibuat dengan bergerak melalui sel. Kemungkinan besar, palet dengan produk dalam produksi (barang setengah jadi) dipindahkan dari satu mesin ke mesin lain secara manual, yaitu dalam banyak kasus akan ada batch produk yang diproduksi per mesin, dan ketika selesai pada mesin tertentu, lot dipindahkan ke mesin atau stasiun berikutnya (lihat Gambar 10.8).

Dalam kebanyakan kasus ini bukan aliran satu bagian, tetapi paling sering aliran batch. Meskipun tidak efisien, masih akan ada aliran yang lancar. Berlawanan dengan jalur perakitan nyata, penyelarasan mesin di dalam sel lebih murah, dan dengan upaya yang wajar, sel dapat diatur ulang untuk membuat produk lain.



Gambar 10.8 Prinsip tata letak berbasis sel

Gambar 10.8 menunjukkan produk A dan B dan urutan produksinya seperti yang diperkenalkan untuk tata letak aliran proses. Ilustrasi berikut mempertimbangkan generasi dua sel. Satu untuk pembuatan produk A dan yang kedua untuk produk B. Seperti yang dapat dilihat, aliran produk menjadi hampir satu arah dan persilangan aliran material berkurang secara signifikan karena penataan ulang mesin yang diperlukan.

Wawasan Praktis

Harap dicatat bahwa untuk beberapa pemesinan, seperti pengelasan, sistem pembuangan pembuangan mungkin diperlukan. Kendala ruang atau koneksi media tertentu perlu dinilai dalam hal ini. Intinya, untuk produksi produk serupa (seperti chip komputer, sub-rakitan, lampu, dll.), tata letak berbasis sel adalah pilihan yang baik, karena memberikan keunggulan tata letak aliran produk yang mulus dan fleksibilitas tata letak aliran proses.

Tata Letak Berbasis Sel: Tampilan Praktis

Pada Gambar.10.9, perakitan katup pada tata letak berbasis sel digambarkan. Tata letak yang dikembangkan mempertimbangkan aliran satu bagian-tunggal yang seimbang yang berjalan dengan cara berlawanan arah jarum jam. Proses operasional dimulai di sisi kiri atas. Dapat diamati bahwa sel memiliki "bentuk U" yang khas. Setelah produk bergerak melalui sel dan mencapai titik kanan atas, semua langkah produksi yang diperlukan diselesaikan dan serah terima ke departemen inspeksi dilakukan.

Desain tata letak yang diterapkan secara ketat memisahkan operator dan lingkungan kerja bernilai tambah mereka di dalam bentuk U yang sangat terang dari proses pengisian bahan yang berlangsung di luar sel. Para pekerja melanjutkan pekerjaan mereka di tengah sel sementara bahan baru dimasukkan ke dalam sel dan tempat sampah yang kosong dikumpulkan dari luar. Ini memastikan operasi bebas gangguan di sisi proses dan ketersediaan material yang diamankan.



Gambar 10.9 Perakitan katup dalam sel (# Knorr-Bremse Berlin SfS GmbH)

Semua alat, mesin, dan material dapat dengan mudah dijangkau. Kriteria ergonomis ramping, lokasi dan posisi titik terbaik yang dapat disesuaikan, serta prinsip 5S, juga telah dipertimbangkan dalam pembuatan tata letak berbasis sel. Selanjutnya, layar menunjukkan petunjuk pengoperasian standar. Torsi mesin dan penggunaan pelumas secara otomatis diawasi untuk mengamankan nol cacat di semua langkah produksi.

Konsep seperti itu menghilangkan waktu yang tidak menambah nilai, mengamankan output dengan kualitas terbaik sementara proses operasi seimbang dan dilakukan dengan cara yang paling ergonomis pada saat yang bersamaan. Area manufaktur yang ditunjukkan pada Gambar 10.9 adalah contoh yang sangat baik dari "tata letak berbasis sel."

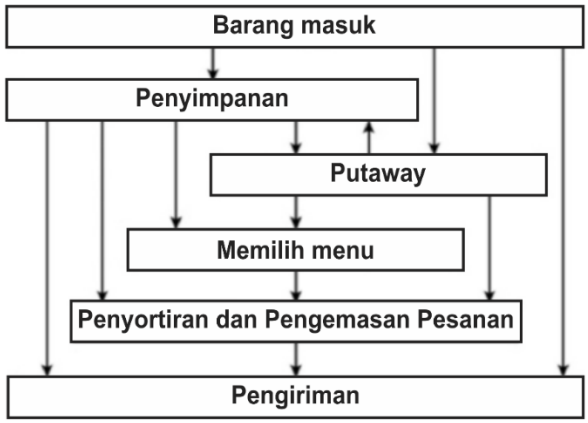
Perencanaan Tata Letak di Gudang

Proses di gudang dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Otomatisasi tidak selalu merupakan pilihan terbaik. Otomatisasi membutuhkan investasi dalam perangkat lunak. Organisasi proses manual dapat menjadi pilihan yang lebih fleksibel. Namun, otomatisasi dapat membantu meningkatkan efisiensi dan mengurangi waktu tunggu. Proses gudang dasar direpresentasikan pada Gambar 10.10. Pertimbangkan proses ini secara rinci.

Area Masuk

Setelah penerimaan dan pengendalian barang di area masuk, barang dapat dipindahkan ke penyimpanan atau langsung ke area keluar jika, misalnya, pesanan pelanggan sudah ada, atau karena prinsip cross-docking yang berarti penggabungan dalam transit dari

tempat sampah masuk yang berbeda ke beberapa tempat sampah keluar tanpa penyimpanan perantara.



Gambar 10.10 Proses gudang

Tabel 10.1 Kelebihan dan kekurangan strategi penyimpanan

Strategi	Keuntungan	Kekurangan	Aplikasi
Penyimpanan khusus	Posisi item sudah diketahui dengan pasti	Pemanfaatan kapasitas rendah	Gudang suku cadang Fluktuasi Tenaga Kerja
Penyimpanan cluster/penyimpanan berbasis kelas	Peningkatan produktivitas Pengurangan transportasi	Penurunan utilisasi kapasitas	Gudang ritel
Penyimpanan acak	Pemanfaatan kapasitas tinggi	Kontrol kompleksitas; investasi di bidang TI	Gudang otomatis tingkat tinggi

Dalam banyak kasus, pengembalian juga diproses di area masuk. Misalnya, di gudang pengecer *E-Commerce*, tingkat pengembalian bisa mencapai 70% dari penjualan.

Area penyimpanan

Selanjutnya, di area penyimpanan, beberapa strategi penyimpanan dapat diterapkan:

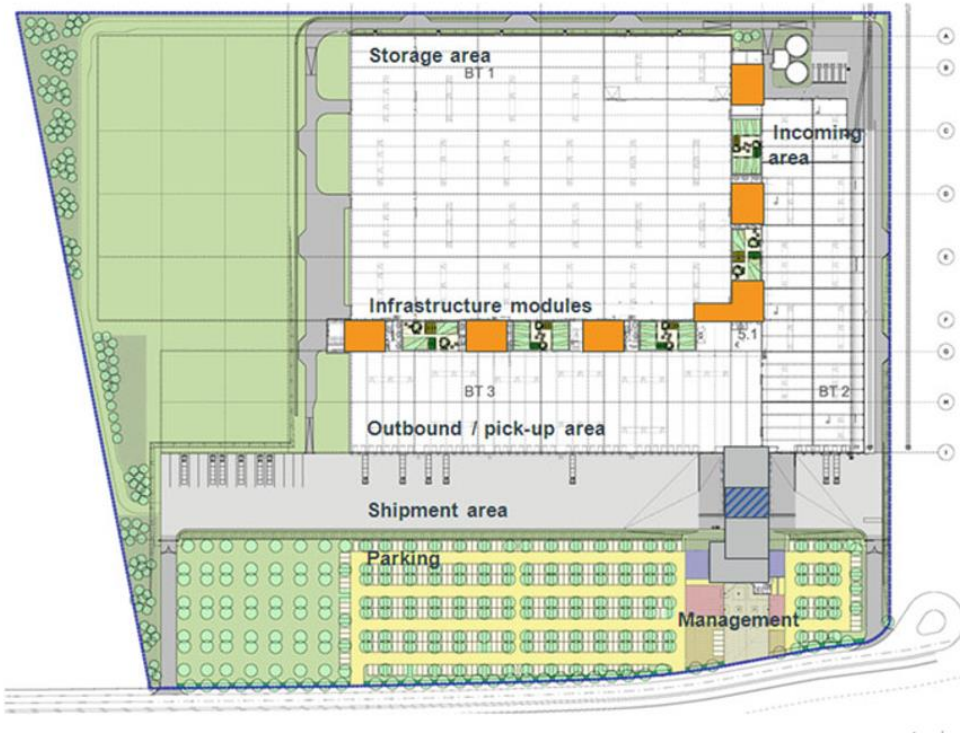
- penyimpanan khusus
- penyimpanan cluster dan penyimpanan berbasis kelas
- penyimpanan acak.

Dalam penyimpanan khusus, setiap item ditempatkan secara tepat ke tempat penyimpanan yang telah ditentukan. Penyimpanan cluster menganggap membangun beberapa zona untuk item dengan fitur umum, misalnya, item yang sering dipesan bersama; atau barang dari Supplier yang sama. Penyimpanan berbasis kelas berarti bahwa item disimpan berdasarkan klasifikasi ABC (lihat Bab 13). Dalam penyimpanan acak, kebijakan gudang kacau diterapkan. Kelebihan dan kekurangan masing-masing strategi dirangkum dalam Tabel 10.1.

Ambil dan Pesan Pick-Up

FIFO (*first-in-first-out*) dan LIFO (*last-in-first-out*) adalah dua strategi dasar untuk organisasi put-away. Dua strategi pengambilan pesanan adalah "*man-to-goods*" dan "*goods-to-man*." Dalam strategi "*man-to-goods*", ada beberapa opsi untuk memilih: Daftar *pick-up* tercetak, Pesan elektronik, *Pick by Light, Pick by Voice*. Perlu dicatat bahwa meskipun

teknologi baru seperti *pick by voice* menghadirkan keunggulan, banyak manajer logistik menganggapnya memiliki kekurangan dari sudut pandang ergonomis.



Gambar 10.11 Tata letak gudang berbentuk L

1.3 KONSEP TATA LETAK

Dua konsep tata letak, lugas dan berbentuk L, dapat dibedakan satu sama lain. Dalam studi kasus pendahuluan, kami mempertimbangkan pusat distribusi OTLG. Perusahaan ini menerapkan tata letak berbentuk L. Pada Gambar 10.11, tata letak gudang OTLG berbentuk L disajikan.

Perhatikan contoh lain, perusahaan REWE, yang aktif di industri ritel makanan. Khusus untuk industri ritel makanan adalah waktu pemrosesan yang cepat untuk barang-barang segar. Inilah mengapa tata letak langsung dipilih (Gambar 10.12).

Menurut tata letak ini, gudang dibagi menjadi empat zona suhu: bermacam-macam kering, area buah-buahan dan sayuran, area daging segar (0 C), dan area *deep-freeze* (24 C). Pekerjaan di area *deep-freeze* sangat sulit karena di musim panas perbedaan antara suhu luar dan dalam bisa lebih dari 60 C.

Truk dari Supplier tiba di gerbang dan diturunkan. Palet (kebanyakan palet plastik untuk alasan kebersihan dan berat) dipindahkan ke area penyimpanan. Prinsip penyimpanan acak diterapkan pada penempatan palet di rak. Dengan bantuan truk pengangkat, palet diambil dan dikirim ke area *outbond*. Pallet plastik digunakan untuk mempermudah penanganan di toko karena beratnya hanya 6kg. Selain itu, barang yang lebih berat biasanya diletakkan di bagian bawah palet, sedangkan barang yang lebih ringan diletakkan di bagian atas. Gudang beroperasi dari Minggu 4:00 sampai Sabtu 6:00 sore. Karena permintaan terus meningkat, otomatisasi dapat mengurangi waktu tunggu dan menyesuaikan kapasitas proses.



Gambar 10.12 a
Ket :
1. Area Outbound
2. Area Kedatangan
3. Area Gudang



Gambar 10.12 b
Ket. :
1. Area Pendinginan dan pembekuan
2. Area Makanan Segar
3. Area Buah dan Sayur
4. Area Pembuangan dan Propersti sekali pakai
5. Area Pengeringan

Gambar 10.12 Bentuk tata letak gudang yang lugas

Sekitar 380 karyawan memastikan pengisian ulang supermarket REWE dengan sekitar 11.000 SKU (Stock Keeping Units). Seratus truk mengirimkan produk ke 330 supermarket setiap hari. Ini berarti optimalisasi 240 rute setiap hari. Dengan bantuan perangkat lunak modern yang menggunakan metodologi ilmiah untuk perutean kendaraan dan teknologi

informasi navigasi yang canggih, utilisasi kapasitas truk mencapai 95%. Pada paruh pertama 2012, 35 juta barang masuk, yang tiba di 958.398 rupiah-pallet, diproses di area masuk. Tiga puluh enam juta item barang dikirim ke pasar. Persediaan rata-rata di gudang bernilai sekitar 30,6 juta rupiah. Perputaran persediaan untuk bermacam-macam kering adalah sekitar 12; untuk daging segar—2100 (rata-rata, satu paket daging segar diproses di gudang dalam waktu 4 jam).

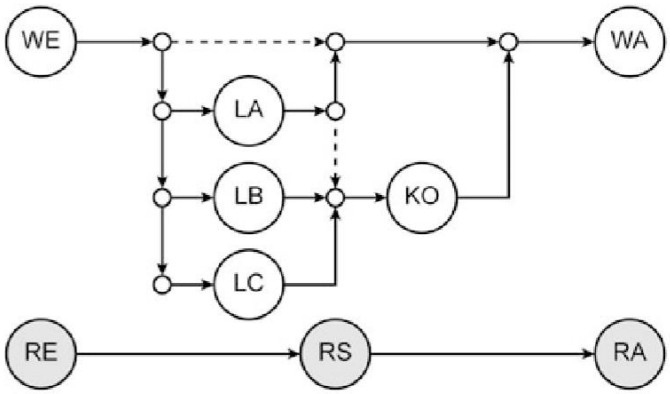
Metode Perencanaan Tata Letak

Metode perencanaan tata letak dapat dibagi menjadi kualitatif dan kuantitatif. Dalam bab ini, kami mempertimbangkan metode kualitatif "bagan REL" dan metode kuantitatif "masalah penugasan kuadrat."

10.4 REL-CHARTS

Pernyataan masalah

REL adalah singkatan dari hubungan. Dengan bantuan bagan ini, aktivitas diilustrasikan menurut hubungannya (bagan hubungan aktivitas, ARC). Sekarang mari kita pertimbangkan masalah khusus. Tata letak untuk gudang ritel harus dikembangkan dengan pertimbangan kedekatan yang diinginkan/tidak diinginkan dari beberapa area. Prosesnya disajikan pada Gambar 10.13.



Gambar 10.13 Proses gudang

Notasi berikut digunakan:

- WE—area masuk dan inspeksi
- LA, LB, LC—area penyimpanan untuk -item, -item, dan -item masing-masing
- WA—area pengiriman
- KO—area penjemputan
- RE—area penerimaan untuk pengembalian
- RS—area penyimpanan untuk pengembalian
- RA—area pengiriman untuk pengembalian

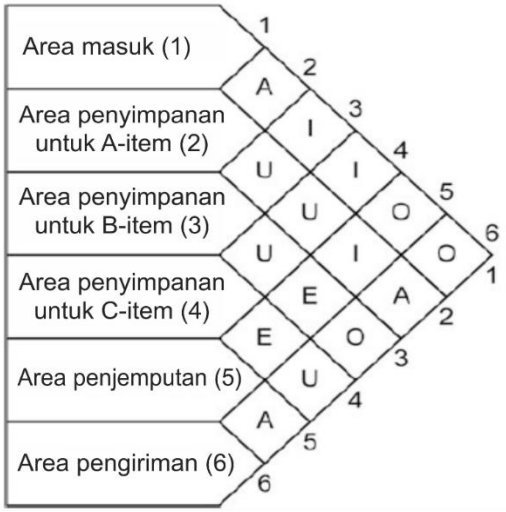
Metode Solusi

Metode *REL-chart* didasarkan pada identifikasi hubungan kedekatan yang diinginkan/tidak diinginkan untuk setiap pasangan area gudang. Identifikasi ini bersifat subjektif dan berdasarkan perkiraan ahli. Dalam kasus kami, bagan REL berikut dapat dikembangkan (Gambar 10.14). Notasi berikut digunakan:

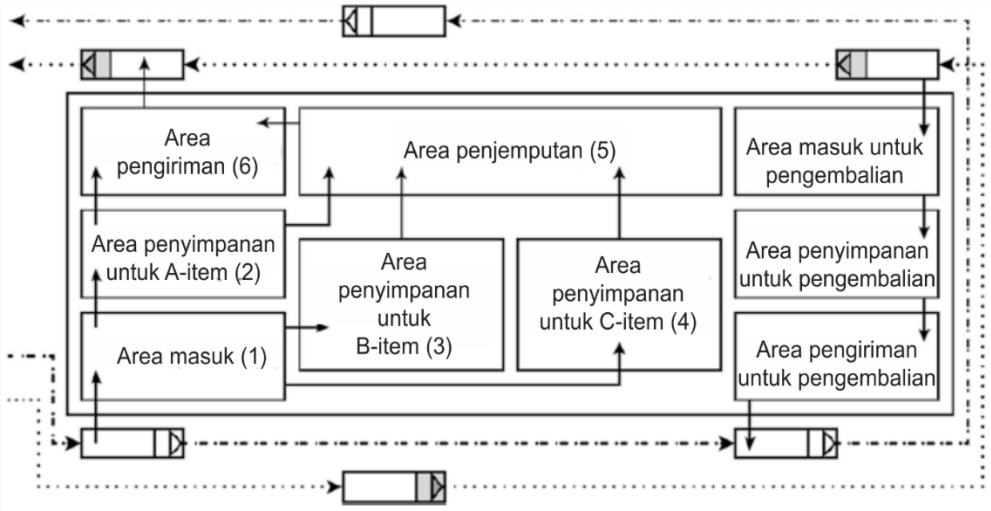
- A - kedekatan mutlak wajib
- E - kedekatan sangat diinginkan
- I - kedekatan itu penting
- O - kedekatan dimungkinkan

- U - kedekatan tidak diinginkan

Misalnya, hubungan antara area penjemputan dan area pengiriman diatur sebagai "A" karena area ini ditempatkan berdekatan satu sama lain sesuai dengan aliran proses pada Gambar 10.10. Dengan mempertimbangkan aliran proses dari pernyataan masalah dan matriks REL yang dikembangkan, tata letak berikut dapat disarankan (Gambar 10.15). Perhatikan bahwa karena *REL-chart* adalah estimasi ahli berdasarkan metode kualitatif, solusi yang disarankan hanyalah satu opsi yang memungkinkan.



Gambar 10.14 Matriks REL-chart

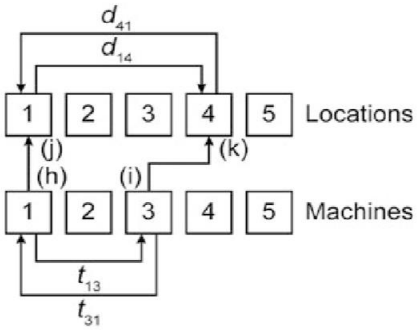


Gambar 10.15 Tata letak gudang

10.5 SOAL PENUGASAN KUADRAT

Pernyataan Masalah

Beberapa mesin harus ditugaskan ke beberapa lokasi yang tersedia. Untuk setiap pasangan lokasi, jarak diketahui. Demikian pula, untuk setiap pasangan fasilitas aliran material ditentukan (Gambar 10.16). Tetapkan mesin ke lokasi sehingga total biaya transportasi diminimalkan.



Gambar 10.16 Pernyataan masalah untuk masalah penugasan

Model

Perhatikan notasi berikut sesuai dengan Gambar 10.16.

M = {Mj, j, k ∈ M, j, k = (1,...M)} adalah himpunan lokasi.

N = {Nh, h, i ∈ N, h, i = (1,...N)} adalah sekumpulan mesin.

$d_{j,k}$ adalah jarak antara dua lokasi.

$t_{h,i}$ adalah intensitas aliran material antara dua mesin.

Asumsikan bahwa biaya transportasi linier dan oleh karena itu sebanding dengan $d_{j,k}$ x $t_{h,i}$ untuk penugasan h→j dan I→k. Kami memperkenalkan variabel bantu xhj yang sama dengan 1 jika h-mesin ditugaskan ke lokasi-j dan xhj=0 sebaliknya. Kemudian model dapat didefinisikan dengan cara berikut:

Fungsi objektif

$$F(x) = \sum_{h=1}^{p} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq h}}^{p} \sum_{j=1}^{p} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^{p} t_{hi} c d_{jk} c x_{hj} c x_{ik} \Rightarrow Menit!$$

Kendala

$$\sum_{j=1}^{p} x_{hj} = 1 \sum_{h=1}^{0} x_{hj} = 1$$

$$x_{hj} \in \{0, 1\}$$

Batasan (10.2) menentukan bahwa setiap mesin harus ditugaskan hanya ke satu lokasi. Batasan (10.3) menyatakan bahwa variabel tambahan xhj adalah variabel Boolean. Pada kenyataannya, kendala tambahan yang bersifat teknologi dan teknis mungkin ada yang sulit untuk diformalkan.

Analisis Model dan Metode Solusi

Model (10.1,10.2 dan 10.3) merupakan model pemrograman bilangan bulat linier. Kelas model seperti itu adalah NP-hard. Ini berarti solusi optimal untuk ukuran masalah yang masuk akal dan dalam waktu yang wajar sulit diperoleh dengan bantuan metode klasik untuk memecahkan masalah tersebut (misalnya, cabang & terikat). Inilah sebabnya mengapa heuristik yang berbeda digunakan dalam praktik untuk solusi semacam itu.

10.6 SIMULASI

PEMODELAN OPERASI DI GUDANG DISTRIBUSI FARMASI DENGAN ANYLOGIC

Deskripsi Masalah

Cardinal Health, perusahaan distribusi dan logistik farmasi bernilai miliaran dolar, mengelola banyak produk, mulai dari obat-obatan bermerek dan obat generik hingga obat bebas, barang kesehatan dan kecantikan, serta label pribadi mereka sendiri. Mereka menghadapi banyak tantangan gudang distribusi tipikal yang semakin diperumit oleh sifat

produk farmasi, yang ukurannya lebih kecil, dapat dikonsumsi, mahal, dan mungkin sangat penting bagi kehidupan. Cardinal Health adalah penghubung penting dalam SC perawatan kesehatan, menawarkan pengiriman hari berikutnya lebih dari 30.000 lokasi termasuk rumah sakit, apotek ritel, kantor dokter, dan langsung ke konsumen.

Layanan nilai tambah lainnya termasuk efisiensi dan manajemen permintaan, manajemen modal kerja, dan manajemen kredit kontrak. Layanan ini bersama dengan keandalan manufaktur yang buruk dan gangguan suplai di pasar karena peraturan *Food and Drug Administration* (FDA) dan *Disability Discrimination Act* (DDA) menambah kompleksitas pengambilan keputusan. Kardinal Health harus mengikuti variabilitas dalam manajemen distribusi farmasi. Cardinal Health harus mempertimbangkan tata letak fasilitas, aliran produk, pengambilan pesanan, perencanaan dan penjadwalan tenaga kerja, persyaratan pesanan pelanggan, dan manajemen operasi sehari-hari.

Pengembangan Solusi

ABM mewakili abstraksi entitas otonom terdistribusi yang dapat berinteraksi satu sama lain dan lingkungannya melalui ruang dan waktu, memungkinkan Cardinal Health untuk menangkap alokasi waktu kerja, waktu tunggu kemacetan, waktu siklus, jarak tempuh, variabilitas pekerja, dan metrik penting lainnya.

Menguji Solusinya

Model yang dibangun pada akhirnya berkaitan dengan aktivitas karyawan dan interaksi mereka satu sama lain sepanjang hari, sehingga perlu mengimpor data seperti memilih waktu dan standar kinerja ke dalam model.

Menganalisis Hasil

Cardinal Health dapat mengumpulkan data waktu tunggu kemacetan dan melihat seberapa besar masalah yang ditimbulkannya di gudang karena "agen" dimodelkan sebagai individu dengan hubungan khusus satu sama lain. Parameter tambahan yang termasuk dalam model adalah beberapa kecepatan pekerja, perilaku pekerja, kurva belajar, waktu siklus, perputaran produk, dan jarak tempuh berjalan atau mengemudi. Kemampuan untuk mengimpor file Excel juga penting karena CardinalHealth memiliki banyak gudang, dan adalah wajib untuk menguji beberapa tata letak. Menggunakan AnyLogic, perubahan semudah memperbarui file Excel, mengimpornya ke dalam model dan menjalankan model lagi.

Penerapan

ABM yang dibuat dengan perangkat lunak AnyLogic memungkinkan Cardinal Health untuk membandingkan tata letak, teknologi pengambilan, dan strategi penempatan produk. Selain itu, mereka dapat mengevaluasi metode pengambilan yang berbeda untuk memperbarui model kepegawaian dan untuk dukungan di lapangan jika beban kerja berubah, karena pesanan bervariasi dari hari ke hari. Statistik juga dikumpulkan, seperti waktu takt, berapa banyak batch yang diselesaikan dalam satu jam, waktu pembongkaran truk, dan urutan kejadian.

Terlepas dari kejelasan yang diberikan oleh metrik di atas, model tersebut mengungkapkan masalah karena distribusi pekerjaan yang acak. Beban kerja karyawan tidak merata, satu lebih cepat dan satu lebih lambat. Dengan menyeimbangkan beban kerja, karyawan mulai bekerja dengan kecepatan yang sama dan kemacetan menurun secara dramatis. Dengan meminimalkan kemacetan menggunakan perangkat lunak AnyLogic, Cardinal Health mampu mengurangi panjang shift rata-rata dari 10,5 menjadi 7,25 jam dan meningkatkan kapasitas karyawan. Cardinal Health menghemat lebih dari 30 juta per tahun menggunakan ABM dengan teknologi AnyLogic Simulation.

“Perpustakaan agen AnyLogic, arsitektur fleksibel, dan animasi terintegrasi memungkinkan keberhasilan proyek ini secara berkelanjutan,” kata Brian Heath, Direktur

Analisis Lanjutan di Cardinal Health. Anda dapat melihat presentasinya dan mempelajari lebih lanjut tentang menggunakan aplikasi dunia nyata ABMin

10.7 KESIMPULAN

Tata letak adalah penataan fisik objek dalam ruang. Tujuan mendasar dari perencanaan tata letak adalah meminimalkan biaya untuk transportasi internal, pengurangan waktu tunggu, atau pengaturan departemen dalam fasilitas yang wajar. Selain itu, perencanaan tata letak dapat digunakan untuk mengurangi risiko kerusakan baik akibat kecelakaan di gudang, misalnya kebakaran. Secara umum, ada empat tipe dasar tata letak di bidang manufaktur:

- tata letak posisi tetap
- proses tata letak
- tata letak aliran produk
- tata letak berbasis sel.

Bentuk tata letak ini bergantung pada desain aliran proses. Di gudang, tata letak ditentukan oleh aliran proses, yang meliputi tahapan berikut:

- area masuk dan inspeksi
- area penyimpanan
- daerah pembuangan
- area penjemputan
- area pengepakan
- daerah pengiriman.

Metode perencanaan tata letak dapat dibagi menjadi kualitatif dan kuantitatif. Kami menganggap metode kualitatif "bagan REL" dan metode kuantitatif "masalah penugasan kuadrat." Bagan REL dapat diterapkan pada kasus-kasus di mana pertimbangan kedekatan yang diinginkan/tidak diinginkan dari beberapa area penting. Masalah penugasan kuadrat adalah metode optimasi untuk perencanaan tata letak yang optimal dengan tujuan meminimalkan total biaya transportasi.

Diskusi

Dalam contoh kami, fasilitas produksi dijelaskan (misalnya, pembuatan sistem rem) atau tata letak gudang pengecer untuk pusat distribusi suku cadang dan pengecer makanan. Harap diskusikan bagaimana pertimbangan perencanaan tata letak dapat dialihkan ke masalah tata letak dalam kasus berikut:

- kantor di perusahaan asuransi
- departemen di otoritas lokal Anda
- struktur supermarket atau pusat perbelanjaan
- organisasi area fungsional di rumah sakit atau klinik.

Menurut Anda, apa kriteria relevan yang memengaruhi keputusan pada tata letak ini?

BAGIAN 3
MENYESUAIKAN PERMINTAAN DAN PENAWARAN
PERENCANAAN TAKTIS DAN OPERATIF
BAB 11
PRAKIRAAN PERMINTAAN

11.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Memahami peran prakiraan permintaan di SCOM
- Memahami proses dan metode prakiraan di SCOM
- Memahami peran metode ahli dalam prakiraan
- Terapkan metode statistik untuk prakiraan
- Hitung perkiraan berdasarkan metode statistik
- Memahami dan menerapkan langkah-langkah untuk penilaian kualitas perkiraan.

11.2 STUDI KASUS PENDAHULUAN

Prakiraan yang baik sangat penting untuk semua perencanaan bisnis. Jika perkiraan terlalu tinggi, perusahaan memproduksi barang secara berlebihan yang tidak dapat dijual. Di satu sisi, ini adalah produksi yang tidak perlu dan meningkatkan biaya untuk sumber daya seperti bahan mentah, tenaga kerja, atau ruang penyimpanan. Di sisi lain, produksi yang kurang dapat mengakibatkan kelangkaan dan hilangnya peluang bisnis serta potensi hilangnya pelanggan yang tidak dapat terlayani.

Prakiraan yang baik dapat menjadi keunggulan kompetitif. Misalnya, Walt Disney Entertainment Parks sangat menekankan pada prediksi permintaan jam, hari, dan minggu berikutnya. Karena mereka hampir selalu berhasil memprediksi permintaan di masa depan dengan akurat, pendapatan telah meningkat pesat. Selain itu, prakiraan dapat berguna untuk menganalisis area untuk perbaikan. Prediksi tentang permintaan perlu dilakukan. Namun, perkiraan hampir selalu salah, karena operasi untuk menghitungnya agak rumit. Permintaan terkadang berubah tanpa peringatan sebelumnya dan biasanya efeknya muncul belakangan, sehingga sulit bagi manajer operasi untuk bereaksi.

Namun, beberapa perubahan permintaan dapat dipertimbangkan dengan keandalan relatif, seperti perubahan musim. Ini termasuk cuaca atau hari libur tertentu. Misalnya, hotel kota, supermarket, produsen logam, dan toko pakaian rajut semuanya bergantung secara berbeda pada faktor eksternal ini.

Sebuah hotel kota memiliki pelanggan terbanyak selama musim liburan, sedangkan toko pakaian rajut menjual terutama di musim gugur dan musim dingin. Supermarket mungkin menghadapi jam sibuk, misalnya saat makan siang dan setelah jam kerja. Pabrik yang memproduksi logam kemungkinan besar tidak bergantung pada perubahan musim dan memiliki permintaan yang stabil sepanjang tahun. Namun, banyak bisnis telah menyadari korelasi antara cuaca dan penjualan, itulah sebabnya permintaan untuk layanan prakiraan meteorologi meningkat pesat.

Prakiraan umumnya dinyatakan dalam istilah yang juga berguna untuk manajemen kapasitas, produksi, dan perencanaan SC. Tujuannya tidak hanya untuk seakurat mungkin, tetapi juga untuk mengetahui perbedaan antara rencana dan data aktual. Rentang ini dapat membantu meningkatkan prakiraan di masa mendatang dan memperkirakan teknik prakiraan mana yang berkinerja lebih baik. Selain itu, prakiraan dibuat untuk masa depan dekat dan

jangka panjang. Umumnya, perkiraan jangka pendek cenderung lebih akurat. Ada berbagai alat untuk menghasilkan perkiraan permintaan:

- perkiraan ahli,
- analisis deret waktu,
- analisis regresi.

Perkiraan ahli adalah alat analisis kualitatif yang diambil dari permintaan historis dan pendapat ahli tentang perkembangan masa depan. Dalam satu kasus, Sport Obermeyer, pengecer pakaian olahraga, menerapkan metode ini. Awalnya, seluruh tim terlibat dalam keputusan tentang ramalan berikutnya. Namun, manajemen memperhatikan bahwa beberapa orang akan selalu mendominasi proses pengambilan keputusan, sehingga mereka memutuskan bahwa keputusan akan dibuat secara independen dan hasilnya akan dibandingkan dan dikelompokkan.

Jika sebagian besar anggota tim telah meramalkan hasil yang serupa, produk tersebut dikategorikan sebagai mudah untuk diramalkan. Jika tidak, itu diberi label "sulit untuk diperkirakan." Untuk produk yang "sulit diprediksi" ini, pengecer olahraga menunda perkiraan untuk mengurangi kesalahan. Dalam kasus Sport Obermeyer, menggunakan pendapat ahli bekerja sangat baik dengan metode baru.

Analisis deret waktu, misalnya pemulusan eksponensial, mengambil data penjualan dari masa lalu untuk memperkirakan permintaan baru di masa depan. Rantai restoran “Red Lobster” menggunakan alat analisis ini dengan perangkat lunak prakiraan permintaan. Setiap malam perangkat lunak membuat perkiraan baru untuk hari berikutnya yang mencantumkan makanan mana yang perlu disiapkan. Manajer kemudian menyesuaikan prakiraan ini hanya berdasarkan spesialisasi lokal.

Analisis regresi dapat diterapkan untuk memperkirakan ketergantungan antara dua faktor. Misalnya, di perusahaan telekomunikasi, upaya perbaikan bulanan dapat dianalisis untuk memperkirakan jumlah karyawan layanan yang dibutuhkan. Ada berbagai pilihan lain untuk memprediksi permintaan masa depan. Ini termasuk probabilitas sederhana, jaringan netral, dan logika fuzzy, untuk beberapa nama.

Prakiraan permintaan dalam perawatan medis memiliki peran yang luar biasa. Tidak seperti perusahaan produksi, persediaan sumber daya yang tidak mencukupi tidak berarti pelanggan tidak bahagia, tetapi mempengaruhi kondisi kesehatan pasien. Meskipun rumah sakit melayani masyarakat, mereka juga perlu mendapat untung. Oleh karena itu, sektor ini menghadapi dilema yang sama dalam memperkirakan permintaan untuk mencocokkan suplai dan sumber daya: peluang penjualan yang hilang sama dengan peluang perlakuan yang hilang. Di sisi lain, tujuannya adalah untuk meminimalkan kelebihan kapasitas dan meminimalkan biaya.

Prakiraan di rumah sakit dapat berguna bila diterapkan pada sumber daya manusia seperti perawat dan dokter, pelanggan (pasien yang membutuhkan perawatan), dan barang operasional seperti tempat tidur dan obat-obatan. Untuk tempat tidur staf, model antrian dapat diterapkan. Metode ini membantu untuk menganalisis kapasitas pemanfaatan tempat tidur. Hal ini dapat relevan untuk perencanaan jangka panjang untuk menentukan berapa banyak kamar dan tempat tidur yang dibutuhkan. Ini adalah biaya tetap, yang sulit untuk dikurangi di masa depan. Metode rata-rata bukanlah pengukuran yang tepat di sini. Jika rata-rata semua pasien flu diambil sepanjang tahun, akan ada tempat tidur kosong di musim panas dan hampir tidak cukup tempat tidur di musim dingin.

Dalam perawatan medis, unit gawat darurat menghadapi situasi yang paling ekstrem. Pasien datang secara acak setiap saat sepanjang hari. Ini berarti beban kerja sangat bervariasi. Tingkat keparahan penyakit juga bervariasi. Untuk mengelola kedatangan pasien, rumah sakit

menerapkan sistem yang mengkategorikan pasien sebagai sakit berat, tidak mendesak, dan rutin. Yang terakhir kemungkinan besar akan ditolak dari unit gawat darurat dan diminta untuk membuat janji dengan dokter.

Untuk dua kategori pertama, jadwal dikembangkan. Kerumunan di unit gawat darurat membahayakan penyediaan layanan kesehatan. Oleh karena itu, prakiraan memainkan peran penting, dan model analitis digunakan untuk memastikan kebutuhan pasien terpenuhi secara lebih efisien. Para peneliti telah menghabiskan banyak usaha dalam menemukan metode prakiraan terbaik untuk bidang ini.

Dalam sampel departemen darurat, peneliti sampai pada kesimpulan bahwa analisis deret waktu dapat memberikan metode yang baik untuk menunjukkan kebutuhan masa depan. Kehadiran pasien harian dapat dihitung. Untuk perkiraan, metode rata-rata bergerak terintegrasi *autoregressive* (ARIMA) dapat digunakan, termasuk variabel seperti hari libur, polusi udara, suhu, dan kelembaban. Variabel-variabel tersebut kemudian dikorelasikan dengan kedatangan di unit gawat darurat. Penerapan metode ARIMA dapat meningkatkan ketersediaan sumber daya, khususnya perencanaan staf.

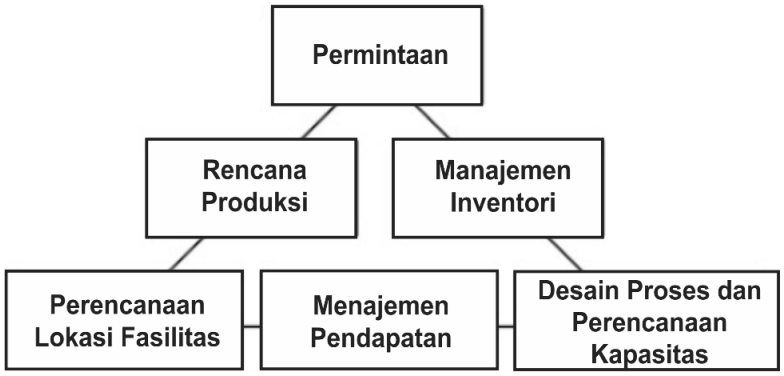
Pertanyaan

- Di bidang apa prakiraan (permintaan) digunakan? Mengapa prakiraan permintaan dalam perawatan medis sangat menantang?
- Mengapa sarana atau rata-rata bukan ukuran yang masuk akal untuk merencanakan kapasitas tempat tidur?
- Metode analisis mana yang dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah crowding di unit gawat darurat?

Proses dan Metode Prakiraan

Prakiraan permintaan masa depan adalah salah satu keputusan utama di SCOM. Data perkiraan penjualan mewakili masukan untuk produksi lebih lanjut, transportasi, pengadaan, dan perencanaan persediaan. Selain itu, banyak keputusan strategis, seperti perencanaan lokasi fasilitas, manajemen pendapatan, dan desain proses, berinteraksi dengan perkiraan permintaan (lihat Gambar 11.1).

Prakiraan dapat dibuat untuk isu-isu operatif atau strategis. Demikian pula, metode yang berbeda dapat diterapkan untuk meramalkan permintaan. Pada bagian ini, kami mempertimbangkan proses prakiraan, cakrawala waktu yang berbeda, dan metode prakiraan dasar.



Gambar 11.1 Peran prakiraan permintaan di SCOM

Proses Prakiraan dan Cakrawala Waktu

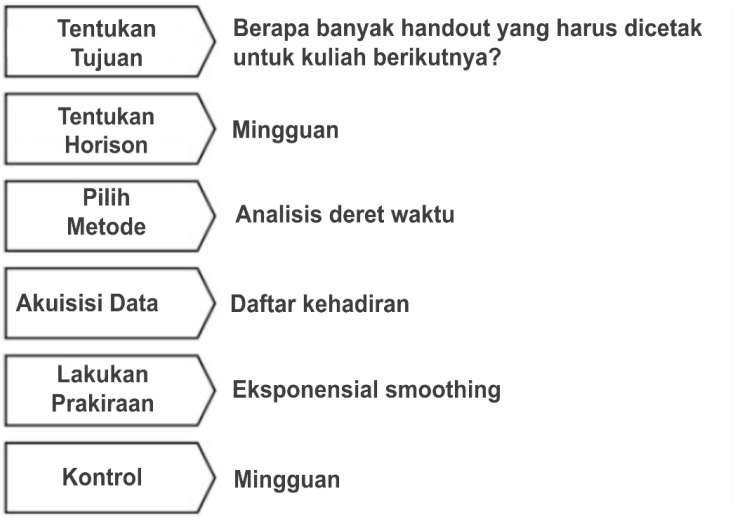
Proses prakiraan dimulai dengan definisi tujuan. Langkah kedua adalah menentukan horizon waktu di mana prakiraan harus dilakukan. Misalnya, untuk sebuah maskapai penerbangan, tujuannya mungkin untuk menentukan berapa banyak pesawat yang harus

dibeli selama 10 tahun ke depan. Langkah selanjutnya adalah memilih metode prakiraan. Ini tergantung pada cakrawala yang ditentukan dan data yang tersedia. Setelah akuisisi data, prakiraan dilakukan, biasanya menggunakan perangkat lunak.

Hasilnya harus dikontrol terus menerus karena setiap sistem SCOM dan lingkungannya sangat dinamis dan tunduk pada banyak perubahan eksternal dan internal. Proses prakiraan disajikan pada Gambar 11.2 menggunakan contoh prakiraan jumlah bahan cetak untuk kuliah universitas berdasarkan prediksi kehadiran mahasiswa.

Seorang profesor harus menentukan setiap minggu berapa banyak selebaran yang harus dicetak untuk kuliah berikutnya. Dalam hal ini, cakrawala waktu adalah seminggu. Untuk masalah jangka pendek seperti itu, analisis deret waktu adalah metode yang disukai. Berdasarkan daftar hadir dari kuliah terakhir, pemulusan eksponensial dapat dilakukan untuk memprediksi permintaan.

Cakrawala waktu lainnya dapat mencakup apa saja dari 3 bulan hingga 3 tahun. Contoh keputusan untuk horizon jangka menengah ini adalah perencanaan atau penganggaran penjualan dan operasi. Prakiraan jangka panjang biasanya mengacu pada periode lebih dari 3 tahun, misalnya, perencanaan produk baru, perencanaan lokasi fasilitas, dan penelitian dan pengembangan (R&D). Prakiraan jangka menengah digunakan untuk menangani masalah yang lebih komprehensif dan mendukung keputusan manajemen mengenai perencanaan dan produk, pabrik, dan proses. Prakiraan jangka pendek cenderung lebih akurat daripada prakiraan jangka panjang.



Gambar 11.2 Proses prakiraan

Metode Prakiraan

Metode prakiraan dapat dibagi menjadi metode kualitatif dan kuantitatif (lihat Gambar 11.3). Metode kualitatif digunakan ketika situasinya tidak jelas dan hanya ada sedikit data. Biasanya, situasi seperti itu memiliki sifat jangka panjang atau termasuk keputusan yang harus diambil tentang teknologi atau produk baru.

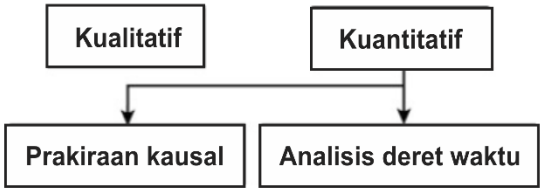
Prakiraan untuk kasus seperti itu melibatkan intuisi dan pengalaman. Dalam banyak kasus, proses prakiraan bergantung pada data historis seperti jumlah permintaan atau perputaran. Ini bekerja dengan baik selama perusahaan memiliki data yang dapat diandalkan yang tersedia untuk prakiraan yang diperlukan. Tetapi bagaimana cara kerjanya jika perusahaan ingin meluncurkan teknologi baru? Dalam hal ini, mereka harus mengandalkan pandangan ahli dan pendapat pelanggan.

Jenis prakiraan ahli ini biasanya didasarkan pada pengetahuan dan pengalaman profesional. Sebuah perusahaan menggunakan masukan dari para ahli yang berbeda untuk

mengembangkan prakiraan untuk periode berikutnya. Masalah dengan metode ahli adalah bahwa mereka didasarkan pada pendapat, pengalaman, dan pengetahuan manusia, dan karenanya subjektif.

Ada berbagai metode untuk prakiraan kualitatif. Salah satu caranya adalah dengan estimasi penjualan. Untuk metode ini, sebuah perusahaan bertanya kepada ahli penjualan mereka tentang angka omset terbaru dan mengumpulkan data untuk omset keseluruhan, menggunakan data untuk mengembangkan perkiraan. Metode kualitatif selanjutnya adalah survei pelanggan. Ini adalah alat yang baik untuk digunakan ketika sebuah perusahaan meluncurkan produk baru dan tidak ada data historis atau pengalaman ahli. Sebuah perusahaan dapat bertanya langsung kepada pelanggan mereka tentang apa yang mereka pikirkan tentang produk baru dan mencoba mengembangkan prakiraan untuk peluncuran produk.

Metode ketiga adalah ide dasar prakiraan kualitatif—pandangan ahli. Sebuah perusahaan bertanya kepada para ahli yang sudah terbukti tentang teknologi baru atau pengalaman mereka dengan produk serupa di masa lalu. Para ahli ini biasanya bekerja di departemen yang berbeda di perusahaan yang sama.



Gambar 11.3 Metode prakiraan

Metode prakiraan kualitatif yang paling terkenal adalah Metode Delphi. Ini adalah perpanjangan dari pandangan ahli dan fiturnya adalah survei beberapa ahli terstruktur menggunakan spesialis dari berbagai perusahaan dan institusi. Metode Delphi berjalan dalam dua putaran atau lebih. Seorang moderator mengembangkan kuesioner dan semua ahli menjawab secara anonim. Setelah putaran pertama moderator membuat kuesioner baru berdasarkan informasi yang didapatnya. Jawaban untuk putaran pertama dipublikasikan kepada semua ahli lain sehingga setiap orang dapat memikirkan kembali pandangan mereka. Selanjutnya, mereka mengisi kuesioner baru dan seterusnya sampai mengarah pada konsensus.

Metode kuantitatif digunakan jika ada data historis, misalnya produk yang sudah ada, teknologi yang ada, atau pasar yang ada. Metode ini didasarkan pada statistik. Metode statistik dapat diklasifikasikan dalam dua metode prakiraan yang berbeda:

- ramalan kausal
- analisis deret waktu.

Dalam prakiraan kausal, permintaan (y) untuk suatu produk tergantung pada faktor (x) yang diketahui dan karena itu dapat diramalkan (lihat Gambar 11.4). Sebagai contoh: Permintaan untuk sumbu(y)bergantung pada jumlah penduduk kabupaten(x). Garis lurus dapat ditemukan dengan menggunakan teknik kuadrat terkecil yang menghasilkan Persamaan. (11.1):

Persamaan 11.1

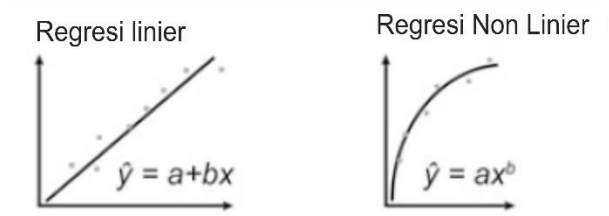
$$Y=a+bx$$

di mana adalah nilai yang dihitung dari variabel yang akan diprediksi (variabel dependen); a adalah intersep sumbu y; b adalah kemiringan garis regresi; dan x adalah variabel bebas.

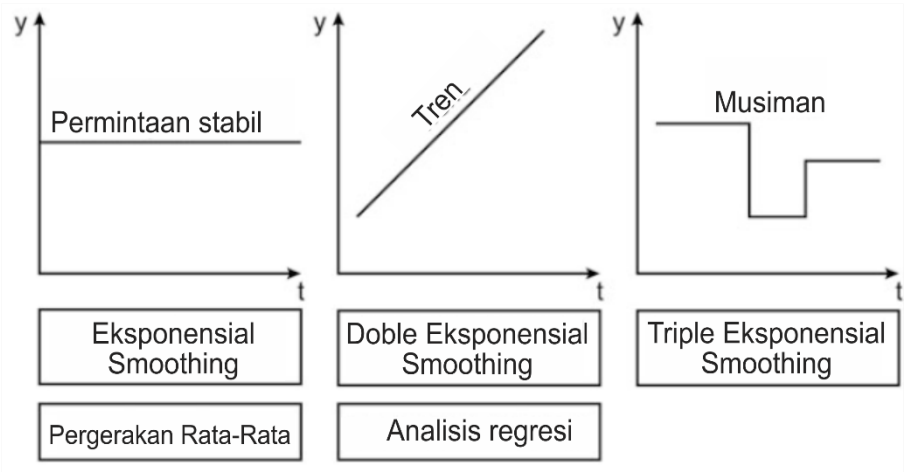
Regresi non-linier lebih rumit, tetapi juga lebih realistis. Untuk metode prakiraan kausal, penting untuk memiliki data historis yang andal untuk faktor yang diketahui (variabel independen). Di sisi lain, ada analisis deret waktu. Ini didasarkan pada data penjualan historis.

Kumpulan data numerik yang berjarak sama dapat diperoleh dengan mengamati variabel respons pada periode waktu yang teratur. Metode ini sebenarnya meramalkan berdasarkan nilai-nilai masa lalu dan mengasumsikan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi masa lalu dan masa kini akan terus mempengaruhi masa depan.

Ada beberapa metode yang berbeda untuk meramalkan permintaan tergantung pada kemajuan temporal permintaan (lihat Gambar 11.5): Jika ada permintaan konstan untuk suatu produk, kita dapat menggunakan Rata-Rata Pergerakan atau Pemulusan Eksponensial Sederhana. Untuk produk dengan permintaan yang didasarkan pada tren, kita dapat menggunakan Analisis Regresi atau Double Exponential Smoothing. Produk dengan permintaan musiman dapat diramalkan menggunakan Triple Exponential Smoothing.



Gambar 11.4 Analisis Regresi



Gambar 11.5 Analisis deret waktu

Kualitas Prakiraan

Metode prakiraan yang berbeda dapat memberikan kualitas prakiraan yang berbeda. Untuk memperkirakan kualitas prakiraan, beberapa ukuran digunakan dalam praktik, termasuk:

- mean absolute deviation (MAD),
- mean squared error (MSE),
- mean absolute percentage error (MAPE).

MAD mengukur deviasi absolut (ε) dari perkiraan dan data aktual selama periode-T menurut rumus (11.2):

$$\text{MAD} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} |\varepsilon_t|$$

MSE mengukur deviasi kuadrat dari perkiraan dan data aktual menurut rumus (11.3):

$$\text{MAD} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} |\varepsilon_t^2|$$

MAPE mengukur deviasi persentil prakiraan dan data aktual menurut rumus (11.4):

$$\text{MAPE} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} |\frac{\varepsilon_t}{y_t}|$$

Masalah praktis dengan ukuran MAD adalah bahwa ia mengungkapkan nilai-nilai absolut dan karena itu bergantung pada kuantitas. Hal ini membuat sulit untuk menerapkan MAD untuk perbandingan prakiraan untuk produk yang berbeda. MSE sering digunakan karena sifat teoretisnya yang baik, tetapi dapat dipengaruhi secara negatif oleh apa yang disebut outlier atau nilai aneh. MAPE secara intuitif baik dan dapat dimengerti dan dapat digunakan untuk perbandingan prakiraan yang berbeda di mana nilai MAD/MSE berbeda.

Wawasan Praktis

Dalam praktiknya, ukuran yang dihitung secara statistik untuk analisis kualitas prakiraan perlu diperiksa dengan cermat. Misalnya, pertimbangkan data penjualan aktual untuk lima periode: 10–10–11–10–11 dan dua perkiraan: (a)8–8–9–8–9dan(b)8–12–9–12–9.Dari sudut pandang statistik , kedua prakiraan memiliki MAD=2 yang sama. Tetapi dari sudut pandang manajemen, ramalan pertama (a) memiliki bias karena kami selalu memproduksi lebih sedikit daripada permintaan. Bagi manajer, lebih penting untuk mengidentifikasi bias daripada berusaha untuk kesalahan perkiraan yang minimal.

Metode Statistik

Di bagian ini, kita mempelajari lebih detail cara menghitung perkiraan permintaan dengan bantuan berbagai metode statistik.

11.3 REGRESI LINIER

Regresi linier biasanya digunakan sebagai metode prakiraan kausal. Prosedur akan dijelaskan dengan mengambil penjualan di toko teh kecil yang baru didirikan yang tergantung pada jumlah pelanggan sebagai contoh, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.1. Langkah pertama adalah menghitung fungsi regresi y(x)=a+b dengan parameter â dan b. Penting untuk menemukan a dan b di mana MSE memiliki minimumnya. Untuk menemukan parameter kita perlu mengisi Tabel 11.2 berikut. Untuk menghitung koefisien b, dapat digunakan rumus (11,5):

Persamaan 11.5

$$b = \frac{(6 * 185{,}956) \; - \; (330 * 3020)}{(6 * 20{,}884) \; - \; (330)^2} = \frac{119{,}136}{16{,}404} \approx 7.264$$

Nilai yang dihitung 7,263 berarti bahwa ketika ada satu pelanggan lagi per minggu, pendapatan penjualan naik sekitar 7,26 . Ada dua pilihan untuk menghitung â. Opsi pertama adalah penggunaan Persamaan. (11.6):

Persamaan 11.6

$$\hat{a} = \frac{\sum_{n=1}^{N} x_n^2 \sum_{n=1}^{N} Yn - \sum_{n=1}^{N} Xn \sum_{n=1}^{N} (Xn * Yn)}{N \sum_{n=1}^{N} x_n^2 - (\sum_{n=1}^{N} Xn)^2}$$

Cara yang lebih mudah adalah sebagai berikut (Persamaan 11.7):

$$a = y - bx$$

Saat menggunakan rumus (11.7) kita harus menghitung nilai rata-rata:

$$y = \frac{\sum_{n=1}^{N} y_n}{N} \qquad dan \; x = \frac{\sum_{n=1}^{N} x_n}{N}$$

Sebagai Contoh :

$$a = \frac{3020}{6} - \left(7236 \; * \; \frac{330}{6}\right) \approx 103.868$$

Fungsi regresi sekarang terbaca sebagai berikut: y(x) = 103.868 + 7.263x.. Langkah selanjutnya adalah menghitung MSE menggunakan fungsi regresi (lihat Tabel 11.3).

Tabel 11.1 Data awal untuk regresi linier

Minggu *n*	Customer x_n	Penjualan (dalan rupiah ('000)) y_n
1	26	269
2	35	389
3	43	432
4	67	536
5	78	685
6	81	709

Tabel 11.2 Hasil untuk menghitung parameter

Minggu *n*	Customer x_n	Penjualan (dalan rupiah ('000)) y_n	$_{nn}^2$	$x_n * y_n$
1	26	269	676	6994
2	35	389	1225	13.615
3	43	432	1849	18.576
4	67	536	4489	35.912
5	78	685	6084	53.430
6	81	709	6561	57.429
∑	330	3020	20.884	185.956

Untuk menghitung kesalahan ramalan ε_n kita menggunakan rumus (11.8):

$$\varepsilon_n = y(x_n) - y_n$$

Untuk menghitung MSE kami menggunakan rumus (11.3):

$$MSE = \frac{5234.773}{6} = 872.462$$

Tabel 11.3 Hasil penghitungan UMK

Minggu *n*	Customer x_n	Penjualan (dalan rupiah ('000)) y_n	$y(x_n)$	ε_n	ε_n^2
1	26	269	292.706	23.706	561.974
2	35	389	358.073	- 30.927	956.479
3	43	432	416.177	- 15.823	250.367
4	67	536	590.489	54.489	1.969.051
5	78	685	670.382	- 14.618	213.686
6	81	709	692.171	- 16.829	283.215
∑	330	3020			5.234.773

Rata-Rata Bergerak

Metode rata-rata bergerak didasarkan pada perhitungan permintaan rata-rata dari periode sebelumnya dan menggunakan nilai-nilai ini untuk prakiraan. Disebut “bergerak” karena dengan setiap periode nilai rata-rata berubah atau bergerak maju.

Perhatikan contoh dan fungsi berikut untuk memahami prakiraan dengan bantuan rata-rata bergerak. Di sini juga, penting untuk menemukan hasil dengan MSE terendah. Permintaan untuk setiap periode berikutnya dihitung berdasarkan rumus (11,9):

Persamaan 11.9

$$y_{t+1} = \frac{1}{T} \sum_{\tau=t-T+1}^{t} Yt$$

dimana y_{t+1} adalah prakiraan untuk periode berikutnya, y_τ adalah periode permintaan, dan adalah jumlah periode. Penting untuk memilih T yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil. Biasanya Anda menghitung dengan nilai-T yang berbeda untuk menemukan nilai dengan MSE terendah.

Pertimbangkan contoh ini. Lebon Ltd. ingin menemukan permintaan rata-rata mingguan untuk Cupcakes. Tabel 11.4 menggambarkan permintaan minggu lalu. Tiga jumlah periode yang berbeda untuk dirata-ratakan diberikan

T_1 = 2; T_2=3; dan T_3 =4. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 11.5. Misalnya, untuk menghitung ramalan untuk minggu #3: 31 = (26+35)/2 → kami menambahkan permintaan dari dua periode sebelumnya dan membaginya menggunakan T_1.

Untuk memeriksa T mana yang memiliki MSE terkecil, kita harus menghitung kesalahan prakiraan. Penting untuk memulai dengan periode di mana untuk semua nilai-T penjualan telah diperkirakan untuk membuat nilai MSE sebanding. Dalam hal ini adalah minggu #5 (lihat Tabel 11.6).

Menggunakan rumus perhitungan kesalahan $\varepsilon_t = y(T) - y_t$ dan Persamaan. (11.3), kita mendapatkan:

Persamaan 11.13

$$MSE(T_1) = \frac{99}{4} = 24.75$$

$$MSE(T_{2\_} = \frac{122}{4} = 30.5$$

$$MSE(T_3) = \frac{171}{4} = 42.75$$

Seperti yang kita lihat, T terkecil adalah yang terbaik karena di sana MSE-nya minimum. Untuk itu rekomendasi prakiraan periode selanjutnya akan menggunakan T=2. Dalam beberapa kasus, rata-rata bergerak tertimbang dapat digunakan. Dalam hal ini, data lama biasanya menjadi kurang penting dan bobot diberikan ke periode yang berbeda berdasarkan pengalaman dan intuisi.

Tabel 11.4 Data awal untuk rata-rata bergerak

Minggu $_t$	1	2	3	4	5	6	7	8
Perminyaan y_t	26	35	28	42	38	45	46	39

Tabel 11.5 Hasil penghitungan moving average dengan tiga Ts . yang berbeda

T	***y_t***	***$y(T_1=2)$***	***$y(T_2=3)$***	***$y(T_3=4)$***
1	26	-	-	-
2	35	-	-	-
3	28	31[a]	-	-
4	42	32	30	
5	38	35	35	33
6	45	40	36	36
7	46	42	42	39
8	39	46	43	43
[a] Perkiraan permintaan dalam periode tersebut				

Tabel 11.6 Hasil penghitungan UMK

t	y_t	$y(T_1=2)$	ε_t	ε_t^2	$y(T_2=3)$	ε_t	ε_t^2	$y(T_2=3)$	ε_t	ε_t^2
1	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	28	31	-	-	-	-	-	-	-	-
4	42	32	-	-	30	-	-	-	-	-
5	38	35	-3	9	35	-3	9	33	-5	25
6	45	40	-5	25	36	-9	81	36	-9	81
7	46	42	-4	16	42	-4	16	39	-7	49
8	39	46	7	49	43	4	16	43	4	16
∑				99			122			171

11.4 Penghalusan Eksponensial Sederhana

Metode ini mengungkapkan bahwa rata-rata bergerak tertimbang. Pembobotan menurun secara eksponensial dan data terbaru berbobot lebih tinggi. Untuk prakiraan penjualan, rata-rata nilai permintaan/penjualan periode sebelumnya dibobot secara eksponensial untuk meramalkan periode berikutnya. Rata-rata eksponensial sederhana berarti bekerja dengan parameter pemulusan α2. Idenya adalah untuk menimbang permintaan saat ini lebih tinggi dan untuk menetapkan bobot yang lebih rendah untuk permintaan sebelumnya. Dalam metode ini kami menggunakan rumus (11.10) untuk meramalkan permintaan untuk periode berikut:

Persamaan 11.10

$$Y_{t+1} = \alpha * y_t + (1-\alpha) * y_{t-1,}$$

di mana y_{t+1} adalah ramalan yang kita buat pada periode sekarang untuk periode berikutnya, yt adalah permintaan saat ini, dan $y_{t+1,t}$ adalah ramalan yang kita buat pada periode terakhir untuk periode sekarang. Perhatikan contoh berikut sebagai bantuan untuk memahami pemulusan eksponensial sederhana. Permintaan suatu produk selama enam periode terakhir disajikan (Tabel 11.7).

Parameter pemulusan adalah α_1 = 0,3 dan α_2 = 0,5. Idenya adalah untuk memilih parameter pemulusan yang mengarah ke MSE yang lebih kecil (lihat Tabel 11.8). Misalnya untuk menghitung perkiraan penjualan untuk periode #3: 54.5 = 0.3 * 44 + (1-0.3) * 59 → kami mengalikan permintaan di minggu #2 dengan α dan perkiraan permintaan untuk minggu #2 dengan (1-α) untuk mendapatkan ramalan untuk minggu #3. Dalam hal ini, MSE (a_1)=338.75/6≈56.46 Perhatikan perhitungan untuk Tabel 11.9: MSE(a_2)=385.46/6≈64.24.

Seperti yang bisa kita lihat, parameter smoothing kedua mengarah ke MSE yang lebih tinggi. Untuk alasan ini disarankan dalam kasus ini untuk meramalkan permintaan untuk periode berikutnya dengan parameter pemulusan 0,3 bukannya 0,5. Metode ini membantu untuk meramalkan panggilan untuk produk dengan permintaan tetap. Tetapi untuk meramalkan penjualan untuk produk yang memiliki permintaan berbentuk tren atau musiman, kita memerlukan metode lain.

Tabel 11.7 Data awal untuk pemulusan eksponensial tunggal

Minggu t	1	2	3	4	5	6
Perminyaan y_t	59	44	61	58	49	52

Tabel 11.8 Hasil untuk pemulusan eksponensial tunggal dengan α_1=0.3

T	y_t	$y(T_1=2)$	$y(T_2=3)$	$y(T_3=4)$
0		59	-	-
1	59	59	0	0
2	44	59	15	225
3	61	54.5[a]	-6.5	42.25
4	58	56.45	-1.55	2.40
5	49	56.92	7.92	62.65
6	52	54.54	2.54	6.45
∑				338.75
[a] Perkiraan permintaan dalam periode tersebut				

Tabel 11.9 Hasil untuk pemulusan eksponensial tunggal dengan α_2=0.5

t	y_t	$Y_{t,t-1}$	ε_t	ε_t^2
0		59	-	-
1	59	59	0	0
2	44	59	15	225
3	61	51.5	-9.5	90.25
4	58	56.3	-1.75	3.06
5	49	57.1	8.13	66.02
6	52	53.1	1.06	1.13
∑				385.46

11.5 PENGHALUSAN EKSPONENSIAL GANDA

Pemulusan eksponensial ganda digunakan untuk situasi di mana tren sudah ada. Metode ini bekerja dengan dua faktor pemulusan, α dan β. Ide dasarnya adalah bahwa permintaan biasanya dilebih-lebihkan ketika trennya positif dan diremehkan ketika trennya negatif. Pertimbangkan rumus (11.11):

$$y_{t,\ t+\tau} = a_t + b_t * \tau$$

Dimana $y_{t,\ t+\tau}$ adalah prakiraan untuk periode berikutnya yang dilakukan pada periode saat ini, di adalah prakiraan yang dihaluskan, bt adalah parameter tren yang dihaluskan (slope), dan τ adalah parameter yang menggambarkan jumlah periode yang kita membuat ramalan. Kami menghitung di dan bt sebagai berikut dari Persamaan. (11.12–11.13):

$$a_t = \alpha * y_t + (1-a)c * (a_t\text{-}1 + b_t\text{-}1)$$

$$b_t = \beta * (a_t - a_{1\text{-}1}) + (1-\beta) * b_t\text{-}1)$$

Asumsikan bahwa kita memiliki data permintaan roti bebas gluten di toko kelontong kecil selama tujuh periode terakhir (Tabel 11.10). Untuk meramalkan permintaan selama 7 bulan di tahun berikutnya kami menggunakan parameter berikut: α = 0.2; β = 0.35; τ = 1; b_1 = 4Hasil komputasi disajikan pada Tabel 11.11: Dengan mengubah faktor pemulusan, kami dapat memperoleh perkiraan yang lebih andal untuk periode berikutnya di mana ada tren. Untuk menangani ramalan untuk produk musiman, kita dapat menggunakan pemulusan eksponensial rangkap tiga. Dalam hal ini, parameter ketiga, untuk fluktuasi musiman, ditambahkan ke pemulusan eksponensial ganda.

Tabel 11.10 Data awal untuk pemulusan eksponensial ganda

Minggu $_t$	1	2	3	4	5	6	7
Perminyaan y_t	249	257	369	285	298	302	312

Tabel 11.11 Hasil untuk pemulusan eksponensial ganda

t	y_t	a_t	b_t	$Yt, t+1$
1	249	249	4	
2	257	253.80	4.28	253
3	269	260.26	5.04	258.08
4	285	269.25	6.42	265.31
5	298	280.14	7.99	275.67
6	202	290.90	8.96	288.12
7	312	302.28	9.81	299.85

11.6 KESIMPULAN

Dalam bab ini, kita mempelajari metode dan alat praktis untuk prakiraan permintaan. Mari kita rangkum poin-poin penting dari bab ini sebagai berikut. Untuk SCOM, penting untuk memahami peran, proses, dan metode prakiraan permintaan, karena prakiraan digunakan untuk keputusan taktis dan strategis. Perencanaan produksi, manajemen persediaan, lokasi fasilitas, dan perencanaan kapasitas bergantung pada keputusan yang bergantung pada prakiraan permintaan.

Proses prakiraan terdiri dari enam langkah: (1) menentukan tujuan; (2) menentukan horizon waktu; (3) memilih metode prakiraan; (4) mengumpulkan data; (5) melakukan prakiraan; (6) memvalidasi dan mengontrol hasil. Metode prakiraan dapat dibedakan menjadi metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif digunakan baik untuk produk dan teknologi baru atau untuk keputusan jangka panjang di mana data dari masa lalu tidak dapat dianggap sebagai sumber yang dapat diandalkan. Metode kualitatif menggunakan pengetahuan dan pengalaman ahli dan mencakup teknik seperti estimasi penjualan, survei pelanggan, estimasi ahli, dan Metode Delphi.

Kami juga mempelajari beberapa metode kuantitatif yang digunakan ketika data historis ada dan alat statistik dapat diterapkan. Analisis regresi dan analisis deret waktu, termasuk rata-rata bergerak dan pemulusan eksponensial (sederhana, ganda, tiga kali lipat), termasuk dalam metode kuantitatif. Kami belajar bagaimana menerapkan metode statistik untuk prakiraan dan menghitung prakiraan berdasarkan metode statistik. Untuk metode kuantitatif, penting untuk memahami ukuran penilaian kualitas prakiraan, yang didasarkan pada estimasi kesalahan. Ukuran yang paling populer adalah MSE, MAD, dan MAPE.

Akhirnya, harus dicatat bahwa masalah umum dengan metode statistik adalah keandalan data historis dan perkembangan masa depan. Jika prakiraan hanya berdasarkan data numerik, itu tidak aman. Data numerik seringkali tidak mempertimbangkan fitur eksternal seperti faktor ekologi, ekonomi, atau politik. Asumsikan bahwa permintaan es krim telah meningkat selama beberapa tahun terakhir sebesar 10% karena musim panas yang panas. Kesimpulannya adalah bahwa prakiraan untuk tahun berikutnya akan tinggi juga karena perusahaan memperkirakan cuaca akan kembali panas. Jika perusahaan tidak mempertimbangkan prakiraan cuaca dalam perhitungannya atau mempertimbangkan pandangan ahli, prakiraan yang hanya berdasarkan data historis bisa jadi salah. Area kritis lainnya adalah prakiraan pengembalian produk di industri ritel online. Untuk alasan ini, merupakan praktik umum untuk menggabungkan metode ahli dan statistik untuk mendapatkan prakiraan yang lebih aman. Metode tersebut dikenal sebagai ARIMA (model rata-rata bergerak terintegrasi autoregressive) dan ANOVA (analisis varians).

BAB 12
PERENCANAAN KEBUTUHAN PRODUKSI DAN MATERIAL

12.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Memahami cakrawala perencanaan yang berbeda
- Memahami peran perencanaan agregat
- Jelaskan pilihan yang berbeda untuk mencocokkan permintaan dan penawaran pada tingkat agregat
- Memahami konsep perencanaan bergulir
- Jelaskan konsep jadwal produksi induk
- Terapkan program linier untuk perencanaan produksi
- Memahami prinsip-prinsip pemanfaatan bill-of-material
- Hitung kebutuhan material yang bergantung sambil mempertimbangkan waktu tunggu

12.2 STUDI KASUS PENGANTAR SIBUR

Operasi Terpadu dan Perencanaan Rantai Suplai

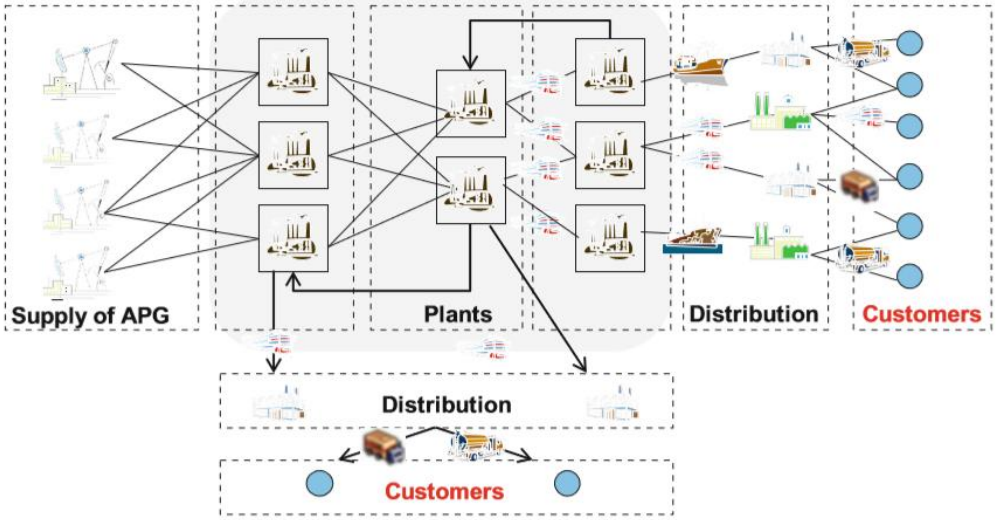
Grup SIBUR adalah perusahaan pemrosesan gas dan petrokimia yang memiliki dan mengoperasikan bisnis pemrosesan gas terbesar di Rusia dalam hal volume pemrosesan gas petroleum terkait (APG). Grup ini mendapatkan keuntungan dari memiliki dan mengoperasikan infrastruktur terintegrasi terbesar dan terluas di Rusia untuk pemrosesan dan transportasi APG dan cairan gas alam (NGL), yang terletak terutama di Siberia Barat, yang merupakan wilayah penghasil minyak dan gas terbesar di Rusia. Model bisnis SIBURS difokuskan pada operasi terintegrasi dan SC. Grup ini memiliki dua segmen operasi: bahan baku/energi dan petrokimia. Segmen bahan baku dan energi grup mencakup pengumpulan dan pemrosesan APG; transportasi, fraksinasi, dan pengolahan NGL lainnya; dan pemasaran dan penjualan produk energi, seperti gas alam, gas minyak cair (LPG), nafta, NGL mentah, metil tersier butil eter dan bahan bakar lainnya serta bahan tambahan bahan bakar.

APG dibeli dari perusahaan minyak besar Rusia. NGL diproduksi secara internal atau dibeli dari perusahaan minyak dan gas besar Rusia. Grup ini menjual produk energi ini di pasar Rusia dan internasional dan menggunakan beberapa bahan baku utama untuk segmen petrokimia, yang memprosesnya menjadi lebih dari 2000 petrokimia yang berbeda, termasuk polimer dasar, karet sintetis, plastik, dan produk sintesis organik, serta zat antara dan bahan kimia lainnya. Grup ini mengoperasikan 27 lokasi produksi, memiliki lebih dari 1500 pelanggan besar yang beroperasi di energi, otomotif, konstruksi, *fast moving consumer goods* (FMCG), kimia, dan industri lainnya di sekitar 60 negara dan mempekerjakan lebih dari 30.000 personel (lihat Gambar 12.1).

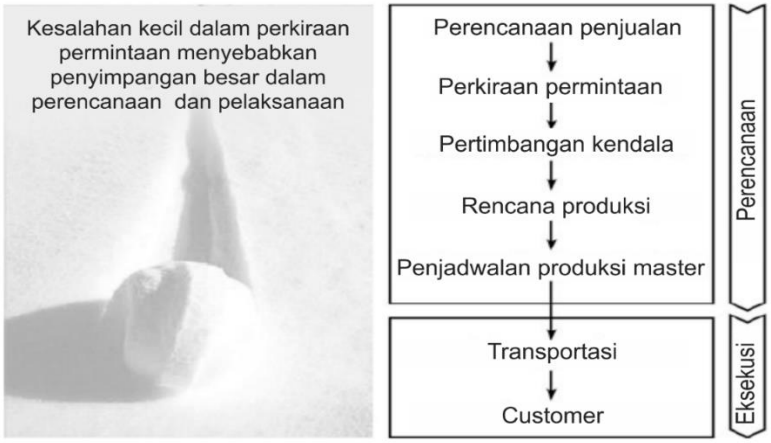
Departemen operasi dan perencanaan SC terdiri dari manajer departemen, manajer perencanaan, manajer pengiriman, dan manajer analisis SC. Proses perencanaan dimulai dengan prakiraan permintaan. Di satu sisi, metode statistik seperti analisis deret waktu diterapkan. Di sisi lain, para ahli memperkirakan banyak faktor eksternal mengenai pasar dan Supplier. Kualitas perkiraan permintaan sangat penting untuk kualitas perencanaan, karena kesalahan kecil dalam perkiraan permintaan dapat menyebabkan penyimpangan besar dalam perencanaan dan pelaksanaan (lihat Gambar 12.2).

Prakiraan jangka menengah tersedia selama 18 bulan, sehingga memungkinkan untuk memulai perencanaan operasi di sepanjang SC. Perencanaan operasi didasarkan pada prosedur perencanaan bergulir. Sebelum merencanakan produksi dan kebutuhan material,

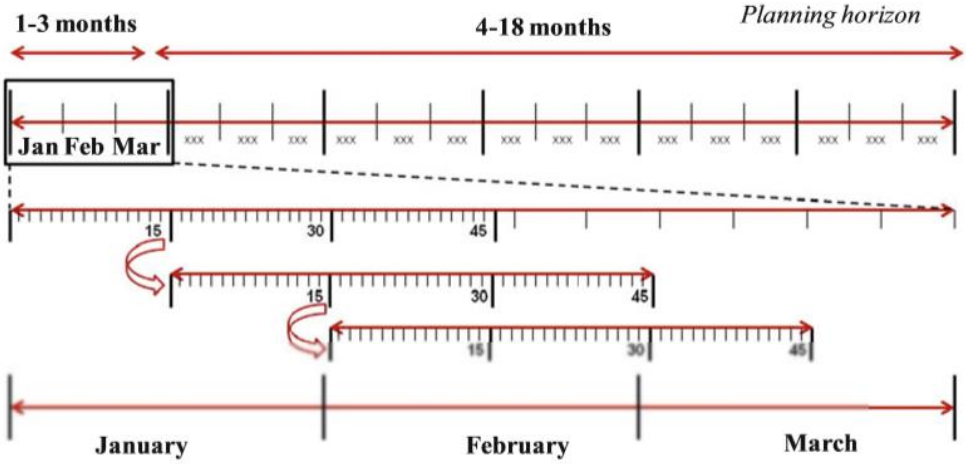
kapasitas, anggaran, dan kendala lebih lanjut harus diperhitungkan. Setelah merencanakan penjadwalan produksi induk (MPS) dan transportasi, produk dikirim ke pelanggan. Karena prakiraan permintaan, produksi, dan rencana suplai sering diperbarui, prosedur perencanaan bergulir diterapkan (lihat Gambar 12.3). Konsep perencanaan bergulir didasarkan pada pembuatan MP terperinci setiap hari selama 30–45 hari untuk seluruh SC. MPS ini diperbarui setiap 15 hari untuk memperhitungkan dinamika eksekusi nyata.



Gambar 12.1 Struktur SC SIBUR



Gambar 12.2 Proses perencanaan



Gambar 12.3 Perencanaan bergulir

Keputusan perencanaan dapat dibagi menjadi:

- Strategis
- Taktis
- Operatif.

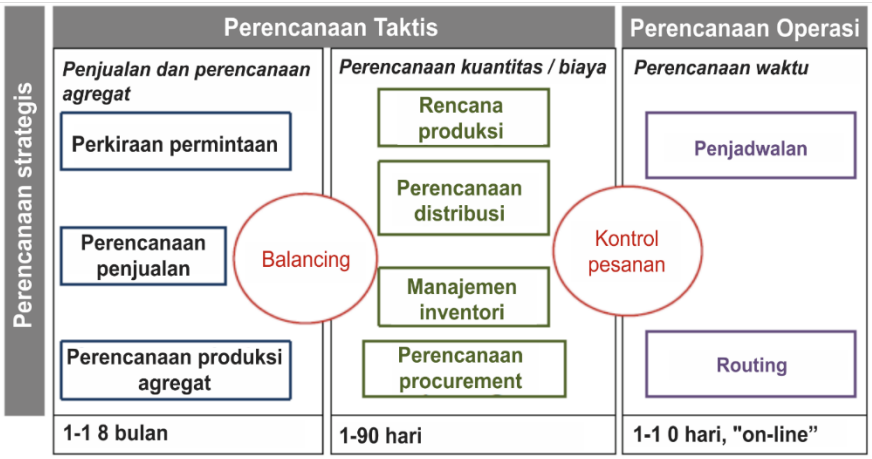
Keputusan strategis diambil untuk jangka waktu yang lama, biasanya selama bertahun-tahun. Keputusan taktis menggunakan informasi dari keputusan strategis dan menentukan kebijakan perencanaan selama beberapa bulan. Keputusan operasional diambil dalam cara mingguan atau harian untuk proses eksekusi. Komposisi seperti itu diperlukan karena beberapa data, yang dapat disesuaikan selama proses perencanaan (disebut variabel kontrol), harus disiapkan untuk jangka waktu yang lama (disebut variabel desain). Beberapa contoh keputusan yang berbeda pada tingkat taktis dan operasi disajikan pada Gambar 12.4.

Perencanaan sumber daya manufaktur—MRP-II—berarti bahwa, dari sudut pandang manajemen, alat digunakan untuk merencanakan aktivitas semua fungsi perusahaan manufaktur. Dalam proses perencanaan, MRP II berarti penerjemahan rencana bisnis dan prakiraan permintaan, termasuk pesanan pelanggan, ke dalam rencana produksi dan rencana pembelian menggunakan pesanan yang direncanakan dalam lingkungan penjadwalan bertingkat waktu nyata (lihat Gambar 12.5).

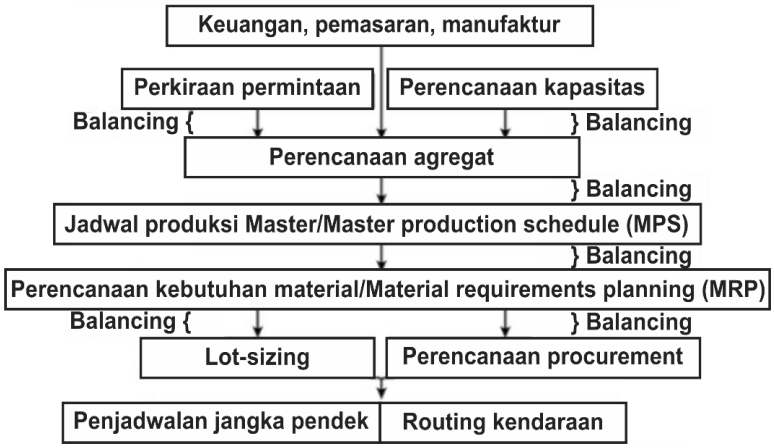
MRP-II adalah pendekatan perencanaan hierarkis. Ini berarti bahwa keputusan dari tingkat atas digunakan sebagai data masukan untuk tingkat yang lebih rendah (sebagai lawan dari perencanaan simultan yang lebih kompleks).

Berdasarkan persyaratan dan kendala dari keuangan, pemasaran, dan manufaktur di satu sisi dan perkiraan permintaan bersama dengan keputusan kapasitas di sisi lain, perencanaan agregat tercapai. Hasil perencanaan agregat selanjutnya digunakan untuk penjadwalan produksi induk (MPS), yang merupakan dasar untuk perencanaan kebutuhan material (MRP), perhitungan kuantitas pesanan ukuran lot/pengadaan, dan terakhir untuk penjadwalan dan perutean jangka pendek.

Pada setiap tahap, penyeimbangan adalah wajib untuk memastikan bahwa hasil tingkat atas dapat diterapkan pada tingkat berikutnya. Jika tidak, perhitungan yang salah akan dilakukan di seluruh tingkat perencanaan. Hal ini dapat mengakibatkan situasi di mana jadwal harian jangka pendek tidak akan memiliki kesamaan dengan permintaan nyata; bahan yang salah dapat dibeli. Berikut ini, kami mempertimbangkan beberapa elemen penting dari konsep MRP-II.



Gambar 12.4 Keterkaitan keputusan strategis, taktis dan perencanaan operasi



Gambar 12.5 Proses MRP II

12.3 PERENCANAAN PENJUALAN DAN OPERASI

Peran Perencanaan Penjualan dan Operasi

Perencanaan produksi biasanya dilakukan pada tingkat agregat, baik untuk produk maupun sumber daya. Tujuan dari perencanaan agregat atau yang disebut perencanaan penjualan dan operasi (S&OP) adalah untuk memenuhi permintaan yang diperkirakan sambil meminimalkan biaya selama periode perencanaan. Konsep S&OP bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara permintaan dan penawaran. Produk yang berbeda tetapi serupa digabungkan menjadi kelompok produk agregat yang dapat direncanakan bersama untuk mengurangi kompleksitas perencanaan.

Pertimbangkan beberapa contoh. Zara memproduksi lebih dari 12.000 desain produk yang berbeda setiap tahun. Barilla memproduksi lebih dari 800 jenis pasta setiap minggu. Di BMW, lebih dari 1000 varian mobil yang berbeda dirakit setiap hari. Untuk variasi produk seperti itu, keputusan perencanaan pertama harus dibuat pada tingkat agregat untuk mengelola kompleksitas.

Demikian pula sumber daya produksi, seperti mesin atau kumpulan tenaga kerja yang berbeda, dikumpulkan ke dalam mesin agregat atau sumber daya tenaga kerja. Diperlukan kehati-hatian saat menentukan agregat ini untuk memastikan bahwa rencana agregat yang dihasilkan dapat dipilah secara wajar ke dalam jadwal produksi yang layak.

Kualitas rencana agregat memiliki dampak yang signifikan terhadap profitabilitas suatu perusahaan. Rencana agregat yang buruk dapat mengakibatkan hilangnya penjualan dan kehilangan keuntungan jika persediaan dan kapasitas yang tersedia tidak dapat memenuhi permintaan. Sebuah rencana agregat yang buruk juga dapat mengakibatkan sejumlah besar kelebihan persediaan dan kapasitas, sehingga meningkatkan biaya. Tujuan utama perencana agregat adalah untuk mengidentifikasi parameter operasional berikut selama cakrawala waktu tertentu (Chopra dan Meindl 2012; Heizer dan Render 2013):

- Tingkat produksi: jumlah unit yang harus diselesaikan per satuan waktu (seperti per minggu atau per bulan);
- Tenaga kerja: jumlah pekerja/unit kapasitas yang dibutuhkan untuk produksi;
- Lembur: jumlah produksi lembur yang direncanakan;
- Tingkat kapasitas mesin: jumlah unit kapasitas mesin yang dibutuhkan untuk produksi;
- Subkontrak: kapasitas subkontrak yang diperlukan selama jangka waktu perencanaan;
- Backlog: permintaan yang tidak terpuaskan pada periode terjadinya, tetapi terbawa ke periode mendatang;

- Persediaan di tangan: persediaan yang direncanakan dibawa selama berbagai periode di cakrawala perencanaan.

Seorang perencana agregat memerlukan informasi berikut:

- Unit keseluruhan yang logis untuk mengukur penjualan dan output;
- Prakiraan permintaan untuk periode perencanaan menengah dalam istilah agregat ini;
- Sebuah metode untuk menentukan biaya;
- Sebuah model yang menggabungkan prakiraan dan biaya sehingga keputusan penjadwalan dapat dibuat untuk periode perencanaan;
- Hasil perencanaan kapasitas.

Dengan menggunakan informasi ini, perusahaan membuat penentuan berikut melalui perencanaan agregat:

- Kuantitas produksi dari waktu reguler, lembur, dan waktu subkontrak: digunakan untuk menentukan jumlah pekerja dan tingkat pembelian Supplier;
- Persediaan yang dimiliki: digunakan untuk menentukan ruang gudang dan modal kerja yang dibutuhkan;
- Kuantitas backlog/stockout: digunakan untuk menentukan tingkat layanan pelanggan;
- Tenaga Kerja Dipekerjakan/Diberhentikan: digunakan untuk menentukan masalah ketenagakerjaan yang akan dihadapi;
- Peningkatan/penurunan kapasitas mesin: digunakan untuk menentukan apakah peralatan produksi baru harus dibeli atau tidak digunakan.

Untuk mencocokkan permintaan dan penawaran pada tingkat agregat, perusahaan dapat

- Gunakan inventaris untuk menyerap perubahan permintaan;
- Mengakomodasi perubahan dengan memvariasikan ukuran tenaga kerja;
- Gunakan paruh waktu, lembur, atau waktu menganggur untuk menyerap perubahan;
- Gunakan subkontraktor dan pertahankan tenaga kerja yang stabil;
- Mengubah harga atau faktor lain untuk mempengaruhi permintaan.

Penerapan metode ini menghasilkan pilihan yang berbeda untuk perencanaan agregat.

12.4 PILIHAN UNTUK PERENCANAAN AGREGAT

Secara umum, perusahaan berusaha menggunakan kapasitas dan persediaannya untuk memenuhi permintaan dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu, pertukaran mendasar yang relevan bagi seorang perencana meliputi:

- Kapasitas (waktu reguler, lembur, subkontrak)
- Inventaris
- Backlog/penjualan yang hilang karena keterlambatan.

Pada dasarnya ada tiga pilihan perencanaan agregat yang berbeda untuk mencapai keseimbangan antara biaya-biaya ini. Pilihan ini melibatkan *trade-off* antara investasi modal, ukuran tenaga kerja, jam kerja, persediaan, dan backlog/penjualan yang hilang. Sebagian besar opsi yang benar-benar digunakan seorang perencana adalah kombinasi dari ketiganya dan disebut sebagai strategi yang disesuaikan. Ketiga opsi tersebut adalah sebagai berikut:

- Opsi kapasitas
- Opsi permintaan
- Pilihan campuran.

Pilihan kapasitas didasarkan pada asumsi bahwa kapasitas produksi dapat diubah sesuai dengan fluktuasi permintaan.

> *Pertama*, tingkat persediaan dapat diubah untuk meningkatkan persediaan pada periode permintaan rendah untuk memenuhi permintaan tinggi di

masa depan. Kelemahan dari kebijakan tersebut adalah bahwa hal itu meningkatkan biaya yang terkait dengan penyimpanan, asuransi, penanganan, usang, dan investasi modal. Selain itu, kekurangan dapat berarti kehilangan penjualan karena waktu tunggu yang lama dan layanan pelanggan yang buruk.

Kedua, adalah mungkin untuk mengubah kapasitas dengan memvariasikan ukuran tenaga kerja dengan mempekerjakan atau memberhentikan. Hal ini memungkinkan tingkat produksi untuk disesuaikan dengan permintaan, tetapi menciptakan biaya pelatihan dan pemisahan dari mempekerjakan dan memberhentikan pekerja. Pekerja baru mungkin memiliki produktivitas yang lebih rendah.

Ketiga, memvariasikan tingkat produksi melalui lembur dimungkinkan. Ini akan memungkinkan tenaga kerja yang konstan, tetapi lembur bisa mahal dan dapat menurunkan produktivitas. Selain itu, ruang lembur sangat terbatas; mungkin sulit untuk memenuhi peningkatan permintaan yang besar. Keempat, subkontrak dapat digunakan sebagai tindakan sementara selama periode permintaan puncak. Biasanya, ini adalah pilihan yang mahal dengan masalah koordinasi dalam hal kualitas dan waktu pengiriman.

Opsi permintaan didasarkan pada asumsi bahwa adalah mungkin untuk mengalihkan permintaan ke periode yang lambat atau menggunakan iklan atau promosi untuk meningkatkan permintaan pada periode rendah. Opsi permintaan mencakup (1) waktu tunggu yang lebih lama selama periode permintaan tinggi dan (2) pencampuran produk dan layanan yang berlawanan dengan musim. Dengan kata lain, opsi permintaan digunakan untuk menemukan keseimbangan antara penawaran dan permintaan dengan memengaruhi permintaan.

Contoh anekdot dapat diberikan di sini sebagai ilustrasi. Di sebuah restoran Rusia di Pantai Brighton, juru masak berteriak kepada pelayan, "Pelmeni sudah siap!" Pelayan menjawab, “Tidak ada yang memesan pelmeni?!” Si juru masak menjawab, “Kalau begitu pergilah dan tanyakan pada para tamu: mungkin seseorang ingin memesannya!”

Opsi campuran menggabungkan elemen dari opsi kapasitas dan permintaan. Opsi campuran yang umum adalah sebagai berikut:

- Strategi kejar dan
- Strategi tingkat.

Strategi pengejaran didasarkan pada penggunaan kapasitas sebagai pengungkit. Dengan bantuan strategi ini, kami mencocokkan tingkat output dengan perkiraan permintaan untuk setiap periode. Biasanya, kita dapat memvariasikan tingkat tenaga kerja atau tingkat produksi. Strategi seperti itu umum dalam organisasi jasa.

Strategi level didasarkan pada penggunaan inventaris sebagai pengungkit. Dengan bantuan strategi ini, tenaga kerja yang stabil dan kapasitas mesin dipertahankan dengan tingkat output yang konstan. Sementara produksi harian stabil, kami menggunakan persediaan sebagai penyangga. Produksi yang stabil cenderung mengarah pada kualitas dan produktivitas yang lebih baik.

Metode untuk Perencanaan Agregat

Metode untuk perencanaan agregat dapat didasarkan pada pengetahuan empiris dari para perencana atau pada model matematika. Karena jumlah kemungkinan kombinasi dari metode yang berbeda sangat tinggi, model matematika akan cenderung menghasilkan hasil yang lebih baik. Tetapi dalam banyak kasus, konstruksi model seperti itu sulit, karena banyak faktor "lunak" harus diperhitungkan. Salah satu metode kuantitatif dasar untuk S&OP adalah

program linier, yang memungkinkan alokasi sumber daya yang optimal untuk permintaan dengan tunduk pada batasan kapasitas. Kami akan mempertimbangkan program linier dalam bab terpisah. Di sini kita membatasi diri pada pertimbangan metode empiris.

Tabel 12.1 Perkiraan permintaan

Minggu t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Perminyaan yt	190	230	260	280	210	170	160	260	180	1940

Tugas 12.1 Perencanaan Penjualan dan Operasi

Anda harus menyiapkan rencana agregat untuk produksi skateboard yang akan mencakup sembilan periode (Tabel 12.1): Anda memiliki 20 pekerja dengan kapasitas (output) masing-masing 10 skateboard sebulan. Biaya produksi adalah 6, biaya penyimpanan persediaan adalah 5, dan biaya backlog adalah 10 per unit. Lembur dan subkontrak tidak digunakan. Namun, dalam hal ini permintaan tidak dapat ditutupi oleh kapasitas yang ada. Anda memiliki kemungkinan untuk mempekerjakan dua pekerja tambahan. Untuk menghindari kelebihan produksi 40 skateboard, Anda memutuskan untuk mempekerjakan pekerja kedua hanya untuk 5 bulan pertama. Biaya kedua pekerja ini adalah 500.
Kami membuat rencana agregat dan biaya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.2, dihitung dengan asumsi berikut:

- Biaya persediaan dihitung untuk persediaan rata-rata di tangan; rata-rata persediaan di tangan dihitung 50% dari jumlah persediaan pada awal dan akhir setiap bulan;
- Pelanggan kami dapat menunggu: kami dapat menjual produk di periode selanjutnya untuk menutupi permintaan periode sebelumnya, tetapi untuk setiap periode kami menghitung biaya simpanan.

Total biaya paket ini adalah 14.790 ribu rupiah. Untuk membuat penilaian tentang kualitasnya, Anda harus mempertimbangkan setidaknya dua opsi lain.

Opsi (1) Anda dapat memperkenalkan kapasitas fleksibel untuk menutupi perbedaan antara output dan permintaan di setiap bulan. Ini akan dikenakan biaya tambahan 4000. (Catatan: di sini Anda tidak memerlukan perhitungan tabel).

Jawaban: Dalam hal ini, permintaan dan volume produksi adalah sama, dan tidak ada simpanan atau persediaan. Namun, total biaya dalam kasus ini adalah 15.640. Oleh karena itu, opsi fleksibilitas ini lebih mahal daripada opsi pertama.

Opsi (2) Anda memutuskan untuk melakukan subkontrak daripada mempekerjakan dua pekerja. Supplier dapat mengirimkan 50 unit dalam bulan ke 3, 5 dan 7 dengan harga 7 per unit.

Jawaban: lihat Tabel 12.3. Opsi ini juga kurang efisien dibandingkan dengan yang pertama. Untuk membuat subkontrak menguntungkan, itu harus digunakan untuk periode dengan backlog terbesar (4)–(6).

Tabel12.2 Penjualan dan rencana operasi

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Perkiraan permintaan	190	230	260	280	210	170	160	260	180	1940
Produksi										
Reguler Lembur Kontrak tambahan	220	220	220	220	220	210	210	210	210	1940
Kekurangan/kelebihan	+30	−10	−40	−60	+10	+40	+50	−50	+30	0
Inventaris										
Awal	0	30	20	0	0	0	0	20	0	
Akhir	30	20	0	0	0	0	20	0	0	
Rata-rata	15	25	10	0	0	0	10	10	0	70
Jaminan simpanan	0	0	20	80	70	30	0	30	0	230
Biaya										
Produksi	1320	1320	1320	1320	1320	1260	1260	1260	1260	11,640
Inventaris	75	125	50	0	0	0	50	50	0	350
Jaminan simpanan	0	0	200	800	700	300	0	300	0	2300
Biaya total	1395	1445	1570	2120	2020	1560	1310	1610	1260	14,290

Tabel 12.3 Hasil perhitungan S&OP

190	230	260	280	210	170	160	260	180	1940
200	200	200	200	200	200	200	200	200	1800
		50		50		50			150
10	−30	−10	−80	40	30	90	−60	20	10
0	10	0	0	0	0	0	50	0	
10	0	0	0	0	0	50	0	10	
5	5	0	0	0	0	25	25	5	65
0	20	30	110	70	40	0	10	0	280
1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	10,800
0	0	350	0	350	0	350	0	0	1050
25	25	0	0	0	0	125	125	25	325
0	200	300	1100	700	400	0	100	0	2800
1225	1425	1850	2300	2250	1600	1675	1425	1225	14,975

12.5 PERENCANAAN PENJUALAN DAN PRODUKSI DENGAN PEMROGRAMAN LINIER

Deskripsi Masalah

Dalam SOP, jumlah dan kapasitas produksi secara keseluruhan telah ditentukan. Langkah selanjutnya adalah memutuskan bauran produk dalam volume agregat ini. Fungsi tujuannya adalah untuk memaksimalkan keuntungan. Kapasitas terbatas dan permintaan diketahui: ini adalah kendala.

Pertimbangkan sebuah contoh. Permintaan Januari untuk jendela plastik tipe A dan Bisdiperkirakan masing-masing 100 dan 150 unit. Kapasitas yang tersedia adalah 1000 unit waktu. Harganya 6juta untuk jendela tipe A dan 5juta untuk jendela tipe B. Untuk satu unit A dan B, dibutuhkan lima dan empat unit kapasitas. Untuk produksi A dan B, komponen #1 dan #2 diperlukan dalam proporsi masing-masing 40/60 dan 70/30. Komponen ini tersedia dalam stok masing-masing dengan 130 dan 90 unit. Produksi A dan B menyiratkan biaya bahan dan produksi masing-masing 4,8 juta dan 3,5 juta, untuk setiap unit.

Pertimbangkan contoh lain. Penjual grosir hanya berurusan dengan dua jenis jus.Urutan A ditangani dalam barel 20L. Urutkan B ditangani dalam kotak penuh 10L per box. Karena tidak ada bahan kimia tambahan yang digunakan, penyimpanan berpendingin diperlukan. Kapasitas lemari es ini adalah 10.000 unit. Waktu penyimpanan maksimal adalah 1 bulan. Produsen jus A mampu mengirimkan 450 barel per bulan maks. Produsen jus B mampu mengirimkan maksimal 400 kotak dalam sebulan. Keuntungan dari penjualan satu barel adalah 18 ribu dan untuk satu kotak yang terjual adalah 36ribu.

Kedua perusahaan harus memutuskan jumlah A dan B untuk memaksimalkan keuntungan mereka tergantung pada kendala permintaan dan kapasitas. Masalah tersebut dapat direpresentasikan sebagai masalah optimasi linier dengan beberapa variabel keputusan dan kendala. Tujuan kami dalam paragraf ini adalah untuk mempelajari cara:

- mewakili jenis masalah manajemen dalam bentuk model optimasi; dan
- memecahkan model ini secara analitis dan grafis.

Tentu saja, dalam kehidupan nyata jumlah variabel keputusan (yaitu, jumlah produk) sangat tinggi. Untuk menyederhanakan penjelasan, kami akan mempertimbangkan kasus dengan dua variabel (yaitu, produk A dan B).

Metode: Pemrograman Linier

Pemrograman linier/*Linier Programming*(LP) adalah alat analisis kuantitatif yang banyak digunakan yang mendukung keputusan SCOM tentang mengalokasikan sumber daya yang tersedia sesuai permintaan untuk memaksimalkan keuntungan atau meminimalkan biaya (misalnya, dalam masalah transportasi). Berikut ini adalah karakteristik untuk model LP dan menjelaskan persyaratan dan asumsinya:

- fungsi tujuan yang menggambarkan tujuan manajemen (misalnya, maksimalisasi keuntungan);
- kendala yang membatasi sejauh mana kita dapat mengejar tujuan kita;
- cara-cara alternatif untuk alokasi sumber daya;
- baik tujuan dan kendala harus dinyatakan sebagai fungsi linier.

Mari kita merumuskan model LP untuk dua kasus yang dijelaskan di atas. Untuk kasus dengan jendela plastik, tujuannya adalah untuk memaksimalkan keuntungan. Kita dapat menyatakan fungsi tujuan umum berikut:

Persamaan 12.1

$$Z = \sum_{i=1}^{n} p_i * x_i \rightarrow \ atau\ Z\ = P_A * x_A + P_B * x_B \rightarrow max!$$

di mana P_A dan p_B dan x_A dan x_B masing-masing adalah keuntungan dan jumlah produk A dan B. Karena harga untuk A adalah 60 dan biaya variabelnya adalah 48, p_A = 12. Demikian pula, p_B = 15. Kita dapat menulis ulang fungsi tujuan sebagai berikut:

Persamaan 12.2

$$Z=12x_A+ 15x_B \rightarrow max!$$

Berapakah nilai maksimum yang mungkin dari fungsi tujuan? Tanpa kendala apapun, keuntungan bisa menjadi tidak terbatas jika kita memutuskan untuk memproduksi produk B dalam jumlah yang tidak terbatas. Namun, kita memiliki permintaan dan kapasitas yang terbatas dan oleh karena itu harus mempertimbangkan sistem kendala. Solusi untuk sistem kendala ini akan memungkinkan kita untuk menemukan jumlah seperti x_A dan x_B, sehingga nilai Z akan menjadi keuntungan maksimal yang mungkin di bawah batasan, harga, dan biaya yang dipertimbangkan.

Sistem kendala secara umum bentuk dapat ditulis sebagai berikut:

Persamaan 12.3

$$Kapasitas\ Produksi: \sum_{i=1}^{n} c_i * x_i \leq\ C_{total}\ atau\ C_A * x_A + C_B *\ x_B \leq C_{total}$$

Persamaan 12.4

$$Permintaan:\ x_A \leq D_A;\ x_B \leq D_B$$

Persamaan 12.5

$$Kendala\ non-negatif: x_A, x_B \geq 0$$

di mana

C_A dan C_B adalah jumlah unit kapasitas yang dibutuhkan untuk produksi masing-masing satu unit A dan B.

C_{total} adalah keseluruhan kapasitas yang tersedia, dan.

D_A dan D_B masing-masing adalah permintaan untuk A dan B.

Oleh karena itu, sistem batasan untuk kasing dengan jendela plastik dapat ditulis sebagai berikut:

Persamaan 12.6

$$Kapasitas\ Produksi:\ 5x_A + 4x_B \leq 1000$$

Persamaan 12.7

$$Permintaan:\ x_A \leq 100;\ x_B \leq 150$$

Persamaan 12.8

$$Kendala\ not\ negatif:\ x_A, x_B \geq 0$$

Batasan tambahan untuk komponen:

Persamaan 12.9

Komponen 1: $0.4_A + 0.7x_B \leq 130$; Komponen 2: $0.6x_A + 0.3x_B \leq 90$

Demikian pula, kita dapat memformulasi model LP untuk kasus dengan pedagang grosir jus (Persamaan 12.10-12.14):

Persamaan 12.10

$$Fungsi\ obyektif:\ Z = 1x_A + 2x_B \rightarrow max!$$

Persamaan 12.11

$$Kapasitas\ Penyimpanan:\ 20x_A + 1 - x_B \leq 10.000$$

Suplai:

Persamaan 12.12

$$x_A \leq 450$$

Persamaan 12.13

$$x_B \leq 400$$

Persamaan 12.14

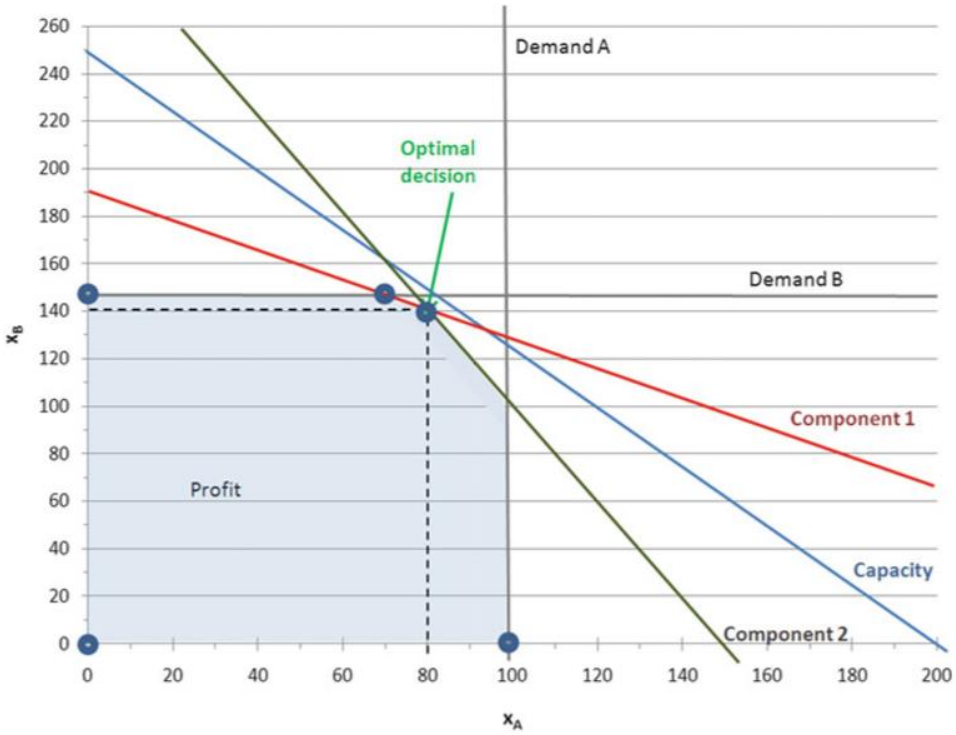
$$Kendala\ not\ negatif:\ x_A, x_B \geq 0$$

Wawasan Praktis

Untuk model LP seperti itu, ada teknik solusi yang berbeda. Dalam kasus kehidupan nyata, perangkat lunak khusus, seperti CPLEX, Lindo, AMPL, Matlab, GAMS, Gurobi, XPRESS, dll., digunakan. Semua perangkat lunak ini menerapkan algoritme solusi berdasarkan metode simpleks dan teknik komputasi canggih modern. LP benar-benar alat kerja yang digunakan dalam praktik.

