YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

MANAJEMEN DAN OPERASIONAL BISNIS dengan Excel

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

MANAJEMEN DAN OPERASIONAL BISNIS dengan Excel

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :

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

MANAJEMEN DAN OPERASIONAL BISNIS dengan Excel

Penulis :
Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom., M.Si., MM.

ISBN : 9 786235 734071

Editor :
Dr. Joseph Teguh Santoso, S.Kom., M.Kom.

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

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

Penebit :
Yayasan Prima Agus Teknik Bekerja sama dengan
Universitas Sains & Teknologi Komputer (Universitas STEKOM)

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 dan Operasi Bisnis Dengan Excel" dapat diselesaikan dengan baik. Dalam sebuah bisnis yang berskala kecil hingga besar, pasti selalu terdapat perhitungan. Dalam bisnis skala kecil, yang masih menggunakan metode Kontemporer (pencatatan manual) masih banyak sekali kekurangan dalam pencatatan dan perhitungan bisnisnya. Oleh sebab itu buku ini dibuat untuk membantu para pebisnis untuk membuat aplikasi atau membangun aplikasi dari Excel yang mempermudah dalam menjalani bisnisnya.

Dalam bab awal buku ini akan membahas tentang ilmu manajemen operasional yang akan dirancang dalam pembuatan aplikasi menggunakan Excel. Pada bab bab selanjutnya mulai membahas tentang membangun aplikasi tersebut dalam excel diantaranya Model Finansial, Analisis Insvestasi, Pemasaran, Perhitungan Biaya, hingga manajemen Database maupun Manajemen Operasional Proyek.

Buku ini dibagi menjadi 2 bagian, bagian pertama akan membahas tentang membangun aplikasi model bisnis menggunakan excel dan yang kedua akan membahas tentang Manajemen Operasional yang akan diaplikasikan dalam Excel. buku ini juga dilengkapi latihan soal, agar para pembaca bisa berexperimen setelah membaca buku ini. Buku ini sangat bermanfaat karena melalui buku ini melalui aplikasi yang kita bangun dari bahasan buku ini pebisnis dapat antara lain: dapat mengontrol biaya operasional usaha, memberikan jumlah hutang, piutang dan inventaris yang dimiliki, meminimalkan risiko kehilangan barang, uang atau bahkan asset usaha, pengelolaan arus keuangan yang sangat berpengaruh pada laba-rugi usaha, memantau perkembangan usaha yang telah dilakukan, dan juga menentukan pemasaran yang sesuai dengan bisnis anda. Akhir kata semoga buku ini berguna bagi para pembaca.

Semarang, November 2021
Penulis

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
BAB 1 PANDANGAN SISTEM BISNIS **1**
1.1 Gambaran 1
1.2 Pandangan Sistem Operasi Bisnis 1
1.3 Model Bisnis Manufaktur 3
1.4 Akuntansi Biaya Dan Keuangan 4
1.5 Fungsi Pemasaran/Marketing 5
1.6 Fungsi Produksi 6
1.7 Pengambilan Keputusan Manajemen 14
1.8 Perencanaan Sumber Daya Perusahaan/Enterprise Resource Planning (ERP) 18
BAB 2 ALAT PEMBUAT MODEL **20**
2.1 Gambaran 20
2.2 Karakteristik Pemodelan 21
2.3 Risiko Dan Ketidakpastian Dalam Pengambilan Keputusan 23
2.4 Pemrograman Linier/Linear Programming (LP) 25
2.5 Menggunakan 'Analisis Toolpak' Excel 31
2.6 Metode Statistik 32
2.7 Analisis Keputusan 40
2.8 Simulasi 48
2.9 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 53
2.10 Latihan 55
BAGIAN 1 MODEL BISNIS
BAB 3 MODEL FINANSIAL **58**
3.1 Gambaran 58
3.2 Laporan Keuangan 60
3.3 Analisis Rasio 60
3.4 Net Present Value (NPV) 62
3.5 Penilaian Investasi 64
3.6 Manajemen Portofolio 67
3.7 Penganggaran Modal Menggunakan Pohon Keputusan 72
3.8 Analisis Arus Kas 74
3.9 Pembiayaan Investasi: Model Simulasi 79
3.10 Perencanaan Keuangan 82
3.11 Produk Tambahan Komersial Untuk Excel 86
3.12 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 89
3.13 Latihan 92