Solusi Grafis

Dalam paragraf ini, kami akan mempertimbangkan metode solusi grafis untuk model LP. Pertama, kita harus mengidentifikasi satu set solusi yang layak. Untuk melakukan ini, kami memplot kendala pada grafik. Variabel x_A dan x_B masing-masing diplot sebagai sumbu horizontal dan vertikal. Pertimbangkan solusi untuk kasing dengan jendela plastik. Untuk memplot garis untuk Persamaan. (12.6), kita perlu mendefinisikan titik-titik di mana garis $5x_A + 4x_B \leq 1000$ memotong sumbu x_A dan x_B. Ketika $x_A=0$, $x_B = 250$. Ketika $x_B = 0$, $x_A = 200$. Demikian pula, kami melakukan ini untuk garis yang tunduk pada Persamaan. (12.9), lihat Gambar 12.6.



Gambar 12.6 Solusi grafis untuk masalah LP dengan bantuan metode titik sudut

Dapat diamati bahwa daerah yang layak dibentuk oleh empat garis: permintaan A, permintaan B, komponen #1, dan komponen #2. Menurut metode solusi titik sudut, solusi optimal dimiliki oleh salah satu titik sudut di daerah fisibel. Misalnya, ambil titik (10;0). Untuk titik ini keuntungannya adalah 12 x 100 + 15 x 0 = 1200. Kita harus menghitung keuntungan pada titik sudut yang berbeda. Setelah melakukan ini, kita akan mendapatkan keuntungan maksimal pada x_A = 80 dan x_B = 140 unit. Fungsi tujuan dalam hal ini adalah 12 x 80 + 15 x 140 = 3060 juta. Kami juga dapat mengamati bahwa hanya 960 dari 1000 unit kapasitas yang tersedia yang akan digunakan. Ini karena jumlah komponen yang terbatas.

Pertimbangkan kasus kedua tentang grosir jus. Kami memplot kendala dengan cara yang sama seperti untuk kasus pertama, tetapi menyelesaikan tugas ini dengan bantuan metode lain, yaitu metode garis iso-profit (lihat Gambar 12.7 dan 12.8). Kami mendefinisikan variabel keputusan untuk produk A dan B masing-masing sebagai x_1 dan x_2. Batasan (12.11)–(12.13) masing-masing ditandai sebagai NB1–NB3.

Setelah menentukan daerah fisibel, garis iso-profit sekarang digunakan untuk mencari solusi optimal. Kita mulai dengan membiarkan laba sama dengan jumlah yang berubah-ubah, yaitu memilih nilai yang relatif kecil. Dalam contoh kita, dengan membiarkan keuntungan menjadi 500, kita mendapatkan garis iso-profit G500 (lihat Gbr. 12.8). Semakin jauh kita memindahkan garis iso-profit dari titik asal, semakin tinggi keuntungan kita. Dalam kasus kami, kemungkinan keuntungan tertinggi sebesar 1100 akan dicapai pada x_1=300 dan x_2 = 400.

Wawasan Praktis

Di SCOM, manajer biasanya tertarik tidak hanya pada solusi optimal, tetapi juga pada penilaian ketahanannya, karena banyak risiko dan ketidakpastian dapat memengaruhi parameter input, seperti kapasitas, suplai material, dan permintaan. Analisis tentang seberapa sensitif solusi optimal terhadap perubahan permintaan dan penawaran disebut analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas adalah alat standar dalam pemecah LP.

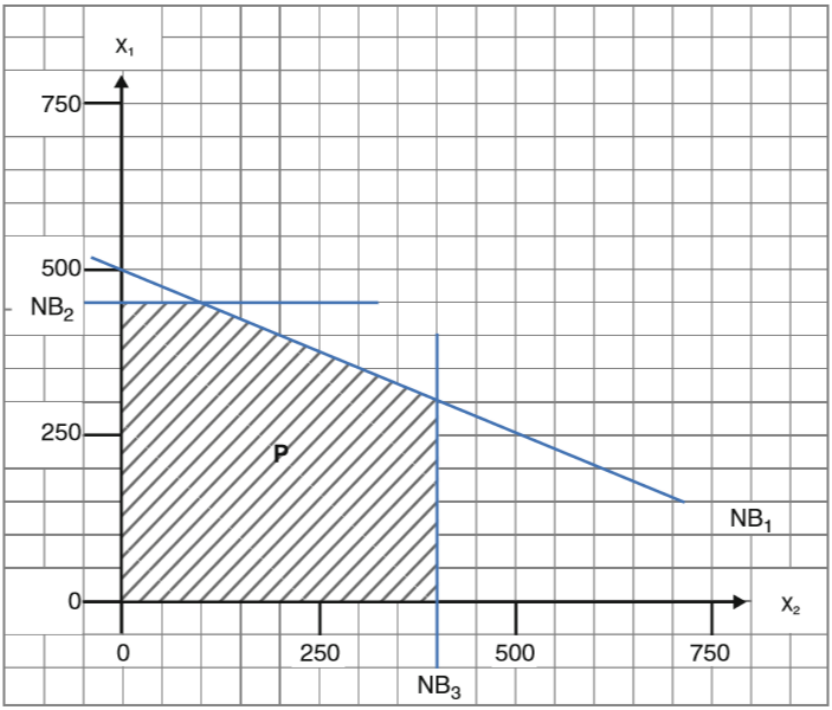
12.6 JADWAL PRODUKSI INDUK DAN PERENCANAAN BERGULIR

Jadwal Produksi Induk

Jadwal produksi induk (MPS) menentukan apa yang harus dibuat dan kapan sesuai dengan rencana produksi agregat. MPS merupakan hasil utama dari proses perencanaan produksi. Jika perencanaan agregat bekerja dengan keluarga produk, MPS memisahkan mereka. MPS didirikan dalam hal produk tertentu. Misalnya, perencanaan agregat menetapkan bahwa 2000 tabel harus diproduksi pada bulan Agustus. MPS menetapkan bahwa pada minggu pertama akan diproduksi 600 meja, pada minggu kedua 400 meja, pada minggu ketiga 700 meja, dan pada minggu keempat akan diproduksi 300 meja.

Wawasan Praktis

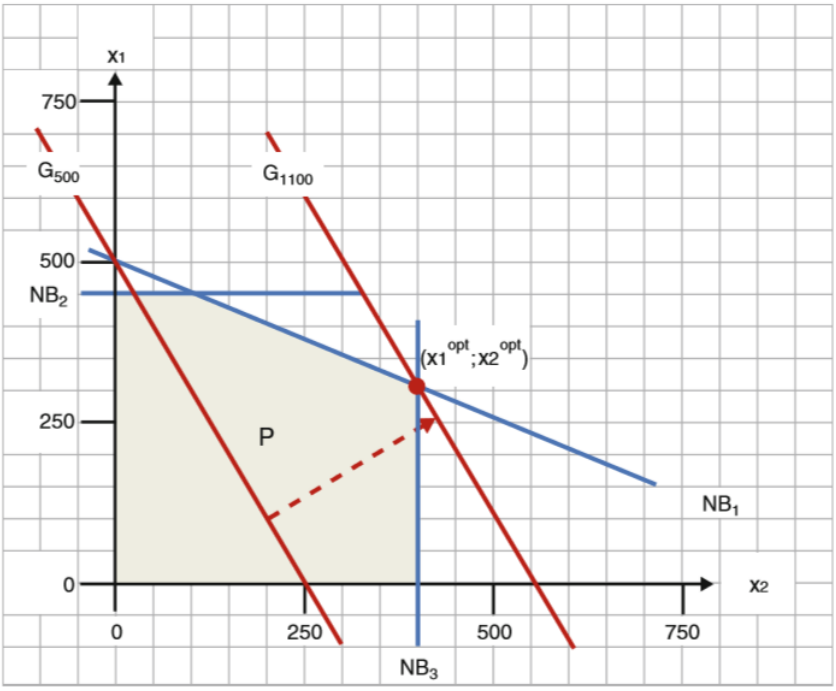
Dalam praktiknya, MPS cukup sering diperbaiki atau "dibekukan" di bagian akhir dari rencana. Misalnya, di industri otomotif, konsep yang disebut "rantai mutiara" digunakan. Urutan produksi mobil ditetapkan selama 7 hari dan tetap tidak berubah di seluruh siklus produksi. Hal ini memungkinkan efisiensi manufaktur ditingkatkan, keseimbangan kapasitas ditingkatkan, dan proses perencanaan dibuat lebih nyaman bagi para manajer.



Gambar 12.7 Wilayah yang layak dalam masalah LP

Perencanaan bergulir

Perencanaan pada tingkat MPS biasanya dilakukan dalam mode horizontal atau mode horizontal (adaptif). Perencanaan bergulir adalah proses perencanaan (re)planning, dan kontrol yang berkelanjutan, digerakkan oleh peristiwa, waktu nyata. Itu tidak hanya sederhana slot waktu terbuka (perencanaan dalam kontras ke inkremental), tetapi juga menggunakan perubahan rencana yang didorong oleh konflik selama eksekusi sistem (lihat Gambar 12.9). Perencanaan bergulir (atau adaptif) adalah metode perencanaan di mana rencana dimodifikasi secara berkala oleh perubahan parameter sistem atau karakteristik kontrol yang memengaruhi dasar umpan balik informasi tentang keadaan sistem saat ini, masa lalu, dan perkiraan yang diperbarui untuk masa depan.



Gambar 12.8 Solusi untuk masalah LP dengan bantuan garis iso-profit

Dalam perencanaan adaptif, ketepatan keputusan perencanaan berkurang dengan menjauh dari titik keputusan (lihat Gambar 12.9 dan 12.10). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.9 dan 12.10, keputusan perencanaan menjadi lebih kabur dengan bertambahnya jarak dari titik pengambilan keputusan. Ini dapat ditafsirkan sebagai urutan corong yang saling disisipkan. Pada interval tertentu, rencana diperbarui, bagian "kabur" dari rencana menjadi tepat, dan corong baru untuk kursus proses lebih lanjut muncul.

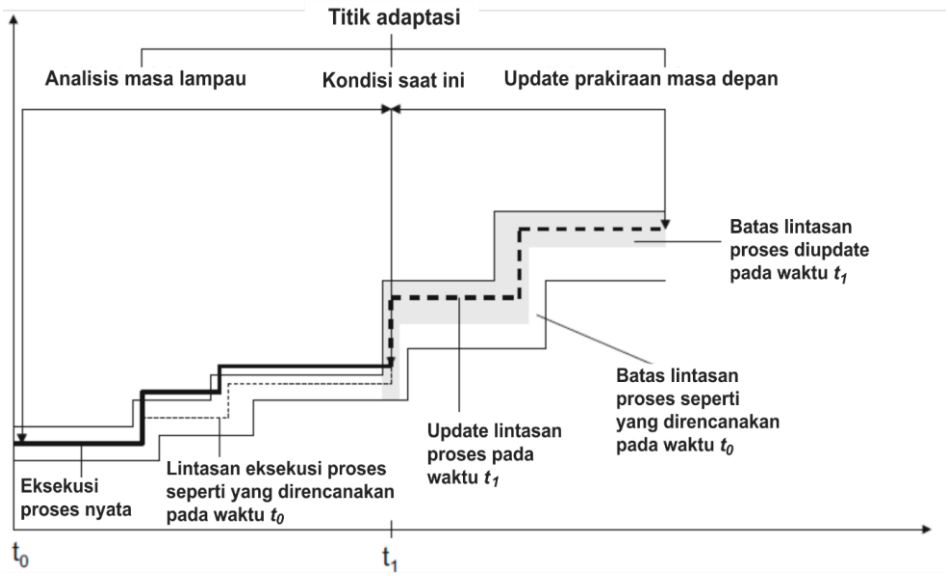
Pendekatan semacam itu memberikan fleksibilitas yang diperlukan sehubungan dengan dinamika dan ketidakpastian. Oleh karena itu, perencanaan adaptif menyiratkan pemecahan masalah dan redefinisi melalui proses pembelajaran, bukan pemecahan masalah. Hal ini memungkinkan kita untuk menafsirkan perencanaan dan penjadwalan bukan sebagai operasi diskrit, tetapi sebagai proses adaptif yang berkelanjutan. Prosedur perencanaan adaptif dapat saling berhubungan dengan prosedur adaptif. Hal ini memungkinkan reaksi terhadap gangguan di SC (peraturan yang tidak direncanakan), yaitu perencanaan ulang secara *real-time.*

Jika tidak ada informasi yang cukup lengkap tentang sistem dan dinamika operasi, operasi dan peristiwa kunci tertentu harus ditentukan, di mana ketidakpastian keadaan tidak memungkinkan rencana operasi terbentuk. Akibatnya, sejumlah skenario dinamika operasi alternatif dapat diuraikan. Selanjutnya, seiring waktu, keadaan operasi yang tidak pasti (pada saat perencanaan) menjadi pasti dan memiliki karakteristik (parameter) tertentu.

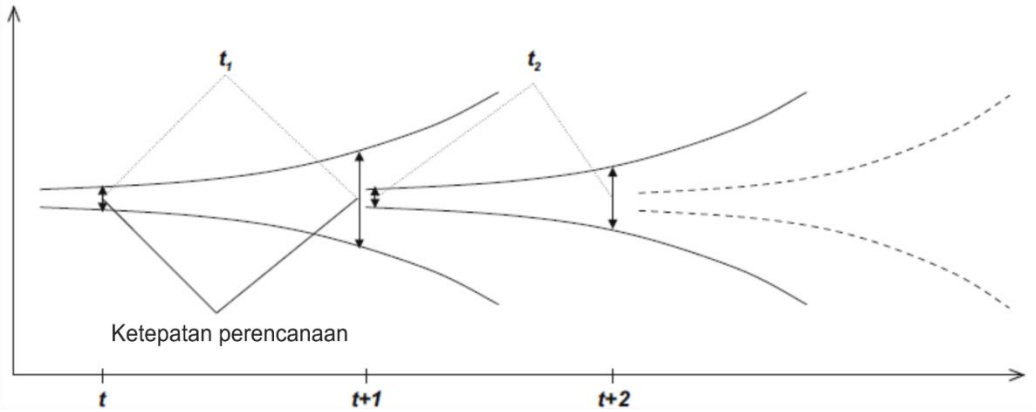
Perencanaan Kebutuhan Material

Masing-masing dari kita terkadang membeli furnitur yang harus dirakit di rumah. Untuk bantuan, kami mendapatkan petunjuk yang menjelaskan kepada kami:

- Barang apa yang terkandung dalam paket dan dalam jumlah berapa;
- Bagaimana barang-barang ini dapat dirakit;
- Item mana yang diperlukan untuk sub-perakitan;
- Di urutan mana kita harus melakukan sub-rakitan dan perakitan akhir;
- Berapa banyak waktu yang dibutuhkan untuk sub-rakitan dan perakitan akhir.



Gambar 12.9 Logika perencanaan adaptif



Gambar 12.10 Ketepatan keputusan perencanaan

Anda dapat mengamati dari instruksi perakitan bahwa:

- Kami memiliki daftar bahan yang dibutuhkan dan keterkaitannya;
- Kami dapat menentukan jumlah barang yang dibutuhkan untuk perakitan furnitur.

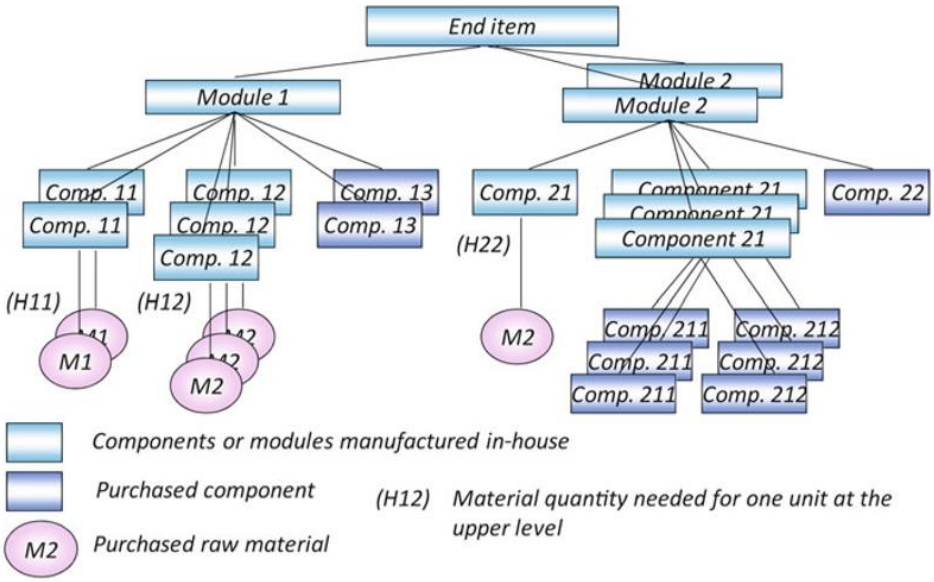
Dalam hal manajemen operasi, kami akan menggambarkan kasus ini sebagai berikut:

- Kami memiliki bill of material (BOM).
- Kami telah melakukan perencanaan kebutuhan material (MRP).

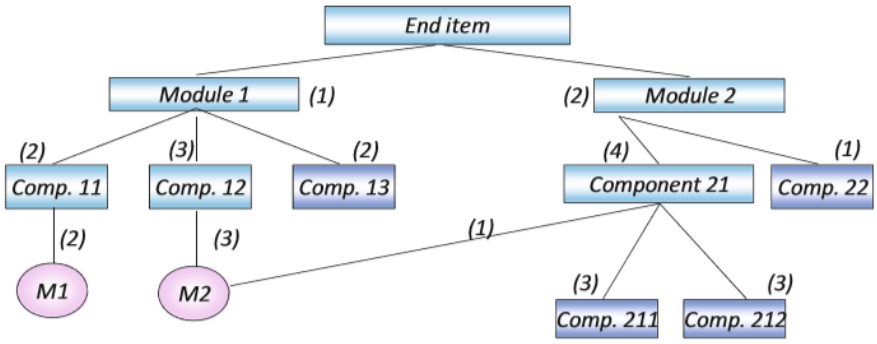
Jika permintaan untuk satu item terkait dengan permintaan untuk item lain, kami menyebutnya permintaan dependen. Mengingat kuantitas untuk item akhir, permintaan untuk semua bagian dan komponen dapat dihitung. Untuk setiap produk yang jadwalnya dapat ditetapkan, teknik permintaan dependen harus digunakan. Teknik yang paling umum di bidang ini adalah BOM dan MRP.

Bill of material

Pertama, BOMisalist komponen, bahan, dan bahan yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk. Kedua, BOM menyediakan struktur produk (lihat Gambar 12.11). Struktur ini dapat ditulis ulang dengan lebih sederhana jika kita menggambarkan jumlah item yang dibutuhkan untuk satu unit di tingkat atas (lihat Gambar 12.11). Dari struktur produk, kita dapat menentukan berapa banyak item yang dibutuhkan pada tingkat BOM yang berbeda (Gbr. 12.12) (lihat Tabel 12.4).



Gambar 12.11 Struktur produk akhir



Gambar 12.12 Struktur produk akhir dengan jumlah barang

Hal ini penting untuk sinkronisasi manufaktur dan pengadaan karena kami dapat memproduksi barang di tingkat atas hanya setelah barang dari tingkat bawah dibeli atau diproduksi. Dari struktur produk, kita juga dapat menentukan jumlah total item yang salah. Jika kita melakukan prosedur ini, kita akan meledakkan BOM. Untuk struktur yang diberikan, kita dapat meledakkan BOM seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.5.

Pertimbangkan sebagai contoh persyaratan total untuk material #2 (M2). Tiga buah diperlukan untuk satu komponen #12. Pada gilirannya, tiga bagian komponen #12 diperlukan untuk satu modul #1, dan satu modul #1 diperlukan untuk satu item akhir. Jadi permintaan dependen pada M2 sekarang adalah 3 x 3 = 9 buah. Selain itu, dibutuhkan satu buah M2 untuk satu komponen#21, dan empat komponen#21 diperlukan untuk satu modul #2.Dua modul#2 diperlukan untuk satu item akhir. Jadi permintaan dependen M2 sekarang adalah 99 + 14 x 2 = 17 buah.

Meledaknya BOM penting untuk manufaktur dan pengadaan dan menentukan jumlah agregat untuk produksi dan pembelian. Data ini diperlukan untuk perencanaan produksi dan pengadaan.

Wawasan Praktis

Dalam praktiknya, perhitungan BOM adalah tugas yang kompleks. Sebuah Mercedes-Benz (SL) terdiri dari hampir 9100 item. Dibutuhkan 600 kg baja dan 25 kg warna. Sebuah Airbus terdiri dari rata-rata lebih dari 4000 item. Bahkan jika hanya satu item

yang hilang, keterlambatan pengiriman dan produksi dapat terjadi. Perhitungan BOM dan MRP otomatis dalam sistem ERP. Untuk produk yang sangat kompleks, prosedur ini terintegrasi dalam sistem CAD (desain berbantuan komputer) dan PDM (manajemen data produk). Selain itu, yang disebut modul BOM adalah tipikal untuk produk yang kompleks. Ini berarti bahwa BOM dibuat secara terpisah untuk setiap modul.

Perhitungan MRP

Dengan bantuan BOM, struktur produk ditentukan. Namun, pembuatan dan pengadaan barang tidak langsung terjadi. Ini membutuhkan waktu tenggang tertentu. Untuk produksi, *lead time* adalah jumlah dari *order, wait, move, setup, store*, dan *run times.* Untuk barang yang dibeli, lead time adalah waktu antara pengenalan kebutuhan dan ketersediaan barang untuk produksi. Waktu tunggu diperhitungkan untuk menghitung MRP. Untuk perhitungan MRP, data berikut diperlukan:

- MPS
- BOM
- ketersediaan persediaan
- Pesanan pembelian beredar (penerimaan terjadwal)
- Memimpin/manufaktur kali untuk setiap item.

Berdasarkan data ini, sistem MRP menghitung pesanan dari pembuatan dan pembelian (lihat Gambar 12.13).

Tabel 12.4 Tingkat BOM

Level				Item	Kuantiitas
0				Item akhir	1
	1			Modul 1	1
		3		Komponen 11	2
			3	Material 1	2
		2		Komponen 12	3
			3	Material 2	3
		2		Komponen 13	2
	1			Mocul 2	2
		2		Komponen 21	4
			3	Komponen 211	3
			3	Komponen 212	3
			3	Material 2	1
		2		Komponen 22	1

Tabel 12.5 Meledak BOM

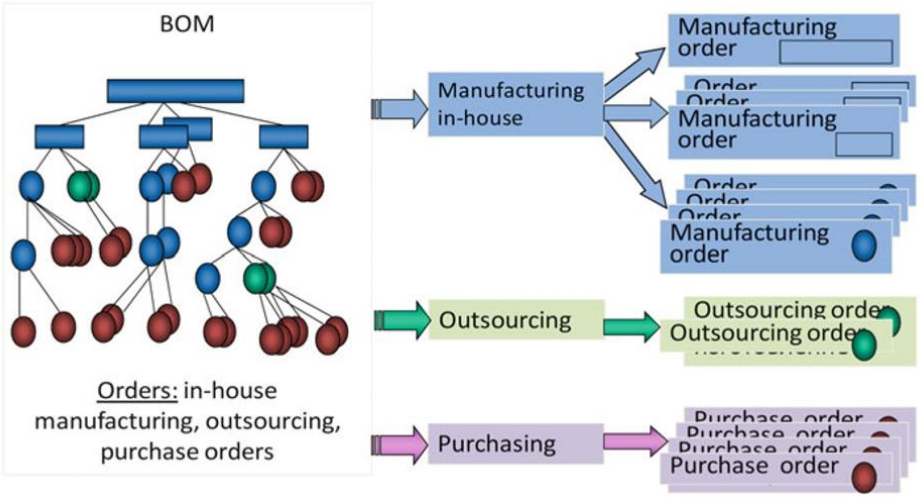
Item	Kuantitas
Item akhir	1
Modul 1	1
Modul 2	2
Komponen 11	2
Komponen 12	3
Komponen 13	3
Komponen 21	8
Komponen 22	2
Komponen 211	24

Komponen 212	24
Material 1	4
Material 2	17

Perhitungan MRP didasarkan pada algoritma berikut:

1. Dari meledaknya BOM, apa yang disebut persyaratan kotor pada item didefinisikan mulai dari tingkat atas ke tingkat yang lebih rendah.
2. Dengan mempertimbangkan ketersediaan persediaan dan pesanan pembelian yang beredar (penerimaan terjadwal), persyaratan bersih dapat ditentukan.
3. Persyaratan bersih = Persyaratan kotor - (ketersediaan inventaris + penerimaan terjadwal).
4. Akhirnya, persyaratan bersih digunakan untuk menentukan waktu rilis pesanan aktual yang tunduk pada waktu tunggu. Langkah ini sering disebut "lead time offset" atau **"**time phasing".

Pertimbangkan sebuah contoh.



Gambar 12.13 Struktur sistem MRP

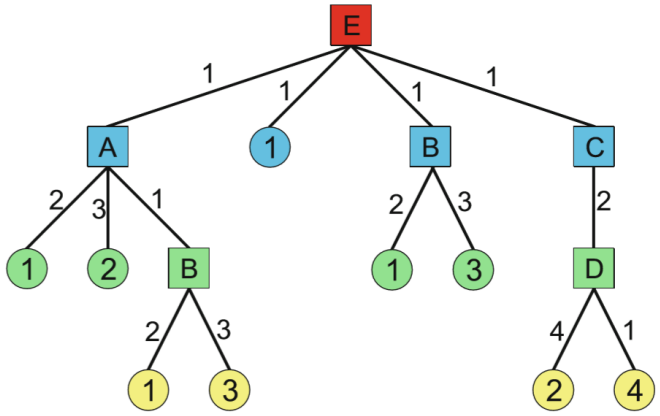
Tugas 12.2 Perhitungan MRP

Sebuah MPS untuk produk akhir disusun sebagai berikut (Tabel 12.6): Kami diberikan BOM berikut (Gambar 12.14): Kami berasumsi bahwa tidak ada persediaan yang tersedia dan tidak ada jadwal penerimaan yang direncanakan. Lead time untuk semua item adalah 1 bulan. Dalam hal ini, kebutuhan kotor sama dengan kebutuhan bersih dan berikut ini merupakan hasil perhitungan MRP (lihat Tabel 12.7).

Kami mulai dengan persyaratan bersih untuk item akhir. Data ini diambil dari MPS. Langkah selanjutnya adalah menentukan kebutuhan bersih untuk item-item pada tingkat pertama. Karena untuk semua item tepat satu bagian diperlukan untuk satu item akhir, persyaratan bersihnya identik dengan item akhir. Persyaratan bersih untuk item pada tingkat pertama harus digeser sesuai dengan waktu tunggu 1 bulan. Demikian pula, persyaratan bersih untuk item di tingkat kedua ditentukan tunduk pada persyaratan bersih dari item di tingkat pertama dan pergeseran lead-time.

Tabel 12.6 MPS untuk produk akhir

April	Mei	Juni	Juli
10	10	20	50



Gambar 12.14 BOM

Misalnya, 20 unit barang D pada periode 2 berarti kita harus memproduksi 20 unit barang D pada bulan Februari agar dapat merakit 10 unit barang akhir E pada bulan April. Dengan memproses BOM berdasarkan level, item dengan banyak induk biasanya hanya diproses sekali, menghemat waktu dan sumber daya, serta mengurangi kebingungan. Kami mengubah Tabel 12.7 sebagai berikut (lihat Tabel 12.8).

Transformasi di atas didasarkan pada agregasi kebutuhan bersih dari item yang sama pada tingkat yang berbeda di setiap periode. Misalnya, pada periode #2, kami mengumpulkan persyaratan bersih untuk item #2 dari level kedua (30) dan level ketiga (80). Kebutuhan bersih untuk butir #2 pada periode kedua adalah 110 buah. Informasi ini penting untuk perencanaan pembelian bulan Februari. Sekarang kita akan memasukkan persediaan dan penerimaan jadwal menjadi pertimbangan. Asumsikan pernyataan masalah berikut.

Tabel 12.7 Perhitungan MRP

Level	Item	Months						
		1	2	3	4	5	6	7
0	E				10	10	20	50
1	A			10	10	20	50	
	B			10	10	20	50	
	C			10	10	20	50	
	1			10	10	20	50	
2	B		10	10	20	50		
	D		20	20	40	100		
	1		40	40	80	200		
	2		30	30	60	150		
	3		30	30	60	150		
3	1	20	20	40	100			
	2	80	80	160	400			
	3	30	30	60	150			
	4	20	20	40	100			

Tugas 12.3 Perhitungan MRP

Anda diberikan MPS berikut untuk produksi meja (Tabel 12.9): Waktu tunggu untuk produksi meja adalah satu periode. Untuk menghasilkan satu meja kita membutuhkan empat kaki dan satu piring. Untuk tabel, Anda telah menerima permintaan tambahan 25 unit di periode 8, 10 unit di periode 9 dan 10, masing-masing. Kami memiliki 35 meja, 25 piring, dan 32 kaki sebagai persediaan awal. Pengecer mengumumkan akan mengirim kembali tujuh tabel pada periode 8 dan lima tabel pada periode 10. Untuk produksi piring, kami membutuhkan dua periode, dan satu periode diperlukan untuk produksi kaki.

Tabel 12.8 Perhitungan MRP

Item	Months						
	1	2	3	4	5	6	7
E				10	10	20	50
A			10	10	20	50	
B		10	20	30	70	50	
C			10	10	20	50	
D		20	20	40	100		
1	20	60	90	190	220	50	
2	80	110	190	460	150		
3	30	60	90	210	150		
4	20	20	40	100			

Pertama, kami melakukan perhitungan untuk tabel (waktu tunggu=1)(lihat Tabel12.10): Manajer sering menggunakan apa yang disebut sistem MRP loop tertutup. Hal ini memungkinkan perencana produksi untuk memindahkan pekerjaan di antara periode waktu untuk memperlancar beban atau setidaknya membawanya dalam kapasitas.

Dalam praktiknya, manajer perlu mengetahui cara mengelompokkan "rilis pesanan yang direncanakan". Memang, kami dapat memesan 400 kaki untuk bulan Juni sebagai satu pesanan besar, atau membagi pesanan ini menjadi empat pesanan masing-masing 100 unit. Di sini trade-off adalah antara memesan biaya tetap dan biaya penyimpanan persediaan. Kami akan mempertimbangkan perencanaan kuantitas pesanan dan keputusan lotizing di Bab. 13.

12.7 KESIMPULAN

Keputusan perencanaan dapat dibagi menjadi strategis, taktis, dan operatif. MRP II berarti penjabaran rencana bisnis dan prakiraan permintaan, termasuk pesanan pelanggan, ke dalam rencana produksi dan pembelian. Tujuan dari perencanaan agregat atau yang disebut perencanaan penjualan dan operasi (S&OP) adalah untuk memenuhi permintaan yang diperkirakan sambil meminimalkan biaya selama periode perencanaan. Konsep S&OP bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara permintaan dan penawaran.

Secara umum, perusahaan berusaha menggunakan kapasitas dan persediaannya untuk memenuhi permintaan dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu, trade-off mendasar yang relevan bagi seorang perencana mencakup kapasitas, inventaris, dan backlog/penjualan yang hilang karena penundaan. Tiga opsi S&OP adalah opsi kapasitas, opsi permintaan, dan opsi campuran. Opsi campuran menggabungkan elemen dari opsi kapasitas dan permintaan. Pilihan campuran yang umum adalah strategi pengejaran dan strategi level.

Tabel 12.9 Data awal

Periode	**8**	**9**	**10**
Permintaan	125	90	110

Tabel 12.10 Perhitungan MRP

Periode	4	5	6	7	8	9	10
Tuntutan					125	90	110
Permintaan tambahan					25	10	10
Persyaratan kotor					150	100	120
Inventori on-hand					35	0	0
Penerimaan terjadwal					7	0	5
Persyaratan bersih					108	100	115
Rilis pesanan yang direncanakan				108	100	115	

Pertimbangkan perhitungan untuk pelat (waktu tunggu = 2):

Periode	4	5	6	7	8	9	10
Persyaratan kotor				108	100	115	
Inventori on-hand				25	0	0	
Penerimaan terjadwal				0	0	0	
Persyaratan bersih				83	100	115	
Rilis pesanan yang direncanakan			100	115			

Pertimbangkan perhitungan untuk kaki (waktu tunggu = 1):

Periode	4	5	6	7	8	9	10
Persyaratan kotor				432	400	460	
Inventori on-hand				32	0	0	
Penerimaan terjadwal				0	0	0	
Persyaratan bersih				400	400	460	
Rilis pesanan yang direncanakan			400	400	460		

MPS menentukan apa yang harus dibuat dan kapan sesuai dengan rencana produksi agregat.Perencanaan tingkat MPS biasanya dilakukan secara bergulir atau mode cakrawala (adaptif). Jika permintaan untuk satu item tidak terkait dengan permintaan dan untuk item lain, kami menyebutnya permintaan dependen. Teknik yang paling umum di bidang ini adalah BOM dan MRP. BOM merupakan daftar komponen, bahan, dan bahan yang dibutuhkan untuk membuat produk. Kedua, dalam BOM, struktur produk didefinisikan. Namun, pembuatan dan pengadaan barang tidak serta merta terjadi. Ini membutuhkan lead time tertentu. Lead time diperhitungkan saat menghitung MRP. Sistem MRP menghitung pesanan untuk pembuatan dan pembelian.

BAB 13
MANAJEMEN INVENTARIS

13.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Pahami "tingkat layanan vs. biaya" *trade-off* dalam manajemen inventaris
- Memahami peran inventaris dalam rantai suplai
- Lakukan analisis ABC dan XYZ
- Jelaskan dan gunakan model EOQ/EPQ untuk permintaan inventaris independen
- Hitung titik pemesanan ulang
- Hitung tingkat layanan dan model inventaris probabilistik
- Jelaskan dan gunakan model lot-sizing dinamis
- Memahami dan menghitung efek agregasi inventaris
- Jelaskan konsep ATP/CTP

13.2 STUDI KASUS PENDAHULUAN: AMAZON, VOLKSWAGEN, DAN DELL

Pertukaran “tingkat layanan vs. biaya” adalah salah satu masalah terpenting dalam manajemen inventaris. Resolusinya sangat bergantung pada strategi manufaktur, sumber, distribusi, dan SC. Perhatikan tiga contoh.

Amazon

Didirikan pada tahun 1994, Amazon.com, Inc. adalah pengecer online terbesar di dunia. Ini dimulai sebagai toko buku online, tetapi telah melakukan diversifikasi selama 20 tahun terakhir dengan menjual DVD, CD, MP3, perangkat lunak, game, furnitur, makanan, mainan, dan banyak lagi. Ide dasarnya adalah bahwa setiap orang dengan akses ke internet dapat membeli sejumlah besar produk kapan saja dan mengirimkannya ke mana pun mereka inginkan (hampir) di mana saja di dunia. Aplikasi Amazon memungkinkan untuk membeli produk mereka dengan mudah dengan smartphone atau tablet.

Manajemen inventaris mereka untuk buku didasarkan pada jumlah penjualan untuk setiap buku. Buku-buku terlaris disimpan di banyak gudang regional untuk memungkinkan respons cepat bagi pelanggan di wilayah mana pun. Buku dengan jumlah penjualan yang lebih kecil disimpan hanya di beberapa gudang regional untuk mengurangi biaya persediaan. Buku bergerak paling lambat bahkan tidak ada stoknya, tetapi diperoleh langsung dari penerbit atau distributor. Melalui strategi ini, Amazon dapat mengurangi biaya inventaris untuk produk yang bergerak lambat dan memiliki tingkat layanan dan keandalan terbaik bagi pelanggan mereka.

Volkswagen

Volkswagen Didirikan di Jerman pada tahun 1937, Volkswagen menerapkan strategi SC berbasis JIT di Jerman. Ini berarti bahwa komponen dan barang dikirim ke jalur perakitan saat dibutuhkan. Hanya sejumlah kecil stok pengaman yang disimpan untuk suku cadang penting. Strategi ini membantu mengurangi biaya persediaan, transportasi, tenaga kerja, dan administrasi.

Seringkali Supplier menempatkan pabrik mereka dekat dengan pabrikan untuk mengirimkan komponen dan barang yang dibutuhkan pada saat yang tepat dan untuk mengurangi biaya transportasi mereka. Pilihan lokasi ini mengurangi risiko keterlambatan pengiriman dan kekurangan suplai. Contoh komponen JIT ini adalah dashboard dengan semua perangkat elektronik atau kursi. JIT biasanya digunakan untuk item A-, B-, X-, dan Y. Untuk C-item, Volkswagen menggunakan sistem pengisian ulang Kanban sehingga tersedia setiap saat. Barang-barang ini biasanya memiliki biaya penyimpanan persediaan yang rendah.

Berdasarkan strategi JIT dan sistem pengisian ulang Kanban, Volkswagen mampu meminimalkan biaya persediaan.

DELL

Didirikan pada tahun 1983, DELL menjalankan strategi produksi MTO. Perakitan dimulai dan bahan diisi ulang hanya setelah pelanggan memesan. Dalam model bisnis seperti itu, DELL dapat mengurangi persediaannya secara drastis. Untuk beberapa komponen, DELL memiliki 90 perputaran persediaan dalam setahun yang berarti bahwa persediaan hanya tersedia rata-rata 4 hari. Dinamika inventaris seperti itu memungkinkan Dell untuk menanggapi berbagai jumlah permintaan, memenuhi waktu tunggu yang singkat, menangani berbagai macam produk, membuat produk inovatif, dan menangani ketidakpastian suplai.

13.3 PERAN, FUNGSI, DAN JENIS INVENTARIS

Peran manajemen persediaan adalah untuk mencapai keseimbangan antara investasi persediaan dan layanan pelanggan. Persediaan adalah salah satu aset paling mahal dari banyak perusahaan, yang mewakili 50% dari total modal yang diinvestasikan. Oleh karena itu, dalam SCOM kita harus menyeimbangkan investasi persediaan dan tingkat layanan pelanggan. Inventaris memiliki fungsi yang berbeda, misalnya:

- untuk memisahkan perusahaan dan SC dari fluktuasi permintaan dan menahan stok barang yang akan memberikan pilihan bagi pelanggan;
- untuk meningkatkan fleksibilitas SC dengan menempatkan inventaris di tempat yang tepat;
- untuk melakukan lindung nilai terhadap gangguan fasilitas jika terjadi bencana alam;
- untuk memisahkan atau memisahkan berbagai bagian dari proses produksi;
- untuk mengambil keuntungan dari diskon kuantitas dan lindung nilai terhadap inflasi.

Biasanya, persediaan diklasifikasikan menurut jenis berikut:

- Bahan mentah (barang yang dibeli tetapi tidak diproses);
- *Work-in-process* (WIP) (item yang mengalami beberapa perubahan, tetapi tidak selesai);
- Pemeliharaan/perbaikan/operasi (MRO) (barang-barang yang diperlukan untuk menjaga mesin dan proses tetap produktif);
- Barang jadi (produk jadi menunggu pengiriman).

Dalam membuat keputusan dalam lingkup manajemen persediaan, dua pertanyaan dasar berikut ini diajukan untuk dipertimbangkan:

- Berapa banyak yang harus saya isi ulang?
- Kapan saya harus mengisi ulang?

Dalam menghitung jumlah persediaan, biaya berikut biasanya dipertimbangkan:

- Biaya penyimpanan (variabel)—biaya penyimpanan persediaan dari waktu ke waktu;
- Biaya pemesanan (tetap)—biaya untuk memesan dan menerima barang;
- Biaya penyetelan (tetap)—biaya untuk menyiapkan mesin atau proses untuk membuat pesanan;
- Biaya kehabisan stok (variabel)—biaya pesanan pelanggan yang hilang akibat kekurangan produk, biaya kehilangan niat baik.

Biaya penyimpanan meliputi biaya operasi, biaya tenaga kerja, biaya penanganan material, dll. dan sangat bervariasi tergantung pada bisnis, lokasi, dan tingkat suku bunga. Umumnya biaya ini lebih besar dari 15% dari harga barang, tetapi beberapa barang memiliki biaya penyimpanan lebih besar dari 40%. Biaya penyimpanan tergantung pada jumlah pesanan.

Biaya setup (dalam manufaktur) dan biaya pemesanan (dalam pengadaan) adalah tetap dan tidak bergantung pada jumlah pesanan. Biaya ini cenderung lebih rendah untuk pengembangan e-bisnis. Pada saat yang sama, biaya penyiapan/pemesanan dapat ditingkatkan jika terdapat keragaman variasi dan dinamika pasar yang tinggi. Menurut fungsi dan jenis persediaan, persediaan dapat digunakan untuk mengelola:

- Skala ekonomi—ini adalah inventarisasi siklus;
- Ketidakpastian—ini adalah inventaris keamanan.

Siklus persediaan ada sebagai hasil dari produksi atau pembelian dalam jumlah besar atau batch. Ukuran lot atau batch adalah kuantitas yang diproduksi atau dibeli oleh suatu tahapan di SC pada suatu waktu. SC dapat memanfaatkan skala ekonomi dan pesanan dalam jumlah besar untuk mengurangi biaya tetap. Dengan peningkatan ukuran lot, bagaimanapun, juga datang peningkatan biaya penyimpanan.

Sebagai contoh keputusan siklus stok, pertimbangkan pengecer buku online. Rata-rata penjualan pengecer ini sekitar sepuluh truk penuh buku per bulan. Keputusan siklus inventaris yang harus dibuat pengecer mencakup berapa banyak yang harus dipesan untuk diisi ulang dan seberapa sering melakukan pemesanan ini. Kami akan mempertimbangkan pengoptimalan inventaris siklus di bagian “Model deterministik” (untuk satu periode) dan bagian “Model ukuran lot dinamis” untuk banyak periode.

Persediaan pengaman dilakukan untuk memenuhi permintaan yang tunduk pada fluktuasi permintaan yang tidak terduga dan untuk mengurangi kekurangan produk. Persediaan keselamatan dapat membantu manajer SC meningkatkan ketersediaan produk di hadapan ketidakpastian. Dengan adanya persediaan pengaman, biaya kekurangan atau biaya kelebihan dapat terjadi. Perhitungan safety inventory didasarkan pada service level yang telah ditentukan. Memilih persediaan pengaman melibatkan pembuatan *trade-off* antara biaya memiliki terlalu banyak persediaan dan biaya kehilangan penjualan karena kekurangan persediaan. Kami akan mempertimbangkan metode untuk mendukung keputusan tentang inventaris keselamatan di bagian "Model stokastik".

Untuk banyak industri, beberapa produk dijual dalam jumlah tinggi di musim panas, dan jumlah yang lebih rendah di musim dingin (misalnya, air mineral). Persediaan musiman dibangun untuk melawan variabilitas permintaan yang dapat diprediksi. Perusahaan yang menggunakan persediaan musiman membangun persediaan pada periode permintaan rendah dan menyimpannya untuk periode permintaan tinggi ketika mereka tidak akan memiliki kapasitas untuk memproduksi semua yang diminta. Manajer menghadapi keputusan kunci dalam menentukan apakah akan membangun persediaan musiman, dan, jika mereka membangunnya, dalam memutuskan berapa banyak.

Jika sebuah perusahaan dapat dengan cepat mengubah tingkat sistem produksinya dengan biaya yang sangat rendah, maka mungkin tidak memerlukan persediaan musiman, karena sistem produksi dapat menyesuaikan diri dengan periode permintaan yang tinggi tanpa menimbulkan biaya yang besar. *Trade-off* dasar yang dihadapi manajer SCOM dalam menentukan berapa banyak persediaan musiman yang harus dibangun adalah biaya membawa persediaan musiman tambahan versus biaya memiliki tingkat produksi yang fleksibel.

Wawasan Praktis

Secara intuitif jelas bahwa ban dan pin mobil memiliki kebijakan manajemen inventaris yang berbeda. Namun, di pusat distribusi, yang menjalankan lebih dari dua juta item, dapat menjadi tugas yang cukup rumit untuk menemukan kebijakan yang tepat sebelum mencapainya. Banyak perusahaan yang meminta pengoptimalan inventaris ingin segera memulai dengan perangkat lunak dan model matematika. Tetapi sebelum

memulai perhitungan apa pun, item harus dianalisis dan diklasifikasikan dengan benar. Organisasi manajemen inventaris yang salah dalam banyak kasus, merupakan titik kunci masalah dalam pengoptimalan.

ANALISIS BAHAN

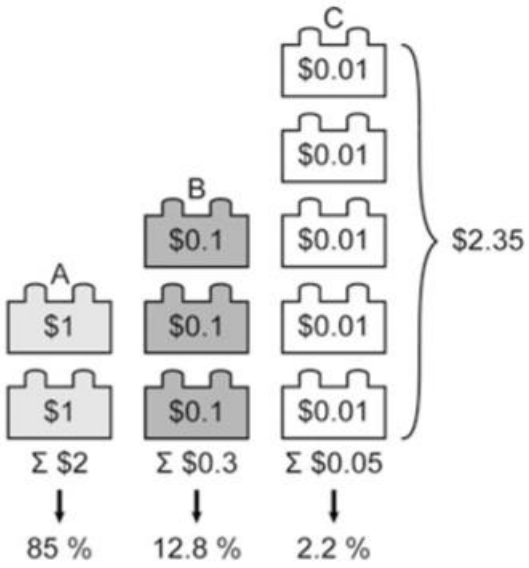
Analisis ABC

Langkah pertama dalam klasifikasi item adalah analisis ABC. Analisis ABC membagi persediaan menjadi tiga kelas berdasarkan volume dolar tahunan:

- Kelas A—volume dolar tahunan yang tinggi
- Kelas B—volume dolar tahunan menengah
- Kelas C—volume dolar tahunan yang rendah

Analisis ABC digunakan untuk menetapkan kebijakan yang berfokus pada beberapa bagian penting dan bukan pada banyak bagian yang sepele. Metode ini menerapkan Prinsip Pareto yang menyatakan bahwa "ada beberapa yang kritis dan banyak yang sepele." Pertimbangkan contoh sederhana. Bayangkan Anda memiliki sepuluh balok Lego: dua di antaranya berwarna merah, tiga hijau, dan lima biru (lihat Gambar 13.1). Untuk melakukan analisis ABC, kami mengukur permintaan tahunan setiap item persediaan dikalikan biaya per unit. Asumsikan bahwa satu blok berharga 1 (10 ribu), satu blok hijau berharga 0,1 (seribu rupiah), dan satu blok biru berharga 0,01 (seribu rupiah).

Anda dapat dengan mudah menghitung bahwa total biaya persediaan adalah 2,35 puluh ribu. Dua blok merah hanya mengambil 20% dari total jumlah persediaan, tetapi mereka menciptakan 85% dari biaya persediaan. Ini adalah item penting dalam grup A. A-item harus dikelola dengan sangat hati-hati. Pertama, hubungan dengan Supplier A-item harus dikelola, yaitu pengembangan Supplier. Kedua, kontrol inventaris fisik yang lebih ketat untuk item-A diperlukan. Ketiga, kita perlu lebih berhati-hati dalam memperkirakan permintaan untuk A-item. Pertimbangkan contoh numerik untuk analisis ABC.



Gambar 13.1 Analisis ABC

Tabel 13.1 Data awal untuk analisis ABC

Tabel Lampu	Permintaan Tahunan	Biaya per unit	Pengeluaran tahunan
X1	100	0.5	50
X2	200	0.05	10
X3	50	1.65	82.5
Y1	40	10.75	430
Y2	200	0.11	22
Y3	200	0.19	38
Y4	50	2.4	120
T1	90	0.6	54
T2	10	13.6	136
T3	60	1.35	81

Tabel 13.2 Hasil Analisis ABC

Tabel Lampu	Permintaan Tahunan	Biaya Per Unit	Pengeluaran Tahunan	Pengeluaran Kumulatif	Persentase Pengeluaran	Kategori
Y1	40	10.75	430	430	42.0	A
T2	10	13.6	136	566	55.3	A
Y4	50	2.4	120	686	67.0	A
X3	50	1.65	82.5	768.5	75.1	A
T3	60	1.35	81	849.5	83.0	B
T1	90	0.6	54	903.5	88.3	B
X1	100	0.5	50	953.5	93.2	B
Y3	200	0.19	38	991.5	96.9	C
Y2	200	0.11	22	1013.5	99.0	C
X2	200	0.05	10	1023.5	100.0	C

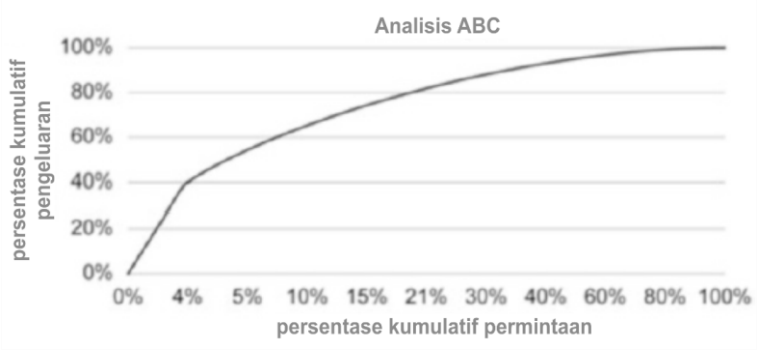
Tugas 13.1 Analisis ABC

Quarted Ltd. adalah perusahaan yang menjual lampu meja. Pada Tabel 13.1 dan 13.2, diberikan contoh numerik. Pakailah permintaan tahunan dan biaya. Untuk menentukan lampu meja mana yang termasuk dalam kategori A, B, atau C, kita perlu menghitung pengeluaran tahunan:

Persamaan 13.1

pengeluaran tahunan = permintaan tahunan - biaya per lampu

Langkah selanjutnya adalah menata berbagai jenis lampu meja sesuai dengan pengeluaran tahunannya. Setelah menghitung pengeluaran kumulatif, kita harus menghitung persentase pengeluaran kumulatif. Kemudian kita dapat mengklasifikasikan item A, B, dan C. Dengan asumsi bahwa klasifikasinya adalah 80:15:5 kita dapat memberi label pada lampu meja yang berbeda sebagai berikut (lihat Tabel 13.2).



Gambar 13.2 Analisis ABC dalam bentuk grafik

Kita dapat mengamati bahwa 150 lampu meja menghasilkan sekitar 80% dari biaya persediaan (A), sedangkan 600 lampu meja hanya menghasilkan 5% dari biaya persediaan (C). Hubungan ini dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.2. Dari Gambar 13.2 dapat diamati bahwa 80% dari pengeluaran dibuat hanya oleh 20% dari permintaan.

Analisis XYZ

Nilai moneter dari komitmen modal bukan satu-satunya kriteria untuk mengklasifikasikan bahan. Kriteria lain termasuk volume fisik barang, pola permintaan, atau waktu pengiriman. Misalnya, dalam hal volume fisik barang, dimungkinkan untuk mengklasifikasikan barang-barang yang berat dalam kelompok X dan barang-barang kecil dan berguna dalam kelompok Y dan Z. Prinsipnya sama dengan analisis ABC. Pilihan lain untuk analisis XYZ adalah membagi persediaan menjadi tiga kelas berdasarkan pola permintaan yang berbeda:

- Kelas X: permintaan yang konstan dan tidak berubah;
- Kelas Y: permintaan tidak konstan atau sporadis (permintaan berfluktuasi);
- Kelas Z: permintaan sporadis atau sangat berfluktuasi.

Perubahan permintaan memungkinkan untuk menentukan akurasi prediksi setiap kelas persediaan. Informasi tentang analisis XYZ memberikan kesempatan untuk mengembangkan strategi mengenai pengaturan stok alternatif, perhitungan pemesanan ulang, dan interval pengendalian persediaan. Perhatikan Gambar 13.3 untuk memahami hubungan antara analisis ABC dan XYZ.

Analisis XYZ dapat digunakan untuk meningkatkan analisis ABC. Analisis gabungan ABC/XYZ membantu menentukan metode pembelian untuk kelas persediaan yang berbeda dan untuk menentukan suku cadang mana yang harus ada, kapan harus dipesan JIT, dan kapan hanya layak dipesan berdasarkan perkiraan.

Seorang bintang Hollywood terus-menerus mengeluh tentang kurangnya ruang di lemari pakaiannya, direpresentasikan sebagai Tabel 13.3 dan 13.4. Lakukan analisis ABC/XYZ gabungan untuk membantu bintang Hollywood mendapatkan setidaknya 50% ruang dan mengurangi pengeluaran hingga 70%!



Gambar 13.3 Analisis ABC/XYZ

Tabel 13.3 Data awal untuk analisis ABC/XYZ

	Kuantitas	Biaya per unit (Rp. '000)	Pengeluaran Tahunan	Volume per unit (dm^3)	Total volume (dm^3)
Blus	120	200	24.000	1.00	120
Celana dalam	420	200	84.000	1.00	420
Jeans	50	200	10.000	2.00	100
Gaun dan Rok	450	500	225.000	2.00	900
Kostum	280	1000	280.000	2.00	560
Mantel bulu	120	10.000	1.200.000	10.00	1200
celana olahraga	10	80	800	2.00	20
kaos	1200	80	96.000	0.50	600
Syal	100	50	5000	0.40	40
Pakaian dalam	500	75	37.500	0.02	10
Sabuk	600	95	57.000	0.05	30
Total	3850		2.019.300		4000

Pertama, kami mengurutkan item menurut volumenya (lihat Tabel 13.5). Kedua, kami melakukan analisis ABC (Tabel 13.6). Terakhir, kami mengurutkan item menurut klasifikasi XYZ untuk melihat seberapa besar potensi pengurangan ruang. Tentu saja, kita harus mengidentifikasi item-X dan persentase item-X yang tidak pernah digunakan, yang merupakan kandidat utama untuk meninggalkan lemari pakaian. Secara paralel, kita harus mengidentifikasi A-item, karena tujuan kedua kita dalam tugas ini adalah juga untuk mengurangi pengeluaran hingga 70% (Tabel 13.7).

Tabel 13.4 Data awal untuk analisis ABC/XYZ

	Kuantitas	Frekuensi Penggunan	Penggunaan Jarang	Tidak Digunakan	% tidak ada gunanya dari kuantitas
Blus	120	30	30	60	50.00
Celana dalam	420	100	120	200	47.62
Jeans	50	20		30	60.00
Gaun dan Rok	450	10	20	420	93.33
Kostum	280	20	30	230	82.14
Mantel bulu	120	5	15	100	83.33

celana olahraga	10	4	2	4	40.00
kaos	1200	300	400	500	42.67
Syal	100	30	30	40	40.00
Pakaian dalam	500	200	100	200	40.00
Sabuk	600	200	200	200	33.33

Tabel 13.5 Analisis XYZ

	Kuantitas	Volume per unit (dm^3)	Total Volume (dm^3)	Persentase	Persentase Kumulatif
Mantel Bulu	120	10	1200	30	30
Gaun dan Rok	450	2	900	22.5	52.5
Kaos	1200	0.5	600	15	67.5
Kostum	280	2	560	14	81.5
Celana	420	1	420	10.5	92
Blus	120	1	120	3	95
Jean	50	2	100	2.5	97.5
Syal	100	0.4	40	1	98.5
Sabuk	600	0.05	30	0.75	99.25
Celana olahraga	10	2	20	0.5	99.75
Celana dalam	500	0.02	10	0.25	1
Total	3850	20.97	4000	100.00	100

Dapat diamati bahwa karena nilai tinggi, volume tinggi, dan persentase tinggi dari barang-barang yang tidak pernah digunakan, seperti mantel bulu, gaun, rok, dan kostum, adalah kunci dalam mencapai kedua tujuan, yaitu pengurangan nilai 70% dan pengurangan ruang 50%. Membersihkan lemari pakaian dari mantel bulu, gaun, rok, dan kostum yang tidak pernah digunakan akan memungkinkan bintang Hollywood itu mengurangi nilai item lemari pakaian hingga 70% dan ruang hingga 50%.

Tabel 13.6 Analisis ABC

	Kuantitas	Biaya perunit (Rp. '000)	Pengeluaran Tahunan	Pengeluaran Kumulatif	Persentase Pengeluaran	Kategori
Mantel Bulu	120	10.000	1.200.000	1.200.000	59.4	A
Kostum	280	1000	280.000	1.480.000	73.3	A
Gaun dan Rok	450	500	225.000	1.705.000	84.4	B
Kkaos	1200	80	96.000	1.801.000	89.2	B
Celana	420	200	84.000	1.885.000	93.4	B
Sabuk	600	95	57.000	1.942.000	96.2	C
Pakaian Dalam	500	75	37.500	1.979.500	98.0	C
Blus	120	200	24.000	2.003.500	99.2	C
Jean	50	200	10.000	2.013.500	99.6	C
Syal	100	50	5.000	2.018.500	99.7	C

Celana Olahraga	10	80	800	2.019.300	100	C
Total	3850		2.019.300	2.019.300	100	

Tabel 13.7 Analisis ABC-XYZ Terintegrasi

	Kuantitas	%item yang tidak pernah digunakan	Persentase kumulatif (volume)	Hemat Tempat (%)	ABC	Biaya Penyimpanan
Mantel Bulu	120	50.00	30	25.00	A	1.000.000
Kostum	450	47.62	52.5	21.00	B	210.000
Gaun dan Rok	1200	60.00	67.5	6.25	B	40.000
Kkaos	280	93.33	81.5	11.50	A	230.000
Celana	420	82.14	92	5.00	B	40.000
Sabuk	120	83.33	95	1.50	C	12.000
Pakaian Dalam	50	40.00	97.5	1.50	C	6000
Blus	100	41.67	98.5	0.40	C	2000
Jean	600	40.00	99.25	0.25	C	19.000
Syal	10	40.00	99.75	0.20	C	3200
Celana Olahraga	500	33.33	100	0.10	C	15.000
Total	3850		100	100		1.577.200

Model Deterministik

Setelah mengklasifikasikan barang, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah pesanan. Pada bagian ini, kami mempertimbangkan item dengan permintaan deterministik independen dalam pengaturan skala ekonomi, yaitu persediaan siklus. Mengapa kita perlu menentukan jumlah pesanan yang optimal? Secara teoritis, kita bisa memesan tepat jumlah yang sesuai dengan permintaan harian setiap hari. Namun, kemudian kami juga akan memiliki biaya pemesanan setiap hari. Kami akan membayar setiap hari untuk transportasi. Dalam kebanyakan kasus, masuk akal untuk mengeksploitasi skala ekonomi dan memesan dalam lot besar untuk mengurangi biaya pemesanan tetap. Kita akan belajar bagaimana menentukan kapan dan berapa banyak yang harus dipesan. Kami akan mempertimbangkan metode berikut:

- Basic economic order quantity (EOQ)
- Economic production order quantity (EPQ)
- Quantity discount model
- Reorder point (ROP).

Model EOQ

Mari kita mulai dengan model EOQ. Ini sederhana dan membantu kita untuk memahami hubungan antara biaya pemesanan dan penyimpanan. Pertimbangkan sistem yang menunjukkan karakteristik berikut (lihat Gambar 13.4):

- Permintaan dan waktu tunggu diketahui dan konstan;
- Penerimaan inventaris seketika dan lengkap;
- Diskon kuantitas tidak dimungkinkan;
- Satu-satunya biaya variabel adalah setup dan holding;
- Stock-out dapat dihindari.

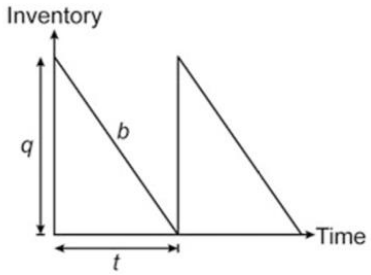
Kami memperkenalkan notasi berikut:

q adalah jumlah unit per pesanan;
q* adalah jumlah optimal unit per pesanan (EOQ);
b adalah permintaan tahunan dalam unit untuk item persediaan;
f adalah biaya set-up atau pemesanan untuk setiap pesanan;
c adalah biaya penyimpanan atau penyimpanan per unit per tahun.

Di bawah asumsi konsumsi persediaan linier, persediaan siklus, dan ukuran lot terkait sebagai berikut dalam Persamaan. (13.2):

$$Inventaris\ siklus\ = \frac{q}{2}$$

Ini berarti bahwa persediaan rata-rata di tangan sama dengan 50% dari jumlah pesanan.



Gambar 13.4 Pola konsumsi dan pengisian kembali persediaan dalam model EOQ

Persamaan 13.3

$$Kemudian\ biaya\ inventaris\ tahunan\ adalah\ c * \frac{q}{2}$$

Untuk menghitung biaya pemesanan kita harus mengetahui jumlah pesanan per tahun. Jumlah ini dapat dengan mudah dihitung seperti yang ditunjukkan pada Persamaan. (13.4):

Persamaan 13.4

$$\text{Jumlah pesanan per tahun} = \frac{b}{q}$$

Persamaan 13.5

$$Kemudian, biaya\ pemesanan\ tetap\ tahunan\ = f * \frac{b}{q}$$

Kuantitas pesanan optimal ditemukan ketika biaya pemesanan tahunan sama dengan biaya penyimpanan tahunan [lihat Persamaan. (13.6)]:

Persamaan 13.6

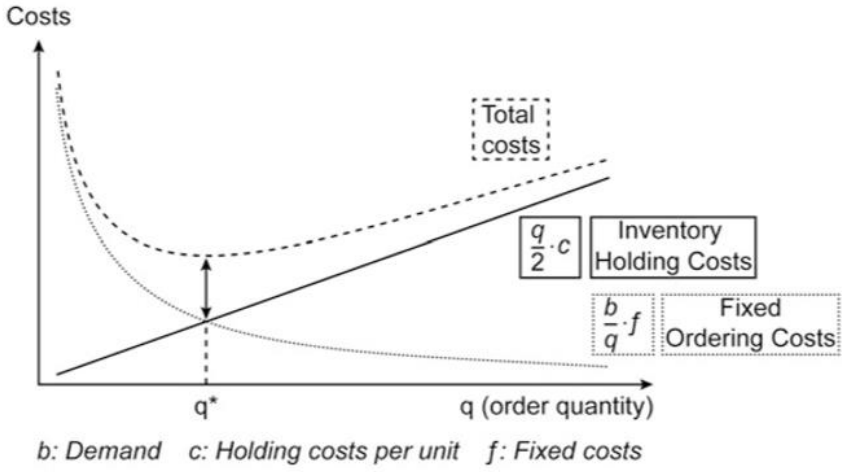
$$c * \frac{q}{2} = f * \frac{b}{a}$$

Dalam memecahkan Persamaan. (13.6) untuk q*, kita mendapatkan rumus EOQ sebagai berikut :

Persamaan 13.7

$$q * \ = \sqrt{\frac{2b\ *\ f}{c}}$$

Pertimbangkan representasi grafis (lihat Gambar 13.5). Dari grafik dapat diamati bahwa biaya total terkecil (kurva atas) adalah jumlah dari dua kurva di bawahnya. Biaya total minimal dicapai pada titik persimpangan kurva biaya tetap dan biaya variabel. Hal ini sesuai dengan titik EOQ q*. Dapat juga diamati bahwa fungsi biaya total cukup datar di wilayah minimal. Ini berarti bahwa perubahan EOQ moderat tidak akan mempengaruhi peningkatan yang signifikan dalam biaya total berdasarkan kecenderungan. Ini mencontohkan properti ketahanan yang berguna dari metode ini.



Gambar 13.5 Representasi grafis dari model EOQ

Kami juga dapat menentukan perkiraan jumlah pesanan per tahun (Persamaan 13.8) dan perkiraan waktu antar pesanan :

Persamaan 13.9

$$N = \frac{b}{q*}$$

$$T = \frac{365}{N}$$

Total biaya tahunan dihitung seperti yang ditunjukkan pada Persamaan. (13.10):

Persamaan 13.10

$$TC = c * \frac{q*}{2} + f\frac{b}{q*}$$

Pertimbangkan sebuah contoh.

Tugas 13.2 EOQ

Permintaan TV LED Sakri2 di Amillos adalah 3.200 unit per kuartal. Amillos membebankan biaya tetap 2500 per pesanan. Biaya penyimpanan tahunan per TV LED adalah 80. Hitung jumlah TV LED yang harus dipesan oleh manajer toko per isi ulang.

Solusi

Permintaan tahunan: b = 3200 x 4 = 12.800 unit; Biaya pemesanan/pesanan: f = 2500 Biaya penyimpanan per unit per tahun: c = 80 Dengan menggunakan rumus EOQ, jumlah pesanan optimal adalah

$$q* = \sqrt{\frac{2\ x\ 12.800\ \ x\ \ 2500}{80}} = 895$$

Untuk meminimalkan biaya total di Amillos, manajer toko memesan 895 TV LED per isi ulang. Siklus persediaan adalah rata-rata persediaan yang dihasilkan dan dihitung sebagai berikut: persediaan siklus =895/2 ≈ 448 unit

Untuk ukuran pesanan q* = 895, manajer toko mengevaluasi:

Jumlah pesanan per tahun: N = 12,800/895 = 14.3

Perkiraan waktu antar pesanan: T = 365/14 hari

Total biaya: TC = 80 x 895/2 + 2500 x 12.800/895= 71.554

Total biaya selama 1 tahun adalah 71.554 untuk 14,3 pesanan dengan 895 TV LED di setiap pesanan.

Wawasan Praktis

Model EOQ dikembangkan sekitar awal abad kedua puluh di era produksi massal dan skala ekonomi. Pada saat itu, proses pengadaan dilakukan secara manual dan cukup mahal serta memakan waktu. Saat ini, fleksibilitas ekonomi dan ukuran lot kecil ada di banyak industri dan jasa. Biaya transportasi dan koordinasi SC menjadi semakin penting. Proses pengadaan telah diotomatisasi, banyak di antaranya dilakukan melalui internet. Sebagian besar biaya pemesanan tetap (telepon, faks, dll.) telah dipotong.

Wawasan Praktis

Dalam menerapkan hasil perhitungan EOQ dan kebijakan pengendalian persediaan, kenyataan praktis juga harus dipertimbangkan. Misalnya, dalam beberapa kasus, Supplier menetapkan tanggal untuk pesanan baru (misalnya, setiap hari Jumat) atau mengizinkan pesanan dalam jumlah tetap (misalnya, 50, 150, atau 300 unit) saja.

Renungkan pertanyaan-pertanyaan berikut:

- Bisakah kita memasukkan biaya transportasi dalam model EOQ?
- Apakah EOQ masing-masing perusahaan benar-benar merupakan solusi optimal untuk keseluruhan SC?
- Untuk departemen mana EOQ benar-benar "optimal"? (Petunjuk: apa yang terjadi pada biaya transportasi jika EOQ menurun?)

Pertimbangkan sebuah contoh. EOQ adalah 40 unit. Ini sesuai dengan 25 pengiriman per tahun dengan permintaan tahunan 1000 modul. Pertimbangkan prosedur berikut untuk menentukan biaya transportasi: 400 per pengiriman + 4 per modul. Dimungkinkan untuk mengangkut hingga 100 unit sekaligus. Analisis Biaya untuk 100 Unit

- Biaya transportasi = 10 pengiriman x (400 + 4 x 100) = 8 per unit
- Siklus inventaris = (100/2) x 29 + (1000/100) x 23,2 = 1682
- Persediaan pengaman = 1,65 x 4 x 10 = 66 item x 29=1914
- Total biaya per modul: 11,6

Analisis Biaya untuk 40 Unit

- Biaya transportasi = 25 pengiriman x (400 + 4 x 40) = 14 per unit
- Siklus inventaris = (40/2) x 29 + (1000/40) x 23,2 = 1160
- Persediaan pengaman = 1,65 xx 4 x 10 = 66 unit x 29 = 1914
- Total biaya per modul: 17,1

Kesimpulan: EOQ tidak optimal untuk pengaturan transportasi inventaris terintegrasi. Pada ukuran lot 100 unit, total biaya dikurangi dari 17,1 menjadi 11,6 per unit. Untuk permintaan tahunan 1000 modul, penghematan biaya adalah 5500.

Model EOQ dengan Diskon

Biaya persediaan juga dapat dihitung berdasarkan harga satuan p (yaitu, biaya sebenarnya dari bahan yang dibeli) seperti yang ditunjukkan pada Persamaan. (13.11):

Persamaan 13.11

$$Biaya\ (q)\ = p_1(1 - r_1)b\ +\ b + \frac{q}{p}p_1(1 - r_1)1 + \frac{b}{q}f$$

Dalam hal ini untuk menghitung EOQ, Persamaan. (13.12) digunakan:

Persaman 13.12

$$q* = \sqrt{\frac{2\ x\ b\ x\ f}{p\ x\ I}}$$

di mana I adalah tingkat bunga (komitmen modal) dan p adalah harga satuan. Dengan demikian, harga yang berbeda dapat dimasukkan dalam analisis. Hal ini memungkinkan kita untuk menerapkan model EOQ untuk situasi dengan diskon kuantitas. Pengurangan harga seringkali tersedia ketika jumlah yang lebih besar dibeli. Dalam hal ini, trade-off adalah antara

pengurangan biaya barang dan peningkatan biaya penyimpanan. Algoritma menghitung EOQ dengan diskon melibatkan langkah-langkah berikut:

- Untuk setiap diskon, hitung q*;
- Jika q*tidak memenuhi syarat untuk diskon, pilih ukuran pesanan yang sekecil mungkin untuk mendapatkan diskon;
- Hitung total biaya untuk setiap q* atau nilai yang disesuaikan dari Langkah 2;
- Pilih q* yang memberikan total biaya terendah.

Tugas 13.3 EOQ dengan Diskon

Chocolatos Inc. mengoperasikan toko cokelat di Semarang. Cokelat tersebut dipesan dari Supplier di Malanh. Biasanya, biaya untuk satu unit cokelat adalah Rp. 5,00, tetapi diskon kuantitas diberikan oleh produsen (lihat Tabel 13.8). Permintaan tahunan Chocolatos Inc. untuk cokelat adalah 10.000 unit dan biaya pemasangan per pesanan adalah 50. Tingkat bunga adalah 20%.

Solusi:

$$Untuk\ diskon\ 0\%, q* = \sqrt{\frac{2\ x\ 10{,}000\ x\ 50}{5\ x\ 0{,}2}} = 1000$$

Tabel 13.8 Inisial data untuk EOQ yang dikalkulasikan dengan diskon

Kuantitas diskon dalma unit	Disko (%)	Harga Diskon p (Rp. '00)
0- 999	0	5.00
1000 – 1999	4	4.80
2000 – 10,000	10	4.50

$$Biaya\ (1000) = 5\ x\ (1-0)\ x\ 10{,}000 + \frac{1000}{2}\ x\ 5(1-0)\ x\ 0.2 + \frac{10{,}000}{1000}\ x\ 50$$
$$= 51{,}000$$

$$Untuk\ Diskon\ 4\%, q* = \sqrt{\frac{2\ x\ 10{,}000\ x\ 50}{4\ ,8\ x\ 0{,}2}} = 1021$$

Tabel 13.8 Data awal untuk perhitungan EOQ dengan diskon

q*=1021 unit memenuhi syarat untuk interval [1000–1999] unit dan oleh karena itu dapat digunakan untuk perhitungan biaya:

$$Biaya\ (1000) = 5\ x\ (1-0.04)\ x\ 10{,}000 + \frac{1021}{2}\ x\ 5(1-0.04)\ x\ 0.2 + \frac{10{,}000}{1021}\ x\ 50$$
$$= 48.980$$

$$Untuk\ Diskon\ 10\%, q* = \sqrt{\frac{2\ x\ 10{,}000\ x\ 50}{4\ ,5\ x\ 0{,}2}} = 1054$$

q*=1054 unit tidak memenuhi syarat untuk interval [2000-10,000] unit dan oleh karena itu ukuran pesanan sekecil mungkin untuk mendapatkan diskon 10% harus digunakan untuk perhitungan biaya:

$$Biaya\ (1000) = 5\ x\ (1-0.1)\ x\ 10{,}000 + \frac{2000}{2}\ x\ 5(1-0.1)\ x\ 0.2 + \frac{10{,}000}{2000}\ x\ 50$$
$$= 46.150$$

Dapat diamati bahwa kami memiliki total biaya terendah dengan 2000 unit cokelat per pesanan. Kami juga dapat menentukan jumlah pesanan yang diharapkan per tahun N = 10.000/2000=5 dan waktu yang diharapkan antara pesanan: T = 365/5=73.

13.4 MODEL EPQ

Model EPQ cukup mirip dengan model EOQ, tetapi diterapkan pada manufaktur. Model ini digunakan ketika:

- persediaan menumpuk selama periode waktu setelah pesanan dilakukan;
- unit diproduksi dan dijual secara bersamaan.

Dalam model EOQ, kita mengasumsikan bahwa penerimaan persediaan terjadi seketika dan lengkap. Sekarang, kita mengizinkan penerimaan persediaan selama periode waktu tertentu dan memperkenalkan tiga parameter baru:

- r adalah tingkat produksi harian;
- d adalah permintaan harian;
- t adalah lamanya proses produksi dalam hari.

Biaya setup tetap tidak berubah; biaya penyimpanan sekarang dihitung berdasarkan hubungan produksi dan permintaan sebagai berikut (Persamaan 13.13):

$$c\ x\ \frac{q}{2}\ [1-(d/r)]$$

atau contoh, jika kita memproduksi kuantitas yang sesuai dengan permintaan harian setiap hari, kita tidak akan memiliki biaya penyimpanan (ekspresi dalam kurung akan selalu sama dengan nol), tetapi kita akan memiliki biaya pengaturan yang sangat tinggi. Maka rumus EPQ berikut (13.14) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$q*= \sqrt{\frac{2b\ x\ f}{(1-d/r)\ x\ c}}$$

Tingkat persediaan maksimal dalam sistem dapat dihitung sesuai Persamaan. (13.15):

$$I_{max} = q\left(1-\frac{b}{r}\right)$$

Catatan: Dalam EPQ, kami mempertimbangkan permintaan harian. Jika kita diberi permintaan tahunan, itu harus dibagi menjadi jumlah hari kerja yang sesuai. Pertimbangkan sebuah contoh.

EPQ

Natural Inc. memproduksi pengolah makanan berkualitas tinggi. Natural Inc. menjual 18.000 prosesor per tahun dan mampu memproduksi 125 mesin per hari. Natural Inc. bekerja 250 hari per tahun. Biaya penyimpanan tahunan per pengolah makanan adalah 18 dan biaya pemasangan adalah 800. Hitung kuantitas produksi ekonomi untuk Natural Inc. dan tingkat persediaan maksimal.

Solusi

d = 18,000/250 = 72 unit per hari

$$q*= \sqrt{\frac{2\ x\ 18{,}000\ x\ 800}{(1-72/125)\ x\ 18}} = 1943\ \ I_{max} = 1943\left(1-\frac{72}{125}\right) = 824$$

Dapat diamati bahwa ukuran lot yang optimal adalah 1943 unit. Pada jumlah ini, biaya penyiapan dan penyimpanan minimal dapat dicapai. Dengan memperhitungkan tingkat konsumsi aktual 72 unit sehari dan tingkat produksi 125 unit sehari, tingkat persediaan maksimal dalam sistem adalah 824 unit.

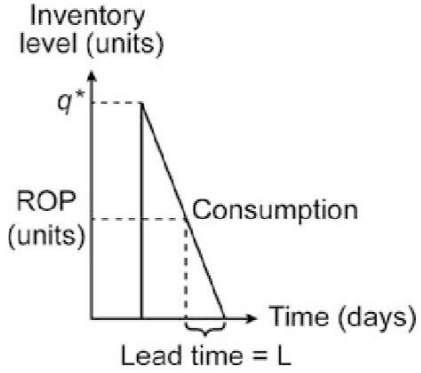
Poin Pemesanan Ulang

Model EOQ menjawab pertanyaan “berapa”. Titik pemesanan ulang (ROP) memberi tahu "kapan" untuk memesan. ROP diperkenalkan untuk memperhitungkan apa yang disebut lead time, yaitu waktu antara penempatan dan penerimaan pesanan (lihat Gambar 13.6).

Dengan asumsi permintaan konstan dan waktu tunggu yang ditetapkan, ROP dihitung seperti pada Persamaan. (13.16):

$$ROP = d \times L$$

di mana d adalah permintaan harian dan L adalah waktu tunggu. Catatan: Dalam ROP, kami mempertimbangkan permintaan harian. Jika kita diberi permintaan tahunan, itu harus dibagi menjadi jumlah hari kerja yang sesuai dalam setahun. Pertimbangkan sebuah contoh.



Gambar 13.6 Titik pemesanan ulang

Poin Pemesanan Ulang

Sebuah perusahaan mengalami permintaan tahunan 8500 pisau keju per tahun (250 hari kerja). Lead time untuk pesanan adalah lima hari kerja. Hitung ROP dan jelaskan artinya.

Solusi :

1. Permintaan harian = 8500/250 = 34 unit
2. ROP = 34 x 5 = 170 unit

Jika persediaan kami mencapai 170 pisau keju, maka kami harus melakukan pemesanan baru.

13.5 MODEL STOKASTIK

Kita sudah tahu bagaimana menentukan jumlah pesanan dan ROP untuk situasi di mana permintaan dan waktu tunggu bersifat deterministik. Namun, dalam banyak kasus praktis, baik permintaan maupun waktu tunggu berfluktuasi. Kami tidak mengetahui nilainya, tetapi hanya dapat memperkirakannya berdasarkan probabilitas. Untuk kasus seperti itu, diperlukan model stokastik (probabilistik).

Tingkat Layanan dan Stok Keamanan

Bayangkan pada suatu Sabtu malam Anda sedang duduk di rumah dan memperhatikan bahwa Anda hanya memiliki 16 popok yang tersisa untuk bayi Anda. Anda berada di kota provinsi di Semarang di mana semua toko tutup pada hari Minggu. Anda ingat bahwa biasanya Anda membutuhkan delapan popok sehari. Biasanya, Anda membutuhkan tiga popok untuk sisa hari Sabtu, delapan untuk hari Minggu, dan tiga untuk Senin pagi sampai toko buka kembali. Jadi biasanya 16 popok sudah cukup dan Anda tidak perlu keluar sekarang untuk membeli satu pak popok baru (toko tutup dalam 1 jam dan hari ini hujan).

Tapi apa yang akan terjadi jika permintaan popok meningkat dan menyimpang dari nilai rata-rata? Jadi, *trade-off* dalam keputusan Anda adalah menyeimbangkan risiko kehabisan stok dan biaya tambahan untuk mengemudikan mobil ke toko dan menghabiskan waktu Anda untuk membeli popok.

Ketidakpastian permintaan membuat SCOM perlu mempertahankan tingkat layanan pelanggan tertentu atau tingkat ketersediaan produk untuk menghindari kehabisan stok. Tingkat ketersediaan produk adalah bagian dari permintaan yang dilayani tepat waktu dari produk yang disimpan dalam persediaan. Tingkat ketersediaan produk yang tinggi

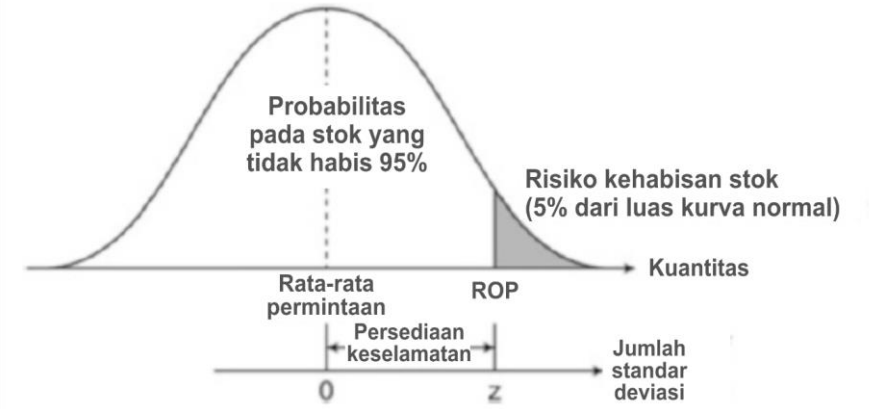
memberikan tingkat respons yang tinggi, tetapi meningkatkan biaya karena banyak persediaan yang disimpan, tetapi jarang digunakan.

Sebaliknya, tingkat ketersediaan produk yang rendah menurunkan biaya penyimpanan persediaan, tetapi menghasilkan lebih banyak pelanggan yang tidak dilayani tepat waktu. Pertukaran dasar ketika menentukan tingkat ketersediaan produk adalah antara biaya persediaan untuk meningkatkan ketersediaan produk dan kerugian karena tidak melayani pelanggan tepat waktu. Misalnya, 0,05 kemungkinan kehabisan stok sesuai dengan tingkat layanan 95% (lihat Gambar 13.7).

Wawasan Praktis

Dalam praktiknya, estimasi tingkat layanan yang berbeda digunakan. Misalnya, perangkat lunak anyLogistix menggunakan tiga indikator tingkat layanan (Ivanov 2017):

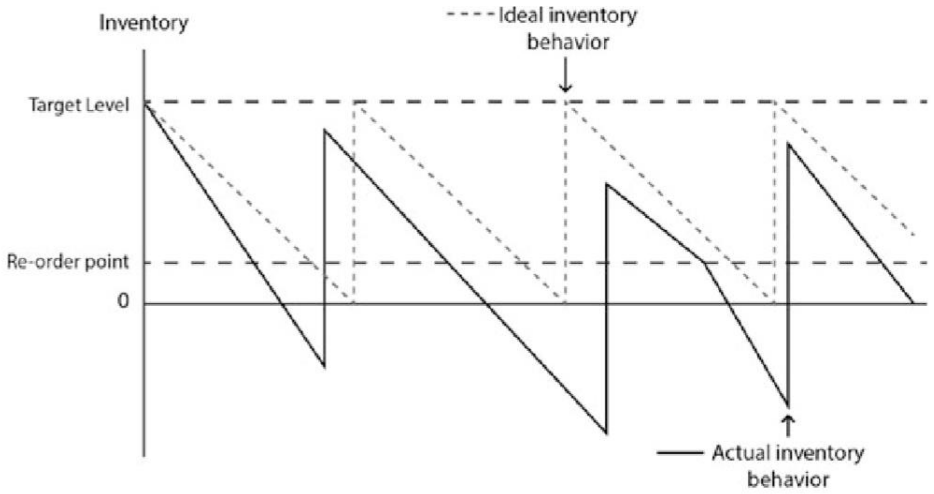
- Tingkat layanan Alpha mengukur probabilitas bahwa semua pesanan pelanggan yang tiba dalam interval waktu tertentu akan dikirim sepenuhnya dari stok yang ada. Dengan kata lain, kekurangan stok tidak akan menunda pengiriman.
- Tingkat layanan Beta adalah tingkat layanan yang berorientasi pada kuantitas dengan pertimbangan backordering.
- Tingkat layanan Lead Time adalah rasio pesanan yang dikirim ke pelanggan dalam waktu tenggang yang diharapkan terhadap total pesanan.



Gambar 13.7 Keterkaitan distribusi permintaan, ROP, tingkat pelayanan dan persediaan pengaman. Diadaptasi dari Heizer dan Render (2013)

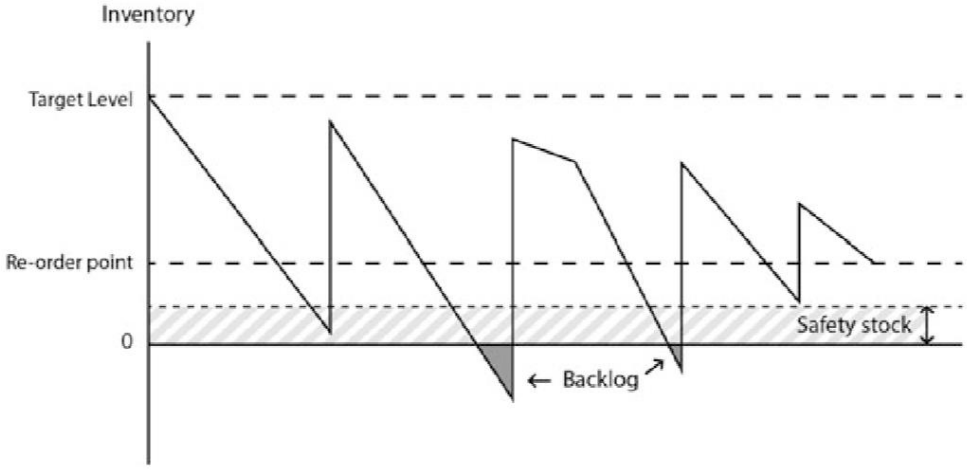
Dalam kursus lebih lanjut dari Bab ini, kita akan fokus pada tingkat layanan Alfa. Dalam situasi ketidakpastian permintaan, persediaan pengaman diperkenalkan dengan tujuan untuk memastikan ketersediaan produk bahkan dalam kasus fluktuasi permintaan. Pertimbangkan contoh pada Gambar 13.8 – 13.10 berdasarkan praktik pengendalian inventaris dalam perangkat lunak anyLogistix.

Asumsikan bahwa kita menggunakan Persamaan. (13.12) dan (13.16) untuk menghitung EOQ dan ROP, masing-masing. Garis putus-putus pada Gambar 13.8 mencerminkan dinamika persediaan dalam hal penggunaan EOQ dan ROP yang optimal dan dapat disebut sebagai perilaku persediaan yang ideal. Perilaku persediaan yang ideal berarti dalam hal ini semua asumsi model EOQ dan ROP tunduk pada Persamaan. (13.12) dan (13.16) terpenuhi, yaitu, permintaan dan lead-time konstan. Pada kenyataannya, ini tidak terjadi. Permintaan dan lead-time berfluktuasi menghasilkan perilaku persediaan aktual yang berbeda dengan yang ideal. Untuk mengatasi situasi ini, ROP harus ditingkatkan dengan persediaan pengaman. Pertimbangkan Gambar 13.9 dan 13.10.



Gambar 13.8 Perilaku persediaan aktual dan ideal

Pada Gambar 13.9, ROP dari Gambar 13.8 ditingkatkan dengan persediaan pengaman. Ini mempertimbangkan contoh di mana persediaan pengaman memungkinkan untuk mengatasi fluktuasi permintaan dalam beberapa kasus. Namun, dalam kasus lain ada backlog. Gambar 13.10 menunjukkan contoh di mana ROP dari Gambar 13.9 ditingkatkan dengan persediaan pengaman yang berlebihan (ESS). ESS sangat tinggi sehingga fluktuasi permintaan tidak akan pernah menghasilkan backlog yang berarti ketersediaan produk 100% pada stok menghasilkan tingkat layanan 100%. Namun, tingkat persediaan pada Gambar 13.10 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Gambar. 13,8 dan 13,9 menghasilkan biaya persediaan yang lebih tinggi.



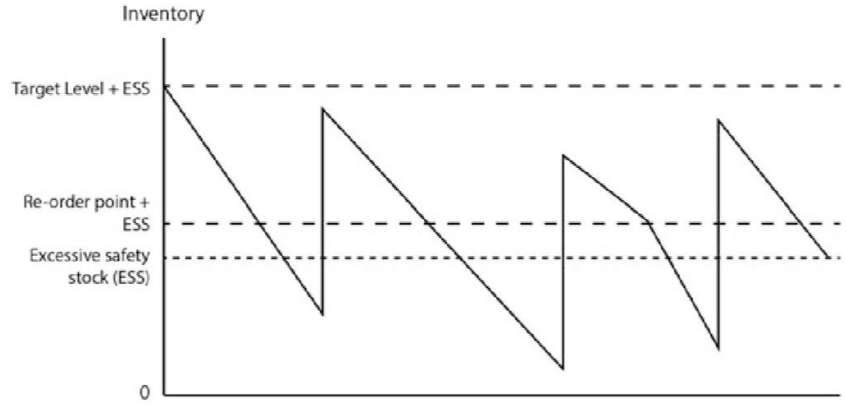
Gambar 13.9 ROP dengan safety stock dan backlog

Pertanyaannya adalah berapa banyak persediaan pengaman yang harus kita rencanakan untuk menemukan keseimbangan yang tepat antara investasi persediaan dan kepuasan pelanggan? Secara teknis, perhitungan persediaan pengaman didasarkan pada tingkat layanan yang diinginkan dan volatilitas permintaan (lihat Gambar 13.7 dan Persamaan 13.17). Dapat diamati dari Gambar 13.9 bahwa ROP diperbesar oleh persediaan pengaman yang tunduk pada tingkat layanan 95%. Untuk menghitung persediaan pengaman sesuai dengan tingkat layanan yang diinginkan, Persamaan. (13.17) digunakan:

$$Ss = z \times \sigma_{dLT}$$

di mana ss adalah stok pengaman, dLT adalah standar deviasi permintaan selama lead-time dan z adalah jumlah standar deviasi. Penyimpangan permintaan dapat diperoleh, misalnya,

dari analisis perkiraan permintaan dan penjualan aktual di masa lalu. Misalnya, σ = 1,25MAD adalah nilai tipikal. Nilai Z dapat dengan mudah ditentukan (lihat Tabel 13.9).



Gambar 13.10 ROP dengan safety stock yang berlebihan dan tanpa backlog

Misalnya, z = 1,65 untuk tingkat layanan 95%, z = 2,33 untuk tingkat layanan 99%, dan z=1,28 untuk tingkat layanan 90%. Jika simpangan baku permintaan selama lead time adalah 10, maka stok pengaman sama dengan 1,65 x10 = 16,5; 2,33 x 10 = 23,3; 1,28 x 10 = 12,8. Kita dapat mengamati bahwa peningkatan tingkat layanan dari 90% menjadi 99% menghasilkan penggandaan inventaris.

Isu penting lainnya adalah bahwa kehabisan stok dapat bersifat objektif dan subjektif. Misalnya, tidak adanya jenis susu tertentu di supermarket tidak secara otomatis berarti bahwa semua susu hilang karena jenis lain tersedia. Di ritel, 3-8% kehabisan stok adalah tipikal dan hasil tidak hanya dari perencanaan inventaris yang salah, tetapi bisa karena banyak alasan lain, misalnya penempatan rak yang salah.

Wawasan Praktis

Tingkat layanan ditentukan sesuai dengan strategi SC (efisien vs responsif). Semakin tinggi tingkat layanan, semakin tinggi responsivitas SC, tetapi juga semakin tinggi biaya persediaan. Jika manajer menetapkan tingkat layanan ke 100%, ini berarti bahwa setiap pesanan pelanggan akan dipenuhi dari inventaris tanpa penundaan. Namun, tingkat layanan 100% akan menghasilkan inventaris yang sangat besar. Biaya ini dapat menyebarkan efek positif dari kepuasan pelanggan yang tinggi. Itulah sebabnya tingkat layanan biasanya ditetapkan kurang dari 100%.

Dimasukkannya safety stock mengubah perhitungan ROP [lihat Persamaan. (13.18)]:

$$ROP = d \times L + ss$$

di mana d adalah permintaan harian rata-rata. Untuk menghitung ROP, empat situasi yang mungkin:

- permintaan diasumsikan terdistribusi normal selama lead time;
- distribusi permintaan harian diberikan (yaitu, permintaan adalah variabel) dan lead time adalah konstan;
- permintaan harian konstan dan lead time bervariasi;
- baik permintaan dan lead time adalah variabel.

Tabel 13.9 Tabel distribusi normal

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9031	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9924	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9958	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986

Untuk menghitung ROP jika permintaan diasumsikan terdistribusi normal selama lead time, rumus (13.19) dapat digunakan:

Persamaan 13.19

$$ROP = d \times L + z \times \sigma_{dLT}$$

Jika distribusi permintaan harian diberikan (yaitu, permintaan variabel) dan lead time konstan, rumus (13.20) dapat digunakan:

Persamaan 13.20

$$ROP = d \times L + z\ \sigma_d \times \sqrt{L}$$

Jika konstanta mandi harian dan waktu tunggu bervariasi, rumus (13.21) dapat digunakan:

Persamaan 13.21

$$ROP = d \times L + z \times d\ \sigma_L$$

Wawasan Praktis

dengan baik memberikan bukti tentang pentingnya mengurangi variabilitas waktu tunggu. Kita dapat mengamati bahwa pengurangan variabilitas lead time secara langsung mempengaruhi tingkat persediaan pengaman. Pengamatan ini menggambarkan integrasi pemilihan Supplier, kontrak, dan keputusan manajemen persediaan.

Akhirnya, jika permintaan dan waktu tunggu adalah variabel, rumus (13.22) dapat digunakan: Pertimbangkan sebuah contoh.

Tugas 13.6 ROP dengan Stok Pengaman

Permintaan rata-rata sikat gigi adalah 35 unit per hari. Standar deviasi permintaan terdistribusi normal selama lead time adalah sepuluh sikat gigi per hari. Waktu pengerjaan adalah 3 hari. Tingkat layanan adalah 95%. Hitung ROP dan safety stock.

Solusi

ROP = 35 x 3 + 1,65 x 10 = 122 unit; Stok tersimpan 1,65 x 10 = 16,5 unit

Sekarang kita asumsikan bahwa kita diberikan distribusi permintaan harian alih-alih standar deviasi permintaan terdistribusi normal selama lead time. Pertimbangkan sepuluh unit sebagai standar deviasi harian dari permintaan dan hitung ROP:

Solusi

ROP = 35 X 5 + 1,65 X 10 x √3 = 134 unit

Selanjutnya pertimbangkan situasi di mana permintaan konstan, tetapi lead time dapat berfluktuasi dengan standar deviasi 1 hari. Hitung ROP.

Solusi

ROP = 35 x 3 + 1,65 x 35 x 1 = 163

Akhirnya, kami berasumsi bahwa permintaan dan waktu tunggu adalah variabel. Hitung ROP.

Solusi

$$ROP = 35\,x\,3 + 1.65\sqrt{3\,x\,10^2\,x\,35^2\,x\,1^2} = 170$$

Wawasan Praktis

Penerapan metode statistik untuk manajemen persediaan secara praktis tidaklah mudah. Di banyak perusahaan, keputusan telah diambil secara manual dari tahun ke tahun berdasarkan pengetahuan ahli. Dalam hal ini, masuk akal untuk mengizinkan penulisan ulang manual dari hasil yang dihitung dalam perangkat lunak untuk mulai bekerja dengan teknologi baru. Seperti yang ditunjukkan oleh praktik, dalam waktu singkat, manajer inventaris akan melihat keuntungan dari sistem baru dan menerima 95% pesanan yang dibuat secara otomatis.

13.6 SISTEM PERIODE TUNGGAL

Masalah penjual berita adalah model matematis untuk menghitung tingkat persediaan optimal untuk satu periode. Ini disebut masalah *newsboy* atau newsvendor. Seorang penjual surat kabar yang harus memutuskan setiap hari berapa banyak surat kabar harian yang ingin dia simpan untuk hari berikutnya dihadapkan pada permintaan yang tidak pasti dan pengetahuan bahwa salinan yang tidak terjual akan hampir tidak berharga keesokan harinya. Masalah *newsvendor* ditandai dengan kondisi berikut:

- harga tetap untuk setiap unit,
- produk yang mudah rusak,
- permintaan tidak pasti,
- tidak ada pengiriman tambahan pada periode t,
- waktu pembelian yang singkat.

Perhatikan notasi berikut untuk model periode tunggal:

c adalah harga beli;
r adalah harga eceran;
v adalah harga sisa;
c_o adalah biaya kelebihan;
c_u adalah biaya di bawah umur;

z adalah jumlah standar deviasi;
σ adalah standar deviasi permintaan;
μ adalah ekspektasi permintaan;
S adalah jumlah pesanan;
S* adalah kuantitas pesanan yang optimal;
Z(S*) adalah biaya yang diharapkan untuk kuantitas pesanan yang optimal;
∏(S*) adalah keuntungan yang diharapkan untuk kuantitas pesanan yang optimal.

Untuk menghitung biaya di bawah umur dan di bawah umur, kita dapat menggunakan Persamaan (13.23) dan (13.24)

Persamaan 13.23

$$C_o = c - v$$

Persamaan 13.24

$$C_u = r - c$$

Kemudian kita menggunakan rasio kritis/*critical ratio* (CR) untuk mencari nilai-z dari tabel distribusi norma):

Persamaan 13.25

$$CR = \frac{c_u}{c_{u+c_o}} \; ; \; F(CR) = z$$

Misalnya, $CR = \frac{0.75}{0.75 + 0.25}$; $F(0.75)$ Langkah selanjutnya adalah perhitungan S* menurut Persamaan. (13.26):

$$S^* = \mu + z \times \sigma$$

Untuk menghitung biaya dan keuntungan yang diharapkan untuk kuantitas pesanan yang optimal, Persamaan. (13.27) dan (13.28) dapat digunakan:

Persamaan 13.27

$$Z(S^*) = (co+cu) \times f01(z) \times$$

Persamaan 13.28

$$II(S^*) = c_u \times (\mu - Z(S^*))$$

Tugas 13.7 Masalah Penjual Berita

Coff&Co., kedai kopi, menjual croissant cokelat vegan. Mereka membeli croissant dari toko roti kecil di ujung jalan. Toko roti menjual croissant cokelat ke Coff&Co. untuk 0,70 ribu masing-masing. Coff&Co. menjualnya seharga 2,40 rb kepada pelanggan mereka. Croissant yang tidak terjual dapat dikembalikan ke toko roti dengan harga masing-masing 0,15. Berdasarkan beberapa bulan terakhir, Coff&Co. mengharapkan permintaan terdistribusi normal untuk croissant cokelat. Ekspektasi permintaan adalah 14 croissant per hari dengan standar deviasi empat per hari. Hitung jumlah pesanan yang optimal, serta perkiraan biaya dan keuntungan untuk croissant cokelat.

Solusi

Biaya kelebihan : $c_o = c - v = 0.70 - 0.15 = 0.55$

Biaya di bawah umur $c_u = 2.40 - 0.70 = 1.70$

$$CR = \frac{1.70}{1.70 + 0.55} = 0.75; \; F(0.7556) = 0.7 = z$$

S* = 14+0,7 x 4 = 17 unit; oleh karena itu, Coff&Co.harus memesan17croissant cokelat vegan per hari.

Z(S∗) = (0,55 + 1,70) x f_{01}(0,7) x 4 = 2,81/hari.; jadi biaya yang diharapkan adalah 2,81 per hari.

Π(S∗)=1,70 x (14 2,81) = $20,99/hari.; jadi keuntungan yang diharapkan adalah 20,99 per hari.

Catatan: nilai f01(z) dapat diambil dari versi lengkap tabel distribusi normal.

13.7 STOK PENGAMAN DAN STRATEGI TRANSPORTASI: KASUS DAILYMAERSK

Studi kasus ini berfokus pada konsep manajemen persediaan *global transportation* dengan menggunakan contoh dari Daily Maersk. Ini menggambarkan bagaimana bagian kaki laut dari SC terkait dengan manajemen inventaris pengirim di negara tujuan. Ini menunjukkan bahwa Daily Maersk dapat menawarkan manfaat besar bagi pengirim dalam hal pengurangan stok pengaman.

Maersk Line adalah bagian dari perusahaan terbesar di Denmark, MaerskGroup yang berbasis di Kopenhagen. Di dalam MaerskGroup, MaerskLine memperoleh sekitar setengah dari pendapatan, menjadikannya segmen grup terbesar. Maersk Line beroperasi di industri pengiriman peti kemas, menawarkan layanan kapal antar pelabuhan. Ini adalah jalur peti kemas terbesar di dunia dengan armada 576 kapal. Biasanya, pelanggan dapat dibagi menjadi pelanggan langsung (produsen) atau pengirim (misalnya Kuehne&Nagel, DHL, DB Schenker) yang memesan slot untuk kargo di kapal kontainer ke lokasi masing-masing.



Gambar 13.11 Jaringan transportasi Daily Maersk

Pada tahun 2011, Maersk mengumumkan pengenalan Daily Maersk, sebuah konsep pertama dari jenisnya yang menawarkan keberangkatan harian, bukan mingguan dari pelabuhan utama di pelabuhan utama Asiato di Eropa. Maersk memulai dengan menawarkan keberangkatan harian daripada mingguan dari pelabuhan utama Asia seperti Shanghai, Ningbo, Yantian (semuanya Cina), Jakarta (Indonesia) dan Tanjung Pelepas (Malaysia) ke Felixstowe (Inggris), Tangerang (Jawa Barat), dan Yogyakarta (DIY) (Gambar 13.11).

Pertimbangkan sebuah contoh. Perjalanan laut dari Yantian ke Felixstowe memakan waktu rata-rata 30 hari; sekarang, satu keberangkatan kapal Maersk ditawarkan setiap hari, bukan sekali seminggu. Permintaan konstan yang rendah 10 unit sehari, tingkat layanan 98%, dan waktu tunggu terdistribusi normal dari Yantian ke Felixstowe. Stok pengaman (ss) di tempat tujuan (Felixstowe) kemudian dapat didefinisikan sebagai:

Persamaan 13.29

$$Ss = z \times d \times \sigma_{LT}$$

di mana z adalah jumlah simpangan baku, d adalah permintaan harian, dan LT adalah simpangan baku waktu tunggu. Pertama, analisis lead time dilakukan untuk keberangkatan mingguan. Hal ini menunjukkan bahwa standar deviasi lead time untuk keberangkatan mingguan adalah 2 hari. Selanjutnya dilakukan analisis lead time untuk keberangkatan harian:

standar deviasi untuk keberangkatan harian 0,3 hari. Dengan asumsi tingkat pelayanan 98% dan permintaan harian 10 unit, persediaan pengaman dapat dihitung sebagai berikut:

ss (keberangkatan mingguan) = 2.055 x 10 x 2.0 = 41.1 unit
ss (keberangkatan harian) = 2.055 x 10 x 0.3 = 6.2 unit

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa tingkat persediaan pengaman turun secara signifikan sebagai akibat dari konsep Daily Maersk menjadi hanya 6,2 unit yang dibutuhkan dalam persediaan versus 41,1 unit dalam layanan mingguan. Ini diterjemahkan ke dalam biaya persediaan yang lebih rendah untuk pelanggan langsung atau perantara, seperti forwarder, di titik tujuan dan menawarkan manfaat yang terukur bagi pelanggan Maersk Line.

Pertanyaan Diskusi

Apa dampak keberangkatan kapal setiap hari terhadap inventaris?

Keberangkatan kapal harian memiliki dua dampak:

(1) lead time rata-rata yang lebih rendah (karena rata-rata waktu tunggu yang lebih pendek di pelabuhan asal); dan
(2) standar deviasi lead time yang lebih rendah (karena frekuensi berlayar yang meningkat menyebabkan kemungkinan besar untuk menangkap kapal dalam waktu 24 jam, bahkan jika sebuah kapal ketinggalan selama 1 hari).

Faktor lain apa yang dapat dimasukkan dalam analisis ini? Kami membatasi analisis kami hanya pada lead time berlayar dan tidak memasukkan elemen lead time lainnya (sehingga mengabaikan mis., transportasi pedalaman).

Mengapa Maersk Line mampu memberikan layanan harian dan risiko apa yang mungkin dihadapi?

Sebagai pemain terbesar di pasar, Maersk memanfaatkan skala ekonomi, menjadi salah satu dari sedikit yang mampu menawarkan kapasitas yang memadai untuk keberangkatan harian. Untuk menawarkan keberangkatan harian, bukan mingguan, Maersk Line harus mengerahkan lebih banyak kapal daripada hanya satu rute masing-masing, menuntut investasi yang jauh lebih tinggi dalam kapal kontainer. Jejak lingkungannya dapat diasumsikan lebih tinggi, karena lebih banyak kapal melakukan perjalanan di rute yang sama. Maersk menghadapi risiko tidak dapat sepenuhnya memanfaatkan peningkatan kapasitas pada rute Daily Maersk. Risiko ini dapat dikurangi dengan merutekan ulang layanan lain.

13.8 KEBIJAKAN KONTROL INVENTARIS

Kebijakan pengendalian persediaan adalah prosedur manajerial yang membantu menentukan berapa banyak dan kapan harus memesan. Tinjauan dapat terjadi secara berkala (misalnya, pada akhir bulan) atau terus menerus (yaitu, melacak setiap item dan memperbarui tingkat inventaris setiap kali item dikeluarkan dari inventaris). Empat parameter penting dalam pengaturan kebijakan pengendalian persediaan:

- t adalah interval pengisian;
- q adalah jumlah pesanan;
- s adalah titik pemesanan ulang;
- S adalah target tingkat persediaan.

Karena kuantitas pesanan dan interval pengisian ulang dapat bersifat tetap dan variabel, empat kebijakan pengendalian persediaan dasar dapat diklasifikasikan (lihat Gambar 13.12). Jika periode antara dua pesanan selalu sama, kita berbicara tentang sistem tinjauan berkala. Jika titik waktu pengisian berikutnya tergantung pada ROP, kita berbicara tentang metode pengendalian stok ROP atau sistem peninjauan berkelanjutan. Empat parameter tersebut di

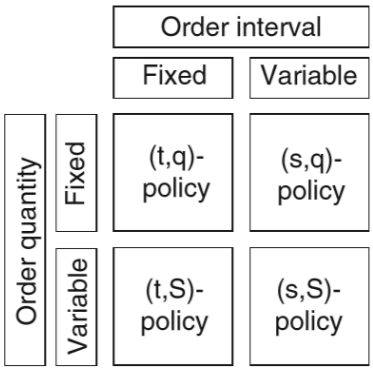
atas dapat diperbaiki atau diubah (disesuaikan) dalam dinamika sesuai dengan perubahan permintaan dan penawaran. Oleh karena itu, pandangan statis dan dinamis pada kebijakan pengendalian persediaan dapat dipertimbangkan.

Parameter Tetap

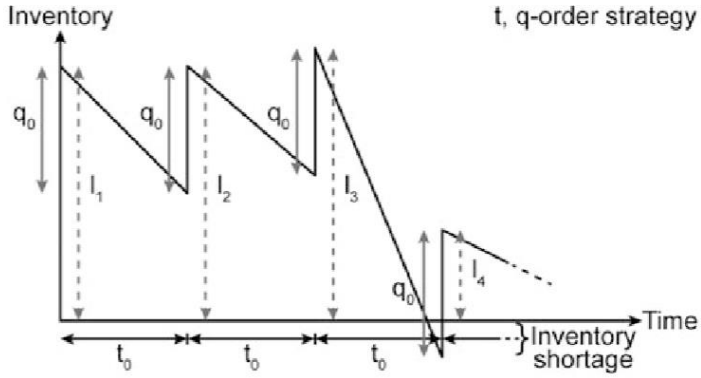
Ketika interval pengisian ulang, jumlah pesanan, ROP, dan tingkat persediaan target ditetapkan, kebijakan berikut dapat diklasifikasikan. Kebijakan 1: t,q

- t: waktu tetap antara dua pesanan
- q: jumlah pesanan tetap

Dalam kebijakan (t,q), sejumlah tetap (q) dipesan untuk periode waktu tertentu (t) (lihat Gambar 13.13). (t,q) adalah kebijakan sederhana untuk menangani proses pemesanan. Kebijakan ini membuka kemungkinan untuk kontrol otomatis lebih lanjut, yang meningkatkan kualitas dan menghemat sumber daya, seperti tenaga kerja, energi, atau bahan. Namun, kebijakan (t,q)-tidak fleksibel dan jarang digunakan dalam bisnis. Jika ketidakpastian atau fluktuasi tidak stabil, kebijakan ini tidak dapat disesuaikan. Selain itu, kekurangan atau kelebihan stok membuat kebijakan (t,q) menjadi alat yang tidak menarik bagi banyak perusahaan. Oleh karena itu, dianjurkan untuk menerapkan kebijakan ini di bawah permintaan konstan. Kebijakan 2: t,S



Gambar 13.12 Kebijakan pengendalian persediaan



Gambar 13.13 (t,q)-kebijakan pengendalian persediaan

- T: waktu tetap antara dua pesanan
- Q: kuantitas pesanan variabel untuk persediaan hingga level target S

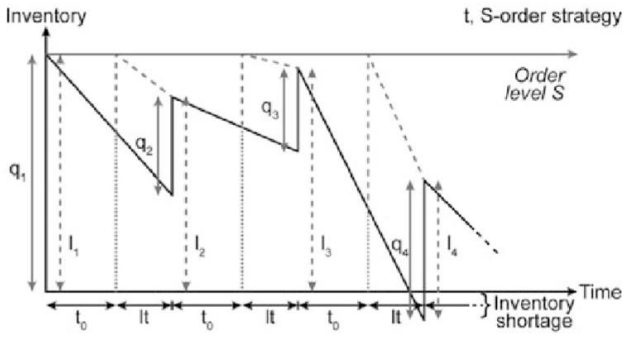
Dalam kebijakan (t,S)-kuantitas pesanan (q) adalah variabel, dan qi ditempatkan pada waktu yang tetap (t). Kita perlu memesan sejumlah persediaan untuk mencapai jumlah S yang diinginkan tergantung pada lead time(lt). Jumlah pesanan dihitung sebagai tingkat target S— stok di tangan (lihat Gambar 13.14).

Kebijakan ini menghindari persediaan yang berlebihan, yang tidak dapat digunakan untuk tujuan lain dan dengan demikian melibatkan biaya peluang. Model ini mudah digunakan untuk mengontrol pesanan. Namun, kontrol fisik persediaan bisa sangat mahal sehingga penghitungan yang tepat hanya dilakukan sebulan sekali, misalnya. Dalam kasus tertentu kebijakan (t, S) dapat menyebabkan komitmen modal yang relatif tinggi karena rata-rata persediaan yang tinggi. Kebijakan ini juga menyiratkan biaya pemesanan yang tinggi karena kami mungkin tidak memesan dalam jumlah besar pada hari yang telah ditentukan. Pada saat yang sama, kita mungkin perlu menunggu terlalu lama untuk memenuhi inventaris target kita dan dengan demikian dapat terjadi kekurangan. Kebijakan (t,S)-direkomendasikan untuk digunakan di perusahaan dengan pengisian ulang siklus. Kebijakan 3: s,q

- t: waktu variabel antara dua pesanan
- q: jumlah pesanan tetap

Model ini beroperasi ketika jumlah pesanan (q) tetap dan interval (t) antar pesanan dapat bervariasi. Dalam hal ini, titik pemesanan (s) didefinisikan sebagai ROP (lihat Gambar 13.15). Setiap pesanan tiba, menyimpan persediaan setelah waktu tenggang. Waktu tunggu dianggap diketahui dan konstan. Satu-satunya ketidakpastian terkait dengan permintaan. Dalam analisis berikut, seseorang harus sangat memperhatikan kemungkinan kekurangan selama siklus pemesanan, yaitu ketika tingkat persediaan turun di bawah nol. Ini juga disebut acara kehabisan stok. Setiap kali kami mengekstrak inventaris, kami membandingkan apa yang tersisa dengan s. Catatan: untuk menghitung ROP, Persamaan (13.20) harus sedikit dimodifikasi untuk memperhitungkan interval pengisian ulang [lihat Persamaan. (13.30)]:
Persamaan 13.30

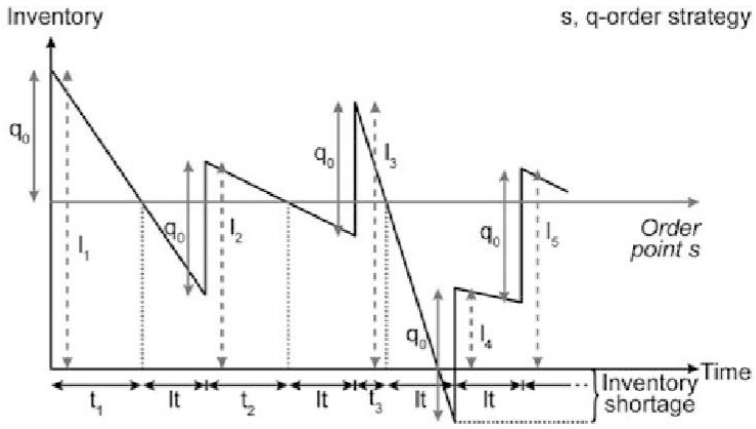
$$ROP = d \times (T + L) + z \times \sigma \times \sqrt{(T+L)}$$



Gambar 13.14 (t,S)-kebijakan pengendalian persediaan

Jika tingkat stok kurang dari s, maka kami memesan pada tingkat q. Serupa dengan (t,q)-policy, dalam (s,q)-policy, q juga mengacu pada kuantitas pesanan yang optimal. Kebijakan (s,q) menghasilkan waktu antar pesanan yang lebih singkat jika terjadi kekurangan persediaan. Karena pengoperasiannya yang sederhana dan kontrol penuh atas hasil, kebijakan ini banyak digunakan dalam organisasi. Keuntungan dari model ini adalah mempertimbangkan fluktuasi permintaan. Kekurangannya terletak pada pengendalian persediaan yang teratur. Kebijakan 4: s,S

- t: waktu variabel antara dua pesanan
- q: kuantitas pesanan variabel antara tingkat pesanan S dan ROP s



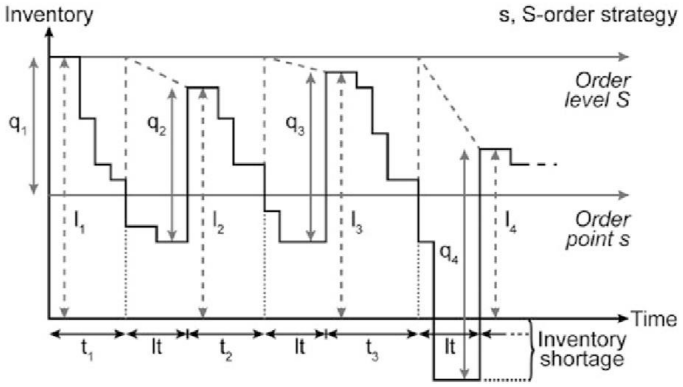
Gambar 13.15 (s,q)-kebijakan pengendalian persediaan

Strategi ini digunakan untuk menentukan penurunan kuantitas pesanan setelah setiap penggunaan persediaan. Jika demikian halnya, seorang manajer harus mengisi kembali persediaan untuk menaikkan posisi persediaan ke tingkat S, yang merupakan properti yang diinginkan (lihat Gambar 13.16). Oleh karena itu, kuantitas pesanan dan interval waktu antar pesanan adalah variabel. Sistem ini dapat menangani setiap tingkat permintaan dan setiap saat, dan mencakup fluktuasi permintaan dalam perencanaan. Tingkat target dihitung sebagai Persamaan. (13.31):

Persamaan 13.31

$$S=(ROP+q)$$

Kebijakan pemesanan (s,S) menghindari tingkat persediaan yang berlebihan dan memastikan bahwa bisnis memiliki barang yang tepat untuk menghindari kehabisan persediaan. Namun, kebijakan ini membutuhkan banyak usaha dan kontrol yang tinggi. Ini digunakan di bidang bisnis industri dan komersial, mengingat fakta bahwa kuantitas pesanan yang fleksibel dimungkinkan dan jumlah target yang dapat ditentukan sebelumnya.



Gambar 13.16 (s,S)-kebijakan pengendalian persediaan

Tugas 13.8 Kebijakan Kontrol Inventaris

Pertimbangkan data yang diberikan dan parameter yang ditentukan serta biaya penyimpanan tahunan untuk kebijakan masing-masing untuk tingkat layanan 95% dan 98%:

- permintaan per hari (d) 100 unit;
- standar deviasi permintaan harian (σ) 20 unit;
- biaya penyimpanan tahunan (h) 10 per unit;
- biaya pemesanan tetap (f) 100 per pesanan;

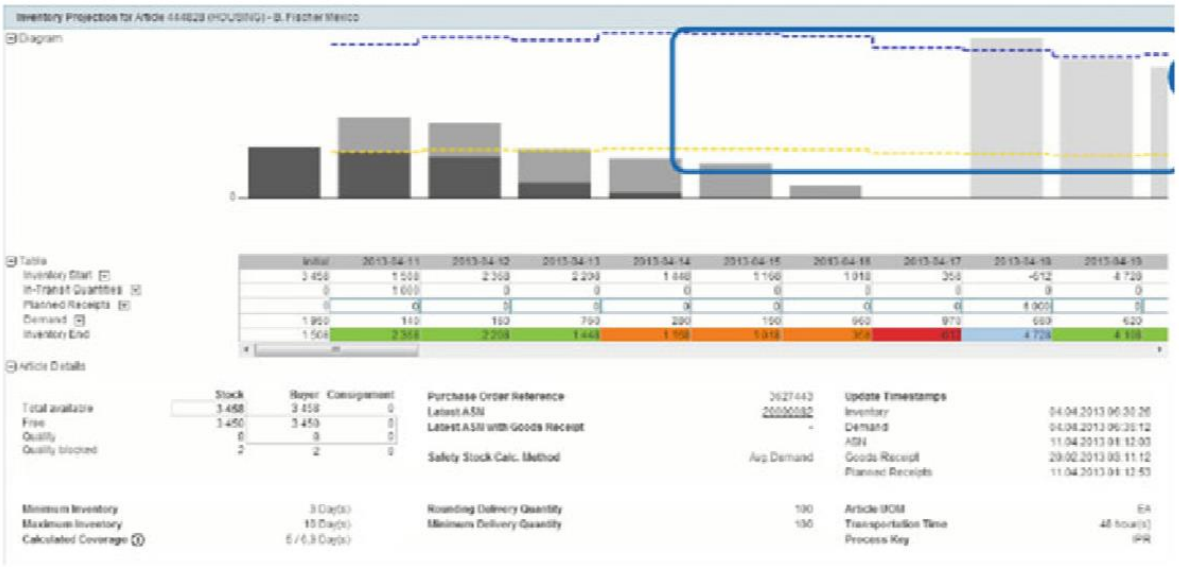
- interval pemesanan (T) 4 minggu;
- lead time (L) 2 minggu.

Solusi

1. Dapatkan nilai-z untuk level layanan 95% dan 98%; kita mendapatkan masing-masing 1.65 dan 2.05

$$ss = z\ x\ \sigma\ \sqrt{(T+L)} = 1.65\ x\ 20\ x\ \sqrt{4+2} = 81 unit$$

2. S = ROP +q x q* = $\sqrt{\frac{2\ x\ 36.500\ x\ 100}{10}} = 855\ unit;\ S = 681\ +\ 855\ =\ 1536\ unit$
3. Kebijakannya adalah (681;1536); posisi inventaris rata-rata (681 + 1536)/2 =1108
4. Biaya = 1108 x 10 = 11.802
5. $ss = 2.05x20x\sqrt{4+2} = 100; ROP = 100x(4+2) + 100 = 700 unit$
6. S = ROP + q; q* = $\sqrt{\frac{2\ x\ 36.500\ x\ 100}{10}} = 855\ unit.;\ S\ =\ 700\ +\ 855\ =\ 1555\ unit$
7. Kebijakannya adalah (700;1555); Posisi persediaan rata-rata adalah (700+1555)/2 = 1128
8. Biaya = 1128 x 10 = 11.282



Gambar. 13.17 Tampilan dinamis kontrol inventaris (berdasarkan solusi SupplyOn VMI, digunakan dengan izin)

Tampilan Dinamis

Ketika interval pengisian ulang, jumlah pesanan, ROP, dan tingkat persediaan target tidak tetap, tetapi perubahan dinamika tunduk pada perubahan permintaan, perubahan berikut pada kebijakan yang disebutkan di atas harus dipertimbangkan. Kita harus memperhitungkan permintaan, persediaan saat ini dan yang diproyeksikan, dan jumlah transit serta pengiriman yang direncanakan (lihat Gambar 13.17). Dapat diamati dari Gambar 13.17 bahwa tingkat persediaan target dan titik pemesanan ulang berubah dalam dinamika tunduk pada perubahan permintaan. Dasar perhitungannya adalah hari persediaan yang direncanakan.

Model Lot-Sizing Dinamis

Kita sudah tahu bagaimana mengelola persediaan dengan permintaan deterministik dan stokastik. Namun, pembahasan kita sebelumnya membahas satu masalah periode. Sekarang kita akan mempertimbangkan masalah multi-periode. Asumsikan bahwa Anda memerlukan tiket untuk trem, katakanlah 20 tiket selama sebulan. Anda dapat membeli

semuanya tepat di awal bulan. Dalam hal ini, Anda menghabiskan waktu untuk membeli tiket hanya sekali, tetapi Anda menginvestasikan banyak uang sekaligus. Atau, Anda dapat membeli tiket setiap hari. Komitmen modal Anda akan lebih rendah, tetapi Anda akan menghabiskan lebih banyak waktu untuk membeli tiket.

Dalam masalah multi-periode, parameter (misalnya, permintaan, waktu tunggu, biaya) dapat bervariasi dalam periode yang berbeda. Selain itu, persediaan dari periode sebelumnya dapat digunakan untuk menutupi permintaan di masa mendatang. Inilah sebabnya mengapa trade-off dasar dalam model multi-periode adalah bagaimana menyeimbangkan biaya penyimpanan persediaan dan biaya pemesanan dari waktu ke waktu.

Tabel 13.10 Data permintaan

T	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
b_t	500	200	600	300	200	100

Model lot-sizing dinamis membantu kami untuk memutuskan dalam setiap periode apakah kami harus memesan/memproduksi hanya untuk satu periode atau jika kami harus membangun lot-size selama beberapa periode bersama-sama untuk meminimalkan biaya pemesanan dan penyimpanan. Model ini dapat dibagi menjadi dua kelompok: optimasi dan heuristik. Contoh untuk optimasi adalah model Wagner-Whitin, yang merupakan generalisasi dari model EOQ yang mempertimbangkan perubahan permintaan dari waktu ke waktu. Kelompok kedua berisi heuristik, misalnya, heuristik Silver-Meal, heuristik biaya unit terkecil, dan heuristik paruh periode. Untuk menjelaskan model lot-sizing dinamis yang berbeda dan menunjukkan prosedur dan hasil yang berbeda, kami menggunakan contoh berikut.

Tugas 13.9 Masalah Lot-Sizing Dinamis

Sheeran Ltd. memiliki permintaan periodik berikut untuk bahan yang mereka butuhkan untuk produksi mereka (Tabel 13.10): Pesanan dilakukan pada awal setiap periode dan produk segera tersedia. Setiap pesanan menghasilkan biaya tetap f sebesar 100 dan terdapat biaya penyimpanan c per unit per periode sebesar 0,5.

Heuristik Biaya Unit Terkecil

Heuristik biaya unit terkecil didasarkan pada biaya unit rata-rata per periodeKunit t . Untuk perhitungan biaya rata-rata untuk periode pertama kita dapat menggunakan Persamaan. (13.32):

Persamaan 13.32

$$K_1^{unit} = \frac{f1}{b1}$$

Pada langkah kedua, tugasnya adalah mencari tahu apakah lebih efisien memesan bahan untuk periode 1 dan periode 2 secara bersama-sama pada periode pertama. Untuk mengetahui rata-rata unit cost bersama-sama untuk periode pertama dan kedua kita menggunakan Persamaan. (13.33):

Persamaan 13.33

$$K_{1,2}^{unit} = \frac{f1 \ + \ b2 \ x \ c}{b1 \ + \ b2}$$

Kami melanjutkan ekstensi ini hingga mencapai biaya rata-rata minimum. Artinya, begitu biaya meningkat, kami menghentikan perhitungan dan mulai dari awal dengan periode berikutnya dan seterusnya. Sebagai contoh:

$$K_{1,1}^{unit} = \frac{100}{500} = 0.2 \; K_{1,2}^{unit} = \frac{100 + 200 \; x \; 0.5}{500 + 200} = 0.286$$

Kita dapat melihat biaya rata-rata per unit meningkat, jadi kami memutuskan untuk tidak memesan permintaan untuk periode 1 dan periode 2 secara bersamaan. Alih-alih mengurutkannya bersama-sama, kami memulai perhitungan dengan periode 2 lagi dan memesan di periode 1 hanya bahan untuk periode tunggal ini:

$$K_{2,4}^{unit} = \frac{100}{200} = 0.5 \; K_{2,3}^{unit} = \frac{100 + 600 \; x \; 0.5}{200 + 600} = 0.5$$

Karena biaya unit rata-rata tetap pada tingkat yang sama, kami melanjutkan perhitungan:

$$K_{2,4}^{unit} = \frac{100 \; + \; 600 \; x \; 0.5 \; + \; 300 \; x \; 2 \; x \; 0.5}{200 + 600 + 300} = 0.636$$

Catatan: karena persediaan untuk periode 3 disimpan selama dua periode, kita kalikan (300 0,5) dengan 2. Dalam hal ini, kita mungkin ingin memesan bahan di periode 2 untuk periode 3, 4, dan 5 secara bersama-sama dan memulai perhitungan untuk periode 4 lagi.

$$K_{4,4}^{unit} = \frac{100}{300} = 0.2 \; K_{1,2}^{unit} = \frac{100 + 200 \; x \; 0.5}{500 + 200} = 0.4$$

Biaya rata-rata meningkat lagi, jadi kami memutuskan untuk memesan hanya bahan untuk periode 4 dan bukan untuk periode 4 dan 5 bersama-sama.

$$K_{5,5}^{unit} = \frac{100}{200} = 0.5 \; K_{5,6}^{unit} = \frac{100 + 100 \; x \; 0.5}{200 + 100} = 0.5$$

Hasilnya, jumlah pesanan untuk setiap periode ditentukan sebagai berikut:

q_1=500; q_2=800; q_3=0; q_4=300; q_5=300; q_6=0

Untuk menghitung biaya total, kami menjumlahkan biaya pemesanan tetap untuk setiap pesanan dan biaya penyimpanan untuk setiap periode di mana kami menghasilkannya:

K^{total}=4x100+(600x0.5)+(100x0.5)=750

Kami memesan dalam empat periode dan dalam periode 2 dan 5 kami memesan bahan untuk periode berikutnya juga. Total biaya adalah 750.

Heuristik Silver-Meal

Metode Silver-Meal menggunakan biaya rata-rata per periode, bukan biaya unit rata-rata. Selama biaya berkurang, ukuran lot diperpanjang mirip dengan heuristik biaya unit terkecil. Untuk periode 1 Persamaan. (13.34) dapat digunakan:

Persamaan 13.34

$$K_1^{periode} = \frac{f1}{1}$$

Jika kita ingin mengetahui apakah lebih murah untuk memesan bahan untuk periode 2 pada periode 1, kita menggunakan Persamaan. (13.35):

Persamaan 13.35

$$K_{1,2}^{periode} = \frac{f1 \; + \; b2 \; x \; c}{2}$$

Pertimbangkan sebuah contoh:

$$K_{1,1}^{periode} = \frac{100}{1} = 100 \; K_{1,2}^{periode} = \frac{100 + 200x0.5}{2} = 100$$

Sekarang kami memperluas perhitungan pertama dengan biaya penyimpanan bahan untuk periode 2. Karena tidak meningkat, kami melanjutkan ke periode 3.

$$K_{1,3}^{periode} = \frac{100 + 200x0.5 + 600x2x0.5}{3} = 267$$

Seperti yang Anda lihat, biaya periode rata-rata meningkat pesat. Untuk alasan ini kami hanya memesan bahan untuk periode 1 dan 2 bersama-sama dan memulai perhitungan kami lagi dengan periode 3.

$$K_{3,3}^{periode} = \frac{100}{1} = 100 \;\; K_{3,4}^{periode} = \frac{100 + 300x0.5}{2} = 125$$

Biaya meningkat lagi dan jadi kami memesan bahan untuk periode 3 saja.

$$K_{4,4}^{periode} = \frac{100}{1} = 100 \quad K_{4,5}^{periode} = \frac{100 + 200x0.5}{2} = 100$$

$$K_{4,6}^{periode} = \frac{100 + 200x0.5 + 100x2x0.5}{3} = 100$$

Seperti yang dapat kita lihat, kita dapat memesan bahan untuk periode 4, 5, dan 6 secara bersama-sama, menghasilkan solusi berikut.

$q_1=700\; q_2=0 \quad q_3=600\; q_4=600\; q_5=0 \quad q_6=0$

$K^{total}=3x100+(200 \times 0.5) + (200 \times 0.5 + 100 \times 2 \times 0.5) = 600$

Total biaya lebih rendah dengan heuristik Silver-Meal dibandingkan dengan heuristik biaya unit terkecil. Dalam hal ini, strategi pemesanan Silver-Meal adalah metode yang lebih disukai karena kita dapat menghemat 150.

Wawasan Praktis

Heuristik Silver-Meal paling disukai dalam kasus dengan permintaan yang berfluktuasi secara sporadis.

Model Wagner–Whitin

Model Wagner-Whitin mempertimbangkan permintaan deterministik yang berubah selama beberapa periode untuk satu produk. Model ini membantu kita menemukan solusi optimal yang akan cenderung (tetapi tidak harus!) lebih baik daripada Silver-Meal dan menawarkan solusi heuristik unit cost terkecil. Metode Wagner-Whitin memberikan hasil yang optimal untuk periode yang sedang dipertimbangkan, tetapi tidak melampauinya. Ide dasar dari model ini adalah untuk meminimalkan biaya penyimpanan dan pemesanan. Berbeda dengan heuristik, metode Wagner-Whitin tidak berhenti ketika biaya meningkat dalam satu periode, karena metode optimasi membandingkan periode yang berbeda satu sama lain.

Untuk periode pertama kita hanya memiliki biaya pemesanan tetap sebagai $K_1^{total=f1}$. Pada langkah kedua, kita ingin mengetahui biaya untuk pemesanan periode 1 dan 2 secara bersama-sama pada periode pertama daripada memesannya secara terpisah. Pertimbangkan rumus dasar Wagner–Whitin untuk perhitungan biaya:

Persamaan 13.36

$$K_{t,t+1} = Min\left[Min(1 \le t < j)\left[f + c\sum_{t=t+1}^{j} b_t\, x\, n + k_{t-1}\right]; f + K_{j-1}\right]$$

Menurut rumus (13.36), untuk setiap periode, semua opsi yang memungkinkan untuk memesan periode dalam periode ini sampai periode n atau tidak memesan sama sekali dipertimbangkan. Opsi dengan biaya minimal dipilih. Perhitungan periode pertama dilakukan sebagai $K_{,21}^{WW}\, f1 + b2\; x\; c$ Biasanya, perhitungan ini dilanjutkan untuk semua opsi yang memungkinkan. Ini luar biasa untuk metode Wagner-Whitin dan membedakannya dari heuristik.

Akan lebih aman untuk menghitung satu atau dua biaya lagi daripada membangun ukuran lot yang salah. Jika kita ingin menghitung biaya untuk periode berikutnya, kita tidak memulai hanya dengan biaya pemesanan tetap pada periode ini. Kita harus menjumlahkan biaya pemesanan dari periode ini dan total biaya dari periode pemesanan sebelumnya. Perhatikan contoh berikut untuk lebih memahami prosedur metode Wagner-Whitin (Tabel 13.11).

$$K_{1,1}^{WW} = 100$$

$$K_{1,2}^{WW} = 100 + 200\; X\; 0.6;\; K_{1,3}^{WW} = 100 + 200\; X\; 0.5 + 600\; X\; 2\; X\; 0.5 = 800$$

$$K_{2,2}^{WW} = K_{1,1}^{WW} + 100 = 200;\; K_{2,3}^{WW} = K_{1,1}^{WW} + 100 + 600\; X\; 0.5 = 500$$

Dalam hal ini, biaya pemesanan bahan untuk periode 1 dan 2 secara bersama-sama (strategi 1) sama dengan pemesanan secara terpisah (strategi 2). Kita dapat mengikuti kedua cara tersebut dan pada akhirnya memutuskan strategi mana yang lebih disukai.

$$K_{2,2}^{WW} = K_{1,1}^{WW} + 100 + 600\; X\; 0.5 + 300\; x\; 2\; X\; 0.5 = 8 ==$$

$$K_{3,3}^{WW} = K_{1,2}^{WW} + 100 = 300$$

Jika kami memutuskan untuk memesan periode 1 untuk periode pertama dan kedua secara bersama-sama, perhitungan yang kami gunakan untuk periode 3 adalah total biaya K1,2WW. Jika kami memutuskan untuk memesan periode pertama dan kedua secara terpisah, kami menggunakan total biaya K2,2WW untuk perhitungan K3,3WW. Kami akan melanjutkan dengan strategi 1.

$$K_{3,4}^{WW} = K_{1,2}^{WW} + 100 + 300\; x\; 0.5 = 450$$

$$K_{3,5}^{WW} = K_{1,2}^{WW} + 100 + 300\; x\; 0.5 = 4650$$

$$K_{4,4}^{WW} = K_{3,3}^{WW} + 100 = K_{4,5}^{WW} = K_{3,3}^{WW} + 100 + 200\; x\; 0.5 = 500$$

$$K_{4,5}^{WW} = K_{3,3}^{WW} + 100 + 200\; x\; 0.5 + 100\; x\; 2\; x\; 0.5 = 600$$

$$K_{5,5}^{WW} = K_{4,4}^{WW} + 100 = 500;\; K_{5,6}^{WW} = K_{4,4}^{WW} + 100 + 100\; x\; 0.5 = 550$$

$$K_{6,6}^{WW} = K_{5,5}^{WW} + 100 = 600$$

Biaya KWW min di akhir tabel pada periode terakhir adalah total biaya. Saat mencoba berbagai strategi, kami menyadari bahwa total biaya tidak pernah bisa di bawah 550.

Wawasan Praktis

Model lot-sizing dinamis yang dipertimbangkan pada dasarnya diterapkan pada strategi produksi *make-to-stock* (MTS) (lihat Bab 6). Dalam strategi produksi small series manufacturing dan *assemble-to-order* (ATO), metode lain biasanya digunakan. Metode ini didasarkan pada kontrol manufaktur berbasis bottleneck seperti ukuran lot

EPEI (*Every Part Every Interval*), heijunka atau DBR (*drum-buffer-rope*). Ukuran lot juga dapat dibatasi oleh kapasitas penyimpanan yang terbatas dalam proses produksi. Selain itu, integrasi ukuran lot manufaktur dan penjadwalan kendaraan termasuk dalam tren praktis, misalnya, yang disebut ukuran lot BIB (*batch-in-batch*).

Tabel 13.11 Perhitungan Wagner–Whitin

	Demand b_t					
	500	200	600	300	200	100
Period t	1	2	3	4	5	6
1	100	200	800			
2		200	500	800		
3			300	450	600	
4				400	500	600
5					500	**550**
6						600
K_t^{WW}	100	200	300	400	500	550

13.9 MENGGABUNGKAN INVENTARIS

Dalam beberapa kasus, banyak pasar diisi ulang dari gudang yang sama. Dalam konteks ini, pertukaran yang menarik antara jumlah fasilitas, persediaan, dan biaya transportasi mungkin muncul ketika membandingkan opsi yang berbeda, misalnya:

- membangun gudang di setiap pasar atau
- sentralisasi persediaan.

Beberapa pertanyaan penting dapat didiskusikan mengenai opsi ini. Bagaimana interval pengisian mempengaruhi kebutuhan safety stock di gudang? Interval pengisian yang lebih besar menghasilkan persyaratan stok pengaman yang lebih tinggi, karena stok pengaman sering digunakan pada akhir interval pengisian; jika interval pengisian lebih besar, penting bahwa stok pengaman tersedia untuk digunakan. Bagaimana interval pengisian mempengaruhi tingkat persediaan (dan dengan demikian ukuran gudang)? Interval pengisian yang lebih kecil berarti tingkat persediaan yang lebih rendah di dalam gudang dan dengan demikian gudang yang lebih kecil berguna.

Di sisi lain, interval pengisian yang lebih tinggi mengarah ke tingkat persediaan yang lebih tinggi dan dengan demikian gudang yang lebih besar harus disediakan. Bagaimana interval pengisian mempengaruhi biaya gudang lainnya (seperti biaya tenaga kerja)? Interval pengisian yang lebih pendek mungkin menghasilkan biaya tenaga kerja yang lebih tinggi karena penanganan material yang lebih besar.

Selanjutnya, perlu untuk mengevaluasi faktor-faktor lain yang mempengaruhi keputusan, seperti pasar di mana perusahaan berproduksi. Mungkin di pasar yang lebih kecil perusahaan akan fokus pada daya tanggap daripada efisiensi, dan di pasar yang lebih besar sebaliknya. Juga driver SC lainnya mempengaruhi keputusan. Karena keberlanjutan menjadi lebih penting, perusahaan juga harus menemukan keseimbangan antara biaya transportasi dan daya tanggap sambil mempertimbangkan keberlanjutan.

Kasus khusus lainnya adalah situasi di mana dua gudang harus digabung untuk menghemat biaya tetap dan operasi pergudangan. Bagaimana kita dapat menentukan tingkat persediaan pengaman yang tepat di gudang baru yang lebih besar? Berikut adalah dua kemungkinan situasi:

- Dua gudang sebelumnya melayani pasar yang sama;
- Dua gudang melayani pasar yang berbeda sebelumnya.

Ketika dua gudang melayani pasar yang sama sebelumnya, persediaan pengaman harus tetap tidak berubah, menurut rumus ss z dLT. Memang, jika penyimpangan permintaan tomat di Berlin 100.000 ton, itu tidak akan berubah hanya karena kami menggabungkan gudang kami. Namun, jika dua gudang sebelumnya melayani pasar yang berbeda, berikut ini berlaku:

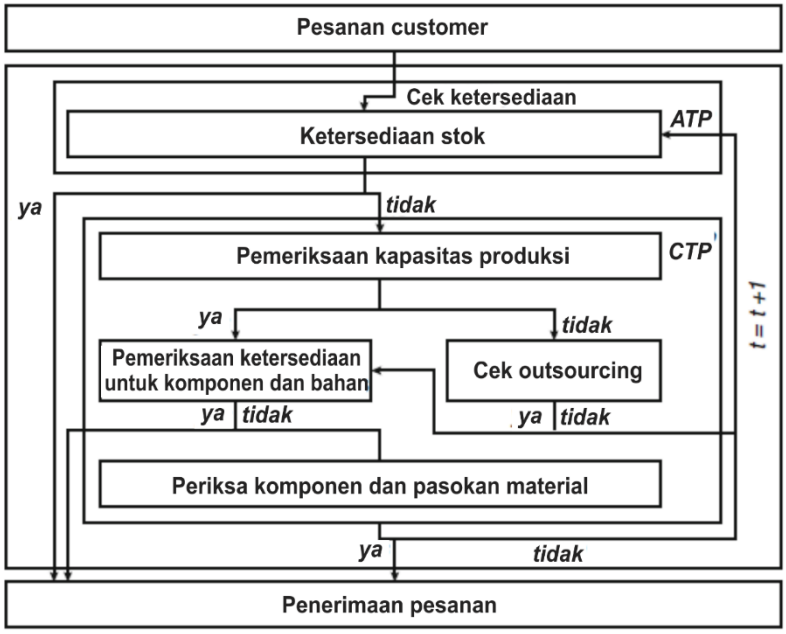
$$\sigma_{baru} = \sqrt{\sigma_{baru}^2 \; dimana \; \sigma_{baru}^2 \; = \; \sigma_1^2 + \; \sigma_2^2}$$

Catatan: Jika rata-rata permintaan dan deviasi permintaan berbeda secara signifikan satu sama lain di dua gudang yang sebelumnya melayani pasar yang sama, rumus untuk pasar yang berbeda harus diterapkan.

ATP/CTP

John sedang menjelajahi internet untuk menemukan perabotan baru untuk apartemennya. Setelah memasukkan parameter yang diinginkan, ia memiliki gambaran umum tentang tempat tidur. Ikhtisar berisi penawaran dari empat Supplier. Harganya cukup mirip, tetapi waktu tunggunya berbeda secara signifikan. Dua Supplier menunjukkan waktu tunggu 3 minggu, satu Supplier menunjukkan 2-3 hari, dan yang terakhir menunjukkan 8-10 hari karena tidak memiliki persediaan barang tetapi akan dapat memproduksinya dan mengirimkannya dalam waktu seminggu. John memilih penawaran Supplier ketiga, karena harganya hampir sama dan lead time menjadi keunggulan kompetitif. Temannya, Alex, memilih penawaran Supplier keempat karena harganya sedikit lebih rendah daripada Supplier ketiga, tetapi waktu tunggu lebih singkat daripada Supplier 1 dan 2.

Indikasi lead time "3 minggu" merupakan sinyal bahwa supplier bekerja dengan lead time standar. Ini berarti bahwa itu tidak memperhitungkan persediaan aktual atau beban kapasitas produksi. Jika ada persediaan atau slack dalam kapasitas produksi, waktu pengiriman dapat secara signifikan lebih pendek dari 3 minggu. Jika tidak, mungkin lebih lama. Supplier 3 dan 4 menerapkan apa yang disebut sistem ATP/CTP (*available-to-promise/capable-topromise*). Ini berarti bahwa mereka telah memperkenalkan TI [misalnya, SAP APO (perencanaan dan pengoptimalan lanjutan)] yang memiliki kemampuan untuk memeriksa persediaan aktual dan kapasitas produksi di sepanjang SC dan untuk menentukan waktu tunggu dan tanggal pengiriman yang tepat (lihat Gambar 13.18).



Gambar 13.18 Proses ATP/CTP. Berdasarkan Teich (2003)

Pada tahap pemenuhan pesanan, pesanan pelanggan dicocokkan dengan jumlah yang tersedia dalam stok dan dari penerimaan yang dijadwalkan. Selain itu, permintaan pelanggan untuk pengiriman produk berkaitan dengan kuantitas, waktu, dan lokasi harus dijawab. Penyelidikan tentang apakah pengiriman benar-benar dilakukan disebut ATP. Metode standar ATP adalah mencari stok yang tersedia, yang dapat dijanjikan untuk pengiriman.

CTP dapat diterapkan ketika pemeriksaan ATP konvensional gagal, yaitu, produk yang diminta tidak tersedia di lokasi masing-masing dan tidak tersedia dari penerimaan terjadwal. CTP mengacu pada perencanaan dan penjadwalan yang berjalan sehubungan dengan pekerjaan yang sedang berlangsung (WIP) selama pemeriksaan ATP. CTP memeriksa apakah mungkin untuk memodifikasi pesanan produksi terjadwal yang ada dengan memperhatikan waktu dan ukuran pesanan atau apakah untuk membuat pesanan produksi baru, dengan mempertimbangkan kapasitas produksi dan ketersediaan komponen.

Konsep seperti itu digunakan oleh banyak perusahaan ritel online seperti Amazon. Perusahaan manufaktur menerapkan sistem tersebut untuk mengelola kompleksitas yang sering melibatkan ribuan pesanan per hari yang dapat ditempatkan untuk ratusan ribu item. Investasi TI untuk ATP/CTP bisa tinggi, tetapi akan dibayar melalui pencapaian keunggulan kompetitif.

13.10 KESIMPULAN

Dalam bab ini, kita belajar tentang metode dan alat praktis untuk manajemen persediaan. Mari kita rangkum poin-poin penting dari bab ini sebagai berikut. Peran manajemen persediaan adalah untuk mencapai keseimbangan antara investasi persediaan dan layanan pelanggan. Persediaan adalah salah satu aset paling mahal dari banyak perusahaan yang mewakili sebanyak 50% dari total modal yang diinvestasikan.

Manajer Operasi dan SC harus menyeimbangkan investasi inventaris dengan tingkat layanan pelanggan. Persediaan memiliki fungsi dan jenis yang berbeda-beda. Pertukaran "tingkat layanan vs biaya" adalah salah satu masalah terpenting dalam manajemen inventaris. Persediaan menimbulkan biaya, tetapi pada saat yang sama dapat digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas SC. Biaya terpenting dalam optimalisasi persediaan adalah biaya penyimpanan, pemesanan, dan kehabisan persediaan. Dalam membuat keputusan dalam lingkup manajemen persediaan, dua pertanyaan dasar berikut ini diajukan untuk dipertimbangkan:

- Berapa banyak yang harus saya isi ulang?
- Kapan saya harus mengisi ulang?

Menurut fungsi dan jenis inventaris, inventaris dapat digunakan untuk mengelola:

- skala ekonomi—ini adalah inventarisasi siklus;
- ketidakpastian—ini adalah inventaris keamanan.

Metode dasar untuk klasifikasi item adalah analisis ABC dan XYZ. Analisis ABC membagi persediaan menjadi tiga kelas A-B-C berdasarkan volume dolar tahunan. Analisis ABC digunakan untuk menetapkan kebijakan yang berfokus pada beberapa bagian penting dan bukan pada banyak bagian yang sepele. Analisis XYZ digunakan untuk mengklasifikasikan barang sesuai dengan dinamika permintaannya. Untuk persediaan siklus, metode dasarnya adalah sebagai berikut:

- EOQ dan EPQ dasar
- model diskon kuantitas
- titik pemesanan ulang/ *reorder point* (ROP).

Metode EOQ membantu kita untuk memahami hubungan antara biaya pemesanan dan penyimpanan. EOQ menemukan kuantitas pesanan optimal untuk permintaan deterministik

dalam mode satu periode. Model EOQ menjawab “berapa”. Dalam model diskon kuantitas, biaya persediaan juga dapat dihitung berdasarkan harga satuan yang berbeda. Model EPQ cukup mirip dengan model EOQ, tetapi diterapkan pada produksi. Model ini digunakan ketika:

- persediaan menumpuk selama periode waktu setelah pesanan dilakukan;
- unit diproduksi dan dijual secara bersamaan.

Titik pemesanan ulang (ROP) memberitahu manajer "kapan" untuk memesan. ROP diperkenalkan untuk memperhitungkan apa yang disebut lead time, yaitu waktu antara penempatan pesanan dan penerimaan. Namun, dalam banyak kasus praktis, baik permintaan maupun waktu tunggu dapat berfluktuasi. Kami tidak mengetahui nilai aktualnya, tetapi hanya dapat memperkirakannya berdasarkan probabilitas. Untuk kasus seperti itu, model stokastik (probabilistik) diperlukan. Ketidakpastian permintaan membuat perlunya mempertahankan tingkat layanan pelanggan tertentu untuk menghindari kehabisan stok. Di hadapan ketidakpastian permintaan, persediaan pengaman diperkenalkan.

Perbedaan penting antara masalah multi-periode dan masalah satu periode adalah bahwa semua parameter yang relevan (misalnya, permintaan, waktu tunggu, biaya) dapat bervariasi pada periode yang berbeda. Selain itu, persediaan dari periode sebelumnya dapat digunakan untuk menutupi permintaan pada periode berikutnya. Inilah sebabnya mengapa trade-off dasar dalam model multi-periode menunjukkan keseimbangan biaya penyimpanan persediaan dan biaya pemesanan lembur. Metode dasar untuk masalah multi-periode adalah metode Wagner-Whitin (optimasi) serta metode Silver-Meal dan unit cost (kedua metode tersebut adalah heuristik).

Dalam banyak kasus praktis, EOQ dan ROP tidak dapat diterapkan karena kebijakan bisnis. Misalnya, banyak perusahaan di industri ritel elektronik harus melakukan pemesanan pada hari Jumat berdasarkan perkiraan permintaan karena hal ini diwajibkan oleh OEM. Dalam kasus lain, pengiriman hanya dapat dilakukan pada tanggal tertentu (misalnya, pada hari Senin). Dalam kasus ini, kebijakan pengendalian persediaan diterapkan.

Dalam banyak kasus, *trade-off* yang menarik antara jumlah fasilitas, dan biaya persediaan dan transportasi mungkin muncul ketika membandingkan pilihan yang berbeda. Inilah sebabnya mengapa model transportasi inventaris terintegrasi dipertimbangkan. Untuk memperhitungkan persediaan aktual dalam kapasitas produksi stok, konsep ATP/CTP digunakan, yang memungkinkan penentuan tanggal pengiriman yang tepat.

Banyak masalah dan metode tambahan manajemen persediaan yang ada dalam praktik, mis. manajemen persediaan multi-eselon di SC. Manajemen persediaan multi-eselon adalah cara untuk memotong biaya dan meningkatkan tingkat layanan pelanggan. Manajemen persediaan eselon tunggal memiliki beberapa masalah besar. SC membawa kelebihan persediaan dalam bentuk persediaan pengaman yang berlebihan.Kegagalan layanan pelanggan akhir terjadi bahkan ketika persediaan yang memadai ada di jaringan. Lokasi yang berhadapan dengan pelanggan mengalami kehabisan persediaan yang tidak diinginkan, meskipun layanan antar eselon lebih dari dapat diterima. Supplier eksternal memberikan kinerja yang tidak dapat diandalkan ketika mereka menerima perkiraan permintaan yang tidak memuaskan. Keputusan alokasi internal yang picik dibuat untuk produk dengan ketersediaan terbatas.

Tujuan dari manajemen persediaan multi-eselon adalah untuk memberikan tingkat layanan pelanggan akhir yang diinginkan dengan persediaan jaringan minimum, dengan persediaan dibagi di antara berbagai eselon. Namun, teknik multi-eselon lebih kompleks. Kompleksitas pengelolaan inventaris meningkat secara signifikan. Semua lokasi harus berada di bawah kendali internal satu perusahaan. Alih-alih hanya mengisi kembali gudang yang

berada di antara Supplier dan pelanggan akhir, seperti dalam situasi eselon tunggal, kita juga perlu menghadapi masalah pengisian ulang sistem persediaan multi-tahap.

Masalah tambahan dan metode manajemen persediaan yang juga dapat dipertimbangkan untuk masalah praktis adalah sebagai berikut:

- berbagai jenis tingkat layanan (alfa, beta, dan gamma)
- perhitungan stok pengaman dinamis
- masalah ukuran lot persediaan
- masalah perutean inventaris, terutama dalam konteks inventaris yang dikelola vendor (VMI)
- masalah produksi-persediaan-transportasi
- masalah ukuran lot dan penjadwalan ekonomi stokastik dengan kendala anggaran, kapasitas, dll.

Ini dan berbagai masalah lain dari manajemen persediaan dalam rantai suplai benar-benar menarik dan patut mendapat banyak perhatian.

BAB 14
ROUTING DAN *SCHEDULING*

Routing/Perutean dan Scheduling/penjadwalan adalah bagian dari keputusan operasi yang diperlukan untuk menjalankan operasi sehari-hari. Prasyaratnya adalah sebagai berikut. Biasanya, kita diberi kapasitas yang diketahui yang tidak dapat diperpanjang dalam waktu singkat sehingga kelangkaan sumber daya tidak selalu dapat dicegah. Selanjutnya, informasi rinci tentang permintaan yang harus dipenuhi tersedia.

Tantangan utama pengambilan keputusan operatif sekarang adalah menyesuaikan permintaan dengan kapasitas yang tersedia setiap hari. Di sini, dua tugas keputusan dasar harus diselesaikan (secara terpisah atau paralel): (1) permintaan harus ditetapkan ke sumber daya dan (2) jadwal harus diatur. Jadwal menggambarkan urutan di mana tugas yang diberikan dijalankan dan di mana titik awal operasi individu dimulai. Kesulitan utama adalah untuk memastikan bahwa kapasitas yang tersedia tidak terlampaui dan sumber daya dikerahkan pada efisiensi tertinggi.

Pada bagian pertama kami akan memperkenalkan kasus khas untuk pengambilan keputusan operatif. Bagian kedua akan memperkenalkan grafik matematika sebagai alat untuk mewakili skenario keputusan dalam struktur jaringan. Selain itu, wawasan pertama ke dalam pemrosesan algoritmik data grafik sebagai bahan dasar untuk pengambilan keputusan dalam struktur jaringan disediakan. Pertimbangan pembatasan kompleks selama penerapan sumber daya dibahas dalam Bagian ketiga melalui apa yang disebut masalah penjual keliling (TSP) di mana urutan operasi untuk membangun jadwal untuk sumber daya menjadi fokus pengambilan keputusan. Pertimbangan terpadu dari tugas dan penjadwalan/pengurutan masalah keputusan di bawah ketersediaan sumber daya yang terbatas dibahas di bagian selanjutnya dalam konteks masalah rute kendaraan berkapasitas (CVRP). Dan sebelum bagian terakhir akan ada pengenalan singkat ke dalam penjadwalan mesin produksi diberikan. Dan bagian terakhir akan merangkum aspek-aspek utama dari bab ini.

14.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Pelajari tentang tugas perencanaan proses operasi yang khas dari transportasi serta produksi.
- Memahami representasi jaringan dalam grafik matematika.
- Mendefinisikan model keputusan dalam grafik matematika.
- Pilih algoritma yang memadai untuk memecahkan model optimasi yang didefinisikan dalam grafik.
- Memahami bahan dasar algoritma heuristik untuk memecahkan model routing dan penjadwalan yang kompleks dengan beberapa kendala.
- Memahami tujuan dasar dan trade-off dalam perutean dan penjadwalan.
- Hitung jadwal produksi optimal dan sub-optimal (heuristik).

14.2 STUDI KASUS PENDAHULUAN

Perjalanan Bus Dan Travel Di Indonesia

Pemeran utama dalam bab ini adalah Christina. Ia baru saja menyelesaikan program studinya di *Global Supply Chain and Operations Management*. Berbekal gelar yang baru diperolehnya, ia ingin mendapatkan pengalaman kerja di luar negeri. Jadi dia melamar beberapa pekerjaan di Jakarta yang terkenal di Indonesia. Setelah beberapa kali wawancara,

akhirnya ia mendapatkan pekerjaan di BUS&TRAVEL INDONESIA (BT_IDN). Perusahaan ini menawarkan layanan transportasi di wilayah Semarang. Agen perjalanan internasional memesan operasi layanan BT_IDN untuk memastikan bahwa turis mereka dipindahkan ke wilayah liburan pilihan mereka.

Pada hari kerja pertamanya, Christina ditugaskan di kantor perencanaan dan pengiriman BT_IDN di pusat kota Semarang. Setelah beberapa tahun bisnis yang rumit karena kurangnya wisatawan, BT_IDN telah mendeteksi peningkatan jumlah pemesanan dari agen perjalanan, tetapi juga dari pelanggan individu. Pemesanan ini dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori berikut:

- *Limousine Services (LS)*
- *Sightseeing Tours (SST)*
- *Airport Arrival Transfer (AAT)*
- *Airport Departure Transfer (ADT)*

BT_IDN menerima semua pemesanan dalam waktu singkat, mis. pada hari sebelum layanan transportasi diminta. Proses layanan (transportasi) harus diatur untuk memenuhi permintaan pelanggan. BT_IDN mengoperasikan armada bus (mini) dengan ukuran berbeda dan memiliki pengemudi yang memenuhi syarat. Penugasan pemesanan bus harus diputuskan, dan untuk setiap bus jadwal harian harus ditentukan.

Tugas Christina sekarang adalah menganalisis empat produk, LS, SST, AAT, dan ADT, dan memberikan saran tentang bagaimana penerapan sehari-hari bus yang tersedia (yang merupakan sumber daya yang tersedia) harus dilakukan untuk gunakan sumber daya ini dengan cara yang paling efisien sambil memenuhi semua permintaan pemesanan. Setelah menemani beberapa layanan transportasi selama minggu pertamanya di BT_IDN, Christina telah mengidentifikasi tantangan perencanaan inti di empat sektor bisnis:

LS/*Limousine Services*: Apa jalur terpendek (tercepat) melalui jaringan jalan lokal untuk melakukan perjalanan dari kantor pusat layanan limusin ke bandara? Bagaimana jalan ini dapat diidentifikasi?

SST/Sightseeing Tours: Dalam urutan apa semua tempat wisata harus dikunjungi agar pengunjung memiliki waktu yang cukup untuk menikmati waktu senggangnya di hotel?

AAT/*Airport Arrival Transfer*:Berapa jarak perjalanan minimal untuk membawa semua penumpang yang masuk terkait dengan penerbangan masuk ke hotel mereka? Berapa jumlah minimal bus yang dibutuhkan?

ADT/*Airport Departure Transfer*:Bus mana yang harus menjemput tamu mana dari hotel mana untuk mengantar mereka ke bandara tepat waktu jika pelanggan tidak menerima penjemputan lebih dari 5 jam lebih awal dari jadwal keberangkatan penerbangan mereka?

Christina kini sedang mencari model perencanaan yang cocok untuk empat jenis situasi layanan transportasi. Niatnya adalah membuat penentuan proses dapat dilacak, tetapi, pada saat yang sama, dia ingin memastikan bahwa efisiensi sumber daya penyebaran setinggi mungkin.

Jalur Terpendek dalam Jaringan/ LS/*Limousine Services*

Bagian ini membahas optimasi jalur perjalanan dalam struktur jaringan. Secara khusus, kami mencari koneksi terpendek (atau tercepat) antara lokasi awal tertentu dan lokasi tujuan tertentu. Kedua lokasi ini merupakan bagian dari jaringan, tetapi tidak ada koneksi langsung yang tersedia di antara keduanya. Sebagai gantinya, perlu untuk menentukan urutan koneksi langsung gabungan antara koneksi/titik yang dilewati antara yang menghubungkan lokasi awal dan terminal.

Garis Besar Masalah Jalur Terpendek (SPP) dalam Jaringan

Christina pertama kali beralih ke bisnis LS. Pada langkah pertama, dia meminta bagian pemesanan untuk data tentang tempat yang biasa dan paling sering dipesan untuk transportasi limusin. Surveinya menghasilkan pengamatan bahwa enam lokasi berkontribusi pada operasi LS harian (lihat Tabel 14.1).

Tarif untuk pemesanan LS dihitung berdasarkan jarak perjalanan antara lokasi penjemputan yang dipesan dan lokasi pengiriman yang dipesan. Dari diskusi dengan manajer layanan pelanggan BT_IDN, Christina mengetahui bahwa ada beberapa keluhan dari pelanggan yang berpikir bahwa mereka harus membayar terlalu banyak, karena pengemudi tidak mengikuti rute perjalanan terpendek.

Christina ingin mengetahui apakah keluhan ini dapat dibenarkan dan dia memutuskan untuk berbicara dengan beberapa pengemudi. Setelah wawancara, dia yakin bahwa keluhan itu tidak beralasan. Semua keluhan adalah akibat dari kesalahpahaman: infrastruktur di daerah tersebut sangat berbeda dari jaringan jalan Eropa pada umumnya.

Karena semua hotel telah dibangun di sekitar area berpenduduk di pusat kota, hanya ada jalan yang menghubungkan hotel-hotel terbesar. Ini berarti pergi dari titik penjemputan ke titik pengiriman sering kali membutuhkan kunjungan ke beberapa hotel. Jaringan jalan secara signifikan kurang padat daripada di kota-kota Eropa pada umumnya dan "jalan memutar" diperlukan saat bepergian di daerah tersebut.

Tabel 14.1 Lokasi untuk LS

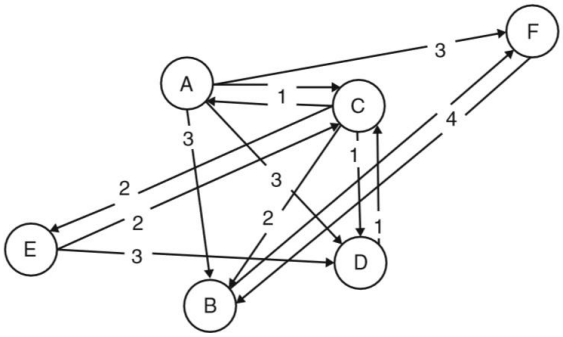
Notasi	Lokasi
A	Marina - Semarang
B	Novotel
C	Hotel Ibis Budget
D	Hotel Louis
E	Hotel Gumaya
F	Bandara Ahmad Yani

Untuk memberikan transparansi lebih bagi pelanggan dan menginstruksikan pengemudi limusin, Christina memutuskan untuk membuat daftar untuk setiap pasangan kombinasi titik pengambilan dan pengiriman. Dia ingin menambahkan rute terpendek untuk setiap pasangan (untuk memberi tahu pengemudi) dan jarak perjalanan yang sesuai (untuk memberi tahu pelanggan).

Dalam upaya pertama untuk menyusun daftar yang diinginkan, Christina mengumpulkan data dari peta jalan. Dia menandai enam lokasi A sampai F (Gambar 14.1). Kemudian, dia mencari jalan yang menghubungkan lokasi-lokasi tersebut. Setiap kali dia mengetahui bahwa ada jalan yang menghubungkan hotel dengan bandara atau bandara dengan hotel atau hotel dengan hotel lain, dia menghubungkan lokasi asal dengan lokasi terminal dengan busur, yaitu busur mewakili jalan yang ada. menghubungkan dua titik ini di mana arah busur menunjukkan arah perjalanan (Gambar 14.1).

Akhirnya, dia menambahkan panjang (diberikan dalam kilometer) dari jalan (bagian) seperti itu di antara dua titik. Dari peta sederhana yang dikompilasi, dia belajar, misalnya, bahwa ada jalan yang membentang dari A (*Reefside*—The Fisherman's Village) ke D (Mermaid's Inn), tetapi jalan ini tidak dapat digunakan untuk pergi dari D ke A. Panjangnya ruas jalan dari A ke D adalah 3 km. Tapi berapa jarak perjalanan dari E ke F? Christina mencari metode yang nyaman untuk menentukan

jarak tempuh terkecil (yaitu, untuk memecahkan masalah jalur terpendek [SPP]) antara sepasang lokasi penjemputan dan pengiriman yang tidak terhubung langsung oleh busur.



Gambar 14.1 Jaringan jalan yang menghubungkan Bandara (F) dengan hotel-hotel terpenting (A–E) di daerah Semarang

14.3 GRAFIK MATEMATIKA

Grafik matematika adalah alat untuk menggambarkan struktur jaringan. Sebuah jaringan terdiri dari beberapa titik dan koneksi antara titik-titik tersebut. Dalam grafik matematika titik-titik ini diwakili oleh node dan semua node dikumpulkan dalam himpunan node yang sering diberi label N. Jika ada hubungan antara dua titik, maka ada juga hubungan (yaitu, busur) antara dua yang sesuai node, katakanlah i dan j, diambil dari node set N (i, j ∈ N). Jika hanya perlu diketahui bahwa kedua node ini terhubung, maka koneksi ini dinyatakan dengan menempatkan dua node yang terhubung ke dalam himpunan {i; J}.

Himpunan ini disebut edge. Dalam kebanyakan situasi perlu untuk menyimpan informasi tentang jenis koneksi antara node i dan j. Misalnya, jika ia memiliki jaringan yang baik yang dilayani oleh maskapai penerbangan, perlu diketahui apakah penerbangan yang ditawarkan pergi dari i ke j dan/atau dari j ke i. Oleh karena itu perlu untuk membedakan koneksi dari i ke j dan koneksi dari j ke i. Dalam situasi seperti itu koneksi dibuat oleh pasangan terurut (i; j) yang menunjukkan bahwa ada koneksi yang berasal dari dan menuju ke j. Jika ada juga koneksi dari j ke pasangan terurut kedua (j; i) digunakan untuk mewakili koneksi tambahan ini. Pasangan berurutan (i; j) yang menghubungkan dua node disebut busur.

Semua busur dan/atau tepi yang diperlukan disimpan dalam himpunan lain, yang disebut himpunan busur (atau tepi) yang biasanya diberi label E. Informasi yang terkait dengan sebuah simpul atau busur (sisi) dapat disimpan dengan pemetaan f dan g, sehingga f(i), g(i; j), atau g({i; j}) masing-masing disimpan sebagai informasi yang disimpan. Quadruple (N; E; f; g) disebut graf matematika berbobot.

SPP sebagai Model Optimasi Berbasis Grafik

Christina ingin merepresentasikan pengaturan masalah LS dalam grafik matematika. Dia mulai dengan menyiapkan model optimasi berbasis grafik untuk struktur jaringan yang ditunjukkan pada Gambar. 14.1. Oleh karena itu, perlu untuk merepresentasikan informasi yang diberikan sebagai grafik matematika G = (Ω; Θ; d) dengan busur yang dievaluasi. Himpunan Ω simpul terdiri dari enam simpul Ω = {A; B; C; D; E; F}. Himpunan Θ busur terdiri dari busur-busur yang menghubungkan simpul-simpul seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.1, sehingga : Θ = {(A; B), (A; C), (A; D), (A; F), (B ; F), (C; A), (C; B), (C; D), (C; E), (D; C), (E; C), (E; D), (F; B)}. Kami menggabungkan pemetaan bernilai nyata d untuk menetapkan jarak perjalanan d(i; j) ke setiap busur (i; j) ∈ Θ.

Untuk mempersiapkan analisis graf turunan, kami memperkenalkan beberapa definisi. Definisi ini membantu kita untuk membahas sifat-sifat khusus dari model keputusan berbasis grafik.

Misalkan (i; j) dan (k; l) adalah dua busur dalam suatu graf G. Kami menyebut busur (k; l) sebagai "successorofarc(i;j)" jika dan hanya jika dua simpul jandk bertepatan, yaitu jika dan hanya jika j=k. Dalam situasi seperti itu, kita juga mengatakan bahwa busur (k; l) mengikuti busur (i; j) jika dan hanya jika (k; l)merupakan penerus(i; j)dalam graf yang diberikanG.Dalam contoh kamiarc(F;B) adalah penerus busur (A; F), yang berarti bahwa busur (F; B) mengikuti busur (A; F).

Sekarang kita siap untuk memperkenalkan istilah "jalur" ke dalam jaringan G. Mari kita dan tbe node dari node Ω set dari G. Dalam contoh kita, s mungkin node A dan t bisa node E. Biarkan (i_0;i_1), (i_1;i_2), ... , (i_{k-1}; ik) adalah barisan berhingga dari busur-busur berikut dengan sifat-sifat i_0 = s dan ik = t. Kami menyebut barisan busur (i_0; i_1), (i_1; i_2), ..., (i_{k-1}; ik) jalur di G dari s ke t. Singkatnya, kami menyebut barisan busur ini sebagai jalur s-t di G.

Persamaan 14.1

$$L((i_0; i_1), (i_1; i_2), ..., (i_{k-1}; ik) = d(s, i_1) + d(i_1; i_2) + ... + d(i_{k-1}; t)$$

Panjang s-t-path yang diberikan (i_0;i_1), (i_1;i_2), ..., (i_{k-1};ik) di G didefinisikan oleh Persamaan. (14.1). Dalam kasus di mana semua node yang terdapat dalam jalur (i_0;i_1), (i_1;i_2), ..., (i_{k-1};ik) berbeda berpasangan, kami menyebut jalur s-t sebagai "jalur sederhana". Properti "berbeda berpasangan" mengacu pada situasi di mana setiap dua node dari subset tertentu dari set node tidak sama. Lintasan sederhana pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 14.1 adalah, misalnya, lintasan (A; D), (D; C), (C; E). Sebaliknya, jalur (A; D), (D; A), (A; F) bukanlah jalur sederhana karena simpul A dikunjungi lebih dari satu kali. Dengan menggunakan definisi di atas, kita sekarang siap untuk menggambarkan tugas Christina untuk menentukan jalur terpendek antara sepasang node dalam struktur jaringan yang diberikan secara formal. Biarkan s menjadi titik penjemputan pemesanan LS dan biarkan t menjadi titik pengantaran yang direncanakan dari pemesanan LS ini. Christina kemudian mencari jalur-st sederhana (s; i1), (i_1;i_2), ..., (i_{k-1}; t) di G dengan panjang minimal L((s; i_1), (i_1; i_2), ... , (i_{k-1}; t)).

Algoritma Dijkstra untuk Identifikasi Jalur S-T terpendek

Ada algoritma yang sangat efisien dan cepat yang tersedia untuk mengidentifikasi jalur-t terpendek dalam grafik G yang diberikan. Satu-satunya persyaratan untuk penerapan algoritma ini adalah bahwa semua busur (i; j) dari G memiliki panjang non-negatif d(i; j). Diterapkan untuk menentukan jalur-st terpendek di G, algoritma ini melakukan sedikit lebih dari yang dibutuhkan: menghitung jalur terpendek dari s ke setiap node lain di G. Ide dasar dari algoritma ini adalah kontribusi dari E.W.Dijkstra (1959). Oleh karena itu, algoritma tersebut sering disebut dengan "Algoritma Dijkstra". Algoritma Dijkstra bekerja sebagai berikut.Biarkan|Ω|perantara dari node dalam graf G yang diberikan, di mana kita akan mengidentifikasi jalur s-t terpendek.

Algorithm Start

Pada awalnya, setiap node diberi apa yang disebut nilai label sementara l(v). Nilai ini sama dengan panjang jalur terpendek yang diketahui sejauh ini (bukan jalur itu sendiri!) dari simpul awal s ke simpul v, yaitu ia membawa panjang jalur s-v terpendek yang ditemukan sejauh ini. Karena, pada awalnya, tidak ada jalur s-v yang diketahui, kami menetapkan l(v) sama dengan tak terhingga (l(v): = ∞), untuk semua v ε Ω, ≠ s, tetapi kami menetapkan l(s)=0. Iterasi Algoritme Algoritme Dijkstra mengulangi langkah-langkah berikut |Ω| waktu.

1. Setiap iterasi dimulai dengan pemilihan node k dengan nilai label sementara l(k). Jika ada node yang berlabel sementara, pilih node dengan nilai label sementara minimal di antara semua node yang diberi label sementara. Jika tidak ada node yang berlabel sementara, maka algoritma berakhir.

2. Nilai label l(k) dari node k yang dipilih dinyatakan sebagai “permanen” dan tidak akan diubah lagi pada iterasi selanjutnya.
3. Untuk semua simpul yang tersisa w∈Ω\{k} dengan nilai label l(w) yang belum diberi label permanen, kita periksa berikut ini: jika busur (k; w) terdapat di G dan jika l(k) + d(k;w) < l(w), lalu kita perbarui l(w) dengan l(w):=l(k) + d(k; w). Kami telah menemukan jalur sw yang lebih pendek di G. Jika tidak ada busur seperti itu (k; w) atau jika l(k) + d(k; w) ≥ l (w), maka kami tidak mengubah l(w) dan periksa simpul berikutnya w6≠k.

Definisi berikut membantu memudahkan eksekusi algoritma Dijkstra untuk jaringan yang lebih besar. Misalkan v adalah simpul dari himpunan simpul dari graf G. Pada langkah (ii) iterasi algoritma Dijkstra, kita perlu menganalisis semua simpul dalam Ω yang terhubung langsung dengan v oleh busur yang berasal dari v. Simpul terminasi busur seperti itu disebut "penerus v". Misalkan SUCC(v) adalah himpunan yang berisi semua penerus v yang berlabel sementara, yaitu SUCC(v):={k∈Ω|(v; k)∈Θ dan k berlabel sementara}.

Misalkan (i; j) adalah busur yang diambil dari himpunan busur dΘ dari graf G. Kita definisikan i sebagai “pendahulu” dari j di G. Singkatnya, kita tulis pred(j):={i} if(i; j) .Dalam algoritma Dijkstra, kami menggunakan konvensi pendahulunya untuk menyimpan s-tpath terpendek secara rekursif, misalnya urutan node yang dikunjungi dalam s-t-path terpendek. Mulai dari simpul terminal t, kita simpan pred(t) dan untuk simpul pred(t) kita simpan pred(pred(t)) dan seterusnya (penentuan jalur kanan-ke-kiri). Misalkan Ω^T adalah himpunan bagian dari himpunan simpul Ω yang berisi semua simpul yang saat ini diberi label sementara dan misalkan Ω^P adalah himpunan bagian dari Ω yang dibentuk oleh simpul yang sudah diberi label secara permanen.

Algoritma Dijkstra

(a) Set $\Omega^T := V$ dan $\Omega^P := \emptyset$
(b) Set l(v):=1dan predikat (v):=∅ untuk semua v ∈ Ω\{s}, l(s):=0 dan predikat(s):=∅, l(s)=0
(c) Proses dengan step (d)–(g) if $\Omega^T \neq \emptyset$, maka lanjutkan ke (h)
(d) Pilih node k ∈ Ω^T maka l(k) jauh lebih rendah daro Ω^T.
(e) Deklarasikan label (k) sebagai update permanen dan $\Omega^T := \Omega^T\backslash\{(k)\}$ dan $\Omega^P := \Omega^P \cup \{k\}$
(f) Untuk semua w ϵ SUCC(k) memenuhi l(k) +d(k; w) < l(w) update l(w):=l(k) + d(k; w) dan prediksi (w):=(k)
(g) Goto (c)
(h) Stop algoritma

Deskripsi algoritma semacam itu cukup mirip dengan kode pemrograman komputer. Itu ditulis dalam pseudocode. Deskripsi pseudocode sering digunakan untuk membuat implementasi (coding) “nyata” dengan bahasa pemrograman seperti BASIC, Java, atau C++ lebih mudah.

Algoritma Dijkstra dimulai dengan inisialisasi dua himpunan simpul Ω^T, serta Ω^P (simbol ∅ mewakili himpunan kosong) pada langkah (a) dan (b). Langkah-langkah (c)–(g)diulangi selama masih ada sebuah node dengan label sementara yang tersedia. Dalam setiap pengulangan, tepat satu node dipindahkan dari himpunan node berlabel sementara ke dalam himpunan node permanen (d), (e) dan label sementara diperbarui jika jalur s-w yang lebih pendek ke node w ditemukan (f).

Christina telah membaca tentang algoritma Dijkstra dan masalah jalur terpendek. Dia menerapkannya sekarang pada situasi masalah yang ditunjukkan pada Gambar 14.1. Dia mulai dengan identifikasi jalur terpendek antara titik E dan titik F. Untuk memudahkan aplikasi

berulang langkah-langkah dalam algoritma Dijkstra tampaknya tepat dan membantu untuk mewakili data kerja dan hasil antara dalam tabel seperti yang ditunjukkan pada Tabel 14.2. Nilai label terbaru terkandung dalam kolom yang dipimpin oleh node. Nilai pred(X) terbaru dari simpul X diberikan dalam tanda kurung di sebelah kanan nilai label terbaru. Nilai label yang dinyatakan permanen ditandai dengan *. Setiap baris mewakili satu iterasi dari algoritma Dijkstra.

Iterasi 0(start) : $\Omega^P=\emptyset$ dan Ω^T={A; B; C; D; E; F}. Nilai label l(E) dari node awal E diatur ke 0. Semua node yang tersisa untuk sementara diberi label oleh ∞.

Iterasi 1: $\Omega^P=\emptyset$ dan Ω^T {A; B; C; D; E; F}. Node E diberi label dengan nilai label sementara minimal 0. Untuk alasan ini, E dipindahkan dari Ω^T ke Ω^P (“permanently labelled”). SUCC(E)={C;D}. Sejak l(E)+d(E;C)=0+2<∞, kami memperbarui l(C):=2 dan mengatur pred(C):={E}. Karena l(E) + d(E;D)=0+3<∞, kami memperbarui l(D):=3 dan menetapkan pred(D):={E}.

Iterasi 2: Ω^P={E} dan Ω^T= {A; B; C; D; F}. Node C diberi label dengan nilai label sementara terkecil. Untuk alasan ini, C dipindahkan dari Ω^T ke Ω^P (“berlabel permanen”). SUCC(C)={A; B; D}. Karena l(C) + d(C; A) = 2+1<∞, kami memperbarui l(A):=3 dan memperbarui pred(A):={C}.Sejak(C) + d(C;B)=2+ 2<∞, kami memperbarui l(B):=4 dan memperbarui pred(B):={C}. Karena l(C) + d(C; D)=2+1 ≥ 3, kami tidak memperbarui l(D) dan sebelumnya(D).

Iterasi 3: Ω^P {C; E} dan Ω^T {A; B; D; F}. Kedua node A dan D diberi label dengan nilai label sementara minimal yang sama. 3.Node A dipilih karena berada di urutan pertama dalam leksikografis. Untuk alasan ini, kami memindahkan A dari Ω^T ke Ω^P dan memperbarui SUCC(A):={B; F}. Karena l(A) + d(A; B) 3+3 4, kita mempertahankan l (B) dan pred(B). Karena l(A) + d(A; F)=3+3<∞, kami memperbarui l(F):=6 serta pred(F):={A}.

Iterasi 4: Ω^P={A; C;E} dan Ω^T={B; D; F}. Node D memiliki nilai label sementara minimal 3. Oleh karena itu, kami memindahkan D dari Ω^T ke Ω^P dan memperbarui SUCC(D):=∅. Tidak ada nilai label sementara yang harus diperiksa untuk diperbarui.

Iterasi 5: $\Omega^{P=}$={A;C;D;E} dan Ω^T={B;F}.NodeBis dilabeli dengan nilai label sementara terkecil, yaitu 4. Jadi, kita pindahkan B dari Ω^T ke Ω^P dan kita set SUCC(B)={F}. Karena l(B) + d(B; F)=4+4 ≥4, kami mempertahankan l(F) dan kami tidak memperbarui sebelumnya{B}.

Iterasi 6: Ω^P={A; B; C; D; E} dan Ω^T={F}. Node F dilabeli dengan nilai label sementara minimal6. Oleh karena itu, kami memindahkan F dari Ω^T ke Ω^P dan mengaturSUCC(B):= ∅. Tidak diperlukan pemeriksaan lebih lanjut.

Iterasi 7: Ω^P={A; B; C; D; E; F} dan $\Omega^T=\emptyset$ Tidak ada lagi node yang tersedia yang telah diberi label sementara. Algoritma Dijkstra berakhir di sini.

Nilai label permanen l(F) dari simpul tujuan yang ditentukan memberikan panjang jalur E-F terpendek dalam graf G. Jalur ditentukan oleh analisis rekursif backtrack dari nilai awal akhir. Kami telah menemukan bahwa pred(F):=A, pred(A):=C, pred (C)=E. Jalur E-F terpendek di G adalah ((E; C), (C; A), (A; F)). Ada kemungkinan adanya lebih dari satu jalur E-F dengan jarak minimal yang sama. Algoritma Dijkstra hanya dapat menemukan satu jalur E-F terpendek. Christina dapat menggunakan algoritma Dijkstra untuk menentukan jarak terpendek antara setiap pasangan node dalam jaringan Semarang.

Tabel 14.2 Presentasi berbasis tabel terstruktur dari iterasi algoritma Dijkstra

Iterasi	Node baru-baru ini dipilih dan diberi label sebagai permanen	Nilai label terbaru					
		A	B	C	D	E	F
0 (start)	–	∞	∞	∞	∞	0(–)	∞
1	E	∞	∞	2(E)	3(E)	0*(–)	∞
2	C	3(C)	4(C)	2*(E)	3(E)	0*(–)	∞
3	A	3*(C)	4(C)	2*(E)	3(E)	0*(–)	6(A)
4	D	3*(C)	4(C)	2*(E)	3*(E)	0*(–)	6(A)
5	B	3*(C)	4*(C)	2*(E)	3*(E)	0*(–)	6(A)
6	F	3*(C)	4*(C)	2*(E)	3*(E)	0*(–)	6*(A)

Perencanaan Pulang Pergi/Masalah Salesman Perjalanan

Sekarang Christina telah berhasil memecahkan tantangan perencanaan untuk operasi LS, dia beralih ke tantangan terbuka berikutnya. Di departemen SST BT_IDN, perlu untuk menentukan bus pulang pergi yang memuat tepat satu kunjungan untuk setiap lokasi yang terdapat dalam daftar objek wisata yang diberikan.

Christina memeriksa situasi SST dan dia menemukan bahwa ada beberapa kesamaan dengan masalah identifikasi jalur terpendek yang dia selesaikan. Pertama, tantangan SST juga ada dalam struktur jaringan. Kedua, untuk daftar tempat menarik tertentu, jalur penghubung dalam struktur jaringan yang diberikan diperlukan. Ketiga, juga dalam situasi SST, dicari jalur dengan panjang minimal. Namun, Christina menemukan perbedaan penting antara situasi LS dan SST.

Dalam tantangan LS, hanya node awal dan akhir dari jalur s-t yang diminta yang diberikan. Tidak ada permintaan untuk mengunjungi node lain. Sebaliknya, kebutuhan untuk mengunjungi semua lokasi yang tercantum dalam daftar tempat menarik tersebut didalilkan. Untuk alasan ini, Christina menyimpulkan bahwa algoritma Dijkstra bukanlah alat yang cukup untuk menyelesaikan tantangan SST, karena algoritma ini tidak memberikan kesempatan untuk mengelola batasan bahwa setiap node yang terdapat dalam jaringan dikunjungi tepat satu kali.

Pada bagian ini kami menemani Christina saat dia mempelajari bagaimana masalah optimasi pada struktur jaringan dapat diselesaikan jika pembatasan pada solusi harus dipertimbangkan. Bagian selanjutnyamasalah keputusan dasar yang mendasari situasi SST diperkenalkan dan dijelaskan secara rinci, lalu dilanjutkan dengan model optimasi matematis untuk masalah optimasi jaringan terbatas diperkenalkan. Teknik untuk menentukan solusi yang layak untuk model ini disajikan dalam Bagian terakhir.

Travelling Salesman Problem

Christina ingin tahu apakah tantangan SST-nya telah diselesaikan oleh orang lain. Dia ingat kuliah yang dia kunjungi selama studinya. Itu disebut "Metode Riset Operasi untuk Masalah Keputusan Manajemen". Dia mengirim email ke salah satu temannya dari kursus dan memintanya untuk mengirimkan salinan presentasi yang disampaikan dalam kuliah ini. Beberapa hari kemudian, dia menerima cetakan ini dan mulai memindai dokumen.

Setelah beberapa menit, dia menemukan gambar jaringan (Gambar 14.2) yang menarik perhatiannya. Slide yang berisi grafik ini diberi judul "*Travelling Salesman Problem*". Christina mulai membacakan sambutan yang diberikan oleh instruktur. Dia membaca bahwa *Travelling Salesman Problem* (TSP) mewakili tugas keputusan dasar dari banyak masalah penyebaran kendaraan. Ini sangat mirip dengan masalah jalur terpendek karena di TSP juga

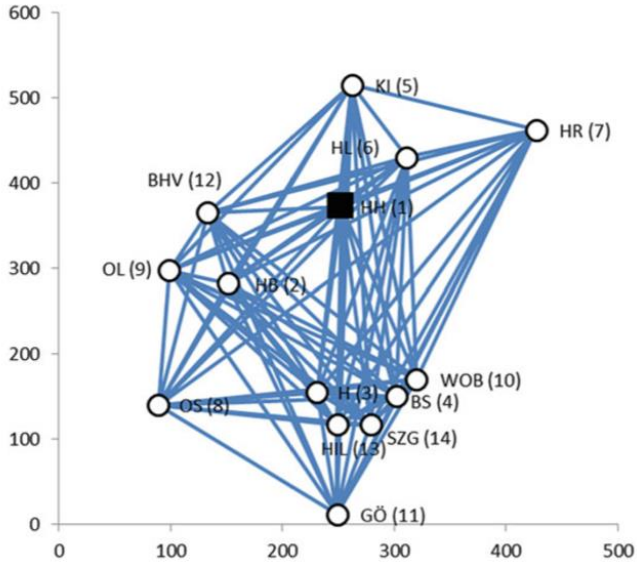
diperlukan untuk memenuhi tugas transportasi dalam struktur jaringan dengan pemanfaatan sumber daya yang minimal.

Namun, TSP berbeda dari masalah jalur terpendek karena semua node dalam jaringan harus dikunjungi, tetapi tidak ada node yang boleh dikunjungi lebih dari satu kali (yang berarti setiap node yang tersedia harus dikunjungi tepat satu kali). Ada juga node yang berbeda, yang disebut node awal atau depot, dari mana penjual keliling memulai perjalanannya dan kembali setelah semua node lain dikunjungi tepat satu kali. Penjual ingin menjaga jumlah total jarak perjalanan antara node yang dikunjungi sekecil mungkin.

Christina merangkum temuan ini dan mentransfernya ke tantangan SST. Dia yakin bahwa TSP mewakili dengan tepat masalah SST: ada satu set node yang diberikan dan node ini (dalam kasus SST: tempat menarik yang diberikan) semua harus dikunjungi oleh kendaraan, tetapi panjang jalur perjalanan harus menjadi minimal.

Christina terus membaca catatan instruktur. Tanpa masuk ke detail, dia mengerti bahwa TSP dapat dimodelkan sebagai program linier (lihat Bab 12), tetapi tidak mungkin untuk menerapkan pendekatan standar untuk program linier, yaitu algoritma Simplex, untuk menyelesaikan model ini. Untuk alasan ini, instrukturnya mengusulkan untuk menerapkan metode pendukung keputusan lain yang disebut heuristik. Kini, perhatian Christina terbangun dan ia memutuskan untuk mempelajari informasi yang diberikan dalam materi kuliah tentang TSP, pemodelannya, dan teknik pemecahan model heuristik secara detail.

Pertama, Christina ingin memahami kasus yang melatarbelakangi Gambar 14.2. Garis besar studi kasus adalah sebagai berikut. Seorang perwakilan penjualan tinggal di Semarang (kota bernomor 1 menurut Tabel 14.3). Setiap minggu, dia harus mengunjungi 13 kota yang tersisa di Jawa Tengah yang ditunjukkan pada Tabel 14.3 (kota 2–14). Dia ingin mengunjungi semua kota ini dalam satu perjalanan (jika perlu, dia akan bermalam di salah satu kota) untuk mengunjungi semua toko outlet ritel perusahaannya. Menurut kontraknya dengan perusahaan ini, dia harus membayar biaya bahan bakar sendiri. Untuk menjaga biaya bahan bakar serendah mungkin, perwakilan penjualan mencari perjalanan pulang pergi paling sedikit yang dimulai di Semarang, berakhir di Jepara, dan mengunjungi 13 kota yang tersisa tepat satu kali.



Gambar 14.2 Pengaturan masalah travelling salesman problem (TSP)

Christina terus mempelajari lebih lanjut tentang kasus ini. Perwakilan penjualan (yang berperan sebagai pramuniaga keliling) dapat melakukan perjalanan langsung dari setiap kota

tertentu dan setiap kota tertentu seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 14.2. Graf yang setiap simpulnya memiliki hubungan satu sama lain disebut graf lengkap. Pada pandangan pertama, struktur jaringan seperti itu tampaknya membuat penentuan keliling trip lebih mudah daripada penentuan perjalanan pulang pergi dalam grafik umum seperti yang diberikan pada Gambar 14.1: Memutar dalam perjalanan dari satu simpul ke simpul lain tidak diperlukan.

Wawasan Praktis

Jumlah node dan busur yang tinggi dalam jaringan membuat penentuan jalur terpendek menjadi masalah manajemen dengan kompleksitas tinggi. Perhitungan berikut menekankan pernyataan ini. Berapa banyak perjalanan pulang pergi yang tersedia yang mengunjungi setiap node tepat satu kali? Untuk node pelanggan pertama, perwakilan penjualan dapat memilih dari 13 node yang sejauh ini belum dikunjungi. Untuk node pelanggan kedua yang akan dikunjungi, dia masih dapat memilih dari 12 lokasi pelanggan yang tersisa dan seterusnya. Dalam contoh yang diberikan, ini mengarah ke 13 x 12 x ... x 2 x 1 = 13! = 6.227.020.800 kemungkinan perjalanan yang mengunjungi setiap node tepat satu kali. Lintasan yang berisi simpul tepat satu kali dan tertutup (simpul awal dan simpul akhir bertepatan) disebut lintasan Hamilton. Sekarang asumsikan bahwa identifikasi dan perhitungan panjang setiap jalur Hamiltonian individu berlangsung 1 detik. Kompilasi daftar semua jalur Hamilton yang dievaluasi akan berlangsung sekitar 1200 hari. Untuk alasan ini, apa yang disebut pencacahan lengkap ini bukanlah pendekatan yang tepat untuk mengidentifikasi jalur Hamiltonian terpendek karena kepraktisan.

Tabel 14.3 Koordinat kota-kota besar di Jateng-DIY

Nama Lokasi	i	Koordinat	
		xi	yi
Semarang (SM)	1	253	372
Klaten (KLT)	2	151	155
Salatiga (SL)	3	123	282
Yogyakarta (YGT)	4	231	150
Surabaya (SBY)	5	302	515
Pati (PT)	6	262	425
Rembang (RBG)	7	311	462
Batang (BTG)	8	427	140
Pekalongan (PKL)	9	89	297
Kendal (KD)	10	99	170
Tegal (TGL)	11	320	12
Demak (DM)	12	249	365
Purwodadi (PWD)	13	133	117
Solo (SO)	14	249	117
Kudus (KD)	15	249	117
Jepara (JPR)	16	321	116

Christina senang. Dia tahu sekarang bahwa tantangan SST cocok dengan tantangan TSP. Oleh karena itu, ia yakin dapat menyelesaikan tugas SST-nya setelah ia mengetahui cara menyelesaikan TSP. Dia terus mempelajari catatan kuliah tentang TSP dan menemukan bahwa, sekali lagi, pendekatan berbasis model diusulkan untuk mengidentifikasi solusi untuk tugas

keputusan yang diberikan. Pertama, model untuk TSP diperlukan dan, kedua, algoritma untuk mengidentifikasi solusi model diperlukan.

Program Linear Integer Campuran untuk Pemodelan TSP

Semua N 14 lokasi yang akan dikunjungi diberi nomor 1, 2, ..., N untuk memudahkan deskripsi masalah lebih lanjut (lihat Tabel 14.3). Lokasi-lokasi ini membentuk kumpulan simpul. Anarc(i; j)menghubungkan dua titik dan menunjukkan bahwa mungkin untuk melakukan perjalanan dari itu ke j. Node yang ditetapkan dalam TSP sama dengan {1, ..., N} x {1, ..., N}\{(1; 1), ..., (N; N)}. Oleh karena itu, grafik dalam TSP selesai.

Ide dasar untuk memodelkan TSP adalah bahwa setiap busur (i; j) yang terdapat dalam himpunan simpul tersebut di atas terkandung dalam jalur Hamilton (perjalanan pulang pergi melalui semua Nnode) atau tidak. Dalam kasus pertama yang disebutkan, simpul jis dikunjungi segera. setelah node I, tetapi dalam kasus terakhir node j tidak dikunjungi segera setelah i ditinggalkan. Masalah keputusan TSP dapat dikurangi menjadi pertanyaan tentang busur mana yang membentuk jalur Hamiltonian yang diminta dan busur mana yang diabaikan. Untuk merepresentasikan keputusan biner ini, keluarga variabel keputusan biner xij (i∈ {1, ..., N}, i∈ {1, ...,N}) diperkenalkan. Setiap variabel keputusan xij adalah 0 atau 1, dan xij mewakili keputusan apakah busur (i; j) terdapat dalam lintasan Hamiltonian atau tidak. Kami menyatakan xij menjadi 1 jika dan hanya jika busur (i; j) termasuk dalam jalur Hamilton. Ini sama dengan 0 jika ini tidak benar. Misalkan d(i; j) adalah jarak antara simpul i dan simpul j jika busur (i; j) digunakan.

Persamaan 14.2

$$Z(x_{11,}x_{12,\dots,}x_{NN}) = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} d(i;\ j)\ x\ x_{ij} \rightarrow min$$

Persamaan (14.2) menentukan jumlah jarak perjalanan dari semua busur yang dipilih untuk dimasukkan dalam lintasan Hamilton. Nilai ini Z(x11, ...,xNN) harus diminimalkan.

Persamaan 14.3

$$\sum_{j=1}^{N} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in \{1,\dots,N\}$$

Persamaan 14.4

$$\sum_{j=1}^{N} x_{ji} = 1 \qquad \forall i \in \{1,\dots,N\}$$

Untuk memastikan bahwa busur terpilih ini membentuk jalur Hamilton melalui himpunan simpul {1, ...,N}diperlukan untuk membatasi pemilihan busur. Pertama, setiap simpul harus ditinggalkan satu kali (Persamaan 14.3) dan penjual harus pergi ke setiap simpul tepat satu kali (Persamaan 14.4). Tidaklah cukup (tetapi perlu) bahwa dua batasan (14.3) dan (14.4) dipenuhi untuk memastikan bahwa jalur Hamilton melalui N={1,...,N} ditentukan. Gambar 14.3 menunjukkan pilihan busur yang memenuhi Persamaan. (14.3) dan (14.4), tetapi Jalur Hamilton tidak tercapai. Sebaliknya, dua yang disebut siklus pendek dihasilkan. Salah satu dari dua siklus pendek ini tidak mengandung node awal 1. Oleh karena itu, perlu ditambahkan kendala lain untuk memastikan bahwa jalur Hamiltonian dibangkitkan.

Persamaan 14.6

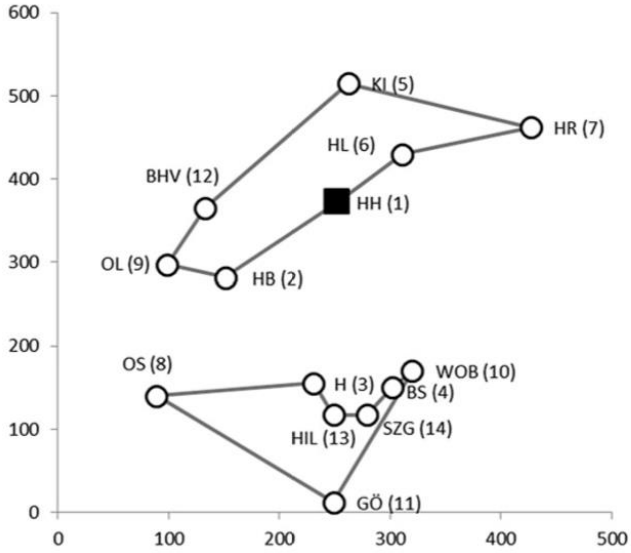
$X_{ij} \in \{0; 1\}$ $\forall_{i,j} \in \{1, ..., N\}$ dan u_i Nilai real untuk semuanya adalah $i \in \{1, ..., N\}$

Artikel Desrochers dan Laporte (1991) mengusulkan keluarga kendala (Persamaan 14.5) sebagai kendala eliminasi siklus pendek. Mereka menunjukkan bahwa melalui batasan ini dan

dengan penggabungan variabel keputusan ui bernilai nyata, siklus pendek yang tidak mengandung node awal 1 dapat dicegah.

Bersama-sama, Persamaan. (14.5) dan (14.6) memastikan bahwa hanya perjalanan pulang pergi yang berisi titik awal yang ditentukan 1 yang diperbolehkan. TSP sekarang diwakili oleh program linier (Persamaan 14.2–14.6). Karena beberapa variabel keputusan yang termasuk dalam model ini terbatas pada nilai integer (biner) sedangkan variabel keputusan lainnya bernilai nyata, model ini termasuk dalam kelas program linier campuran-integer (MILP). Sebuah program linier yang hanya berisi nilai keputusan bernilai integer masuk ke dalam kelas program linier integer (ILP) menurut Grünert dan Irnich (2005).

Setelah mempelajari turunan dari model matematika dan mengetahui bahwa model tersebut terdiri dari fungsi tujuan linier serta kumpulan kendala linier, Christina mengimplementasikan kembali contoh masalah yang dilaporkan dalam model spreadsheet Excel dan mencoba menyelesaikan model ini dengan Excel Add-in pemecah. Cukup cepat, pemecah mengembalikan solusi yang layak. Christina mempelajari nilai variabel keputusan yang dikembalikan. Dia khawatir dengan nilai yang diusulkan: dia menemukan proposal untuk menetapkan variabel keputusan-x ke nilai 0,25. Dia bertanya pada dirinya sendiri bagaimana dia bisa menafsirkan nilai ini. Setelah beberapa saat, dia menemukan alasan untuk proposal tak terduga ini: dia lupa mendeklarasikan variabel keputusan-eks menjadi biner. Dia memperbaiki kekurangan ini dan memulai ulang solver. Tanpa diduga, solver tidak dapat mengembalikan solusi yang layak. Perhitungan berlangsung lebih dari 20 menit sehingga dia memutuskan untuk menghentikannya, kecewa karena tidak ada cara langsung untuk menyelesaikan TSP.



Gambar 14.3 Solusi TSP yang tidak layak dengan siklus yang terlalu pendek

Dari pengalamannya sebelumnya, Christina telah mengetahui bahwa algoritma Simplex gagal mengembalikan solusi yang layak karena algoritma ini tidak dapat memastikan bahwa nilai integer dikembalikan. Batasan eksplisit dari domain variabel keputusan ke nilai biner atau integer secara signifikan memperpanjang waktu pemecahan model. Christina mengandaikan bahwa dalam situasi terakhir algoritma lain digunakan. Dia ingin tahu apakah ada pendekatan algoritmik lain untuk menyelesaikan model optimasi matematika. Dia kembali ke buku teks dan terus membaca ide instruktur tentang memecahkan masalah seperti TSP.

Pencarian Heuristik untuk Perjalanan Pulang Pergi Berkualitas Tinggi

Suatu pendekatan algoritmik untuk memecahkan suatu model keputusan dengan memanfaatkan strategi perencanaan rasional tanpa bukti matematis bahwa solusi model layak yang diusulkan (kembali) tidak dapat didominasi oleh solusi layak lainnya disebut algoritma heuristik atau non-optimasi. Sebaliknya, algoritma yang proposal solusi yang dikembalikan terbukti minimal (maksimal) disebut algoritma atau pendekatan eksak atau optimasi. Algoritma Simplex adalah contoh dari algoritma eksak. Heuristik dimasukkan ke dalam pemecah model jika tidak ada algoritme pasti yang tersedia atau jika waktu pemrosesan yang disediakan oleh algoritme eksak diperkirakan akan sangat lama. Karena waktu pemrosesan untuk menyelesaikan contoh TSP yang relatif kecil pada umumnya cukup lama, tampaknya masuk akal untuk memikirkan pendekatan heuristik untuk TSP.

Paragraf ini memperkenalkan heuristik untuk pengelolaan tugas perencanaan seperti TSP. Dua jenis algoritma dibedakan. Pertama, kami membahas konstruksi solusi layak pertama untuk TSP, yaitu kami menjelaskan konstruksi jalur Hamiltonian pertama dalam jaringan yang diberikan. Kedua, kami membahas pendekatan untuk perbaikan jalur Hamilton, yaitu kami ingin mengurangi panjang perjalanan yang terkait dengan jalur Hamilton. Oleh karena itu, kita perlu menganalisis lintasan Hamiltonian yang ada untuk mengetahui modifikasi mana yang menjanjikan pengurangan panjang lintasan Hamilton. Modifikasi yang paling menjanjikan diimplementasikan secara tentatif dan, jika mengarah pada pengurangan jarak perjalanan, akhirnya diterapkan.

14.4 ALGORITMA UNTUK KONSTRUKSI SOLUSI MODEL AWAL YANG LAYAK

Joereßen dan Sebastian (1998) menjelaskan pendekatan intuitif untuk pembangunan jalur Hamiltonian. Ide sentral adalah menyisipkan node secara berurutan setelah node yang terakhir dikunjungi sampai semua node berada di dalam path. Sebuah jalur Hamiltonian dibuat. Pendekatan ini juga dikenal sebagai "heuristik lingkungan terdekat".

Dimulai dengan jalan kosong. Pada langkah pertama, node awal (dalam contoh kita node1) dimasukkan. Selanjutnya, node dengan jarak terpendek dari node awal dimasukkan segera setelah node awal. Ekstensi jalur ini diulang sampai tidak ada lagi simpul yang tersisa. Prosedur pembangunan jalur ini mengikuti strategi rasional menjaga jarak perjalanan tambahan yang terkait dengan melayani pelanggan berikutnya setelah pelanggan yang dimasukkan sebelumnya serendah mungkin. Oleh karena itu, strategi rasional yang diterapkan dapat dicirikan sebagai “serakah”.

Akibatnya, heuristik konstruksi ini disebut "prosedur konstruksi serakah". Kelemahan utama dari prosedur konstruksi serakah adalah strategi penyisipan rabun. Setelah semua node dimasukkan ke dalam urutan node, perlu untuk kembali ke node awal. Jarak tempuh untuk kembali ke depot tidak diperhitungkan dalam perhitungan jarak tempuh tambahan untuk melayani pelanggan berikutnya. Akibatnya, strategi serakah tidak dapat dibuktikan untuk mengembalikan jalur Hamiltonian terpendek yang mungkin. Namun, strategi ini mengembalikan jalur Hamiltonian pertama.

Tugas 14.1 Solusi TSP dengan Greedy Heuristik

Pertimbangkan sebuah perusahaan transportasi yang harus mengirimkan produk dari Demak ke 13 kota di Jawa Tengah menurut TSP. Data mengacu pada Tabel 14.3 dan jarak dicerminkan pada Gambar 14.4. Tentu saja, panjang d(i, j) dari busur sangat penting untuk keputusan tentang penyertaan simpul berikutnya. Biasanya, nilai-nilai ini disusun dalam matriks jarak seperti yang ditunjukkan untuk contoh dari Tabel 14.3 pada Gambar. 14.4. Entri pada baris ke-i pada kolomj sesuai dengan panjang busur(i; j). Header tidak dipertimbangkan dalam penomoran ini.

Prosedure Konstruksi

(a) Inisialisasi: L=0, start = 1, k=1;
(b) Ulangi step (c)-(i) hingga semua kolom ter-blok
(c) DEST:=min{d(START, q)| kolom q tidak diblok}
(d) L:=L+d(START, DEST);
(e) Blok sekarang pada START seperti pada kolom yang diasosiasikan dengan START;
(f) Stop[k]:=START;
(g) START:=DEST;
(h) k=k+1;
(i) Goto (b);
(j) Stop[k]:=1;
(k) L:=L + d(START, 1);
(l) End;

Pseudocode ini mewakili prosedur konstruksi serakah yang terdiri dari fase inisialisasi (a), loop iterasi (b) – (i), dan fase akhir (j) – (l). Selama fase inisialisasi, jarak perjalanan diatur ke 0 dan yang pertama simpul di jalur diatur ke simpul awal mulai: =1 (rumah penjual). Penghitung iterasi k diinisialisasi.

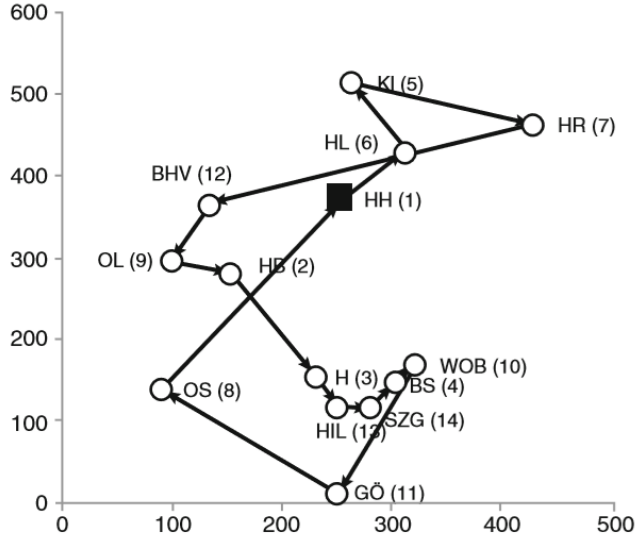
Tepat satu simpul ditambahkan ke pencapaian jalur parsial yang sudah ada. Setiap iterasi dimulai dengan memeriksa apakah masih ada kolom yang tidak diblokir. Kolom yang tidak diblokir seperti itu mewakili simpul yang belum ditambahkan. Di antara semua kolom yang tidak diblokir (node yang tersedia), sebuah node DEST dengan jarak terkecil d (START, DEST) dari node yang ditambahkan terakhir START dipilih (c). Setelah itu, panjang lintasan yang ditempuh sejauh L bertambah sebesar L(START; DEST) (d). Selanjutnya, baris serta kolom yang terkait dengan DEST diblokir(e). Node yang dipilih baru-baru ini DEST ditambahkan ke jalur parsial yang sudah ada (f) dan DEST akan disetel ke node yang disisipkan terakhir (g). Penghitung iterasi meningkat 1 (h) dan prosedur melompat kembali ke awal loop (i). Jika tidak ada kolom yang tidak diblokir lebih lanjut yang tersedia, jalur ditutup, yaitu busur dari simpul yang ditambahkan terakhir ke simpul awal dipilih (j) dan jarak perjalanan diperbarui (k). Rincian lebih lanjut dapat ditemukan dalam contoh di E-Supplement.

Dalam contoh, kami telah membingkai sel yang mewakili busur (1; 6), (2; 3), (3; 13), (4; 10), (5; 7), (6; 5), (7 ; 12), (8; 1), (9; 2), (10; 11), (11; 8), (12; 9), (13; 14) serta (14; 4). Busur ini mengarah ke jalur Hamiltonian 1, 6, 5, 7, 12, 9, 2, 3, 13, 14, 4, 10, 11, 8, 1. Panjangnya 1746 km. Jalur ini dapat ditemukan pada Gambar 14.5.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		136	218	227	143	79	196	284	171	213	360	120	255	256
2	136		150	201	258	215	330	155	54	203	287	85	192	209
3	218	150		71	361	282	364	143	194	90	144	232	42	61
4	227	201	71		367	275	336	213	251	27	148	273	62	40
5	143	258	361	367		102	173	413	272	350	503	198	398	398
6	79	215	282	275	102		122	361	248	255	418	188	314	310
7	196	330	364	336	173	122		467	367	311	484	310	388	375
8	284	155	143	213	413	361	467		157	233	205	229	162	191
9	171	54	194	251	272	248	367	157		255	322	76	234	255
10	213	203	90	27	350	255	311	233	255		173	270	89	67
11	360	287	144	148	503	418	484	205	322	173		372	105	109
12	120	85	232	273	198	188	310	229	76	270	372		274	288
13	255	192	42	62	398	314	388	162	234	89	105	274		30
14	256	209	61	40	398	310	375	191	255	67	109	288	30	

Gambar 14.4 Matriks jarak untuk TSPinstance yang ditentukan oleh node dalam Tabe l14.3 (nilai untul d(i; j) dalam kilometer)

Gambar 14.5 memvisualisasikan proposal yang dihasilkan oleh prosedur konstruksi serakah. Jalur Hamiltonian yang dihasilkan tidak optimal, yaitu dimungkinkan untuk mengurangi panjang perjalanan. Di dalam segmen rute1→6→5→7→12 serta dalam segmen rute 9→2→3→13→14→4→10→11→8→1modifikasi urutan kunjungan mengarah ke jalur Hamiltonian yang lebih pendek. Ini bukan pengamatan yang mengejutkan karena tujuan utama dari prosedur konstruksi serakah adalah pembangkitan jalur Hamiltonian yang layak (tetapi tidak harus jarak terkecil). Gagasan memasukkan satu demi satu pelanggan, bahkan dengan biaya marjinal paling kecil, tidak menghasilkan jalur Hamiltonian dengan jarak terkecil.

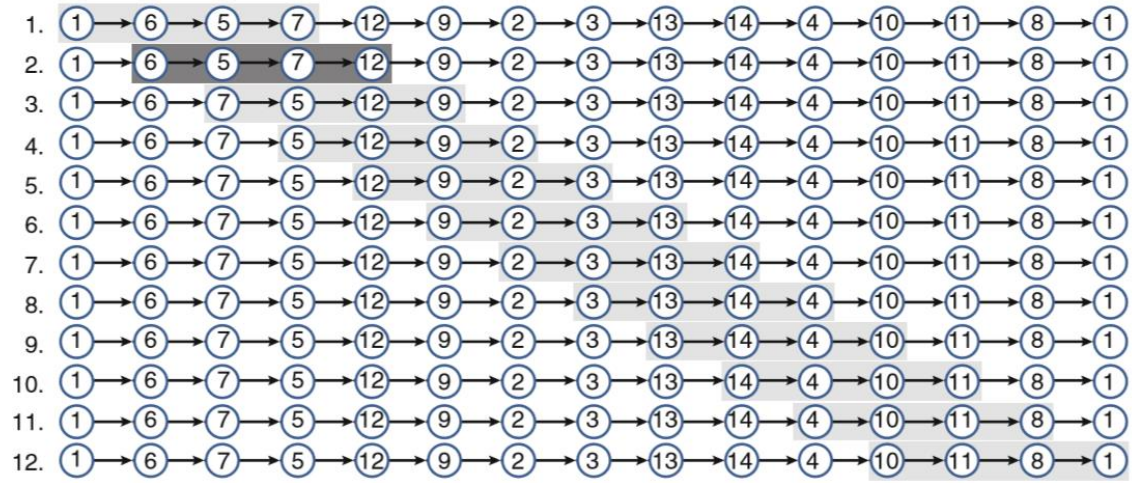


Gambar 14.5 Visualisasi proposal prosedur konstruksi serakah

Heuristik Peningkatan untuk Pengurangan Jarak Perjalanan

Kami merancang dan menerapkan heuristik peningkatan untuk memperbarui solusi masalah keputusan yang ada dan layak. Selama pembaruan, perlu untuk menjaga kelayakan,

tetapi nilai fungsi tujuan harus dibawa lebih dekat ke tujuan pengoptimalan (tidak diketahui). Untuk jalur Hamilton yang diberikan dalam TSP, heuristik peningkatan mencoba menemukan jalur Hamiltonian lain dengan jarak tempuh yang dikurangi dengan memodifikasi urutan kunjungan seperti yang diusulkan oleh heuristik konstruksi. Jalan memutar harus dihilangkan. Heuristik 2-opt-perbaikan yang disajikan di sini didasarkan pada ide-ide yang dibahas oleh Croes (1958). Dalam realisasinya yang paling sederhana, heuristik 2-opt mencoba mengurangi panjang jalur Hamilton yang diberikan dengan menukar dua node yang berdekatan di jalur tersebut. Oleh karena itu, swap diterapkan secara tentatif. Kemudian, diperiksa untuk melihat apakah pengurangan panjang tercapai. Dalam hal ini, swap tentatif dikonfirmasi. Jika tidak, swap dibatalkan (Gambar 14.6).



Gambar 14.6 Pemrosesan algoritma 2-opt-improvement

Kami sekarang menerapkan logika 2-opt-improvement untuk mengurangi jarak perjalanan dengan menukar node yang berdekatan di jalur Hamilton yang tersedia yang diusulkan oleh heuristik konstruksi serakah. Kita mulai dengan jalur parsial 1; 6; 5; 7 dan coba tukar node 6; 5, yaitu kami sementara mengganti 1; 6; 5; 7 dengan 1; 5; 6; 7 (lihat Gambar 14.6).

Iterasi 1: Sub-jalur 1; 6; 5; 7 memiliki panjang 354 km. Bertukar 6 dan 5 akan mengarah ke sub-jalur 1; 5; 6; 7 dengan panjang 367 km. Oleh karena itu, pertukaran ini tidak menguntungkan dan tidak dikonfirmasi.

Iterasi 2: Sub-jalur 6; 5; 7; 12 memiliki panjang 605 km. Pertukaran 5 dan 7 akan mengarah ke sub-jalur 6;7;5;12 dengan panjang 493km. Karena pertukaran yang dijalankan mengarah ke pengurangan panjang, maka dikonfirmasi dan sub-jalur 6; 5; 7; 12 digantikan oleh sub-jalur 6; 7; 5; 12.

Iterasi 3: Sub-jalur 7; 5; 12; 9 memiliki panjang 447 km. Bertukar node 12 dan 5 mengarah ke sub-jalur 7; 12; 5; 9 dengan panjang 780 km. Oleh karena itu, pertukaran ini tidak menguntungkan dan tidak dikonfirmasi.

Iterasi 4: Sub-jalur 5; 12; 9; 2 memiliki panjang 328 km. Bertukar node 12 dan 9 mengarah ke sub-jalur 5; 9; 12; 2 dengan panjang 433. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi.

Iterasi 5: Sub-jalur 12; 9; 2; 3 memiliki panjang 280 km. Bertukar node 2 dan 9 mengarah ke sub-jalur 12; 2; 9; 3 dengan panjang 333 km. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi.

Iterasi 6: Sub-jalur 9; 2; 3; 13 memiliki panjang 264 km. Bertukar node 2 dan 3 mengarah ke sub-jalur 9; 3; 2; 13 dengan panjang 536 km. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi.

Iterasi 7: Sub-jalur 2; 3; 13; 14 memiliki panjang 222 km. Bertukar node 3 dan 13 mengarah ke sub-jalur 2; 13; 3; 14 dengan panjang 295 km. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi.

Iterasi 8: Sub-jalur3;13;14;4 memiliki panjang 112km. Pertukaran simpul13 dan 14 mengarah ke sub-jalur 3; 14; 13; 4 dengan panjang 153 km. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi.

Iterasi 9: Sub-jalur13;14;4;10hasapanjang97km.Swappingnodes14dan 4 mengarah ke sub-jalur 13; 4; 14; 10 dengan panjang 169 km. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi.

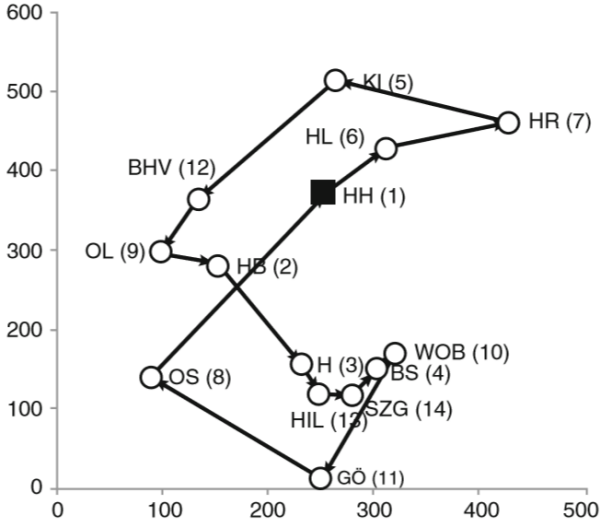
Iterasi 10: Sub-jalur 14; 4; 10; 11 memiliki panjang 240 km. Bertukar node 4 dan 10 mengarah ke sub-jalur 14; 10; 4; 11 dengan panjang 242 km. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi.

Iterasi 11: Sub-jalur 4; 10; 11; 8 memiliki panjang 405 km. Bertukar node 10 dan 11 mengarah ke sub-jalur 4; 11; 10; 8 dengan panjang 554 km. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi.

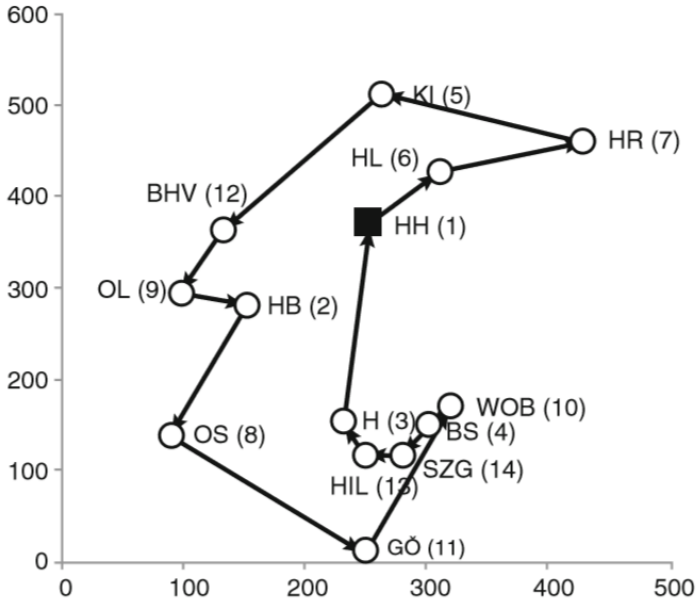
Iterasi 12: Sub-jalur 10; 11; 8; 1 memiliki panjang 662 km. Bertukar node 11 dan 8 mengarah ke sub-jalur 10; 8; 11; 1 dengan panjang 798 km. Pertukaran ini tidak dikonfirmasi (Gambar 14.7).

Jalur Hamiltonian yang ada sekarang sepenuhnya diproses. Pengurangan panjang 112 km telah dicapai. Jalur Hamiltonian yang ditingkatkan ditunjukkan pada Gambar 14.7. Meskipun ada peningkatan yang signifikan, kami segera melihat bahwa perbaikan lebih lanjut diperlukan. Namun, peningkatan yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan menukar node yang berdekatan, sehingga panggilan prosedur peningkatan 2-opt tidak berguna. Dalam situasi yang dilaporkan di sini, adalah menguntungkan untuk membalikkan sub-jalur 3; 13; 14; 4; 10; 11; 8, yaitu mengganti sub-jalur ini dengan 8; 11; 10; 4; 14; 13; 3 (lihat Gambar 14.8). Namun, identifikasi sub-jalur yang inversinya menguntungkan adalah tugas yang menantang.

Secara umum, aplikasi area dari prosedur 2-opt ke solusi yang sudah diperbaiki dapat berguna untuk mengidentifikasi pertukaran hemat panjang lebih lanjut. Dalam contoh kita, pertukaran node 6 dan 7 sekarang dimungkinkan (tetapi tidak mungkin dalam aplikasi pertama dari prosedur 2-opt). Kadang-kadang node dipindahkan dari posisi di awal jalur Hamilton ke posisi selanjutnya atau sebaliknya.



Gambar 14.7 Jalur Hamilton setelah aplikasi pertama heuristik 2-opt-improvement



Gambar 14.8 Solusi inversi sub-jalur dari 3 ke 8

14.5 PERUTEAN KENDARAAN

Setelah menyelesaikan dua tugas penyebaran kendaraan operasi (LS dan SST) pertama dengan sukses, Christina beralih ke area bisnis besar berikutnya, yang merupakan transfer lokal turis masuk. BT_IDN menyediakan layanan ini untuk agen perjalanan internasional. Agen-agen ini menjual paket perjalanan all-inclusive kepada pelanggan. Paket seperti itu termasuk

- tiket pesawat pulang pergi dari bandara asal yang dipilih ke bandara internasional Semarang (HRG)
- akomodasi di hotel yang dipilih di wilayah Semarang termasuk sarapan atau half board atau full board atau makanan & minuman lengkap
- transfer pada hari kedatangan dengan penjemputan di bandara dan pengantaran di hotel yang dipilih
- transfer pada hari keberangkatan dari hotel ke bandara.

Christina mengetahui bahwa BT_IDN menghasilkan sejumlah besar pendapatan dari layanan transfer, tetapi keuntungannya cukup kecil. Dia mendiskusikan pengamatan ini dengan manajer divisi yang bertanggung jawab. Manajer menyebutkan bahwa transfer penumpang masuk (AAT) lebih mudah direncanakan daripada transfer penumpang keluar (ADT) karena waktu penjemputan di hotel harus dipertimbangkan. Dalam pengaturan AAT, jendela waktu seperti itu tidak memainkan peran apa pun.

Studi Kasus ORION: Perutean Kendaraan di UPS

ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation) adalah sistem pengoptimalan perutean yang menyarankan rute yang dioptimalkan untuk pergi dari titik A ke titik Z dan semua perhentian potensial di antaranya sambil juga mempertimbangkan jendela pengiriman yang ditentukan. Ini bertujuan untuk menentukan rute dengan heuristik yang menggunakan sebagian besar belokan kanan untuk meningkatkan efisiensi dengan memaksimalkan penghematan waktu dan keamanan (oleh karena itu menghemat perbaikan, dll.).

ORION menggunakan database 250 juta alamat, data peta yang disesuaikan, dan memperhitungkan berbagai variabel seperti jarak, waktu pengiriman, berbagai jenis pelanggan, dan jenis paket. ORION terus-menerus mengevaluasi kembali opsi perutean alternatif, hingga saat terakhir sebelum pengemudi meninggalkan depot dan dengan demikian

memberikan instruksi perutean yang optimal kepada pengemudi UPS—pada tahap kedua yang direncanakan untuk proyek ORION, UPS berencana untuk mengaktifkan penghitungan ulang langsung bahkan selama pengiriman.

Berapa Nilai Bisnis ORION?

Melalui penerapan ORION, UPS telah mengoptimalkan 10.000 rute pada akhir tahun 2013 dan bertujuan untuk mengoptimalkan semua 55.000 rute yang dilayani di Indonesia pada tahun 2017. Optimalisasi rute tersebut berdampak pada tiga dimensi: efisiensi, keberlanjutan, dan tingkat layanan. Hasil yang dinyatakan mengacu pada tahun percontohan 2013.

Dengan mengoptimalkan rute, UPS berhasil mengurangi total jarak yang ditempuh truk sebesar 200 juta km dan mengirimkan 350.000 paket tambahan. Perkiraan menunjukkan bahwa pengurangan 1 mil per hari per pengemudi selama 1 tahun menghasilkan penghematan sebesar 500km.

Peningkatan efisiensi ini pada gilirannya secara positif mempengaruhi penggunaan sumber daya, karena pengurangan jarak tempuh menyebabkan pengurangan emisi CO^2 (14.000 metrikton) dan mengarah pada penghematan bensin (5,7 juta liter bahan bakar). Pada saat yang sama, UPS juga meningkatkan layanan yang disebut "Pilihan Saya" yang memungkinkan konsumen untuk secara aktif memilih preferensi pengiriman, mengubah rute pengiriman, dan sesuaikan lokasi dan tanggal pengiriman sesuai kebutuhan.

Apa Kekurangan ORION?

Biaya yang terkait dengan pengembangan perangkat lunak dan perangkat keras serta pengaturan solusi rute kendaraan seperti ORION bisa sangat tinggi. UPS mendedikasikan 700 karyawan untuk pengoperasian dan pemeliharaan ORION, meskipun tidak ada komentar resmi mengenai biaya yang secara langsung dapat diatribusikan kepada ORION.

Anggaran tahunan keseluruhan UPS sebesar 100 miliar untuk teknologi menunjukkan bahwa investasi dalam inovasi dan peningkatan teknologi adalah material. Selain itu, waktu tunggu yang dibutuhkan untuk penyiapan sering kali cukup besar. Dalam kasus UPS, algoritma ORION awalnya dikembangkan di laboratorium dan diuji di berbagai situs UPS dari tahun 2003 hingga 2009. Untuk mengumpulkan sejumlah besar data yang diperlukan untuk mengembangkan sistem ORION, UPS memasang peralatan pelacakan GPS dan sensor kendaraan pada truk pengiriman UPS pada tahun 2008. Perusahaan membuat prototipe ORION di delapan lokasi antara tahun 2010 dan 2011, sebelum menerapkan sistem ke enam beta situs pada tahun 2012.

Selain itu, kompleksitas masalah routing kendaraan di dunia nyata seringkali sangat tinggi, membutuhkan ahli khusus untuk implementasi solusi VRP. Kompleksitas dapat dengan mudah dipahami ketika memikirkan jumlah kemungkinan untuk menentukan hanya satu rute: rata-rata driver UPS memiliki sekitar 125 pelanggan untuk mencapai sehari.

Jumlah opsi untuk menjadwalkan rute untuk 125 lokasi berbeda adalah 125! yang merupakan angka dengan 210 digit, yang jauh melebihi jumlah nanodetik yang pernah ada di bumi. Petunjuk lain untuk kompleksitas masalah adalah fakta bahwa setelah 6 tahun penelitian, UPS mampu menentukan algoritma yang membutuhkan 90 halaman untuk dijelaskan dan 1000 halaman kode untuk diterapkan.

Pada tahap ini, ORION tidak dapat mempertimbangkan data dinamis seperti cuaca, kemacetan lalu lintas, atau kecelakaan yang dapat memperlambat rute pengemudi, dan oleh karena itu hanya memberikan solusi optimal pada saat kendaraan meninggalkan depot dan tidak kemudian. kapan perubahan mungkin terjadi.

Garis Besar Situasi Keputusan

Christina dan manajer memutuskan bersama-sama bahwa karena waktu, mereka harus memisahkan AAT dari perencanaan operasi AAT. Selanjutnya, mereka memutuskan untuk menganalisis pengaturan AAT terlebih dahulu. Karena Christina tidak akrab dengan bisnis AAT, dia meminta contoh untuk mendapatkan wawasan tentang persiapan dan pelaksanaan beberapa layanan AAT.

Manajer memilih hari tertentu dari bulan lalu. Pada hari itu, ada satu penerbangan malam yang membawa keseluruhan 29 penumpang ke bandara HRG. Agen perjalanan yang berbeda telah memesan layanan AAT yang sesuai di BT_IDN. Secara keseluruhan, 14 hotel harus dilayani. Jumlah qi penumpang yang dibawa ke hotel Hi bervariasi antara 1 dan 4 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 14.4. Hotel-hotel tersebut tersebar di sekitar bandara (Gambar 14.9).

Selanjutnya, Christina ingin tahu bagaimana penumpang diangkut ke hotel. Dia mengetahui bahwa empat minibus tersedia untuk memenuhi layanan AAT. Setiap minibus menawarkan sepuluh kursi penumpang. Semua minibus memulai operasinya dari tempat parkir yang luas di bandara. Dari sana, minibus bergerak ke pintu keluar dari aula kedatangan HRG tempat penumpang yang akan dilayani memasuki minibus.

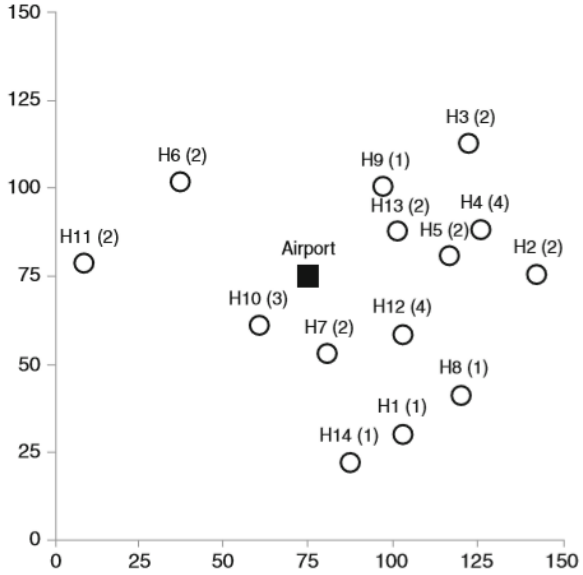
Selanjutnya, minibus menuju hotel yang diminta tempat penumpang diturunkan. Dalam satu perjalanan dinas, sebuah minibus secara teratur mengunjungi satu atau lebih hotel sebelum kembali kosong ke tempat parkir di HRG.

Manajer AAT memberi tahu Christina bahwa kinerja operasi AAT cukup rendah. Secara khusus, dia berpikir bahwa jarak yang ditempuh (dan karena itu durasi perjalanan) cukup tinggi. Akibatnya, jumlah kendaraan yang dikerahkan tampaknya cukup tinggi. Secara keseluruhan, operasi AAT tampaknya menghasilkan biaya perjalanan yang tidak perlu (biaya bahan bakar akibat jalan memutar) serta biaya pribadi (untuk pengemudi).

Untuk menunjukkan hal ini, manajer AAT membuat Tabel 14.5 yang menunjukkan perjalanan yang dilakukan oleh empat kendaraan. Empat kendaraan dikerahkan dan total jarak tempuh adalah 232,42km+ 285,77km+ 204,08km+ 150,81km=873,07km.

Tabel 14.4 Hotel yang akan dilayani dalam contoh AAT

Hotel (kode)	nomor hotel i	Koordinat		Jumlah pendatang
		x	y	qi
PO Hotel Semarang (H1)	1	103	30	1
Louis K (H2)	2	143	75	2
Star Hotel (H3)	3	123	113	2
Hotel Ibis (H4)	4	126	88	4
Gumaya (H5)	5	117	81	2
Hotel Simpang Lima (H6)	6	38	102	2
Hotel Horizon (H7)	7	81	53	2
Hotel Harris (H8)	8	120	41	1
Home Hotel (H9)	9	97	101	1
Hotel Ciputra (H10)	10	60.75	60.75	3
Hotel Grand Candi (H11)	11	8.75	78.75	2
Hotel Santika Premiere (H12)	12	103	58.5	4
Hotel Quest (H13)	13	101.25	87.75	2
Grand EDGE Hote; (H14)	14	87.5	22	1



Gambar 14.9 Peta hotel dalam contoh

Pendekatan Saat Ini untuk Kompilasi Rute

Setelah hanya melihat perjalanan kendaraan yang sudah dilakukan, Christina merasa tidak nyaman dalam memberikan pernyataan tentang kesesuaian perjalanan yang diusulkan. Dia mencari petunjuk yang mendukung evaluasi proses pelayanan yang diusulkan (perjalanan kendaraan). Dalam upaya pertama untuk memperkirakan kualitas perjalanan yang diusulkan, dia memvisualisasikan solusi yang diusulkan (perjalanan) di peta yang disediakan pada Gambar 14.9. Oleh karena itu, dia menghubungkan hotel dengan garis dalam urutan yang diusulkan oleh urutan kunjungan yang ditunjukkan pada Tabel 14.5. Hasilnya, dia mendapatkan peta rute yang ditunjukkan pada Gambar 14.10.

Kendaraan 1 mengikuti garis lurus, tetapi kendaraan 2 berjalan di sepanjang garis putus-putus. Selain itu, kendaraan 3 beroperasi di sepanjang garis putus-putus, sedangkan kendaraan keempat mengikuti garis abu-abu. Christina berpikir tentang menghasilkan perjalanan dalam bisnis AAT dan dia mencoba mengungkap persamaan dan perbedaan dibandingkan dengan dua penyelidikan sebelumnya. Inilah yang dia temukan:

1. Karena beberapa kendaraan tersedia, maka perlu untuk mendistribusikan semua node yang mewakili lokasi yang akan dikunjungi di antara kendaraan yang tersedia. Tidak ada simpul yang dibiarkan terbuka.
2. Untuk menghemat jarak tempuh, setiap node harus dilayani oleh satu kunjungan, yaitu oleh tepat satu kendaraan.
3. Karena kapasitas kendaraan terbatas, ada kendala yang harus diperhatikan: kapasitas angkut maksimal tidak boleh dilampaui.
4. Untuk setiap kendaraan, TSP harus diselesaikan (jalur Hamilton melalui titik awal yang sama dan lokasi yang ditetapkan untuk kendaraan ini).

Tabel 14.5 Perjalanan kendaraan dalam contoh AAT

T	X	y	Kedatangan	Rute
Bandara	300	300	9	Kendaraan 1
H1	412	121	8	Perjalanan panjang : 232,42
H2	570	301	6	
H3	490	450	4	

H4	505	353	0	
Bandara	300	300		Kendaraan 2
Bandara	300	300	8	Perjalanan panjang : 285.77
H5	467	323	6	
H6	150	407	4	
H7	322	212	2	
H8	481	165	1	
H9	388	402	0	
Bandara	300	300		
Bandara	300	300	9	Kendaraan 3
H10	243	243	6	Perjalanan panjang :204.08
H11	35	315	4	
H12	412	234	0	
Bandara	300	300		
Bandara	300	300	3	Kendaraan 4
H13	405	351	1	Perjalanan panjang : 150.81
H14	350	88	0	
Bandara	300	300		

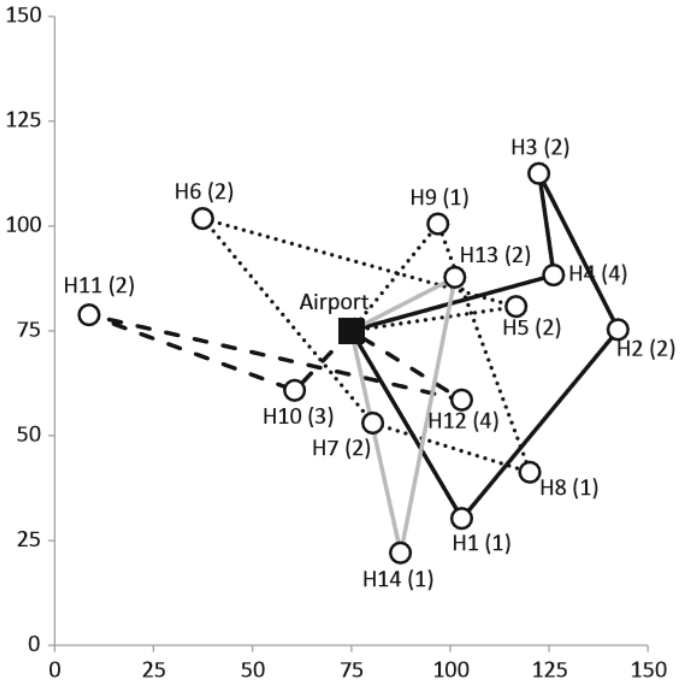
Menurut dua sifat pertama dari situasi AAT saat ini, perlu untuk membuat keputusan tentang penetapan lokasi pelanggan ke kendaraan, yaitu kumpulan node pelanggan dikelompokkan ke dalam himpunan terputus berpasangan yang disebut tur. Setiap tur diperpanjang oleh posisi sentral (depot) dari mana semua kendaraan berada sebelum pelaksanaan perjalanan dimulai dan ke mana semua kendaraan kembali setelah mereka melayani semua pelanggan yang ditugaskan (semua pengiriman telah dilakukan).

Properti ketiga menyiratkan bahwa pengelompokan adalah keputusan yang dibatasi, mis. beberapa keputusan pengelompokan tidak diperbolehkan (tidak layak). Pengamatan keempat menunjukkan bahwa ada juga masalah sequencing (TSP) yang harus dipecahkan.

Christina bersandar dan merangkum temuannya. Situasi AAT saat ini adalah masalah pengelompokan dan pengurutan gabungan yang dibatasi. Untuk mengetahui apakah situasi keputusan seperti itu telah dibahas sebelumnya, dia memulai pencarian Internet dan belajar bahwa keputusan AAT saat ini adalah masalah yang telah cukup baik dan dipelajari secara intensif: ini disebut masalah rute kendaraan berkapasitas (CVRP).

Masalah Perutean Kendaraan Berkapasitas

Memecahkan CVRP adalah proses menemukan rute transportasi yang optimal untuk armada kendaraan tertentu di bawah batasan kapasitas. Ada variasi yang berbeda dari CVRP sehubungan dengan kendala khusus yang dihadapi organisasi. Pada Gambar 14.11, determinan CVRP yang paling penting diringkas.



Gambar 14.10 Perjalanan kendaraan dalam contoh AAT

Pertimbangkan penentu CVRP yang paling penting. Pertama, tujuan mungkin berhubungan dengan waktu, jarak, biaya, atau keberlanjutan. Kedua, pertimbangan pelanggan mungkin tunduk pada jumlah pelanggan yang berbeda, pola permintaan, dan jendela waktu. Ketiga, pengemudi dapat diklasifikasikan berdasarkan masa kerja dan peraturan yang berbeda untuk kondisi dan waktu kerja.

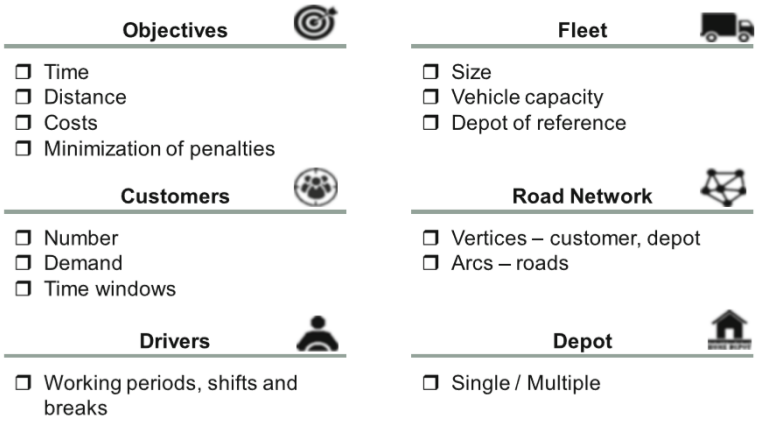
Keempat, armada dapat dipertimbangkan dengan cara yang berbeda tergantung pada ukuran kendaraan (homogen atau heterogen), aturan pemanfaatan kapasitas (misalnya, LTL: kurang dari beban truk atau FTL: beban truk penuh), dan depot referensi (misalnya, persyaratan untuk kembali ke depot awal). Kelima, representasi jaringan jalan mungkin berbeda untuk kasus CVRP yang berbeda. Akhirnya, depot dapat dianggap tunggal atau ganda. Metode solusi yang digunakan untuk CVRP mempertimbangkan pendekatan heuristik dan eksak.

Wawasan Praktis

Solusi CVRP dalam praktik biasanya didasarkan pada metode heuristik karena kompleksitas CVRP bahkan lebih tinggi daripada di TSP. Selain itu, teknologi informasi yang up-to-date memungkinkan penggunaan data real-time tentang kemacetan lalu lintas, kondisi cuaca, dll. Hal ini memungkinkan untuk menerapkan model rute kendaraan yang dinamis atau adaptif dalam kombinasi dengan perangkat lunak canggih untuk meningkatkan fleksibilitas dan tingkat layanan pelanggan.

Setelah mengetahui bahwa tantangan AAT dapat direpresentasikan sebagai CVRP, Christina ingin mengetahui bagaimana perjalanan kendaraan (rute) berasal dari permintaan yang diajukan oleh agen perjalanan. Dia membahas masalah ini dengan manajer AAT. Pertama, dia mengetahui bahwa semua permintaan diajukan dari agen perjalanan ke AAT 3 hari sebelum hari jatuh tempo, yaitu hari eksekusi. Kedua, dia diberitahu bahwa permintaan yang datang secara berurutan diproses sesuai urutan kedatangannya (“*first come/first serve*”). Hotel H1 milik permintaan pertama yang diterima, H2 milik kedua, dan seterusnya. Permintaan yang diterima pertama ditugaskan ke kendaraan pertama, yaitu kendaraan 1 mengunjungi H1.

Permintaan kedua yang diterima ditambahkan ke rute ini setelah permintaan pertama, yaitu H2 dikunjungi oleh kendaraan 1 segera setelah H1 dikunjungi.



Gambar 14.11 Karakteristik CVRP

Permintaan berikutnya diproses dengan cara yang sama selama kapasitas sisa (jumlah kursi kosong) kendaraan yang saat ini dipertimbangkan cukup besar untuk melayani permintaan berikutnya, yaitu selama penambahan permintaan berikutnya tidak akan mengakibatkan melebihi kapasitas kendaraan. Rute kendaraan ini kemudian ditutup, yaitu penambahan kendaraan kembali ke depot pusat (parkir) dan rute kendaraan ini tidak diubah lagi. Rute kendaraan baru dibuka dan lokasi drop-off untuk permintaan yang menyebabkan kelebihan kapasitas dimasukkan sebagai lokasi pelanggan pertama di luar kendaraan kedua. Secara keseluruhan, strategi serakah yang mirip dengan strategi yang diperkenalkan untuk TSP diterapkan pada CVRP. Dua perbedaan harus disebutkan.

Permintaan berikutnya tidak ditentukan oleh pertambahan jarak terkecil, tetapi oleh waktu kedatangan permintaan. Batas kapasitas yang ditetapkan untuk setiap kendaraan diamati. Ketika penambahan permintaan berikutnya akan menyebabkan kelebihan kapasitas, rute kendaraan baru dimulai. Deskripsi pseudocode dari prosedur konstruksi yang diterapkan untuk CVRP adalah sebagai berikut.

Prosedure Konstruksi

(a) Inisialisasi: START = 0; DEST = i ; k = l ; v =1 ; cap_used(v); L(v) = 0; PATH[v,k]=START;
(b) Ulangi step (c)-(p) hingga DEST>CUSTOMER
(c) Jika CAP_used(v) + d(DEST)≤CAP(v) maka lanjut ke (j)
(d) PATH[v;k + 1]:=0;
(e) L:=L + d(START,0);
(f) v:=v + 1;
(g) L(v):=0;
(h) cap_used(v):=0;
(i) K=0; START:=0;
(j) L(v):=L(v) + d(START,DEST);
(k) cap_used(v): =cap_used(v) + q(DEST);
(l) k:=k + 1;
(m) PATH[v;k]:=DEST;
(n) START:=DEST;
(o) DEST:=DEST + 1
(p) Goto (b);
(q) Kembali ke PATH;
(r) End;

Semua kendaraan mulai dari depot node 0 dan memiliki kapasitas muatan yang tersisa CAP[v].Kendaraan yang sedang dipertimbangkan diwakili olehv. Muatan kendaraan v yang ditetapkan diberi label oleh cap_used(v), dan L(v) membawa panjang rute kendaraan v. PATH[v;k] berisi node yang merupakan lokasi pelanggan ke-k di rute kendaraan v. START memberikan node yang terakhir dikunjungi dan DEST berisi node yang terkait dengan permintaan pada posisi DEST dalam urutan permintaan.

Prosedur konstruksi CVRP dimulai dengan inisialisasi variabel yang digunakan (a). Dalam setiap iterasi, langkah (b)–(p) diproses. Iterasi dimulai dengan memeriksa apakah masih ada lokasi pelanggan yang belum ditetapkan (b). Setelah itu, penugasan permintaan berikutnya ke kendaraan v diuji untuk melihat apakah itu akan menyebabkan kelebihan kapasitas pada kendaraan ini (c). Jika tidak demikian, maka panjang perjalanan diperbarui (j), kapasitas yang digunakan meningkat (k), lokasi pelanggan kendaraan adalah ditambahkan ke rute parsial yang ada (m) dan pelanggan berikutnya yang akan dipertimbangkan dipilih (n)–(o). Jika uji kapasitas gagal, yaitu jika pelanggan berikutnya tidak dapat ditugaskan ke kendaraan saat ini, maka depot ditambahkan sebagai lokasi terakhir yang dikunjungi ke rute (d) dan jarak kembali ditambahkan (e). Setelah itu, rute kendaraan berikutnya diinisialisasi (f)–(i).

Christina meminta rasio di balik logika perencanaan yang diwakili oleh prosedur konstruksi CVRP. Dia belajar bahwa prosedur perencanaan ini sangat sederhana dan dapat diterapkan dengan sangat cepat. Dalam mempelajari informasi ini, Christina yakin dapat memperbaiki rencana rute, karena prosedur pembangunan CVRP yang diusulkan tidak mempertimbangkan informasi tentang lokasi geografis hotel yang akan dikunjungi. Hal ini mengakibatkan jalan memutar yang tidak perlu. Misalnya, dia mengacu pada jalur kendaraan putus-putus dan putus-putus pada Gambar 14.10. Di sini, kedua kendaraan "berzig-zag" melalui area tersebut; perjalanan bolak-balik antara daerah yang berbeda menyebabkan jalan memutar.

14.6 ALGORITMA SWEEP

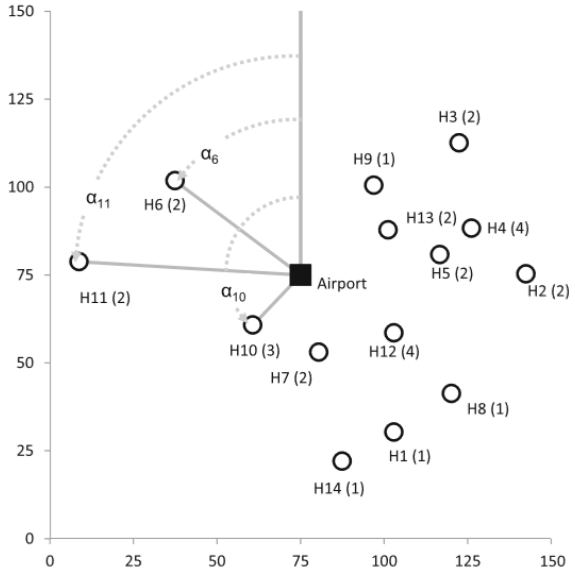
Tugas : Memecahkan CVRP dengan Algoritma Sapu

Pertimbangkan lokasi dengan koordinat yang diubah (Tabel 14.6). Untuk mengatasi kekurangan yang terkait dengan prosedur konstruksi CVRP, Christina memikirkan peluang untuk mengidentifikasi dan memanfaatkan lokasi serupa dari berbagai hotel. Salah satu ciri lokasi pelanggan (hotel) adalah arahnya dalam kaitannya dengan titik acuan pusat yaitu tempat parkir bandara di titik (75; 75). Karakteristik lain dari lokasi hotel adalah jarak antara tempat parkir bandara dan hotel. Jika dan hanya jika kedua nilai, arah serta jarak dari bandara dari hotel yang berbeda, adalah serupa maka kedua hotel tersebut terletak berdekatan. Namun, jika komponen arahnya serupa maka mungkin bermanfaat untuk menugaskan kedua pelanggan ke kendaraan yang sama karena tidak mungkin memutar arah dan kendaraan sudah menuju ke arah yang sama untuk kedua pelanggan (hotel) (Gambar 14.12).

Analisis koordinat x-y yang menggambarkan lokasi hotel tidak membantu Christina untuk menemukan kesamaan antara lokasi hotel. Karena alasan ini, dia berpikir untuk mengubah koordinat x-y menjadi koordinat kutub. Oleh karena itu, dia mendefinisikan garis referensi vertikal abu-abu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.12 dan menentukan arah sebuah hotel, mis. H6, dengan menarik garis dari koordinat bandara ke H6. Setiap hotel, yaitu H6, sekarang ditentukan oleh jarak ri antara bandara dan hotel (“radius”) ditambah arah yang ditentukan oleh sudut i antara garis referensi vertikal dan garis arah ke sisi hotel. Dalam kolom 7 dari Tabel 14.6, sudut ini diberikan oleh derajat busur abu-abu (panjang keliling lingkaran penuh = 6.282). Jika degi dikalikan dengan 360/6.282 maka kita mendapatkan sudut αi.

Tabel 14.6 Lokasi dengan koordinat yang diubah

Location	No. i	(x; y)-coordinates x	y	q_i	Polar coordinates r_i	deg_i	Angle α_i
Airport	0	75	75	0	0	0	0
H6	6	37.50	101.75	2	46.06	0.95	54.51
H11	11	8.75	78.75	2	66.36	1.51	86.78
H10	10	60.75	60.75	3	20.15	2.36	135.01
H14	14	87.50	22.00	1	54.45	3.37	193.27
H7	7	80.50	53.00	2	22.68	3.39	194.04
H1	1	103.00	30.25	1	52.79	3.70	212.04
H8	8	120.25	41.25	1	56.45	4.07	233.29
H12	12	103.00	58.50	4	32.50	4.18	239.50
H2	2	142.50	75.25	2	67.50	4.72	270.21
H5	5	116.25	80.75	2	42.14	4.85	277.84
H4	4	126.25	88.25	4	52.94	4.96	284.50
H13	13	101.25	87.75	2	29.18	5.16	295.91
H3	3	122.50	112.50	2	60.52	5.38	308.30
H9	9	97.00	100.50	1	33.68	5.57	319.22



Gambar 14.12 Penentuan koordinat kutub lokasi dalam kaitannya dengan garis abu-abu vertikal

Sweep-procedure for the CVRP	
(a)	Initialize: START = 0; REQ = 1; DEST = SEQ[REQ]; k = 1; v = 1; cap_used(v) = 0; L (v) = 0; PATH[v,k] = START;
(b)	Repeat steps (c)–(q) until DEST > CUSTOMERS
(c)	If CAP_used(v) + q(DEST) ≤ CAP(v) then goto (j)
(d)	PATH[v;k + 1]: = 0;
(e)	L:=L + d(START,0);
(f)	v:=v + 1;

(g)	L(v):=0;
(h)	cap_used(v):=0;
(i)	k = 0; START:=0;
(j)	L(v):=L(v) + d(START,DEST);
(k)	cap_used(v): = cap_used(v) + q(DEST);
(l)	k:=k + 1;
(m)	PATH[v;k]:=SEQ[REQ];
(n)	START:= SEQ[REQ];
(o)	REQ:=REQ + 1;
(p)	DEST:=SEQ[REQ];
(q)	Goto (b);
(r)	Return PATH;
(s)	End;

Christina sekarang mengurutkan permintaan menurut peningkatan nilai i. Dalam tabel 14.6 menyimpan urutan ini dalam daftar SEQ, sehingga SEQ[1]=H6, SEQ[2]=H11, SEQ[3]=H10, SEQ[4]=H14, SEQ[5] = H7, SEQ [6] = H1, SEQ[7] = H8, SEQ[8] = H12, SEQ[9] = H2, SEQ [10] = H5, SEQ[11]=H4, SEQ[12]=H13, SEQ[13] = H3, SEQ[14]= H9.

Kode semu tersebut di atas menggambarkan prosedur konstruksi yang dimodifikasi yang sekarang menggabungkan urutan permintaan yang ditentukan dengan meningkatkan sudut i. Prosedur ini menambahkan permintaan dalam urutan SEQ ke kendaraan selama kendaraan ini memiliki kapasitas yang cukup. Ketika kapasitas kendaraan tidak cukup untuk melayani permintaan berikutnya sesuai dengan urutan SEQ, prosedur ini dilanjutkan dengan kendaraan berikutnya. Jika kita memperbaiki sudut bawah garis abu-abu vertikal di depot (75; 75) dan jika kita memindahkan sudut lain berlawanan arah jarum jam di sekitar depot maka garis abu-abu "menyapu" secara berurutan di semua lokasi dalam urutan SEQ. Untuk alasan ini, prosedur yang diwakili dalam pseudocode disebut "algoritma sapuan untuk masalah perutean kendaraan berkapasitas" (Gillett dan Miller 1974)

Christina menerapkan algoritma sapuan ke contoh AAT dan mendapatkan koleksi rute yang dicetak pada Tabel 14.7. Dia menjumlahkan jarak perjalanan dari tiga rute yang dihasilkan dan menemukan bahwa mereka bertambah sehingga: 239,45km+209.02km+172,42km=620,90. Dibandingkan dengan jumlah jarak perjalanan yang dicapai dari penerapan prosedur konstruksi yang ditunjukkan pada Gambar 14.12, yaitu 873,07 km, Christina menghitung penghematan jarak perjalanan sebesar 29% sebagai konsekuensi dari variasi urutan di mana lokasi permintaan ditambahkan ke rute yang ada. Rute kendaraan yang dihasilkan diplot pada Gambar 14.13.

Jumlah kendaraan yang diperlukan juga berkurang jika prosedur penyapuan diterapkan. Namun, Christina menyimpulkan bahwa ini merupakan pencapaian yang belum disikapi dengan prosedur sweeping. Analisisnya tentang prosedur penyapuan mengungkapkan bahwa pengurangan tersebut tidak dibahas di sini. Namun, Christina menyadari bahwa pengurangan jumlah kendaraan yang digunakan berpotensi berkontribusi pada pengurangan jumlah total jarak tempuh. Pernyataannya terutama diilhami oleh pengamatan berikut. Jika ada dua kendaraan yang mengikuti dua rute, maka setiap kendaraan harus melakukan perjalanan ke pelanggan pertama dalam rutenya dan setiap kendaraan harus melakukan perjalanan kembali dari lokasi pelanggan terakhir yang dikunjungi ke depot. Kami memiliki dua segmen rute keluar dari depot dengan panjang d1 (ke node p) dan d2 (ke node q) dan jarak perjalanan masuk dari node s dan t ke depot dengan panjang d3 dan d4. Jika kedua rute terintegrasi, maka kita dapat menyimpan satu segmen keluar (misalnya kendaraan

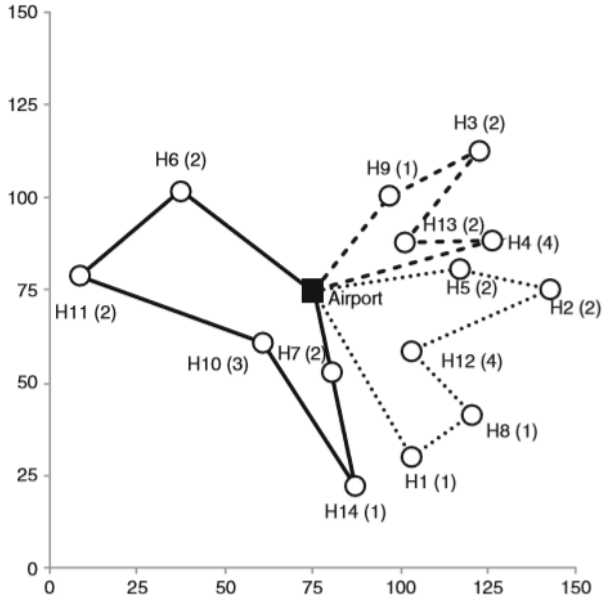
kedua) dan satu segmen masuk yang diringkas menjadi d2 + d4. Jika jumlah ini lebih besar dari jarak segmen rute tambahan dari s ke p dengan panjang d(s, p), yaitu jika d2 + d4 d(s, p) > 0, maka kombinasi kedua perjalanan mewujudkan perjalanan pengurangan jarak. Clarke dan Wright (1964) telah mengusulkan apa yang disebut sebagai algoritma penghematan yang dimulai dengan rute pendulum antara depot dan lokasi pelanggan tunggal dan terus menggabungkan jaringan untuk menghemat jarak perjalanan. Rincian lebih lanjut tentang skenario ADT dapat ditemukan dalam contoh di *E-Supplement.*

Tabel 14.7 Perjalanan kendaraan dalam contoh AAT yang diusulkan oleh algoritma sapuan

t	X	y	Kedatangan	Rute
Bandara	75.00	75.00	10	Kendaraam 1
H6	37.50	101.75	8	Perjalanan panjang : 239.45
H11	8.75	78.75	6	
H10	60.75	60.75	3	
H14	87.50	22.00	2	
H7	80.50	53.00	0	
Bandara	75.00	75.00		
Bandara	75.00	75.00	10	Kendaraan 2
H1	103.00	30.25	9	Perjalanan Panjang : 209.02
H8	120.25	41.25	8	
H12	103.00	58.50	4	
H2	142.50	75.25	2	
H5	116.75	80.75	0	
Bandara	75.00	75.00		
Bandara	75.00	75.00	9	Kendaraan 3
H4	126.25	87.25	5	Perjalanan panjang : 172.42
H13	101.25	87.75	3	
H3	122.50	112.50	1	
H9	97.00	100.50	0	
Bandara	75.00	75.00		

Penjadwalan Mesin

Christina ingin mengucapkan terima kasih kepada rekan studinya (namanya Mark) karena telah memberikan semua informasi tentang TSP yang memungkinkannya untuk memahami ide-ide algoritmik dan meningkatkan operasi di BT_IDN. Dia meneleponnya suatu malam dan mereka berbicara lama tentang keterlibatan profesional mereka saat ini. Mark menyebutkan bahwa dia sedang mengerjakan masalah penjadwalan, tetapi dalam bisnis manufaktur di mana dia bertanggung jawab untuk mengatur jadwal mesin. Christina tertarik dan mengundangnya untuk membicarakan pengalamannya.



Gambar 14.13 Rute yang diusulkan oleh algoritma sapuan

Masalah Penjadwalan Mesin

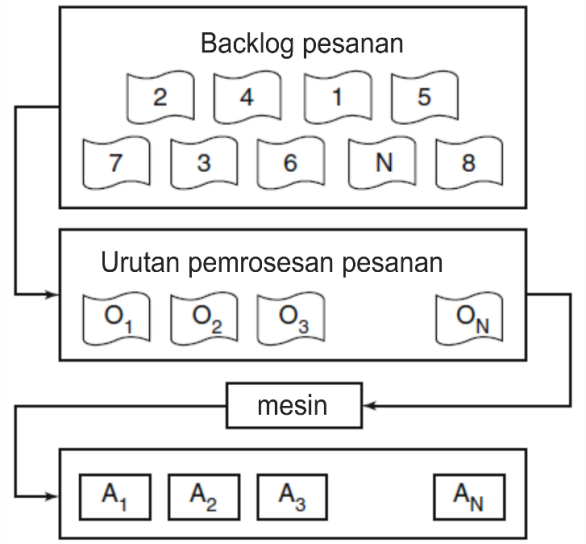
Mark menjelaskan pengaturan umum dari tantangan penjadwalan satu mesin sederhana di lingkungan manufaktur (Gambar 14.14). Ada mesin yang mampu memproses satu tugas manufaktur pada satu waktu. Tugas manufaktur adalah bagian dari pesanan pelanggan. Semua pesanan yang diterima dikumpulkan dalam pesanan atau backlog pekerjaan. Pada waktu tertentu, semua pekerjaan disiapkan untuk dipenuhi. Memenuhi pekerjaan berarti menggunakan mesin untuk melaksanakan tugas manufaktur yang diminta oleh pelanggan yang terkait dengan pekerjaan.

Semua pekerjaan dari backlog pekerjaan dipesan dan pekerjaan dari backlog diproses secara berurutan oleh mesin dalam urutan yang ditentukan oleh urutan pekerjaan o1,o 2, ...,oN. Tugas yang dieksekusi membuat aset A1,A 2, ...,AN yang diminta oleh pelanggan. Masalah keputusan dasar yang terkait dengan skenario penjadwalan mesin yang digariskan adalah menentukan urutan pemrosesan pekerjaan yang menentukan jadwal mesin.

Christina ingin mengetahui bagaimana permintaan manufaktur dapat dievaluasi untuk menemukan urutan pemrosesan pekerjaan yang sesuai. Mark menjelaskan bahwa setiap pekerjaan individu dikaitkan dengan atribut yang berbeda. Menurut atribut ini, pekerjaan dapat dibandingkan dan diprioritaskan. Thonemann (2010) mengusulkan tiga atribut berikut untuk membandingkan pekerjaan dalam backlog pekerjaan.

Pertama, tanggal jatuh tempo di pekerjaan i digunakan. Tanggal jatuh tempo menentukan waktu penyelesaian terakhir yang diizinkan terkait dengan suatu pekerjaan. Kedua, setiap job memiliki proses atau flow time pi yang spesifik, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk memproses job i pada mesin. Ketiga, waktu rilis ti pekerjaan i digunakan untuk mengkarakterisasi pekerjaan. Waktu rilis adalah waktu di mana pekerjaan benar-benar ditentukan sehingga pemrosesannya dapat dimulai.

Christina menyela Mark dan mengatakan kepadanya bahwa dia akan menghadapi situasi yang sama jika dia menangani TSP. Dia telah mengalami bahwa menemukan urutan yang baik adalah tugas yang sangat menantang karena peningkatan kuat dalam kemungkinan permutasi operasi. Selanjutnya, ia ingin mengetahui tentang tujuan perencanaan dalam penjadwalan mesin. Mark melanjutkan dan menyatakan bahwa ada beberapa indikator kinerja yang umum digunakan:

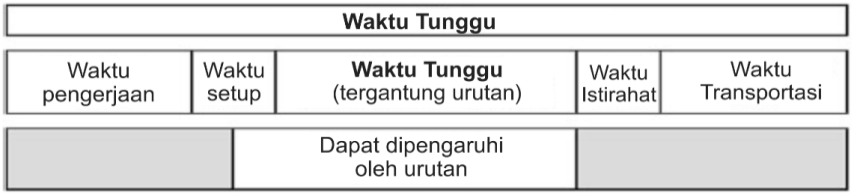


Gambar 14.14 Masalah penjadwalan mesin

Waktu penyelesaian pekerjaan i menentukan waktu ketika pekerjaan sepenuhnya diselesaikan, yaitu waktu ketika pekerjaan "meninggalkan" mesin. Waktu penyelesaian biasanya dilambangkan dengan ci. Waktu alir (*lead-time*) fi pekerjaan i adalah perbedaan antara waktu penyelesaian ci dan waktu pelepasan ri dari pekerjaan i. Ini dapat diartikan sebagai rentang waktu yang diperlukan untuk menanggapi rilis pekerjaan pelanggan. Keterlambatan atau keterlambatan TDi pekerjaan i mengukur jumlah waktu yang melebihi tanggal jatuh tempo yang terkait dengan pekerjaan i.

Persediaan barang dalam proses dan pemanfaatan kapasitas. Lead time terdiri dari waktu proses, waktu *set-up,* waktu tunggu, waktu berbaring, dan waktu transportasi (Gambar 14.15). Waktu *set-up* diperlukan untuk mempersiapkan mesin untuk memproses pekerjaan berikutnya. Waktu berbaring diperlukan karena batasan teknologi (misalnya, pengeringan). Waktu transportasi mencerminkan pergerakan fisik pekerjaan melalui mesin. Waktu tunggu ada karena pekerjaan tidak dapat diproses di mesin berikutnya karena mesin ini ditempati oleh pekerjaan lain. Bahkan waktu tunggu dan terkadang waktu pengaturan dapat dipengaruhi oleh pengurutan.

Waktu penyelesaian, waktu alir, dan keterlambatan adalah indikator kinerja untuk mengukur keputusan penjadwalan dari perspektif permintaan individu. Untuk mengevaluasi kualitas urutan pemrosesan pekerjaan yang lengkap, indikator kinerja tambahan digunakan. Makespan MS(S) yang terkait dengan urutan pemrosesan pekerjaan S didefinisikan sebagai panjang periode yang dimulai dengan pelepasan pekerjaan pertama dan berakhir dengan penyelesaian pekerjaan terakhir dalam urutan S.



Gambar 14.15 Lead time

Waktu penyelesaian rata-rata ACT(S) yang terkait dengan urutan S adalah nilai rata-rata waktu penyelesaian pekerjaan yang diproses jika pekerjaan diproses dalam urutan S oleh mesin. Waktu penyelesaian maksimal MCT(S) adalah nilai maksimal yang diamati di antara semua waktu penyelesaian setelah penerapan urutan pemrosesan pekerjaan S.

Menyimpulkan pengantar singkat untuk penjadwalan mesin dengan tanda bahwa semua indikator kinerja dapat digunakan sebagai tujuan perencanaan utama. Hal ini menciptakan trade-off atau konflik tujuan karena beberapa tujuan saling bertentangan.

Sebuah *trade-off* khas dalam penjadwalan produksi adalah lead time dan pemanfaatan kapasitas. Bayangkan saja Anda berada di supermarket pada hari Selasa pagi. Mungkin, Anda adalah satu-satunya orang di sana saat ini. Jadi, Anda tidak perlu menunggu di mana pun dan akan keluar dari supermarket dalam waktu singkat. Waktu belanja Anda akan singkat. Tapi bagaimana dengan supermarket? Jika Anda adalah satu-satunya pelanggan, pemanfaatan kapasitas mereka sangat rendah. Efek yang sama dapat ditemukan dalam sistem manufaktur dan layanan sehubungan dengan waktu tunggu pesanan pelanggan dan pemanfaatan kapasitas sumber daya.

Pertukaran khas dalam penjadwalan ini disebut dilema penjadwalan. Menurut dilema penjadwalan, kita tidak dapat mencapai pengurangan waktu tunggu dan peningkatan pemanfaatan kapasitas pada saat yang bersamaan. Mark memberi contoh. Siswa di Sekolah Ekonomi dan Hukum Berlin tiba di stasiun kereta bawah tanah Berliner Strasse, yang berjarak sekitar 10 menit berjalan kaki dari universitas. Mereka juga dapat menggunakan bus 104 untuk sampai ke sekolah dari stasiun kereta bawah tanah. Asumsikan bahwa bus berjalan setiap 10 menit dan setiap menit satu siswa datang ke halte bus. Dalam hal ini, waktu tunggu dan lead time akan cukup lama, tetapi bus akan membawa sepuluh siswa dan memiliki utilisasi kapasitas yang baik. Jika bus berjalan setiap menit, waktu tunggu akan sangat singkat (tidak ada waktu tunggu), tetapi pemanfaatan kapasitas setiap bus akan rendah.

Penjadwalan Berbasis Aturan Prioritas

Setelah dia mengetahui bahwa pembuatan jadwal juga didasarkan pada urutan operasi, seperti urutan kunjungan di TSP, Christina ingin mengetahui bagaimana urutan *jobprocessing* yang tepat ditentukan. Cristina bertanya kepada Mark apakah dia juga menggunakan strategi "rakus" untuk menambahkan operasi demi operasi ke urutan parsial. Mark membenarkan spekulasinya, tetapi memberi tahu Christina bahwa ada semacam aturan prioritas atau pengiriman yang penerapannya membuat pengurutan menjadi mudah.

Mark menjelaskan bahwa aturan prioritas adalah "aturan praktis" untuk mengurutkan serangkaian pekerjaan menurut kenaikan atau penurunan nilai waktu rilis ri, waktu aliran fi, atau tanggal jatuh tempo di. Penerapan aturan "sederhana" seperti itu tampaknya menjanjikan karena nilai evaluasi pekerjaan individu tidak terpengaruh oleh pekerjaan yang diproses sebelumnya atau selanjutnya. Ini adalah perbedaan utama dari pengurutan di TSP ketika jarak perjalanan antara node yang dikunjungi secara berurutan memengaruhi tujuan keseluruhan yang merupakan jumlah total jarak yang ditempuh. Aturan prioritas dapat diterapkan baik untuk job shop maupun flow shop (lih. Bab 9).

Tugas 14.3 Penjadwalan berdasarkan Aturan Prioritas

Untuk mendemonstrasikan efek penentuan urutan pemrosesan pekerjaan menggunakan aturan prioritas, Mark memperkenalkan contoh dengan delapan pekerjaan. Atribut pekerjaan dari backlog pekerjaan diringkas dalam Tabel 14.8. Pendekatan yang paling intuitif untuk penentuan urutan pemrosesan pekerjaan adalah memproses pekerjaan dalam urutan waktu kedatangan atau pelepasannya. Pekerjaan-pekerjaan yang datang lebih dulu akan diproses terlebih dahulu. Aturan pengurutan ini disebut *First Come/First Serve* (FCFS). Ini tidak berlaku untuk penyortiran "cerdas", tetapi ini adalah pendekatan yang adil. Tabel 14.9 menunjukkan jadwal mesin yang dihasilkan dari pekerjaan pemrosesan FCFS. Makespan adalah 44-1=43 unit waktu. Waktu penyelesaian rata-rata sama dengan 27 satuan waktu, tetapi waktu penyelesaian maksimal adalah 44 satuan waktu. Lima pekerjaan diselesaikan

dengan penundaan. Rata-rata keterlambatan 6,75 satuan waktu dan keterlambatan maksimal 23 satuan waktu. Rata-rata, waktu alir adalah 22,5 satuan waktu.

Penerapan FCFS tidak mempertimbangkan waktu pemrosesan atau tanggal jatuh tempo saat menentukan urutan pemrosesan. Untuk memungkinkan pengiriman pekerjaan yang cepat, akan berguna untuk mencoba meminimalkan waktu penyelesaian pekerjaan. Di sini, akan bermanfaat untuk memproses pekerjaan tersebut terlebih dahulu yang dapat diproses dengan cepat agar mesin tersedia untuk pekerjaan berikutnya secepat mungkin. Menurut aturan Waktu Proses Terpendek (aturan SPT) pekerjaan diurutkan berdasarkan peningkatan waktu pemrosesan. Pekerjaan dengan waktu pemrosesan terpendek dalam backlog pekerjaan diproses terlebih dahulu.

Urutan pemrosesan pekerjaan yang dihasilkan SPT tercantum dalam kolom 1 dari Tabel 14.10. Sekali lagi, makespan adalah 43 unit waktu, tetapi waktu penyelesaian rata-rata berkurang dari 27 unit waktu menjadi 23,25 unit waktu. Waktu penyelesaian maksimal tetap 44 unit waktu. Empat pekerjaan masih tertunda dengan keterlambatan sedikit berkurang dari 6 unit waktu. Namun, keterlambatan maksimal diperpanjang menjadi 26 satuan waktu, tetapi rata-rata waktu alir berkurang menjadi 18,75 satuan waktu.

Tabel 14.8 Job backlog

Pekerjaan i	1	2	3	4	5	6	7	8
Waktu riis r_i	1	2	3	5	6	7	8	1
Durasi p_1	4	2	3	7	2	8	3	4
Jatuh Tempo d_i	14	29	16	23	24	18	31	14

Baik penerapan aturan SPT maupun penerapan FCFS tidak dapat mengendalikan keterlambatan maksimal karena kedua aturan ini tidak mempertimbangkan informasi tanggal jatuh tempo yang terkait dengan pekerjaan. Untuk meminimalkan keterlambatan maksimal, diusulkan aturan Tanggal Jatuh Tempo Awal (aturan EDD). Menurut aturan EDD, pekerjaan yang paling mendesak diproses terlebih dahulu, diikuti oleh pekerjaan dengan urgensi tertinggi kedua.

Rentang waktu tetap 43 satuan waktu (karena tidak ada tenggat waktu dalam jadwal) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 14.11. Waktu penyelesaian rata-rata adalah 29,5 unit waktu dan waktu penyelesaian maksimal adalah 44 unit waktu. Waktu alir rata-rata 25 unit waktu diamati. Penerapan aturan EDD menyebabkan penurunan yang signifikan dalam keterlambatan maksimal dari 23 (FCFS) dan 26 (EDD), masing-masing, menjadi 13 unit waktu. Sayangnya, jumlah permintaan tertunda meningkat (enam pekerjaan). Perkembangan yang sama juga terlihat pada rata-rata keterlambatan yang meningkat menjadi 7 satuan waktu dibandingkan dengan 6 satuan waktu (SPT) dan 6,75 satuan waktu (FCFS).

Tabel 14.9 Urutan pemrosesan pekerjaan dan jadwal mesin yang dihasilkan oleh FCFS

Job i	Release time r_i	Duration p_i	Due date d_i	Start time	Finish time	Tardiness	Flow time	Delayed?
1	1	4	14	8	12	0	11	0
2	2	2	29	12	14	0	12	0
3	3	3	16	14	17	1	14	1
4	4	7	28	17	24	0	20	0
5	5	7	23	24	31	8	26	1
6	6	2	24	31	33	9	27	1
7	7	8	18	33	41	23	34	1
8	8	3	31	41	44	13	36	1

Tabel 14.10 Urutan pemrosesan pekerjaan dan jadwal mesin yang dihasilkan oleh SPT

Job i	Release time r_i	Duration p_i	Due date d_i	Start time	Finish time	Tardiness	Flow time	Delayed?
2	2	2	29	8	10	0	8	0
6	6	2	24	10	12	0	6	0
3	3	3	16	12	15	0	12	0
8	8	3	31	15	18	0	10	0
1	1	4	14	18	22	8	21	1
4	4	7	28	22	29	1	25	1
5	5	7	23	29	36	13	31	1
7	7	8	18	36	44	26	37	1

Tabel 14.11 Urutan pemrosesan pekerjaan dan jadwal mesin yang dihasilkan oleh EDD

Job i	Release time r_i	Duration p_i	Due date d_i	Start time	Finish time	Tardiness	Flow time	Delayed?
1	1	4	14	8	12	0	11	0
3	3	3	16	12	15	0	12	0
7	7	8	18	15	23	5	16	1
5	5	7	23	23	30	7	25	1
6	6	2	24	30	32	8	26	1
4	4	7	28	32	39	11	35	1
2	2	2	29	39	41	12	39	1
8	8	3	31	41	44	13	36	1

Wawasan Praktis

Penerapan aturan prioritas memungkinkan minimalisasi nilai indikator kinerja tunggal. Tidak ada aturan prioritas yang diketahui meminimalkan ketiga indikator kinerja (1) jumlah permintaan tertunda (2) waktu penyelesaian rata-rata dan (3) penundaan maksimal. Namun, aturan prioritas mudah diterapkan. Inilah sebabnya mengapa heuristik sederhana ini banyak digunakan dalam praktik. Dalam perangkat lunak penjadwalan yang canggih, apa yang disebut meta-heuristik seperti algoritma genetika dan optimasi koloni semut (ACO) digunakan. Mereka memberikan solusi dengan kualitas yang sangat tinggi.

14.7 ALGORITMA PENJADWALAN MOORE

Moore (1968) menerbitkan makalah tentang algoritma penjadwalan satu mesin yang meminimalkan jumlah pekerjaan yang tertunda. Ide dasarnya adalah untuk memperluas aturan EDD dengan mengidentifikasi pekerjaan-pekerjaan yang memblokir mesin. Pekerjaan

tersebut kemudian dipindahkan ke urutan akhir dengan harapan sekarang satu atau lebih pekerjaan dapat dimulai lebih awal sehingga jumlah pekerjaan yang tertunda dapat dikurangi. Mark akan menjelaskan kepada Christina bagaimana algoritma Moore bekerja melalui contoh yang diperkenalkan sebelumnya.

Pertama, backlog pekerjaan dijadwalkan sesuai dengan aturan EDD. Jika tidak ada pekerjaan yang tertunda, maka konstruksi jadwal selesai. Jika tidak, pekerjaan tertunda pertama menurut jadwal yang diinduksi EDD akan ditandai; di sini pekerjaan 7 adalah pekerjaan tertunda pertama (Tabel 14.12).

Ide dasar dari algoritma Moore adalah untuk menemukan penyebab keterlambatan ini. Moore menduga bahwa pekerjaan yang ditandai atau yang diproses sebelumnya bertanggung jawab atas keterlambatan tersebut. Untuk tujuan ini, Moore menyarankan untuk memindahkan pekerjaan berlabel 7 atau salah satu pekerjaan yang dijadwalkan sebelumnya (pekerjaan 1 atau pekerjaan 3) ke akhir urutan sehingga semua pekerjaan berikutnya dapat dimulai lebih awal.

Untuk mengidentifikasi pekerjaan yang paling tepat untuk dipindahkan ke akhir, Moore mengusulkan untuk membandingkan pemrosesan waktu pekerjaan yang ditandai dari pekerjaan terjadwal sebelumnya dan memilih pekerjaan di antara pekerjaan yang disebutkan di atas dengan waktu pemrosesan terlama untuk mencapai shift kiri maksimal dari waktu mulai pekerjaan. Pada contoh (Tabel 14.12), pekerjaan 7 menunjukkan waktu pemrosesan paling lama p7 8 sehingga dipindahkan ke akhir urutan. Pekerjaan ini ditandai dengan * pada Tabel 14.13.

Pada iterasi berikutnya, pekerjaan tertunda pertama (pekerjaan 4) ditandai. Pekerjaan ini dan pekerjaan 5 memiliki waktu pemrosesan maksimal yang sama yaitu 7 unit waktu di antara semua permintaan yang dimulai setelah pekerjaan yang ditandai. Pekerjaan 5 dipilih (karena muncul pertama kali dalam urutan perantara) dan pekerjaan 5 dipindahkan ke akhir urutan (Tabel 14.14). Tabel 14.14 berisi urutan penjadwalan akhir (1; 3; 6;4; 2; 8; 7; 5). Tak satu pun dari pekerjaan yang sejauh ini tidak dipindahkan ditunda sehingga algoritme berakhir. Jumlah minimal pekerjaan yang tertunda adalah dua.

Tabel 14.12 Moore-algorithm (start): urutan pemrosesan pekerjaan dan jadwal mesin yang dihasilkan oleh EDD dan menandai pekerjaan tertunda pertama 7

Job i	Release time r_i	Duration p_i	Due date d_i	Start time	Finish time	Tardiness	Flow time	Delayed?
1	1	4	14	8	12	0	11	0
3	3	3	16	12	15	0	12	0
7	**7**	**8**	**18**	**15**	**23**	**5**	**16**	**1**
5	5	7	23	23	30	7	25	1
6	6	2	24	30	32	8	26	1
4	4	7	28	32	39	11	35	1
2	2	2	29	39	41	12	39	1
8	8	3	31	41	44	13	36	1

Tabel 14.13 Moore-Algorithm (iterasi ke-2): Urutan pemrosesan pekerjaan dan jadwal mesin yang dihasilkan oleh EDD dan pekerjaan tertunda pertama yang ditandai 4

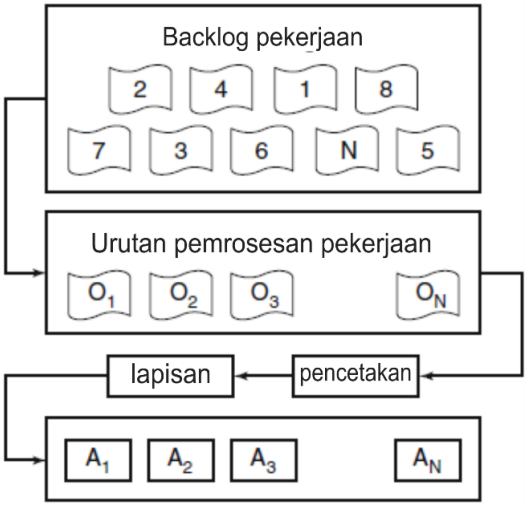
Job i	Release time r_i	Duration p_i	Due date d_i	Start time	Finish time	Tardiness	Flow time	Delayed?
1	1	4	14	8	12	0	11	0
3	3	3	16	12	15	0	12	0
5	5	7	23	15	22	0	17	0
6	6	2	24	22	24	0	18	0
4	**4**	**7**	**28**	**24**	**31**	**3**	**27**	**1**
2	2	2	29	31	33	4	31	1
8	8	3	31	33	36	5	28	1
7*	7	8	18	36	44	26	37	1

Tabel 14.14 Moore-Algorithm (iterasi ke-3): Urutan pemrosesan pekerjaan akhir dan jadwal mesin dengan jumlah permintaan tertunda yang minimal

Job i	Release time r_i	Duration p_i	Due date d_i	Start time	Finish time	Tardiness	Flow time	Delayed?
1	1	4	14	8	12	0	11	0
3	3	3	16	12	15	0	12	0
6	6	2	24	15	17	0	11	0
4	4	7	28	17	24	0	20	0
2	2	2	29	24	26	0	24	0
8	8	3	31	26	29	0	21	0
7*	7	8	18	29	37	19	30	1
5*	5	7	23	37	44	21	39	1

Menjadwalkan Dua Mesin di Toko Aliran

Christina mendeteksi kesamaan antara masalah penjadwalan mesin yang digariskan oleh Mark dan TSP. Ada pekerjaan yang sesuai dengan permintaan di TSP dan ada sumber daya: di TSP ada kendaraan, tetapi di pengaturan Mark ada mesin manufaktur. Christina bertanya-tanya apakah ada pengaturan penjadwalan mesin dengan dua atau lebih mesin yang sesuai dengan CVRP (Gambar 14.16).

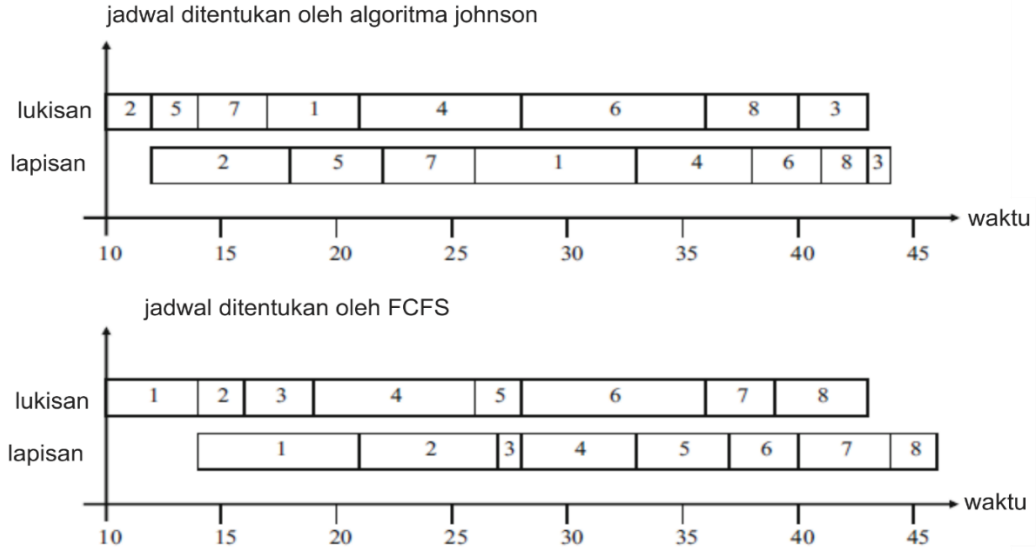


Gambar 14.16 Situasi penjadwalan dua mesin

Dia bertanya pada Mark tentang pertanyaan ini. Mark menegaskan, tetapi memberi tahu Christina bahwa ada beberapa pengaturan multi-mesin. Christina ingin tahu seperti apa pembuatan jadwal dalam skenario multi-mesin seperti itu. Tandai dimulai dengan deskripsi pengaturan sistem (Gambar 14.16). Setiap pekerjaan membutuhkan dua langkah produksi. Pada langkah pertama, benda kerja dicat dan pada langkah kedua potongan yang dicat dilindungi oleh pelapis. Tentu saja, pengecatan harus dilakukan sebelum pelapisan untuk semua pekerjaan. Setiap pekerjaan i dicirikan oleh dua waktu pemrosesan pipaint untuk prosedur pengecatan serta picoat untuk prosedur pelapisan (Tabel 14.15).

Mark menjelaskan bahwa ada pendekatan terkenal untuk pengaturan ini untuk meminimalkan waktu penyelesaian dari backlog pekerjaan yang lengkap. Algoritma ini awalnya diusulkan oleh Johnson (1954) dan karenanya disebut algoritma Johnson. Algoritma ini mengikuti prinsip menjaga waktu idle mesin kedua sesingkat mungkin. Hal ini dicapai dengan memulai pekerjaan tersebut terlebih dahulu pada mesin pertama dengan nilai-picat terpendek. Pekerjaan ini dengan cepat diproses oleh mesin pertama dan kemudian diteruskan ke mesin kedua untuk menghindari waktu idle pada mesin yang disebutkan terakhir. Urutan awal pekerjaan pada kedua mesin harus tetap tidak berubah. Oleh karena itu, cukup untuk mendefinisikan urutan pemrosesan pekerjaan hanya untuk mesin pertama. Urutan yang ditentukan kemudian juga berlaku untuk mesin kedua.

Algoritma Johnson dimulai dengan membagi backlog pekerjaan menjadi dua himpunan bagian J_1 dan J_2. Semua pekerjaan i yang waktu pemrosesan pipaintnya lebih pendek dari waktu pemrosesannya picoat dimasukkan ke J_1. Pekerjaan yang tersisa dikumpulkan di set J_2. Dalam pengaturan contoh, set pertama adalah J_1:={1;2;5;7}dan set kedua adalah J_2:={3;4;6;8}. Pada langkah kedua, kedua set dipesan. Set J_1 diurutkan dengan meningkatkan waktu pemrosesan pipaint dan set J_2 diurutkan dengan mengurangi waktu pemrosesan picoat. Dalam contoh, kita memiliki barisan S_1:=(2;5;7;1) serta barisan S_2:=(4; 6; 8; 3).



Gambar 14.17 Dua jadwal mesin yang dihasilkan oleh algoritma FCFS dan Johnson

Pada langkah ketiga, urutan S1 digabungkan dengan urutan S_2 dengan menambahkan S_2 ke S_1. Dalam contoh, kita mendapatkan urutan backlog pekerjaan lengkap S:=(S_1,S_2)=(2;5;7;1; 4; 6; 8; 3). Mark menguraikan jadwal yang dihasilkan dalam bagan Gantt (yaitu, bentuk khusus dari representasi jadwal) dan membandingkannya dengan jadwal yang

dihasilkan dari memulai pekerjaan dalam urutan yang telah dirilis (Gambar 14.17). Dapat diamati bahwa makespan telah dikurangi dengan bantuan algoritma Johnson.

Tantangan Lebih Lanjut dalam Penjadwalan Mesin

Pada kenyataannya, ada berbagai situasi penjadwalan mesin lain yang lebih rumit (Kovalyov et al. 2007; Dolgui et al. 2010; Berrichi dan Yalaoui 2013). Li dan Chen (2010) menyelidiki pengaturan satu mesin di mana waktu pemrosesan yang tepat dari pekerjaan di backlog tidak diketahui, tetapi diperkirakan dengan fungsi distribusi. Albers (1997) menganalisis pengaturan di mana backlog pekerjaan tidak tersedia. Sebaliknya, tidak ada pekerjaan yang tiba yang dijadwalkan sebelum pekerjaan itu tiba atau tanpa mempertimbangkan pekerjaan yang akan datang kemudian.

Tabel 14.15 Job backlog untuk pengaturan dua mesin

Pekerjaan i	1	2	3	4	5	6	7	8
Waktu riis	3	4	5	6	7	8	9	10
Durasi Paint p_i^{paint}	4	2	3	7	2	8	3	4
Durasi Coat p_i^{coat}	7	6	1	5	4	3	4	2

Pada langkah ketiga, urutan S1 digabungkan dengan urutan S2 dengan menambahkan S2 ke S1. Dalam contoh, kita mendapatkan urutan backlog pekerjaan lengkap S:=(S1,S 2)=(2;5;7;1; 4; 6; 8; 3). Mark menguraikan jadwal yang dihasilkan dalam bagan Gantt (yaitu, bentuk khusus dari representasi jadwal) dan membandingkannya dengan jadwal yang dihasilkan dari memulai pekerjaan dalam urutan yang telah dirilis (Gbr.14.17). Dapat diamati bahwa makespan telah dikurangi dengan bantuan algoritma Johnson.

Tantangan Lebih Lanjut dalam Penjadwalan Mesin

Jika dua atau lebih mesin harus dijadwalkan untuk memenuhi satu set pekerjaan, dua pengaturan umum akan dibedakan. Kasus yang diuraikan oleh Markfall ke dalam kategori aliran produksi (Dolgui dan Proth 2010; Pinedo 2010): semua pekerjaan diproses dalam urutan yang sama pada semua mesin yang tersedia. Dalam pengaturan bengkel kerja (Mattfeld 1996; Werner 2013), setiap pekerjaan mempertahankan urutan pemrosesan mesin individual. Di banyak industri, aliran fleksibel dan bengkel kerja dengan mesin paralel alternatif digunakan (Kyparisis dan Koulamas 2006; Ivanov dan Sokolov 2012). Dalam industri proses, aliran terus menerus merupakan tantangan tambahan (Shah 2004; Bo ek dan Wysocki 2015; Ivanov et al. 2016a).

Selanjutnya, koordinasi SC termasuk tren masa depan dalam penelitian dan praktik penjadwalan. Di area ini, integrasi penjadwalan dan masalah perutean dipelajari (Agnetis et al. 2006; Chen 2010). Selain itu, integrasi keputusan rute persediaan serta pemilihan dan penjadwalan Supplier merupakan bidang penelitian yang menjanjikan (Sawik 2013).

Akhirnya, ketidakpastian menantang keputusan penjadwalan dan perutean. Dalam situasi ini, masalah stabilitas dan ketahanan jadwal seiring dengan perkembangan kebijakan penjadwalan ulang menjadi semakin penting (Kolisch dan Hess 2000; Vieira et al. 2003; Artigues et al. 2005; Aytug et al. 2005; van de Vonder dkk. 2007; Hazir dkk. 2010; Gomes dkk. 2013; Sotskov dkk. 2013; Harjunkoski dkk. 2014; Liu dan Ro 2014).

14.8 KESIMPULAN

Dalam bab ini, Anda telah diperkenalkan dengan tugas-tugas perencanaan proses operasi yang khas dari transportasi serta produksi. Secara khusus, Anda sekarang akrab dengan masalah jalur terpendek, masalah penjual keliling, CVRP, dengan masalah penjadwalan mesin tunggal, dan masalah aliran dua mesin sederhana.

Anda telah mempelajari dasar-dasar tentang perumusan model keputusan pada grafik matematika dan Anda sekarang akrab dengan konsep pemodelan tugas keputusan operatif sebagai model optimasi berbasis grafik. Variabel keputusan digunakan untuk mewakili tugas keputusan atom dan kendala harus dipertimbangkan untuk menyusun solusi yang layak untuk masalah keputusan yang kompleks dari keputusan atom.

Anda sekarang menyadari bahwa pemilihan algoritma yang memadai untuk memecahkan model optimasi yang didefinisikan pada grafik adalah penting. Untuk beberapa masalah keputusan, model seperti yang disajikan untuk masalah jalur terpendek, ada algoritma eksak. Sebagai contoh, Anda telah diperkenalkan dengan algoritma Dijkstra.

Christina bersandar dan merekapitulasi pada apa yang telah dia pelajari. Pertama, model optimasi berbasis jaringan untuk TSP diperkenalkan. Model ini termasuk dalam kategori masalah linear campuran bilangan bulat karena beberapa variabel keputusan harus bilangan bulat atau bahkan biner. Dalam model seperti itu, dimungkinkan untuk menambahkan kendala untuk mengontrol penentuan nilai variabel keputusan.

Dibandingkan dengan masalah jalur terpendek dalam jaringan, yang tidak memiliki kendala tentang node yang akan dikunjungi, kompleksitas TSP meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, masuk akal untuk menahan diri dari menggunakan algoritma yang tepat untuk identifikasi jalur Hamiltonian terbaik (dengan jarak perjalanan paling sedikit). Sebaliknya heuristik diusulkan untuk mendekati jalur Hamiltonian yang optimal. Ada berbagai jenis heuristik.

Heuristik konstruksi digunakan untuk menyiapkan solusi layak awal untuk model optimasi kendala. Heuristik perbaikan (misalnya prosedur perbaikan 2 pilihan) digunakan untuk meningkatkan nilai fungsi tujuan dari solusi fisibel terbaik yang ditemukan, yaitu untuk mengganti solusi fisibel yang ada dengan solusi fisibel lain yang memiliki nilai fungsi tujuan yang ditingkatkan). Christina senang karena dia dapat menggunakan teknik yang diusulkan untuk memodelkan dan memecahkan tantangan SST BT_IDN.

Bagian ke empat memperkenalkan kelas masalah keputusan tugas gabungan dan masalah pengurutan dari manajemen armada operasi. Tugas keputusan dasar dijelaskan dalam CVRP. Kami memulai diskusi tentang CVRP dengan garis besar situasi perencanaan yang khas. Melalui contoh ini, kami membahas tantangan keputusan yang canggih dari partisi yang dilakukan secara bersamaan dari kumpulan lokasi yang diminta, dan urutan lokasi untuk menentukan rute kendaraan. Kami telah melihat bahwa kegagalan dalam penugasan permintaan untuk kendaraan biasanya mengakibatkan jalan memutar dan peningkatan jumlah kendaraan yang dibutuhkan. Kedua masalah berkontribusi pada biaya tambahan untuk memenuhi permintaan pelanggan.

Untuk berkontribusi dalam menjaga biaya pemenuhan serendah mungkin, kami mengusulkan analisis lokasi pelanggan, yaitu lokasi yang perlu dikunjungi. Untuk alasan ini, kami mengusulkan pengurutan semua lokasi berdasarkan sudutnya relatif terhadap garis referensi. Kami kemudian mengusulkan algoritma sapuan, yang mengeksploitasi informasi tentang sekitar lokasi yang berbeda. Algoritma sapuan mencoba untuk mengkompilasi lokasi yang terletak dekat ke dalam satu rute untuk menjaga jumlah jarak yang ditempuh tetap rendah. Kami sekarang siap untuk mengelola semua situasi keputusan yang berupa tantangan AAT.

Akhirnya, kita telah belajar bagaimana merancang heuristik sederhana untuk model perutean dan penjadwalan yang kompleks. Tetapi Anda juga menyadari bahwa perhitungan solusi model (sub)-optimal seringkali sangat rumit. Namun demikian, Anda memahami pentingnya merumuskan model keputusan yang tepat sebagai antarmuka antara aplikasi dan

komputer. Formulasi adalah bahan yang paling penting untuk setup sistem pendukung keputusan terkomputerisasi.

Tothand Vigo(2002) dibahas formulasi model untuk CVRP. Model ini digunakan untuk menerapkan alat pemecah khusus seperti CPLEX atau LINGO untuk mendapatkan solusi optimal terbukti untuk CVRP. Namun, tergantung pada data aktual dari skenario CVRP dan tergantung pada jumlah kendaraan yang tersedia dan permintaan yang akan dilayani, waktu pemrosesan seringkali menjadi penghalang sehingga untuk pengaturan masalah dunia nyata praktis heuristik diterapkan secara istimewa (Gendreau et al. 2002).

Untuk model keputusan lainnya, perlu untuk menggabungkan heuristik seperti heuristik serakah atau heuristik menyapu. Ada juga aturan prioritas yang dapat diterapkan pada urutan tugas dalam penjadwalan mesin. Anda dapat membedakan antara prosedur konstruksi dan perbaikan sebagai bahan dasar algoritma heuristik untuk memecahkan model kompleks dengan beberapa kendala. Perutean armada dan penjadwalan mesin termasuk dalam tugas paling menarik di SCOM!

BAGIAN 4
TOPIK LANJUTAN DALAM RANTAI SUPLAI DAN MANAJEMEN OPERASI
BAB 15
MANAJEMEN RISIKO DAN KETAHANAN RANTAI SUPLAI

15.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Apa itu ketidakpastian dan risiko?
- Apa jenis risiko yang dihadapi dalam rantai suplai?
- Keputusan mana yang termasuk dalam lingkup manajemen risiko rantai suplai?
- Mengapa risiko muncul dalam rantai suplai?
- Apa perbedaan antara risiko operasional dan gangguan?
- Apa efek riak dalam rantai suplai?
- Bagaimana cara mengurangi risiko gangguan dan efek riak?
- Apa itu ketahanan rantai suplai?
- Tujuan mana yang digunakan untuk mengukur kinerja rantai suplai dan manajemen operasi dalam hal risiko?

15.2 STUDI KASUS PENDAHULUAN

Gangguan Kapasitas di BASF

Pada tanggal 17 Oktober 2016 sebagai akibat dari operasi pemeliharaan yang salah pada pipa di fasilitas BASF, terjadi ledakan dan kebakaran berikutnya, terminal untuk suplai bahan baku seperti nafta, metanol dan gas cair terkompresi. Lebih dari 2,6 juta ton barang ditangani di sana setiap tahun dan rata-rata tujuh kapal sehari berlabuh di dermaganya. Dua kerupuk uap, titik awal untuk memproduksi bahan kimia dasar, perlu dihentikan karena tidak bisa lagi dipasok, dan 22 hanya berfungsi sebagian. Kedua kerupuk uap dapat dimulai kembali 2 hari kemudian, tetapi hanya pada Mei 2017 konsep rekonstruksi dirilis dimana rekonstruksi harus selesai pada September 2017.

Output produksi terbatas, penurunan pendapatan harian sebesar 10-15% dibandingkan dengan tahun sebelumnya selama periode gangguan, dampak pada divisi bahan kimia dasar (sekitar 21% dari penjualan), keterlambatan pengiriman, akses terbatas ke bahan baku utama, persediaan produk habis, dan dampak yang diperkirakan pada 6% dari pendapatan tahunan BASF adalah beberapa dari konsekuensi dari insiden ini (Dolgui et al. 2018, dan referensi di dalamnya). Logistik untuk sementara dialihkan dari kapal dan jaringan pipa ke truk dan kereta api.

BASF berhubungan dekat dengan pelanggannya untuk terus mendapatkan informasi tentang ketersediaan produk saat ini untuk meminimalkan dampak pada pengiriman pelanggan. Karena BASF terintegrasi "Verbundsystem" (sistem jaringan), terdiri dari berbagai pabrik dan sistem pengiriman untuk bahan baku, insiden itu berdampak di sepanjang rantai suplai global (SC). Dampak tinggi dan jangka panjang inilah yang disebut efek riak (Ivanov et al. 2014a, b).

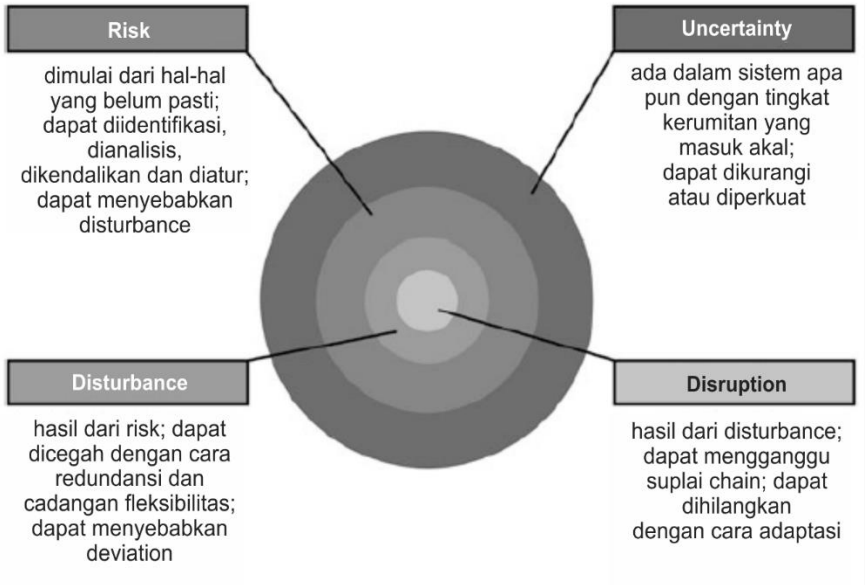
BASF membangun SC yang tangguh, itulah sebabnya konsekuensi ekonomi dari insiden tersebut jauh lebih kecil dari yang diharapkan. BASF mengambil langkah-langkah keamanan proses dan pencegahan risiko yang mencakup pedoman dan persyaratan yang berlaku secara global untuk bangunan dll. dan pelatihan keamanan praktis untuk karyawan dan staf pendukung. Seiring dengan keamanan proses dan tindakan pencegahan risiko, BASF memiliki manajemen tanggap darurat global.

Manajemen ini terdiri dari integrasi perusahaan grup di seluruh dunia, usaha patungan, mitra, Supplier, dan pelanggan. Telepon darurat dan jaringan pusat kendali yang terintegrasi (misalnya, departemen pemadam kebakaran internal/eksternal dan layanan penyelamatan) juga memungkinkan manajemen tanggap darurat global ini bekerja lebih erat lagi. BASF telah bersiap untuk insiden pada Oktober 2016, tetapi masih ada dampak jangka panjang.

Ketidakpastian dan Risiko

Ketidakpastian adalah properti sistem yang mencirikan ketidaklengkapan pengetahuan kita tentang sistem dan kondisi perkembangannya. Konsep risiko tunduk pada berbagai definisi. Knight (1921) diklasifikasikan di bawah 'risiko' ketidakpastian 'terukur'. Dari perspektif keuangan Markowitz (1952), risiko adalah varians pengembalian. Dari perspektif manajemen proyek, risiko adalah ukuran probabilitas dan konsekuensi dari tidak tercapainya tujuan proyek yang ditentukan. Menurut Marchand Shapira (1987), risiko adalah produk dari kemungkinan terjadinya peristiwa negatif dan jumlah kerusakan yang dihasilkan.

Umumnya, dalam teori keputusan, risiko adalah ukuran dari serangkaian kemungkinan hasil (negatif) dari keputusan rasional tunggal dan nilai-nilai probabilistiknya. Dalam literatur manajemen rantai pasok, istilah “risiko” juga diganti dengan “kerentanan” yang berarti “beresiko”. Dalam menganalisis ketidakpastian dan risiko, biasanya ditemui empat aspek. Yang pertama adalah ketidakpastian itu sendiri, yang kedua adalah risiko, yang ketiga adalah pengaruh gangguan (gangguan), dan yang terakhir adalah pengaruh dampak gangguan (penyimpangan). Dalam perjalanan selanjutnya dari bab ini dan bab-bab berikutnya, kita akan sering menjumpai konstelasi ini (lihat Gambar 15.1).



Gambar 15.1 Keterkaitan ketidakpastian, risiko, gangguan dan gangguan (berdasarkan Ivanov dan Sokolov 2010 dan Ivanov 2018)

Ketidakpastian adalah properti umum dari lingkungan sistem yang ada secara independen dari kita untuk sistem apa pun dengan tingkat kompleksitas yang masuk akal. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.1, kita dapat memperluas dan mempersempit ruang ketidakpastian. Risiko muncul dari ketidakpastian. Risiko dapat diidentifikasi, dianalisis, dikendalikan dan diatur. Kami secara sadar berbicara tentang faktor ketidakpastian dan munculnya risiko seperti risiko fluktuasi permintaan sebagai akibat dari ketidakpastian lingkungan.

Gangguan (perturbation impact) merupakan konsekuensi dari risiko. Ini mungkin bertujuan (yaitu pencurian) dan tidak bertujuan (yaitu fluktuasi permintaan atau terjadinya beberapa peristiwa yang mungkin memerlukan adaptasi rantai suplai). Ini dapat menyebabkan penyimpangan (gangguan) dalam rantai suplai atau tidak (misalnya rantai suplai dapat menjadi kuat dan cukup adaptif untuk mengatasi gangguan). Penyimpangan operasional (atau gangguan parah) adalah akibat dari pengaruh gangguan. Mereka dapat mempengaruhi operasi, proses, rencana, tujuan atau strategi. Untuk menyesuaikan rantai suplai jika terjadi penyimpangan, perlu dilakukan tindakan adaptasi.

Untuk domain manajemen rantai suplai, faktor ketidakpastian dan tindakan penanganannya dapat dibedakan sebagai berikut (lihat Tabel 15.1). Pada Tabel 15.2 disajikan beberapa contoh gangguan dan gangguan pada rantai pasok dalam beberapa tahun terakhir. Manajemen kompleksitas dan pemodelan sistem dapat dipertimbangkan sebagai dasar teoretis untuk menangani ketidakpastian dalam rantai suplai. Dari perspektif manajemen kompleksitas, masalah sistem di bawah kendali dan ketidakpastian terkait dengan area di bawah kendali dan area di bawah ketidakpastian. Ide ini didasarkan pada prinsip Ashby (Ashby 1956) tentang varietas yang diperlukan (Gambar 15.2).

Dengan memperluas area kontrol (Gambar 15.2b) dan mempersempit area ketidakpastian atau sebaliknya (Gambar 15.2a), kontrol sistem dapat disesuaikan. Oleh karena itu, hubungan timbal balik antara sistem dan ruang lingkungan termasuk dalam kategori amplifikasi dari variasi kontrol dan redaman dari variasi lingkungan (lihat Gambar 15.2). Dengan demikian, memperkuat berbagai empat area kontrol dan mengurangi area ketidakpastian, (1) keseimbangan kontrol dan dampak yang terganggu serta (2) pemeliharaan proses eksekusi yang direncanakan dan pemulihan proses yang cepat dan hemat biaya setelah terganggu dapat dicapai.

Tabel 15.1 Faktor ketidakpastian dan tindakan penanganannya dalam rantai suplai

Level pengambilan keputusan	Faktor yang tidak dapat diprediksi	Pengukuran
Strategi	Beberapa tujuan manajemen Terorisme, pembajakan Krisis keuangan dan politik Bencana alam	Teknik analisis multi-kriteria manajemen keamanan rantai pasokan Cadangan aset likuid Persediaan bahan strategis Diversifikasi pasar dan outsourcing Fleksibilitas dan modularitas lini produk
Taktik dan Operasional	Koordinasi yang lemah Proses tanpa stok Kontrol keamanan kargo yang lemah Kerusakan teknologi Kesalahan manusia	Stok pengaman dan penyangga waktu Cadangan kapasitas rantai pasokan koordinasi rantai pasokan, pemantauan, dan manajemen acara

15.3 MANAJEMEN RESIKO DALAM RANTAI SUPLAI

Klasifikasi Risiko

Manajemen risiko dalam rantai suplai menjadi salah satu topik terpenting dalam penelitian dan praktik selama dekade terakhir. Sejumlah buku (Handfield dan McCormack

2008; Kouvelis et al. 2012; Waters 2011; Gurnani et al. 2012; Heckmann 2016; Mistree et al. 2017; Khojasteh 2017; Ivanov 2018) dan makalah tinjauan pustaka (Blackhurst et al. 2005 ; Wagner dan Bode 2008; Klibi et al. 2010; Simangunsong et al. 2012; Ho et al. 2015; Fahimnia et al. 2015; Gupta et al. 2016; Dolgui et al. 2018) memberikan ikhtisar dan pengenalan mendalam tentang berbagai aspek bidang yang menarik ini.

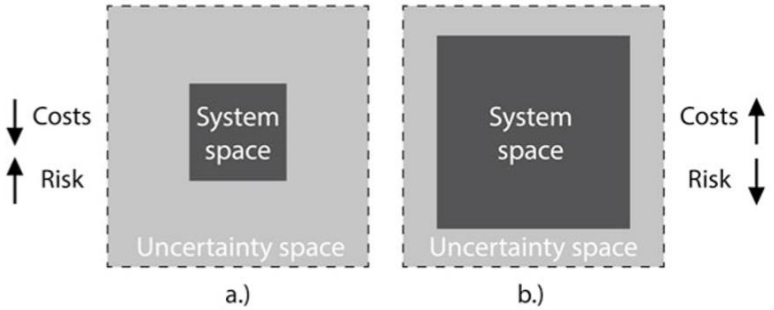
Literatur terbaru memperkenalkan klasifikasi risiko rantai suplai yang berbeda (Chopra dan Sodhi 2004; Tang dan Musa 2011; Ho et al. 2015; Quang dan Hara 2017). Misalnya, Chopra dan Sodhi (2004) mengkategorikan risiko rantai suplai potensial ke dalam sembilan kategori:

- Gangguan (misalnya bencana alam, terorisme, perang, dll.),
- Keterlambatan (misalnya tidak fleksibelnya sumber suplai),
- Sistem (misalnya kerusakan infrastruktur informasi),
- Prakiraan (mis. prakiraan yang tidak akurat, efek bullwhip, dll.),
- Kekayaan intelektual (misalnya integrasi vertikal),
- Pengadaan (misalnya risiko nilai tukar),
- Piutang (misalnya jumlah pelanggan),
- Persediaan (misalnya biaya penyimpanan persediaan, ketidakpastian permintaan dan penawaran, dll.),
- Kapasitas (misalnya biaya kapasitas).

Tabel 15.2 Contoh gangguan dan gangguan pada rantai pasok

Faktor	**Contoh**	**Dampak**
Pembajakan Terorisme	Somalu 11 September, 2008	Lima pabrik Ford telah ditutup untuk waktu yang lama Kerusakan di banyak rantai pasokan
Bencana Alam	Gempa di Thailand, 1999 Banjir di Saxony, Gempa 2002 di Jepang, 2007	Produksi komputer Apple di Asia telah lumpuh Penurunan produksi yang signifikan di VW, Dresden Kerusakan produksi di rantai pasokan Toyota berjumlah 55.000 mobil
	Badai Katrina, 2006	Badai ini menghentikan 10-15% dari total produksi bensin AS, menaikkan harga minyak domestik dan luar negeri
	Gempa dan tsunami di Jepang, 2011	Keruntuhan besar-besaran dalam rantai pasokan otomotif dan elektronik global; Toyota kehilangan posisi kepemimpinan pasarnya
Bencana buatan manusia	Banjir di Chennai, India pada 2015	Produksi literatur akademis telah dihentikan di banyak penerbit internasional
	Ledakan di pabrik BASF di Ludwigshafen pada tahun 2016	15% bahan mentah hilang untuk seluruh rantai pasokan Produksi beberapa produk di BASF telah dihentikan selama berminggu-minggu
	Kebakaran di pusat distribusi perusahaan ritel e-commerce ASOS pada tahun 2005	Pengiriman berhenti selama sebulan
	Kebakaran di pabrik Phillips Semiconductor di	Pelanggan utama Phillips, Ericsson, kehilangan potensi pendapatan sebesar 400 miliar

	Albuquerque, New Mexico pada tahun 2000	
Krisis Politik	Krisis "Gas" Indoneisa 2009	Putusnya pasokan gas dari Pusat ke beberapa kota, , miliaran kerugian bagi GAZPROM dan pelanggan
Krisis Finansial	Musim Gugur 2008	Penurunan atau penutupan produksi; pemutusan rantai pasokan di seluruh
pemogokan	Pemogokan di pabrik Hyundai pada tahun 2016	Produksi 130.000 mobil telah terpengaruh
Krisis politik Sengketa kontrak hukum	Perselisihan kontrak Volkswagen dan Prevent Group di musim panas 2016	Enam pabrik Jerman menghadapi penghentian produksi karena kekurangan suku cadang; 27.700 pekerja terpengaruh, dengan beberapa dipulangkan dan yang lainnya dipindahkan ke pekerjaan jangka pendek



Gambar 15.2 Ruang sistem dan ruang ketidakpastian (Ivanov 2018)

Quang dan Hara (2017) mengklasifikasikan tujuh kelompok risiko berikut:

- Risiko eksternal yang "menghadapi ancaman dari perspektif eksternal SC yang dapat disebabkan oleh alasan ekonomi, sosial politik atau geografis. Contohnya adalah kecelakaan kebakaran, bencana alam, kemerosotan ekonomi, masalah hukum eksternal, korupsi, dan diferensiasi budaya",
- Risiko waktu mengacu pada penundaan dalam proses SC
- Risiko informasi, misalnya, gangguan komunikasi dalam tim proyek, komplikasi infrastruktur informasi, informasi terdistorsi dan kebocoran informasi
- Risiko keuangan, misalnya, inflasi, tingkat suku bunga, fluktuasi mata uang, dan permintaan pemangku kepentingan
- Risiko suplai, yaitu risiko yang terkait dengan Supplier, mis. kebangkrutan Supplier, fluktuasi harga, kualitas dan kuantitas input yang tidak stabil
- Risiko operasional, yang disebabkan oleh masalah dalam batas-batas organisasi suatu perusahaan, mis. perubahan desain dan teknologi, kecelakaan dan perselisihan perburuhan
- Risiko permintaan yang mengacu pada variabilitas permintaan, persaingan pasar yang tinggi, kebangkrutan pelanggan dan fragmentasi pelanggan

Kerangka Umum Manajemen Risiko dalam Rantai Suplai

Manajemen risiko adalah pendekatan metodologis untuk mengelola hasil yang tidak pasti. Ciri khusus manajemen risiko dalam rantai suplai (tidak seperti dalam sistem teknis)

adalah bahwa orang tidak berusaha keras untuk mendapatkan jaminan 100% dari hasil: mereka secara sadar cenderung mengambil risiko. Ada kontradiksi antara risiko objektif, yang ditentukan oleh para ahli yang menerapkan cara ilmiah kuantitatif dan risiko yang dirasakan, yang mencakup persepsi manajer.

Sebenarnya, perlakuan risiko objektif berakar pada ilmu teknis di mana keandalan 100% adalah wajib. Dalam sistem sosial-ekonomi, seperti rantai suplai, nilai 95% sebagai orientasi untuk rantai suplai disarankan secara empiris (misalnya Sheffi 2005). Manajer yang berbeda mempersepsikan risiko pada tingkat yang berbeda, dan persepsi ini dapat berubah pada manajer yang sama karena perubahan di lingkungannya. Itulah sebabnya model untuk rantai suplai tidak boleh berusaha untuk solusi optimal yang unik tetapi memungkinkan pembentukan sejumlah solusi alternatif dengan tingkat kinerja dan risiko ekonomi potensial yang berbeda. Ringkasnya, kami akan mencatat bahwa risiko dapat dipertimbangkan dari tiga posisi dasar:

1. risiko adalah perkiraan kemungkinan hasil negatif dari peristiwa yang menyebabkan kerugian/kerugian (pendekatan teknologi);
2. risiko adalah perkiraan individu oleh orang tersebut tentang bahaya akibat negatif dari peristiwa yang menyebabkan kerugian/kerugian; risiko pada akhirnya adalah properti dari setiap kewirausahaan (pendekatan psikologis);
3. risiko adalah properti integral dari setiap proses atau sistem, yang pengelolaannya merupakan masalah utama dalam kinerja ekonomi dan pemeliharaan stabilitas (pendekatan organisasi).

Mari kita uraikan konsep manajemen risiko dalam rantai suplai. Untuk menganalisis risiko, kategori utama berikut diperkenalkan: faktor risiko, sumber risiko, situasi risiko, dan situasi berbahaya. Faktor risiko adalah kategori global yang mencirikan sistem pada tingkat orientasi tujuan (misalnya, mengganggu rencana produksi, gangguan pengiriman, dll.). Sumber risiko mempertimbangkan kejadian tertentu yang dapat menyebabkan faktor risiko. Situasi berbahaya mencirikan keadaan sistem ketika kemungkinan munculnya sumber risiko dan pengaruh langsungnya pada sistem ini tinggi. Situasi risiko berarti suatu kondisi ketika pengaruh aktif dari sumber risiko menyebabkan gangguan dan penyimpangan dalam fungsi sistem (lihat Gambar 15.3).

Masalah fungsi rantai suplai dalam hal risiko terdiri dari fase utama berikut: identifikasi faktor risiko → sumber risiko dan identifikasi situasi berbahaya → identifikasi saling ketergantungan antara tampilan situasi risiko dan perubahan parameter fungsi sistem → pengambilan keputusan tentang kompromi saat konfigurasi rantai suplai dengan memperburuk beberapa kriteria tujuan (misalnya kenaikan biaya sambil mempertahankan volume dan tenggat waktu produksi yang direncanakan; pengurangan volume produksi sambil mempertahankan tingkat biaya dan tenggat waktu yang sama; perubahan tenggat waktu sambil mempertahankan biaya dan volume produksi yang sama, dll.) → mengontrol pengembangan keputusan untuk mengkompensasi kemungkinan gangguan dalam fungsi sistem yang disebabkan oleh situasi berisiko! pengembangan sistem pemantauan objek terkelola.

Dalam meringkas kemajuan praktis dalam penanganan ketidakpastian dalam lingkungan rantai suplai, berikut ini dapat disimpulkan:

1. Ruang ketidakpastian dapat dikurangi dengan cara, misalnya:
    a. memperkenalkan kelebihan dalam struktur rantai suplai (misalnya penyangga waktu, stok pengaman, sumber daya tambahan, cadangan kapasitas, dll.);
    b. meningkatkan koordinasi dan arus informasi untuk meningkatkan kualitas, ketepatan waktu, dan aksesibilitas;

c. memperkenalkan pemantauan rantai suplai dan sistem manajemen kejadian untuk bereaksi cepat terhadap gangguan dan gangguan; dan
d. membentuk seperangkat keputusan yang tidak final, yaitu penundaan dan perencanaan bergulir/adaptif.

2. Tidak mungkin untuk menghindari ketidakpastian.

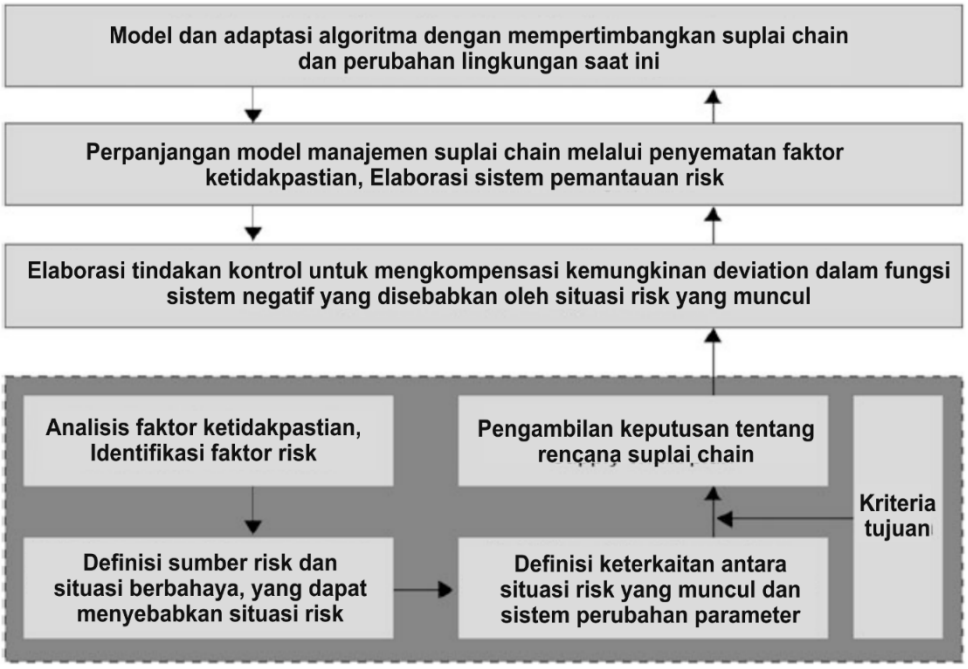
Risiko Operasional dan Gangguan

Klibi dkk. (2010) mengklasifikasikan ketidakpastian dan risiko dalam rantai pasok sebagai berikut:

- ketidakpastian acak (risiko fluktuasi permintaan)
- ketidakpastian bahaya (risiko kejadian tidak biasa dengan dampak tinggi)
- ketidakpastian yang mendalam (risiko gangguan parah)

Berbagai jenis risiko dalam rantai suplai dapat diklasifikasikan ke dalam area permintaan, suplai, proses, dan struktur (lihat Gambar 15.4).

Risiko ketidakpastian permintaan dan penawaran terkait dengan ketidakpastian acak dan situasi bisnis seperti biasa. Risiko tersebut juga dikenal sebagai risiko berulang atau operasional. Manajer rantai suplai mencapai peningkatan signifikan dalam mengelola rantai suplai global dan mengurangi risiko rantai suplai berulang melalui peningkatan perencanaan dan pelaksanaan (Chopra dan Sodhi 2014).



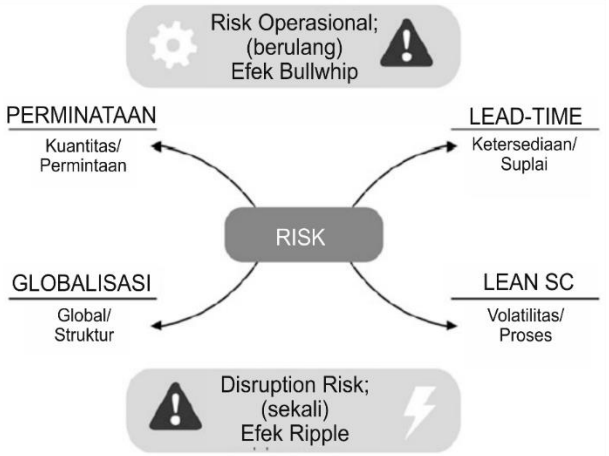
Gambar 15.3 Kerangka kerja manajemen risiko rantai suplai

Risiko gangguan merupakan tantangan baru bagi manajer rantai suplai. Dari tahun 2000 hingga 2017, gangguan rantai suplai (misalnya, karena bencana alam dan buatan manusia, seperti pada 11 Maret 2011 di Jepang, banjir di Thailand pada 2011, kebakaran di pabrik Semikonduktor Phillips di New Mexico, dll.) terjadi frekuensi dan intensitas yang lebih besar, dan dengan demikian dengan konsekuensi yang lebih besar (Chopra dan Sodhi 2014; Simchi-Levi et al. 2014). Hendricks dan Singhal (2005) mengukur efek negatif dari gangguan rantai suplai melalui analisis empiris dan menemukan pengembalian saham 33-40% lebih rendah dibandingkan dengan tolok ukur mereka selama periode waktu 3 tahun yang dimulai 1 tahun sebelum dan berakhir 2 tahun setelah gangguan.

Risiko gangguan merupakan tantangan baru bagi manajer rantai suplai yang menghadapi efek riak (Ivanov et al. 2014a, b, 2017; Ivanov 2017; Dolgui et al. 2018) yang tunduk pada gangguan struktural dalam rantai suplai, tidak seperti deviasi parametrik di efek bullwhip (Gambar 15.5).

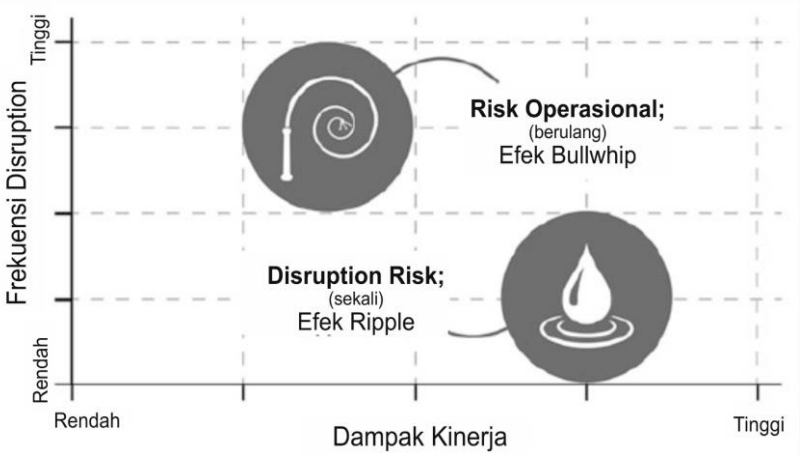
Dalam dua dekade terakhir, kemajuan besar telah dicapai dalam penelitian mengenai mitigasi kekurangan persediaan dan produksi dan respons terhadap fluktuasi permintaan. Secara khusus, efek bullwhip dalam rantai suplai telah dipertimbangkan secara luas dalam domain ini yang tunduk pada ketidakpastian keacakan dengan bantuan model stokastik dan simulasi.

Perbedaan antara *bullwhip effect* dan *ripple effect* disajikan pada Tabel 15.3. *Bullwhip effect* menganggap fluktuasi mingguan/harian dan *lead-time* sebagai pendorong utama perubahan rantai suplai yang terjadi pada tingkat parametrik dan dapat dihilangkan dalam perspektif jangka pendek. Dalam beberapa tahun terakhir, komunitas peneliti telah mulai menyelidiki gangguan rantai suplai yang parah dengan dampak jangka panjang yang dapat disebabkan, misalnya, oleh bencana alam, konflik politik, terorisme, pembajakan maritim, krisis ekonomi, penghancuran sistem informasi, atau transportasi. kegagalan infrastruktur.



Gambar 15.4 Risiko operasional dan gangguan rantai suplai (Ivanov 2018)

Kami mengacu pada bencana alam dan buatan manusia yang parah ini sebagai efek riak dalam rantai suplai di mana perubahan dalam rantai suplai terjadi pada tingkat struktural dan pemulihan dapat memakan waktu jangka menengah dan panjang dengan dampak yang signifikan pada kinerja output seperti sebagai pendapatan tahunan. Dalam pengaturan ini, manajemen gangguan rantai suplai dapat dianggap sebagai kemampuan penting yang membantu menciptakan perlindungan rantai suplai yang hemat biaya dan menerapkan tindakan yang tepat untuk memulihkan gangguan dan kinerja rantai suplai.



Gambar 15.5 Risiko operasional dan gangguan dalam rantai suplai

Sebagian besar studi tentang gangguan rantai suplai mempertimbangkan bagaimana perubahan pada beberapa variabel beriak di seluruh rantai suplai dan memengaruhi kinerja. Studi oleh Ivanov et al. (2014a,b) dan Dolguietal. (2018) menyarankan untuk mempertimbangkan situasi ini sebagai efek riak dalam rantai suplai, sebagai analogi dengan ilmu komputer, di mana efek riak menentukan ruang lingkup perubahan berbasis gangguan dalam sistem.

15.4 EFEK RIAK DALAM RANTAI SUPLAI

Efek riak dalam rantai suplai terjadi jika gangguan tidak dapat dilokalisasi dan mengalir ke hilir yang memengaruhi kinerja rantai suplai seperti penjualan, pengembalian stok, tingkat layanan, dan biaya (Ivanov et al. 2014a; Dolgui et al. 2018; Ivanov 2018; Pavlov dkk.2018). Oleh karena itu, penjabaran metodis pada evaluasi dan pemahaman gangguan frekuensi rendah berdampak tinggi sangat penting untuk pemahaman dan pengembangan lebih lanjut dari konsep suplai berbasis jaringan (Tomlin 2006; Liberatore et al. 2012; Samik 2016). Rincian metodologi empiris atau kuantitatif berbeda di seluruh pekerjaan pada manajemen gangguan rantai suplai, tetapi sebagian besar memiliki seperangkat atribut dasar:

- gangguan (atau serangkaian gangguan)
- dampak gangguan terhadap kinerja ekonomi operasional dan strategis
- kebijakan stabilisasi dan pemulihan.

Tabel 15.3 Efek riak dan efek bullwhip (Dolgui et al. 2018)

Fitur	**Efek Ripple**	**Efek Bullwhip**
Apa yang tidak pasti?	Bahaya, dalam ketidakpastian	Ketidakpastian acak
Apa resikonya?	Gangguan, risiko luar biasa (mis., ledakan pabrik)	Operasional, risiko berulang (misalnya, fluktuasi permintaan)
Apa yang dapat terganggu?	Struktur dan kinerja kritis (seperti tidak tersedianya Supplier atau pendapatan)	Parameter operasional seperti waktu tunggu dan inventaris
Bagaimana penyimpangan dicegah?	Redundansi proaktif dan eksibilitas	Koordinasi informasi
Apa yang terjadi setelah gangguan?	Stabilisasi jangka pendek dan pemulihan jangka menengah dan panjang; upaya koordinasi dan investasi yang tinggi	Koordinasi jangka pendek untuk menyeimbangkan permintaan dan penawaran

Apa itu dampak kinerja?	Kinerja output dapat menurun, seperti pendapatan atau laba tahunan	Performa saat ini dapat menurun seperti biaya kehabisan stok/kelebihan harian atau mingguan

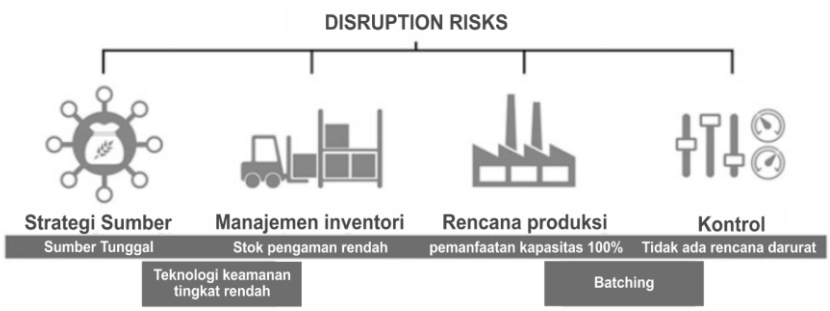
Dalam kumpulan atribut ini, sebagian besar studi tentang gangguan rantai suplai mempertimbangkan bagaimana perubahan pada beberapa variabel beriak melalui sisa rantai suplai dan memengaruhi kinerja. Kami menyarankan mempertimbangkan situasi ini, efek riak dalam rantai suplai, sebagai analogi dengan ilmu komputer, di mana efek riak menentukan ruang lingkup perubahan berbasis gangguan dalam sistem.

Efek riak adalah fenomena propagasi gangguan dalam rantai suplai dan dampaknya terhadap kinerja rantai suplai output (misalnya, penjualan, pengiriman tepat waktu, dan keuntungan total). Ini mungkin memiliki konsekuensi yang lebih serius daripada sekadar penurunan kinerja jangka pendek. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian pangsa pasar (misalnya, Toyota kehilangan posisi pemimpin pasarnya setelah tsunami pada tahun 2011 dan perlu mendesain ulang mekanisme koordinasi rantai suplai). Efek riak juga dikenal sebagai “efek domino” atau “efek bola salju”. Alasan untuk efek riak tidak sulit ditemukan. Dengan meningkatnya kompleksitas rantai suplai dan tekanan konsekuen pada kecepatan dan efisiensi, semakin banyak industri yang didistribusikan ke seluruh dunia dan terkonsentrasi di kawasan industri. Selain itu, rantai suplai global sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur transportasi permanen.

Efek riak menggambarkan propagasi gangguan dalam rantai suplai, dampak gangguan pada kinerja rantai suplai, dan cakupan perubahan berbasis gangguan dalam struktur dan parameter rantai suplai. Setelah gangguan, efeknya beriak melalui rantai suplai. Kapasitas atau persediaan yang hilang di fasilitas yang terganggu dapat menyebabkan bahan yang hilang dan penurunan produksi pada tahap selanjutnya dalam rantai suplai. Jika rantai suplai tetap dalam model gangguan lebih lama dari beberapa periode waktu kritis [yaitu, waktu bertahan (Simchi-Levi et al. 2015)], indikator kinerja penting seperti penjualan atau pengembalian saham mungkin terpengaruh.

Cakupan riak dan dampaknya terhadap kinerja ekonomi bergantung pada cadangan ketahanan (misalnya, redundansi seperti persediaan atau buffer kapasitas) dan kecepatan dan skala tindakan pemulihan. Oleh karena itu, risiko dan ketahanan rantai suplai harus diperkirakan pada tahap desain dan perencanaan dalam mode proaktif.

Pada tahap kontrol dalam mode reaktif, rencana kontinjensi (misalnya, Supplier alternatif atau rute pengiriman) harus dilakukan dengan cepat untuk mempercepat stabilisasi dan pemulihan guna memastikan kontinuitas suplai dan menghindari dampak jangka panjang. Dalam menerapkan kebijakan pemulihan tersebut, perusahaan memerlukan alat yang didukung oleh kolaborasi dan solusi visibilitas rantai suplai untuk menilai dampak gangguan pada rantai suplai serta efek dan biaya dari pengalihan aliran material. Dalam pengaturan manajemen rantai suplai, efek riak juga harus mencakup strategi pemulihan yang dapat mengkompensasi gangguan dan menghindari riaknya.



Gambar 15.6 Alasan efek riak (Ivanov 2018)

Telah didokumentasikan secara luas dalam literatur bahwa gangguan parah dapat beriak dengan cepat melalui rantai suplai global dan menyebabkan kerugian dalam kinerja rantai suplai yang dapat diukur dengan indikator kinerja utama seperti pendapatan, penjualan, tingkat layanan, dan total keuntungan (Schmitt dan Singh 2012; Simchi-Levi dkk.2015; Snyder dkk.2016). Risiko tersebut merupakan tantangan baru bagi penelitian dan industri yang menghadapi efek riak yang timbul dari kerentanan, ketidakstabilan, dan gangguan dalam rantai suplai (Liberatore et al. 2012; Ivanov et al. 2014a, b). Berbeda dengan efek bullwhip terkenal yang mempertimbangkan risiko operasional frekuensi tinggi-dampak rendah, efek riak mempelajari risiko gangguan frekuensi rendah-dampak tinggi (Fahimnia et al. 2015; Simchi-Levi et al. 2015; Sokolov et al. 2016; Snyder dkk. 2016).

Gambar 15.6 merangkum alasan utama untuk efek riak. Seiring dengan identifikasi penyebab risiko gangguan, strategi mitigasi risiko telah dikembangkan berkaitan dengan tahap pengendalian proaktif dan reaktif (Bode et al. 2011; Ivanov et al.2017). Mari kita pertimbangkan mereka di bagian selanjutnya.

15.5 KETAHANAN RANTAI SUPLAI

Kerangka Ketahanan

Ketahanan rantai suplai adalah "kemampuan untuk mempertahankan, melaksanakan, dan memulihkan (menyesuaikan) pelaksanaan yang direncanakan bersama dengan pencapaian kinerja yang direncanakan (atau disesuaikan, tetapi masih dapat diterima) oleh karena itu merupakan properti tujuan berikutnya dari rantai suplai" (Ivanov 2018). Ketahanan rantai suplai adalah properti multi-segi yang terdiri dari sejumlah komponen baik dalam proses rantai suplai internal maupun dalam interaksi dengan lingkungan (Gambar 15.7).

Salah satu tujuan utama dari manajemen rantai suplai adalah untuk meningkatkan kinerja output rantai suplai total, yang pada dasarnya disebut sebagai efektivitas rantai suplai (yaitu, tingkat penjualan dan layanan) dan efisiensi (biaya rantai suplai). Pada saat yang sama, pencapaian kinerja yang direncanakan dapat melibatkan dampak gangguan dalam lingkungan eksekusi waktu nyata. Eksekusi rantai suplai tunduk pada ketidakpastian pada tahap perencanaan dan gangguan pada tahap pelaksanaan.

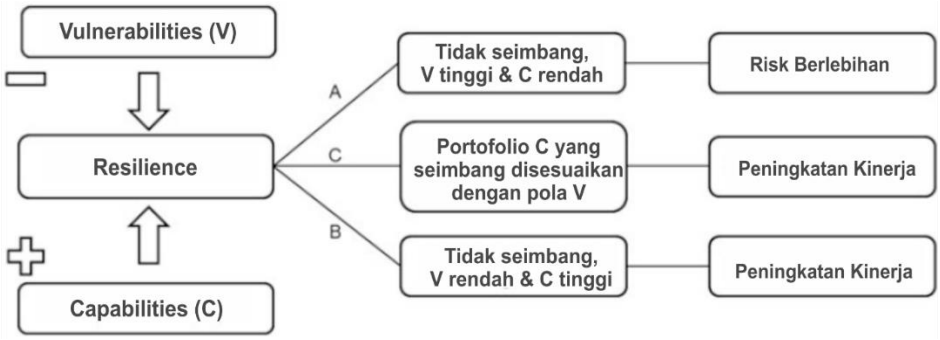
Efisiensi biaya datang dengan biaya tersembunyi yang besar jika gangguan besar (yaitu, dampak yang lebih parah daripada gangguan rutin) terjadi. Hal ini membutuhkan perlindungan rantai suplai terhadap dan reaksi yang efisien terhadap gangguan dan gangguan. Oleh karena itu, rantai suplai perlu direncanakan agar stabil, kuat, dan cukup tangguh untuk (1) mempertahankan sifat dasarnya dan memastikan pelaksanaannya; dan (2) mampu menyesuaikan perilakunya jika terjadi gangguan untuk mencapai kinerja yang direncanakan dengan menggunakan tindakan pemulihan.

Pada Gambar 15.8, kami merangkum hubungan redundansi, ketahanan, ketahanan, dan fleksibilitas (lihat juga Ivanov dan Sokolov 2013; Ivanov 2018). Pertama, cadangan yang

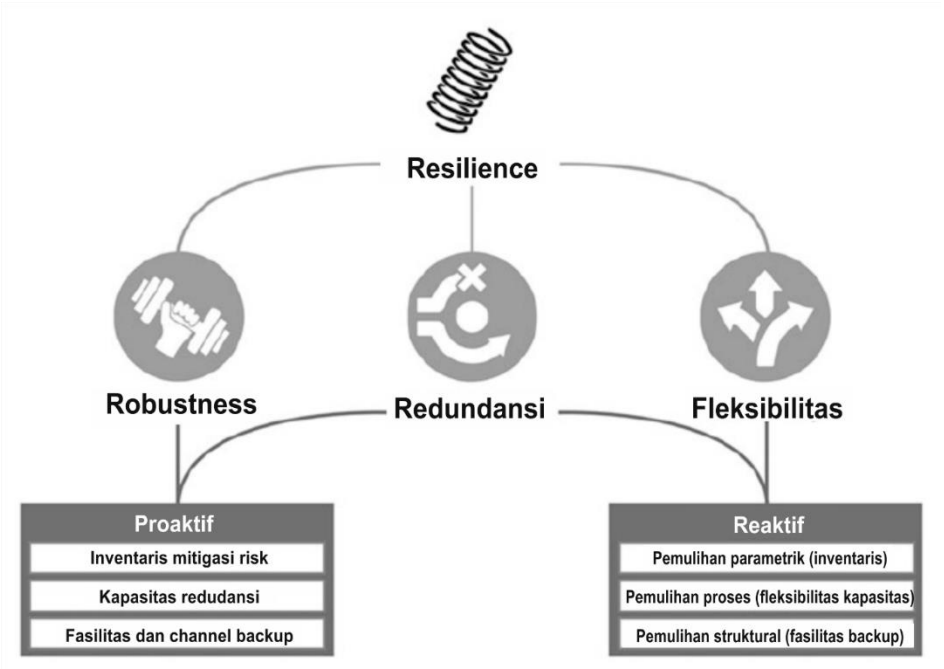
berbeda (persediaan material, kapasitas) dapat dirujuk. Tomlin (2006) dan Chopra dan Sodhi (2004) menganalisis masalah inventaris mitigasi risiko dan kapasitas cadangan pada ketahanan rantai suplai. Perlu dicatat bahwa inventaris mitigasi risiko berbeda dari stok pengaman klasik dan dianggap terpisah dari risiko yang mengganggu. Untuk masalah ini, pendekatan dan model yang berharga untuk desain dan perencanaan rantai suplai di bawah ketidakpastian telah dielaborasi.

Kedua, strategi baru seperti rantai pasok leagile, agile dan responsive dapat diterapkan untuk membuat rantai pasok lebih fleksibel dalam arti kata yang lebih luas. Metode ketiga terkait dengan koordinasi yang lebih baik dalam rantai suplai dan mengacu pada konsep seperti perencanaan kolaboratif, prakiraan, dan pengisian ulang. Keempat, serangkaian keputusan yang ditunda (penundaan produk, perencanaan bergulir/adaptif) dapat digunakan. Semua pendekatan ini dapat disebut sebagai redundansi rantai suplai.

Redundansi yang disebutkan di atas umumnya berfungsi untuk dua bidang masalah. Pertama, mereka dimaksudkan untuk melindungi rantai suplai dari dampak gangguan berdasarkan cadangan tertentu. Masalah ini terkait dengan ketahanan rantai suplai. Kedua, redundansi dibuat untuk memperkuat berbagai jalur rantai suplai untuk bereaksi dengan cepat dan fleksibel terhadap perubahan lingkungan eksekusi nyata. Isu ini terkait dengan fleksibilitas rantai pasok.



Gambar 15.7 Konsep ketahanan rantai suplai (berdasarkan Pettit et al. 2010)



Gambar 15.8 Elemen kontrol ketahanan (Ivanov 2018)

Kekokohan rantai suplai adalah karakteristik kompleks dari operasi non-kegagalan, daya tahan, pemulihan, dan pemeliharaan proses rantai suplai dan rantai suplai secara keseluruhan. Hal ini terkait dengan pembuatan sistem cadangan (pengenalan kelebihan sumber daya) untuk pencegahan kegagalan dan penyimpangan dalam proses rantai suplai.

Literatur terbaru telah mengidentifikasi metode yang berbeda untuk memperkuat rantai suplai untuk mengurangi dampak ketidakpastian dan memastikan ketahanan rantai suplai. Cadangan ketahanan yang berbeda dapat mencakup inventaris material, buffer kapasitas, dll. Untuk masalah ini, pendekatan dan model yang berharga untuk desain dan perencanaan rantai suplai di bawah ketidakpastian telah dielaborasi.

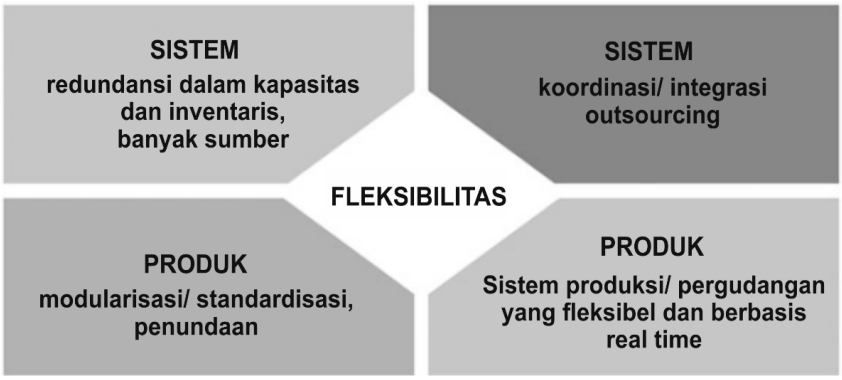
Fleksibilitas rantai suplai adalah properti mengenai kemampuannya untuk mengubah dirinya sendiri dengan cepat, secara struktural dan fungsional tergantung pada keadaan eksekusi saat ini dan mencapai tujuan manajemen rantai suplai dengan perubahan struktur dan perilaku rantai suplai. Hal ini terkait dengan penciptaan sistem adaptasi (berkenaan dengan operasi dan sumber daya) untuk pencegahan, peningkatan, atau perolehan karakteristik baru untuk pencapaian tujuan di bawah kondisi lingkungan saat ini yang bervariasi dari waktu ke waktu. Area dasar dari fleksibilitas meliputi sistem, proses dan fleksibilitas produk (Gambar 15.9).

Fleksibilitas sistem terdiri dari komponen-komponen struktur dan strategi. Perusahaan menerapkan fleksibilitas produk dan proses secara ekstensif (lihat misalnya, strategi sistem produksi Volkswagen (VPS) baru). Strategi koordinasi dan sumber dalam rantai suplai juga tipikal dalam praktiknya. Banyak perusahaan berinvestasi dalam redundansi struktural (misalnya, Toyota memperluas rantai suplainya dengan berbagai sumber dan membangun fasilitas baru di sisi suplai). Keempat elemen fleksibilitas ini dapat dilihat sebagai strategi untuk memitigasi efek riak pada tahap mitigasi dan bereaksi pada tahap pasca-gangguan.

Biaya Ketahanan

Peningkatan persediaan, tambahan kapasitas produksi, dan metode transportasi alternatif atau fasilitas cadangan akan meningkatkan biaya. Pada saat yang sama, apa yang disebut elemen berlebihan ini berpotensi menyebabkan peningkatan penjualan dan tingkat layanan. Elemen ketahanan juga akan mengurangi risiko gangguan yang dapat mempengaruhi pelaksanaan jadwal. Oleh karena itu, sasaran sasaran (misalnya, pengiriman tepat waktu) dapat dicapai dengan lebih baik.

Hal ini secara positif akan mempengaruhi penjualan dan tingkat layanan. Elemen redundansi juga dapat meningkatkan fleksibilitas rantai suplai dan memiliki efek positif pada tingkat layanan dan biaya. Keadaan rantai suplai yang tangguh membutuhkan ketahanan dan fleksibilitas yang seimbang yang memungkinkan untuk mencapai tingkat layanan maksimum dengan pertimbangan risiko gangguan dengan biaya redundansi yang dapat diterima. Ide-ide ini disederhanakan dalam Gambar 15.10 dan 15.11.



Gambar 15.9 Fleksibilitas rantai suplai (diadopsi dengan perubahan dari Ivanov et al. 2014b)

Pada Gambar 15.10a, rantai suplai pengecer, gudang, dan pabrik disajikan. Pabrik memesan 100 unit produk setiap hari dari pabrik yang disesuaikan dengan kapasitas produksi harian 100 unit. Tidak ada pengelompokan yang dipertimbangkan dalam contoh sederhana ini. Pengiriman harian diasumsikan.

Gudang menyimpan inventaris mitigasi risiko sebanyak 700 unit sebagai kebijakan ketahanan proaktif. Pada Gambar 15.10b, kapasitas pabrik terganggu selama 7 hari. Mempertimbangkan inventaris mitigasi risiko 700 unit dan permintaan harian 100 unit, gangguan ini tidak mempengaruhi kinerja rantai suplai dalam hal tingkat layanan, yaitu rasio pesanan yang dikirim tepat waktu dengan semua pesanan yang ditempatkan.

Sekarang mari kita perhatikan Gambar 15.11. Profil gangguan yang dibentuk dalam karya Sheffi (2005) mencakup delapan fase: tindakan persiapan, peristiwa gangguan, respons pertama, dampak awal, dampak penuh, persiapan pemulihan, dan pemulihan serta dampak jangka panjang. Pada Gambar 15.11, kerangka umum kinerja rantai suplai dan analisis pemulihan digambarkan. Ide utama di sini adalah untuk mengamati dampak kebijakan pemulihan yang berbeda pada kinerja rantai suplai.

Gambar 15.11b menggambarkan bahwa jika pabrik berhenti berproduksi selama 14 hari, tingkat layanan akan terganggu karena inventaris mitigasi risiko hanya akan membantu selama 1 minggu. Pada Gambar 15.11c, dapat diamati bahwa penggunaan pabrik cadangan mengurangi efek riak dan penurunan kinerja. Namun, inventaris mitigasi risiko dan kapasitas cadangan meningkatkan biaya rantai suplai.

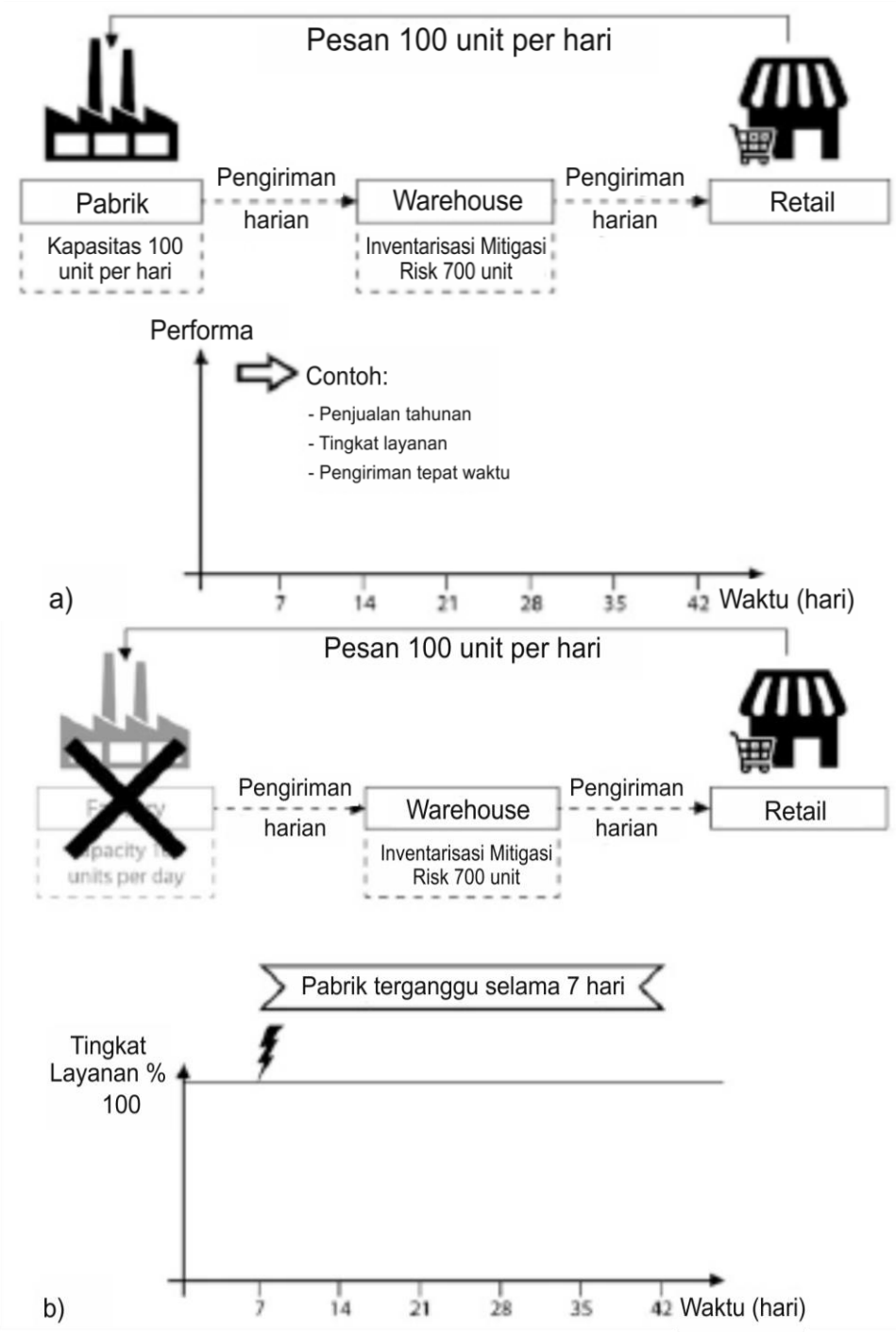
Terbukti bahwa melalui adaptasi, fleksibilitas dan ketahanan rantai suplai saling terkait. Dari sudut pandang dinamika, elemen ketahanan juga dapat dianggap sebagai elemen fleksibilitas dan elemen fleksibilitas juga dapat dianggap sebagai pendorong ketahanan. Hal ini wajar karena ketahanan dan fleksibilitas berfungsi sebagai “bantalan ketidakpastian” dari rantai suplai. Menyeimbangkan elemen fleksibilitas dan ketahanan pada loop kontrol proaktif dan reaktif, konstelasi yang berbeda dari tingkat layanan, biaya dan stabilitas dapat dianalisis secara metodis dan beralasan dan berkaitan dengan strategi yang mencakup risiko dan strategi manajemen rantai suplai (Gambar 15.12).

Gambar 15.12 menggambarkan contoh analisis multi-tujuan yang tipikal terkait dengan kebijakan proaktif dan reaktif yang berbeda. Kami tertarik untuk menyelidiki dampak dari berbagai kombinasi gangguan (yaitu, dua skenario pada Gambar 15.12), strategi mitigasi proaktif dan kebijakan pemulihan reaktif (A, B, C, dan D) pada kinerja rantai suplai dalam bentuk tingkat layanan dan biaya . Kombinasi strategi mitigasi proaktif dan kebijakan pemulihan reaktif (misalnya, A—inventaris mitigasi risiko yang lebih tinggi, B—fasilitas cadangan, dll.) mungkin berbeda dalam biaya dan dampak tingkat layanan untuk skenario gangguan yang berbeda. Tugas metode analisis kuantitatif adalah memutuskan kebijakan proaktif dan reaktif apa yang perlu dipilih.

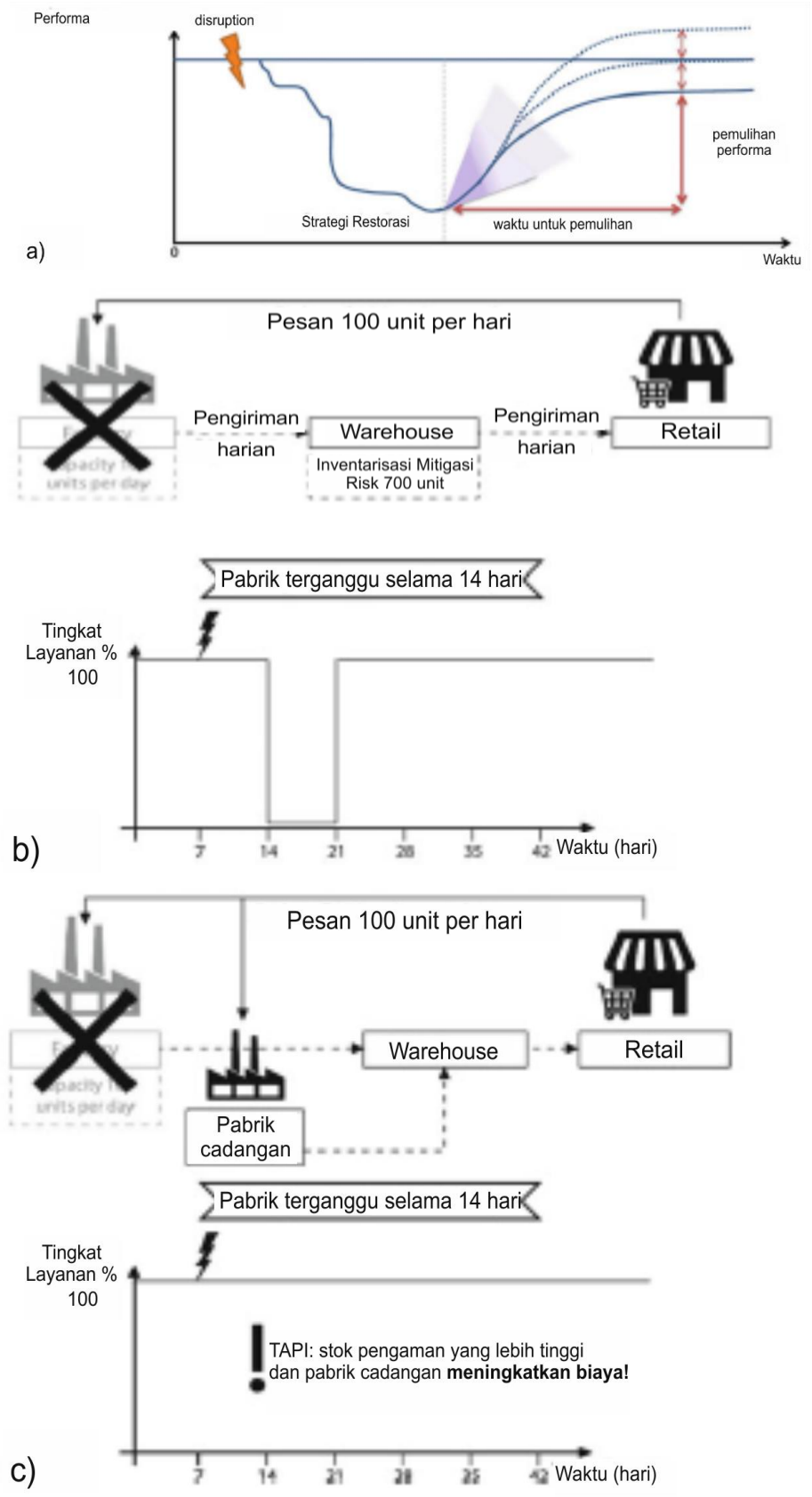
Studi oleh Ivanov dan Dolgui (2018) menyarankan pendekatan baru untuk manajemen risiko gangguan rantai suplai di mana perilaku SC kurang bergantung pada kepastian pengetahuan kita tentang lingkungan dan perubahannya. Ketidakpastian terjadinya gangguan dan besarnya menunjukkan bahwa merancang rantai suplai dengan kebutuhan "kepastian" yang rendah mungkin sama pentingnya, jika tidak lebih, daripada strategi pengendalian gangguan yang telah ditentukan sebelumnya.

Dalam pengaturan ini, penelitian ini menyerukan pengembangan perspektif baru dalam manajemen gangguan SC, yaitu, rantai suplai kebutuhan rendah (LCN). Keragaman struktural, fleksibilitas proses, dan redundansi parametrik adalah karakteristik rantai suplai LCN utama yang memastikan ketahanan terhadap gangguan yang efisien serta alokasi sumber daya pemulihan. Dua kemampuan efisiensi rantai suplai LCN adalah kebutuhan yang rendah

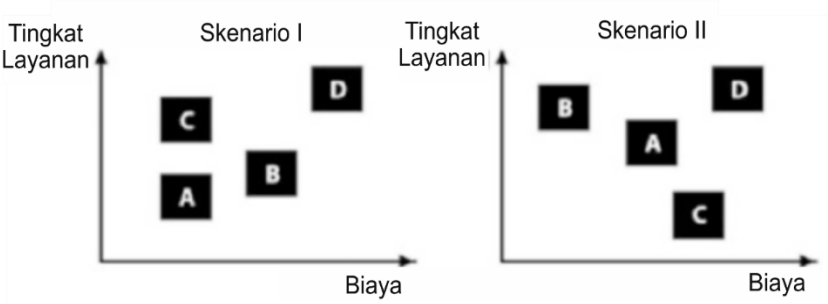
untuk pertimbangan ketidakpastian dalam keputusan perencanaan dan kebutuhan yang rendah untuk upaya koordinasi pemulihan berdasarkan kombinasi ramping dan tangguh elemen.



Gambar 15.10 Rantai suplai dengan kebijakan proaktif (inventaris mitigasi risiko) (Ivanov 2018). (a) Rantai suplai tanpa gangguan. (b) Rantai suplai dengan gangguan



Gambar 15.11 Rantai suplai dengan kebijakan proaktif (fasilitas cadangan) (Ivanov 2018). (a) Kerangka kerja analisis kinerja dan pemulihan umum. (b) Kinerja rantai suplai terganggu. (c) Fasilitas cadangan sebagai strategi fleksibilitas.



Gambar 15.12 Efisiensi vs efektivitas *trade-off* dalam manajemen ketahanan rantai suplai (Ivanov 2018)

KPI untuk Risiko Rantai Suplai

Kuantifikasi risiko SC didasarkan pada KPI (indikator kinerja utama) yang dapat diklasifikasikan ke dalam KPI risiko operasional dan gangguan terkait dengan bullwhip dan efek riak, masing-masing (lih. Gambar 15.4).

15.6 RISIKO OPERASIONAL

Disney dan Towill (2002) menyarankan penggunaan rasio varians persediaan (InvVarR) untuk mengukur besarnya efek bullwhip sebagai hubungan varians persediaan dan rasio varians permintaan pada node generik (Persamaan 15.1).

Persamaan 15.1

$$I\text{nvVarR} = \frac{\sigma^2_{\text{inventaris}/\mu\text{inventaris}}}{\sigma^2_{\text{permintaan}/\text{permintaan}}}$$

di mana varians dari permintaan dan persediaan dilambangkan dengan , dan adalah nilai rata-rata dari permintaan dan persediaan. Rasio varians tingkat pesanan (OrdRVarR) beroperasi dengan cara yang sama, lihat Persamaan. (15.2).

$$O\text{nvVarR} = \frac{\sigma^2_{\text{order}/\mu\text{order}}}{\sigma^2_{\text{permintaan}/\text{permintaan}}}$$

di mana varians (σ) dihitung menurut Persamaan. (15.3):

Persamaan 15.3

$$\sigma^2_{permintaan} = \frac{\sum(\text{xPermintaan} - \mu\text{permintaan})^2}{(n-1)} \; ;$$

$$\sigma^{=2}_{pesanan} = \frac{\sum(\text{x Permintaan } - \text{ } \mu \text{ pesanan})^2}{(n-1)}$$

di mana x adalah permintaan atau pesanan dalam suatu periode, adalah permintaan atau pesanan rata-rata, dan n adalah jumlah periode. Jika ukuran rasio varians >1, maka terdapat amplifikasi varians dan risiko terjadinya bullwhip effect muncul. Jika ukuran rasio varians adalah 1, maka tidak ada amplifikasi bullwhip effect. Jika ukuran rasio varians <1, maka terjadi smoothing atau dampening (lih. Heizer dan Render 2014, hal. 499). Beberapa perluasan metrik (15.1) dan (15.2) untuk SC multieselon telah diusulkan, misalnya, di Vicente et al. (2017).

Risiko Gangguan

Ivanov (2018) menyarankan penggunaan dampak kinerja efek riak (PI) (Persamaan 15.4).

$$PI \; = \frac{P\text{enjualan}_{perencanaan}}{P\text{enjualan}_{gangguan}}$$

Indeks PI mewakili hubungan antara KPI yang direncanakan (misalnya, pendapatan atau penjualan) dalam mode bebas gangguan dan KPI nyata jika terjadi gangguan. Idealnya, PI=1. Jika ukuran PI >1, maka gangguan akan mengurangi kinerja SC. Jika ukuran PI < 1, maka perencanaan SC dilakukan dengan cara yang tidak optimal. Pertimbangkan contoh perhitungan PI untuk enam desain SC (SCD) pada Tabel 15.4.

Dapat diamati pada Tabel 15.4 bahwa desain SC no.4 dan 6 dapat dianggap paling kuat karena PI-nya adalah yang terendah di antara desain SC yang dipertimbangkan dan =1.13. Keandalan Supplier adalah KPI risiko gangguan yang lebih penting dan dapat dihitung seperti yang ditunjukkan pada Persamaan. (15.5)

$$SR = \frac{Kualitas_{yang\ diterima}}{Kuantitas_{yang\ di\ pesan}}$$

Persamaan (15.5) dapat dimodifikasi dengan mempertimbangkan pengiriman tepat waktu saja. Metrik lain yang relevan adalah tingkat pemenuhan pesanan dan varian waktu tunggu. Time-to-recovery (TTR) dan Time-To-Survive (TTS) juga termasuk dalam KPI risiko gangguan. TTS dianggap sebagai waktu maksimum SC dapat beroperasi dan mencocokkan suplai dengan permintaan setelah gangguan. Sebaliknya, TTR adalah waktu yang diperlukan untuk node tertentu untuk dikembalikan ke fungsionalitas penuh setelah gangguan (Simchi-Levi et al. 2015).

TTR/TTS digunakan untuk "mengidentifikasi Supplier bottleneck yang sangat penting untuk mendapatkan informasi TTR yang akurat dan membedakannya dari Supplier lain di mana bahkan plus atau minus 30% kesalahan dalam informasi TTR akan berdampak sangat kecil pada rantai suplai." (Simchi-Levi 2015).

Tabel 15.4 Hasil komputasi PI

	Inisial	**SCD 1**	**SCD 2**	**SCD 3**	**SCD 4**	**SCD 5**	**SCD 6**
Pendapatan maksimum dalam skenario bebas gangguan	82.550	82.550	82.550	82.550	82.550	82.550	82.550
Pendapatan dalam skenario gangguan	54.600	67.600	67.600	70.200	72.800	70.200	72.800
PI	15.119	12.211	11.759	11.759	11.340	11.759	11.340

Untuk tujuan analisis tertentu, KPI tambahan untuk risiko gangguan dapat digunakan, misalnya, VAR (Value-at-Risk), CVAR (Conditional Value-At-Risk), ketahanan, kekokohan, fleksibilitas, kemampuan beradaptasi, dan keandalan SC (Goh dan Meng 2009; Schmitt dan Singh 2012; Kim et al. 2015; Chen et al. 2017; Mizgier 2017; Ivanov 2018; Pavlovetal.2018; Sokolovetal.2016).ModernsoftwaresuchasanyLogistix,DHL Resilience 360, dan RiskMethods memfasilitasi penghitungan ini dan selanjutnya KPI pada tahap penilaian risiko, pemantauan, identifikasi, pemulihan, dan pengendalian.

15.7 KESIMPULAN DAN PERTANYAAN DISKUSI

Dalam bab ini, manajemen risiko SC telah diperkenalkan. Pada dasarnya, ada empat kategori penting yang perlu dianalisis dalam domain ini, yaitu ketidakpastian, risiko, gangguan (yang disebut dampak gangguan), dan gangguan (penyimpangan operasional).

- Bisakah Anda menjelaskan bagaimana keempat elemen ini saling terhubung?
- Bisakah Anda meringkas faktor ketidakpastian dan tindakan penanganan yang sesuai?

- Bisakah Anda menjelaskan tujuh risiko rantai suplai yang berbeda?

Kami telah melihat bahwa permintaan, globalisasi, lead-time, dan rantai suplai Lean dapat dianggap sebagai berbagai jenis risiko dalam SCM. Ini berarti SC terkena risiko operasional berulang dan risiko gangguan yang luar biasa. Ringkaslah dengan kata-kata Anda sendiri faktor-faktor yang relevan dengan risiko operasional di bawah *Bullwhip Effect.* Lakukan hal yang sama untuk risiko gangguan dan jelaskan Efek Ripple dan berikan beberapa contoh Bullwhip- dan Efek Riak.

- Di mana koordinasi informasi membantu, dan kapan Anda akan menyarankan untuk membangun buffer inventaris?
- Apakah ledakan pada operasional pabrik atau risiko yang mengganggu? Apakah ledakan merupakan risiko yang luar biasa atau berulang?
- Apa risiko frekuensi rendah-dampak tinggi? Apakah ini risiko operasional atau mengganggu?
- Apa risiko frekuensi tinggi-dampak rendah? Apakah ini risiko operasional atau mengganggu?
- Apa efek Ripple Effect yang dapat didiagnosis dalam penurunan performa SC?
- Apa dua ekspresi bagus lainnya yang Anda ketahui untuk Efek Riak?
- Dapatkah Anda meringkas alasan utama untuk Efek Ripple dan dapatkah Anda memberikan contoh untuk strategi atau kebijakan pemulihan?
- KPI apa yang dapat kita gunakan untuk mengukur risiko operasional dan gangguan?

Manajer SC tidak hanya menangani risiko SC. Mereka juga perlu menerapkan strategi untuk mengelola ketahanan SC. SC perlu direncanakan sedemikian rupa sehingga stabil, kokoh, dan tangguh, yaitu agar dapat mengatasi ketidakpastian dalam tahap perencanaan dan mampu menghadapi gangguan dan gangguan selama pelaksanaan SC.

- Bisakah Anda memberikan contoh tindakan proaktif dan reaktif yang akan mengarah pada ketahanan SC?
- Apa pendekatan untuk mendukung redundansi SC?
- Apa empat elemen yang memungkinkan perusahaan menerapkan fleksibilitas SC?

Fleksibilitas dan ketahanan SC saling terkait. Seperti yang telah kita lihat, inventaris mitigasi risiko atau mempertimbangkan lokasi cadangan, dan pembelian barang dari Supplier alternatif, masing-masing, adalah strategi yang berguna. Strategi ketangguhan dan fleksibilitas ini memiliki biaya tertentu. Oleh karena itu, perusahaan harus menyeimbangkan investasi ketahanan dan fleksibilitas mereka dan kemungkinan kerugian dari gangguan untuk mengurangi Efek Ripple dan mengurangi penurunan kinerja SC, yang akan menyebabkan hilangnya penjualan, pembayaran penalti, dan secara signifikan negatif dari sudut pandang reputasi.

BAB 16
RANTAI SUPLAI DIGITAL, OPERASI CERDAS, DAN INDUSTRI 4.0

16.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

- Apa keunggulan SCOM?
- Jenis teknologi digital apa yang dapat diterapkan pada SCOM?
- Bagaimana teknologi digital dapat diterapkan pada SCOM?
- Bagaimana teknologi digital dapat meningkatkan dukungan pengambilan keputusan?
- Apa manfaat dan tantangan penerapan teknologi digital ke SCOM?

16.2 STUDI KASUS PENDAHULUAN: SUPPLYON

Dalam studi kasus ini, kami membawa Anda dalam perjalanan ke awan sensor dan mempertimbangkan perspektif baru tentang bagaimana mereka dapat mengubah metode kerja dalam jaringan Supplier kedirgantaraan. Kami akan mulai dengan persyaratan paling penting untuk integrasi awan sensor: Kolaborasi!

Kolaborasi antara semua pihak yang terlibat. Lebih disukai melalui satu platform pusat dan menghubungkan semua pemain utama dalam sebuah industri. Ide inti inilah yang dibayangkan dan dipraktikkan oleh banyak perusahaan ruang angkasa beberapa tahun yang lalu. Dalam inisiatif bersama, pusat Manajemen Rantai Suplai pusat diluncurkan untuk secara efektif menghubungkan semua pemain yang relevan melalui satu sistem tunggal yang digunakan bersama.

Hub SCM ini disebut AirSupply dan dikembangkan oleh SupplyOn. Saat ini, lebih dari 2500 hubungan pelanggan/Supplier didukung oleh platform ini, yang telah matang menjadi solusi standar dalam industri kedirgantaraan untuk kolaborasi Supplier. AirSupply menyediakan dasar untuk semua proses SCM utama seperti prakiraan, pesanan, saran pengiriman, dan faktur untuk dikelola dengan cara yang terstruktur dengan jelas dan sangat efisien.

Sebagai bagian dari inisiatif Industri 4.0 ini, SupplyOn menganalisis permintaan yang ada dan proses barang yang masuk. Proses permintaan sudah tercakup secara komprehensif dalam AirSupply (lihat Bab 3 dan 6). Tantangan datang dengan proses barang masuk: bagaimana mengidentifikasi gangguan rantai suplai secara efisien, mendeteksi kerusakan material sejak dini dan mengoptimalkan proses penerimaan barang untuk memastikan produksi yang stabil dengan pemanfaatan kapasitas setinggi mungkin.

Sekarang mari kita lihat Inisiatif Industri 4.0 yang dihasilkan yang mengarah ke solusi dan kemudian solusi itu sendiri. Pada tahun 2016, kelompok kerja Industri 4.0 dibentuk untuk mengumpulkan saran pengoptimalan proses dari semua departemen. Proyek-proyek yang paling menjanjikan kemudian akan diujicobakan dan dikembangkan dalam fase implementasi 90 hari, setelah itu keputusan akan dibuat tentang proyek percontohan mana yang akan digunakan secara produktif.

Sekarang mari kita online dan melihat solusi yang diujicobakan. Kami memulai proses uji coba dengan terlebih dahulu mengidentifikasi bagian sensitif tertentu yang secara teratur terkena dampak suhu atau kelembaban selama pengangkutan. Tampilan ini menunjukkan tempat catatan pengiriman dibuat di AirSupply. Semua bidang yang relevan telah diisi sebelumnya dengan data yang diperoleh dari proses pesanan pembelian sebelumnya.

Karena AirSupply mendukung kemungkinan "memasangkan" material ke wadah dan sensor, pekerja sekarang dapat menetapkan, misalnya, 5 paket dengan 10 bagian masing-

masing ke unit penanganan dan kemudian memindai nomor sensor yang terhubung. Sekarang Supplier hanya perlu memasukkan nomor sensor saat pembuatan nota pengiriman. Semua proses lainnya tetap tidak berubah untuk Supplier. Ini adalah salah satu tujuan utama proyek untuk memastikan tingkat penerimaan setinggi mungkin di sisi Supplier.

Dari titik ini, bagian-bagian dapat dipantau di seluruh siklus transportasi. Solusi SCPM (*Supply Chain Performance Management*) baru terus menampilkan posisi dan kondisi suku cadang hampir secara *real-time*. Data di sini secara otomatis berasal dari solusi AirSupply kami. Dalam proyek khusus ini, posisi, suhu, dan kelembapan suku cadang dilacak. Pemantauan suhu penting untuk perekat sensitif suhu dan pemantauan kelembaban digunakan untuk bagian logam. Pelacakan posisi suku cadang itu penting karena dua alasan: untuk memantau waktu tunggu dan untuk memungkinkan "pemisahan" sensor otomatis dari barang setelah barang diterima.

Posisi bagian atau wadah ditampilkan serta jarak yang telah ditempuh. Rute yang masih harus dilalui ditampilkan. Informasi posisi dalam hubungannya dengan informasi kondisi memungkinkan analisis cepat tentang rute mana yang bisa menjadi masalah.

SCPM juga memeriksa apakah pesanan dan transportasi berada dalam waktu tenggang yang disepakati. Perangkat lunak mengevaluasi jumlah hari yang tersisa sampai pesanan tiba di pabrik dan apakah waktu tunggu akan terlampaui atau tidak. Oleh karena itu, material planer memiliki gambaran yang tepat tentang status pesanan saat ini di bagian atas layar. Semua data seperti posisi dan kondisi disimpan dan dapat digunakan untuk tujuan pelaporan dan analitik.

Salah satu laporan yang dihasilkan dapat terlihat seperti ini: Dengan hanya mengklik jenis wadah, grafik menunjukkan apakah telah terjadi pelanggaran terhadap batas suhu atau kelembaban yang ditentukan sepanjang sumbu waktu. Perincian yang berbeda diterapkan—dalam hal ini periode analitik juga dapat disesuaikan. Analisis data dalam bagan ini memungkinkan identifikasi cepat semua pesanan di mana waktu tunggu terlampaui, memungkinkan identifikasi cepat kemacetan transportasi.

16.3 KEUNGGULAN DAN DIGITALISASI SCOM

Keunggulan Operasional

Istilah "keunggulan" banyak digunakan dalam bisnis. Bagian ini berfokus pada keunggulan SCOM. Perusahaan berusaha untuk mencapai keunggulan dalam SCOM, tetapi mereka semakin menghadapi tekanan berat dari lingkungan bisnis mereka. Di luar perusahaan, banyak perubahan terjadi di pasar dan dengan persaingan. Selain itu, ada berbagai jenis risiko, seperti pemogokan, bencana alam, ketidakstabilan politik, atau serangan teroris yang secara signifikan mempengaruhi ketahanan SC. Faktor tambahan adalah kebutuhan dan harapan pelanggan yang berubah dengan cepat: merupakan tantangan untuk mengelola dan mengadaptasi SC yang terus berubah, dan, sebagai akibatnya, juga perlu untuk mendesain ulang SC dan operasi tersebut.

"*Operational Excellence*" sering disebutkan dalam hubungan yang erat dengan Lean Thinking atau Six Sigma. Bale dkk. menyatakan bahwa "tujuan dari strategi Lean adalah untuk belajar memecahkan masalah yang tepat dan menghindari solusi yang sia-sia." Martin mendefinisikan Keunggulan Operasional sebagai "inisiatif payung termasuk Lean, Six Sigma, dan *Total Productive Maintenance* (TPM)," yang berfokus pada penggunaan filosofis dan instrumen secara sistematis untuk memberikan nilai pelanggan.

Selain Martin (2008), penulis lain melihat aspek Lean dan Six Sigma secara berbeda ketika mencoba menjawab pertanyaan kunci: Apa itu Keunggulan Operasional? Miller (2014, p.1) menyatakan bahwa "*Operational Excellence* adalah pengejaran tanpa henti untuk

melakukan sesuatu dengan lebih baik. Ini bukan tujuan atau metodologi tetapi pola pikir yang perlu ada di seluruh organisasi. Keunggulan Operasional bukan tentang kesempurnaan atau melakukan aktivitas. Ini tentang memberikan peningkatan kinerja yang dramatis dan pertumbuhan keuangan."

Miller (2014) meningkatkan pandangan Martin (2008), karena dia dengan jelas menunjukkan bahwa pola pikir "Keunggulan" (seseorang juga dapat merujuk pada budaya perusahaan) perlu ada di seluruh perusahaan untuk mencapai target keuangan. Duggan (2012, hlm. 28) mendefinisikan *Operational Excellence* dalam satu kalimat dengan fokus pada karyawan: "Setiap dan setiap karyawan dapat melihat aliran nilai kepada pelanggan dan memperbaikinya sebelum rusak," dan dia menunjukkan bahwa "dengan jelas mendefinisikan bahwa eliminasi pemborosan dan budaya perbaikan terus-menerus bukanlah tujuan dari Operational Excellence tetapi lebih merupakan produk dari Keunggulan Operasional." Lebih lanjut, Duggan (2012, p. 27) menekankan bahwa *Operational Excellence* adalah "tentang bagaimana sisi operasi bisnis mendukung pertumbuhan bisnis."

Perbedaan yang signifikan dari "Keunggulan Operasional" selain filosofi Lean dan Six Sigma klasik adalah pola pikir penggabungan, budaya, dan perilaku organisasi untuk meningkatkan kinerja dengan tujuan mengamankan pertumbuhan keuangan. Dalam pengertian ini, Keunggulan Operasional adalah elemen yang mengamankan strategi pertumbuhan perusahaan, dan dengan demikian merupakan bagian tambahan dari Manajemen Strategis. Keunggulan Operasional adalah kemampuan dinamis dan berkelanjutan yang membuka pintu menuju kepemimpinan kompetitif dan keuntungan tinggi dalam lingkungan bisnis yang terus berubah (lih. Hossenfelder 2010, hlm. 14). Faktor dinamis secara signifikan relevan pada saat digitalisasi.

Dari Keunggulan Operasional hingga Keunggulan SCOM

Keunggulan Operasional berarti mencari peluang untuk mempercepat proses penambahan nilai, menghilangkan upaya yang sia-sia, atau mengidentifikasi peluang untuk peningkatan kualitas. Namun, karena itu mempengaruhi seluruh organisasi dan pemain SC global, itu lebih dari ini (Martin 2008). Keunggulan SCOM perlu diperhatikan sebagai berikut:

- penggerak perubahan untuk peningkatan kinerja yang dramatis dan pertumbuhan keuangan yang sejalan dengan arah strategis;
- filosofi memberikan nilai superior bagi pelanggan dengan merancang produk dan layanan yang menarik, serta proses penambahan nilai yang sangat efisien di seluruh SC global;
- pola pikir budaya yang ada di seluruh organisasi yang gesit;
- pendekatan sistematis termasuk Lean, Six Sigma, dan Total Productive Maintenance (TPM) yang berfokus pada pengejaran terus menerus untuk melakukan sesuatu dengan lebih baik.

Digitalisasi sebagai Penggerak Baru dalam Keunggulan SCOM

Ketika SCM diperkenalkan ke dalam praktik manajemen, populer untuk mengatakan bahwa "perusahaan sama baiknya dengan SC di belakang". Christopher (2005) merumuskan proposisi bahwa persaingan bukanlah antara perusahaan, tetapi antara SC. Hari ini dan di masa depan, para ahli mengatakan bahwa "SC sama baiknya dengan teknologi digital di baliknya". Selain itu, proposisi baru dapat dirumuskan: persaingan bukan antara SC, melainkan antara layanan informasi dan algoritma analitik di belakangnya.

Wawasan Praktis

Dengan bantuan sensor pintar dan sistem siber-fisik plug-and-produce, stasiun-stasiun dalam sistem perakitan mampu mengubah urutan pemrosesan dan pengaturan operasi sesuai dengan urutan aktual arus masuk dan pemanfaatan kapasitas (Theorin

et al. 2017) . Di pembukaan depan, teknologi pod terpadu di industri semikonduktor, robot digunakan dalam pengurutan operasi waktu nyata. Robot kolaboratif membaca informasi tentang produk dari sensor dan tag dan memutuskan secara fleksibel ke mana harus meneruskan kumpulan wafer berikutnya (Mönch et al. 2012).

Amazon baru-baru ini mengajukan paten untuk robot belajar mandiri, termasuk sistem pengemasan otomatis. Robot ini akan dapat mengambil barang yang dipesan dan mengemasnya dengan tepat, sementara data yang aman memberikan peluang untuk menyimpan strategi pengemasan produk yang ideal. Aplikasi *Blockchain* ke SC menjadi semakin penting. Ide utamanya adalah untuk meningkatkan visibilitas dan efisiensi berdasarkan pencatatan di SC. Platform analitik berbasis cloud baru seperti *SupplyOn Industry 4.0 Sensor Clouds* memungkinkan untuk mengontrol SC secara real-time, dan merencanakan serta menyesuaikan proses menggunakan informasi terkini. Dengan hanya mengklik jenis wadah, grafik menunjukkan apakah telah terjadi pelanggaran batas suhu atau kelembaban yang ditentukan sepanjang sumbu waktu.

Analisis data dalam bagan ini memungkinkan identifikasi cepat semua pesanan di mana waktu tunggu terlampaui, yang pada gilirannya memungkinkan identifikasi cepat transportasi yang dipertanyakan. Resilience360 di DHL memungkinkan manajemen risiko gangguan yang komprehensif dengan memetakan SC end-to-end, membangun profil risiko, dan mengidentifikasi hotspot penting untuk memulai aktivitas mitigasi dan waspada pada insiden mode waktu dekat yang dapat mengganggu SC.

Kita hidup di zaman yang ditandai dengan dinamika pasar serta perubahan teknologi dan organisasi. Persaingan berkembang pesat dalam skala global: pelanggan mengharapkan produk individual dalam frekuensi yang lebih pendek. Inovasi mengganggu para pemain dan model bisnis saat ini di semua industri dan layanan, tetapi apa artinya ketika kita menggunakan ungkapan "revolusi digital" atau "transformasi digital"?

Digitalisasi adalah pengubah permainan. Ini akan menyebabkan perubahan signifikan dalam bisnis dan masyarakat dalam hal kondisi kerja dan konsumsi barang serta kerjasama dan komunikasi dalam rantai nilai. Selain itu, dibandingkan dengan transformasi sebelumnya, diharapkan perusahaan yang cepat akan berhasil bersaing dengan perusahaan yang lambat (BMWi 2016, hlm. 8).

Sepanjang buku ini, prinsip-prinsip SCOM telah dikerjakan. Dalam bab ini, hubungan antara dasar-dasar SCOM dan teknologi baru diuraikan, seperti hubungan dengan faktor-faktor digital atau cerdas dari penciptaan nilai dalam hal mengkonseptualisasikan dan mengimplementasikan Pabrik Masa Depan.

Digital SCOM *Excellence Framework*

Teknologi digital, masing-masing merupakan transformasi digital, memungkinkan pengenalan pabrik cerdas, yang disebut "Pabrik Cerdas", atau jaringan produksi dan logistik yang dapat disesuaikan (adaptif). Dengan demikian, ide-ide baru akan tersampaikan melalui implementasi Industri 4.0. Selain itu, *Big Data Analytics* (BDA), penggunaan robot, augmented reality, manufaktur aditif (AM), atau teknologi untuk pelacakan dan penelusuran merupakan faktor yang menghasilkan operasi SC digital. Semua konsep dan teknologi ini akan dibahas secara rinci dalam paragraf berikutnya dari bab ini.

Untuk mengembangkan titik awal untuk mendukung pengembangan Strategi Keunggulan SCOM Digital yang mencakup perspektif multi-dimensi, kerangka panduan (“Model-KORIDOR”) telah disarankan (Kiehne dan Tsipoulanidis 2016). Model KORIDOR berfungsi sebagai kerangka panduan untuk penilaian pengaruh dan pengembangan tindakan

proaktif atau korektif. Ini mengarah pada strategi SC selaras yang berfokus pada Keunggulan SCOM menggunakan teknologi digital. Model CORRIDOR terdiri dari elemen-elemen berikut:

Kompleksitas Tumbuh

Perusahaan menghadapi peningkatan jumlah produk dan varian baru yang diminta oleh pasar yang berbeda. Mereka perlu mengatasi berbagai saluran informasi dan komunikasi; ini membutuhkan pandangan holistik tentang SC dan penerapan proses penambahan nilai yang efisien. Seperti yang kita ketahui, semakin besar SC, semakin tinggi kompleksitasnya.

Overview dan Transparansi Keseluruhan Terfragmentasi

SC dan semua proses yang relevan dari semua mitra SC tidak dapat ditentukan untuk "dipantau dan diatur". Namun, teknologi untuk pelacakan dan penelusuran serta portal kolaborasi Supplier dapat meningkatkan transparansi SC.

Risiko dan Kerentanan

Beberapa faktor eksternal dapat dengan mudah diprediksi, dan beberapa tidak. Beberapa memiliki dampak besar, dan beberapa dampak rendah. ASC tidak imunologiskan dan dengan demikian rentan, tetapi mitigasi risiko SC dapat dicapai melalui cara yang wajar.

Tanggung Jawab Adalah Kunci untuk Semua Pemain yang Terlibat

Ini termasuk kepatuhan terhadap kode etik, kode etik, dan termasuk CSR dan keberlanjutan.

Arus Informasi/Ketersediaan Informasi

Aliran material dan teknologi informasi berhubungan erat; ini relevan untuk Supplier, produsen, pelanggan, dan mitra di SC. Teknologi baru, masing-masing transformasi digital, juga mendorong perubahan.

Dinamika di Lingkungan SC

Keterlibatan dan fokus pada pelanggan telah menyebabkan persyaratan produk yang berubah dengan cepat sesuai dengan kebutuhan pelanggan, perubahan komponen, Supplier berita, dan lokasi baru. ASMemerlukan kemampuan beradaptasi, masing-masing jaringan dinamis: teknologi digital harus diterapkan. Selain itu, sistem tersebut berkembang melalui adaptasi dan konfigurasi ulang strukturnya, yaitu melalui dinamika struktural (Ivanov 2018).

Struktur organisasi

Peran dan tanggung jawab per fungsi di dalam dan di luar (dengan mitra dan Supplier) harus jelas dan bakat dikembangkan sesuai dengan perubahan lingkungan bisnis. Ini sangat terkait dengan manajemen perubahan manusia.

Desain ulang SC, Mendesain ulang SC sehubungan dengan Supplier dan mitra (baru) sering kali diperlukan sebagai bagian dari strategi.

Model KORIDOR merupakan titik awal yang baik untuk menyusun strategi digital SC dengan fokus pada Keunggulan. Kerangka tersebut berhasil digunakan untuk menilai banyak industri, seperti makanan, ritel, otomotif, fashion, produsen pesawat terbang, barang umum, dan elektronik. Aspek-aspek khusus akan diuraikan pada bagian-bagian berikutnya.

Perkembangan Teknologi di SCOM

Berabad-abad yang lalu, cara orang bekerja mengalami perubahan seiring dengan kemajuan teknologi dan pengetahuan. Perubahan terjadi di masa lalu, dan saat ini juga terjadi di lingkungan bisnis. Untuk mengklasifikasikan peningkatan ini dengan lebih baik, pada prinsipnya empat fase, atau empat putaran yang lebih baik, dapat diidentifikasi (BMBF 2013).

16.4 TIGA REVOLUSI INDUSTRI

Revolusi industri pertama adalah mekanisasi proses produksi. Tenaga uap dan air digunakan untuk meningkatkan efisiensi selama penciptaan barang. Setelah ini, prinsip pemisahan kerja dan elektrifikasi lantai produksi terjadi: ini adalah revolusi kedua. Kombinasi pemisahan paket kerja dan tenaga listrik membantu industri untuk memproduksi dalam jumlah yang lebih besar dan menggunakan jalur produksi yang bergerak. Salah satu hasil yang terkenal adalah produksi mobil, seperti Ford T-Model, di jalur perakitan. Prinsip aliran dan penciptaan produk dalam paket kerja yang terencana dengan baik mengarah pada langkah terakhir dari kerajinan ke produksi massal.

Era yang dimulai pada tahun 1970-an ditandai dengan meningkatnya penggunaan teknologi komputer selama proses penciptaan nilai. Orientasi informasi produksi ini mewakili revolusi industri ketiga. Elektronik, teknologi informasi, dan ambisi untuk otomatisasi mendominasi tujuan yang mengarah ke misalnya, manufaktur terintegrasi komputer (CIM). Selama tiga revolusi industri ini, terjadi peningkatan yang signifikan dalam hal produktivitas dan efisiensi.

Revolusi Industri Keempat: Industri 4.0

Perbaikan tidak berakhir dengan revolusi ketiga, hari ini kita berada di tengah-tengah revolusi industri keempat, yang didasarkan pada digitalisasi. Dengan kata lain, ini adalah dekade Industri 4.0.

Tidak ada definisi unik dari Industri 4.0. Ide utamanya adalah bahwa di masa depan perusahaan akan secara intensif memanfaatkan dan menghubungkan mesin, material, peralatan, gudang, teknologi transportasi, dll. dengan cara yang cerdas. Ini menyiratkan pembentukan *Cyber-Physical-Systems* (CPS). Bahan, mesin, atau perangkat dapat saling bertukar informasi, menentukan prioritas, memicu tindakan, dan membantu menjadwalkan, serta mengurutkan barang dalam proses. Proses penambahan nilai akan memperbaiki dirinya sendiri, yang berarti perbaikan terus-menerus tidak lagi secara tepat berhubungan dengan manusia.

Sebagian besar konsep pabrik baru berbagi atribut jaringan pintar (Strozzi et al. 2017). Dengan demikian, Industri 4.0 mewakili konsep jaringan manufaktur cerdas di mana mesin dan produk berinteraksi satu sama lain tanpa kendali manusia. SC dalam jaringan tersebut memiliki struktur dinamis yang berevolusi dari waktu ke waktu. Industry4.0 memungkinkan perusahaan memproduksi produk yang disesuaikan dalam jumlah kecil. Pada saat yang sama, sejumlah besar varian dan throughput dapat ditingkatkan, kapasitas dapat dieksploitasi ke tingkat yang lebih tinggi, dan tingkat stok, transportasi, dan emisi dapat dikurangi secara paralel.

Jelas bahwa ini adalah hasil dari Industri 4.0 dan penghindaran pemborosan menurut Lean Thinking telah mencapai tingkat baru yang tidak dapat dicapai sebelumnya (Buer et al. 2018). Karena sepenuhnya selaras dengan pendekatan klasik Lean Thinking, ia juga disebut sebagai “Leandustry 4.0” (Tsipoulanidis 2015). Industri 4.0 juga secara signifikan memungkinkan pengurangan risiko dan ketahanan SC (Ivanov 2018). Dua aspek mendasar dari LeanThinking dan mitigasi risiko ini menawarkan peluang baru untuk mencapai Keunggulan SCOM pada saat digitalisasi. Untuk lebih menjelaskan bagaimana digitalisasi, Industri 4.0, dan SCOM cocok bersama, kasus hipotetis singkat disajikan.

Kasus Hipotetis tentang Industri 4.0

Bayangkan Anda sedang memuat truk dengan stroberi segar. Untuk memastikan kualitas produk, rantai dingin perlu dipantau secara permanen di dalam truk dengan pendingin (untuk memenuhi harapan pelanggan). Kami juga tahu melalui GPS di mana truk berada di setiap titik waktu. Dengan teknologi Machine-to-

Machine (M2M), semua data yang dikumpulkan dapat ditransmisikan secara real time, karena teknologi M2M memastikan konektivitas dan transmisi data (sebanding dengan ponsel dengan kartu sim).
Sekarang bayangkan perangkat M2M di truk berkomunikasi dengan pusat pemantauan pusat dan mengirimkan data yang diukur selama perjalanan ke komputer di fasilitas pemantauan ini secara teratur.
Hasilnya adalah mesin (truk) berkomunikasi dengan mesin lain (komputer di pusat pemantauan). Setelah proses itu, rantai dingin dapat didokumentasikan secara permanen (ini mencegah pengiriman produk yang cacat). Dengan kata lain, kami dapat melacak dan melacak barang yang dikirim dalam perjalanan. Selanjutnya, jika truk mengalami masalah teknis dan karena itu perangkat pendingin tidak memastikan suhu yang tepat, pengemudi akan diberi tahu (penghindaran pemrosesan yang buruk).
Dari perspektif logistik, tidak masuk akal untuk melanjutkan perjalanan dengan barang-barang yang hilang. Berdasarkan data GPS, stasiun pembuangan limbah berikutnya yang sesuai harus diidentifikasi dan pengemudi harus diinstruksikan untuk pergi ke sana. Ini membantu mengurangi upaya transportasi yang tidak perlu.
Selain itu, truk akan dipandu ke tujuan menggunakan rute terpendek: truk akan dialihkan jika terjadi kemacetan lalu lintas. Selanjutnya, fasilitas perbaikan berikutnya dapat dihubungi untuk pemeliharaan truk yang rusak, di mana suku cadang dapat dipesan terlebih dahulu dan kapasitas perbaikan dapat dijadwalkan untuk memastikan waktu pemrosesan terpendek dan dengan demikian kegunaan dan ketersediaan truk tertinggi. Ini mengurangi risiko SC, tetapi juga berarti bahwa pemrosesan berlebih dan waktu tunggu berkurang.
Dalam kasus kami, kami mengasumsikan truk membawa stroberi dari ladang ke pabrik yoghurt. Mereka perlu diberi tahu sebelumnya bahwa truk mengalami kerusakan teknis yang mengakibatkan buah busuk: pengiriman stroberi segar yang diharapkan tidak dapat berlangsung seperti yang direncanakan sebelumnya. Pengiriman persediaan yang buruk dapat dihindari.

Banyak aspek yang diringkas dalam kasus singkat di atas terkait dengan ketersediaan data yang dihasilkan, disimpan, dan dianalisis selama berbagai proses. Survei terbaru oleh Shafiqetal. (2015), Addo-Tenkorang dan Helo (2016), Richey et al. (2016), Oesterreich dan Teuteberg (2016), Küpper dkk. (2016), Schrauf dan Berttram (2016), Gunasekaran dkk. (2016, 2017, 2018), Nguyen dkk. (2017), Moghaddam dan Nof (2017), Hofmann dan Rüsch (2017), Choi et al. (2018), Ben-Daya dkk. (2018) mengidentifikasi klasifikasi teknologi digital yang berbeda dan dampaknya terhadap SCM. Ringkasnya, implementasi Industri 4.0 di SCOM didasarkan pada dua pilar, yaitu:

- lingkungan jaringan seperti *Internet-of Things* dan *Cyber-Physical Systems* dan,
- memungkinkan teknologi seperti RFID dan AM.

16.5 *INTERNET OF THINGS (IOT)*

Internet of Things (IoT) membutuhkan elektronik, perangkat lunak, sensor, aktuator, dan konektivitas untuk beroperasi dengan sukses. Teknologi digital memungkinkan penerapan pabrik pintar atau jaringan produksi dan logistik yang dapat disesuaikan dan memberikan kemungkinan lebih lanjut bagi perusahaan seperti pemeliharaan pintar atau logistik pintar.

Pada subjek manufaktur cerdas, Hentrich dan Pachmajer (2016) merangkum bahwa mesin dan proses produksi akan menjadi lebih cerdas dari ujung ke ujung dan akan terhubung.

Produksi akan terintegrasi penuh dari perencanaan hingga pelaksanaan di lantai pabrik dan produksi akan bereaksi secara fleksibel ketika perubahan dalam urutan atau proses diperlukan.

Sistem produksi akan lebih fleksibel dan lebih cerdas sebagai hasil dari teknologi sensor baru, robotika cerdas, dan analisis data, sehingga ukuran lot 1 dan produk yang disesuaikan dapat dibuat secara ekonomis. Produksi akan meningkatkan kemampuan untuk berinovasi. Misalnya, pemeliharaan sistem produksi akan dioptimalkan melalui analitik prediktif dan pemantauan jarak jauh melalui teknologi seluler, augmented reality, dan pencetakan suku cadang 3D. Dalam skenario terakhir, produksi akan pindah ke cloud dan menjadi layanan cloud sesuai permintaan.

Porter dan Heppelmann (2015) menyatakan "Kita akan melihat era baru *'lean'*". Data yang mengalir ke dan dari produk akan memungkinkan penggunaan produk dan aktivitas di seluruh rantai nilai dirampingkan dengan cara baru yang tak terhitung jumlahnya. Limbah akan dipotong atau dihilangkan. Dengan kata lain: Karena pengenalan Industri 4.0, tingkat 'Lean' yang sama sekali baru dapat dicapai karena informasi dan data yang telah tersedia sekarang, diperlukan untuk menghindari pemborosan yang tidak dapat dihindari sebelumnya karena peningkatan teknologi informasi, ketersediaan data, dan kemampuan yang berkembang untuk menganalisis data yang dihasilkan" (Tsipoulanidis 2015).

Singkatnya, "Industri 4.0 akan melibatkan integrasi teknis Sistem Fisik Siber ke dalam manufaktur dan logistik dan penggunaan Internet of Things dan layanan dalam proses industri. Ini akan berimplikasi pada penciptaan nilai, model bisnis, layanan hilir dan organisasi kerja". Prinsip-prinsip seputar Sistem Fisik Cyber akan dijelaskan kemudian.

Sistem Fisik Cyber

Ada beberapa definisi mengenai ungkapan "Sistem Fisik Cyber". Menurut Edward A.Lee (2008), direferensikan oleh VDI (2013), "Cyber-Physical Systems (CPS) adalah integrasi komputasi dengan proses fisik. Komputer dan jaringan tertanam memantau dan mengontrol proses fisik, biasanya dengan loop umpan balik di mana proses fisik mempengaruhi komputasi dan sebaliknya." Perbedaan mendasar antara proses otomatisasi klasik dan CPS adalah bahwa saat ini infrastruktur terbuka—Internet—digunakan untuk komunikasi dan pertukaran data. Selanjutnya, dunia nyata dan dunia maya sekarang terhubung dan ini dilakukan dengan mengubah komponen pasif menjadi sistem yang aktif dan cerdas. Karena interaksi sistem yang sebelumnya pasif dengan e. G. sensor atau perangkat komunikasi cerdas, komponennya diaktifkan untuk mengirimkan data dan informasi dari nyata ke dunia maya, yaitu ke mesin lain, manusia untuk analisis data lebih lanjut.

Smart dan Produk Terhubung

Untuk memahami kekuatan transformasi digital, peran produk yang terhubung dan cerdas harus diklarifikasi. Menurut Porter dan Heppelmann, apa yang disebut "produk cerdas yang terhubung" adalah kombinasi dari tiga elemen inti. Ini adalah komponen fisik, komponen "pintar", dan komponen konektivitas, seperti yang ditunjukkan pada ilustrasi berikutnya.

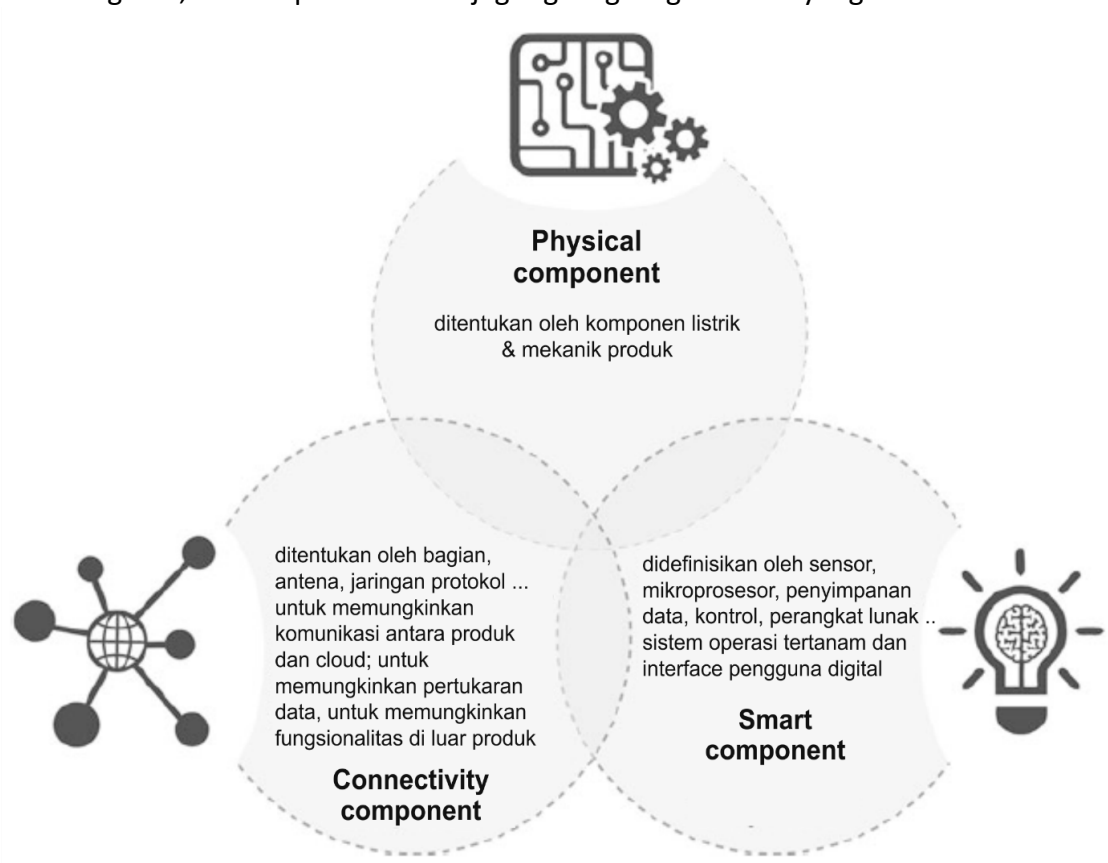
Sekarang apa artinya ini? "Komponen cerdas memperkuat kemampuan dan nilai komponen fisik, sementara konektivitas memperkuat kemampuan dan nilai komponen cerdas dan memungkinkan beberapa di antaranya ada di luar produk fisik itu sendiri. Hasilnya adalah siklus peningkatan nilai yang baik" (Porter dan Heppelmann 2014) (Gambar 16.1).

Komponen fisik diwakili oleh bagian atau modul mekanik dan listrik, seperti rumah atau perangkat pendingin lemari es. Selain itu, komponen cerdas perlu ditambahkan untuk membuat produk fisik cerdas, yaitu, "pintar". Contohnya adalah sensor, sistem kontrol, aktuator, mikroprosesor, penyimpanan data, perangkat lunak, sistem operasi yang disematkan, dan antarmuka pengguna (lihat Porter dan Heppelmann 2014). Dalam contoh

lemari es, sensor digunakan untuk mengukur suhu untuk menghindari lapisan es atau bahkan untuk memindai barang-barang yang disimpan di lemari es.

Agar lemari es dapat bertukar informasi yang dikumpulkan dengan lingkungannya, koneksi ke dunia luar perlu dibuat. Ini berarti produk pintar membutuhkan komponen konektivitas. Porter dan Heppelmann menyatakan: "Komponen konektivitas terdiri dari port, antena, dan protokol yang memungkinkan koneksi kabel atau nirkabel dengan produk. Konektivitas mengambil tiga bentuk, yang dapat hadir bersama-sama":

- ***One to One/Satu-ke-satu:*** Produk individual terhubung ke pengguna, pabrikan, atau produk lain melalui port atau antarmuka lain—misalnya, ketika mobil dihubungkan ke mesin diagnostik.
- ***One-to-Many/Satu-ke-banyak***: Sistem pusat secara terus menerus atau sebentar-sebentar terhubung ke banyak produk secara bersamaan—misalnya, banyak mobil Tesla terhubung ke sistem pabrikan tunggal yang memantau kinerja dan menyelesaikan servis dan peningkatan jarak jauh.
- ***Many-to-Many/Banyak-ke-banyak***: Beberapa produk terhubung ke banyak jenis produk lain dan sering kali ke sumber data eksternal—misalnya, serangkaian jenis peralatan pertanian terhubung satu sama lain dan data geolokasi untuk mengoordinasikan dan mengoptimalkan sistem pertanian. Anakan otomatis menyuntikkan pupuk nitrogen pada kedalaman dan interval yang tepat, dan penabur mengikuti, menempatkan benih jagung langsung di tanah yang telah dibuahi.



Gambar 16.1 Konsep produk yang terhubung dan cerdas (berdasarkan Porter dan Heppelmann 2015)

Konektivitas melayani tujuan ganda. Pertama, memungkinkan pertukaran informasi antara produk dan lingkungan operasinya, pembuat, pengguna, dan produk serta sistem

lainnya. Kedua, konektivitas memungkinkan beberapa fungsi produk ada di luar perangkat fisik dalam apa yang dikenal sebagai cloud produk.

Rantai Suplai Cerdas dan Jaringan Nilai Tambah Cerdas

Produk pintar dilengkapi dengan sensor, aktuator, dll. untuk bertukar data dengan lingkungan dan oleh karena itu kriteria ketiga—konektivitas—diperlukan. Sekarang bagaimana produk pintar mempengaruhi SC menjadi jaringan nilai tambah yang cerdas? Pikirkan tentang produk pintar seperti mobil, lift, kereta api, atau pesawat terbang dan hubungannya dengan SC. Selama masa pakainya, produk pintar ini menghasilkan data. Sebenarnya, banyak data yang dihasilkan, yang menyebabkan apa yang disebut "*Big Data*".

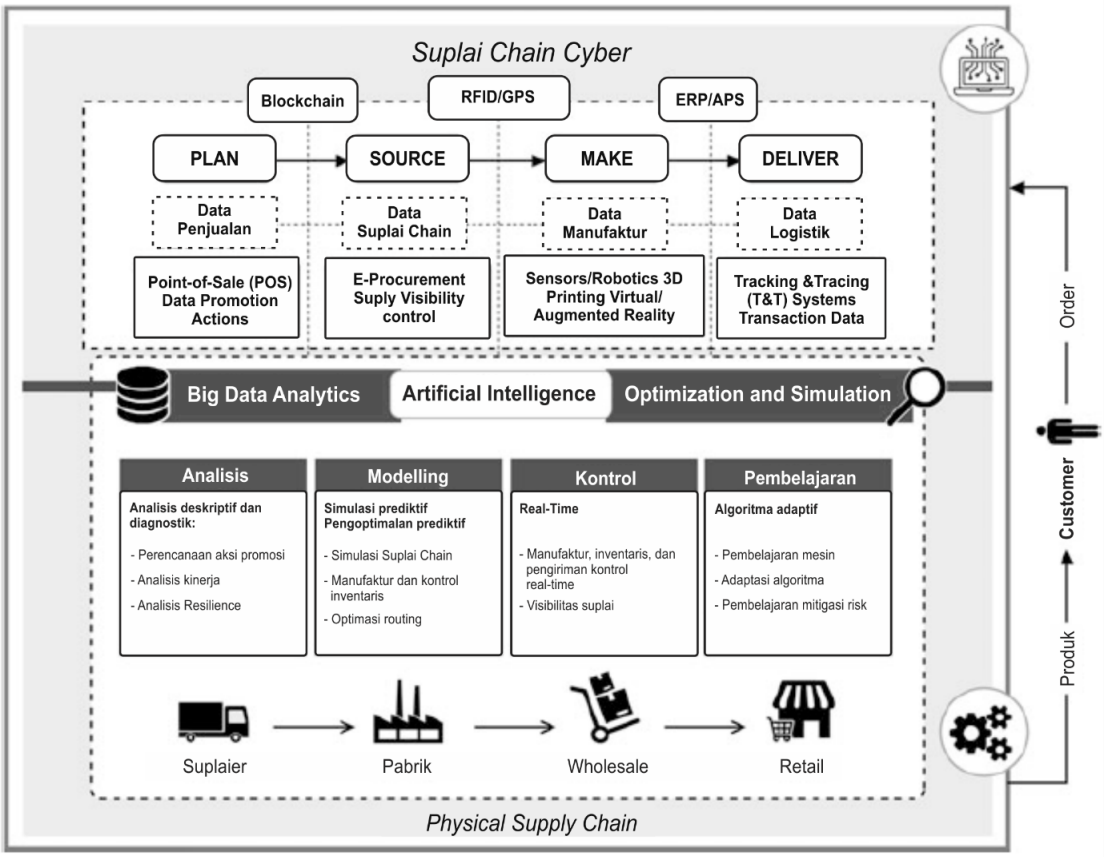
Dan inilah perbedaannya—produk pintar juga menghasilkan data mengenai perilaku pengguna, kondisi penggunaan, dan penggunaan profil. Ini membantu kami memahami mengapa produk mungkin gagal karena kondisi penggunaan tertentu. Pengetahuan baru ini mendukung peningkatan produk yang ada, peningkatan pemeliharaan, dan prediksi kegagalan sebelum potensi terjadinya.

Ini juga secara signifikan membantu meningkatkan pengembangan produk dari produk generasi berikutnya. Data yang dihasilkan oleh produk pintar yang digunakan juga membantu dalam hal pemantauan produk selama penggunaannya (misalnya selama pengoperasian kereta api, kondisi perangkat operasinya dipantau dan suku cadang dapat dipesan dan pekerjaan pemeliharaan dijadwalkan lebih awal sebelum sesuatu gagal). Ini penting untuk pemeliharaan preventif produk (yaitu perbaikan terencana dan tidak terencana, pengenalan proaktif terhadap keausan komponen, cacat suku cadang). Waktu henti yang tidak direncanakan dapat dihindari atau dikurangi.

Karena pemantauan, jumlah suku cadang yang tepat dapat disimpan, sumber daya yang diperlukan untuk penggantian dapat dijadwalkan, dan ketersediaan produk meningkat. Hal ini mengarah pada pengurangan persediaan yang tidak perlu, menghasilkan transportasi yang lebih sedikit, menghindari produksi berlebih, dll. Berkat jumlah data yang dihasilkan selama masa pakai produk, indikasi tentang kualitas Supplier yang baik atau buruk juga dapat dimungkinkan, melalui pencegahan batch yang rusak. Ini berarti bahwa proses pengadaan, proses evaluasi Supplier dan pengembangan Supplier, dan dengan demikian SC terpengaruh secara signifikan.

Kerangka SCOM Digital

Analisis teknologi memungkinkan kita untuk menggambar kerangka SCOM digital berikut (Gambar 16.2). BDA, AM, Industri 4.0, dan teknologi pelacakan dan penelusuran lanjutan dapat dipertimbangkan dalam kaitannya dengan empat proses SC utama, yaitu, rencanakan, sumber, buat, dan kirim. Oleh karena itu, bidang perencanaan digital, manufaktur, pengadaan, dan logistik dapat diklasifikasikan. Selain itu, IoT, teknologi cloud, robot, dan sensor memfasilitasi implementasi teknis dari teknologi ini.



Gambar 16.2 Kerangka SCOM Digital

Klasifikasi ini, sejalan dengan model SCOR, akan digunakan lebih lanjut dalam pembahas selanjutnya dimana pendekatan yang relevan mengenai penggunaan teknologi digital di SCOM akan diringkas. Namun, kecil kemungkinan bahwa pendekatan dan teknologi yang disajikan hanya akan dapat diterapkan untuk salah satu proses utama menurut Model SCOR. Aspek BDA dapat digunakan untuk proses sourcing, pembuatan, pengiriman, atau pengembalian, sedangkan AM mungkin, misalnya, digunakan untuk sourcing atau untuk membuat proses.

Robot dapat digunakan dalam proses manufaktur, logistik, atau ritel, dll. Pada dasarnya, banyak aplikasi dan dengan demikian diharapkan pemanfaatan dan cakupan proses yang sangat luas, seperti yang diringkas dalam bagian berikut. Yang akan membahas upaya untuk membuat kerangka kerja yang menghubungkan teknologi digital dengan proses nilai tambah utama yang diturunkan dari model SCOR.

Teknologi Digital dalam Proses "Rencana"

Pada bagian ini, beberapa contoh diberikan tentang bagaimana proses perencanaan dapat didukung oleh teknologi digital. Pertama, kami fokus pada BDA. Kedua, penciptaan apa yang disebut kembar digital di awal siklus hidup produk yang membantu dalam perencanaan SC dan operasinya diberikan sebagai contoh.

16.6 ANALISIS DATA BESAR

Umumnya, "Big Data" adalah ekspresi luas, yang digunakan untuk meringkas sejumlah besar data tidak terstruktur atau setengah terstruktur, yang dihasilkan setiap hari oleh perusahaan, perangkat, mesin, atau produk yang digunakan. Dibutuhkan banyak upaya untuk menyusun data ini dan banyak pekerjaan dan keahlian untuk menganalisis data setelah

diunggah ke dalam basis data relasional. Aspek karakteristik "besar" dalam BDA terkait dengan banyaknya data, yang dihasilkan, disesuaikan, atau dimodifikasi dari hari ke hari.

Data besar telah dicirikan dalam literatur oleh 5V: volume, variasi, kecepatan, kebenaran, dan nilai (Wamba et al. 2015, 2017). Kebenaran dan nilai sangat penting karena analisis data menunjukkan nilai sebenarnya dari data besar. BDA didasarkan pada ekstraksi pengetahuan dari sejumlah besar data, memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis data.

Wawasan Praktis

Pharmapacks mengirimkan barang dagangan yang kami harapkan dapat ditemukan di toko obat. Pharmapacks menggunakan perangkat lunak penetapan harga yang disebut "Master Mind" untuk meningkatkan pangsa pasar dan pendapatan mereka. Ini memperbarui harga setiap 45 menit dan mengelola perkiraan persediaan dan penjualan/permintaan. Dalam contoh lain, untuk memproduksi kepala silinder di pabriknya di Untertürkheim, Jerman, Mercedes-Benz menggunakan analisis prediktif untuk memeriksa lebih dari 600 parameter yang memengaruhi kualitas (Küpper et al. 2016).

BDA tidak diragukan lagi merupakan area aplikasi teknologi digital yang paling rumit untuk SCM selama dekade terakhir. Johnson dkk. (2016) dan Simchi-Levi and Wu (2018) menganalisis penerapan BDA di ritel. Pengecer harus terus berusaha untuk menumbuhkan pendapatan, margin, dan pangsa pasar mereka. Salah satu metode untuk melakukan ini adalah model optimisasi harga, yang menghitung varians permintaan saat tingkat harga naik atau turun, dan kemudian menggabungkan informasi ini dengan data biaya dan persediaan yang relevan untuk merekomendasikan harga yang dapat memaksimalkan pendapatan dan keuntungan. Nguyen dkk. (2017) menunjukkan bahwa optimasi adalah pendekatan yang paling populer dalam aplikasi analitik preskriptif untuk logistik dan transportasi.

Aplikasi BDA ke SCM juga dapat dilihat dalam proses pengadaan, lantai pabrik manufaktur, tindakan promosi dalam model omnichannel, optimalisasi perutean, pemantauan operasi lalu lintas waktu nyata, dan manajemen keselamatan proaktif (Addo-Tenkorang dan Helo 2016; Gunasekaran et al. 2016 , 2017; Nguyen dkk 2017; Zhong dkk 2017). Nguyen dkk. (2017) mengidentifikasi beberapa area di mana BDA dapat diterapkan pada SCM dalam waktu dekat. Area-area ini termasuk kontrol kualitas di bidang manufaktur, perutean kendaraan dinamis, dan manajemen inventaris dalam perjalanan dalam logistik/transportasi, pengambilan pesanan, dan sistem kontrol inventaris di pergudangan. Niesen dkk. (2016) dan Papadopoulos et al. (2017) menunjukkan bahwa BDA dapat membantu dalam meningkatkan manajemen risiko dan ketahanan bencana. Kinraetal. (2017) menganalisis analisis tekstual berbantuan komputer dalam BDA dengan aplikasi pada sistem transportasi logistik. Ringkasnya, kemampuan dan kapasitas untuk menganalisis data yang relevan untuk sebuah perusahaan adalah elemen mendasar untuk mencapai keunggulan SCOM.

Kembar Digital

Ungkapan "kembar digital" digunakan untuk menggambarkan ketika klon virtual dibuat. Ini berarti bahwa para insinyur menghasilkan item selama tahap pengembangan produk. Representasi digital produk ini kemudian lebih ditingkatkan dengan data tambahan saat produk dibuat dan selama penggunaan serta pemeliharaannya. Data status pertukaran produk virtual dan nyata dikumpulkan atau diukur oleh sensor sepanjang masa pakai produk. Porter dan Heppelmann (2015) menunjukkan bahwa “kembar digital adalah replika Virtual Reality dari produk fisik. Saat data mengalir, kembarannya berevolusi untuk mencerminkan bagaimana produk fisik telah diubah dan digunakan dan kondisi lingkungan yang terpapar.”

Salah satu tujuan dari prinsip kembar digital adalah untuk mengidentifikasi kesalahan produk pada tahap awal, untuk mempelajari dan meningkatkan produk, dan untuk memeriksa

kinerja produk selama penggunaannya. Kembar digital karena itu dapat digunakan untuk pemantauan kondisi dan penilaian konstan status barang saat sedang beroperasi dan ketika mengumpulkan data yang dihasilkan.

Dengan kata lain, produk digital dan produk nyata merupakan kembaran yang ada secara paralel dari tahap awal ide, sepanjang desain dan simulasi produksi atau perencanaan produksi, hingga produk benar-benar dibuat secara fisik dan selanjutnya selama penggunaannya, dan sampai pemeliharaan dan perbaikannya atau sampai dikeluarkan dari produksi. Dengan demikian, kembaran digital memiliki potensi besar untuk peningkatan teknik, manufaktur, dan proses pemeliharaan. Wawasan yang dihasilkan di seluruh siklus hidup produk dan pelajaran dari awal hingga akhir membantu perusahaan untuk terus meningkatkan produk mereka dan menawarkan layanan tambahan.

Siemens (2017) merangkum karakteristik dari kembaran digital dengan cara berikut: "Kembar digital adalah lambang digitalisasi pabrik dan mesin— salinan virtual dari mesin atau sistem nyata. Dan kembarannya memang semakin membuktikan bahwa ia dapat membantu memastikan desain alat berat yang dioptimalkan, commissioning yang efisien, waktu pergantian yang singkat, dan pengoperasian yang lancar."

Ini berarti bahwa kembar digital memberikan masukan yang berharga untuk penciptaan produk generasi berikutnya dan konsep kembaran digital menawarkan potensi model bisnis atau layanan baru yang, misalnya, berdasarkan BDA. Mari kita lihat kasus mini dari praktik (Siemens 2017), yang berfokus pada potensi dan pencapaian kembar digital.

Wawasan Praktis

Pabrikan mesin tujuan khusus Bausch + Ströbel menggunakan perangkat lunak dan digitalisasi sebagai kunci konsistensi dalam rekayasanya. Ini mengharapkan peningkatan efisiensi setidaknya 30% pada tahun 2020 berkat waktu yang dihemat selama rekayasa saja. Contoh lain adalah Schunk, pemimpin pasar dunia dalam teknologi penjepitan dan sistem penjepit, yang juga menggunakan solusi digitalisasi untuk komponen sistem penjepit yang dikontrol secara elektrik. Proses rekayasa baru ini diharapkan akan menghasilkan waktu proyek yang jauh lebih pendek, commissioning yang lebih cepat, dan peningkatan efisiensi yang cukup besar saat membangun pabrik serupa.

Potensi kembaran digital untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi berkat peningkatan dokumentasi proses dan mesin sama menariknya. Di masa depan, setiap pabrikan akan tahu persis komponen mana yang telah dipasang dengan fitur mana dari produknya— memungkinkan mereka untuk memberikan respons yang ditargetkan terhadap masalah dan untuk mengoptimalkan proses. Di fasilitas produksi Simatic di Amberg, Jerman, Siemensis telah menggunakan sistem dokumentasi dan evaluasi yang komprehensif dan telah mencapai tingkat kesalahan produksi yang sangat rendah.

Produksi Kembar digital memastikan efisiensi dan produktivitas yang lebih besar di sektor lain juga: dengan langkah dari rekayasa terintegrasi ke operasi terintegrasi, Siemens memungkinkan industri proses untuk membangun model data yang komprehensif dari rekayasa pabrik hingga operasi. Digitalisasi memastikan waktu pemasaran yang lebih singkat, fleksibilitas yang lebih besar, dan peningkatan efisiensi. Hal ini memberikan perusahaan kesempatan untuk merespon secara efektif terhadap volatilitas dan keragaman pasar global dan untuk meningkatkan produktivitas serta efisiensi energi dan sumber daya.

Siemens (2017): The Magazine: Digitalization in machine building— Kembar dengan potensi https://www.siemens.com/customer-magazine/en/home/industry/digitalization-in-machine-building/the-digital-twin.Html

Teknologi Digital dalam Proses "Sumber"

Setelah proses telah direncanakan, kegiatan sourcing perlu dimulai. Tentu saja, pertukaran data elektronik (EDI) telah menjadi pendekatan yang terkenal untuk mengelola koneksi dan arus informasi antara perusahaan yang terlibat selama beberapa dekade. Cara lain termasuk WebEDI, yang menghubungkan mitra dalam hubungan Supplier-pelanggan mereka, atau penggunaan Portal Kolaborasi Supplier (SCP) untuk pertimbangan toko online untuk kegiatan pengadaan.

eProcurement

E-catalogues, e-invoicing, atau *e-auctions* dapat memfasilitasi aktivitas sourcing. Bukan hal baru, tetapi masih valid adalah fakta bahwa eProcurement adalah proses inti dalam eSCM karena menggunakan Teknologi Internet (TI) untuk memfasilitasi proses pembelian (Wannenwetsch dan Nicolai 2004). *eProcurement* mendukung perusahaan dalam meningkatkan transparansi mengenai basis Supplier, negosiasi, keselarasan dalam perusahaan, atau mendukung tugas pengadaan yang memakan biaya dan tahan lama melalui pertukaran informasi yang lebih baik.

Selain itu, teknologi informasi membantu memperoleh informasi yang lebih akurat, cepat, dan terkini mengenai kebutuhan pelanggan dan proses bisnis. Ini juga memberikan gambaran tentang perubahan pasar dan mendukung perencanaan, koordinasi, dan pengendalian yang lebih baik. Yang penting, teknologi informasi menghubungkan perusahaan, Supplier, dan pelanggan dengan lebih baik dan pada saat yang sama memberikan indikasi peringatan dini. Singkatnya, eProcurement membantu perusahaan untuk mengurangi biaya, meningkatkan keamanan sumber, mengurangi waktu throughput sumber, meningkatkan fleksibilitas dan kualitas, dan meningkatkan hubungan antara pihak-pihak yang terlibat.

Selain faktor-faktor tersebut di atas, Chopra dan Meindl (2013) melihat aspek-aspek berikut sebagai tren penting yang akan berdampak pada TI di SCM:

- Pertumbuhan perangkat lunak sebagai layanan (SaaS);
- Peningkatan ketersediaan data waktu nyata;
- Meningkatnya penggunaan teknologi seluler.

Mereka juga menyatakan bahwa "peningkatan penggunaan teknologi seluler yang digabungkan dengan informasi waktu nyata menawarkan beberapa rantai suplai kesempatan untuk menyesuaikan permintaan dengan suplai dengan lebih baik menggunakan harga diferensial (Chopra dan Meindl 2013).

Portal Kolaborasi Supplier

Bagian pertama kami memperkenalkan *eProcurement, Vendor Managed Inventory* (VMI), EDI, dan Portal Kolaborasi Supplier (SCP) untuk memfasilitasi proses SC dengan fokus khusus pada VMI. Bagian ini bertujuan untuk merujuk pada SCP sebagai pendekatan untuk mengelola aliran material masuk dan keluar secara efisien, untuk mengelola kinerja, dan dengan demikian untuk menggambarkan bagaimana SCP dapat disematkan dalam strategi SCOM digital yang berjuang untuk keunggulan.

SCP adalah solusi yang berhasil untuk menghubungkan Supplier, penyedia layanan, dan pelanggan secara efisien melalui platform yang mendukung proses Supplier yang transparan. Umumnya, SCP mendukung proses manajemen melalui kokpit kemudi. Ini melayani prakiraan, perencanaan, dan pemantauan kegiatan nilai tambah dan memberikan transparansi dan visibilitas kegiatan SCM. Selanjutnya, proses manajemen proyek selama pengembangan produk [perencanaan kualitas produk lanjutan (APQP)] dapat dikelola untuk memastikan kelancaran awal proyek.

Proses pengadaan dasar [misalnya, permintaan penawaran (RFQ)] didukung oleh platform untuk menyediakan produksi (status barang yang diterima, ketersediaan bahan yang

tepat waktu) dengan bahan yang diperlukan. Pengiriman [pengiriman dan pemberitahuan pengiriman lanjutan (ASN)] barang ditangani melalui SCP. Bagi manajer SC, penghindaran gangguan SC, ketersediaan komponen yang tidak rusak, dan penggunaan material yang cepat dari penerimaan barang sangat penting. SCP adalah alat yang ampuh untuk proses kritis ini. Terlebih lagi, lokasi bagian dalam wadah tertentu atau statusnya mengenai kelembaban atau suhu juga dapat dilacak ketika data sensor yang dikirimkan diproses oleh SCP.

Secara paralel, proses perbaikan terus-menerus dapat dijalankan, kejelasan proses pembayaran yang diberikan, dan yang terpenting proses pengembalian, dalam arti mengelola keluhan, dapat menjadi bagian dari solusi SCP. Seringkali manajemen klaim terhubung dengan alat pemecahan masalah praktis yang memungkinkan perusahaan menangani keluhan atau cacat menggunakan "Laporan 8D" (laporan delapan disiplin ilmu). Laporan 8D terdiri dari lembar formulir untuk mendokumentasikan proses pemecahan masalah menurut rutinitas standar delapan langkah atau disiplin (Schmitt dan Pfeifer 2010).

Untuk mengelola kinerja SC, indikator kinerja utama (KPI) terkait dilacak dan memungkinkan manajer SCM untuk mengidentifikasi penyimpangan atau masalah dan mengambil tindakan korektif. SCP dapat dilihat sebagai gudang data dan informasi, sehingga proses juga dapat dianalisis secara retrospektif. Secara keseluruhan, SCP membantu menghubungkan pihak-pihak yang terlibat dalam SCM secara real-time dan meningkatkan aliran informasi yang transparan, visibilitas SCM, dan memungkinkan kolaborasi menggunakan skenario "bagaimana jika" untuk pengambilan keputusan yang lebih baik. Portal juga mendukung fleksibilitas dan proaktif, yang mengarah pada peningkatan kinerja SCM.

Seperti dalam contoh SupplyOn yang didokumentasikan, SCP memainkan peran mendasar dalam mendukung perusahaan untuk menerapkan proses sumber digital yang dikelola dengan sangat baik. Dengan kata lain, SCP dapat dianggap sebagai atribut inti dari SC digital.

Tren Digital untuk Keunggulan dalam Sumber Daya

Teknologi pengadaan baru untuk mencapai keunggulan dalam pengadaan dianggap memiliki potensi masa depan yang besar, karena digitalisasi kemungkinan besar merupakan faktor keberhasilan di masa depan untuk sumber tugas yang efisien. Secara khusus, teknologi digital berikut dipertimbangkan dalam pengadaan (Decken 2018).

- *Augmented Reality* (misalnya digunakan untuk kunjungan Supplier)
- *Teknologi Blockchain* memungkinkan manajemen dokumen kolaboratif, proses pembayaran, tanda tangan digital, dan dokumentasi.
- *Data and Text Mining* membantu menganalisis teks dan data menggunakan algoritme.
- *Manajemen Data Digital* mengenali kesalahan dan kesalahan, menyortir, dan mengecualikan kumpulan data yang tidak aktif.
- *Enhanced Procurement Platforms/Platform Pengadaan yang Disempurnakan* dapat digunakan untuk proses pengadaan personel atau layanan teknis.
- *Identifikasi Sinergi Sumber* menggunakan perangkat lunak atau kecerdasan buatan
- *Artificial Intelligence/Kecerdasan Buatan* untuk meniru antarmuka manusia dalam proses sumber (misalnya untuk membaca, analisis, dan evaluasi PDF atau Excel-Tabel)
- *Peringkat Keamanan SCM* sebagaimana dinilai dan dievaluasi oleh kecerdasan buatan
- *Smart-Contract* untuk mendukung penyesuaian kontrak otomatis jika terjadi perubahan parameter

16.7 BLOCKCHAIN

Awalnya, konsep *Blockchain* dikembangkan untuk mengamankan transaksi keuangan mata uang kripto Bitcoin. Baru-baru ini, aplikasi teknologi Blockchain telah mulai merevolusi

berbagai aspek SCOM. Ide utamanya adalah untuk meningkatkan visibilitas dan efisiensi berdasarkan pencatatan di SC. Aplikasi *Blockchain* ke SCOM menjadi semakin penting untuk meningkatkan skala dan cakupan proses digital bersama dengan pembuatan sistem saluran informasi dan aplikasi keuangan SC (Hofmann et al. 2018).

Blockchain adalah database terdesentralisasi yang ada sebagai salinan dalam jaringan komputer. Ini adalah rantai blok, karena data dan informasi yang disimpan ditangkap dalam blok. Ini juga merupakan platform untuk mengeksekusi apa yang disebut 'kontrak pintar' sebagai transaksi. Daftar semua transaksi disimpan sebagai salinan dari semua perkembangan lebih lanjut di banyak komputer (jaringan bahkan ratusan komputer). Akibatnya, jika modifikasi ilegal atau tidak sah terjadi pada salah satu komputer, itu dapat dilacak kembali untuk tujuan verifikasi. Salinan diperiksa mengenai konsistensinya dari perspektif nilai (misalnya, jika nilai verifikasi sama pada semua kecuali satu komputer, manipulasi terdeteksi). Dengan demikian, *Blockchain* adalah teknologi yang tidak dapat dimanipulasi. Organisasi yang berpartisipasi mendapatkan keuntungan dari visibilitas tinggi melalui mekanisme berbagi data yang aman, memungkinkan mereka untuk merencanakan dengan kepastian yang lebih besar. *Blockchains* menyimpan data tentang lokasi aset kapan saja, kepemilikan atau perwalian aset, dan status transaksinya.

Blockchain, teknologi yang relatif sederhana, diharapkan dapat digunakan secara ekstensif dalam proses pengadaan, misalnya, untuk manajemen kontrak, pengarsipan dokumen pabean, sertifikat saat pengiriman, atau untuk manajemen paten. Kontrak di SC sering kali melibatkan perjanjian multi-pihak, dengan kendala regulasi dan logistik. Kompleksitas lebih lanjut mungkin timbul dari operasi di yurisdiksi yang berbeda, serta fitur dinamis yang tertanam dalam kontrak. Aliran informasi dalam SC memainkan peran penting dalam efisiensi operasi. Proses regulasi (misalnya, bea cukai) dapat dipercepat menggunakan *Blockchain* dengan meningkatkan dokumentasi kepercayaan. Hal ini, pada gilirannya, dapat menghasilkan pengurangan pemborosan, risiko, dan premi asuransi.

Wawasan Praktis

Dalam industri makanan, sangat penting untuk membangun kepercayaan akan keamanan pangan melalui dokumentasi proses produksi yang akurat dan komprehensif. Ini termasuk lokasi produksi bahan, serta metode pemrosesan dan distribusi. Di perbatasan ini, Dole, Driscoll's, Tyson, dan Nestlé berkolaborasi dengan IBM untuk mengembangkan rantai blok untuk sistem suplai makanan. Di antara masalah yang ingin diatasi oleh perusahaan adalah kontaminasi makanan. IBM dan Walmart juga meneliti cara meningkatkan kontrol keamanan pangan di SC menggunakan teknologi *Blockchain* (IBM 2017).

Di SCOM, *Blockchain* juga digunakan untuk kontrak SC, yang sering kali melibatkan perjanjian multi-pihak, dan kendala regulasi dan logistik. Kompleksitas lebih lanjut muncul dari operasi di yurisdiksi yang berbeda, serta fitur dinamis yang tertanam dalam kontrak. Aliran informasi dalam SC memainkan peran penting dalam efisiensi operasi. Proses regulasi (misalnya bea cukai) dapat dipercepat dengan meningkatkan kepercayaan dalam dokumentasi. Ini, pada gilirannya, mengurangi pemborosan, risiko, dan premi asuransi. IBM dan Maersk berkolaborasi untuk menciptakan kepercayaan dan transparansi di SC global (IBMblockchain 2017).

Mereka sedang mengembangkan platform kolaborasi kontrak terdistribusi menggunakan teknologi Blockchain. Maers memperkirakan bahwa pengiriman satu wadah bunga dari Kenya ke Tangerang membutuhkan hampir 200 komunikasi. Bagaimana efisiensi SC global dapat ditingkatkan? Dalam pendekatan mereka, setiap entitas berbeda yang terlibat dalam transaksi diizinkan untuk mengakses sistem ini.

Pengiriman dari pelabuhan Mombasa memerlukan tanda tangan dari tiga agen berbeda dan enam dokumen, kontrak pintar akan secara otomatis dihasilkan setelah sistem menerima tanda tangan. Bersamaan dengan itu, ketika dokumen tentang inspeksi, penyegelan lemari es, pengambilan oleh pengemudi truk, dan persetujuan dari bea cukai yang dikomunikasikan ke pelabuhan Mombasa diunggah, semua peserta dapat melihat datanya, memungkinkan entitas yang sesuai untuk mempersiapkan peti kemas.

Teknologi *Blockchain* menyediakan repositori global tamperproof untuk dokumen dan acara pengiriman, dan semua datanya aman dan transparan. Karena itu, perantara pihak ketiga dapat dihilangkan, menghasilkan efisiensi, biaya rendah, lebih sedikit penundaan, lebih sedikit penipuan, dan kemungkinan untuk memiliki jaringan pribadi. Selain itu, juga dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan dan mitra. Teknologi *Blockchain* dapat memfasilitasi SC yang benar-benar digital.

Otomatisasi Proses Robotik dan Kecerdasan Buatan dalam Pengadaan

Pemrosesan otomatis untuk mendukung aktivitas pengadaan rutin seperti "*procure-topay*" adalah bentuk lain dari digitalisasi. Jenis kegiatan ini termasuk melakukan pencarian harga untuk barang atau membuat permintaan pembelian. Meskipun disebut "*roboticprocesses automation*" (RPA), bukan robot fisik yang terbuat dari baja yang berfungsi, tetapi merupakan aplikasi perangkat lunak yang melakukan tugas yang biasanya dilakukan oleh seseorang.

Perangkat lunak RPA tidak perlu melakukan segalanya, tetapi mendukung seseorang dalam melakukan tugas-tugas penting atau relevan. Dengan kata lain, proses dilakukan oleh robot perangkat lunak yang menjalankan aktivitas yang diperlukan menggunakan kecerdasan buatan (AI). Perangkat lunak AI terus belajar dan membentuk pengetahuannya menggunakan contoh. Mesin menggunakan pengalaman dan umpan balik, yang berarti tidak diprogram (atau dikodekan) untuk menyelesaikan satu masalah.

Di mana area potensial untuk RPA atau AI dalam pengadaan? Umumnya, tugas-tugas yang berulang atau administratif dapat diotomatisasi dalam pengadaan. Ini bisa berupa kegiatan klerikal dalam pengadaan langsung dan tidak langsung klasik. Proses dalam pengadaan tidak langsung juga harus dinilai berkaitan dengan potensinya untuk didukung secara elektronik, yang dapat mengurangi pembelian yang tidak terkoordinasi.

Seringkali pembelian bahan tidak langsung (seperti membeli layanan pemeliharaan atau perbaikan eksternal, pemesanan perjalanan, pengadaan perabot kantor, atau pembelian bahan tidak langsung seperti perlengkapan kantor, dll.) dapat didigitalkan atau diotomatisasi. Biaya transaksi untuk bahan tidak langsung umumnya tinggi, karena kesulitan dalam memilih barang: permintaan ditempatkan lebih acak dan perusahaan tidak memiliki satu sistem untuk bahan tidak langsung (lihat Chopra dan Meindl 2013). Ketika kegiatan pengadaan individu dilakukan oleh departemen secara terpisah, yaitu tanpa pendekatan terstruktur, ini disebut sebagai pembelian maverick; Potensi besar diharapkan jika pembelian maverick dapat dibatasi oleh teknologi tepat guna.

Teknologi Digital dalam Proses "Membuat"

Banyak dari teknologi digital yang termasuk dalam Industri 4.0 memiliki koneksi yang erat untuk membuat proses, dan terhubung melalui Internet. Di sinilah nama *Internet of Things* muncul dalam kaitannya dengan SCOM. Pada bagian berikut, teknologi inti disajikan, yang terutama berfokus pada proses penambahan nilai fisik, tetapi juga dapat digunakan di area SC lainnya, serta di luar dunia industri, mis. dalam perawatan medis (pencetakan prostetik 3D atau penggunaan robot untuk membantu staf di rumah sakit) atau dalam pertanian.

Pencetakan 3D dan Manufaktur Aditif

Secara historis, sub-rakitan atau komponen logam sering dibuat dengan cara pengecoran, penggilingan, pengeboran, pengepresan, atau pembubutan. Contoh lain mengenai sambungan bagian tunggal yang longgar adalah perekatan, paku keling, atau pengelasan. Dalam pengertian ini, Koether dan Rau (2012) mengacu pada penggunaan misalnya proses pembentukan, pembentukan kembali, pemisahan, penyambungan, penggabungan, atau pelapisan.

Secara historis, seringkali struktur material mengambil bentuk akhirnya dengan pemindahan material (misalnya dalam kasus penggilingan, pengeboran, atau pembubutan), yang merupakan teknologi subtraktif. Namun, ada juga proses manufaktur di mana bahan ditambahkan. Pada tahun 1990, Fritz dan Schulze telah mengacu pada sintering, sebuah proses di mana (dijelaskan secara sederhana) bubuk logam atau keramik dipanaskan dan kemudian ditekan ke dalam bentuk akhir komponen.

Menurut Organisasi Internasional untuk Standardisasi (ISO, www.iso.org, 2017), "Manufaktur Aditif (AM), juga dikenal sebagai 3Dprinting, adalah proses penyambungan bahan lapis demi lapis, yang bertentangan dengan metode "manufaktur subtraktif" seperti pemesinan."

Khajavi dkk. (2014), Holmström dan Gutowski (2017), Feldmann dan Pumpe (2017), Li et al. (2017) menjelaskan aplikasi AM untuk operasi dan SCM. Aplikasi tersebut menjangkau dari logistik suku cadang hingga mendesain ulang strategi produksi dan sumber SC global. Inti dari aplikasi AM untuk SCM adalah penggunaan printer 3D pada tahapan yang berbeda di SC untuk meningkatkan fleksibilitas manufaktur, mencapai lead time yang lebih pendek, meningkatkan individualisasi produk, dan mengurangi inventaris.

Wawasan Praktis

UPS dan SAP mengembangkan teknologi bersama yang memungkinkan UPS untuk memproduksi item menggunakan pencetakan 3D langsung di pusat distribusi. Ini berkontribusi lebih cepat dan lebih efisien SC. Integrasi produksi, pengadaan, dan distribusi seperti itu juga positif untuk meningkatkan kecepatan reaksi terhadap kemungkinan gangguan di SC.

Dalam contoh lain, Adidas Speedfactory telah memperkenalkan teknologi inovatif pencetakan 3D ke dalam proses produksinya, mengambil langkah selanjutnya menuju manufaktur otomatis dan berteknologi tinggi. Speedfactory didasarkan pada proses produksi otomatis untuk memungkinkan manufaktur bergerak lebih dekat ke pasar konsumen sambil memproduksi lebih cepat dari sebelumnya.

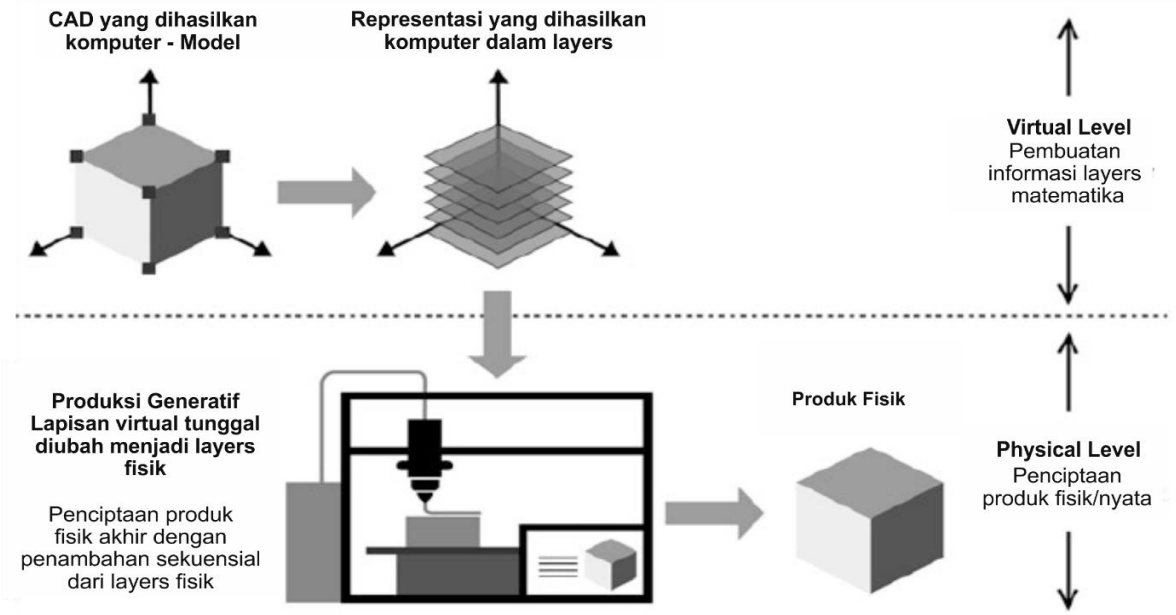
Sebelumnya, fasilitas manufaktur utama Adidas berlokasi di Asia, kebanyakan di China, Vietnam, dan Indonesia. Dengan kondisi tersebut, pengiriman sepatu kets jadi ke Jerman memakan waktu sekitar 3 bulan. Dengan membangun Speedfactory baru di Ansbach, Jerman, di area milik perusahaan industri Jerman Oechseler, waktu penyelesaian satu pasang sneaker dikurangi menjadi lima jam. Memiliki Speedfactory yang berlokasi di Jerman, Adidas kini mampu menyesuaikan produksi secara lebih intensif dengan permintaan dan keinginan pelanggan.

Sangat kontras dengan fasilitas produksi asing, proses produksi di Speedfactory hampir seluruhnya otomatis, dengan setengah lusin mesin menjadi bagian dari pembuatan sepatu.

Pertama, mesin rajut menghasilkan kain untuk permukaan sepatu. Dengan menggunakan laser, mesin lain memotong kain menjadi bentuk yang benar. Secara bersamaan, sol sepatu disatukan dari plastik di sisi lain pabrik. Dengan 160 karyawan yang bekerja di Speedfactory, proses produksi secara keseluruhan membutuhkan lebih

sedikit personel dari biasanya. Pada tahun 2017, Speedfactory mulai memproduksi secara massal dengan hasil tahunan yang direncanakan sebesar 500.000 pasang sepatu kets. Awalnya, Speedfactory akan mencakup produksi model sneaker yang lebih mahal dan kompleks, seperti sepatu lari, untuk mencapai kualitas yang lebih tinggi (Welt 2016).

Keuntungan dari proyek semacam itu sangat banyak. Penyimpanan barang jadi menjadi kurang penting dan bahkan tidak perlu karena *Speedfactory* yang lokal dan cepat dapat menghasilkan jumlah sepatu yang benar-benar terjual. Selain itu, model yang dipersonalisasi dapat dikirimkan dengan lebih mudah dan cepat kepada pelanggan karena jaraknya yang dekat. Keuntungan ekonomi lain dari *Speedfactory* adalah peningkatan efisiensi karena pekerjaan mesin yang berkelanjutan.



Gambar 16.3 Prinsip proses produksi generatif (berdasarkan Müller dan Töppel 2014)

Penting untuk disebutkan bahwa AM memungkinkan penciptaan struktur dengan cara yang tidak pernah mungkin dilakukan dengan menggunakan teknik produksi tradisional. Selanjutnya, AM memungkinkan penyederhanaan struktur untuk menciptakan geometri komponen yang benar-benar baru, mengurangi jumlah bagian, dan menggabungkan beberapa bagian menjadi satu. AM juga merupakan teknologi kunci untuk mengurangi berat komponen melalui geometri, yang juga membantu mengurangi jumlah material yang dibutuhkan.

Perusahaan dari berbagai industri, seperti otomotif, dirgantara, pertahanan, obat-obatan, barang konsumsi, atau traktor pertanian mempertimbangkan AM di berbagai bidang (D'Aveni 2015). Secara umum, mereka tampak sangat potensial untuk AM dalam pembuatan alat, komponen dengan integrasi fungsional, suku cadang, dan kustomisasi produk massal. Menurut Müller dan Töppel (2014), adalah umum untuk proses manufaktur aditif atau generatif, sebagaimana mereka juga disebut, mengikuti urutan yang ditunjukkan pada Gambar. 16.3.

Müller danTöppel (2014) menunjukkan bahwa model volume 3D-CAD merupakan prasyarat untuk semua proses produksi generatif. Model 3D ini diiris menjadi beberapa lapisan virtual tipis dengan menggunakan perangkat lunak khusus. Kemudian, produk akhir dibuat dalam proses generatif atau aditif di mana elemen volume biasanya ditambahkan pada

lapisan berikutnya dan produk akhir dibuat. Bahan yang digunakan untuk proses produksi aditif termasuk logam, keramik, atau plastik. Untuk SCOM, inti dari aplikasi AM untuk

Untuk SCOM, inti dari aplikasi AM untuk SCM adalah penggunaan printer 3D pada tahapan yang berbeda di SC untuk meningkatkan fleksibilitas manufaktur, mencapai *lead time* yang lebih pendek, meningkatkan individualisasi produk, dan mengurangi inventaris.

16.8 *VIRTUAL REALITY* DAN *AUGMENTED REALITY*

Pada bagian sebelumnya tentang teknologi digital dalam proses sourcing, disebutkan bahwa augmented reality adalah alat yang potensial untuk mempersiapkan dan membantu kunjungan tim pengadaan ke Supplier. Untuk memahami inovasi digital yang mencolok itu, mari kita lihat konsep *Virtual Reality* (VR). VR adalah realitas yang dihasilkan komputer. Seperti banyak universitas, University of Sheffield (www.sheffield.ac.uk) mengoperasikan VR-Laboratory dan mereka merangkum bahwa "Virtual Reality adalah teknologi yang memungkinkan interaksi dengan lingkungan simulasi komputer 3D seolah-olah itu nyata, baik itu lingkungan adalah simulasi dari dunia nyata atau dunia imajiner."

Pengguna memasuki lingkungan virtual ini dengan mengenakan kacamata VR atau perangkat serupa seperti layar yang dipasang di kepala. Dalam lingkungan industri dan sering pada tahap awal pengembangan produk, pengguna memasuki bioskop 3D yang disebut CAVE (*Cave Automatic Virtual Reality*).

CAVE digunakan ketika produk dirancang dan para insinyur, perencana, dan operator ingin menilai fungsionalitas, toleransi, dan aksesibilitas atau bahkan memeriksa proses perakitan. CAVE digunakan misalnya dalam industri otomotif, kereta api, pesawat terbang atau turbin. Kacamata VR digunakan untuk tujuan pelatihan untuk proses logistik. Operator memakai kacamata VR dan membawa perangkat pengontrol genggam. Apa yang ditampilkan melalui kacamata adalah dunia yang sepenuhnya virtual, dan pengguna dapat berlatih proses memetik dan menjahit. Kualitas representasi virtual sangat menarik, seperti yang ditunjukkan oleh pengalaman praktis. Dengan menggunakan VR, industri otomotif dapat berbagi solusi praktik terbaik dari satu lokasi ke lokasi lain, atau melatih karyawan baru dengan sangat efisien. Berbeda dengan hal tersebut, penting untuk memahami konsep *Augmented Reality* (AR). AR adalah teknologi yang menambahkan gambar yang dihasilkan komputer ke tampilan lingkungan nyata pengguna. Teknologi AR mengubah data dan analisis menjadi gambar dan animasi, yang kemudian ditambahkan ke lingkungan nyata kita (lihat Porter dan Heppelmann 2018). Dengan cara ini, AR meningkatkan (dalam pengertian ini menambah) tampilan nyata dengan lapisan tambahan yang tidak nyata: informasi digital atau visualisasi diproyeksikan pada apa yang dilihat pengguna secara praktis. Ini dapat dibandingkan dengan informasi yang tertulis di jendela dan pengguna melihat melalui jendela ini ke lingkungan nyata. Seperti

Westerman dkk. (2014) merangkum "*augmented reality* menjerat lingkungan dunia nyata dengan data tambahan dan menyajikan lingkungan yang direvisi dengan bentuk sensorik yang dihasilkan komputer seperti suara, grafik, dan video. [...] *Augmented reality* juga akan mengubah proses internal Anda."

AR sudah digunakan dalam produksi hari ini, di mana instruksi pengoperasian ditampilkan dalam urutan logis dari proses perakitan atau untuk meningkatkan proses pemeliharaan, di mana operator layanan menerima instruksi tentang apa yang harus diganti di urutan mana dengan melihat komponen yang rusak. AR juga digunakan dalam proses logistik, di mana pekerja pick atau pengemudi truk forklift menerima informasi yang ditingkatkan dengan melihat melalui perangkat (seperti kaca AR) yang menunjukkan rak mana yang harus dipilih untuk item mana dalam jumlah berapa. Ungkapan "kacamata pintar" digunakan untuk perangkat AR yang dipakai seperti kacamata. Di bidang medis, AR digunakan

untuk mendidik calon dokter bedah, misalnya. Bagi SCOM, teknologi *Augmented Reality* pasti berkontribusi pada penciptaan keunggulan kompetitif saat proses transformasi nilai tambah berlangsung.

Berbeda dengan hal tersebut, penting untuk memahami konsep *Augmented Reality* (AR). AR adalah teknologi yang menambahkan gambar yang dihasilkan komputer ke tampilan lingkungan nyata pengguna. Teknologi AR mengubah data dan analisis menjadi gambar dan animasi, yang kemudian ditambahkan ke lingkungan nyata kita (lihat Porter dan Heppelmann 2018). Dengan cara ini, AR meningkatkan (dalam pengertian ini menambah) tampilan nyata dengan lapisan tambahan yang tidak nyata: informasi digital atau visualisasi diproyeksikan pada apa yang dilihat pengguna secara praktis.

Ini dapat dibandingkan dengan informasi yang tertulis di jendela dan pengguna melihat melalui jendela ini ke lingkungan nyata. Seperti Westerman dkk. (2014, pp. 247–248) merangkum “augmented reality menjerat lingkungan dunia nyata dengan data tambahan dan menyajikan lingkungan yang direvisi dengan bentuk sensorik yang dihasilkan komputer seperti suara, grafik, dan video. [...] Augmented reality juga akan mengubah proses internal Anda.”

16.9 ROBOTIKA

Istilah "robot" diciptakan oleh Karel Capcek pada tahun 1921 (Brynjolfsson dan McAfee 2015, h.39). Robot adalah mesin yang direkayasa, yang berinteraksi dalam dunia fisik pabrik, gudang, atau kantor untuk meningkatkan efisiensi atau melakukan tugas yang berulang dan monoton. Dalam lingkungan medis, robot dapat membantu perawat, misalnya menghindari aktivitas berat yang tidak ergonomis, seperti saat pasien perlu diangkat. Robot juga digunakan untuk melakukan tugas yang sangat berbahaya, mis. ketika bom dinonaktifkan (pasukan bom) atau ketika wilayah yang tidak dikenal seperti bangunan perlu dimasuki.

Menurut Robot Institute of America “Robot adalah manipulator multifungsi yang dapat diprogram ulang yang dirancang untuk memindahkan material, suku cadang, alat, atau perangkat khusus melalui berbagai gerakan terprogram untuk melakukan berbagai tugas” (Robot Institute of America 1979, lihat Gupta dan Arora 2013).

Brynjolfsson dan McAfee (2015) mengacu pada tiga hukum robotika:

- Robot tidak boleh melukai manusia atau, melalui kelambanan, membiarkan manusia terluka
- Robot harus mematuhi perintah yang diberikan oleh manusia kecuali jika perintah tersebut bertentangan dengan Hukum Pertama.
- Robot harus melindungi keberadaannya selama perlindungan tersebut tidak bertentangan dengan Hukum Pertama atau Kedua.

Robot umumnya memiliki tiga karakteristik utama. Pertama, ada sensor, yang mendukung pengumpulan informasi tentang lingkungan robot. Tentu saja, ada berbagai jenis perangkat pendukung yang digunakan untuk memandu perilaku robot dan tindakannya, seperti penggunaan kamera, mikrofon, termometer, atau akselerometer.

Kedua, adalah aktuator (misalnya motor listrik, hidrolik, pneumatik dll) dan efektor. Ini mungkin alat di ujung lengan robot seperti tang, palu, obeng, perangkat las titik, dan motor untuk manipulasi atau penanganan perangkat, atau lampu atau speaker. Dengan kata lain, aktuator adalah bagian yang mengaktifkan mesin untuk melakukan pekerjaan penambahan nilai yang sebenarnya. Ketiga, ada juga sistem kontrol untuk setiap robot, yang dapat dianggap sebagai pusat kecerdasan buatannya.

Diperkirakan jumlah total robot industri akan melebihi 3,05 juta pada tahun 2020, dibandingkan dengan 1,828 juta pada tahun 2016 menurut *World-Robotics-Report* 2017 (VDINachrichten2017). Selanjutnya, tingkat pertumbuhan tahunan diperkirakan akan

mencapai 14%. Alasan utama meningkatnya permintaan robot adalah kebutuhan untuk memproduksi dengan fleksibilitas yang lebih tinggi dan untuk dapat bereaksi lebih baik terhadap kebutuhan pelanggan dalam siklus yang lebih pendek. Pelanggan tradisional robot adalah industri otomotif, ritel, elektronik, dan logistik, yang telah menggunakan robot selama beberapa dekade. Selain itu, perusahaan kecil dan menengah semakin banyak menggunakan robot dalam operasi mereka.

Menurut Statista (2017), pertumbuhan penjualan robot yang luar biasa sebagian besar didorong oleh sektor otomotif, yang menyumbang lebih dari 100.000 instalasi baru pada tahun 2016. Akibatnya, kepadatan robot sangat tinggi di negara-negara yang memiliki industri otomotif yang kuat. Misalnya, di Jepang, ada 1.562 robot industri yang dipasang per 10.000 karyawan otomotif, seperti yang diidentifikasi Statista (2017).

Contoh tipikal dan klasik adalah robot produksi dan perakitan. Robot mengintegrasikan kekuatan dan fleksibilitas untuk membantu di lokasi produksi untuk elektronik, logam dan mesin, karet dan plastik, industri makanan dan minuman serta industri farmasi dan kosmetik. Secara historis robot-robot ini adalah instalasi tetap dan tidak bergerak, tetapi di masa depan robot bergerak dalam bentuk ular atau laba-laba akan dikembangkan, sehingga mereka dapat digunakan dengan sangat fleksibel, mis. robot perayap untuk melakukan proses pengelasan dalam produksi pesawat terbang.

Contoh lain adalah robot pembantu di garasi mobil. Robot seperti itu akan membawa roda, baut, dan peralatan ke operator. Pekerjaan yang tidak bernilai tambah dan berat dalam mencari, menggerakkan dan menggerakkan, membawa, dan mengangkat dilakukan oleh mesin, sedangkan tugas-tugas penambahan nilai seperti penentuan posisi, pemasangan, pemasangan, dan pemeriksaan dilakukan oleh operator yang terampil yang dapat melakukan tugas-tugas dengan lebih baik dan kondisi kerja yang lebih ergonomis.

Dalam konteks ini, ungkapan Cobot perlu disebutkan, seiring dengan semakin banyaknya manusia dan robot yang melakukan tugas bersama: mereka berkolaborasi secara aktif. Inilah bagaimana istilah ini diciptakan: digunakan untuk menggambarkan kolaborasi robot dengan manusia, sehingga disebut "Cobot".

Skenario serupa berlaku untuk rumah sakit, di mana staf medis dibantu oleh robot mengangkat pasien, ketika perawatan medis diperlukan, atau untuk mengambil darah dari pasien. Robot mini juga dapat ditelan dan kemudian dipindahkan dengan cara yang terkoordinasi secara eksternal melalui tubuh pasien untuk mendeteksi luka.

Robot juga digunakan dalam pertanian atau pertanian. Misalnya mereka digunakan untuk memangkas tanaman anggur di kebun anggur (vine-bot) atau untuk membantu menarik selada dari ladang (lettuce-bots). Robot juga dapat digunakan untuk memotong atau memanen tanaman. Dalam skenario yang diperbesar, di mana Anda memiliki traktor pertanian (otonom) atau perangkat lain yang berkomunikasi dengan silo dan pusat pemantauan, ungkapan "pertanian cerdas" digunakan untuk menggambarkan sistem mesin pertanian yang terhubung yang melakukan tugas, menjalankan diagnosis, menyediakan pupuk, dan dipantau secara eksternal. Pertanian cerdas jauh melampaui penggunaan murni robot.

Di lokasi konstruksi, buldoser otomatis mungkin dipandu oleh gambar yang diambil oleh drone, yaitu robot terbang, atau "kendaraan udara tak berawak" (UAV). Selama pekerjaan konstruksi di lokasi, kualitas pekerjaan yang dilakukan dapat dipantau dan didokumentasikan. Berapa kali mesin konstruksi mengompres kerikil untuk mengamankan kepadatan tertentu yang disyaratkan dalam kontrak atau seberapa sering area tertentu dibuldoser dapat dicatat.

Tentu saja, drone dapat digunakan lebih dari sekadar pengamatan lokasi konstruksi selama penciptaan nilai. Drone dapat digunakan untuk melakukan pengisian item atau untuk

proses intralogistik. Ini akan diperkenalkan dengan contoh mesin lain yang menggunakan teknologi digital untuk mendukung proses pengiriman di bagian selanjutnya.

Di ritel atau pergudangan, robot cerdas juga digunakan untuk membantu penghitungan siklus (juga di supermarket) atau logistik untuk proses pengambilan dan pengemasan. Contoh yang sangat populer adalah robot gudang Kiva-Systems, yang membawa barang-barang dari rak ke pekerja pengambilan dan pengemasan, sehingga meningkatkan produktivitas. Ini adalah beberapa contoh bagaimana robot dapat mendukung proses "membuat". Aplikasi lain akan dibahas dalam bab berikut tentang teknologi dalam proses “deliver” menurut model SCOR.

Teknologi Digital dalam Proses “Pengiriman”

Produk yang terhubung dengan cerdas telah memungkinkan toko perusahaan memikirkan seluruh rantai nilai mereka dan telah mendukung mereka dalam meningkatkan efisiensi dalam perencanaan, pengadaan, pembuatan, pengiriman, dan pengembalian produk. Bagaimana ini terhubung dengan subjek logistik pintar atau penggunaan teknologi digital untuk menjalankan proses pengiriman? Logistik pintar adalah pendekatan untuk menghubungkan perangkat transportasi, kendaraan, produk, material, palet, dan unit beban. Dengan menggunakan teknologi digital dan analitik data, pelacakan dan penelusuran dapat dilakukan dan perusahaan dapat mengoptimalkan rute dan muatan per pengiriman. Bagian ini berfokus pada penyelidikan perangkat logistik pintar dan aplikasi utamanya dalam proses pengiriman di SCOM.

Drone atau Kendaraan Udara Tak Berawak

Drone adalah robot terbang, atau pesawat tanpa awak atau pesawat terbang yang dapat dikendalikan dari jarak jauh atau mencapai tujuan secara mandiri dengan menggunakan perangkat lunak, koordinat geografis yang diketahui, sensor tertanam, dan data GPS. Secara formal, drone adalah kendaraan udara tak berawak (UAV) atau sistem pesawat tak berawak (UAS).

Berkenaan dengan SCOM, drone juga dapat digunakan untuk pengangkutan barang dan paket. Hal ini dapat mengirimkan barang ke daerah-daerah yang sulit dijangkau dan mengirimkan paket yang dipesan kepada pelanggan untuk mengamankan pengiriman jarak jauh. Pada tahun 2017, drone diuji oleh UPS untuk membawa paket dari truk pengiriman ke rumah pelanggan (SupplyChain247 2017). Amazon menguji pengiriman barang mereka dari gudang terbang ke pelanggan dengan drone.

Drone juga dapat membantu dalam melakukan penghitungan siklus atau memeriksa inventaris. Untuk ini, robot terbang dilengkapi dengan perangkat pembaca RFID. Seiring perkembangan drone, seperti halnya robot, yang berlangsung pesat, hanya mungkin memberikan inspirasi untuk penggunaan drone dalam buku ini.

Sistem Transportasi Tanpa Pengemudi Cerdas

Sistem transportasi tanpa pengemudi (DTS) terutama digunakan dalam intralogistik dan pergudangan. DTS tersebut meningkatkan keselamatan selama bongkar muat bahan dan barang jadi. Perangkat ini membantu operator dalam setiap langkah mulai dari penerimaan dan penyimpanan barang hingga pengambilan pesanan dan persiapan untuk pengiriman. Selain perangkat transportasi tanpa pengemudi klasik yang telah digunakan selama beberapa dekade, fitur cerdas terkait dengan penentuan posisi, pemandu, optimalisasi rute, diagnostik alat berat, atau kondisi real-time atau kemampuan pemantauan pemuatan yang tepat. DTS dapat beroperasi secara individual atau digabungkan dan dihubungkan.

Umumnya, DTS memberikan keandalan operasi yang lebih tinggi karena pengurangan kesalahan manusia, yang mengarah ke produktivitas yang lebih tinggi di pergudangan atau

intralogistik dan penghematan biaya. Ada banyak kasus penggunaan DTS dan kami akan melihat beberapa contoh.

Contoh Praktis

Salah satu aplikasi DTS yang mungkin adalah koneksi fleksibel dari dua jalur produksi. Sambungan seperti itu mungkin diperlukan untuk pengangkutan selanjutnya dari badan kendaraan. Jenazah sebelumnya dipindahkan dari jalur ke jalur melalui stasiun transportasi yang dipasang secara permanen. Oleh karena itu, setiap modifikasi mahal dan memakan waktu. Namun, dengan menggunakan kendaraan pengangkut tanpa pengemudi, tubuh dimuat di ujung satu jalur dan diangkut ke awal jalur lainnya seolah-olah dengan sihir. Teknologi DTS juga digunakan untuk apa yang disebut pemetik seluler. Bentuk suplai suku cadang ini, yang dapat menggantikan kereta suplai rute tetap di toko-toko produksi, memungkinkan pengiriman "tepat waktu" atau "berurutan".

Di beberapa pabrik di Indonesia, kendaraan pengangkut tanpa pengemudi sudah memasok pekerja jalur perakitan secara otomatis dengan "keranjang belanja" yang telah disiapkan dari area logistik dan pengambilan. Ambil pintu pra-perakitan: di mana kontainer suku cadang pernah berbaris dalam barisan yang rapat di sepanjang jalur produksi dan karyawan harus menemukan, mengambil, dan memasang suku cadang itu sendiri, sekarang Anda hanya melihat gerobak alat dan terminal data sesekali. Segala sesuatu yang lain yang dibutuhkan karyawan untuk merakit pintu samping dibawa oleh kendaraan pengangkut tanpa pengemudi yang disebut "carset", yang berisi suku cadang yang tepat dan tiba di jalur tepat secara berurutan dengan kendaraan masing-masing.

Sebuah proyek percontohan perintis juga sedang berlangsung di pabrik Mercedes-Benz , di mana semua bahan dibawa ke sisi lini untuk perakitan akhir di carset pra-pemilihan oleh kendaraan DTS. Hal ini tidak hanya menghilangkan jarak berjalan kaki bagi personel, tetapi juga berarti bahwa pada akhirnya dengan melihat ke "keranjang belanja" menunjukkan apakah semua suku cadang telah dipasang— kontribusi sederhana dan efektif lebih lanjut untuk jaminan kualitas. Contoh yang diambil dari publikasi oleh Daimler AG yang tersedia di Situs Media Global: “Sistem transportasi tanpa pengemudi (DTS): Mobilitas otonom di sekitar pabrik”

Contoh-contoh di atas dari Daimler menunjukkan secara rinci bagaimana Keunggulan Operasional dapat dicapai dengan menggunakan teknologi digital.

Smart Forklift, Penggerak Pallet, dan Derek

Menggunakan teknologi komunikasi, sistem kontrol menetapkan pesanan pengambilan tertentu dan mengirimkannya ke forklift terdekat, yang kemudian dapat dikendalikan oleh operator. Dalam kasus forklift yang sepenuhnya otomatis, atau pintar, operasi dilakukan sepenuhnya secara mandiri, yaitu tanpa operator.

AutoPallet Movers (APM) adalah contoh dari forklift pintar tersebut. Pada prinsipnya, mereka adalah solusi otomatis, andal, dan efisien untuk pengambilan pesanan vertikal. Menurut produsen Jungheinrich, APM ERC215a mereka memiliki kapasitas angkat 1,5 ton. APM berkontribusi untuk menghilangkan kesalahan dalam memilih dan meningkatkan keamanan.

Contohnya adalah sinyal otomatis, kontrol kecepatan, penggunaan teknologi anti-selip, deteksi tabrakan, dan optimalisasi kecepatan garpu. Perangkat tersebut juga meningkatkan keamanan di gudang dengan memilih kecepatan dan rute optimal berdasarkan lingkungan. Forklift pintar atau Pallet Movers dapat dilengkapi dengan teknologi tambahan seperti pemindai kode batang dan sensor jarak. Selanjutnya, teknologi untuk mis. dokumentasi

pengiriman, bukti pengiriman, identifikasi RFID, pelacakan dan sinkronisasi rute pengiriman, dll. dapat dipasang.

Derek pintar memiliki serangkaian aplikasi yang luas, mulai dari gudang besar hingga pelabuhan, pekarangan, dan (membongkar) pemuatan berbagai barang berat. Contoh penggunaan derek (pintar) terkait dengan pergerakan gulungan baja atau untuk penanganan gulungan kertas. Namun, mereka juga digunakan dalam pembuatan kapal, produksi kereta api, dan penanganan peti kemas, yaitu dalam pemrosesan logam.

Saat ini, perusahaan yang menyediakan derek pintar juga menawarkan fitur atau perangkat pintar untuk modernisasi atau perkuatan derek yang ada dengan modul pintar. Derek pintar digunakan untuk pembuangan limbah atau di pelabuhan peti kemas untuk menangani peti kemas antara kapal, kereta api, dan truk. Contoh terkenal adalah apa yang disebut "smartPORT" di Demak, yang juga disebut port cerdas (HPA 2017). HPA menyatakan bahwa smartPORT dicirikan oleh 10 elemen kunci:

- Navigasi dalam Waktu Nyata
- Listrik hijau dari tanah
- Titik peralihan cerdas
- Sensor serba guna seluler
- Perawatan cerdas
- Depot virtual
- Pemantau pelabuhan
- E-mobilitas di pelabuhan
- Parkir untuk profesional
- Energi terbarukan.

Di terminal peti kemas di pelabuhan Demak, kendaraan berpemandu otomatis AGV beroperasi secara mandiri, dan ini dilakukan dengan bantuan ribuan transponder yang dipasang di lantai. Selain AGV, aplikasi cloud SmartPORT pelengkap dipasang dan diluncurkan pada 2015—dikembangkan bersama oleh T-Systems dan SAP (Deutsche Telekom AG 2015). Hal ini bertujuan untuk meningkatkan lalu lintas operasional dan arus perdagangan serta infrastruktur secara keseluruhan dengan menghubungkan semua pihak yang terlibat.

Di cloud, data yang dikumpulkan tentang pengangkutan, infrastruktur, lalu lintas, dan lokasi kendaraan dan peti kemas dapat dikonsolidasikan dan dianalisis. Melalui integrasi perangkat logistik pintar dan sistem TI, otomatisasi sebagian besar transportasi kontainer, truk, dan perangkat muat unit antara dermaga dan area penyimpanan dapat terwujud. Menurut T-Systems (2018), solusi manajemen transportasi digital yang dikembangkan memiliki potensi besar untuk jaringan nilai baru karena faktor-faktor berikut:

- Infrastruktur cerdas untuk arus barang yang lebih cepat;
- Analisis waktu nyata dari data SC komprehensif;
- Platform keseluruhan memberikan gambaran situasi yang terus diperbarui;
- Sinkronisasi yang lebih baik dari proses logistik dinamis;
- Pelacakan pengiriman yang tidak terputus meningkatkan perencanaan distribusi dan keandalan pengiriman;
- Transparansi biaya dengan menggabungkan sistem logistik dan keuangan.

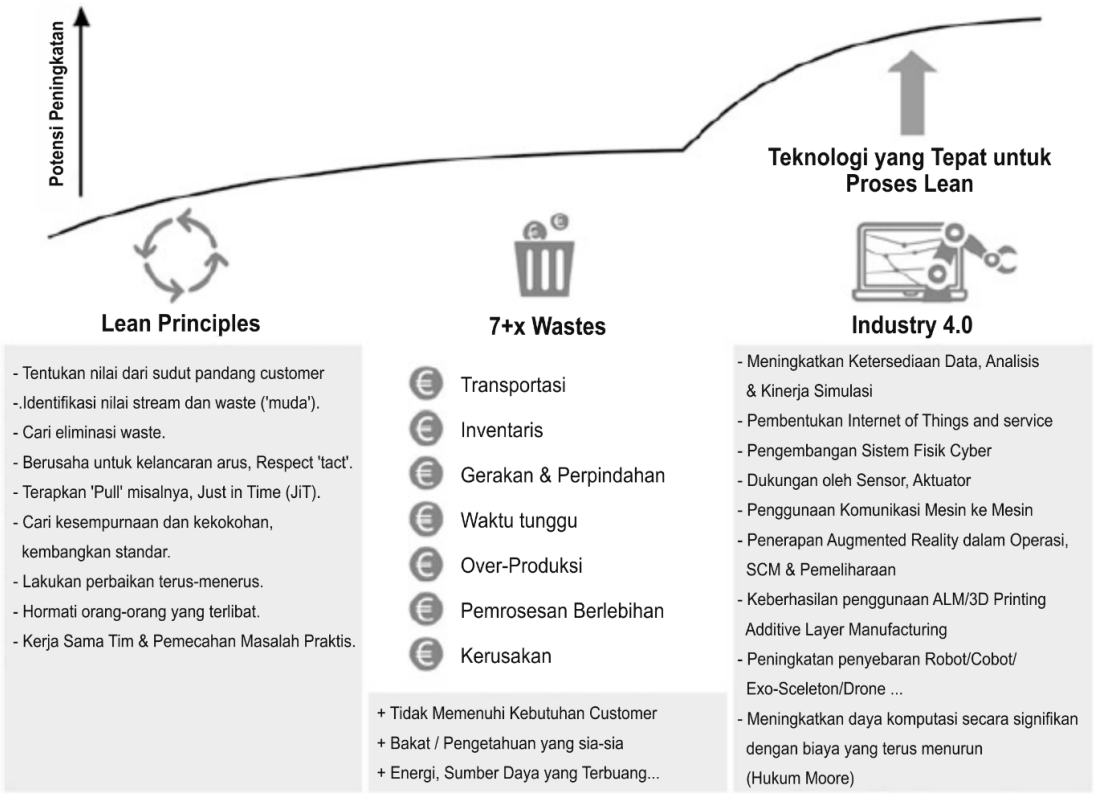
Ringkasnya, perangkat logistik pintar dapat secara positif memengaruhi proses SCOM dengan, misalnya, mendukung proses di dalam gudang sehubungan dengan pemuatan barang yang aman (tidak), manajemen inventaris yang lebih efisien, atau siklus pengambilan yang lebih pendek.

Perangkat pintar/*Smart Device* dapat membantu mengurangi jumlah kecelakaan, meningkatkan visibilitas transportasi, dan mendukung pengemudi truk. Melihat proses pengiriman di sekitar "pengiriman mil terakhir", yaitu ketika pengiriman diserahkan kepada pelanggan, waktu pengiriman yang lebih singkat dapat dicapai dan keramahan lingkungan kendaraan meningkat. Dalam kombinasi dengan pelacakan dan penelusuran, ini berarti visibilitas SC ditingkatkan.

16.10 POTENSI KUALITATIF DAN KUANTITATIF TEKNOLOGI DIGITAL DI SCOM

Seperti yang kita ketahui dari pembahasan sebelumnya, *Lean Thinking* telah berkontribusi pada generasi keunggulan kompetitif di SCOM. Ide-ide dasar dari *Lean Thinking* adalah, misalnya, fokus pelanggan yang kuat, kerjasama, rasa hormat, pembelajaran seumur hidup, dan perbaikan terus-menerus, yang berarti dalam istilah yang disederhanakan adalah tentang menghasilkan nilai tambah bagi pelanggan sambil mencegah usaha yang sia-sia.

Transformasi digital dengan penemuan dan teknologinya menawarkan potensi besar, seperti yang telah ditunjukkan bab ini. Dengan demikian, kombinasi transformasi digital dengan prinsip Lean merupakan faktor signifikan yang berkontribusi terhadap Keunggulan SCOM dan pengurangan risiko SC (Tsipoulanidis 2017b; Ivanov et al. 2016; Dolgui et al. 2018). Ini diringkas dalam Gambar 16.4.



Gambar 16.4 Dari *Lean* ke *Leandustry 4.0* (Tsipoulanidis 2017b)

Dalam konteks ini, Scheel et al. (2015) menyatakan bahwa "*lean tradisional* telah kehilangan giginya", yang mungkin disebabkan oleh penggunaan teknologi yang tidak memadai untuk naik ke tingkat Lean yang baru (Tsipoulanidis 2017a). Akibatnya, “Lean digital memunculkan era baru dalam keunggulan operasi (Scheel et al. 2015, hlm. 1).” Schneider (2017) juga menyatakan “*Lean before Industry 4.0*”: dalam proses dan struktur, sebuah organisasi harus dioptimalkan sesuai dengan prinsip *Lean* sebelum menerapkan teknologi *Industry 4.0*.

Sekarang, tidak hanya informasi dan data besar yang tersedia, tetapi juga daya komputasi yang diperlukan untuk memproses dan menganalisis lebih lanjut (lihat Westerman et al. 2014; Brynjolfsson dan McAfee2015). Hal ini memungkinkan perusahaan menyimpan limbah yang tidak dapat dihindari sebelumnya. Selain itu, ia juga menawarkan cara baru untuk menganalisis data besar yang dihasilkan, untuk menjalankan prognosis yang lebih baik dan lebih andal, dan untuk menerapkan langkah-langkah yang berhasil untuk pengurangan dan ketahanan risiko SC (Ivanov et al. 2018).

Peningkatan Kualitatif SCOM Digital

Peningkatan SCOM tersebut di atas dengan bantuan teknologi digital menghasilkan produksi dan logistik yang efisien sumber daya sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Tabel 16.1 memberikan gambaran tentang potensi kualitatif teknologi digital di SCOM yang menggunakan penghindaran tujuh pemborosan yang berasal dari *Lean Thinking* sebagai kerangka panduan.

Penilaian Potensi Kuantitatif Digital SCOM

Menurut sebuah survei oleh Alicke et al. (2016), “potensi dampak Rantai Suplai 4.0 dalam 2-3 tahun ke depan sangat besar—biaya operasional yang lebih rendah hingga 30% dan pengurangan penjualan yang hilang sebesar 75% sambil mengurangi persediaan hingga 75% diharapkan." Faktor besar lainnya adalah potensi pengurangan kesalahan prakiraan. Karena analitik prediktif dalam perencanaan permintaan, diharapkan kesalahan prakiraan dapat dikurangi hingga 30–50%, seperti yang ditemukan oleh Alicke dan timnya.

Perusahaan konsultan 4Flow mempresentasikan kasus di perusahaan AGCO, di mana biaya logistik berkurang 28% karena penerapan konsep rantai suplai digital mereka (4Flow 2016). Secara keseluruhan, perbaikan yang signifikan diharapkan dapat dicapai selama 10 tahun ke depan. Selain itu, “produsen komponen industri akan mencapai beberapa peningkatan produktivitas terbesar (20–30%), misalnya, dan perusahaan otomotif dapat mengharapkan peningkatan 10–20% (BCG 2015).”

Perusahaan lain mengacu pada peningkatan produktivitas sekitar 10% karena penggunaan RFID di sepanjang rantai nilai. Selanjutnya, ditentukan bahwa peningkatan transparansi dan fleksibilitas mengarah pada penggunaan sumber daya yang dioptimalkan. Dalam industri pertanian, peningkatan produktivitas hingga 15% dapat dicapai (Deutsche Telekom AG 2013).

Wildemann (2016) menunjukkan bahwa produktivitas di sektor otomotif telah meningkat sebesar 10-15%. Selain itu, tingkat persediaan diperkirakan akan berkurang 30% karena kombinasi aliran material dan informasi. Seperti yang disajikan sebelumnya, ada semakin banyak robot, atau cobot (serta BDA, pencetakan 3D, atau AR, dll.) Yang digunakan di banyak industri. Asche (2017) menyajikan contoh yang mengesankan bahwa berat bagian dapat dikurangi dari 14,3 kg menjadi 2,9 kg saat dicetak 3D.

Tabel 16.1 Tinjauan tentang potensi kualitatif teknologi digital di SCOM (Tsipoulanidis 2017b)

Kategori perubahan	**Peningkatan kualitatif yang teridentifikasi**
Transportasi	Data real-time dapat digunakan untuk optimalisasi rute transportasi dan peningkatan pemanfaatan armada. Manufaktur aditif AM (lihat juga Pencetakan 3D) menghasilkan pertukaran data alih-alih suku cadang; Suku cadang cetak 3D dapat memiliki bobot yang jauh lebih rendah, sehingga konsumsi bahan bakar lebih rendah.

Inventaris	Ketika data point of sales (POS) dan konsumsi yang lebih baik tersedia, produksi dapat dilakukan sesuai dengan permintaan pelanggan. Suku cadang yang dibutuhkan secara tidak teratur atau komponen khusus dapat dicetak sesuai permintaan. Manajemen Inventaris Digital atau Portal Kolaborasi Supplier dapat mendukung optimalisasi jaringan pasokan dan menyelaraskan operasi, aliran material, dan logistik.
Pergerakan dan Perpindahan	Tenaga kerja manusia dapat didukung mis. oleh Augmented Reality (AR); untuk memperpendek kurva belajar, memberikan bimbingan dan mengurangi potensi kesalahan manusia. Mesin (misalnya robot; cobots; exosceletons, kendaraan logistik yang dikendalikan gerakan...) dapat melakukan mis. tidak ergonomis (misalnya berat), berbahaya (misalnya debu, panas), monoton (misalnya menyortir) atau tugas yang berulang.
Waktu tunggu	Unit operasional yang cerdas akan menentukan urutan produksi dan ukuran lot yang paling tepat. Robot dapat membantu mengurangi waktu penyiapan mesin secara signifikan. Pencetakan 3D dapat membantu menghasilkan sampel atau alat tertentu lebih cepat. Laporan status Real-Time melalui track & trace dan informasi mengenai kondisi lalu lintas dapat membantu menjadwal ulang rute.
Over-Produksi	Karena data penjualan yang lebih akurat, peramalan dan interpretasi pola permintaan yang lebih baik untuk perencanaan dan simulasi produksi akan dimungkinkan. Kerjasama yang lebih erat dengan pelanggan (co-creation), akan memungkinkan produksi barang dalam ukuran lot satu, yaitu dalam jumlah yang sesuai/khusus seri kecil. Untuk bagian individu atau langka, pencetakan 3D mungkin digunakan.
Over-Pemrosesan	Pabrik pintar dapat mengonfigurasi kondisi dan urutan produksi. Item berkomunikasi secara independen dan nirkabel dengan unit lain. Proses produksi dapat ditingkatkan, proses pengisian logistik dapat dimulai sesuai permintaan, dan pekerjaan pemeliharaan berbasis kondisi dapat dilakukan secara khusus: Dengan demikian, berbagai jenis pemrosesan berlebih dapat dikurangi.
Kerusakan	Pemantauan dan diagnosis selama operasi, logistik, atau pemeliharaan dapat didukung. Kualitas dapat terus diawasi sesuai dengan Prinsip Jidoka dan Poka-Yoke (hentikan proses yang bermasalah, selesaikan, hindari kesalahan, jangan kirimkan). Pemantauan kondisi operasional ujung-ke-ujung yang lebih baik dalam proses (suhu, kelembaban, dll.) meningkatkan kualitas di seluruh jaringan nilai.

Robot menjadi lebih cerdas dan dengan demikian mereka dapat menjadi asisten nyata bagi pekerja klasik dan melakukan 30-50% tugas rutin. Contoh lain adalah karena penggunaan robot untuk tugas pengaturan mesin, waktu tunggu dapat dikurangi hingga 50% (Continental Automotive Spain 2017).

Potensi ini bervariasi dari satu industri ke industri lainnya dan harus dipertimbangkan sebagai indikasi pertama. Intinya, semua sumber mengidentifikasi perbaikan yang signifikan karena transformasi digital di SCOM. Ini secara intensif berkontribusi pada pengurangan 7 + x pemborosan dari Lean Thinking klasik yang disajikan. Selain itu, pencetakan 3D juga dapat dilihat sebagai faktor penting untuk mengurangi risiko SC. Ketika Supplier mungkin tidak dapat mengirimkan barang atau Supplier tidak ada lagi, mungkin ada solusi untuk mengikuti strategi memproduksi komponen ini menggunakan AM (Ivanov 2018).

Untuk meringkas, ada hubungan yang kuat antara penerapan teknologi SCOM digital dan peningkatan kinerja. Misalnya, pengurangan waktu tunggu menyebabkan pemanfaatan kapasitas yang lebih tinggi. Pengurangan item yang diproduksi berlebihan menyebabkan tingkat inventaris yang lebih rendah dan kemampuan BDA mendukung proses SC yang lebih kuat. Dalam hal ini, prinsip Lean sejalan dengan ketahanan SC (lih. Bab 15) adalah potensi utama SCOM digital.

Kemungkinan Hambatan dan Keterbatasan Digital SCOM

Dunia yang lebih terhubung tidak diragukan lagi membawa banyak manfaat – dan beberapa bahaya. Bagian sebelumnya menjelaskan manfaat potensial dari transformasi digital pada SCOM. Pada saat yang sama, kita juga harus mempertimbangkan kemungkinan keterbatasan, hambatan, dan konsekuensi negatif yang mungkin ditimbulkan oleh digitalisasi. Tabel 16.2 merangkum peluang dan tantangan aplikasi teknologi digital untuk SCOM.

Mengenai keterbatasan, masalah keterampilan, keamanan, dan standar adalah poin utama yang perlu diperhatikan. Karyawan memerlukan keahlian baru yang memungkinkan mereka melakukan analisis data, menjalankan prognosis, mengoperasikan SCP, berkolaborasi dengan robot, dan sebagainya. Insinyur perlu mempelajari cara berpikir baru untuk merancang suku cadang dan produk yang dapat dicetak 3D, dll. Selain itu, karyawan di lantai toko dan rekan kerja yang melakukan tugas administrasi atau administrasi mungkin takut mereka akan digantikan oleh baja dan AI.

Seperti semua perkembangan teknologi, ada beberapa pekerjaan yang hilang dan pekerjaan baru tercipta. Dahulu, para pekerja di gudang membawa barang di pundak mereka dan sekarang mereka menggunakan truk forklift atau jack palet. Di masa depan, akan ada staf yang bertanggung jawab untuk memantau bagaimana sistem otomatis melakukan pekerjaan. Efisiensi dan daya saing pada dasarnya penting, tetapi perusahaan juga memiliki tanggung jawab sosial: keseimbangan yang tepat harus ditemukan. Dengan kata lain, perusahaan yang berjuang untuk proses SCOM digital perlu menilai secara kritis biaya, manfaat, kecepatan, kualitas, dan keterlibatan manusia selama penciptaan nilai. Gagasan untuk mencapai keseimbangan ini termasuk pajak robot atau kebutuhan bagi produsen untuk secara jelas menentukan rasio antara nilai tambah manusia dan otomatis (seperti rasio kedalaman tenaga kerja manusia) untuk membatasi jumlah terkait kehilangan pekerjaan karena digitalisasi.

Minimnya standar juga sering disebut-sebut sebagai penghambat digitalisasi. Terutama perusahaan kecil dan menengah menunjukkan keragu-raguan karena mereka tidak tahu persis apakah investasi mahal dalam teknologi baru yang tepat akan membuahkan hasil. Tidak ada jawaban yang tepat untuk subjek ini. Lebih dari itu, aspek standar dan standarisasi perlu dinilai ketika strategi digital dirancang dan keputusan masing-masing akan diambil.

Subjek penting lainnya terkait dengan kepercayaan yang terbatas pada keamanan dan serangan siber. Perusahaan dengan cermat mengamati masalah keamanan data, pencurian data, serangan, ketergantungan pada teknologi informasi, algoritma yang berfungsi dengan benar, dan sebagainya. Manajer mengajukan pertanyaan: Jika semua data saya disimpan di *cloud* yang di-host oleh perusahaan eksternal, apa risiko yang mungkin terkait dengan itu? Sekali lagi, tidak ada jawaban yang tepat. Satu-satunya jawaban adalah bahwa keamanan siber atau ketergantungan pada penyedia solusi *cloud* sangat penting dan perusahaan perlu menilai dengan sangat hati-hati seberapa aman data dan informasi mereka. Dengan demikian, ini adalah item lain dalam daftar evaluasi dan keputusan kritis dalam hal penerapan strategi SCOM digital.

Tabel 16.2 Peluang dan tantangan penerapan teknologi digital ke SCOM

Teknologi dan pendukung digital	**Peluang untuk SCOM**	**Peluang dalam SCOM**
Analisis prediktif, Big Data	Peningkatan kualitas tindakan promosi Prakiraan permintaan yang lebih baik Pengoptimalan keputusan rute rantai pasokan Analisis visibilitas, risiko, dan ketahanan Promosi pengalaman pelanggan yang lebih baik Pengurangan risiko permintaan Pengurangan risiko gangguan informasi dan kualitas aktivasi rencana darurat yang lebih baik	Transparansi dan keamanan data Kompleksitas koordinasi meningkat dalam logistik lintas-saluran Risiko waktu yang lebih tinggi karena meningkatnya kompleksitas koordinasi
Industri 4.0, IoT, produk pintar, robotika, augmented reality dan virtual	Sistem produksi yang disesuaikan dengan biaya produksi massal Produk individual dan fleksibilitas pasar yang lebih tinggi Diversifikasi risiko Responsif yang lebih tinggi Waktu tunggu yang lebih singkat dan pemanfaatan kapasitas yang lebih baik Pemantauan manufaktur waktu nyata	Perubahan radikal dalam SC dan organisasi proses manufaktur Pengurangan jumlah lapisan SC Lokasi baru yang dekat dengan pasar Kualifikasi ulang karyawan, desain ulang tata letak fasilitas Keamanan data
Pencetakan 3D, manufaktur aditif	Peningkatan fleksibilitas, Variasi produk, Waktu tunggu yang lebih singkat Peningkatan efisiensi dalam pengendalian persediaan MRO Pengurangan risiko permintaan	Peningkatan kompleksitas desain dan kontrol Eksposur yang lebih tinggi terhadap risiko keamanan informasi Risiko pasokan yang lebih tinggi jika gangguan terjadi di SC hulu karena tidak ada inventaris perantara di antara tahapan
Teknologi T&T canggih, RFID, sensor, Blockchain	Identifikasi real-time Pelacakan aliran material secara real-time Peningkatan kualitas data Peningkatan koordinasi transaksi	Meningkatkan investasi dalam keamanan Data TIK

	Pengurangan risiko gangguan informasi dan kualitas aktivasi rencana kontinjensi yang lebih baik Pengurangan risiko pasokan dan waktu karena koordinasi real-time jika mengaktifkan kebijakan kontinjensi	

Hasil lain dari teknologi cerdas dalam proses penambahan nilai terkait dengan desain ulang jaringan produksi. Perusahaan sedang menilai kembali jejak industri mereka. Perusahaan yang awalnya berada di bawah tekanan efisiensi biaya mungkin telah mengalihkan kapasitas mereka ke negara-negara berbiaya rendah di Asia. Sekarang, ketika gaji dan upah meningkat di lokasi produksi Asia, tren *re-shoring* dapat didiagnosis, seperti yang ditunjukkan oleh contoh *Speedfactory*.

Ada juga tren kedua yang melihat negara-negara di Indonesia sebagai meja kerja global baru, seperti yang dijelaskan (Minggu 2017). Bahkan perusahaan Cina mempertimbangkan pergeseran kapasitas produksi ke Indonesia. Perusahaan-perusahaan Eropa mungkin mempertimbangkan negara-negara Balkan Eropa sebagai alternatif dari pabrik Asia (di sini pendorong utama selain biaya produksi adalah kedekatan geografis, jadi tidak murni terkait dengan digitalisasi).

Terakhir, model bisnis mungkin juga akan berubah sejalan dengan penerapan solusi pintar baru atau akan muncul penyedia layanan baru yang mengkhususkan diri dalam industri pencetakan 3D on demand. Tidak mungkin untuk menyebutkan semua hambatan dan keterbatasan, tetapi penting untuk menekankan bahwa ada dua sisi mata uang digital.

Akan sangat sulit untuk menghindari teknologi digital dalam bisnis dan SCOM, tetapi penting untuk membuat penilaian kritis dan mengevaluasi bagaimana jika- skenario dalam pengembangan strategi SCOM digital. Salah satu aspek yang sangat penting adalah tanggung jawab perusahaan. Inilah sebabnya mengapa manusia harus selalu menjadi pusat keputusan SCOM digital.

16.11 KESIMPULAN DAN PERTANYAAN DISKUSI

Inovasi disruptif seperti digitalisasi dan Industri 4.0 mempengaruhi perkembangan paradigma, prinsip, dan model baru di SCOM. *Internet of Things (IoT),* Sistem Fisik Cyber, dan produk cerdas yang terhubung memfasilitasi pengembangan SC digital dan operasi cerdas. Aplikasi teknologi digital untuk SCOM termasuk *Big Data Analytics* (BDA), teknologi manufaktur canggih dengan sensor, kontrol berbasis agen terdesentralisasi, robotika canggih, augmented reality (AR), teknologi pelacakan dan penelusuran canggih, dan manufaktur aditif (AM) (Gambar 16.5).

Sementara kontributor individu (misalnya, robot, sensor, identifikasi frekuensi radio (RFID), agen, pabrik modular, dll.) tidak benar-benar baru, mereka menjadi lebih praktis dan perusahaan lebih mudah menerima untuk menggunakannya agar tetap kompetitif. Selain itu, upaya untuk menghubungkan solusi lokal ini menggunakan kemajuan dalam teknologi pemrosesan data dapat diamati dalam praktik. Oleh karena itu, tren ini membutuhkan prinsip dan model baru untuk mendukung SCM pabrik masa depan tersebut.

- Bisakah Anda meringkas perkembangan utama selama empat revolusi industri?
- Apa elemen utama dari produk yang terhubung dan cerdas?

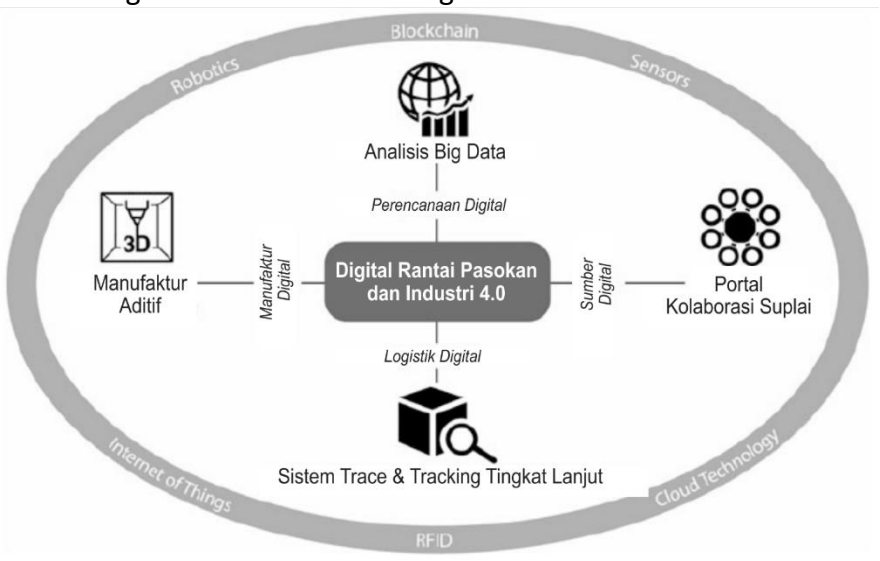
- Di mana Anda melihat alasan untuk kritik? Membahas pro dan kontra transformasi digital selain aspek pembangkitan keunggulan kompetitif.
- Di mana Anda melihat potensi untuk menciptakan bisnis baru dan pekerjaan baru dan di mana Anda melihat risiko kehilangan pekerjaan?

Di sisi teknologi, perkembangan yang sedang berlangsung, seperti Industri 4.0, AM, sensor pintar dan material cerdas, membuka peluang baru, tetapi juga menciptakan tantangan baru untuk analisis efek riak di SC. Contoh dampak teknologi rekayasa baru pada SC adalah lokalisasi produksi, fleksibilitas tinggi, dan kompleksitas koordinasi SC yang berkurang.

Bab ini telah menunjukkan bahwa ada banyak aplikasi teknologi digital di SCOM. Tentu saja, contoh yang disajikan hanya mencerminkan sebagian kecil dari kemungkinan digital di SCOM dan penting untuk digarisbawahi bahwa pengembangan di area ini berlangsung dengan kecepatan yang sangat tinggi.

- Dapatkah Anda memberikan contoh penerapan teknologi digital dan menghubungkannya dengan proses menurut Model SCOR (*plan, source, make, deliver, return*)?
- Bisakah Anda menjelaskan istilah-istilah berikut dengan kata-kata Anda sendiri: Analisis Data Besar, Industri 4.0*, Blockchain*, kembar digital, robot, pembuatan lapisan aditif, RFID, dan sistem pelacakan dan penelusuran?
- Bisakah Anda menghubungkan teknologi ini juga ke kerangka SCOM digital dan menjelaskan bagaimana mereka terhubung dengan sukses sebagai konsep yang sistematis?
- Apakah Anda ingat kerangka kerja yang disarankan yang membantu mengevaluasi rantai suplai dan menyusun strategi untuk Keunggulan SCOM digital?

Manfaat langsung dari penerapan teknologi digital di SCOM adalah transparansi yang lebih tinggi, peningkatan penggunaan kapasitas, penghematan biaya, dan peningkatan keselamatan serta pengurangan risiko SC, yang merupakan contoh pencapaian Keunggulan SCOM dengan menggunakan teknologi dalam transformasi digital.



Gambar 16.5 Rantai Suplai Digital dan Industri 4.0

Akhirnya, kami mencatat bahwa bab ini tidak berpura-pura menjadi ensiklopedis dan lebih berusaha menyoroti peran digitalisasi di SCOM dengan tujuan mengidentifikasi perspektif yang dapat dimanfaatkan dalam waktu dekat dalam mengeksplorasi bagaimana teknologi digital dapat meningkatkan dukungan dan kinerja pengambilan keputusan di SCOM.

- Buat rekap tentang potensi yang ditawarkan SCOM digital untuk mengurangi risiko SCM dan bagaimana hal itu membantu meningkatkan Lean level baru.

Studi Kasus "Penggunaan Cerdas Big Data Sepanjang Rantai Suplai: Analisis Big Data Antar Perusahaan, Nilai Tambah dan Dampak Manajemen Risiko dan Kompleksitas"

Tujuan belajar

- Memahami kompleksitas proyek data besar di sepanjang rantai suplai;
- Memahami poin kesulitan bagi Supplier, seperti konversi data dan kekhawatiran tentang berbagi data mesin;
- Memahami bagaimana pembatasan organisasi berperan;
- Memahami tantangan dalam menetapkan tujuan yang tepat dan kebutuhan untuk memiliki pengaturan proyek yang sesuai;
- Pahami tantangan yang dihadapi Supplier yang perlu berbagi beberapa data dan menjaga kerahasiaan data lainnya.

Situasi

Perusahaan Tier1 manufaktur Aerospace sedang dalam fase peningkatan untuk program Aerospace baru (untuk peningkatan irama model pesawat baru). Oleh karena itu, perusahaan Tier1 ini berusaha mengamankan rantai suplai masuknya dengan Supplier utamanya sendiri. Langkah pertama direncanakan untuk menerima, mengevaluasi, dan menafsirkan data produksi dari Supplier tersebut.Supplier pilot Tier2 yang terpengaruh diminta untuk memberikan data perkiraan dan kemajuan produksi ke perusahaan Tier1.

Target

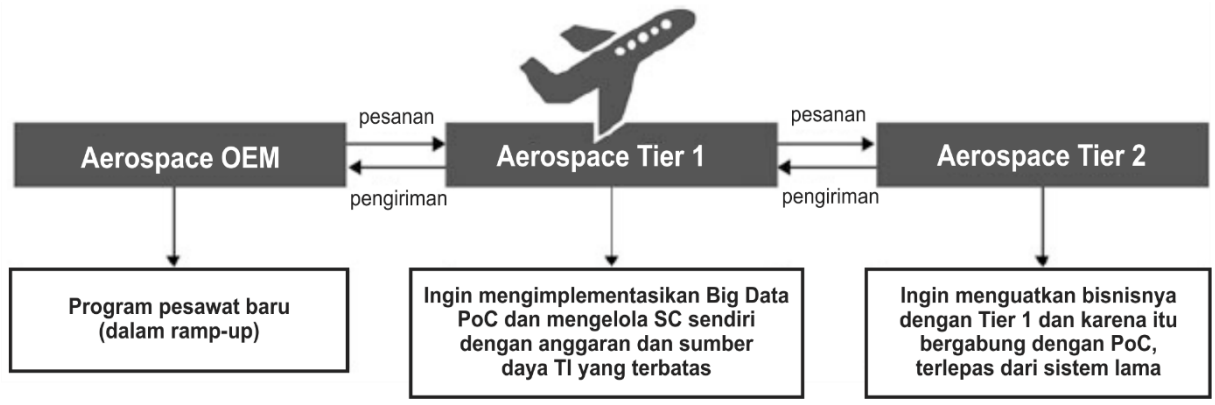
CEO perusahaan Tier1 ingin mengamankan rantai suplainya, karena ia harus mengelola peningkatan program pesawat baru untuk satu OEM Pesawat Komersial utama. analitik perusahaan. Melalui peningkatan visibilitas rantai suplai, daya saing perusahaan Tier1 dalam mengelola ramp-up akan diperkuat. Dia meminta agar Supplier Tier 2 yang tercantum di atas bertindak sebagai Supplier percontohan dan membagikan data produksi terkait.

Komplikasi Chief Digitalization Officer di perusahaan Tier 1 baru saja diangkat. Karena terbatasnya anggaran dan karyawan yang terampil, ia berupaya menerapkan proof-of-concept (PoC) dalam beberapa bulan untuk menunjukkan bahwa ia dapat melakukan dan mencapai tujuannya bahkan dengan upaya yang terbatas. Karena departemen TI menghadapi hambatan serius, pengembangan solusi internal tidak mungkin dilakukan selama mereka tidak memimpin PoC dan menerima sumber daya tambahan.

Supplier Tingkat 2 tidak membangun sistem produksi standar, tetapi selama bertahun-tahun telah membangun sistem warisan khusus dengan antarmuka berpemilik, seperti unduhan CSV. Tujuan utama Supplier Tier 2 adalah untuk bertahan dalam bisnis, sehingga ia menyetujui untuk bergabung dengan perusahaan Tingkat 1 meskipun nilai tambah dipertanyakan oleh beberapa karyawan dan beban kerja sudah pada batas, karena program ramp-up untuk OEM Aerospace . Selanjutnya, Supplier Tingkat 2 ingin tetap mengontrol data produksi mana yang akan dia bagikan dengan perusahaan Tingkat 1 (Gambar 16.6).

Kondisi Bingkai

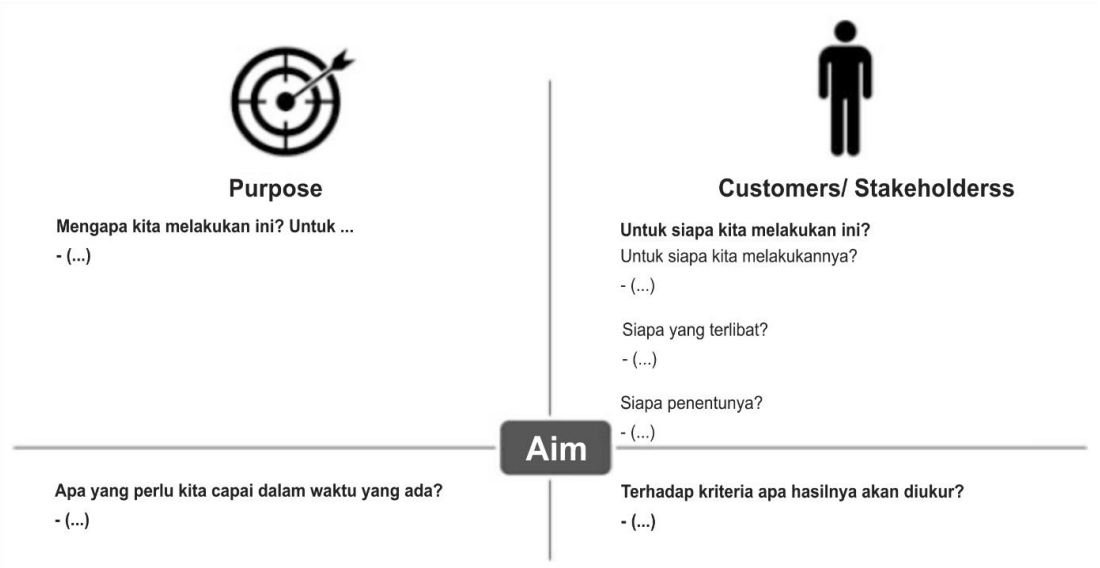
- Jangka waktu yang diberikan untuk pembuktian konsep hanya 3-4 bulan.
- Anggaran di perusahaan Tier1 terbatas, tetapi jika pembuktian konsep berhasil, dewan telah berjanji untuk mengeluarkan anggaran lebih lanjut.
- Proses bisnis perusahaan Tier 1 dan Supplier Tier 2 (misalnya penggunaan perkiraan, sebelum proses pemesanan dimulai) dan alat TI (termasuk ERP) berbeda.
- Bisnis harian perlu dilanjutkan meskipun ada PoC



Gambar 16.6 Struktur rantai suplai

Instruksi Atur diri Anda dalam tim dari orang-orang (atau setidaknya tiga). Jawab lima pertanyaan berikut dan siapkan presentasi singkat (maks. 10 menit) dari hasilnya. Jelajahi minat mana di Aerospace OEM yang mendorong perusahaan Tingkat 1 untuk berinvestasi dalam *Big Data PoC* (bukti konsep). Dari segi metodologi, silakan isi kotak tujuan di bawah ini (Gambar 16.7).

Diskusikan Pro dan Kontra dari keputusan *Make-or-Buy* dalam hal solusi *Big Data* di perusahaan Tier1. Pertimbangkan tidak hanya faktor keuangan, tetapi juga ketersediaan sumber daya TI, faktor waktu ke pasar dan kolaborasi, atau jika mitra yang berbeda dengan perangkat TI non-standar berusaha untuk berkolaborasi.



Gambar 16.7 Kerangka Analisis

Diskusikan dalam urutan mana langkah-langkah berikut (yang secara acak tercantum di bawah) harus diatur untuk memastikan proyek yang sukses. Untuk tujuan ini, beri nomor langkah-langkah dalam urutan yang benar di kolom di sebelah kanan (langkah pertama sudah dimasukkan).

Langkah-langkah proyek (dalam urutan acak di bawah)	*Nomor langkah*
Analisis calon untuk ekosistem/lanskap TI masa depan	
Migrasi data	
Penyebaran pabrik percontohan Penyebaran produktif percontohan Supplier	

Pelatihan pengguna utama	
Periksa sumber data/Pembersihan data (pastikan kualitas data yang baik)	
Analisis apa adanya dari proses bisnis yang ada	
Penyebaran penuh dari semua situs lain	
Analisis apa adanya dari ekosistem/lanskap TI yang ada	
Analisis calon untuk proses bisnis yang dibutuhkan di masa depan	
Konfigurasi dan penyiapan solusi yang akan datang di lingkungan pengujian	
Jaminan kualitas untuk setiap modul dan data terkait	
Jaminan kualitas ujung ke ujung	
Kickoff/Pelingkupan Proyek	1
Pelajaran yang didapat	
Menyiapkan manajemen perubahan	

1. Perusahaan Tingkat 1 memiliki keterbatasan tenaga kerja yang tersedia untuk staf proyek. Pemimpin proyek adalah pakar bisnis dalam kolaborasi Supplier, tetapi hanya dapat berinvestasi FTE (1 FTE = 1 setara penuh waktu). Selain itu, manajer departemen TI hanya dapat memberikan dukungan terbatas selama 20 hari kerja, tetapi hanya selama 3 bulan. Jelajahi bagaimana kemungkinan dampak kekurangan sumber daya internal yang tersedia
    a. Lingkup proyek
    b. Garis waktu proyek
    c. Probabilitas mengembangkan solusi internal dari awal versus melibatkan keahlian eksternal
    d. Probabilitas bahwa klaster industri (mis. perusahaan Organisasi kedirgantaraan, mendukung Supplier kedirgantaraan kecil dan menengah) terlibat
    e. Pengembangan antarmuka TI baru yang canggih (misalnya Layanan Web) versus integrasi format file yang sedang digunakan (seperti CSV, Excel), dengan segala keterbatasannya
2. Selama proyek berlangsung, tidak semua (idealnya) data yang dibutuhkan tersedia.
    a. Data perkiraan tentang permintaan sisi pelanggan di masa depan terhadap Supplier tidak selalu tersedia. Jelajahi dampak mana pada keamanan rantai suplai dan tingkat stok terkait pada situasi apa adanya dan peningkatan mana yang terkait dengan visibilitas rantai suplai yang lebih baik (= transparansi yang lebih besar tentang permintaan material di masa depan, dan dari Supplier).
    b. Sistem lama yang berbeda pada perusahaan Tier1 dalam perencanaan dan pelaksanaan manufaktur hanya menyediakan fungsionalitas ekspor data yang terbatas. Secara konkret, hanya file CSV yang dihasilkan sekali per malam dalam apa yang disebut "batch run". Jelaskan bagaimana hambatan ini akan berdampak pada manajemen ekspektasi terhadap manajemen sponsor untuk ruang lingkup proyek. Pembatasan mana yang berlaku? Manfaat mana (dalam hal prediktabilitas dan visibilitas rantai suplai) yang masih berlaku? Dalam konteks ini, jelajahi bagaimana kinerja OTD (pengiriman tepat waktu) yang tinggi dapat berkontribusi untuk menghindari kehabisan stok yang mahal.
3. Jelajahi mengapa Supplier Tingkat 2 akan berusaha mempertahankan kontrol atas data produksi mana yang dia bagikan dengan perusahaan Tingkat 1. Dalam konteks ini, harap pertimbangkan kepentingan yang menyimpang dari perusahaan Tingkat 1, yang menginginkan data terkait produksi dari Tingkat 2, dan Supplier Tingkat 2, yang ingin

tetap berada di bisnis, bahkan jika di produksi sendiri, tidak semuanya selalu berjalan sempurna.

4. Kemudian jelajahi bagaimana Supplier Tingkat 2 masih dapat mempertahankan proses kontrol dan dari segi TI.

BAB 17
ALOKASI KAPASITAS BERORIENTASI HARGA DAN PENDAPATAN

17.1 TUJUAN PEMBELAJARAN

Penetapan harga mengacu pada aktivitas menentukan harga jual untuk produk material atau layanan. Secara intuitif, seseorang akan memperoleh harga suatu produk atau jasa dari biaya produksinya. Namun, ini hanya satu strategi penetapan harga: Anda menghitung biaya produksi yang sesuai, menambahkan margin keuntungan tertentu, dan mendapatkan harga jual dengan menjumlahkan biaya produksi dan margin keuntungan.

Namun bagaimana Anda dapat menetapkan harga jual jika biaya produksi kita bervariasi secara signifikan dari setiap unit yang diproduksi karena kurva biaya yang tidak lancar? Berapa harga yang memadai untuk suatu produk jika Anda tahu bahwa pelanggan yang berbeda datang dengan tingkat kesediaan yang berbeda untuk membayarnya? Dalam kasus ini, mungkin perlu untuk menetapkan harga individual untuk unit produk berikutnya yang dijual dan/atau pelanggan berikutnya yang ingin memiliki unit ini. Anda mungkin berpikir bahwa harga milik pemasaran. Jadi mengapa Anda sebagai manajer SCOM harus dididik dalam harga?

Asumsikan bahwa perusahaan Anda telah mengembangkan produk baru. Pengenalannya ke pasar harus dilakukan sesukses mungkin. Oleh karena itu, strategi periklanan yang ofensif menyertai penyediaan fisik produk. Harga produk yang didiskon secara signifikan diumumkan. Akibatnya, banyak calon pelanggan akan membeli produk ini dan akibatnya sejumlah besar unit harus diangkut ke pengecer. Ini hanya mungkin jika manajer transportasi yang bertanggung jawab dalam rantai suplai produk baru diberitahu tentang jumlah yang diharapkan untuk dipindahkan sehingga ia dapat menyediakan sumber daya transportasi yang diperlukan.

Asumsikan sekarang bahwa setelah periode tertentu, pengenalan pasar produk baru telah berhasil diselesaikan dan diskon harga berakhir. Akibatnya, kenaikan harga menyebabkan penurunan permintaan dari pasar sehingga jumlah yang lebih sedikit harus dipindahkan ke gerai ritel. Sekali lagi, manajer transportasi perlu memberi tahu tentang variasi harga ini sehingga ia dapat menerapkan langkah-langkah untuk mengalokasikan lebih sedikit kapasitas transportasi ke produk ini.

Kami telah mempelajari saling ketergantungan antara permintaan yang diharapkan atau diperkirakan serta perencanaan operasi sebagai perencanaan penjualan dan operasi (S&OP) secara rinci di Bab 12. Asumsikan sekarang bahwa Anda menggunakan kapasitas Anda sendiri untuk memproduksi produk: variasi harga sekarang digabungkan dengan alokasi kapasitas.

Pada umumnya permintaan suatu produk akan berubah-ubah jika harganya disesuaikan. Kenaikan harga menghasilkan pengurangan permintaan yang dinyatakan dengan jumlah unit yang terjual. Penurunan harga biasanya menghasilkan peningkatan jumlah unit yang diminta. Dengan cara ini, interaksi harga dan permintaan mempengaruhi perencanaan operasi rantai suplai. Seperti yang telah Anda baca di bab (sebelumnya) lain dari buku teks ini, sejumlah besar upaya dihabiskan untuk menyesuaikan kapasitas jaringan suplai agar sesuai dengan permintaan seketat mungkin. Oleh karena itu, penurunan harga yang mendorong peningkatan permintaan akan segera menyebabkan kelangkaan kapasitas ini. Begitu juga sebaliknya, jika kita meningkatkan kapasitas jaringan suplai untuk meningkatkan throughput dengan tujuan mengangkat kuantitas yang disediakan ke pasar, pengurangan harga untuk produk ini akan sering diperlukan. Kita dapat mengamati korelasi antara kapasitas yang

tersedia dan keputusan penetapan harga. Ini adalah alasan terpenting seorang manajer SCOM harus dapat memahami keputusan penetapan harga.

Jika kapasitas produksi Anda langka, tetapi pelanggan bersedia membayar harga tinggi untuk produk (jasa) Anda, bagaimana Anda dapat memutuskan pelanggan mana yang akan Anda layani dengan harga berapa? Manajemen Pendapatan (RM) adalah disiplin manajerial yang mencoba merumuskan jawaban atas pertanyaan seperti ini terkait dengan keputusan penetapan harga dan alokasi kapasitas.

RM menyediakan alat yang memungkinkan kami untuk menetapkan setiap harga sehingga kami memperoleh jumlah pendapatan maksimal dengan sumber daya yang dikerahkan (atau tersedia) dan kapasitas yang dialokasikan dengan mempertimbangkan permintaan dan sumber daya yang tersedia. Tanpa syarat perlu untuk mengelola beberapa tantangan untuk mewujudkan ide naif ini:

- Kami harus mempertimbangkan dalam skema penetapan harga kami kesediaan setiap pelanggan individu untuk membayar setiap produk. Ini mengacu pada perspektif pelanggan dalam RM, terutama dalam penetapan harga.
- Kita perlu mempertimbangkan kapasitas yang tersedia dari sumber daya yang diminta jika menetapkan harga dan mengalokasikan kapasitas untuk pelanggan. Selain itu, kita perlu mengoordinasikan interaksi beberapa sumber daya jika penyediaan produk atau layanan memerlukan penyebaran dua atau lebih sumber daya. Ini adalah perspektif kapasitas dalam penetapan harga dan oleh karena itu perspektif penyedia layanan dalam RM.
- Kami harus dapat mengukur permintaan pelanggan yang akan datang untuk membuat keputusan alokasi kapasitas terbaik. Ini adalah perspektif prakiraan di RM.

Setelah Anda dengan hati-hati mengerjakan isi bab ini, Anda

- akan terbiasa dengan konsep penetapan harga yang berorientasi pada permintaan sebagai alat yang ampuh untuk memaksimalkan pendapatan dari pasar;
- mampu memahami skenario penetapan harga yang berbeda dan tantangan uniknya;
- akan mengetahui bahwa penetapan harga bergantung pada alokasi kapasitas ke segmen pasar dan/atau pelanggan dan Anda akan dilatih untuk mengidentifikasi keputusan alokasi kapasitas yang memadai;
- akan dilengkapi dengan alat (model dan algoritma) yang dapat mendukung Anda dalam keputusan harga Anda. Khususnya, Anda akan dapat memanfaatkan fungsi harga-permintaan dan harga-permintaan untuk penentuan harga yang menghasilkan keuntungan maksimal.

17.2 STUDI KASUS PENDAHULUAN

Pengiriman Pesisir Frisia: Kisah Jördis Dan Tjark

Tjark dibesarkan di bagian Barat Laut Jerman yang disebut Frisia Timur. Ini adalah lanskap maritim yang terletak di antara Laut Utara (di Utara), Belanda (di Barat), dan Sungai Weser (di Timur). Lahir di desa pelabuhan kecil Neuharlingersiel, ia menghabiskan masa kecilnya sebagai putra seorang nelayan yang memiliki perahu nelayan.

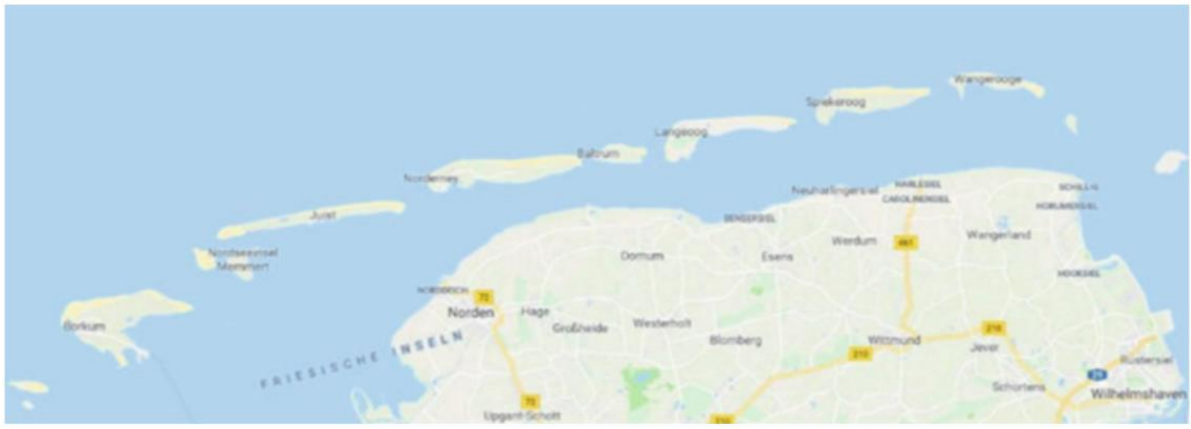
Tjark menemani ayahnya sesering mungkin selama perjalanan berlayar sehari-hari. Dia suka berada di atas air dan dia menyukai cuaca khusus di laut. Inilah salah satu alasan mengapa ia memutuskan untuk menjadi pelaut profesional. Setelah dia selesai sekolah, dia memutuskan untuk menandatangani kontrak dengan Angkatan Laut untuk bekerja sebagai pelaut selama 2 tahun. Setelah meninggalkan dinas militer, ia memulai program studi untuk menjadi kapten. Dia mengakhiri pelatihannya dengan sertifikat "Master Mariner" dan

dokumen kelulusan sebagai perwira angkatan laut yang berkualifikasi. Segera dia mendapatkan pekerjaan sebagai komandan kapal kontainer besar.

Lebih dari 10 tahun, ia mengarungi semua samudra dan berlabuh di semua pelabuhan utama di dunia. Ketika dia berusia 38 tahun, dia menikahi seorang wanita dari desa asalnya. Namanya Jördis. Dia melahirkan anak kembar segera setelah itu. Karena Tjark ingin melihat kedua anaknya tumbuh dewasa dan untuk menghidupi istrinya, dia memutuskan untuk mengundurkan diri dari pekerjaan kaptennya. Hari ini, dia baru saja kembali dari perjalanan terakhirnya ke kota asalnya Neuharlingersiel dan dia memiliki rencana untuk mendapatkan cukup uang untuk kehidupan keluarganya di masa depan.

Sejak menjadi kapten kapal kontainer besar, Tjark juga bermimpi mengikuti jejak ayahnya dan menjadi kapten kapal pesisir yang berlayar di sepanjang Pantai Frisia. Dia tidak perlu ingin menjadi nelayan, tetapi menghabiskan waktu sebanyak mungkin di kapal yang lebih kecil di perairan rumahnya. dan menjadi bos bagi dirinya sendiri. Dari waktu ke waktu, Tjark mempelajari situs web yang mencantumkan kapal pesisir untuk dijual. Selama perjalanan terakhirnya di kapal kontainer besar yang berlayar melintasi Samudra Pasifik, dia menemukan bahwa coaster FRISIAN STORM sedang dijual. FRISIAN STORM adalah kapal yang sangat spesifik. Panjangnya sekitar 30 mandithasa 6 mbeam. Ini telah dirancang untuk berlayar melalui perairan datar di sekitar Kepulauan Frisian Timur Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog serta Wangerooge dan di sepanjang Pantai Frisia Timur (Gambar 17.1).

Dengan angin kapal yang sangat kecil, FRISIAN STORM dapat beroperasi di tempat ini. daerah yang dinavigasi secara independen dari siklus naik turunnya permukaan laut (yaitu secara teratur sekitar 3,5 m setiap 6 jam). Selain itu, ia menawarkan kapasitas angkut yang sangat besar yaitu 180 ton dan memiliki kecepatan maksimal sekitar 18 knot, yang sangat cepat. Selain itu, dia memiliki derek di kapal, jadi dia tidak bergantung pada peralatan transshipment di sisi darat. Harga yang dimaksud adalah wajar karena FRISIAN STORM dalam kondisi baik dan terpelihara dengan baik.



Gambar 17.1 Kepulauan Frisia Timur dan Daratan (c) google.com

Ide bisnis Tjark adalah menggunakan kapal seperti FRISIAN STORM untuk menawarkan layanan transportasi reguler, andal, dan cepat antara pelabuhan-pelabuhan tertentu di daratan Frisia dan Kepulauan Frisia Timur yang disebutkan di atas. Layanan seperti itu tidak tersedia saat ini, sehingga Tjark dapat memanfaatkan dan menutup celah dalam suplai pulau-pulau tersebut. Layanan ini dapat mengikuti jadwal yang telah diterbitkan sebelumnya sepanjang tahun.

Untuk mewujudkan mimpinya mengoperasikan kapal seperti FRISIANSTORM, Tjark perlu mendapatkan kargo. Berasal dari Pantai Frisian Timur, Tjark mengetahui situasi pasar transportasi lokal dengan cukup baik. Setiap tahun, 1,4 juta wisatawan melakukan perjalanan

ke pulau-pulau dan memesan sekitar 10 juta menginap. Tentu saja, musim puncak adalah musim panas (Mei sampai September) ketika banyak kargo umum (makanan, minuman, kebutuhan sehari-hari) diminta dari pulau-pulau untuk menyediakan suplai yang cukup untuk menampung para wisatawan. Selama periode musim dingin, banyak bahan bangunan diperlukan untuk melakukan renovasi serta membangun gedung baru di pulau-pulau tersebut. Tjark yakin ide bisnisnya bisa terwujud dan mampu memberikan layanan transportasi yang diharapkan. Dia memberi tahu Jördis, istrinya, tentang rencana ini.

Jördis menyukai ide suaminya karena dia dapat memahami keinginannya untuk kembali ke akar keluarga dan menjadi kapten independen dengan kapalnya sendiri yang berlayar di daerah pesisir. Namun, sebagai ibu dari dua anak kecil, dia sedikit takut dengan bagian ekonomi dari rencana suaminya. Oleh karena itu, dia meminta pendapat orang tuanya. Orang tuanya tidak pernah terlibat dalam bisnis pelaut, tetapi mereka telah menjadi pengusaha mandiri selama beberapa dekade. Bersama-sama, mereka menjalankan dan memiliki perusahaan yang menjual polis asuransi, terutama untuk pelanggan bisnis. Karena pekerjaan ini, keduanya mengenal banyak pebisnis lain yang aktif di Frisia Timur. Ketika ibunya mendengarkan kesedihan putrinya terkait rencana suaminya untuk membuka perusahaan pelayaran kecil, dia punya ide. Dia meminta Jördis untuk meyakinkan Tjark untuk menunggu beberapa hari sampai dia mulai mengembangkan bisnis barunya.

Setelah 2 hari, Tjark menerima telepon dari mertuanya. Dia mengatakan bahwa dia telah menemukan seseorang yang dapat mendukungnya dalam memulai bisnis barunya. Tjark penasaran dan setuju untuk bertemu orang ini untuk makan siang bisnis. Ketika Tjark memasuki restoran yang dipilih, ibu mertuanya memperkenalkan Ole. Ole adalah manajer proyek perusahaan konstruksi regional FRISIA REAL ESTATE yang terlibat secara teratur di sebagian besar proyek konstruksi di Kepulauan Frisia Timur. Saat ini, perusahaan Ole cukup tidak puas dengan peluang yang ada untuk membawa bahan konstruksi yang dibutuhkan dari daratan ke pulau-pulau.

Berkenaan dengan peningkatan keandalan penyediaan material, Ole merumuskan penawaran berikut: selama periode puncak di musim dingin (Oktober hingga April) FRISIA REALESTATE menjamin untuk memesan 60 ton muatan setiap hari dan selama periode musim panas FRISIA REAL ESTATE akan membayar untuk 20 ton muatan per hari. Selanjutnya, kontrak 5 tahun akan disepakati antara Tjark dan FRISIA REAL ESTATE di mana tarif pengangkutan per ton ditetapkan menjadi 25 (periode musim panas) dan 15 (periode musim dingin).

Tjark telah menghitung rata-rata biaya operasi bulanan FRISIA STORM termasuk staf, minyak bunker, administrasi, tarif asuransi, dan bunga muatan sebesar 11.000. Mempertimbangkan tawaran yang disebutkan di atas, dia akan mendapatkan jaminan pendapatan bulanan dari FRISIA REAL ESTATE sebesar 15.000 (musim panas) masing-masing 27.000 (musim dingin) untuk 5 tahun pertama.

Akibatnya, ia memutuskan (1) untuk memulai bisnisnya dengan nama FRISIA COASTAL SHIPPING dan (2) untuk menandatangani kontrak dengan FRISIA REAL ESTATE. Kontrak ini meyakinkan banknya untuk mendukungnya dengan pinjaman untuk membeli FRISIA STORM. Selanjutnya, ia mengarahkan perhatiannya pada pengembangan konsep bisnisnya untuk menawarkan layanan transportasi laut antara Kepulauan Frisia Timur dan daratan Frisia Timur. Dia memperoleh ide-ide berikut:

- Kontrak dengan FRISIA REAL ESTATE mencakup semua biaya tetap bulanan.
- Kapasitas muatan sisa FRISIA STORM dapat digunakan untuk melayani beberapa pelanggan lain dan menghasilkan pendapatan tambahan. Pendapatan ini (dikurangi dengan jumlah kecil untuk biaya bunker tambahan dan beberapa biaya administrasi) meningkatkan keuntungan bulanannya.

- Tjark mendefinisikan layanan transportasi berikut. Setiap hari satu pesawat ulang-alik antara pangkalan pelabuhan Neuharlingersiel dan salah satu dari tujuh pulau akan didirikan. Pada hari Senin, FRISIA STORM berlayar dari Neuharlingersiel ke Borkum dan kembali pada hari yang sama. Setiap Selasa, Neuharlingersiel terhubung dengan Juist dan seterusnya.
- Berdasarkan layanan transportasi yang ditentukan, Tjark ingin menawarkan produk berikut kepada calon pelanggan: "transportasi individu" dengan jumlah tertentu untuk dipindahkan antara Neuharlingersiel dan sebuah pulau (atau dalam arah sebaliknya) atau "transportasi gabungan" yang memungkinkan pelanggan untuk memesan kapasitas pada dua atau lebih layanan (termasuk layanan pengembalian) pada waktu yang sama.

Tjark mendiskusikan pilar bisnis barunya ini dengan Jördis. Dia menyukai ide-idenya. Namun, dia mengajukan pertanyaan yang sangat kritis kepada suaminya: “Tjark, berapa harga yang ingin Anda berikan kepada calon pelanggan Anda yang dilayani selain KONTRAK REAL ESTATE FRISIA?” Saat ini, Tjark tidak memiliki jawaban untuk pertanyaan ini, tetapi sebuah ide muncul. Dia ingat pertemuannya dengan mantan teman sekelasnya Karl, yang sekarang berkecimpung dalam bisnis pelayaran laut.

Dalam pertemuan ini, Karl berbicara tentang bagaimana perusahaan pelayaran kapal pesiar menjual kamar di kapal pesiar besar. Dia memutuskan untuk menghubungi Karl. Beberapa hari kemudian, Tjark menelepon Karl. Sayangnya, Karl tidak memiliki pengetahuan eksplisit tentang bagaimana harga kabin ditetapkan, tetapi dia mengatakan bahwa departemen yang disebut "Manajemen Pendapatan" menangani penetapan harga. Dari kueri cepat Google, Tjark mengetahui bahwa manajemen pendapatan (RM) adalah disiplin manajerial yang, di antara masalah lainnya, menangani penetapan harga produk dan layanan. Beberapa buku pelajaran disarankan; Tjark memilih satu dan mulai membaca.

- Buku teks Chopra dan Meindl (2010) menunjukkan bahwa keseimbangan antara permintaan dan penawaran yang terkait dengan layanan dan/atau produk sangat penting untuk penciptaan nilai karena mencegah adaptasi kapasitas yang mahal dari waktu ke waktu. Dalam konteks ini, Talluri dan Van Ryzin (2004) menyatakan bahwa RM mengikuti strategi yang melengkapi SCM, karena mencoba meratakan permintaan yang terpenuhi. Di sini, Tjark mengangguk. “Ya, inilah yang dibutuhkan: mekanisme yang membantu saya untuk memastikan bahwa layar FRISIA STORM terisi penuh pada setiap perjalanan dengan harga yang wajar”. Dia terus membaca dan belajar. Secara khusus, Tjark mencari jawaban atas pertanyaan-pertanyaan berikut terkait dengan penetapan harga layanan perusahaannya:
- Apa saling ketergantungan antara harga suatu produk dan kapasitas sumber daya yang dibutuhkan yang digunakan untuk menghasilkan layanan? Berapa harga "optimal" atau "terbaik" untuk layanan dan bagaimana hal itu dapat diidentifikasi?
- Bagaimana harga optimal untuk beberapa pelanggan dapat ditetapkan jika pelanggan ini bersaing untuk sumber daya yang langka, yaitu jika tidak ada cukup kapasitas untuk mengalokasikan cukup untuk semua pelanggan?
- Bagaimana dia bisa mengidentifikasi harga terbaik jika layanan diproduksi dalam jaringan lebih dari satu sumber daya, yaitu jika pelanggan ingin menawar harga untuk beberapa layanan berbeda secara paralel?
- Bagaimana dia bisa menyesuaikan harga selama aktivitas penjualan jika dia menemukan bahwa harga yang diusulkan awalnya tidak berfungsi dengan baik, yaitu terlalu tinggi atau terlalu rendah?

Harga Tidak Kompetitif

Tjark memiliki mantan teman sekelas lainnya yang sekarang menjadi direktur penjualan sebuah perusahaan ritel regional bernama FRISIA-CC.FRISIA-CCadalahorganisasi yang menjalankan kurang lebih 100 gerai ritel di wilayah Frisia Timur. Di antara gerai-gerai tersebut, sebagian berada di Kepulauan Frisian Timur sehingga FRISIA-CC harus menjaga agar gerai-gerai yang berbasis di pulau itu dapat diandalkan dengan suplai yang lengkap. Nama mantan teman sekelas ini adalah Susanne, dan dia bertanggung jawab untuk mengatur suplai gerai ritel.

Tjark menghubungi Susanne dan meminta untuk bertemu. Di awal pertemuan ini, Tjark menjelaskan bisnis barunya. Selanjutnya, ia mencoba mencari tahu apakah Susanne tertarik untuk memulai hubungan bisnis antara FRISIA-CC dan FRISIA COASTAL SHIPPING. Susanne tertarik karena dilaporkan kepadanya bahwa suplai saat ini tidak dapat diandalkan dan mahal. Dia memutuskan untuk memberi Tjark kesempatan dan memulai percakapan berikut:

Susanne: Tjark, saya sangat tertarik untuk memberi Anda pesanan untuk berkontribusi pada suplai gerai ritel kami di pulau itu. Layanan seperti apa yang dapat Anda tawarkan?

Tjark: Yah, saya ingin Anda menawarkan layanan antar-jemput antara Neuharlingersiel dan tujuh pulau ini dengan satu layanan pulang-pergi mingguan ke setiap pulau. Untuk setiap layanan, kita harus menetapkan kapasitas yang akan dipindahkan yang dinyatakan dalam ton dalam kontrak serta harga atau tarif per ton. Anda kemudian dapat membiarkan saya memindahkan semua yang ingin Anda pindahkan selama jumlah beratnya tidak melebihi kapasitas yang disepakati. Setiap minggu, Anda membayar untuk kapasitas yang disepakati. Apakah ini pengaturan yang dapat diterima untuk Anda?

Susanne: Ya, kita harus mulai dengan pengaturan ini. Saya pikir, masalah yang paling penting adalah tarif per ton yang harus diperbaiki. Tantangan utama saya adalah heterogenitas pengecer di pulau-pulau. Tergantung pada biaya transportasi, jumlah yang akan dipindahkan (per minggu) bervariasi. Jadi, setelah Anda menyarankan tarif Anda, saya akan dapat memberi Anda banyak yang dapat Anda pindahkan per minggu ke sebuah pulau.

Tjark: Oke, saya pikir saya mengerti. Tarif menentukan permintaan, bukan?

Susanne: Itu benar! Karena kami sama-sama tertarik untuk menyiapkan layanan transportasi yang efisien dan andal, saya memutuskan untuk memberi Anda beberapa informasi tentang pelanggan kami dan kesediaan mereka untuk membayar. Dari data yang tercatat, kita dapat menyimpulkan bahwa tidak lebih dari 50 ton telah diminta dari satu pulau dalam seminggu terlepas dari tingkat transportasi. Selain itu, kami tahu bahwa tidak satu pengecer pun akan menggunakan layanan transportasi kami jika tarif per ton lebih besar dari 100 per ton. Kami menduga bahwa mereka mengerahkan penyedia layanan transportasi lain dalam hal ini untuk merealisasikan suplai."

Tjark: Jadi, tarif per ton bisa bervariasi antara minimal 0 per ton dan maksimal 100 per ton?

Susanne: Ya, ini benar!

Tjark: Apakah Anda tahu seberapa sensitif harga pengecer? Saya ingin tahu berapa banyak ton yang hilang jika kami menaikkan tarif dan berapa ton tambahan yang bisa kami peroleh jika kami mengurangi tarif per ton.

Susanne: Sejujurnya, kami tidak memiliki pengetahuan yang jelas tentang itu. Di masa lalu, kami mendokumentasikan apa yang terjadi dengan jumlah total yang

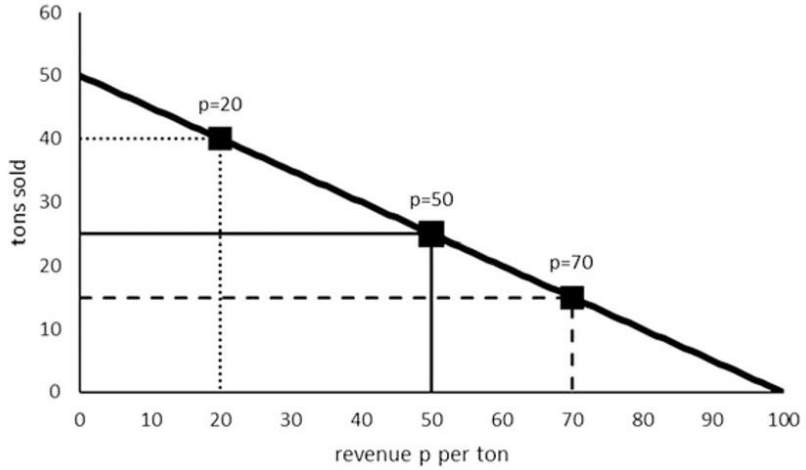
diminta jika kami menyesuaikan pengeluaran transportasi setelah kami memasukkan beberapa penyedia layanan lain satu demi satu. Perasaan kami adalah bahwa ada korelasi proporsional antara tingkat yang diumumkan dan jumlah yang diminta.

Tjark: Oke, Susanne, saya rasa saya memiliki informasi yang cukup sekarang untuk menghitung tarif per ton. Terimakasih atas dukunganmu. Tarifnya akan saya serahkan kepada Anda besok sehingga kami dapat memulai operasi sedini mungkin.

Setelah percakapan ini, Tjark merangkum apa latihannya. Dia harus memperbaiki tarif pengiriman o^{pt} yang memungkinkan dia memperoleh pendapatan sebanyak mungkin dengan FRISIA-CC. Tarif ini harus ditetapkan antara p^{min}=0 dan p^{max}=100 . Jika dia menawarkan transportasi secara gratis, muatan N^{max} = 50 ton dimungkinkan. Jika dia menaikkan tarif sebesar 1 dia akan kehilangan ton muatan. Tingkat kehilangan muatan adalah $\alpha = \frac{N^{max} - 0}{0 - p^{max}} = \frac{50\ ton}{-100} - \frac{1\ ton}{2}$

$$\text{PDF(p)} = N^{max} + \alpha \text{ x p} = 50 \text{ ton} - \frac{1 \text{ ton}}{2} x\ p$$

Sekarang dia dapat menuliskan muatan yang diperoleh sebagai fungsi PDF(p) dari harga yang terjualsatuan(ton)seperti yang ditunjukkan pada Persamaan(17.1). Fungsi ini disebut **fungsi *price-demand***.



Gambar 17.2 Fungsi harga-permintaan untuk pelanggan FRISIA-CC

Fungsi ini diplot pada Gambar 17.2 sebagai garis hitam berpikir. Jika Tjark menetapkan tarif ("pendapatan per ton") menjadi p = 20 maka ia memperoleh muatan 40 ton. Untuk p 50 dia akan menjual 25 ton dan untuk p=70 total muatan yang dijual adalah 15 ton.

$$\text{REV(p)} = \text{PDF(p) x p} = (N^{max} + \alpha \text{ x p}) \text{ x p} = N^{max}\ x\ p + \alpha + \text{p}^2$$
$$= N^{max}\ x\ p + \frac{N^{max} - -}{0 - P^{max}}\ x\ p^2$$

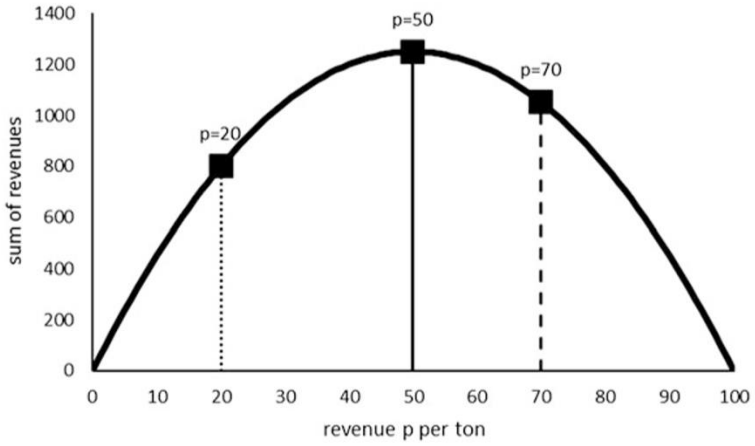
Untuk menghitung hasil jumlah pendapatan yang diperoleh dengan bergantung pada tingkat p, Tjark menyatakan pendapatan dengan fungsi REV(p) sebagai produk perkalian antara tingkat yang ditentukan p dan kuantitas penjualan yang diinduksi PDF(p) seperti yang dinyatakan oleh Persamaan (17.2).Untuk ketiga tarif tersebut di atas, hasilnya diwakili oleh daerah yang dibatasi oleh garis putus-putus (REV(20) = 20 x 40 = 800), garis kontinu (REV (50) = 50 x 25 = 1250), serta garis putus-putus (REV(70)=70 x 15 =1050).

$$REV'(p) = N^{max} - 2\frac{N^{max}}{p^{max}} x\ p$$

Tjark ingin mengetahui tarif mana yang menghasilkan jumlah pendapatan maksimal. Untuk ini, ia akan mengidentifikasi p^{opt} nilai optimal yang memaksimalkan fungsi REV. Pertama, Tjark membedakan REV dan merumuskan turunan pertamanya REV' seperti yang diberikan dalam Persamaan. (17.3). Selanjutnya, Tjark mencari akar dari REV'. Satu-satunya di sini adalah $p^{max}/2$. Akhirnya, karena fungsi turunan kedua dari REV adalah fungsi konstanta $-2N^{max} / p^{max}$, akar $p^{opt} = p^{max}/2$ memberikan satu-satunya maksimum fungsi pendapatan REV. Dalam kasus kami, itu adalah p^{opt} = 50 /ton. Jika Tjark menetapkan tarif untuk FRISIA-CC menjadi 50 , ia memaksimalkan pendapatannya dari pelanggan ini. Dia harus mengalokasikan 25 ton untuk FRISIA-CC. Jumlah pendapatan dari FRISIA-CC adalah 50 /ton x 25 ton 1250. Tarif tetap disebut tarif (harga) optimal individual untuk pelanggan FRISIA-CC.

Sebuah visualisasi dari fungsi pendapatan disediakan oleh Gambar 17.3. Dapat dilihat bahwa jumlah pendapatan maksimal dicapai pada tingkat 50 /ton. Tabel 17.1 mengumpulkan alokasi kapasitas untuk layanan shuttle selama periode musim dingin yang dibuat sejauh ini. Kami melihat bahwa tarif yang disepakati berbeda untuk kedua pelanggan. Tjark akhirnya merangkum langkah-langkah untuk perhitungan tingkat optimal individual:

(a) Tentukan fungsi harga-permintaan PDF(p) yang memetakan kurs p ke jumlah barang yang terjual.
(b) Tentukan fungsi pendapatan REV(p) PDF(p)·p untuk menghitung jumlah keseluruhan pendapatan yang diperoleh jika tarif diatur ke p.
(c) Identifikasi laju yang memaksimalkan REV(p) dengan menghitung posisi akar dari fungsi turunan pertama REV(p).



Gambar 17.3 Fungsi pendapatan untuk pelanggan FRISIA-CC

Tabel 17.1 Alokasi kapasitas untuk periode musim dingin (tarif yang disepakati untuk pelanggan)

	Layanan Ke						
	Borkum	Juist	Norderney	Baltrum	Langeoog	Spiekeroog	Wangerooge
Customer	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
FRISIA REAL-ESTATE	60 (15)	61 (15)	62 (15)	63 (15)	64 (15)	65 (15)	60 (15)
FRISIA-CC	25 (50)	26 (50)	27 (50)	28 (50)	29 (50)	29 (50)	25 (50)
Tak terpakai	95	95	95	95	95	95	95

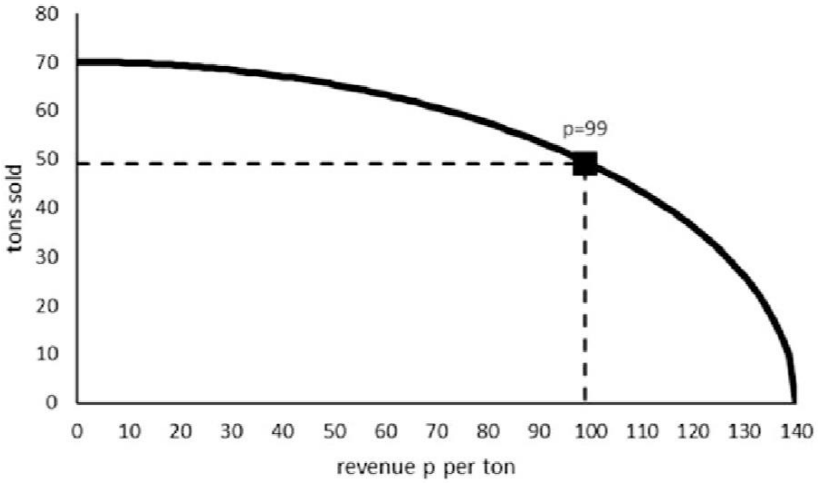
Prosedur ini dapat diterapkan bahkan jika PD Fis non-linear tetapi dapat dibedakan. Kami menunjukkannya melalui calon pelanggan lain yang dihubungi oleh Tjark. NORTH-WIND adalah perusahaan pemeliharaan dan perbaikan yang mengkhususkan diri dalam layanan MRO untuk generator angin lepas pantai. Perusahaan ini bertanggung jawab atas sejumlah besar pembangkit listrik tenaga angin di utara tujuh Kepulauan Frisia Timur. Mereka memiliki bengkel gabungan dan gudang suku cadang di masing-masing pulau. ANGIN UTARA dan PENGIRIMAN PESISIR FRISIA telah sepakat untuk memulai bisnis bersama untuk mengatur suplai dan pembuangan barang-barang yang dibutuhkan untuk bengkel ANGIN UTARA secara teratur.

$$P\mathrm{DF}_{NW}(p) = \sqrt{(N)^{max^2} - \left(\frac{1}{2}\,p\right)^2}$$

Untuk penentuan tingkat yang akan diusulkan ke ANGIN UTARA, Tjark pertama-tama memperkirakan $\mathrm{PDF}_{NW}(p)$ yang diberikan dalam Persamaan. (17.4), yang bukan merupakan fungsi linier afin dari tingkat p, tetapi fungsi penurunan yang kuat secara monoton dari terapi. Tjark memutuskan untuk menggunakan parameter N^{max} = 70. Kurva yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 17.4. Fungsi pendapatan $\mathrm{REV}_{NW}(p)$ yang dinyatakan dalam (17.4) sekarang memiliki tingkat maksimum sekitar 99 per ton (lihat Gambar 17.5). Ini sesuai dengan alokasi 49 ton untuk ANGIN UTARA.

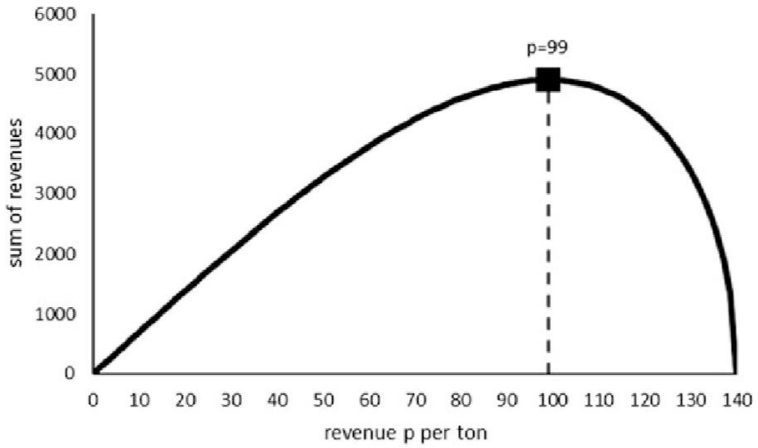
Harga dengan Kapasitas Langka

Setelah Tjark mengalokasikan kapasitas untuk pelanggan ANGIN UTARA, dia merangkum alokasi kapasitas yang dibuat sejauh ini. Tabel 17.2 menunjukkan reservasi harian serta tarif yang disepakati. Dia menemukan bahwa 46 ton masih tersedia untuk dijual dan dialokasikan kepada pelanggan. Inilah alasan Tjark memutuskan untuk lebih berupaya mendapatkan pelanggan tambahan dan menjual kapasitas sisa. Dia membuat situs web dan mengirim email ke pelanggan potensial.



Gambar 17.4 Grafik untuk pelanggan ANGIN UTARA

Tjark mampu mencadangkan semua kapasitas yang dibutuhkan untuk mewujudkan tingkat optimal, yaitu kapasitas sumber daya tidak langka. Namun, apa yang terjadi jika kapasitas yang tersedia tidak mencukupi? Kekurangan kapasitas seperti itu muncul dalam dua situasi yang berbeda. Kami akan menyelidiki keduanya. Kami berasumsi bahwa kontrak dengan FRISIA REAL-ESTATE adalah tetap dan tidak dapat diubah lagi sehingga kami hanya dapat mengalokasikan 120 ton per hari



Gambar 17.5 Fungsi pendapatan untuk pelanggan ANGIN UTARA

Tabel 17.2 Alokasi kapasitas untuk periode musim dingin (tarif yang disepakati untuk pelanggan)

	Layanan Ke						
	Borkum	Juist	Norderney	Baltrum	Langeoog	Spiekeroog	Wangerooge
Customer	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
FRISIA REAL-ESTATE	60 (15)	61 (15)	62 (15)	63 (15)	64 (15)	65 (15)	60 (15)
FRISIA-CC	25 (50)	26 (50)	27 (50)	28 (50)	29 (50)	29 (50)	25 (50)
NORTH-WIND	49 (99)	50 (99)	51 (99)	52 (99)	53 (99)	54 (99)	49 (99)
Tak terpakai	46	46	46	46	46	46	46

Situasi 1: Kekurangan Alokasi Kapasitas untuk Hanya Satu Pelanggan
Persamaan 17.5

$$P\mathrm{DFx(p)} = 250 \text{ x } \mathrm{e}^{-0.3\,x\,p}$$

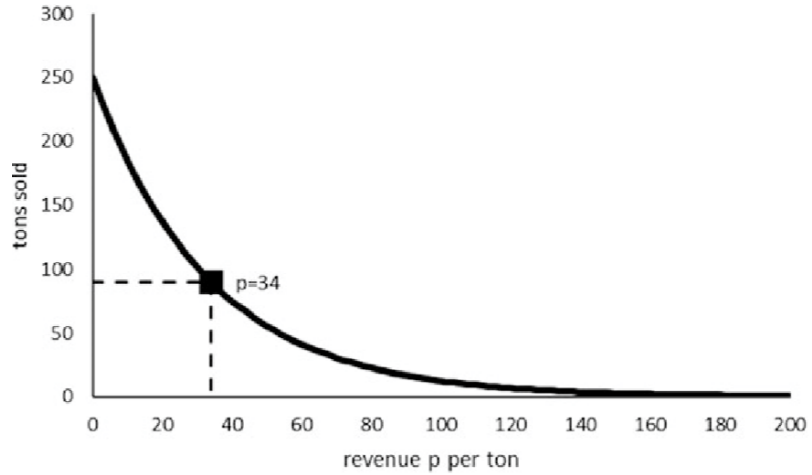
Setelah Tjark memulai aktivitas pemasarannya, ia menerima telepon dari calon pelanggan lain bernama Customer-X. Pelanggan ini menawarkan permintaan maksimal N^{max} = 250 Unit (jika tingkat p = 0), tetapi permintaan menurun jika tingkat meningkat sesuai dengan $PDF_X(p)$ yang didefinisikan dalam (17.5) dan diplot pada Gambar 17.6. Plot fungsi pendapatan yang sesuai $REV_X(p)$ ditunjukkan pada Gambar 17.7. Penerapan prosedur(a)–(c)menentukan tingkat optimal secara individu = 34 /ton. Tarif ini dapat terwujud jika CUSTOMER-X dapat dilayani dengan kurang lebih 90 ton. Tjark khawatir karena kapasitas muatan sisa di atas kapal FRISIA STORM hanya 46 ton. Dia memutuskan untuk menaikkan tarif yang ditawarkan kepada pelanggan langkah demi langkah sampai PDFX menunjukkan permintaan tidak melebihi 46 ton: Tjark harus menaikkan tarif menjadi 57 per ton.

Tjark telah memecahkan masalah kekurangan kapasitas, tetapi dia ingin mengetahui "harga" dari memperpendek kapasitas yang dialokasikan untuk PELANGGAN-X. Jika dia memiliki kapasitas yang cukup, dia bisa mendapatkan 34 /ton x 90 ton = 3060 . Dengan kenaikan tarif 57 per ton dia mampu menjual 46 ton sehingga pendapatannya sama dengan 2622 . Jika dia memperpendek kapasitas yang dialokasikan untuk pelanggan yang "terakhir dilayani", dia tidak dapat merealisasikan 438 ("pendapatan yang hilang").

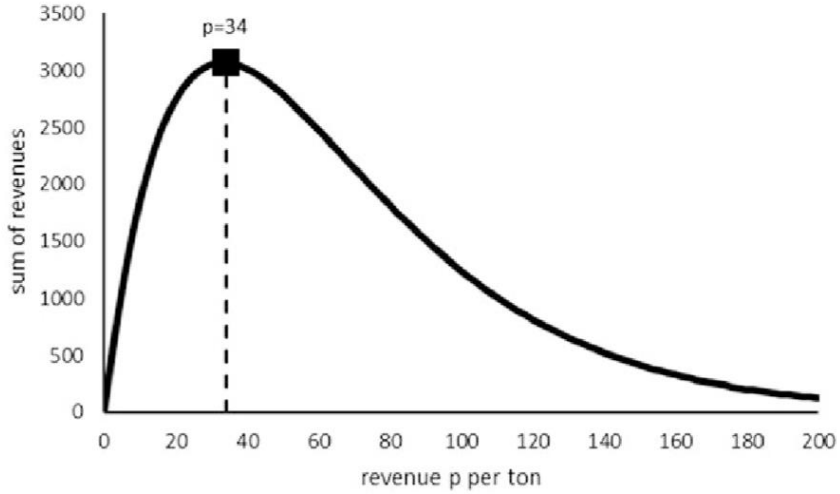
Situasi 2: Kekurangan Sementara Alokasi Kapasitas untuk Beberapa Pelanggan

Pada situasi sebelumnya, PELANGGAN-X adalah pelanggan terakhir yang meminta untuk dilayani. Sesaat sebelum ANGIN UTARA diterima dan sebelum pelanggan ini, FRISIA-CC

diproses. Tjark telah mengalokasikan kapasitas untuk ketiga pelanggan tersebut sesuai urutan kemunculannya ("*First-Come/First-Serve*" atau FCFS). Ia ingin memahami dampak penentuan tarif (harga) secara berurutan. Dia memahami bahwa untuk pelanggan awal, keputusan penetapan harga "terbaik" dibuat selama kapasitas yang memadai tersedia. Segera setelah kapasitas ganda kurang dari jumlah kapasitas optimal yang dibutuhkan, keputusan sebelumnya mungkin menjadi kurang optimal. Di sini, sub-optimalitas mengacu pada revisi yang diperlukan dari keputusan penetapan harga dan alokasi kapasitas yang dibuat sebelumnya. Namun, tidak mungkin untuk meninjau keputusan harga setelah tarif (serta jumlah yang diterima) telah diumumkan kepada pelanggan.



Gambar 17.6 PDF untuk PELANGGAN-X



Gambar 17.7 Fungsi pendapatan REVX untuk CUSTOMER-X

Sehubungan dengan temuan di atas, Tjark memutuskan untuk mengatur ulang proses penetapan harga. Alih-alih segera memproses pelanggan, Tjark ingin "mengumpulkan" beberapa permintaan harga untuk memutuskan secara bersamaan tentang harga dan alokasi kapasitas untuk semua pelanggan yang dikumpulkan. Niatnya adalah untuk meningkatkan keputusan penetapan harga dengan menetapkan kapasitas yang langka kepada pelanggan yang paling menguntungkan (yang menunjukkan kesediaan untuk membayar tertinggi) daripada pelanggan pertama yang datang. Tentu saja jika n pelanggan dikumpulkan, menjadi perlu untuk menetapkan n tarif p_1^{opt} , ..., p_n^{opt} dan n jumlah yang dialokasikan PDF_1 (p_1^{opt}) , ..., PDF_n p_n^{opt} secara paralel dengan mempertimbangkan ketersediaan kapasitas sumber daya

yang langka C^{total}. Selain itu, tarif ini harus ditetapkan sehingga kapasitas sumber daya yang tersedia menghasilkan jumlah pendapatan maksimum yang mungkin dari semua n pelanggan. Masalah keputusan yang dijelaskan sebelumnya merupakan masalah optimasi di mana jumlah keseluruhan pendapatan yang diterima dari semua n pelanggan dimaksimalkan. Akan sangat membantu untuk memodelkan tugas keputusan ini sebagai model optimasi matematis (lih. Bab 7, 8, dan 12). Untuk menyiapkan model seperti itu, kita harus (1) mendeklarasikan variabel keputusan, (2) merumuskan kendala, dan (3) mendefinisikan fungsi tujuan.

Persamaan 17.6

$$\sum_{i=1}^{n} PDFi\,(p_i) \geq\ C^{total}$$

Persamaan 17.7

$$0 \leq \mathrm{Pi} \leq P_i^{max}\ \forall i\ =\ 1, \ldots, \mathrm{n}$$

Persamaan 17.8

$$\sum_{i=1}^{n} Pi\ \ x\ \ PDFi\,(p_i)\ \rightarrow\ \max$$

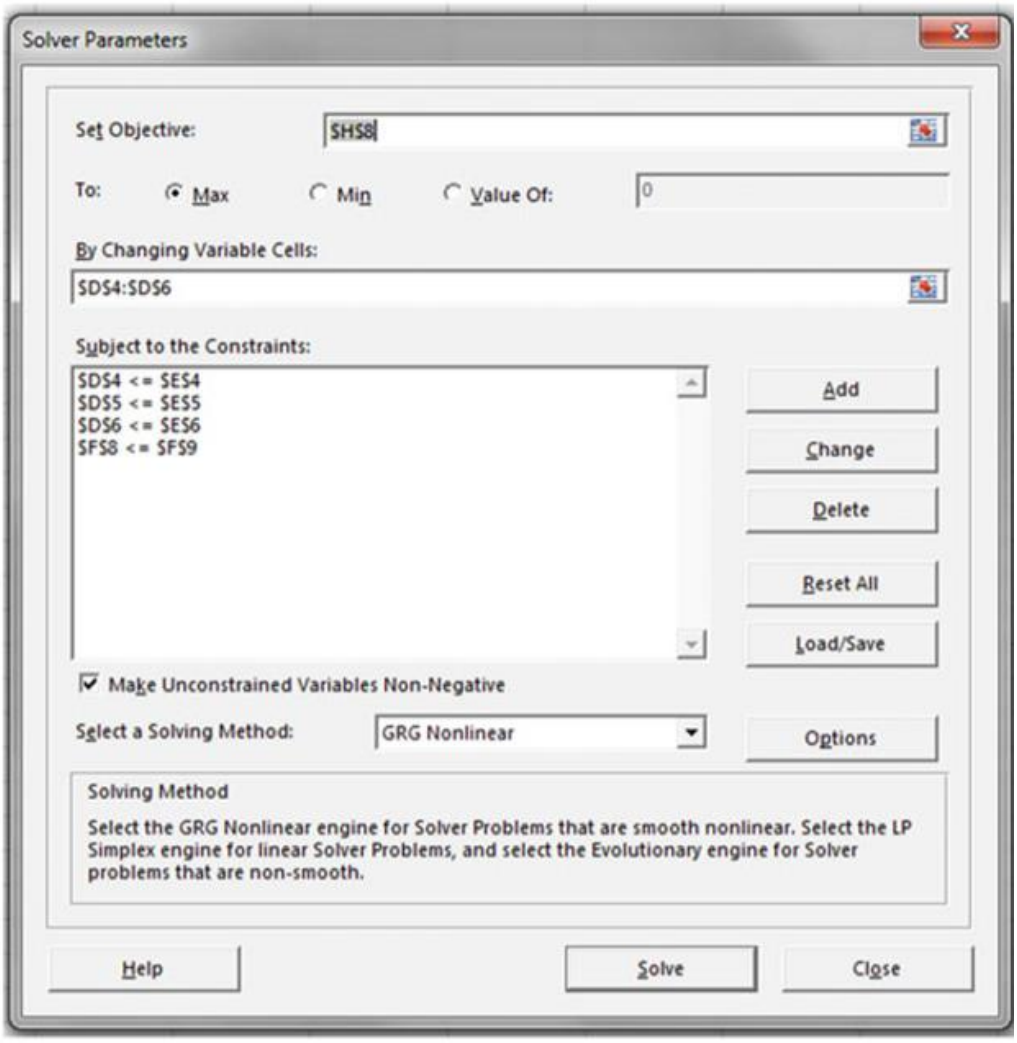
Sehubungan dengan (1) kami mendefinisikan pi sebagai pengganti untuk tarif yang ditetapkan untuk pelanggan i (i = 1, ..., n). Kami menggunakan PDFi harga-permintaan-fungsi untuk penentuan kapasitas yang dibutuhkan untuk pelanggan i. Kendala pertama adalah bahwa jumlah semua kapasitas yang dialokasikan untuk n pelanggan dibatasi oleh kapasitas sumber daya yang tersedia C^{total}, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (17,6). Harga harus non-negatif dan tidak boleh melebihi kemauan membayar maksimal menurut Persamaan (17.7). Jumlah pendapatan yang dikumpulkan dari semua pelanggan harus maksimal sesuai dengan Persamaan. (17.8).

Pemecahan model optimasi (17,6)–(17,8) membutuhkan prosedur yang rumit. Secara umum, dan tergantung dari jenis fungsi harga-permintaan, modelnya tidak linier. Berikut ini, kami tunjukkan penerapan umum model dengan menggunakan Pemecah Excel yang diperkenalkan di Bab 7. Gambar 17.8 menyajikan data (sel putih), sel variabel keputusan (abu-abu terang), dan sel terhitung (sel abu-abu gelap) yang digunakan untuk menginstruksikan Excel Solver-Tool. Rumus di kolom F adalah sebagai berikut: 50 + (50 - 0)/(0 - 100)*D4 (sel F4), SQRT(70^2 - (0.5*D5)^2) (dalam sel F5) juga sebagai 250*EXP(0.03*D6) dikodekan dalam sel F6. Kami menghitung jumlah pendapatan yang diperoleh dari setiap pelanggan (sel H4-H6) dengan mengalikan nilai sel dari kolom D dan F dan fungsi tujuan sel H8 berisi jumlah sel H4-H6.

Pengaturan parameter untuk *ExcelSolver* diperlihatkan pada Gambar 17.9. Karena baik kendala maupun fungsi tujuan bukan merupakan ekspresi linier, maka perlu untuk memilih algoritme pemecah tujuan umum. Di sini, kami memilih algoritma GRG-nonlinier. Setelah Tjark menekan tombol pecahkan di jendela dialog pemecah, alat pemecah mengambil semua data dari spreadsheet dan memproses semua perhitungan yang diperlukan. Setelah ini, ia mengembalikan harga dalam sel variabel D4–D6 (Gambar 17.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2				prices	max. prices	PDF		revenues
3						tons		
4		FRISIA-CC			100.00	50.00		-
5		NORTH-WIND			140.00	70.00		-
6		CUSTOMER-X			300.00	250.00		-
7								
8				required capacity (F4+F5+F6)		370		-
9				available capacity		120		objective

Gambar 17.8 Spreadsheet dengan semua data yang diperlukan untuk menyelesaikan model optimasi (17,6)–(17,8)



Gambar 17.9 Parameterisasi Alat Pemecah Excel

Tjark sekarang membandingkan pendapatan yang diperoleh di FCFS dan harga simultan. Pertama, dia mengamati bahwa jumlah pendapatan lebih besar dalam solusi untuk pengaturan harga simultan. 93,92 lebih banyak diperoleh jika Tjark menunggu sampai dia mengumpulkan data yang relevan dari ketiga pelanggan. Kedua, Tjark menemukan alasan peningkatan jumlah pendapatan dalam pengaturan harga simultan: PELANGGAN-X yang diproses sebagai pelanggan terakhir dalam pengaturan FCFS harus diberikan akses ke lebih banyak kapasitas daripada yang tersedia setelah FRISIA-CC serta NORTH-WIND memiliki telah

diproses. Selanjutnya, tarif yang disepakati dengan ANGIN UTARA harus sedikit dinaikkan untuk mengimbangi pengurangan kapasitas yang dialokasikan untuk FRISIA-CC dan ANGIN UTARA (Tabel 17.3).



	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2				prices	max. prices	PDF		revenues
3						tons		
4		FRISIA-CC		59.30	100.00	20.35		1.206.79
5		NORTH-WIND		103.75	140.00	47.00		4.876.21
6		CUSTOMER-X		51.93	300.00	52.65		2.733.93
7								
8					required capacity (F4+F5+F6)	120		8.816.92
9					available capacity	120		objective

Gambar 17.10 Harga optimal yang dikembalikan oleh Alat Pemecah Excel

17.3 MENETAPKAN HARGA OPTIMAL DI JARINGAN SUMBER DAYA

Jördis dan Tjark telah berhasil membangun bisnis mereka. Selama beberapa tahun sekarang perusahaan mereka telah berlayar dengan barang di kapal antara Neuharlingersiel dan tujuh pulau Frisia Timur. Semua pelanggan cukup puas karena mereka harus membayar harga yang pantas dan dapat diterima untuk layanan transportasi. Hari ini, Tjark sedang memikirkan ekspansi bisnis. Ia ingin masuk ke bisnis angkutan penumpang. Pemicu saat ini adalah tawaran untuk membeli kapal kedua, SEA DOG. SEA DOG dalam kondisi baik dan harganya adil. Kapasitas maksimalnya adalah 80 penumpang (PAX), tetapi kecepatannya sangat besar sehingga dapat melakukan perjalanan antar pulau hingga tiga pulau per hari (misalnya tiga perjalanan pulang-pergi yang berasal dari Neuharlingersiel).

Jördis, istri Tjark, punya ide bagaimana kapal ini bisa dikerahkan. Konsep bisnisnya untuk SEA DOG didasarkan pada pengamatan bahwa banyak PAX potensial membutuhkan transportasi dari pulau ke daratan dan dalam arah sebaliknya (atau sebaliknya) sementara yang lain hanya memesan perjalanan satu arah. Bersama dengan kantor pariwisata regional dan beberapa agen perjalanan, Jördis ingin menawarkan kepada para pelanggan ini kesempatan untuk memesan kapasitas perjalanan tunggal perjalanan pulang-pergi SEADOG. "Produk layanan" ini terdiri dari perjalanan tunggal antara Neuharlingersiel dan sebuah pulau atau antara sebuah pulau dan Neuharlingersiel. Pada setiap perjalanan ini jumlah kursi yang dapat dijual dibatasi. Oleh karena itu dia menafsirkan perjalanan sebagai sumber daya.

Tabel 17.4 berisi sumber daya yang tersedia. Menurut kontrak jangka panjang dengan beberapa hotel di pulau itu, Jördis dan Tjark telah berhasil mengalokasikan beberapa kursi di SEA DOG. Kapasitas sisa $CAP_k^{tersedia}$ yang ditunjukkan pada kolom kanan Tabel 17.4 memberikan jumlah SEATS yang dapat dijual langsung oleh Jördis dan Tjark.

Tabel 17.3 Keputusan penetapan harga serta kapasitas yang dialokasikan (per hari) di pengaturan FCFS (kiri) dan pengaturan harga simultan (kanan)

Harga FDFS				***Simulasi harga***			
	Tingkat / Ton	Alokasi / ton	Pendapatan		Tingkat / ton	Alokasi / ton	Pendapatan
FRISIA-CC	50	25	1250	FRISIA-CC	59.30	20.35	1206.79
NORTH-WIND	99	49	4851	NORTH-WIND	103.75	47.00	4876.21

CUSTOMER-X	57	46	2622	CUSTOMER-X	51.93	52.65	2733.93
			8723				8816.92

Tabel 17.4 Definisi dari 12 sumber daya yang ditawarkan oleh SEA DOG di minggu X

Resource Rk	Hari	Mulai	Destinasi	Kapasitas sisa CAP_k^{avail}
k=1	Senin	Neuharlingersiel	Norderney	25
k=2	Senin	Norderney	Neuharlingersiel	18
k=3	Senin	Neuharlingersiel	Langeoog	20
k=4	Rabu	Langeoog	Neuharlingersiel	22
k=5	Rabu	Neuharlingersiel	Langeoog	20
k=6	Rabu	Langeoog	Neuharlingersiel	25
k=7	Rabu	Neuharlingersiel	Borkum	24
k=8	Rabu	Borkum	Neuharlingersiel	22
k=9	Sabtu	Neuharlingersiel	Norderney	20
k=10	Sabtu	Norderney	Neuharlingersiel	18
k=11	Sabtu	Neuharlingersiel	Borkum	17
k=12	Sabtu	Borkum	Neuharlingersiel	10

Kami menyebut kumpulan sumber daya R. Tiket sekali jalan memerlukan satu sumber daya, tetapi setiap tiket pulang-pergi memerlukan penyebaran dua sumber daya. Kedua sumber daya tersebut harus menawarkan kapasitas yang cukup. Ini berbeda dengan pengaturan yang disebutkan di atas di mana setiap produk sesuai dengan tepat satu sumber daya. Biarkan P menunjukkan himpunan produk. Masalah penetapan harga seperti itu disebut masalah penetapan harga jaringan (Brotcorne et al. 2011).

Proses penetapan harga inti harus sebagai berikut. Semua pelanggan adalah agen perjalanan lokal (TA) yang menawarkan perjalanan turis asing ke dan dari pulau, seringkali dengan akomodasi semalam. TA ini mengumpulkan permintaan maksimal d_{ij}^{max} (dinyatakan sebagai kursi di SEA DOG) di minggu X dan menyerahkannya ke Jördis dan Tjark pada hari Jumat pukul 10:00 pagi di minggu X-1. Setiap TA mengajukan permintaan maksimal yang dikumpulkan secara individual. Segera, Jördis dan Tjark mengkonsolidasikan permintaan yang dikumpulkan dari TA. Mereka menentukan harga dan mengembalikannya ke TA. Semua TA yang berpartisipasi dikumpulkan dalam set C. Tjark menyukai konsep ini, baik untuk mengambil keputusan untuk membeli SEA DOG maupun untuk memperluas layanan FRISIA COASTAL SHIPPING untuk melayani pasar permintaan pelanggan ad-hoc yang jarang terjadi. Mereka berencana untuk menggunakan SEA DOG dan memulai semua persiapan yang diperlukan bersama dengan TA.

Tabel 17.5 Contoh Daftar Pemesanan Minggu X

Pulau yang terlibat	Produk j	Sumber yang terlibat	D_1^{jmax} (PAX)	D_{1j}^{max} (PAX)	D_{1j}^{max} (PAX)	P_{j1}^{max}	P_{j1}^{max}	P_{j1}^{max}
Norderney	j=1	R_1	7	3	5	60	80	70
	j-2	R_1, R_{10}	6	12	6	90	60	90
	j=3	R_2	5	5	4	70	100	60
	j=4	R_{10}	6	5	7	80	70	90
Langeoog	j=5	R_3	12	5	4	60	80	60
	j=6	R_4	3	0	7	90	80	100

	j=7	R_3, R_6	6	7	4	70	60	90
	j=8	R_6	0	2	8	80	90	60
Borkum	j=9	R_7, R_{12}	8	8	5	100	70	120
	j=10	R_7	2	3	0	60	90	70
	j=11	R_{12}	5	4	4	120	60	100

Tabel 17.5 mencantumkan informasi permintaan yang diajukan dari tiga TA yang berpartisipasi. Sekarang Tjark sedang mencari prosedur untuk menentukan tarif untuk pertanyaan pelanggan yang masuk. Dia ingin merumuskan/mengadaptasi model keputusan (17,6)–(17,8). Dia memiliki toset |C|·|P| harga individu secara paralel sehingga jumlah pendapatan yang diperoleh pada minggu X dimaksimalkan seperti yang telah dilakukan. Sekarang, empat batasan harus dipertimbangkan selama penentuan harga:

- Setiap tarif harus berada dalam interval antara 0 dan harga maksimum yang diterima p_{ij}^{max} .
- Permintaan yang diberikan harus berada pada interval antara 0 dan permintaan maksimal dan d_{ij}^{max} .
- Kapasitas sisa $CAP_k^{tersedia}$ dari sumber daya yang digunakan tidak boleh dilampaui.
- Permintaan yang dilayani $PDF_{ij}()$ harus berupa bilangan bulat.

Tjark mengasumsikan bahwa semua TA menunjukkan PDF sederhana untuk setiap produk. Secara khusus, dia memutuskan untuk menggunakan kembali PDF linier-halus yang ditunjukkan pada Persamaan. (17.1) di mana kemiringan $a_{ij} = \frac{D_{ij}^{max}}{0 - R_{ij}^{max}}$ mewakili ketergantungan fungsional antara tarif tetap dan permintaan yang tersedia dari pelanggan TAi untuk produk j. Dia memperkenalkan variabel keputusan non-negatif pij untuk mewakili tingkat yang ditetapkan untuk TAi untuk produk j. Selanjutnya, PDF yang didefinisikan sebagai $PDF_{ij}(p_{ij}) = D_{ij}^{max} + \frac{D_{ij}^{max} - 0}{0 - P_{ij}^{max}}$ x p_{ij} disebarkan.

$$U_{kj} = \begin{cases} 1, & jika\ dan\ hanya\ jika\ produk\ j\ menggunakan\ sumber\ daya\ k \\ 0, & disemua\ kasus \end{cases}$$

Untuk menyimpan informasi tentang apakah suatu produk memerlukan ketersediaan sumber daya tertentu, Tjark menggunakan parameter biner U_{kj} yang diperkenalkan pada Persamaan. (17.9).

Persamaan 17.10

$$\sum_{i \in C} \sum_{j \in P} P_{ij}\, x\ PDF_{ij}\,(P_{ij}) \rightarrow \max$$

Persamaan 17.11

$$0 \leq P_{ij} \leq P_{ij}^{max}\ \ \forall i \in C, j \in P$$

Persamaan 17.12

$$0 \leq PDF_{ij}\,(P_{ij}) \leq D_{ij}^{max}\ \ \forall i \in C, j \in P$$

Persamaan 17.13

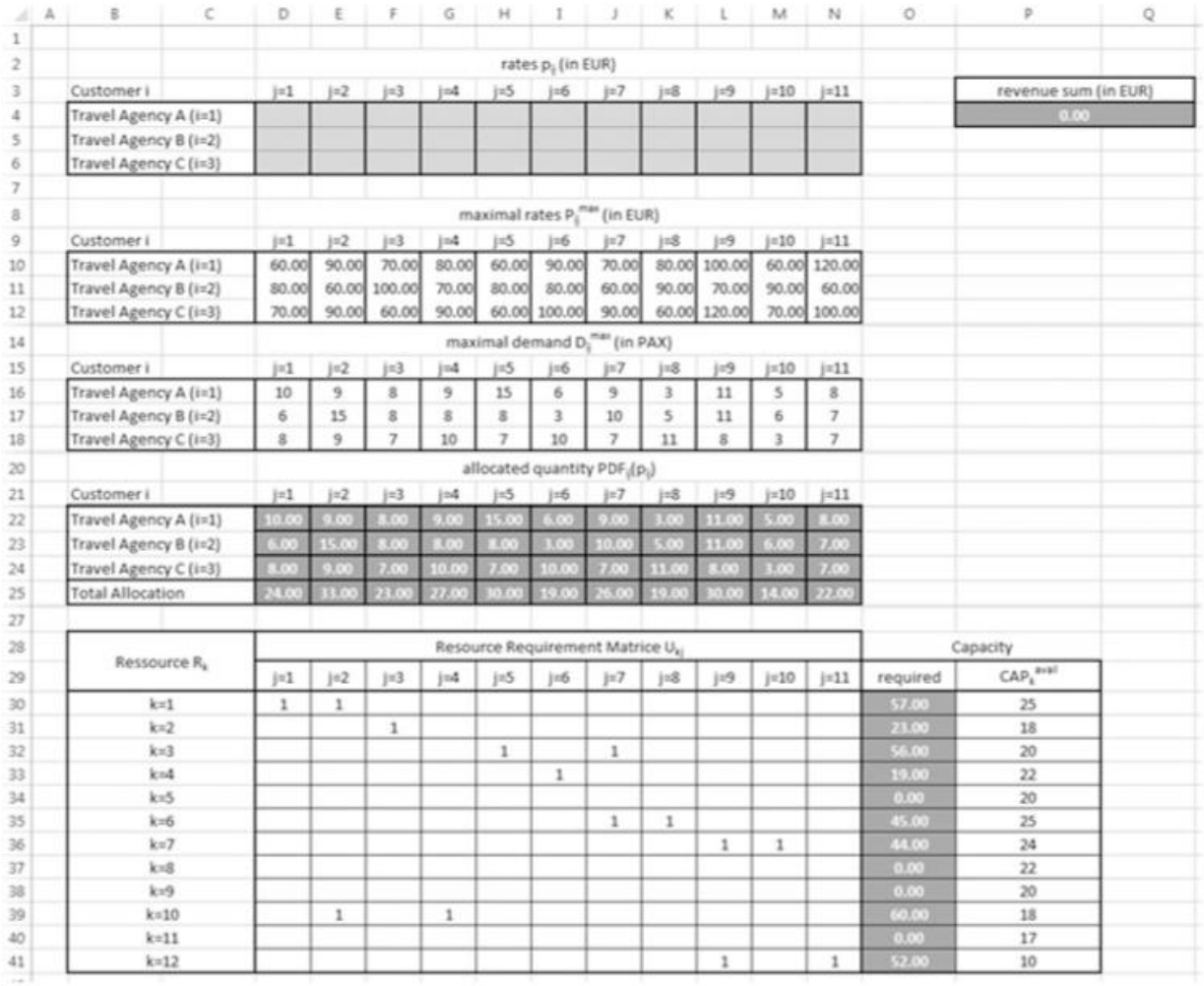
$$\sum_{i \in P} U_{kj} \sum_{j \in C} PDF_{ij}\ (P_{ij}) \leq CAP_k^{tersedia}\ \ \forall k \in P$$

Persamaan 17.14

$$PDF_{ij}\,(P_{ij}) \in \{0, 1, \ldots, D_{ij}^{max}\}\ \ \forall i \in C, j \in P$$

Sekali lagi, pemaksimalan jumlah pendapatan yang diperoleh dibahas (Persamaan 17.10). Jumlah ini dicapai dengan menjumlahkan pendapatan dari semua pelanggan dan

semua produk. Tingkat akhir bervariasi antara 0 dan tingkat maksimal yang mungkin (17.11), tetapi permintaan maksimal tidak dapat dilampaui oleh kapasitas yang dialokasikan untuk setiap pelanggan serta setiap produk (17.12). Batasan jaringan (17.13) memastikan bahwa kapasitas sumber daya yang tersedia dihormati. Hanya nilai integer yang diterima untuk kapasitas yang dialokasikan (17.14).



rates p_{ij} (in EUR)

Customer i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11
Travel Agency A (i=1)											
Travel Agency B (i=2)											
Travel Agency C (i=3)											

revenue sum (in EUR)
0.00

maximal rates P_{ij}^{max} (in EUR)

Customer i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11
Travel Agency A (i=1)	60.00	90.00	70.00	80.00	60.00	90.00	70.00	80.00	100.00	60.00	120.00
Travel Agency B (i=2)	80.00	60.00	100.00	70.00	80.00	80.00	60.00	90.00	70.00	90.00	60.00
Travel Agency C (i=3)	70.00	90.00	60.00	90.00	60.00	100.00	90.00	60.00	120.00	70.00	100.00

maximal demand D_{ij}^{max} (in PAX)

Customer i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11
Travel Agency A (i=1)	10	9	8	9	15	6	9	3	11	5	8
Travel Agency B (i=2)	6	15	8	8	8	3	10	5	11	6	7
Travel Agency C (i=3)	8	9	7	10	7	10	7	11	8	3	7

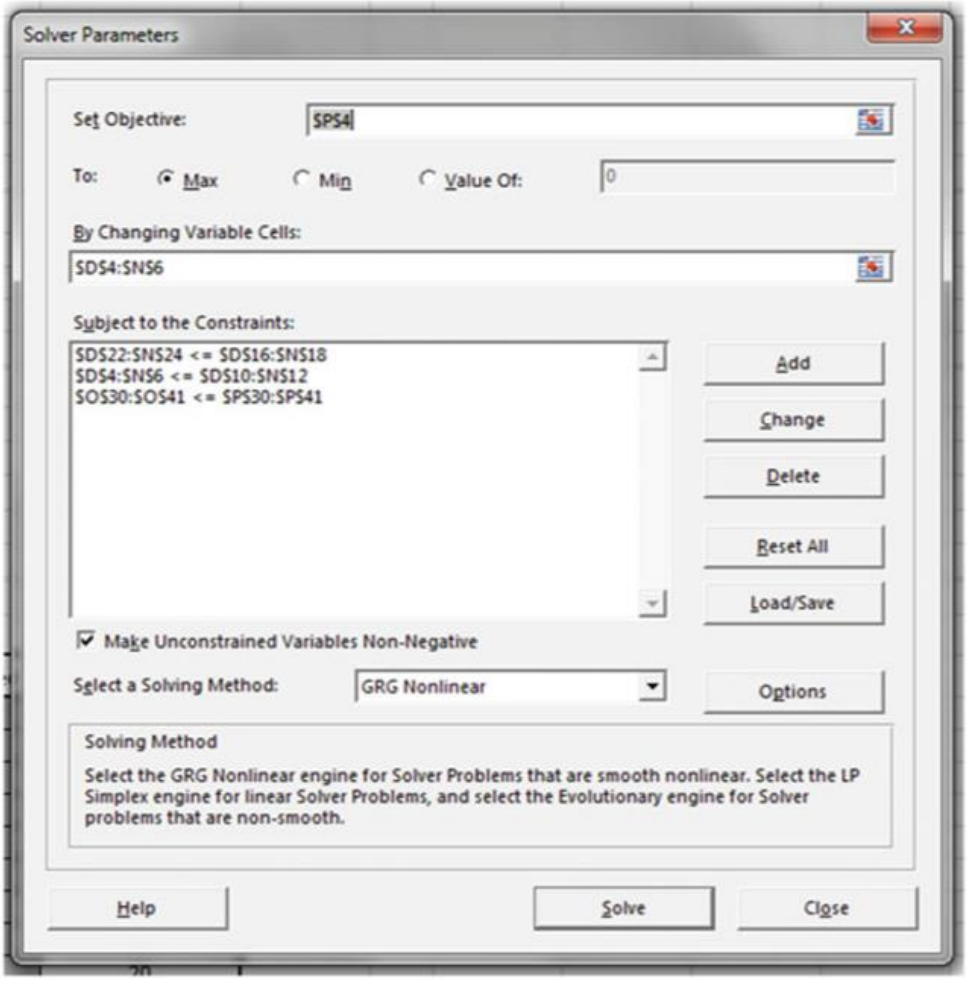
allocated quantity $PDF_{ij}(p_{ij})$

Customer i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11
Travel Agency A (i=1)	10.00	9.00	8.00	9.00	15.00	6.00	9.00	3.00	11.00	5.00	8.00
Travel Agency B (i=2)	6.00	15.00	8.00	8.00	8.00	3.00	10.00	5.00	11.00	6.00	7.00
Travel Agency C (i=3)	8.00	9.00	7.00	10.00	7.00	10.00	7.00	11.00	8.00	3.00	7.00
Total Allocation	24.00	33.00	23.00	27.00	30.00	19.00	26.00	19.00	30.00	14.00	22.00

Ressource R_k	Resource Requirement Matrice U_{kj}											Capacity	
	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	required	CAP_k^{avail}
k=1	1	1										57.00	25
k=2			1									23.00	18
k=3					1		1					56.00	20
k=4						1						19.00	22
k=5												0.00	20
k=6							1	1				45.00	25
k=7									1	1		44.00	24
k=8												0.00	22
k=9												0.00	20
k=10		1		1								60.00	18
k=11												0.00	17
k=12									1		1	52.00	10

Gambar 17.11 Spreadsheet yang berisi semua informasi yang terkait dengan model optimasi (17.10)–(17.14)

Gambar 17.11 berisi skema perhitungan spreadsheet sebagai dasar untuk sistem pengoptimalan tingkat berorientasi Excel Solver-Tool. Sel yang diarsir abu-abu muda D4:N6 dipilih untuk mewakili tingkat yang ditentukan. Konfigurasi Solver-Tool berinteraksi dengan spreadsheet pada Gambar 17.11 disajikan pada Gambar 17.12. Batasan pertama $D$22:$N$24 < = $D$16:$N$18 direalisasikan (17.11). Batasan (17.12) diwakili oleh entri kedua dalam daftar kendala (Gbr. 17.12). Akhirnya, ekspresi $O$36:$O$47 <= $P$36:$P$47 memperhatikan pertimbangan keterbatasan kapasitas sumber daya yang terlibat.

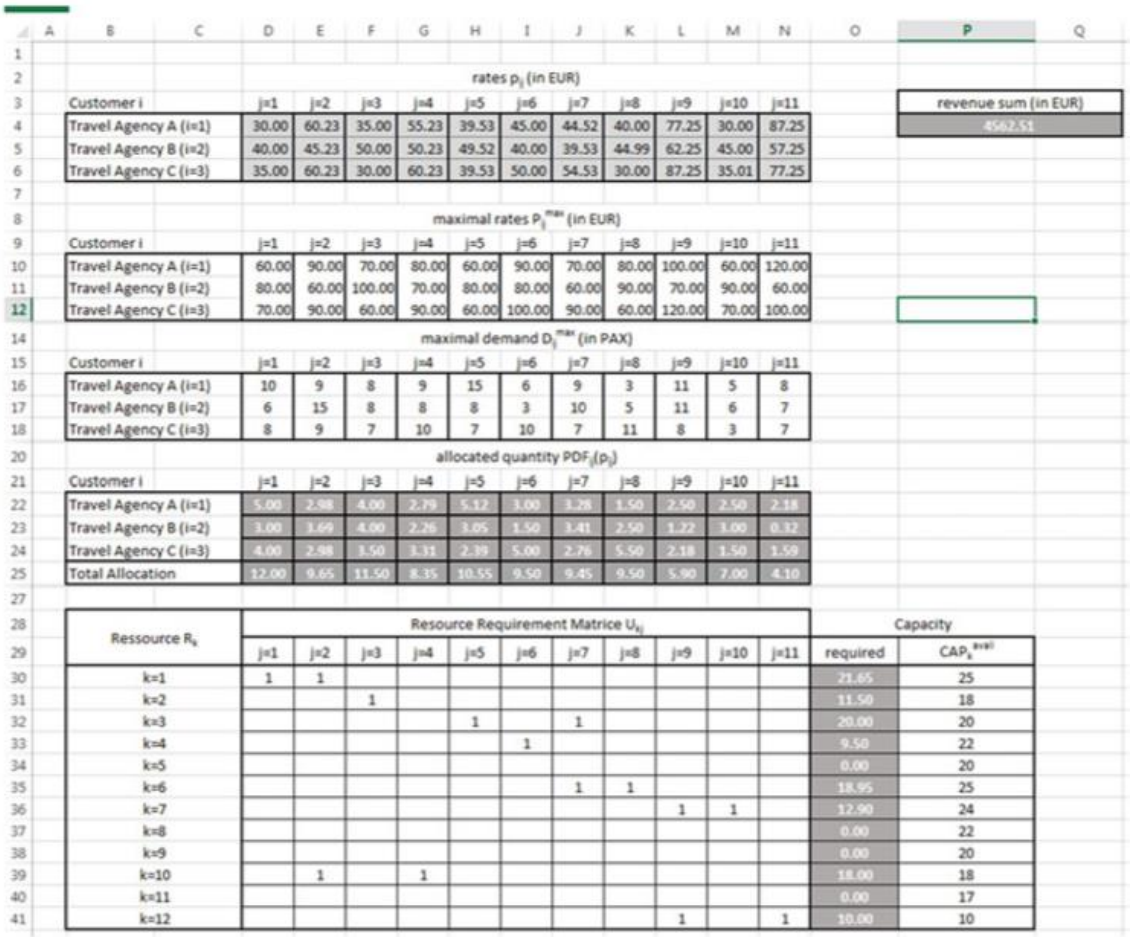


Gambar 17.12 Parameterisasi Solver-Tool

Solver-Tool mengembalikan koleksi pendapatan-maksimal dari 33 tarif individu (Gambar 17.13). Untuk dapat merealisasikan tarif tersebut perlu mengalokasikan jumlah kursi ke tiga biro perjalanan yang diberikan pada sel D22:N24. Nilai-nilai ini pada umumnya bukan bilangan bulat. Di sini, pembulatan sering tidak masuk akal karena alokasi kapasitas yang diusulkan jatuh tepat di tengah interval antara dua nilai bilangan bulat.

Oleh karena itu perlu untuk menegakkan bahwa Solver-Tool hanya menggunakan nilai integer untuk jumlah yang dialokasikan. Tjark pertama-tama memperluas spreadsheet-nya dengan sel D29:N31 yang berisi jarak alokasi kapasitas yang diusulkan ke nilai integer terdekat (Gambar 17.14). Misalnya, sel D29 ditentukan menggunakan rumus=ABS(ROUND(D22;0)-D22). Tjark membatasi nilai dalam sel D29:N31 masing-masing hingga 0,001 dengan menambahkan batasan tambahan yang sesuai ke konfigurasi solver (Gambar 17.15). Setelah Solver-Tool dijalankan kembali, sekarang mengembalikan nilai integer (atau nilai yang sangat dekat dengan nilai integer) untuk kapasitas yang dialokasikan (sel D4: N6 pada Gambar 17.14).

Solver-Tool telah mengembalikan 33 harga. Di sini, pertama-tama kami mendeteksi bahwa harga yang berbeda ditentukan lagi untuk pelanggan yang berbeda. Fenomena ini disebut diskriminasi harga (Kimes 2010) ketika layanan yang diberikan kepada semua pelanggan serupa. Selain fakta ini, seperti yang telah kita amati dalam pengaturan sebelumnya, kita juga melihat bahwa harga tertinggi terwujud jika suatu produk memerlukan akses ke sumber daya yang langka seperti 3, 10, atau 12.



rates p_{ij} (in EUR)

Customer i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11
Travel Agency A (i=1)	30.00	60.23	35.00	55.23	39.53	45.00	44.52	40.00	77.25	30.00	87.25
Travel Agency B (i=2)	40.00	45.23	50.00	50.23	49.52	40.00	39.53	44.99	62.25	45.00	57.25
Travel Agency C (i=3)	35.00	60.23	30.00	60.23	39.53	50.00	54.53	30.00	87.25	35.01	77.25

revenue sum (in EUR)
4562.51

maximal rates P_j^{max} (in EUR)

Customer i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11
Travel Agency A (i=1)	60.00	90.00	70.00	80.00	60.00	90.00	70.00	80.00	100.00	60.00	120.00
Travel Agency B (i=2)	80.00	60.00	100.00	70.00	80.00	80.00	60.00	90.00	70.00	90.00	60.00
Travel Agency C (i=3)	70.00	90.00	60.00	90.00	60.00	100.00	90.00	60.00	120.00	70.00	100.00

maximal demand D_j^{max} (in PAX)

Customer i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11
Travel Agency A (i=1)	10	9	8	9	15	6	9	3	11	5	8
Travel Agency B (i=2)	6	15	8	8	8	3	10	5	11	6	7
Travel Agency C (i=3)	8	9	7	10	7	10	7	11	8	3	7

allocated quantity $PDF_j(p_{ij})$

Customer i	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11
Travel Agency A (i=1)	5.00	2.98	4.00	2.79	5.17	3.00	3.28	1.50	2.50	2.50	2.18
Travel Agency B (i=2)	3.00	3.69	4.00	2.26	3.05	1.50	3.41	2.50	1.22	3.00	0.32
Travel Agency C (i=3)	4.00	2.98	3.50	3.31	2.39	5.00	2.76	5.50	2.18	1.50	1.59
Total Allocation	12.00	9.65	11.50	8.35	10.55	9.50	9.45	9.50	5.90	7.00	4.10

Ressource R_k	Resource Requirement Matrice U_{kj}											Capacity	
	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	required	CAP_k^{avai}
k=1	1	1										21.65	25
k=2			1									11.50	18
k=3					1		1					20.00	20
k=4						1						9.50	22
k=5												0.00	20
k=6							1	1				18.95	25
k=7									1	1		12.90	24
k=8												0.00	22
k=9												0.00	20
k=10		1		1								18.00	18
k=11												0.00	17
k=12									1		1	10.00	10

Gambar 17.13 Mengembalikan tarif optimal

17.4 PENETAPAN HARGA DINAMIS

Penetapan Harga sebagai Reaksi terhadap Perkembangan Pasar yang Diamati

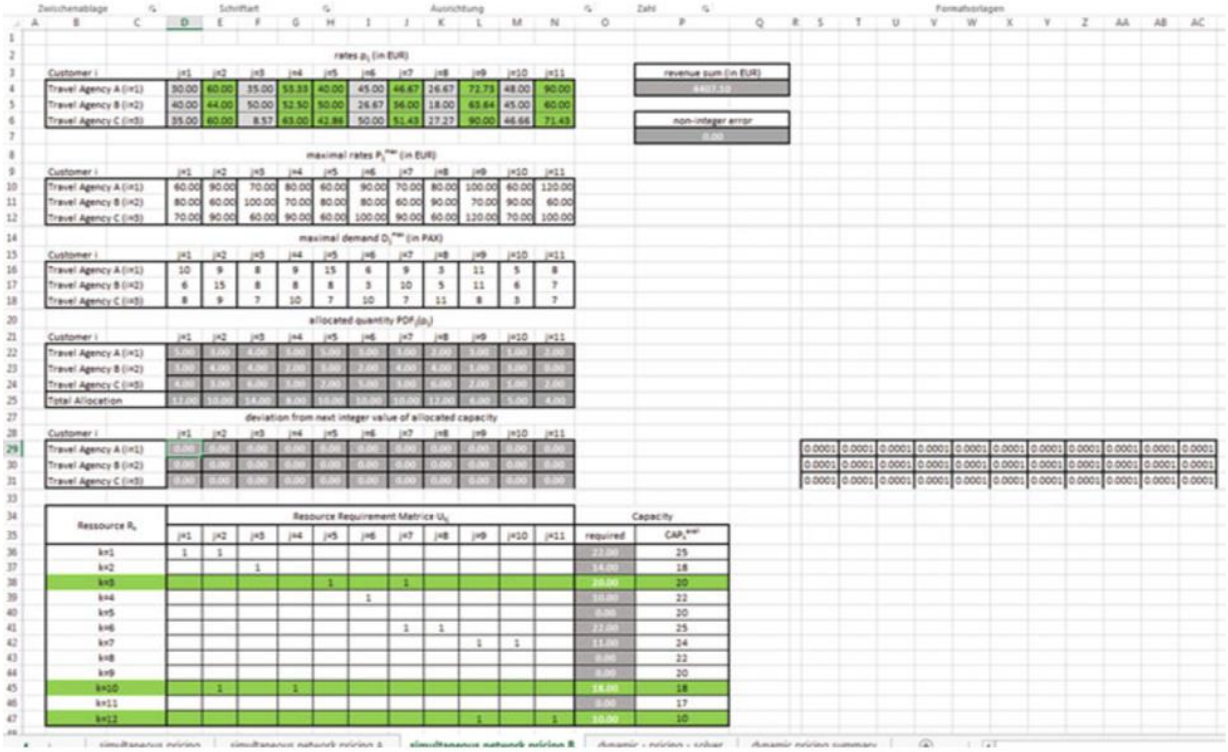
Kita telah mempelajari di bagian sebelumnya bahwa diskriminasi harga untuk pelanggan yang berbeda serta penetapan harga berdasarkan permintaan berkontribusi untuk memaksimalkan jumlah pendapatan yang dapat kita peroleh dengan sumber daya kapasitas tetap dari pasar yang heterogen. Dalam semua model penetapan harga kami, kami telah mengeksploitasi fungsi harga-permintaan yang ditentukan untuk pelanggan dan/atau produk yang berbeda. Jika fungsi-fungsi ini didefinisikan dengan benar maka harga yang dihitung sesuai. Namun, jika periode penjualan panjang atau jika keadaan pasar yang mendasarinya berubah selama periode penjualan, fungsi harga-permintaan mungkin menjadi tidak tepat dan, akibatnya, harga turunan juga menjadi tidak sesuai.

Ide untuk menangani situasi ini adalah mencoba menyesuaikan fungsi harga-permintaan dan harga untuk permintaan pelanggan yang akan datang. Bagian selanjutnya memperkenalkan konsep pembaruan harga yang reaktif dan digerakkan oleh pasar, yang sering disebut Dynamic Pricing (DP).

Perluasan Bisnis dengan Wisata Pesisir

FRISIA COASTAL SHIPPING tumbuh lebih lanjut. Jördis dan Tjarkearnafaira sejumlah uang setiap musim. Namun, mereka ingin memperluas dan mendiversifikasi bisnis mereka untuk melindunginya. Mereka mendiskusikan beberapa ide dan peluang, tetapi tidak menemukan ide bisnis yang memadai. Suatu malam, mereka duduk bersama dengan beberapa teman lama yang baru saja kembali dari perjalanan liburan mereka ke Laut Karibia. Mereka melaporkan apa yang disebut "tur keliling pulau". Ini adalah perjalanan pulang pergi

dengan perahu mulai dari lokasi hotel mereka dan mengunjungi lima pulau dalam perjalanan lima hari. Setiap malam mereka berada di pulau lain di mana mereka bisa melakukan tamasya atau menjelajahi pulau sendiri. Sambil bercanda, salah satu teman mengatakan: “Mungkin Anda bisa menawarkan perjalanan pulang pergi yang serupa dengan salah satu kapal FRISIA COASTAL SHIPPING. Buat beberapa iklan dan tunjukkan kepada turis tujuh pulau kami dalam waktu satu minggu”.



Gambar 17.14 Mengembalikan tarif optimal dengan nomor kursi bilangan bulat yang dialokasikan

Kembali di kantor keesokan paginya, Tjark kembali ke komentar temannya dan menuju ke Jördis:

Tjark: Jördis, saya pikir teman kita punya ide yang tepat untuk bisnis baru ketika dia menyebutkan perjalanan pulang pergi tujuh pulau. Beberapa ide terlintas di benakku tadi malam. Anda tahu bahwa kami memelihara hubungan bisnis yang sangat baik dengan sebagian besar pemilik hotel di pulau-pulau tersebut. Mungkin kita bisa meyakinkan mereka untuk bekerja sama dan menawarkan perjalanan pulang pergi ini.

Jördis: Ide yang sama muncul di benak saya saat makan malam dengan teman-teman kita dan, ya, saya pikir ide ini realistis. Tidak perlu menawarkan perjalanan pulang pergi seperti itu secara teratur dengan frekuensi tinggi. Tetapi selama musim sepi, hal itu dimungkinkan jika kami memiliki perahu yang tersedia dan pemilik hotel melihat peluang untuk menjual akomodasi tambahan. Satu-satunya masalah lagi adalah harga produk baru ini. Saya tidak punya ide tentang kesediaan untuk membayar perjalanan tujuh hari yang cukup melelahkan ini atau perkiraan yang realistis tentang jenis turis mana yang akan datang. Kami membutuhkan lebih banyak informasi tentang itu, bukan?

Tjark: Tentu saja, saya setuju dengan Anda. Apakah Anda ingat Christina dan Mark?

> Jördis: Christina dan Mark? Oh, maksudmu dua orang muda yang bertemu tahun lalu selama konvensi turis. Mereka terlibat dalam beberapa proyek wisata di Mesir, bukan?[2]
> Tjark: Ya, dua orang yang cukup sopan ini. Selama makan siang bisnis, mereka melaporkan sedikit tentang proyek mereka. Jika saya ingat dengan benar, mereka terlibat dalam pengembangan proyek baru. Mungkin mereka dapat membantu kami memperkirakan siapa pelanggannya dan/atau segmentasi pasar untuk penawaran perjalanan pulang pergi beberapa hari. Saya pikir saya akan mengirim mereka email segera.

Pada hari yang sama, tepat sebelum Tjark menyelesaikan pekerjaannya sehari-hari, ia menerima email dari Christina:

> Hai Tjark, senang mendengar kabar dari Anda dan Jördis. Ide yang bagus untuk memikirkan "7 pulau dalam 7 hari perjalanan pulang pergi". Ini cukup istimewa—kami juga telah mengembangkan beberapa perjalanan pulang-pergi gurun khusus di Mesir . Jika saya ingat dengan benar, kami mendapat beberapa kejutan ketika kami mengevaluasi ide pertama kami dan mewawancarai beberapa pelanggan lama dan mitra bisnis tentang potensi kesediaan untuk membayar. Kami menemukan bahwa tidak ada kemauan individu yang nyata untuk membayar! Namun, waktu pemesanan tampaknya mempengaruhi kemungkinan harga.

Ada tiga kelompok pelanggan. Kami memiliki "*earlybirds*", yang memesan lebih awal (hingga 3 minggu sebelum keberangkatan bus kami). Semua burung awal menunjukkan kesediaan yang sama untuk membayar. Mereka benar-benar ingin berpartisipasi dalam perjalanan pulang pergi seperti itu. Kelompok kedua adalah kelompok wisatawan yang tiba di hotel dan menemukan bahwa hanya ada gurun di daerah sekitarnya. Mereka menginginkan tur berpemandu untuk merasakan kehidupan di padang pasir.

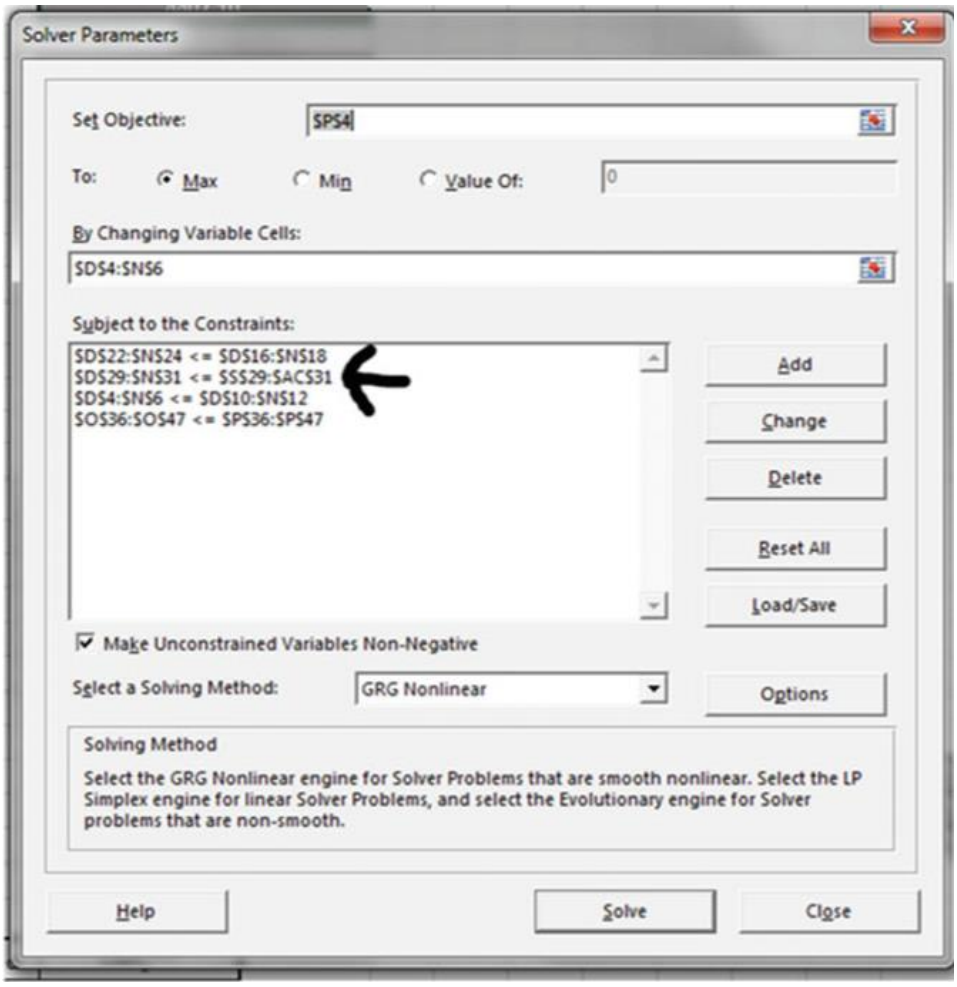
Kami menyebutnya "*arrivalbirds*". Saya membandingkan *earlybirds* yang sering mengatur pra-pemesanan dari rumah dengan burung yang tiba yang melakukan pemesanan di tempat di agen perjalanan lokal kami. Sekali lagi, semua anggota burung yang tiba menunjukkan kesediaan yang sama untuk membayar. Tapi ini berbeda dari kesediaan untuk membayar yang diamati untuk "*earlybirds*".

Akhirnya, kelompok ketiga disebut "*latebirds*". Mereka dapat diyakinkan untuk melakukan perjalanan pulang pergi dengan iklan progresif di tempat untuk menyelesaikan "pengalaman liburan yang sempurna". Semua burung yang terlambat memiliki kemauan membayar yang sama, tetapi itu cukup tinggi dibandingkan dengan kemauan membayar yang diamati untuk dua kelompok lainnya (saya menduga mereka cukup santai dan suasana hati yang baik). Semoga pengalaman saya membantu saya mengembangkan bisnis sendiri. Tolong beri tahu saya tentang kesuksesan Anda. Berharap untuk melihat Anda lagi, Christina.

Jördis juga membaca balasan email. Keduanya mendiskusikan isi dan segera menemukan bahwa situasi keputusan berbeda secara signifikan dari skenario keputusan sebelumnya. Skenario penetapan harga yang diselidiki sejauh ini melaporkan skenario dengan kebutuhan untuk menetapkan harga individual kepada pelanggan individu (atau kelompok pelanggan). Harga yang ditentukan tidak berubah selama periode penjualan lengkap. Di sini, perlu untuk menetapkan harga yang berbeda untuk bagian yang berbeda dari periode penjualan, tetapi harga ini berlaku untuk semua pelanggan (sehingga diumumkan kepada semua pelanggan). Ringkasnya, mereka menemukan:

[2] *Kita juga mengenal Christina dan Mark dari kasus-kasus yang dibahas di Bab. 14.*

- Pemesanan dini selama sepertiga pertama periode pemesanan dan membayar harga p1 per orang.
- Pesan burung yang tiba selama sepertiga kedua dari periode pemesanan dan terima harga p2.
- Pemesanan burung terlambat selama sepertiga akhir periode pemesanan dan harga p3 dimungkinkan.



Gambar 17.15 Parameterisasi solver yang direvisi.

Untuk mencapai nilai alokasi kapasitas bilangan bulat bulat: Batasan tambahan berlabel sekarang dipertimbangkan saat solver memproses data Sekali lagi, percakapan tentang peluang bisnis baru dimulai antara Jördis dan Tjark.

Tjark: Ini lucu. Ada harga yang berbeda untuk produk yang sama, tetapi harga ditentukan terutama pada saat dijual.

Jördis: Itu benar, tetapi waktu pemesanan sangat terkait dengan kelompok pelanggan khusus.

Tjark: Ya, Anda benar. Apakah menurut Anda kami dapat berasumsi bahwa kami juga memiliki segmentasi pelanggan potensial yang serupa? Ini adalah prasyarat yang diperlukan jika kita ingin memulai bisnis pulang pergi.

Jördis: Ya, jawaban pasti tidak mungkin, tapi saya pikir, ya, ada beberapa kesamaan antara dua kasus di gurun dan di sini di Pantai Frisian. Mungkin early bird akan terbentuk oleh semua wisatawan yang pernah bermimpi tentang

perjalanan kapal pesiar, tetapi tidak mau atau tidak bisa melakukannya di kapal pesiar reguler di luar negeri.
Tjark: Oh, itu ide yang bagus. Orang-orang ini akan membuat rencana yang lebih panjang dan memesan lebih awal. Dalam kasus lain, kami sering mengalami kondisi cuaca yang sangat buruk di wilayah ini. Semua pelanggan yang telah memesan masa inap 2 minggu dapat diyakinkan untuk melakukan perjalanan pulang pergi pulau jika kondisi cuaca buruk setelah mereka tiba dan mereka menyadari bahwa sangat tidak mungkin untuk menghabiskan hari-hari berikutnya di sisi pantai. Ini akan menjadi kelompok burung kami yang tiba.
Jördis: Benar, dan inilah kelompok ketiga, burung-burung yang terlambat: semua turis yang telah tiba dan yang menemukan bahwa selain alam murni, tidak ada yang bisa dinikmati di sini. Bagi mereka, pelayaran seperti itu bisa menjadi pengalaman yang sangat menarik yang penuh dengan sorotan.
Tjark: Haha, sekarang kamu melebih-lebihkan. Tetapi secara umum, Anda benar. Bagaimana menurut Anda: haruskah kita melanjutkan pengembangan ide bisnis kita?
Jördis: Ya, saya pikir kita harus melanjutkan. Namun, saya melihat satu tantangan besar: lagi-lagi soal harga. Bagaimana kita bisa memutuskan kapan harus mengubah harga dan harga mana yang harus kita gunakan?
Tjark: Kita harus menyelidiki harga variabel. Mungkin kita dapat menerapkan kembali beberapa alat penetapan harga yang telah kita gunakan.

Jördis dan Tjark mulai belajar tentang variasi harga produk. Pelanggan mengenali pembaruan harga ini sebagai harga variabel selama periode penjualan. Di sini, penetapan harga variabel menggambarkan gagasan umum untuk menyesuaikan harga suatu produk pada waktu tertentu selama periode penjualan (McCarthy 2010). Ada implementasi yang berbeda dari harga variabel

Penetapan harga musiman menerapkan penyesuaian harga dan waktu pembaruan harga diumumkan kepada pelanggan, sehingga pelanggan dapat mengantisipasi (atau bahkan mengetahui) kapan suatu harga akan diperbarui. Dalam penetapan harga musiman, pelanggan tidak perlu diberitahu tentang waktu dan tingkat penyesuaian harga, tetapi penyedia layanan perlu mengetahui secara pasti kapan dan berapa banyak harga diperbarui. Dalam penetapan harga musiman, harga tidak bergantung pada realisasi permintaan yang sebenarnya.

- Dalam *Dynamic Pricing* (DP), pembaruan harga terutama dipicu oleh faktor eksogen seperti permintaan pasar yang masuk. Penyedia layanan menetapkan aturan untuk pembaruan harga, tetapi hanya memiliki kendali terbatas (atau bahkan tidak ada) waktu dan tingkat penyesuaian harga (Maglaras dan Meissner 2006).
- Dalam pengingat bagian ini, kami menemani Jördis dan Tjark dan melaporkan temuan mereka tentang masalah DP dan penerapan skenario keputusan untuk penjualan tiket wisata pantai.

Pemodelan Situasi Keputusan

Penting untuk membagi periode penjualan yang lengkap Sinto T penjualan sub-periode S_1,... , S_T. Harga p_t (t=1, ...,T)harus tetap untuk setiap sub-periode penjualan. Jika kita mengetahui harga serta kuantitas qt yang dijual pada periode t, maka kita menghitung pendapatan yang diperoleh pada periode t dengan $p_t q_t$. Menyimpulkan produk-produk ini selama semua periode penjualan menentukan jumlah pendapatan yang diperoleh. Ini berarti kami mencari satu set harga optimal yang memaksimalkan jumlah pendapatan yang diperoleh

selama periode penjualan lengkap S. Sekali lagi, masalah pengoptimalan harus dipecahkan. Seperangkat harga harus ditetapkan.

Jika kita berasumsi bahwa kesediaan untuk membayar di setiap sub-periode adalah homogen untuk semua pelanggan dalam sub-periode, dan jika kita berasumsi bahwa harga pt adalah fungsi f_t dari kuantitas yang ditawarkan yang dijelaskan oleh PDF f_t yang diketahui, yaitu p_t $f_t(q_t)$, maka kita dapat merumuskan situasi keputusan sebagai model optimasi matematis.

Persamaan 17.15

$$\sum_{t=1}^{T} P_t \, x \, f_t \, x \;\; (P_t) \rightarrow \; \max$$

Persamaan 17.18

$$\sum_{t=1}^{T} f_t \, (P_t) \;\leq \; CAP$$

Optimalisasi mencoba untuk memaksimalkan jumlah pendapatan yang diperoleh selama semua sub-periode (17.15). Kami selanjutnya dapat mengasumsikan bahwa selama periode penjualan lengkap hanya CAP kapasitas terbatas yang dapat dialokasikan untuk permintaan pelanggan yang diterima. Pembatasan ini dinyatakan dengan kendala (17.16).

Persamaan 17.17

$$0 \leq f_t(P_t) \leq \; N_t^{max} \; \forall t \; \in \; \{1, \ldots, T\}$$

Persamaan 17.18

$$f_t(P_t) \; \in \; \{1, 1, 2, \ldots\} \qquad \forall t \; \in \; \{1, \ldots, T\}$$

Karena kuantitas qt mewakili jumlah tiket yang akan dijual pada periode t, jumlah ini harus non-negatif dan tidak boleh melebihi permintaan maksimal (17.17). Selanjutnya, kuantitas dibatasi untuk bilangan bulat (17.18).

Persamaan 17.19

$$0 \leq P_t \leq \; P_t^{max} \; \forall t \; \in \; \{1, \ldots, T\}$$

Tentu saja, setiap harga spesifik periode harus non-negatif dan tidak boleh melebihi harga maksimum spesifik periode P_t^{max} (Persamaan 17,19). Model optimasi matematis (Persamaan 17.15)–(17.19) mewakili tugas keputusan untuk menentukan beberapa harga pt secara bersamaan untuk semua sub-periode. Pemanfaatan PDFf_1, … ,f_T juga menentukan jumlah q_t yang ditawarkan pada setiap periode untuk mencapai harga jual p_t. Memecahkan model ini berarti menemukan partisi terbaik dari kapasitas yang tersedia untuk semua sub-periode.

Jumlah tertentu dari kapasitas yang tersedia ditetapkan untuk setiap periode. Sekali lagi, model ini sangat rumit untuk dipecahkan karena fungsi tujuan secara umum tidak linier seperti dua kendala, kami akan menjelaskan bagaimana distribusi kapasitas terbaik dilakukan pada semua periode penjualan. Kami akan menggunakan contoh berikut yang mewakili tugas penetapan harga untuk skenario perjalanan pulau Jördis dan Tjark.

Dengan bantuan beberapa mitra bisnis seperti kantor pariwisata daerah, beberapa pemilik hotel, dan tinjauan pasar, Jördis dan Tjark telah mengkonfirmasi bahwa pemisahan periode penjualan menjadi tiga sub-periode untuk menangani tiga kelompok pelanggan yang diuraikan adalah wajar. Selanjutnya, mereka telah memutuskan untuk menggunakan PFD f_1, f_2 serta f_3 dari bentuk (Persamaan 17.1) dengan parameter yang diberikan pada Tabel 17.6.

Jördisand Tjark memutuskan untuk merencanakan pengerahan kapal dengan kapasitas CAP= 100 penumpang untuk percobaan pertama. Mereka memutuskan untuk menggunakan periode pemesanan yang terdiri dari T=3 minggu berturut-turut sebelum keberangkatan kapal. Early bird diharapkan akan memesan pada minggu pertama, burung yang datang pada minggu

kedua dan terakhir pada minggu ketiga dan terakhir. Perlu untuk menentukan tiga harga p_1, p_2 dan juga p_3 untuk perjalanan pulang pergi pulau. Kami sekarang siap untuk menyiapkan model (Persamaan 17.15) – (Persamaan 17.19) untuk skenario penjualan pulang pergi pulau. Untuk memudahkan deskripsi model berikut, kami mendefinisikan: $m_i = \frac{N_i^{max} - 0}{0 - P_i^{mac}}$ jadi kita punya $m_1 = \frac{100}{-150}$, $m_2 = \frac{60}{-200}$, $m_3 = \frac{80}{-175}$. PDF sekarang adalah $f_1(p) = 100 + \frac{100}{-150}$ p, $f_2(p) = 60 + \frac{60}{-200}$p dan $f_3(p)= 80 + \frac{80}{-175}$p. Kita mendapatkan model optimasi (17.20)–(17.23) yang mewakili masalah harga untuk skenario penjualan pulang pergi pulau.

Persamaan 17.20

$$p_1 \ x \ \left(100 + \frac{100}{-150}p_1\right) + p_2 \ x \ \left(60 + \frac{60}{-200}p_2\right) + p_3 \ x \ \left(80 + \frac{80}{-170}p_3\right)$$
$$\rightarrow max$$

Persamaan 17.21

$$100 + \frac{100}{-150}p_1 + 60 + \frac{60}{-200}p_2 + 80 + \frac{80}{-170}p_3 \leq 100$$
$$0 \leq 100 + \frac{100}{-150}p_1 \leq 100$$
$$0 \leq 60 + \frac{60}{-200}p_2 \leq 60$$

Persamaan 17.22

$$0 \leq 80 + \frac{80}{-170}p_3 \leq 80$$

Persamaa 17.23

$$0 \leq p_1 \leq 150.0 \leq p_2 \leq 200.0 \leq p_3 \leq 175$$

Persamaan 17.24

$$f_1(p_1), f_2(p_2), f_3(P_3) \text{ bilangan bulat}$$

Tabel 17.6 Parameter PDF dalam tiga periode contoh perjalanan pulang pergi pulau

Periode i	Group Customer	Mak. Hargea p_1^{max}	Maks. kapasitas periode N_i^{max} (maks. permintaan pasar)
1	Early birds	150	100
2	Arrived Birds	200	60
3	Late birds	175	80

Distribusi Harga dan Kapasitas selama Periode Penjualan

Jördis dan Tjark perlu menemukan tiga harga optimal. Fungsi tujuan (17.20) tidak linier, tetapi kuadrat. Selain itu, 10 batasan harus dipertimbangkan saat mengevaluasi vektor harga yang berbeda $p=(p_1,p_2,p_3)$. Oleh karena itu, perhitungan manual harga terbaik bukanlah ide yang baik. Namun, karena fungsi tujuan non-linier, penerapan program linier (Bab 12) tidak dimungkinkan. Untuk memperkirakan keputusan harga terbaik, kita dapat menerapkan Excel Solver-Tool lagi menggunakan heuristik yang menerapkan beberapa aturan untuk menentukan harga, namun tidak memberikan informasi apa pun tentang kualitas solusi yang dikembalikan.

Menggunakan Excel-Solver-Tool

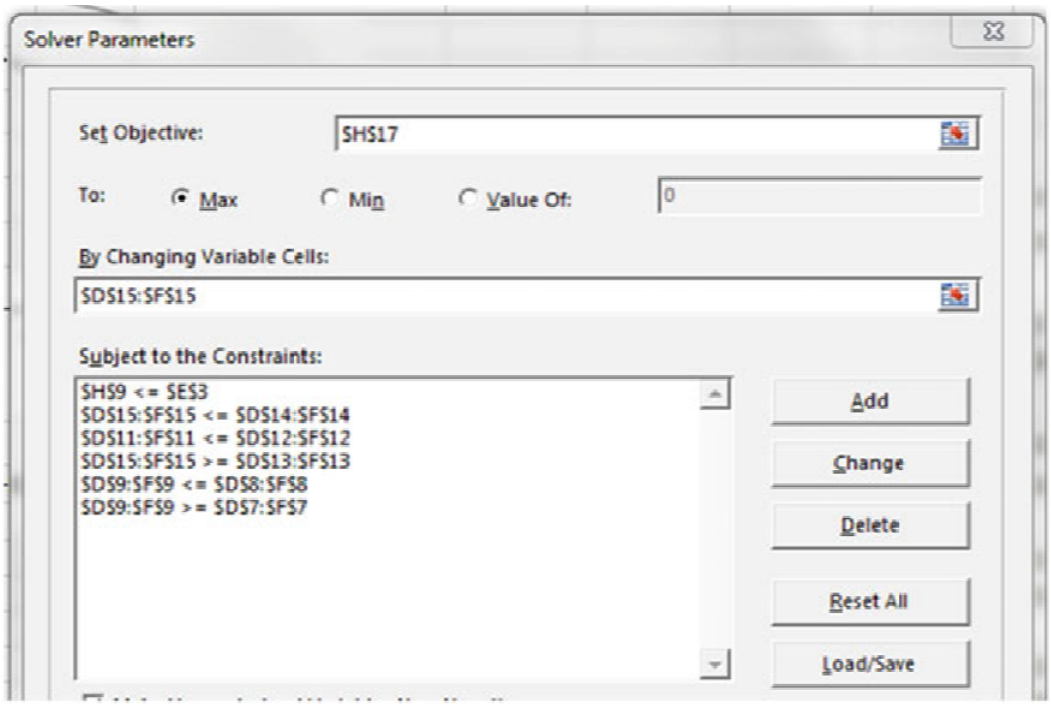
Spreadsheet yang berisi semua informasi untuk masalah penetapan harga diberikan pada Gambar 17.16. Sel putih berisi nilai yang merupakan parameter skenario. Sel yang diarsir abu-abu berisi nilai yang diturunkan atau dihitung dan sel hitam dicadangkan untuk menampung harga yang ditentukan. Sekali lagi, perlu untuk memastikan bahwa harga yang

ditentukan pi (baris 15) dikaitkan dengan nilai integer untuk jumlah tiket/penumpang (PAX) q_i (baris 9) yang terkait. Kami menggunakan lagi teknik untuk menentukan deviasi maksimal yang diperbolehkan (diberikan pada baris 12) dari nilai integer (diberikan pada baris 10).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3		Capacity	PAX	CAP	100					
4										
5					Period i					
6				i=1	i=2	i=3				
7		min demand	PAX	0	0	0				
8		max. demand N_i^{max}	PAX	100	60	80		total used capacity (D8+E8+F8)		
9		q_i	PAX	100.00	60.00	80.00		240.00		
10		round(q_i)	PAX	100	60	80				
11		$\lvert q_i$-round(q_i)$\rvert$		0.00	0.00	0.00				
12		max. deviation		0.001	0.001	0.001				
13		min. price	EUR	0.00	0.00	0.00				
14		max. price p_i^{max}	EUR	150.00	200.00	175.00				
15		p_i	EUR							
16								total revenue (D16+E16+F16)		
17		revenue	EUR	0.00	0.00	0.00		0.00		

Gambar 17.16 Spreadsheet yang berisi semua informasi yang terkait dengan model optimasi (17.20)–(17.24) yang digunakan oleh Jördis

Konfigurasi *Solver-Tool* yang diperlukan disajikan pada Gambar 17.17. Karena kita tidak memiliki model optimasi linier (Bab.12), kita tidak dapat menggunakan metode pemecahan berbasis algoritma sederhana. Oleh karena itu, kami memilih algoritma evolusioner. Ini adalah algoritma untuk mengidentifikasi solusi yang layak dengan nilai fungsi tujuan yang baik. Namun, solusi yang dikembalikan belum tentu merupakan solusi optimal karena algoritma evolusioner tidak dapat dibuktikan untuk mengembalikan solusi optimal. Ini adalah heuristik, yang berarti mengikuti beberapa aturan untuk mengidentifikasi solusi yang mungkin tanpa jaminan bahwa solusi ini optimal.



Gambar 17.17 Konfigurasi pemecah untuk model optimasi (17.20)–(17.24)

Jördis menyiapkan spreadsheet yang disebutkan di atas dan mengonfigurasi Solver-Tool. Dia memulai penyelesaian dan setelah beberapa waktu sebagai solusi dikembalikan ke dalam lembar kerja yang ditunjukkan pada Gambar 17.18. Kapasitas lengkap dialokasikan. Namun, harga untuk periode penjualan kedua ditetapkan ke 0. Akibatnya, hanya periode pertama dan terakhir yang berkontribusi pada total pendapatan 3500 . Jördis khawatir dengan hasil ini. Jika dia secara manual memasukkan harga tentatif 33,32 untuk periode kedua maka dia mengamati peningkatan total pendapatan 5232 (Gambar 17.19) meskipun hanya 90 dari 100 tiket yang terjual.

Tjark juga bereksperimen dengan alat spreadsheet. Anehnya, Tjark melaporkan hasil yang sama sekali berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.20. Untuk minggu pertama, harga ditetapkan menjadi 126,00 , untuk minggu kedua adalah 100,00 , dan untuk minggu ketiga adalah 87,50 . Jumlah pemesanan yang diharapkan adalah 16 (minggu 1), 30 (minggu 2) dan 40 (minggu 3), sehingga total 86 tiket akan terjual. Jumlah total pendapatan adalah 8515,95 .

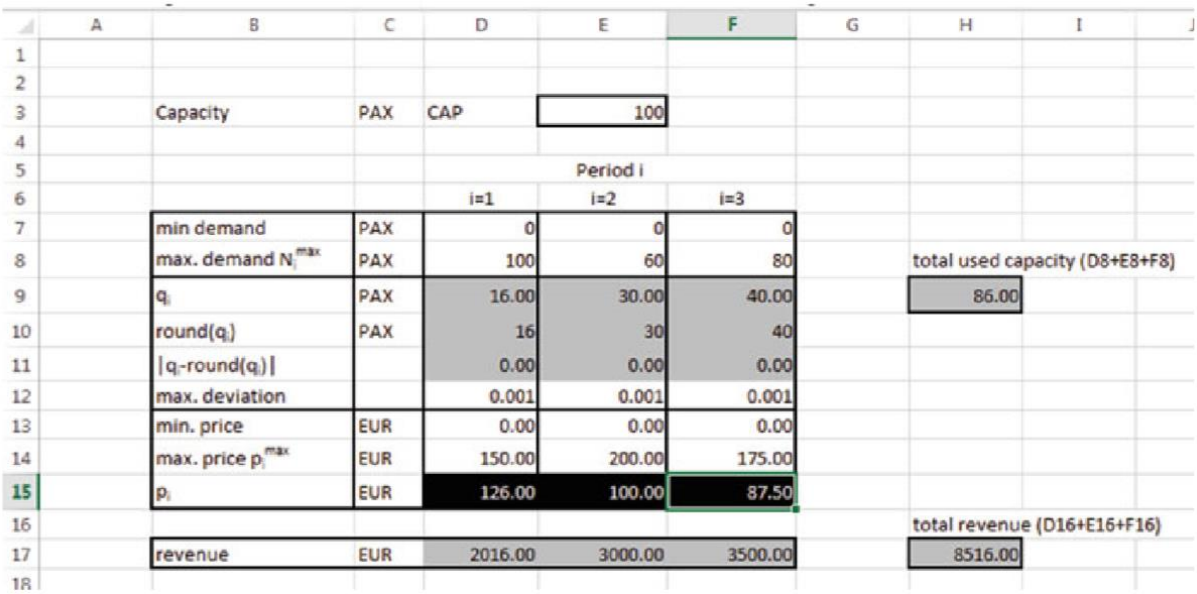
	Capacity	PAX	CAP	100				
				Period i				
			i=1	i=2	i=3			
	min demand	PAX	0	0	0			
	max. demand N_i^{max}	PAX	100	60	80	total used capacity (D8+E8+F8)		
	q_i	PAX	0.00	60.00	40.00	100.00		
	round(q_i)	PAX	0	60	40			
	$\|q_i$-round(q_i)$\|$		0.00	0.00	0.00			
	max. deviation		0.001	0.001	0.001			
	min. price	EUR	0.00	0.00	0.00			
	max. price p_i^{max}	EUR	150.00	200.00	175.00			
	p_i	EUR	150.00	0.00	87.50			
						total revenue (D16+E16+F16)		
	revenue	EUR	0.00	0.00	3500.00	3500.00		

Gambar 17.18 Mengembalikan tingkat optimal p_1,p_2,p_3 untuk model optimasi (17.20)–(17.24) yang diamati oleh Jördis

	Capacity	PAX	CAP	100				
				Period i				
			i=1	i=2	i=3			
	min demand	PAX	0	0	0			
	max. demand N_i^{max}	PAX	100	60	80	total used capacity (D8+E8+F8)		
	q_i	PAX	0.00	50.00	40.00	90.00		
	round(q_i)	PAX	0	50	40			
	$\|q_i$-round(q_i)$\|$		0.00	0.00	0.00			
	max. deviation		0.001	0.001	0.001			
	min. price	EUR	0.00	0.00	0.00			
	max. price p_i^{max}	EUR	150.00	200.00	175.00			
	p_i	EUR	150.00	33.32	87.50			
						total revenue (D16+E16+F16)		
	revenue	EUR	0.00	1666.13	3500.00	5166.13		

Gambar 17.19 Peningkatan pendapatan (sel H17) setelah penyisipan manual harga2=33,32(selE15)

jördis ingin tahu bagaimana suaminya mendapatkan tawaran harga yang sangat berbeda ini. Dia menjelaskan bahwa dia secara manual memasukkan harga $p_1$1=50 ,p_2=50 serta p_3 =100 dan, tanpa membersihkan sel D15:F15, dia memulai pemecah masalah. Baik Jördis dan Tjark mendiskusikan temuan mereka. Mereka menyimpulkan bahwa pendekatan pemecah bukanlah alat yang dapat diandalkan untuk tujuan mereka. Mereka ingin memiliki prosedur yang lebih amanah dan transparan untuk penentuan harga selama semua periode.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3		Capacity	PAX	CAP	100					
4										
5					Period i					
6				i=1	i=2	i=3				
7		min demand	PAX	0	0	0				
8		max. demand N_i^{max}	PAX	100	60	80		total used capacity (D8+E8+F8)		
9		q_i	PAX	16.00	30.00	40.00		86.00		
10		round(q_i)	PAX	16	30	40				
11		$\lvert q_i$-round(q_i)$\rvert$		0.00	0.00	0.00				
12		max. deviation		0.001	0.001	0.001				
13		min. price	EUR	0.00	0.00	0.00				
14		max. price p_i^{max}	EUR	150.00	200.00	175.00				
15		p_i	EUR	126.00	100.00	87.50				
16								total revenue (D16+E16+F16)		
17		revenue	EUR	2016.00	3000.00	3500.00		8516.00		
18										

Gambar 17.20 Mengembalikan tingkat optimal p1,p 2,p 3 untuk model optimasi (17.20)–(17.24) yang diamati oleh Tjark

Harga Heuristik

Jördis dan Tjark membaca buku teks karya Talluri dan van Ryzin (2004) untuk mempelajari tentang prosedur alternatif untuk penentuan harga untuk periode yang berbeda. Akhirnya, mereka menemukan prosedur. Ini didasarkan pada gagasan untuk mendistribusikan semua unit kapasitas secara berurutan selama periode yang tersedia berdasarkan keuntungan marjinalnya. Prosedurnya bekerja sebagai berikut: keuntungan marjinal tiket pertama dihitung untuk masing-masing dari tiga periode. Periode p* dengan keuntungan marjinal tertinggi diidentifikasi. Jika keuntungan marjinal positif, maka tiket pertama diberikan ke periode p*.

Jika tidak, prosedur akan berhenti karena tidak ada margin keuntungan positif yang diperoleh lagi. Langkah iterasi selesai. Pada iterasi kedua, harga marjinal ditentukan lagi untuk semua periode. Periode dengan keuntungan marjinal positif tertinggi menerima tiket kedua dan seterusnya. Iterasi ini berhenti jika semua tiket terdistribusi atau hanya keuntungan marginal negatif yang diamati untuk semua periode.

PDF f_1 memetakan harga yang ditentukan untuk tiket pada periode 1 ke jumlah tiket yang akan dijual pada periode pertama. Jördis dan Tjark ingin mengetahui berapa jumlah pendapatan yang meningkat jika tiket tambahan terjual pada periode pertama. Oleh karena itu perlu diketahui berapa harga yang sesuai jika diinginkan jumlah tiket yang harus dijual pada periode pertama. Oleh karena itu, mereka mencari Fungsi Harga-Permintaan (DPF) g1 yang sesuai untuk periode pertama. DPF ini memiliki properti $g_1(f_1(p)) = p$, sehingga g_1 dapat diinterpretasikan sebagai fungsi invers dari PDF f_1.

Secara umum, sebuah fungsi linear affine X bx memiliki fungsi invers g(y) = $\frac{a}{b}$ - $\frac{1}{b}y$, sejak kita memiliki g(f(x)) = $\frac{a}{b}$ - $\frac{1}{b}f\ \frac{a}{b}$ - $\frac{1}{b}$(a-bx)= $\frac{a}{b}$ - $\frac{1}{b}$ + x = x

Persamaan 17.25

$$R_1(q_1) = q_1\ x\ \left(150 - \frac{3}{2}q_1\right) = 150\ x\ q_1 - \frac{3}{2}q_1^2$$

Persamaan 17.26

$$R_2(q_2) = q_2\ x\ \left(200 - \frac{10}{3}q_2\right) = 200\ x\ q_2 - \frac{10}{3}q_2^2$$

Persamaan 17.27

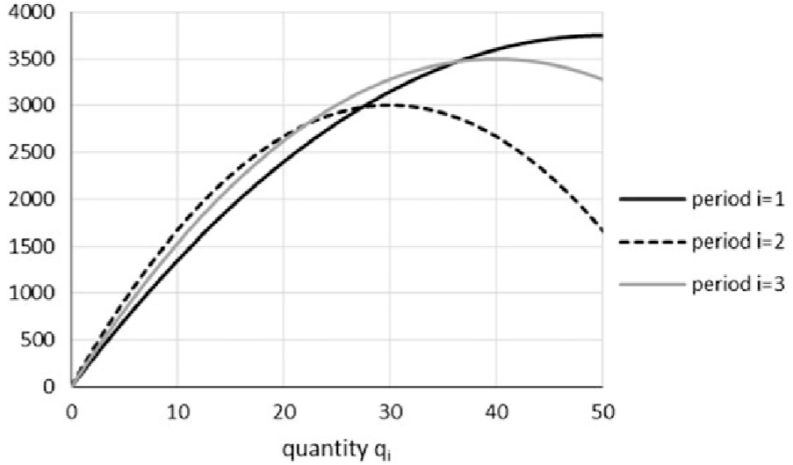
$$R_3(q_3) = q_3\ x\ \left(175 - \frac{35}{16}q_3\right) = 175\ x\ q_3 - \frac{35}{16}q_3^2$$

Tabel 17.7 berisi DPF yang dihasilkan g_1, g_2, g_3 untuk tiga periode. Mereka dapat digunakan untuk menentukan harga yang diperlukan $g_i(q)$ untuk menjual kuantitas q pada periode i. Jördis dan Tjark dapat menggunakan DPF ini untuk melakukan penghitungan pendapatan berbasis kuantitas untuk setiap periode. Oleh karena itu, mereka harus mengalikan kuantitas penjualan yang dimaksudkan q dengan harga pasar terkait $g_i(q)$ secara berkala. Fungsi $R_i(q_i)=q_i$ menghitung jumlah pendapatan spesifik periode tergantung pada kuantitas q_i yang ditetapkan untuk periode i . Ketiga fungsi tersebut didefinisikan dalam (17.25)–(17.27) dan dicetak pada Gambar 17.21.

Tabel 17.7 DPF g_1,g_2 dan g_3 dalam tiga periode contoh perjalanan pulang pergi pulau

Period i	f_i	a	b	DPF $g_i(q) = \frac{a}{b} - \frac{1}{b}q$
1	$100 - \frac{100}{150}p$	100	$\frac{100}{150}$	$g_1(q) = 150 - \frac{3}{2}q$
2	$60 + \frac{60}{-200}p$	60	$\frac{60}{200}$	$g_2(q) = 200 - \frac{10}{3}q$
3	$80 + \frac{80}{-175}p$	80	$\frac{80}{175}$	$g_3(q) = 175 - \frac{35}{16}q$

Asumsikan sekarang bahwa Jördis dan Tjark belum menetapkan unit kapasitas apa pun untuk suatu periode, yaitu q_1= 0, q_2 = 0 dan q_3 = 0. Sekarang, mereka ingin mendapatkan pendapatan tambahan semaksimal mungkin dengan unit kapasitas pertama (yang sesuai dengan tiket pertama). Seperti dapat dilihat pada Gambar 17.21, pendakian paling curam dicapai pada grafik putus-putus yang termasuk dalam periode 2. Ini berarti tiket pertama menghasilkan jumlah pendapatan maksimal pada periode 2. Jadi, tiket pertama harus dijual (dan karena itu dijual). ditugaskan) ke periode 2 dan kami memperbarui $q_2 = q_2 + 1 = 1$.



Gambar 17.21 Fungsi *demand-Price* R_1'(q), R_2'(q)serta R_3'(q)

Persamaan 17.28

$$R_1{}'(q_1) = 150 - 3q_1$$

Persamaan 17.29

$$R_2{}'(q_2) = 200 - \frac{20}{3}q_2$$

Persamaan 17.30

$$R_3{}'(q_2) = 175 - \frac{35}{8}q_3$$

Tabel 17.8 Distribusi berulang dari 100 tiket selama tiga periode

ticket	quantities q_i i=1	i=2	i=3	marginal revenue in period i i=1	i=2	i=3	selected period
1	0	0	0	150.00	200.00	175.00	2
2	0	1	0	150.00	193.33	175.00	2
3	0	2	0	150.00	186.67	175.00	2
4	0	3	0	150.00	180.00	175.00	2
5	0	4	0	150.00	173.33	175.00	3
6	0	4	1	150.00	173.33	170.63	2
7	0	5	1	150.00	166.67	170.63	3
8	0	5	2	150.00	166.67	166.25	2
9	0	6	2	150.00	160.00	166.25	3
10	0	6	3	150.00	160.00	161.88	3
11	0	6	4	150.00	160.00	157.50	2
12	0	7	4	150.00	153.33	157.50	3
13	0	7	5	150.00	153.33	153.13	2
14	0	8	5	150.00	146.67	153.13	3
15	0	8	6	150.00	146.67	148.75	1
16	1	8	6	147.00	146.67	148.75	3
17	1	8	7	147.00	146.67	144.38	1
18	2	8	7	144.00	146.67	144.38	2
19	2	9	7	144.00	140.00	144.38	3
20	2	9	8	144.00	140.00	140.00	1
21	3	9	8	141.00	140.00	140.00	1
22	4	9	8	138.00	140.00	140.00	2
23	4	10	8	138.00	133.33	140.00	3
24	4	10	9	138.00	133.33	135.63	1
25	5	10	9	135.00	133.33	135.63	3
26	5	10	10	135.00	133.33	131.25	1
27	6	10	10	132.00	133.33	131.25	2
28	6	11	10	132.00	126.67	131.25	1
29	7	11	10	129.00	126.67	131.25	3
30	7	11	11	129.00	126.67	126.88	1
31	8	11	11	126.00	126.67	126.88	3
32	8	11	12	126.00	126.67	122.50	2
33	8	12	12	126.00	120.00	122.50	1
34	9	12	12	123.00	120.00	122.50	1
35	10	12	12	120.00	120.00	122.50	3
36	10	12	13	120.00	120.00	118.13	1
37	11	12	13	117.00	120.00	118.13	2
38	11	13	13	117.00	113.33	118.13	3
39	11	13	14	117.00	113.33	113.75	1
40	12	13	14	114.00	113.33	113.75	1
41	13	13	14	111.00	113.33	113.75	3
42	13	13	15	111.00	113.33	109.38	2
43	13	14	15	111.00	106.67	109.38	1
44	14	14	15	108.00	106.67	109.38	3
45	14	14	16	108.00	106.67	105.00	1
46	15	14	16	105.00	106.67	105.00	2
47	15	15	16	105.00	100.00	105.00	1
48	16	15	16	102.00	100.00	105.00	3
49	16	15	17	102.00	100.00	100.63	1
50	17	15	17	99.00	100.00	100.63	3
51	17	15	18	99.00	100.00	96.25	2
52	17	16	18	99.00	93.33	96.25	1
53	18	16	18	96.00	93.33	96.25	3
54	18	16	19	96.00	93.33	91.88	1
55	19	16	19	93.00	93.33	91.88	2
56	19	17	19	93.00	86.67	91.88	1
57	20	17	19	90.00	86.67	91.88	3
58	20	17	20	90.00	86.67	87.50	1
59	21	17	20	87.00	86.67	87.50	3
60	21	17	21	87.00	86.67	83.13	1
61	22	17	21	84.00	86.67	83.13	2
62	22	18	21	84.00	80.00	83.13	1
63	23	18	21	81.00	80.00	83.13	3
64	23	18	22	81.00	80.00	78.75	1
65	24	18	22	78.00	80.00	78.75	2
66	24	19	22	78.00	73.33	78.75	3
67	24	19	23	78.00	73.33	74.38	1
68	25	19	23	75.00	73.33	74.38	1
69	26	19	23	72.00	73.33	74.38	3
70	26	19	24	72.00	73.33	70.00	2
71	26	20	24	72.00	66.67	70.00	1
72	27	20	24	69.00	66.67	70.00	3
73	27	20	25	69.00	66.67	65.63	1
74	28	20	25	66.00	66.67	65.63	2
75	28	21	25	66.00	60.00	65.63	1
76	29	21	25	63.00	60.00	65.63	3
77	29	21	26	63.00	60.00	61.25	1
78	30	21	26	60.00	60.00	61.25	3
79	30	21	27	60.00	60.00	56.88	1
80	31	21	27	57.00	60.00	56.88	2
81	31	22	27	57.00	53.33	56.88	1
82	32	22	27	54.00	53.33	56.88	3
83	32	22	28	54.00	53.33	52.50	1
84	33	22	28	51.00	53.33	52.50	2
85	33	23	28	51.00	46.67	52.50	3
86	33	23	29	51.00	46.67	48.13	1
87	34	23	29	48.00	46.67	48.13	3
88	34	23	30	48.00	46.67	43.75	1
89	35	23	30	45.00	46.67	43.75	2
90	35	24	30	45.00	40.00	43.75	1
91	36	24	30	42.00	40.00	43.75	3
92	36	24	31	42.00	40.00	39.38	1
93	37	24	31	39.00	40.00	39.38	2
94	37	25	31	39.00	33.33	39.38	3
95	37	25	32	39.00	33.33	35.00	1
96	38	25	32	36.00	33.33	35.00	1
97	39	25	32	33.00	33.33	35.00	3
98	39	25	33	33.00	33.33	30.63	2
99	39	26	33	33.00	26.67	30.63	1
100	40	26	33	30.00	26.67	30.63	3
	40	26	34				

Sekarang yang kedua

Tiket harus didistribusikan dan ditugaskan ke salah satu dari tiga periode. Untuk memungkinkan penghitungan peningkatan pendapatan yang disebabkan oleh tiket berikutnya dalam tiga periode yang berbeda, kita dapat menggunakan fungsi turunan pertama $R_1{}'(q_1)$, $R_2{}'(q_2)$ dan $R_3{}'(q_2)$ DPF spesifik periode. Ini ditunjukkan (17.28)–(17.30). Jördis dan Tjark harus membandingkan nilai $R_1{}'(0) = 150$, $R_2(1)$ 580/3 ≈ 193.30 dan $R_3(0)$ =175 . Sekali lagi, peningkatan pendapatan tertinggi diamati untuk periode 2 sehingga tiket kedua juga masuk ke periode 2 dan kami memperbarui $q_2=q_2+1=2$. Berikutnya, R1'(0) = 150 , R2'(2) = 560/3 ≈186.67 and R3'(0) = 175 .Tiket ketiga diberikan untuk periode 2 anditis $q_2=q_2+1=3$.Kartu

keempat, Jördis dan Tjark melanjutkan dengan perbandingan R1'(0) =150 , R2'(3) =180 dan R3'(0)=175 sehingga juga tiket keempat terjual pada periode 2. Untuk tiket kelima, Jördis dan Tjark mendapatkan $R_1'(0) = 150$, $R_2(4) = 520/3 \approx 173.3$ dan R3'(0)=175. Sekarang, periode ketiga adalah periode terbaik dan itu adalah $q_3 = q_3 + 1 = 1$. Untuk tiket keenam, perlu membandingkan $R_1'(0) = 150$, $R_2(4) = 520/3 \approx 173.3$ dan R3'(1)=170.63.Akibatnya, tiket keenam terjual pada periode 2 dan pembaruan $q_2 = q_2 + 1 = 5$ dibuat dan seterusnya.

Tabel 17.8 berisi prosedur distribusi lengkap lebih dari 100 iterasi (100 tiket). Hasil utama dari prosedur distribusi ini adalah bahwa setelah prosedur lengkap berakhir, kita melihat bahwa q1 40 tiket terjual pada periode 1, $q_2 = 26$ tiket dibawa ke pasar pada periode kedua dan sisa $q_3 = 34$ tiket terjual pada periode 3. Menggunakan tiga periode tertentu DPF Jördis dan Tjark dapat menghitung harga yang sesuai p_1, p_2 serta p_3. Mereka menentukan $p_1 = g_1(40) = 90$, $p_2 = g_2(26)$ 113,33 dan $p_3 = g_3(34) = 100{,}63$. Total pendapatan adalah 40 x 90 + 26 x 113,33 + 34 x 100,63 = 9968 .

17.5 PEMBARUAN HARGA REAKTIF

Sebelum Jördis dan Tjark memulai periode penjualan pertama untuk perjalanan pulang pergi pulau, mereka merangkum apa yang telah mereka lakukan dalam proses penetapan harga pulang pergi:

> Tjark: Sebenarnya, kami telah menetapkan harga untuk setiap periode penjualan dan setiap harga tergantung pada jumlah yang kami rencanakan untuk dijual di sana. Kami memperbarui harga untuk perjalanan pulang pergi sehingga kami memiliki skema harga variabel. Sejauh ini, saya mendapat petunjuk. Tapi ini benar-benar pendekatan harga DINAMIS? Calon pelanggan tidak tahu kapan dan bagaimana kami memperbarui harga untuk pulang pergi, tapi kami tahu itu. Jadi di mana elemen yang mengejutkan dan apriori tidak diketahui?
>
> Jördis: Jika kita menjual tepat 40 tiket pada periode pertama maka kita tidak perlu memperbarui harga p_2 dan p_3. Kami dapat mengungkapkan p_2 kepada pelanggan di awal periode penjualan kedua. Namun, jika kapasitas (jumlah tiket) yang ditetapkan untuk suatu periode habis sebelum periode pertama berakhir, kita memiliki permintaan yang lebih besar dari yang diharapkan yang berarti lebih sedikit kapasitas yang tersisa untuk dua periode yang tersisa.

Karena perkiraan permintaan yang terlalu rendah ini, kami harus memperbarui kapasitas dan distribusinya yang tersisa selama dua periode terakhir. Dibandingkan dengan perencanaan awal, kami memiliki kapasitas yang lebih kecil sehingga harga sp_2 dan juga p_3 harus ditingkatkan (permintaan terlalu banyak, permintaan di bawah estimasi). Karena kami tidak mengetahui realisasi permintaan aktual dalam periode penjualan 1 atau bahkan apriori jika dan kapan 40 tiket akan dijual, kami tidak tahu sebelumnya kapan harga tiket harus diperbarui dan berapa harganya.

> Tjark: Oke, saya mengerti. Tetapi jika pada akhir periode pertama kurang dari 40 tiket yang terjual, maka kami telah melebih-lebihkan permintaan di sini. Karena kami memiliki lebih banyak kapasitas yang tersisa untuk dijual pada periode kedua dan ketiga, kami dapat berharap bahwa kami harus menurunkan harga p2 dan juga p3, bukan?
>
> Jördis: Saya kira begitu. Tapi mari kita uji apa yang terjadi. Kita dapat berasumsi bahwa pada akhir periode 1, kami hanya menjual 30 tiket, bukan 40 tiket. Kami sekarang harus mendistribusikan 70 tiket selama sisa periode 2 dan 3 menggunakan prosedur berulang yang diperkenalkan di Sect. 17.5.3.2. Kita dapat melihat hasilnya pada Tabel 17.9: Distribusi berulang dari 70 tiket selama periode

kedua dan ketiga (perkiraan permintaan yang berlebihan pada periode pertama). Kami menetapkan sekarang q_2 = 30 tiket untuk periode kedua dan q_3=40 tiket untuk periode ketiga. Jika kita menerapkan DPF maka kita mendapatkan harga penjualan yang diperbarui $p_2=g_2(30)=100$ serta $p_3 = g_3(40) =87,50$.

Tjark: Pada periode pertama kami telah mendapatkan 2700.00. Tanpa penyesuaian harga, kami akan memperoleh 26 x113.33 =2946.58 di periode 2, tetapi 34 x 100.63 di periode 3. Secara keseluruhan, pendapatan yang diperbarui selama ketiga periode adalah 9068 . Menerapkan harga yang diperbarui pada periode kedua dan ketiga, kami berharap mendapatkan 2700 + 3000 + 3500 = 9200 . Adaptasi harga dalam menanggapi permintaan rendah yang tidak terduga dalam periode 1 sebagian mengkompensasi kehilangan pendapatan dari periode pertama dalam dua periode yang tersisa.

Jördis: Itu benar. Mari kita lihat apa yang terjadi jika kita meremehkan permintaan pada periode pertama. Jika kita benar-benar menjual 50 tiket bukannya 40 maka kita memiliki kelangkaan di dua periode yang tersisa atau setidaknya di periode terakhir. Jika kami membagikan 50 tiket yang tersisa satu demi satu selama dua periode yang tersisa, kami akan menetapkan 22 tiket untuk periode 2 tetapi 28 tiket untuk periode 3 (Tabel 17.10). Harga tiket terkait dalam dua periode terakhir adalah $p_2 = g_2(22)=126.67$ resp. p_3 =g3(28)=113,75 . Apakah ada keuntungan finansial dari adaptasi harga?

Tjark: Ya. Kami telah memperoleh jumlah pendapatan 50 x 90 4500 dalam periode 1. Tanpa penyesuaian kapasitas dan harga, kami akan mendapatkan situasi kehabisan di periode 3. Dari periode 2 kami memperoleh 26 x 13,33 =2946,58 , tetapi di periode ketiga kami hanya bisa menjual 24 x 100,63 = 2415,12 . Jumlah total pendapatan tanpa penyesuaian harga adalah 4500 +2946.58 + 2415.12 = 9861.70. Setelah adaptasi, kami dapat memperoleh 4500 + 22 x 126.67 + 28 x113.75 =10.471.74 . Kami tidak dapat mencapai jumlah ini dalam penetapan harga awal kami karena DPF g_1 yang digunakan adalah $g_1(50)$ = 75. Di sini, pembaruan harga setelah periode 1 memungkinkan kami menangani skenario yang tidak terduga ini dengan lebih baik.

Tabel 17.9 Distribusi berulang dari 70 tiket selama periode kedua dan ketiga (perkiraan permintaan yang berlebihan pada periode pertama)

	quantities q_i			marginal revenue in period i			
ticket	i=1	i=2	i=3	i=1	i=2	i=3	selected period
1		0	0		200.00	175.00	2
2		1	0		193.33	175.00	2
3		2	0		186.67	175.00	2
4		3	0		180.00	175.00	2
5		4	0		173.33	175.00	3
6		4	1		173.33	170.63	2
7		5	1		166.67	170.63	3
8		5	2		166.67	166.25	2
9		6	2		160.00	166.25	3
10		6	3		160.00	161.88	3
11		6	4		160.00	157.50	2
12		7	4		153.33	157.50	3
13		7	5		153.33	153.13	2
14		8	5		146.67	153.13	3
15		8	6		146.67	148.75	3
16		8	7		146.67	144.38	2
17		9	7		140.00	144.38	3
18		9	8		140.00	140.00	2
19		10	8		133.33	140.00	3
20		10	9		133.33	135.63	3
21		10	10		133.33	131.25	2
22		11	10		126.67	131.25	3
23		11	11		126.67	126.88	3
24		11	12		126.67	122.50	2
25		12	12		120.00	122.50	3
26		12	13		120.00	118.13	2
27		13	13		113.33	118.13	3
28		13	14		113.33	113.75	3
29		13	15		113.33	109.38	2
30		14	15		106.67	109.38	3
31		14	16		106.67	105.00	2
32		15	16		100.00	105.00	3
33		15	17		100.00	100.63	3
34		15	18		100.00	96.25	2
35		16	18		93.33	96.25	3
36		16	19		93.33	91.88	2
37		17	19		86.67	91.88	3
38		17	20		86.67	87.50	3
39		17	21		86.67	83.13	2
40		18	21		80.00	83.13	3

	quantities q_i			marginal revenue in period i			
ticket	i=1	i=2	i=3	i=1	i=2	i=3	selected period
41		18	22		80.00	78.75	2
42		19	22		73.33	78.75	3
43		19	23		73.33	74.38	3
44		19	24		73.33	70.00	2
45		20	24		66.67	70.00	3
46		20	25		66.67	65.63	2
47		21	25		60.00	65.63	3
48		21	26		60.00	61.25	3
49		21	27		60.00	56.88	2
50		22	27		53.33	56.88	3
51		22	28		53.33	52.50	2
52		23	28		46.67	52.50	3
53		23	29		46.67	48.13	3
54		23	30		46.67	43.75	2
55		24	30		40.00	43.75	3
56		24	31		40.00	39.38	2
57		25	31		33.33	39.38	3
58		25	32		33.33	35.00	3
59		25	33		33.33	30.63	2
60		26	33		26.67	30.63	3
61		26	34		26.67	26.25	2
62		27	34		20.00	26.25	3
63		27	35		20.00	21.88	3
64		27	36		20.00	17.50	2
65		28	36		13.33	17.50	3
66		28	37		13.33	13.13	2
67		29	37		6.67	13.13	3
68		29	38		6.67	8.75	3
69		29	39		6.67	4.38	2
70		30	39		0.00	4.38	3
		30	40				

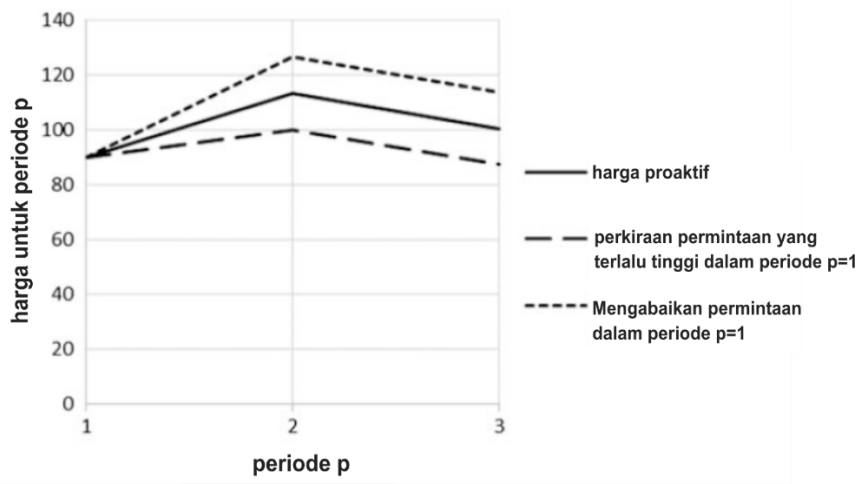
Harga yang dihasilkan diperoleh dalam aplikasi rolling horizon heuristik harga selama transisi dari periode 1 ke periode 3 diringkas pada Gambar. 17.22. Garis kontinu menunjukkan harga yang ditentukan secara proaktif yang harus diterapkan jika perkiraan permintaan benar-benar diamati setelah periode penjualan berakhir. Jika realisasi permintaan aktual pada periode p tetap di bawah permintaan yang diperkirakan, yaitu jika permintaan yang timbul pada periode ini telah ditaksir terlalu tinggi sebelum periode 1, maka harga pada periode berikutnya harus diturunkan (garis putus-putus).

Tabel 17.10 Distribusi berulang dari 50 tiket selama periode kedua dan ketiga (meremehkan permintaan pada periode pertama)

		quantities q_i			marginal revenue in period i			
	ticket	i=1	i=2	i=3	i=1	i=2	i=3	selected period
4	1		0	0		200.00	175.00	2
5	2		1	0		193.33	175.00	2
6	3		2	0		186.67	175.00	2
7	4		3	0		180.00	175.00	2
8	5		4	0		173.33	175.00	3
9	6		4	1		173.33	170.63	2
10	7		5	1		166.67	170.63	3
11	8		5	2		166.67	166.25	2
12	9		6	2		160.00	166.25	3
13	10		6	3		160.00	161.88	3
14	11		6	4		160.00	157.50	2
15	12		7	4		153.33	157.50	3
16	13		7	5		153.33	153.13	2
17	14		8	5		146.67	153.13	3
18	15		8	6		146.67	148.75	3
19	16		8	7		146.67	144.38	2
20	17		9	7		140.00	144.38	3
21	18		9	8		140.00	140.00	2
22	19		10	8		133.33	140.00	3
23	20		10	9		133.33	135.63	3
24	21		10	10		133.33	131.25	2
25	22		11	10		126.67	131.25	3
26	23		11	11		126.67	126.88	3
27	24		11	12		126.67	122.50	2
28	25		12	12		120.00	122.50	3
29	26		12	13		120.00	118.13	2
30	27		13	13		113.33	118.13	3
31	28		13	14		113.33	113.75	3
32	29		13	15		113.33	109.38	2
33	30		14	15		106.67	109.38	3
34	31		14	16		106.67	105.00	2
35	32		15	16		100.00	105.00	3
36	33		15	17		100.00	100.63	3
37	34		15	18		100.00	96.25	2
38	35		16	18		93.33	96.25	3
39	36		16	19		93.33	91.88	2
40	37		17	19		86.67	91.88	3
41	38		17	20		86.67	87.50	3
42	39		17	21		86.67	83.13	2
43	40		18	21		80.00	83.13	3
44	41		18	22		80.00	78.75	2
45	42		19	22		73.33	78.75	3
46	43		19	23		73.33	74.38	3
47	44		19	24		73.33	70.00	2
48	45		20	24		66.67	70.00	3
49	46		20	25		66.67	65.63	2
50	47		21	25		60.00	65.63	3
51	48		21	26		60.00	61.25	3
52	49		21	27		60.00	56.88	2
53	50		22	27		53.33	56.88	3
54	51		22	28				

Jika permintaan aktual pada periode pertama melebihi perkiraan permintaan untuk periode ini, maka kita menghadapi situasi di mana kapasitas sisa terlalu rendah untuk memenuhi

kuantitas yang diberikan pada dua kapasitas yang tersisa. Di sini, penetapan harga ulang menyebabkan kenaikan harga untuk mengurangi kapasitas yang ditawarkan (garis putus-putus).



Gambar 17.22 Hasil Penetapan Harga Dinamis setelah perencanaan ulang antara periode 1 dan 2

17.6 KESIMPULAN DAN DISKUSI

Kami telah memperkenalkan masalah penetapan harga multi-periode di mana kuantitas sumber daya keseluruhan harus didistribusikan selama periode penjualan yang tersedia. Keseluruhan periode penjualan dibagi menjadi beberapa sub-periode dan harus diputuskan berapa banyak yang akan ditawarkan di setiap sub-periode. Penerapan fungsi harga permintaan menghitung harga yang sesuai untuk produk atau layanan yang dipertimbangkan dalam setiap sub-periode. Untuk mengatasi kekurangan yang diakibatkan oleh kesalahan perkiraan permintaan, harga dapat diperbarui antara sub-periode yang berdekatan jika akhir sub-periode telah tercapai.

Akibatnya, harga untuk suatu produk atau layanan dapat diperbarui secara tidak terduga serta didorong oleh permintaan dari waktu ke waktu: ini disebut Penetapan Harga Dinamis ("penetapan harga cakrawala bergulir"). Tugas distribusi kapasitas direpresentasikan sebagai model optimasi matematis. Ini nonlinier dan sangat kompleks sehingga pemecah masalah tidak dapat dengan andal mengidentifikasi harga yang sesuai. Oleh karena itu, kami telah menyelidiki heuristik untuk menentukan kontingen untuk setiap sub-periode yang memenuhi fungsi harga permintaan yang digunakan untuk menentukan harga penjualan periode tertentu. Prosedur ini juga diterapkan dalam kerangka rolling horizon untuk menyesuaikan harga dengan permintaan aktual.

Diskusi:

Harga Pelajaran yang Dipetik dan Masalah Terbuka

Komponen utama dari setiap pendekatan penetapan harga yang berorientasi permintaan adalah fungsi harga permintaan (PDF) yang memetakan harga (tarif) suatu produk terhadap permintaan untuk produk yang diberi harga. Selain itu, "kebalikannya", fungsi harga permintaan, dapat digunakan untuk menggabungkan harga dengan tuntutan. Harga "optimal" menginduksi jumlah pendapatan yang diperoleh secara maksimal dengan menggunakan setidaknya satu sumber daya. Jika kapasitas ini tidak langka dan fungsi pendapatan terdiferensiasi, maka harga optimal ini dapat diidentifikasi dengan teknik kalkulus diferensial. Jika kapasitas yang tersedia langka, menjadi penting untuk mengidentifikasi pelanggan atau produk mana yang menggunakan kapasitas sumber daya yang tersedia adalah cara yang paling

efektif. Untuk tujuan ini, tugas keputusan penetapan harga harus diwakili oleh model optimasi matematis di mana harga adalah variabel keputusan yang akan ditetapkan. Model ini diselesaikan dengan perangkat lunak pemecahan model yang memadai.

Kumpulan harga optimal yang dikembalikan mewakili keputusan terbaik ketika beberapa pelanggan bersaing untuk pemanfaatan sumber daya. Penetapan harga jaringan membahas keputusan penetapan harga jika lebih dari satu sumber daya yang langka tersedia dan digunakan untuk realisasi produk. Sekali lagi, penentuan harga optimal untuk produk yang ditawarkan memerlukan spesifikasi dan pemecahan model keputusan matematis. Jika fungsi harga-permintaan hanya dapat diperkirakan, maka perlu untuk menyesuaikan harga sebagai respons terhadap perilaku pasar yang diamati. Ini disebut Penetapan Harga Dinamis dan mewakili tugas keputusan yang diulang secara reaktif untuk diselesaikan.

Meskipun kami telah melihat bahwa pendekatan penetapan harga berbasis model yang dibahas dapat digunakan untuk menentukan harga pendapatan maksimal, perlu dipahami dalam keadaan apa pendekatan penetapan harga dapat diterapkan. Tentu saja, PDF/DPF perlu tersedia. Namun, situasi pasar juga harus diperiksa. Jika ada persaingan di pasar yang dipertimbangkan maka dampak variasi harga dapat ditingkatkan atau dimoderasi jika pelaku pasar lain mengikuti tujuan mereka sendiri untuk memperoleh dan menarik sebanyak mungkin permintaan pasar. Oleh karena itu, beberapa buku teks dan artikel berasumsi bahwa penyedia/produsen jasa yang dianggap memiliki posisi pasar yang kuat, seperti dalam pengaturan pasar monopoli.

Penetapan harga hanyalah langkah pertama di awal periode (sub) penjualan untuk memaksimalkan pendapatan dengan memperlakukan pelanggan yang berbeda secara individual. RM menyediakan teknik tambahan untuk membaca sepintas seluruh surplus pelanggan. Selama periode penjualan, pelanggan dengan kemauan membayar yang berbeda ditemui. Dalam hal ini, penyedia kapasitas perlu mengevaluasi permintaan setiap pelanggan secara individual. Jika kesediaan membayar kurang dari harga terendah ("harga penawaran"), penyedia harus menolak untuk memenuhi permintaan ini: permintaan ini ditolak. Teknik ini disebut kontrol kapasitas (Petrick et al. 2010).

Pelanggan yang permintaannya telah diterima dan telah membayar terkadang tidak menggunakan kapasitas yang dipesan karena pembatalan jangka pendek dan ketidakhadiran. Kapasitas yang tidak terpakai tidak dapat terisi kembali 100% karena masa penjualan sudah ditutup. Untuk menghindari situasi di mana kapasitas yang langka dan mudah rusak tetap tidak digunakan, lebih dari 100% kapasitas dijual selama periode penjualan dengan tujuan untuk memastikan penggunaan kapasitas yang lengkap bahkan jika tidak ada pertunjukan. Teknik RM ini disebut overbooking (McGill dan van Ryzin 1999).

DAFTAR PUSTAKA

4Flow (2016) Award for Supply Chain Management 2016. http://www.4flow.de/en/about-4flow/awards/german-award-for-supply-chain-management.html. Accessed 28 Oct 2016

Abele E, Meyer T, Näher U, Strube G,Sykes R(2008)Global production – a hand book for strategy and implementation. Springer, Berlin

Addo-Tenkorang R, Helo PT (2016) Big data applications inoperations/supply-chainmanagement: a literature review. Comput Ind Eng 101:528–543

Adidas (2017) Adidas errichtet erste Speedfactory in Deutschland. www.adidas-group.com/de/medien/newsarchiv/pressemitteilungen/2015/adidas-errichtet-erste-speedfactory-deutschland/. Accessed 15 Feb 2017

Agnetis A, Hall NG, Pacciarelli D (2006) Supply chain scheduling: sequence coordination. Discret Appl Math 154(15):2044–2063

Akkermann R, Farahani P, Grunow M (2010) Quality, safety and sustainability in food distribution: a review of quantitative operations management approaches and challenges. OR Spectr 32:863–904

Albers S (1997) Better bounds for online scheduling. SIAM J Comput 29(2):459–473

Alderson W (1950) Marketing efficiency and the principle of postponement. Cost Profit Outlook 3 (4):15–18

Alicke A, Rachor J, Seyfert A (2016) Supply Chain 4.0 – the next-generation digital supply chain, McKinsey & Company, Supply Chain Management, June 2016

Alp O, Tan T (2008) Tactical capacity management under capacity flexibility. IIE Trans 40:221–237

Altay N, Green WG (2006) OR/MS research in disaster operations management. Eur J Oper Res 175:475–493

Ambulkar S, Blackhurst J, Grawe S (2015) Firm's resilience to supply chain disruptions: scale development and empirical examination. J Oper Manag 33(34):111–122

Amid A, Ghodsypour SH, O'Brien C (2011) A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain. Int J Prod Econ 131(1):139–145

Amiri A (2006) Designing a distribution network in a supply chain system: formulation and efficient solution procedure. Eur J Oper Res 171(2):567–576

Andersson A, Hoff A, Christiansen M, Hasle G, Løkketangen A (2010) Industrial aspects and literature survey: combined inventory management and routing. Comput Oper Res 37:1515–1536

Anker S (2013) Wie viel Luft ist noch im Autopreis?. VDI nachrichten, 01 Jun 2013, p 4

Appelfeller W, Buchholz W (2011) Supplier relationship management: strategie, organisation und IT des modernen Beschaffungs managements, 2nd edn. Gabler, Wiesbaden

Artigues C, Billaut J-C, Esswein C (2005) Maximization of solution flexibility for robust shop scheduling. Eur J Oper Res 165(2):314–328

Asche S (2017) ThyssenKrupp druckt Metall und Kunststoff. VDI-Nachrichten 8:16

Asche S Metalle drucken ohne Laser. VDI-Nachrichten 2018, 26:12–13

Ashby WR (1956) An introduction to cybernetics. Chapman & Hall, London

Askin RG, Baffo I, Xia M (2014) Multi-commodity warehouse location and distribution planning with inventory consideration. International Journal of Production Research 52(7):1897–1910

Auto Motor Sport (2017) Das ist die größte Batteriefabrik der Welt. http://www.auto-motor-undsport.de/news/tesla-gigafactory-nevada-infos-fotos-fakten-8498375.html. Accessed 15 Feb 2017

Automobil-Produktion (2014) Taktgenau an die Linie – Logistik bei Volkswagen. http://www.automobil-produktion.de/2011/02/taktgenau-an-die-linie-logistik-bei-volkwagen/, Zugriff am 19.07.2014

Axsater S (2015) Inventory control, 3rd edn. Springer, New York

Aytug H,Lawley MA,McKay K, MohanS,UzsoyR (2005)Executingproductionschedules inthe face of uncertainties: a review and some future directions. Eur J Oper Res 161(1):86–100

Baily P, Farmer D, Crocker B, Jessop D, Jones D (2008) Procurement principles and management, 10th edn. Pearson, Harlow

Baker KR (2015) Optimization modeling with spreadsheets, 3rd edn. Wiley, New York

Baldwin CY, Clark KB (1997) Managing in the age of modularity. Harv Bus Rev 75:84–93

Ballé M, Jones D, Chaize J, Fiume O (2017) The lean strategy – using lean to create competitive advantage, unleash innovation, and deliver sustainable growth. McGraw-Hill, New York

Barnhart C, Laporte G (eds) (2007) Transportation. In: Handbooks in operations research and management science, vol 14. Elsevier, Amsterdam

Baron O, Milner J, Naseraldin H (2011) Facility location: A robust optimization approach. Production and Operations Management 20(5):772–785

Bauerhanse lT, tenHompel M, Vogel-Heuser B (2014) Industrie 4.0 in produktion, auto matisierung und logistik. Springer Vieweg, Wiesbaden

BBC (2011) Shopping by phone at South Korea's virtual grocery. http://www.bbc.co.uk/news/business-15341910. Accessed 10 May 2014

Bcg perspectives (Boston Consulting Group) (2015) Industry 4.0 –the future of productivity and growth in manufacturing industries. https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/?Chapter=3. Accessed 11 Sept 2015

Bearzotti LA, Salomone E, Chiotti OJ (2012) An autonomous multi-agent approach to supply chain event management. Int J Prod Econ 135(1):468–478

Belekoukias I, Garza-Reyes JA, Kumar V (2014) The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. Int J Prod Res 52(18):5346–5366

Belson K (23 Sep 2011) Far from the factory, adding final touches. The New York Times. http://www.nytimes.com/2011/09/25/automobiles/far-from-the-factory-adding-final-touches.html?pagewanted=all&_r=0. Accessed 10 May 2014

Ben-Daya M, Hassini E, Bahroun Z (2018) Internet of things and supply chain management: a literature review. Int J Prod Res. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140

Bensaou B (1996) 7-Eleven Japan: creating the virtual corporation. In: Proceedings of the 4th Rupiahpean conference on information systems, Lisbon, Portugal, pp 1275–1289

Benyoucef L, Xie X, Tanonkou GA (2013) Supply chain network design with unreliable suppliers: A Lagrangian relaxation-based approach. International Journal of Production Research 51 (21):6435–6454

Berrichi A, Yalaoui F (2013) Efficient bi-objective ant colony approach to minimize total tardiness and system unavailability for a parallel machine scheduling problem. Int J Adv Manuf Tech 68 (9–12):2295–2310

Bicheno J (2004) The new lean toolbox. PICSIE Books, Buckingham

Bicheno J, Holweg M (2008) The lean toolbox: the essential guide to lean transformation, 4th edn. Picsie Books, Buckingham

Bierwirth C (2000) Adaptive search and management of logistics systems: Base models for learning agents. Kluwer, Alphen aan den Rijn

Blackhurst J, Craighead CW, Elkins D, Handfield R (2005) An empirically derived agenda of critical research issues for managing supply-chain disruptions. Int J Prod Res 43(19):4067–4081

Blackhurst J,Dunn KS,Craighead CW(2011) Anempirically derived framework ofglob-al supply resiliency. J Bus Logist 32(4):374–391

Blazewicz J, Ecker K, Pesch E, Schmidt G, Weglarz J (2001) Scheduling computer and manufacturing processes, 2nd edn. Springer, Berlin

BMBF – Federal Ministry of Education and Research (2014) Project of the future: industry 4.0. http://www.bmbf.de/en/19955.php?hilite=industry+4.0. Accessed 16 Jun 2014

BMBF (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 – final report of the Industrie 4.0 Working Group BMBF

BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016) Digitale Strategie 2025, Status March 2016

Bode C, Wagner SM, Petersen KJ, Ellram LM (2011) Understanding responses to supply chain disruptions: insights from information processing and resource dependence perspectives. Acad Manag J 54(4):833–856

Borshev A (2013) The big book of simulation modeling. AnyLogic North America, Chicago, IL

Bowersox DJ (1969) Physical distribution development, current status, and potential. J Mark 33:63–70

Bozarth CC, Handfield RB (2013) Introduction to operations and supply chain management. Perason, Harlow

Bożek A, Wysocki M (2015) Flexible job shop with continuous material flow. Int J Prod Res 53 (4):1273–1290

Bramer M (2013) Principles of data mining, 2nd edn. Springer, London

Bresnahan T, Gambardella A (2004) Building high-tech clusters. Cambridge University Press, Cambridge

Breunig M, Kelly R, Mathis R, Wee D (2016) Getting the most out of Industry 4.0. McKinsey & Company, Article April 2016

Brotcorne L, Cirinei F, Marcotte P, Savard G (2011) An exact algorithm for the network pricing problem. Discret Optim 8(2):246–258

Brunner FJ (2011) Japanische Erfolgsrezepte. Hanser, München

Brynjolfsson E, McAfee A (2017) Von Managern und Maschinen. Harvard Business Manager, November 2017

Brynjolfsson E, McAffe A (2015) The second machine age – Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird. Plassen Verlag, Kulmbach

Bucklin LP (1965) Postponement, speculation, and the structure of distribution channels. J Mark Res 2:26–31

Buer SV, Strandhagen JO, Chan FTS (2018) The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. Int J Prod Res. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945

Burke GJ, Carrillo JE, Vakharia AJ (2007) Single versus multiple supplier sourcing strategies. Eur J Oper Res 182(1):95–112

Business Insider (2017a) Mit dieser neuen Idee will Amazon die Packzentren völlig verändern, businessinsider.de/mit-dieser-neuen-idee-will-amazon-die-packzentren-voellig-veraendern2017-2. Accessed 25 Feb 2017

Business Insider (2017b) Mit dieser neuen Idee will Amazon die Packzentren völlig verändern, businessinsider.de/mit-dieser-neuen-idee-will-amazon-die-packzentren-voellig-veraendern2017-2. Accessed 25 Feb 2017

Button K (2010) Transport economics, 3rd edn. Edward Elgar, Cheltenham

Cachon C, Terwiesch C (2017) Operations management, 1st edn. McGraw-Hill, Boston Choi TM (ed) (2016) Service supply chain systems. CRC Press, London

Camarinha-Matos LM, Afsarmanesh H (2007) A comprehensive modeling framework for collaborative networked organizations. J Intell Manuf 18(5):529–542

Casti JL (1979) Connectivity, complexity and catastrophe in large-scale systems. Wiley, New York

Chandra C, Grabis J (2007) Supply chain configuration. Springer, New York

Charnes A, Cooper WW (1954) The stepping-stone method for explaining linear programming: calculation in transportation problems. Manag Sci 1(1):49–69

Chase CW (2013) Demand-driven forecasting: a structured approach to forecasting, 2nd edn. Wiley, Hoboken

Chase RB, Jacobs FR, Aquilano NJ (2006) Operations management for competitive advantage, 11th edn. McGraw-Hill, Boston

Chatfield DC, Harrison TP, Hayya JC (2009) SCML: an information framework to support supply chain modeling. Eur J Oper Res 196(2):651–660

Chen X, Xi Z, Jing P (2017) A unified framework for evaluating supply chain reliability and resilience. IEEE Trans Reliab 66:1144

Chen Z-L (2010) Integrated production and outbound distribution scheduling: review and extensions. Oper Res 58(1):130–148

Cheng TCE, Li J, Wan CLJ, Wang S (2010) Postponement strategies in supply chain management. International series in operations research and management science, vol 143. Springer, New York

Cheung WC, Simchi-Levi D, Wang H (2016) Dynamic pricing and demand learning with limited price experimentation. Oper Res. https://doi.org/10.1287/opre.2017.1629

Chiarini A (2012) From total quality control to lean six sigma: evolution of the most important management systems for the excellence. Springer, Milan

Choi TM, Wallace SW, Wang Y (2018) Big data analytics in operations management. Prod Oper Manag. https://doi.org/10.1111/poms.12838

Chopra S, Meindl P (2009) Supply chain management. Strategy, planning and operation, 4th edn. Pearson, Harlow

Chopra S, Meindl P (2010) Supply chain management, 4th edn. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ

Chopra S, Meindl P (2012) Supply chain management: strategy, planning, and operations, 5th edn. Pearson, London

Chopra S, Meindl P (2013) Supply chain management – strategy, planning, and operation, 5th edn. Pearson, Boston, MA

Chopra S, Meindl P (2013) Supply chain management – strategy, planning and operation. Pearson, Harlow

Chopra S, Meindl P (2015) Supply chain management: strategy, planning, and operations, 6th edn. Pearson, London

Chopra S, Reinhardt G, Mohan U (2007) The importance of decoupling recurrent and disruption risks in a supply chain. Nav Res Logist 54(5):44–555

Chopra S, Sodhi MS (2004) Managing risk to avoid supply-chain breakdown. MIT Sloan Manag Rev 46:52–61

Chopra S, Sodhi MS (2014) Reducing the risk of supply chain disruptions. MIT Sloan Manag Rev 55(3):73–80

Christopher M (2000a) The agile supply chain: competing in volatile markets. Ind Mark Manag 29 (1):37–44

Christopher M (2000b) The agile supply chain. Ind Mark Manag 29:37–44 Fast Retailing (2013) UNIQLO businesss trategy. http://www.fastretailing.com/eng/group/strategy/tactics.html. Accessed 2 Mar 2014

Christopher M (2005) Logistics and supply chain management: creating value-adding networks. Financial Times. Prentice Hall, Dorchester

Christopher M (2011) Logistics and supply chain management. Creating value-adding networks, 4th edn. FT Press, New Jersey

Christopher M (2011) Logistics and supply chain management. Creating value-adding networks, 4th edn. FT Press, Upper Saddle River, NJ

Clark J (2014) What's next for car sharing? Rupiahpe Autonews. http://rupiahpe.autonews.com/article/20140207/ANE/140209903/whats-next-for-car-sharing. Accessed 21 Apr 2014

Clarke G, Wright JW (1964) Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Oper Res 12(4):568–581

Clegg B, MacBryde J, Dey P (2013) Trends in modern operations management. Int J Oper Prod Manag 33(11/12)

CNN (2013) http://edition.cnn.com/video/data/2.0/video/business/2013/12/13/world-biz--dellbrian-gladden.cnn.html

Coca-Cola (2012) Global reporting initiative report 2012/2013 Rupiahpean Logistics Association (2010) http://www.elabestlog.org

Coe NM, Lee Y-S (2006) The strategic localization of transnational retailers: the case of SamsungTesco in South Korea. Econ Geogr 82(1):61–88

Cohen S, Roussel J (2013) Strategic supply chain management: the five core disciplines for top performance, 2nd edn. McGraw-Hill, Boston

Continental Automotive Spain (2017) UR10 im Mittelpunkt des 4.0 Industrialisierungs prozesses senkt Umrüstzeiten um 50%. https://www.universal-robots.com/de/cases/continental/. Accessed 14 Sept 2017

Cooke JA (2012) From bean to cup: how starbucks transformed its supply chain. Supply Chain Quarterly, 4

Costantino N, Dotoli M, Falagario M, Fanti MP, Mangini AM (2012) A model for supply chain management of agile manufacturing supply chains. Int J Prod Econ 135(1):451–457

Cousins PD (2002) A conceptual model for managing long-term inter-organisational relationships. Rupiahpean Journal of Purchasing and Supply Management 8(2):71–82

Cousins PD, Lamming R, Lawson B, Squire B (2012) Strategic supply management – principles, theories and practice, 2nd edn. Pearson, Harlow

Croes G (1958) A method for solving traveling-salesman problems. Oper Res 6(6):791–812

D'Aveni R (2015) The 3-D printing revolution. Harvard Business Review, May 2015

Daellenbach HG, McNickle DC (2005) Management science. Decision making through systems thinking. Palgrave Macmillan, Basingstoke

Dantzig GB (1951) Application of the simplex method to a transportation problem. In: Koopmans TC (ed) Activity analysis of production and allocation. Wiley, New York, pp 359–373

Das A (2016) An introduction to operations management. CRC Press, Boca Raton, FL

Daskin MS (1995) Network and discrete location: Models, algorithms, and applications. Wiley, Hoboken

de Palma A, Lindsey R, Quinet E, Vickerman R (eds) (2011) A handbook of transport economics. Edward Elgar, Cheltenham

Decken T (2018) Warum Digitalisierung nicht mehr warten kann. The Source Magazine, 3rd edn, January 2018

Dell (2014) http://www.dell.com

Dennis P (2010) The remedy: bringing lean thinking out of the factory to transform the entire organization. Wiley, New Jersey

Desrochers M, Laporte G (1991) Improvements and extensions to the Miller-Tucker-Zemlin subtour elimination constraints. Oper Res Lett 10:27–36

Deutsche Telekom AG (2013) Use case – the cow that texts the farmer. Deutsche Telekom Publications

Deutsche Telekom AG (2015) Telemaintenance – remote delivery of first aid, Deutsche Telekom Publications

DHL GmbH (2013) Disaster response teams leisten katastrophenhilfe. http://www.dpdhl.com/de/verantwortung/katastrophenmanagement/katastrophenhilfe_drt.html. Accessed 21 Mar 2014

Dickerman L, Harrison J (2010) A new car, a new grid. IEEE Power Energy Mag 10:55–61

Dijkstra EW (1959) A note on two problems in connexion with graphs. Numer Math 1:269–271

Disney SM, Towill DR (2002) A discrete transfer function model to determine the dynamic stability of a vendor managed inventory supply chain. Int J Prod Res 40:179–204

Doerner KF, Gronalt M, Hartl RF, Kiechle G, Reimann M (2008) Exact and heuristic algorithms for the vehicle routing problem with multiple, interdependent time windows. Comput Oper Res 35:3034–3048

Dolgui A, Eremeev AV, Kovalyov MY, Kuznetsov PM (2010) Multi-product lot-sizing and scheduling on unrelated parallel machines. IIE Trans 42(7):514–524

Dolgui A, Ivanov D, Sethi SP, Sokolov B (2018) Scheduling in production, supply chain and industry 4.0 systems by optimal control. Int J Prod Res : 1–22. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442948

Dolgui A, Ivanov D, Sokolov B (2018) Ripple effect in the supply chain: an analysis and recent literature. Int J Prod Res 56(1–2):414–430

Dolgui A, Ivanov D, Sokolov B (2018) Ripple effect in the supply chain: an analysis and recent literature. Int J Prod Res 56(1–2). https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1387680

Dolgui A, Proth J-M (2010) Supply chain engineering: useful methods and techniques. Springer, Berlin

Domschke W (2007) Logistik: transport, 5th edn. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München

Domschke W, Drexl A (1985) Logistik: Standorte, 2nd edn. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, Jepara

Drexl A, Kimms A (1997) Lot sizing and scheduling – survey and extensions. Eur J Oper Res 99 (2):221–235

Drezner Z(ed) (1995) Facility location: A survey of applications and methods. Springer, NewYork

Duggan KJ (2012) Design for operational excellence – a break through strategy for business growth. McGraw Hill, New York

Eberhard M, Tarpenning M(2006) The 21st century electric car tesla motors. http://idc-online.com/technical_references/pdfs/electrical_engineering/Tesla_Motors.pdf. Accessed 4 Aug 2014

Ernst R, Kamrad B (2000) Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement. Eur J Oper Res 124(3):495–510

Erol S, Jäger A, Hold P, Ott K, Sihn W (2016) Tangible industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. Proc CIRP 54:13–18

Fahimnia B, Tang CS, Davarzani H, Sarkis J (2015) Quantitative models form an aging supply chain risks: a review. Eur J Oper Res 247(1):1–15

Fazili M, Venkatadri U, Cyrus P, Tajbakhsh M (2017) Physical Internet, conventional and hybrid logistic systems: a routing optimisation-based comparison using the Eastern Canada road network case study. Int J Prod Res 55(9):2703–2730

Feldmann K, Pumpe A (2017) A holistic decision framework for 3D printing investments in global supply chains. Trans Res Proc 25:677–694

Feldmann R, Hammer M, Van Niel J, Somers K (2017) Find buried treasure with advanced analytics. McKinsey & Company

Ferdows K (2003) New world manufacturing order. Ind Eng 35(2):29–31

Fisher M (1997) What is the right supply chain for your product? Harv Bus Rev 1997:105–116

Forrester JW (1961) Industrial dynamics. MIT Press, Cambridge

Foster ST, Sampso S, Wallin C, Webb S (2016) Managing supply chain and operations: an integrative approach. Pearson

Francis M, Fisher R, Thomas A, Rowland H (2014)The meaning of 'value' in purchasing, logistics and operations management. Int J Prod Res 52(22):6576–6589

Fritz H, Schulze G (1990) Fertigungstechnik. VDI Verlag Düsseldorf

Gass SI (2003) Linear programming: methods and applications. Dover, New York

Geissbauer R, D'heur M (2010) 2010-2012 Global supply chain trends – are our supply chains able to support the recovery? Lessons Learned from the Global Recession. http://www.imperiallogistics.co.za/documents/Global-Supply-Chain-Trends-2010-2012.pdf. Accessed 15 Apr 2014

Gendreau M, Laporte G, Potvin J-Y (2002) Metaheuristics for the capacitated VRP. In: Toth P, Vigo D (eds) The vehicle routing problem. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, pp 129–154

Geoffrion AM, Graves GW (1974) Multicommodity distribution system design by benders decomposition. Management Science 20(5):822–844

Gillett BE, Miller LR (1974) A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem. Oper Res 22 (2):340–349

Gleissner H, Moeller K (2011) Case studies in logistics. Gabler, Wiesbaden

Global Integrated Supply Chain System (2006) Successful cases of SCM in China. http://tinyurl.com/p8rhuh8

Gogate AS, Pande SS (2008) Intelligent layout planning for rapid prototyping. Int J Prod Res 46 (20):5607–5631

Goh M, Meng F (2009) A stochastic model for supply chain risk management using conditional value at risk. In: Wu T, Blackhurst J (eds) Managing supply chain risk and vulnerability. Springer, London

Goldratt EM (1990) What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented? North River Press, Croton-on-Hudson

Gomes MC, Barbosa-Póvoa AP, Novais AQ (2013) Reactive scheduling in a make-to-order flexible job shop with re-entrant process and assembly a mathematical programming approach. Int J Prod Res 51(17):5120–5141

Greasly A (2013) Operations management, 3rd edn. Wiley, New York

Grundig CG (2015) Fabrikplanung: Planungssystematik – Methoden – Anwendungen, 5th edn. Carl Hanser Verlag, München

Grünert T, Irnich S (2005) Optimierung im transport - band I: grundlagen. Shaker, Aachen

Grüttner A (2010) Revolution im Einzelhandel – wenn der Kunde zum “Boss” wird. Handelsblatt, December 2010, www.handelsblatt.com

Guide VDR, Wassenhove LNV (2009) The evolution of closed-loop supply chain research. Oper Res 57(1):10–18

Gunasekaran A, Lai K, Cheng TCE (2008b) Responsive supply chain: a competitive strategy in a networked economy. Omega 36:549–564

Gunasekaran A, Ngai EWT (2004) Information systems in supply chain integration and management. Eur J Oper Res 159(2):269–295

Gunasekaran A, Papadopoulos T, Dubey R, Wamba SF, Childe SJ, Hazen B, Akter S (2017) Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. J Bus Res 70:308–317

Gunasekaran A, Tiwari MK, Dubey R, Wamba SF (2016) Big data and predictive analytics applications in supply chain management. Comput Ind Eng 101:525–527

Gunasekaran A, Yusuf YY, Adeleye EO, Papadopoulos T (2018) Agile manufacturing practices: the role of big data and business analytics with multiple case studies. Int J Prod Res. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1395488

Günther H-O (2005) Supply chain management and advanced planning systems: a tutorial. In: Günther H-O, Mattfeld DC, Suhl L (eds) Supply chain management und logistik. PhysicaVerlag, Heidelberg, pp 3–40

Günther H-O, Tempelmeier H (2009) Produktion und Logistik, 8th edn. Springer, Heidelberg http://www.truckinginfo.com/channel/fleet-management/news/story/2014/04/amazon-testingdelivery-fleet.aspx, 9 Nov 2014

Günther H-O, Tempelmeier H (2012) Produktion und logistik, 9th edn. Springer, Heidelberg

Gupta AK, Arora SK (2013) Industrial automation and robotics, 2nd edn. University Science Press, New Delhi

Gupta S, Starr MK, Farahani RZ, Matinrad N (2016) Disaster management from a POM perspective: mapping a new domain. Prod Oper Manag 25:1611–1637

Gurnani H, Mehrotra A, Ray S (2012) Supply chain disruptions: theory and practice of managing risk. Springer, London

Haasis H-D, Kreowski H-J, Scholz-Reiter B (eds) (2008) Dynamics in logistics. Springer, Berlin

Hallikas J, Karvonen I, Pulkkinen U, Virolainen VM, Tuominen M (2004) Risk management processes in supplier networks. Int J Prod Econ 90(1):47–58

Hammer M, Champy J (1993) Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution. Harper Collins, New York

Handfield RB, McCormack K (2008) Supply chain risk management: minimizing disruptions in global sourcing. Auerbach Publications, Boca Raton

Harjunkoski I, Maravelias CT, Bongers P, Castro PM, Engell S, Grossmann IE, Hooker J, Méndez C, Sand G, Wassick J (2014) Scope for industrial applications of production scheduling models and solution methods. Comput Chem Eng 62:161–193

Hazir O, Haouari M, Erel E (2010) Robust scheduling and robustness measures for the discrete time/cost trade-off problem. Eur J Oper Res 207(2):633–643

Heckmann I (2016) Towards supply chain risk analytics. Springer, Wiesbaden

Heizer J, Render B (2011) Operations management, 10th edn. Pearson, London

Heizer J, Render B (2013) Operations management: sustainability and supply chain management, 11th edn. Pearson, Harlow http://careersinsupplychain.org

Heizer J, Render B (2013) Operations management: sustainability and supply chain management, 11th edn. Pearson, Harlow

Heizer J, Render B (2014) Principles of operations management, 9th edn. Pearson, London

Heizer J, Render B (2014) Principles of operations management: sustainability and supply chain management, 9th edn. Pearson, Boston

Helm B (2017) How this company makes $70 million selling random stuff on Amazon. https://www.inc.com/magazine/201603/burt-helm/pharmapacks-amazon-warehouse.html. Accessed 16 Oct 2017

Hendricks KB, Singhal VR (2005) Association between supply chain glitches and operating performance. Manag Sci 51(5):695–711

Hendricks KB, Singhal VR (2014) The effect of demand-supply mismatches on firm risk. Prod Oper Manag 23(12):2137–2151

Hentrich C, Pachmajer M (2016) d. quarks – Der Wegzum digital en Unternehmen. Price water house Coopers Aktiengesellschaft, Frankfurt am Main

Hirsh L (2007) http://www.ecommercetimes.com/story/18779.html

Hitchcock FL (1941) The distribution of a product from several sources to numerous localities. J Math Phys 20:224–230

Ho W, Zheng T, Yildiz H, Talluri S (2015) Supply chain risk management: a literature review. Int J Prod Res 53(16):5031–5069

Hofmann E, Rüsch M (2017) Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. Comput Ind 89:23–34

Hofmann E, Strewe UM, Bosia N (2018) Supply chain finance and blockchain technology. Springer, Cham

Holmström J, Gutowski T (2017) Additive manufacturing in operations and supply chain management: no sustainability benefit or virtuous knock-on opportunities? J Ind Ecol 21(S1):S21–S24

Holweg M (2007) The genealogy of lean production. J Oper Manag 25:420–437

Hoot NR et al (2008) Forecasting emergency department crowding: a direct event simulation. Ann Emerg Med 52(2):117–125

Hossenfelder J (2010) Themendossier operational excellence – Nur das Beste ist gut genug. Lünendonk GmbH Publication in cooperation with Kienbaum Consultants

Hozak K, Collier DA (2008) RFID as an enabler of improved manufacturing performance. Decis Sci 39:859–881

HPA (2017) http://www.supplychain247.com/article/ups_drone_meets_ups_delivery_truck/Drones

http://dangcem.com/

http://SILOG-group.com/

http://supplychainanalysis.igd.com

http://www.apics.org

http://www.it-times.de/news/nachricht/datum/2013/06/07/lenovo-eroeffnet-werkshallen-in-denusa/

http://www.maerskline.com

http://www.rewe-group.com

http://www.toyota-global.com

https://drive-now.com/

https://www.car2go.com

Husmann N (2014) Mitten im Strom. http://www.focus.de/magazin/archiv/fotoreportage-mittenim-strom_id_3969468.html. Accessed 4 Aug 2014

Hwang H-C (2010) Economic lot-sizing for integrated production and transportation. Oper Res 58 (2):428–444

IBM (2017) https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/50816.wss. Accessed 20 Nov 2017

IBM and Maersk Demo: Cross-Border Supply Chain Solution on Blockchain. https://www.youtube.com/watch?v=dcddYatMCGQ. Accessed 23 2018

IBMBlockchain (2017) How the blockchain will radically

Ijioui R, Emmerich H, Ceyp M (2007) Supply chain event management: konzepte, prozesse, erfolgsfaktoren und praxisbeispiele. Physica-Verlag, Heidelberg

Inditex (2014) Who we are. http://www.inditex.com/en/who_we_are/our_group. Accessed 20 Feb 2014

Ioannou G (2006) Time-phased creation of hybrid manufacturing systems. Int J Prod Econ 102 (2):183–198

Ivanov D (2010) A framework for aligning (re) planning decisionson supply chains strategy, design, tactics, and operations. Int J Prod Res 48(13):3999–4017

Ivanov D (2016) Operations and supply chain simulation with AnyLogic 7.2. www.anylogic.com/books

Ivanov D (2017) Revealing interfaces of supply chain resilience and sustainability: a simulation study. Int J Prod Res. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1343507

Ivanov D (2017) Simulation-based ripple effect modelling in the supply chain. Int J Prod Res 55 (7):2083–2101

Ivanov D (2017) Supply chain optimization and simulation with anyLogistix. https://www.anylogistix.com/upload/alx-book.pdf, https://blog.hwr-berlin.de/Ivanov

Ivanov D (2017a) Supply chain simulation and optimization with anyLogistix. https://www.anylogistix.com/upload/alx-book.pdf

Ivanov D (2017b) Simulation-based ripple effect modelling in the supply chain. Int J Prod Res 55 (7):2083–2101

Ivanov D (2018) Structural dynamics and resilience in supply chain risk management. Springer, New York

Ivanov D, Dolgui A (2013) Editorial to 'Intelligent information and product technologies for supply chain integration'. Int J Integr Supply Manage 8(1/2/3):1–5

Ivanov D, Dolgui A (2018) Low-Certainty-Need (LCN) supply chains: a new perspective in managing disruption risks and resilience. Int J Prod Res. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1521025

Ivanov D, Dolgui A, Sokolov B (2016b) Robust dynamic schedule coordination control in the supply chain. Comput Ind Eng 94(1):18–31

Ivanov D, Dolgui A, Sokolov B (2018) Scheduling of recovery actions in the supply chain with resilience analysis considerations. Int J ProdRes:1–18. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1401747

Ivanov D, Dolgui A, Sokolov B (2018) The impact of digital technology and industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. Int J Prod Res. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086

Ivanov D, Dolgui A, Sokolov B, Ivanov a M (2017a) Literature review on disruption recovery in the supply chain. Int J Prod Res 55(20):6158–6174

Ivanov D, Dolgui A, Sokolov B, Ivanova M (2017b) Literature review on disruption recovery in the supply chain. Int J Prod Res 55(20):6158–6174

Ivanov D, Hartl R,Dolgui A, Pavlov A, Sokolov B (2015) Integration of aggregate distribution and dynamic transportation planning in a supply chain with capacity disruption and the ripple effect consideration. Int J Prod Res 53(23):6963–6979

Ivanov D, Pavlov A, Pavlov D, Sokolov B (2017b) Minimization of disruption-related return flowsin the supply chain. International Journal of Production Economics 183:503–513

Ivanov D, Pavlov A, Pavlov D, Sokolov B (2017a) Minimization of disruption-related return flows in the supply chain. Int J Prod Econ 183:503–513

Ivanov D, Rozhkov M (2017) Coordination of production and ordering policies under capacity disruption and product write-off risk: an analytical study with real-data based simulations of a fast moving consumer goods company. Ann Oper Res. https://doi.org/10.1007/s10479-0172643-8

Ivanov D, Sokolov B (2010) Adaptive supply chain management. Springer, London Oliver RK, Webber MD (1982) Supply chain management: logistics catches up with strategy. In: Christopher M (ed) Logistics: the strategic issues. Chapman & Hall, London

Ivanov D, Sokolov B (2010) Adaptive supply chain management. Springer, London

Ivanov D, Sokolov B (2012) Dynamic supply chain scheduling. J Sched 15(2):201–216

Ivanov D, Sokolov B (2013) Control and system-theoretic identification of the supply chain dynamics domain for planning, analysis, and adaptation of performance under uncertainty. Eur J Oper Res 224(2):313–323

Ivanov D, Sokolov B (2013) Control and system-theoretic identification of the supply chain dynamics domain for planning, analysis, and adaptation of performance under uncertainty. Eur J Oper Res 224(2):313–323

Ivanov D, Sokolov B, Dolgui A (2014) The Ripple effect in supply chains: trade-off 'efficiencyflexibility-resilience' in disruption management. Int J Prod Res 52(7):2154–2172

Ivanov D, Sokolov B, Dolgui A, Werner F, Ivanova M (2016) A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory Industry 4.0. Int J Prod Res 54 (2):386–402

Ivanov D, Sokolov B, Kaeschel J (2010) A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics considerations. Eur J Oper Res 200 (2):409–420

Ivanov D, Sokolov B, Kaeschel J (2010) A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations with structure dynamics considerations. Eur J Oper Res 200:409–420

Ivanov D, Sokolov B, Pavlov A (2014) Optimal distribution (re)planning in a centralized multistage network under conditions of ripple effect and structure dynamics. Rupiahpean Journal of Operational Research 237(2):758–770

Ivanov D, Sokolov B, Pavlov A (2014) Optimal distribution (re)planning in a centralized multistage network under conditions of ripple effect and structure dynamics. Eur J Oper Res 237 (2):758–770

Ivanov D, Sokolov B, Pavlov A (2014b) Optimal distribution (re)planning in a centralized multistage network under conditions of ripple effect and structure dynamics. Eur J Oper Res 237 (2):758–770

Ivanova M, Kaeschel J, Ivanov D (2015)Analysis of the order recovery point location inthesupply chain. Int J Integr Supply Manage 9(4):329–342

IvanovD(2010)Aframeworkforaligning(re)planningdecisionsonsupplychainsstrategy,design, tactics, and operations. Int J Prod Res 48(13):3999–4017

Jacobs FR, Aquilano RB (2014) Operations and supply chain management, 14th edn. McGrawHill, Berkshire

Jasti NVK, Kodali R (2015) Lean production: literature review and trends. Int J Prod Res 53 (3):867–885

Joereßen A, Sebastian H-J (1998) Problemlösung mit Modellen und Algorithmen. Teubner, Stuttgart

Johnson K, Lee ABH, Simchi-Levi D (2016) Analytics for an online retailer: demand forecasting and price optimization. Manuf Serv Oper Manag 18(1):69–85

Johnson SM (1954) Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included. Nav Res Logist Q 1(1):61–68

Jordan WC, Graves SC (1995) On the principles of the benefits of manufacturing process flexibility. Manag Sci 41:577–594

Kagermann H, Osterle H, Jordan JM (2011) IT-driven business models: global case studies in transformation. Wiley, Hoboken

Kamalahmadi M, Mellat-Parast M (2016) Developing a resilient supply chain through supplier flexibility and reliability assessment. Int J Prod Res 54(1):302–321

Khajavi SH, Partanen J, Holmström J (2014) Additive manufacturing in the spare parts supply chain. Comput Ind 65(1):50–63

Khojasteh Y (2017) Supply chain risk management. Springer, Singapore

Kiehne B, Tsipoulanidis A (2016) Berufskompetenzen entwickeln durch Perspektivübernahme im Supply Chain und Operations Management. DUZ medienhaus

Kim Y, Chen YS, Linderman K (2015) Supply network disruption and resilience: a network structural perspective. J Oper Manag 33–34:43–59

Kimes SE (2010) Strategic pricing through revenue management [Electronic version]. Retrieved 05.03.2018, from Cornell University, School of Hospitality Administration site: http://scholarship.sha.cornell.edu/articles/346

Kinra A, Mukkamala RR, Vatrapu R (2017) Methodological demonstration of a text analytics approach to country logistics system assessments. In: Dynamics in logistics: proceedings of the 5th international conference LDIC, 2016. Bremen, Germany. Freitag M, Kotzab H; Pannek J (eds) Springer The 5th international conference on dynamics in logistics. LDIC 2016, Cham, pp 119–129

Kleindorfer PR, Saad GH (2005) Managing disruption risks in supply chains. Prod Oper Manag 14 (1):53–68

Kleindorfer PR, Singhal K, van Wassenhove LN (2005) Sustainable operations management. Prod Oper Manag 14(4):482–492

Klibi W, Martel A, Guitouni A (2010) The design of robust value-creating supply chain networks: A critical review. Rupiahpean Journal of Operational Research 203(2):283–293

KlibiW,MartelA,GuitouniA(2010)Thedesignofrobustvalue-creatingsupplychainnetworks:a critical review. Eur J Oper Res 203(2):283–293

Klünder T, Reder L, Steven M (2016) Assessing the industry 4.0-readiness of supply chain networks. 16th production research symposium, Istanbul, pp 790–800

Knemeyer AM, Zinn W, Eroglu C (2009) Proactive planning for catastrophic events in supply chains. J Oper Manag 27(2):141–153

Knight F (1921) Risk, uncertainty and profit: Hart, Schaffner and Marx Prize Essays 31. Houghton Mifflin, Boston

Knight F (1921) Risk, uncertainty, and profit, vol 31. Hart, Schaffner, and Marx Prize Essays; Houghton Mifflin, Boston; New York

Koether R, Rau W (2012) Fertigungstechnik für Wirtschaftsingenieure. Carl Hanser Verlag, München

Kohli R, Grover V (2008) Business value of IT: an essay on expanding research directions to keep up with the times. J Assoc Inf Syst 9(1):23–39

Kolisch R, Hess K (2000) Efficient methods for scheduling make-to-order assemblies under resource, assembly area and part availability constraints. Int J Prod Res 38(1):207–228

Konrad A (2013) Meet ORION, software that will save ups millions by improving drivers' routes. http://www.forbes.com/sites/alexkonrad/2013/11/01/meet-orion-software-that-will-save-upsmillions-by-improving-drivers-routes/. Accessed 19 Jan 2015

Kotzab H, Seuring S, Müller M, Reiner G (eds) (2005) Research methodologies in supply chain management. Physica-Verlag, Heidelberg

Kouvelis P, Dong L, Boyabatli O, Li R (2012) Handbook of integrated risk management in global supply chains. Wiley, Hoboken

Kovalyov MY, Ng CT, Cheng TCE (2007) Fixed interval scheduling: models, applications, computational complexity and algorithms. Eur J Oper Res 178:331–342

Krajewski LJ, Ritzman LP, Malhotra MK (2013) Operations management – processes and supply chains, 10th edn. Pearson, Harlow

Kroenke DM (2013) MIS essentials, 3rd edn. Pearson, Harlow

Kumar N (2006) Strategies to fight low cost rivals. Harv Bus Rev 84:104–112

Kummer S, Jammernegg W, Grün O (2013) Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik, 2nd edn. Pearson, Harlow

Kunnumkal S, Topaloglu H (2011) Linear programming based decomposition methods for inventory distribution systems. Eur J Oper Res 211(2):282–297

Küpper D, Kuhlmann K, Kocher S, Dauner T, Burggräf P (2016) The factory of the future. https://www.bcg.com/publications/2016/leaning-manufacturing-operations-factory-of-future.aspx. Accessed 29 Oct 2017

Kyparisis GJ, Koulamas CP (2006) Flexible flow shop scheduling with uniform parallel machines. Eur J Oper Res 168:985–997

Laudon KC, Laudon JP (2013) Management information systems, 13th edn. Pearson, Harlow

Lee HL, Padmanabhan V, Whang S (1997) Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. Manag Sci 43(4):546–558

Lemmer R (2014) Inselhopping in der Werkshalle. WirtschaftsWoche, 13 Oct 2014, pp 94–96 Little JDC, Graves SC (2008)

Letiche H (2002) Complexity, emergence, resilence, and coherence: gaining perspective on organizations and their study. Emergencey 4(3):72–94

Li J, Chu F, Chen H (2011) A solution approach to the inventory routing problem in a three-level distribution system. Eur J Oper Res 210:736–744

Li Q, Zeng B, Savachkin A (2013) Reliable facility location design under disruptions. Computers and Operations Research 40(4):901–909

Li Y, Chen R (2010) Stochastic single machine scheduling to minimize the weighted number of tardy jobs. In: Cao B-Y, Wang E, Guo S-Z, Chen S-L (eds) Fuzzy information and engineering 2010. Springer, Berlin, pp 363–368

Liao Y, Deschamps Y, de Freitas E, Loures R, Ramos LFP (2017) Past, present and future of Industry 4.0 – a systematic literature review and research agenda proposal. Int J Prod Res 55 (12):3609–3629

Liberatore F, Scaparra MP, Daskin MS (2012) Hedging against disruptions with ripple effects in location analysis. Omega 40(2012):21–30

Liberatore F, Scaparra MP, Daskin MS (2012) Hedging against disruptions with ripple effects in location analysis. Omega 40:21–30 Lissak MR,

LiJ,JiaG,ChengY,HuY(2017)Additivemanufacturingtechnologyinsparepartssupplychain:a comparative study. Int J Prod Res 55(5):1498–1515

Lim MK, Bassamboo A, Chopra S, Daskin MS (2013) Facility location decisions with random disruptions and imperfect estimation. Manuf Serv Oper Manage 15(2):239–249

Lim MK, Bassamboo A, Chopra S, Daskin MS (2013) Facility location decisions with random disruptions and imperfect estimation. Manufacturing and Service Operations Management 15 (2):239–249

Little'slaw.In:ChhajedD,LoweTJ(eds)Buildingintuition:insights from basic operations management models and principles. Springer, New York, pp 81–100

Liu Z, Ro YK (2014) Rescheduling for machine disruption to minimize makespan and maximum lateness. J Sched 17(4):339–352

Losada C, Scaparra MP, O'Hanley JR (2012) Optimizing system resilience: a facility protection model with recovery time. Eur J Oper Res 217:519–530

Lysons K, Farrington B (2012) Purchasing and supply chain management, 8th edn. Pearson, Harlow

Maccarthy BL, Liu J (1993) Addressing the gap in scheduling research: a review of optimization and heuristic methods in production scheduling. Int J Prod Res 31(1):59–79

MacDuffie JP, Sethuraman K, Fisher ML (1996) Product variety and manufacturing performance: evidence from the international automotive assembly plant survey. Manag Sci 42(3):350–369

Maglaras and Meissner (2006) Dynamic pricing strategies for multiproduct revenue management problems 138 manufacturing & service operations management 8(2), pp 136–148

Makioka H, Biragnet JP, Booker M (2009) Learning from the recession, the Japanese way. Business Week Online 16:18

Manager Magazin (2017) Tesla will in Gigafactory auch Motoren und Getriebe bauen. http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/tesla-gigafactory-bekommt-ambitioniertesenergiekonzept-a-1129420.html. Accessed 15 Mar 2017

Mangan J, Lalwani C, Butcher T (2008) Global logistics and supply chain management. Wiley, New York

Mann D (2010) Creating a lean culture: tools to sustain lean conversions, 2nd edn. Productivity Press, New York

Manzini R, Bindi D (2009) Strategic design and operational management optimization of a multistage physical distribution system. Transport Res E Log 45(6):915–936

Manzini R, Bindi F (2009) Strategic design and operational management optimization of a multistage physical distribution system. Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review 45(6):915–936

March JG, Shapira Z (1987) Managerial perspectives on risk and risk taking. Manag Sci 33:1404–1418

Markowitz H (1952) Portfolio selection. J Finance VII(1):77–91

Markoff J (2012) Skilled work, without the worker. The New York Times, p 18

Marodin GA, Saurin TA (2013) Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. Int J Prod Res 51(22):6663–6680

Marsh P, Brown K, Anderlini J, Johnston T, Waldmeir P, Jung-a S, Rickards J, Weitzman H, Ward A(2011)JapancrisisimpactontheSC:globalindustriesconsidertheiroptions.FinancialTimes Rupiahpe, 17 March, p 16

Martin JW (2007) Lean six sigma for supply chain management – the 10-step solution process. McGraw Hill, New York

Martin JW (2008) Operational excellence – using Lean Six Sigma to translate customer value through global supply chains. Auerbach Publications, New York

Mattfeld DC (1996) Evolutionary search and the job shop. Physica-Verlag, Heidelberg

McCarthy J (2010) Dynamic and variable pricing [Electronic version], Retrieved 05.03.2018 from https://www.youtube.com/watch?v=h67sxXVi6oQ

McGill JI, van Ryzin G (1999) Revenue management: research overview and prospects. Transp Sci 33(2):233–256

Meisel F, Bierwirth C (2014) The design of make-to-order supply networks under uncertainties using simulation and optimization. Int J Prod Res 52(22):6590–6607

Melo MT, Nickel S, Saldanha-da-Gama F (2009) Facility location and supply chain management – a review. Rupiahpean Journal of Operational Research 196(2):401–412

Mercadona (2013) https://www.mercadona.es

Mesarovic MD, Takahara Y (1975) General systems theory: mathematical foundations. Academic Press, New York

Meyer GG, Buijs P, Szirbik NB, Wortmann JC (H) (2014) Intelligent products for enhancing the utilization of tracking technology in transportation. Int J Oper Prod Manag 34(4):422–446

Miehle W (1958) Link-length minimization in networks. Operations Research 6(2):232–243

Miller A (2014) Redefining operational excellence – new strategies for maximizing performance and profits across the organization. AMACOM American Management Association, New York

Mistree F, Allen J, Khosrojerdi A, Rasoulifar G (2017) Architecting fail safe supply networks. CRC Press, Boca Raton

Mizgier KJ (2017)Global sensitivity analysis and aggregation ofrisk inmulti-product supply chain networks. Int J Prod Res 55(1):130–144

Moghaddam M, Nof SY (2017) Collaborative service-component integration in cloud manufacturing. Int J Prod Res 56(1–2):677–691

Mönch L, Fowler JW, Mason S (2012) Production planning and control for semiconductor wafer fabrication facilities: modeling, analysis, and systems. Springer, New York

Moore JM (1968) An n job, one machine sequencing algorithm for minimizing the number of late jobs. Manag Sci 15(1):102–109

Motiwalla L, Thompson J (2012) Enterprise systems for management, 2nd edn. Pearson, Harlow

Müller B, Töppel T (2014) Technologiescreening Laserstrahlschmelzen und Rapid Prototyping – 3D Printing Studie, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnink IWU

Nayak A, Levalle RR, Lee S, Nof SY (2016) Resource sharing in cyber-physical systems: modelling framework and case studies. Int J Prod Res 54(23):6969–6983

Nee AYC, Ong SK, Chryssolouris G, Mourtzis D (2012) Augmented reality applications in design and manufacturing. CIRP Ann Manuf Technol 61(2):657–679

Nguyen T, Zhou L, Spiegler V, Ieromonachou P, Lin Y (2017) Big data analytics in supply chain management: a state-of-the-art literature review. Comput Oper Res

Niesen C, Houy P, Fettke R, Loos P (2016) Towards an integrative big data analysis framework for data-driven risk management in industry 4.0. 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS), pp 5065–5074

Noyes K (2014) The shortest distance between two points? At UPS, it's complicated. Fortune Online, July 25. http://fortune.com/2014/07/25/the-shortest-distance-between-two-points-atups-its-complicated/. Accessed 2 Dec 2014

o. V. (2017) Roboterabsatz legt deutlich zu, VDI-Nachrichten Nr. 40, p. 3

Oesterreich TD, Teuteberg F (2016) Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: a triangulation approach and elements ofaresearchagendaforthe construction industry. Comput Ind 83:121–139

Ohno T (1988) Toyota production system: beyond large-scale production. Productivity Press, New York

Okulicz K (2004) Virtual reality-based approach to manufacturing process planning. Int J Prod Res 42(17):3493–3504

Oleaga MA (2013) The AMC – new concept of Airport Management // El CGA – Nuevo concepto de gestión operativa

Olhager J (2003) Strategic positioning of the order penetration point. Int J Prod Econ 85 (3): 319–329

Olle W, Ivanov D (2009) Just-in-time and just-in-sequence: example of Volkswagen Saxony. In: Ivanov D (ed) Supply chain management. St Petersburg Polytechnic University, St Petersburg (in Russian)

Papadopoulos T, Gunasekaran A, Dubey R, Altay N, Childe SJ, Wamba SF (2017) The role of Big Data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability. J Clean Prod 142 (2:1108–1118

ParkN,KimY-C,ShonHY,ShimH(2013)Factorsinfluencingsmartphoneuseanddependencyin South Korea. Comput Hum Behav 29:1763–1770

Pascual VMS (2012) The effect of the meteorological conditions to airports operations, Itavia

Pavlov A, Ivanov D, Dolgui A, Sokolov B (2018) Hybrid fuzzy-probabilistic approach to supply chain resilience assessment. IEEE Trans Eng Manag 65:303. https://doi.org/10.1109/TEM. 2017.2773574

Petrick A, Gönsch J, Steinhardt C, Klein R (2010) Dynamic control mechanisms for revenue management with flexible products. Comput Oper Res 37(11):2027–2039

Pettit JT, Fiksel J, Croxton LK (2010) Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. J Bus Logist 31(1):1–21

Pettit TL, Croxton KL, Fiksel J (2013) Ensuring supply chain resilience: development and implementation of an assessment tool. J Bus Logist 34(1):46–76

Pinedo ML (2010) Theory, algorithms, and systems, 4th edn. Springer, New York

Porter ME, Heppelmann JE (2014) How smart, connected products are transforming competition. Harv Bus Rev 92(11):64–88

Porter ME, Heppelmann JE (2015) How smart, connected products are transforming companies. Harv Bus Rev 93(10):96–114

Porter ME, Heppelmann JE (2018) Eine Brücke zwischen digitaler und physischer Welt. Harvard Business Manager, Februar 2018

Primark (2014) Über uns. http://www.primark.de/uberuns/. Accessed 3 Mar 2014

Quang HT, Hara Y (2017) Risks and performance in supply chain: the push effect. Int J Prod Res 56:1369. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1363429

Quartz (2017a) Amazon's massive fleet of robots hasn't slowed down its employment of humans.qz.com/885425/amazons-massive-fleet-of-robots-hasnt-slowed-down-its-employment-ofhumans/. Accessed 25 Feb 2017

Quartz (2017b) Amazon's massive fleet of robots hasn't slowed down its employment of humans.qz.com/885425/amazons-massive-fleet-of-robots-hasnt-slowed-down-its-employment-ofhumans/. Accessed 25 Feb 2017

Render B, Stair RM, Hanna ME (2012) Quantitative analysis for management, 11th edn. Pearson, Harlow

Renfe (2013) http://www.renfe.com

Richey RG, Morgan TR, Lindsey-Hall K, Adams FG (2016) A global exploration of big data in the supply chain. Int J Phys Distrib Logist Manag 46(8):710–739

Ritzinger U, Puchinger J, Hartl RF (2016) A survey on dynamic and stochastic vehicle routing problems. Int J Prod Res 54(1):215–231

Rosenhead J, Elton M, Gupta SK (1972) Robustness and optimality as criteria for strategic decisions. Oper Res Q 23(4):413–431

Saad SM, Lassila AM (2004) Layout design in fractal organizations. Int J Prod Res 42 (17):3529–3550

Sainanthuni B, Parikh PJ, Zhang X, Kong N (2014) The warehouse-inventory-transportation problem for supply chains. Eur J Oper Res 237(2):690–700

San Juan R (2013) http://www.gaebler.com/Dell-Direct-Model-to-Success.htm

Sawik T (2013) Integrated selection of suppliers and scheduling of customer orders in the presence of supply chain disruption risks. Int J Prod Res 51(23–24):7006–7022

Sawik T (2016) On the risk-averse optimization of service level in a supply chain under disruption risks. Int J Prod Res 54(1):98–113

Scdigest.com (2017) Supply chain news: Is tesla gigafactory revolutionizing how to think about manufacturing? http://www.scdigest.com/ontarget/16-08-02-1.php?cid=11044. Accessed 15 Feb 2017

Scheel O, Monahan S, Eitelwein O, Koelbli M (2015) Digital lean – the next stage in operations optimization. A.T. Kearney Publication

Scheibe KP, Blackhurst J (2018) Supply chain disruption propagation: a systemic risk and normal accident theory perspective. Int J Prod Res 56(1–2):43–59

Schenk M, Wirth S, Müller E (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb* Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik, 2nd edn. Springer, Berlin

Schlüter F, Hetterscheid E, Henke M (2017) A simulation-based evaluation approach for digitalization scenarios in smart supply chain risk management. J Ind Eng Manag Sci 1:179–206

Schmitt AJ, Singh M (2012) A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain. Int J Prod Econ 139(1):23–32

Schmitt AJ, Sun SA, Snyder LV, Shen ZJM (2015) Centralization versus decentralization: risk pooling, risk diversification, and supply chain disruptions. Omega 52:201–212

Schmitt R, Pfeifer T (2010) Qualitätsmanagement: Strategien – Methoden – Techniken. Carl Hanser Verlag, München

Schmitt TG, Kumar S, Stecke KE, Glover FW, Ehlen MA (2017) Mitigating disruptions in a multiechelon supply chain using adaptive ordering. Omega 68:185–198

Schneider M (2017) Lean trifft auf "Industrie 4.0", Logistik für Unternehmen, 07/08-2017, pp. 36–38, Springer VDI Verlag

Schönberger J (2011) Model-based control of logistics processes in volatile environments: decision support for operations planning in supply consortia. Springer, New York

Schonberger RJ (2008) Best practices in lean six sigma process improvement – a deeper look. Wiley, Hoboken, NJ

Schrauf S, Berttram F (2016) Industry 4.0: how digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused. https://www.strategyand.pwc.com/reports/industry4.0. Accessed 29 Oct 2017

Schröder MI, Kersten W (2014) Industry 4.0 and its impact on supply chain risk management. Proceedings of the conferencere liability and statistics in transport and communication (RelStat), pp 15–18

Senger E (2003) Supply chain prototyp mit coca-cola beverages. Universität St Gallen, St Gallen

Shafiq SI, Sanin C, Szczerbicki E, Toro C (2015) Virtual engineering object/virtual engineering process: a specialized form of cyber physical system for industrie 4.0. Procedia Comput Sci 60:1146–1155

Shah J (2009) Supply chain management: text and cases. Pearson, Chennai van Hoek RI (2001) The rediscovery of postponement a literature review and directions for research. J Oper Manag 19(2):161–184

Shah N (2004) Process industry supply chains: advances and challenges. Comput Aided Chem Eng 18:123–138

Sheffi J (2005) The resilient enterprise. MIT Press, Massachusetts

Shontell A (2011) Why UPS is so efficient: "Our trucks never turn left". Business Insider, March 24. http://www.businessinsider.com/ups-efficiency-secret-our-trucks-never-turn-left-2011-3. Accessed 28 Nov 2014

SIBUR (2013) www.sibur.com

Siemens (2017) The Magazine: digitalization in machine building – Twins with potential. https://www.siemens.com/customer-magazine/en/home/industry/digitalization-in-machine-building/the-digital-twin.html. Accessed 4 Jan 2018

Silver EA, Pyke DF, Peterson R (1998) Inventory management and production planning and scheduling, 3rd edn. Wiley, Hoboken

Simangunsong E, Hendry LC, Stevenson M (2012) Supply-chain uncertainty: a review and theoretical foundation for future research. Int J Prod Res 50(16):4493–4523

Simchi-Levi D (2015) Find the weak link in your supply chain. Harv Bus Rev

Simchi-Levi D, Kaminsky P, Simchi-Levi E (2007) Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies, 3rd edn. McGraw-Hill, Boston

Simchi-Levi D, Schmidt W, Wei Y (2014) From superstorms to factory fires: managing unpredictable supply chain disruptions. Harv Bus Rev 92(1–2):96

Simchi-Levi D, Schmidt W, Wei Y (2014) From superstorms to factory fires: managing unpredictable supply-chain disruptions. Harv Bus Rev (January–February)

Simchi-Levi D, Schmidt W, Wei Y, Zhang PY, Combs K, Ge Y, Gusikhin O, Sanders M, Zhang D (2015) Identifying risks and mitigating disruptions in the automotive supply chain. Interfaces 45 (5):375–390

Simchi-Levi D, Wei Y (2015) Worst-case analysis of process flexibility designs. Oper Res 63 (1):166–185

Simchi-Levi D, Wu MX (2018) Powering retailers' digitization through analytics and automation. Int J Prod Res 56(1–2)

Simchi-Levi D, Wu MX (2018) Powering retailers' digitization through analytics and automation. Int J Prod Res 56(1–2):809–816

Singularity Hub (2017a) How robots helped create 100,000 jobs at Amazon. singularityhub.com/2017/02/10/how-robots-helped-create-100000-jobs-at-amazon/. Accessed 25 Feb 2017

Singularity Hub (2017b) How robots helped create 100,000 jobs at Amazon. singularityhub.com/ 2017/02/10/how-robots-helped-create-100000-jobs-at-amazon/. Accessed 25 Feb 2017

Slack N, Brandon-Jones A, Johnston R (2011) Essentials of operations management. Pearson, London

Slack N, Brandon-Jones A, Johnston R (2011) Operations management, 1st edn. Pearson Education, London

Slack N, Chambers S, Johnston R (2010) Operations management, 6th edn. Pearson Education, London

Slack N, Chambers S, Johnston R (2010) Operations management, 6th edn. Pearson, Harlow

Snyder LV, Atan Z, Peng P, Rong Y, Schmitt AJ, Sinsoysal B (2016) OR/MS models for supply chain disruptions: a review. IIE Trans 48(2):89–109

Snyder LV, Daskin MS (2005) Reliability models for facility location: The expected failure cost case. Transportation Science 39(3):400–416

Snyder LV, Zümbül A, Peng P, Ying R, Schmitt AJ, Sinsoysal B (2016) OR/MS models for supply chain disruptions: a review. IIE Trans 48(2):89–109

Sodhi M, Tang CS (2012) Managing supply chain risk. Springer, New York

Sodhi MS, Lee S (2007) An analysis of sources of risk in the consumer electronics industry. J Oper Res Soc 58(11):1430–1439

Sokolov B, Ivanov D, Dolgui A, Pavlov A (2016) Structural quantification of the ripple effectinthe supply chain. Int J Prod Res 54(1):152–169

Sokolov B, Ivanov D, Dolgui A, Pavlov A (2016) Structural analysis of the ripple effect in the supply chain. Int J Prod Res 54(1):152–169

Solomon MM (1987) Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. Oper Res 5(2):254–265

Sotskov YN, Lai T-C, Werner F (2013) Measures of problem uncertainty for scheduling with interval processing times. OR Spectr 35(3):659–689

Spens K, Kovács G (2009) Identifying challenges in humanitarian logistics. Int J Phys Distr Log Manag 39:506–528

Stadtler H (1996) Mixed integer programming model formulations for dynamic multi-item multilevel capacitated lot-sizing. Eur J Oper Res 94(3):561–581

Stadtler H, Kilger C, Meyr H (2015) Supply chain management and advanced planning, 5th edn. Springer, Berlin

Starbuck Corporation (2014) www.starbucks.com. Accessed 01 Sept 2014

Statista (2017) https://www.statista.com/topics/1476/industrial-robots/. Accessed 7th Feb 2017 and 12th Jan 2018

Stephan K, Boysen N (2011) Cross-docking. J Manag Control 22:129–137

Sterman J (2000) Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. McGraw-Hill, London

Sterman JD (2000) Business dynamics: systems thinking and modeling for complex world. McGraw-Hill, Boston

Strother J (2011) BBC news – shopping by phone at South Korea's virtual grocery

Strozzi F, Colicchia C, Creazza A, Noè C (2017) Literature review on the 'Smart Factory' concept using bibliometric tools. Int J Prod Res. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1326643

Sun Y, Heng BH, Seow YT, Seow E (2009) Forecasting daily attendances at an emergency department to aid resource planning. BMC Emerg Med 9:1

Sun YI (2017) Die nächste Werkbank der Welt. Harvard Business Manager, December 2017

Supply Chain Council (2012) Inside Lenovo's hybrid supply chain strategy. http://supply-chain.org/f/Zapko-Inside_Lenovos_Hybrid_Supply_Chain_Strategy.pdf

SupplyChain247 (2017) http://www.supplychain247.com/article/ups_drone_meets_ups_delivery_truck/Drones

Taha HA (2009) Operations research: an introduction, 9th edn. Pearson, Harlow

Talluri K, van Ryzin G (2004) The theory and practice of revenue management. Springer, New York

Tang C, Tomlin B (2008)Thepower of flexibility formitigating supply chain risks. IntJ ProdEcon 116:12–27

Tang CS (2006) Perspectives in supply chain risk management. Int J Prod Econ 103:451–488

Tang CS (2007) Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. Int J Log Res Appl 9 (1):33–45

Tang O, Musa SN (2011) Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. Int J Prod Econ 133:25–34

Teich T (2003) Extended value chain management (in German). GUC Verlag, Chemnitz

Tempelmeier H (2005) Bestandsmanagement in supply chains. 3. Aufl

TESCO PLC (2012) Tesco Homeplus expands number of virtual stores. http://www.tescoplc.com/index.asp?pageid=17&newsid=593. Accessed 10 May 2014

Tesla (2017) Tesla Gigafactory. https://www.tesla.com/gigafactory?redirect=no. Accessed 15 Feb 2017

Teslamag (2017) Tesla veröffentlicht neues Videomaterial zum Baufortschritt der Gigafactory. http://teslamag.de/news/tesla-veroeffentlicht-neues-videomaterial-zum-baufortschritt-dergigafactory-11924. Accessed 15 Feb 2017

The Economist (2011) Spanish aisles. The Economist, June. http://www.economist.com

The Telegraph (2011) Tesco builds virtual shops for Korean commuters

Theorin A, Bengtsson K, Provost J, Lieder M, Johnsson C, Lundholm T, Lennartson B (2017) An event-driven manufacturing information system architecture for Industry 4.0. Int J Prod Res 55 (5):1297–1311

Thomé AMT, Sousa RS, do Carmo LFRRS (2014) The impact of sales and operations planning practices on manufacturing operational performance. Int J Prod Res 52(7):2108–2121

Thonemann U (2010) Operations management, 2nd edn. Pearson Studium, München

Thonemann U (2010) Operations management: konzepte, methoden und anwendungen, 2nd edn. Pearson, München

Thonemann U (2015) Operations management: konzepte, methoden und anwendungen, 2nd edn. Pearson, New Jersey

Tomlin B (2006) On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks. Manag Sci 52:639–657

Toth P, Vigo D (2002) Models, relaxations and exactapproaches forthecapacitated vehiclerouting problem. Discret Appl Math 123(1–3):487–512

Tran-Dang H, Krommenacker N, Charpentier P (2017) Containers monitoring through the Physical Internet:aspatial 3D model based on wireless sensor networks. Int J Prod Res 55 (9):2650–2663

Tsipoulanidis A (2015) Von Lean Thinking zu Supply Chain & Operational Excellence durch die digitale Transformation, Der Tagesspiegel. http://www.tagesspiegel.de/themen/digitalbusinesses-und-services/prof-dr-alexander-tsipoulanidis-von-lean-thinking-zu-supply-chainund-operational-excellence-durch-die-digitale-transformation/12530142.html

Tsipoulanidis A (2015) Von lean thinking zu supply chain & operational excellence durch die digitale transformation. Der Tagesspiegel, 2.11.2015

Tsipoulanidis A (2017a) Leandustry 4.0 – the efficient way from company to customer at times of the digital transformation – how lean thinking is leading to smart supply chain management and operational excellence. ICCMI conference 2017, Thessaloniki, Greece

Tsipoulanidis A (2017b) With lean thinking and industry 4.0 to operational excellence. Supply Chain Manag 3:13–19

T-Systems (2018) https://www.t-systems.com/de/en/industries/automotive/scm-solutions/smartlogistics/digital-transport-management-252148

Vahrenkamp R, Mattfeld DC (2007) Logistik netzwerke: modelle für Standortwahl und Tourenplanung. Gabler, Wiesbaden

Van de Vonder S, Demeulemeester E, Herroelen W (2007) A classification of predictive-reactive project scheduling procedures. J Sched 10(3):195–207

Van Wassenhove L (2006) Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. J Oper Res Soc 57:475–489

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2013) Cyber-physical systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. Thesen und Handlungsfelder, April 2013

Vicente JJ, Relvas S, Barbosa-Póvoa AP (2017) Effective bullwhip metrics for multi-echelon distribution systems under order batching policies with cyclic demand. Int J Prod Res 56:1593. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1367105

Vidal CJ, Goetschalckx M (1997) Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. Rupiahpean Journal of Operational Research98(1):1–18

Vieira GE, Herrmann JW, Lin E (2003) Rescheduling manufacturing systems: a framework of strategies, policies and methods. J Sched 6(1):35–58

Volkswagnis (2012) Wirtschaftswoche, 45

Vrijhoef R, Koskela L (2000) The four roles of supply chain management in construction. Eur J Purch Supply Manage 6(3-4):169–178

Wagner HM, Whitin TM (1958) Dynamic version of the economic lot-size model. Manag Sci 5 (1):89–96

Wagner SM, Bode C (2008) An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. J Bus Logist 29(1):307–325

Wallace TF, Stahl RA (2006) Sales and operations planning. TF Wallace, Cincinnati

Wamba SF, Akter S, Edwards A, Chopin G, Gnanzou D (2015) How 'big data' can make big impact: findings from a systematic review and a longitudinal case study, Int J Prod Econ, Elsevier, 165, 234–246.

Wamba SF, Ngai EWT, Riggins F, Akter S (2017) Transforming operations and production management using big data and business analytics: future research directions. Int J Oper Prod Manag 37(1):2–9

Wang G, Gunasekaran A, Ngai EWT, Papadopoulos T (2016) Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. Int J Prod Econ 176:98–110

Wannenwetsch HH, Nicolai S (2004) E-Supply-Chain-Management Grundlagen, Strategien, Praxisanwendungen, Gabler Wiesbaden

Waters D (2008) Supply chain management: an introduction to logistics, 2nd edn. Palgrave Macmillan, Basingstoke

Waters D (2011) Supply chain risk management: vulnerability and resilience in logistics, 2nd edn. Kohan Page, London

Waters D (2013) Inventory control and management, 2nd edn. Wiley, Chichester

Welt (2016) Die Speedfactory ist für Adidas eine Revolution. www.welt.de/wirtschaft/article155658067/Die-Speedfactory-ist-fuer-Adidas-eine-Revolution.html. Accessed 15 Feb 2017

Werner F (2013) A survey of genetic algorithms for shop scheduling problems. In: Siarry P (ed) Heuristics: theory and applications. Nova Science, New York, pp 161–222

Wernerfelt B (1984) A resource-based view of the firm. Strategic Management Journal 5 (2):171–180

Westerman G, Bonnet D, McAfee A (2014) Leading digital – turning technology into business transformation. Harvard Business Review Press, New York, NY

Wiberg Consulting (2014) www.wiberg-consulting.com/files/admin/w5_nlk.pdf. Accessed 19 July 2014

Wiendahl H-P, Nofen D, Klußmann JH, Breitenbach F (eds) (2005) Planung modularer Fabriken – Vorgehen und Beispiele aus der Praxis. Carl Hanser Verlag, München

Wildemann H (2016) Die Digitale Chance. Harvard Business Manager, November 2016, pp 87–92

Wilkinson G (2018) Integrating artificial intelligence with simulation modeling. https://www.anylogic.com/blog. Accessed 4 Feb 2018

Wilson JM (2014) Henry Ford vs. assembly line balancing. Int J Prod Res 52(3):757–765

Wilson MC (2007) The impact of transportation disruptions on supply chain performance. Transp Res E Logist Transp Rev 43:295–320

Wohlsen M (2013) The astronomical math behind UPS' new tool to deliver packages faster. Wired Magazine Online, December 13. http://www.wired.com/2013/06/ups-astronomical- math/. Accessed 9 Dec 2014

Wolsey LA (2006) Lot-sizing with production and delivery time windows. Math Program 107 (3):471–489

Womack JP, Jones DT (1996) Lean thinking – banish waste and create wealth in your corporation. Touchstone Books, London

Womack JP, Jones DT (2005) Lean solutions: how companies and customer can create wealth together. Simon & Schuster, New York

Womack JP, Jones DT, Roos D (1990) The machine that changed the world – the story of lean production. HarperCollins, New York

Womack JP, Jones DT, Roos D (2007) The machine that changed the world: the story of lean production – toyota's secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry. Simon & Schuster, New York

World Food Programme (2014) Responding to emergencies. http://www.wfp.org/emergencies. Accessed 20 Mar 2014

www.lenovo.com

www.nike.com

Yalaoui A, Chehade H, Yalaoui F, Amodeo L (2012) Optimization of logistics. Wiley, New York

Yang Y, Pan S, Ballot E (2017) Innovative vendor-managed inventory strategy exploiting interconnected logistics services in the Physical Internet. Int J Prod Res 55(9):2685–2702

Yin RK (2014) Case study research: design and methods (Applied social research methods), 7th edn. Sage, London

Yoon J, Talluri S, Yildiz H, Ho W (2018) Models for supplier selection and risk mitigation: a holistic approach. Int J Prod Res. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403056

Zentes J, Morschett D, Schlramm-Klein H (2012) Strategic retail management: text and international cases. Gabler Verlag, Springer Fachmedien, Wiesbaden

Zhong RY, Xu C, Chen C, Huang GQ (2017) Big data analytics for physical internet-based intelligent manufacturing shop floors. Int J Prod Res 55(9):2610–2621

Zhuge H (2011) Semantic linking through spaces for cyber-physical-socio intelligence: a methodology. Artif Intell 175(5–6):988–1019

Zipkin PH (1991) Computing optimal lot sizes in the economic lot scheduling problem. Oper Res 39(1):56–63

Zipkin PH (2000) Foundations of inventory management. McGraw-Hill, Boston

Zschorn L, Müller S, Ivanov D (2017) Capacity planning on key work stations in a hybrid MTO-ETO production system: a case-study on Siemens AG. Int J Invent Res 4(2/3):214–232