BAB 4 MODEL ANALISIS INVESTASI 96
4.1 Gambaran 96
4.2 Sikap Preferensi Risiko 97
4.3 Teori Utilitas 98
4.4 Teori Portofolio: Model Markowitz 102
4.5 Analisis Portofolio: Perbatasan Efisien 104
4.6 Model Indeks Tunggal (SIM) 109
4.7 Model Harga Aset Model (CAPM) 115
4.8 Penilaian Obligasi 118
4.9 Durasi Dan Volatilitas Obligasi 124
4.10 Model Harga Opsi Hitam–Sekolah 128
4.11 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 132
4.12 Latihan 135
BAB 5 APLIKASI LEMBAR KERJA DALAM AKUNTANSI BIAYA 139
5.1 Gambaran 138
5.2 Analisis Biaya-Volume-Laba 139
5.3 Penyusutan 142
5.4 Penggantian Peralatan 144
5.5 Analisis Penggantian Statistik 148
5.6 Model Simulasi Penggantian/Perbaikan 152
5.7 Perbandingan Hasil Simulasi Dan Statistik 158
5.8 Penganggaran 159
5.9 Biaya Pekerjaan 166
5.10 Kurva Pembelajaran 168
5.11 Memeriksa Keakuratan Kurva Belajar 174
5.12 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 177
5.13 Latihan 179
BAB 6 MODEL PEMASARAN 184
6.1 Gambaran 184
6.2 Mengorganisasi Dan Menyajikan Data 184
6.3 Analisis Korelasi Dan Regresi Linier 187
6.4 Peramalan – Deret Waktu Dan Pengalasan Eksponensial 190
6.5 Peramalan – Pengalasan Eksponensial 196
6.6 Model Tenaga Penjualan 204
6.7 Pemrograman Tujuan 211
6.8 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 222
6.9 Latihan 223
BAB 7 PEMROSESAN PESANAN PEMBELIAN : APLIKASI DATABASE 227
7.1 Gambaran 227
7.2 Menciptakan Makro Sederhana 228
7.3 Proses Pemesanan Pembelian 230

7.4 Menciptakan Layar Judul 231
7.5 Lembar Kerja Produk Dan Pemasok 235
7.6 Buat Formulir Pesanan Pembelian 237
7.7 Menciptakan Database Dan Makros Yang Terkait 242
7.8 Makro Untuk Mentransfer Data Ke Database 243
7.9 Menambahkan Makro Ke Tombol 246
7.10 Mengubah Pesanan Pembelian 247
7.11 Cetak Pesanan Pembelian 253
7.12 Melindungi Aplikasi Pop Database 255
7.13 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 260
7.14 Latihan 261
BAGIAN 2 MODEL MANAJEMEN OPERASI
BAB 8 APLIKASI STATISTIKAL PADA QUALITY CONTROL 263
8.1 Gambaran 263
8.2 Distribusi Probabilitas 264
8.3 Sampling Penerimaan 269
8.4 Estimasi – Gambar Kesimpulan Dari Sampel 274
8.5 Uji Hipotesis – Memeriksa Klaim! 279
8.6 Analisis Variansi (Anova) 280
8.7 Kontrol Proses Statistik 285
8.8 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 296
8.9 Latihan 298
BAB 9 MODEL KONTROL INVENTARIS 303
9.1 Gambaran 303
9.2 Daftar Istilah Inventarisasi 304
9.3 Karakteristik Model Persediaan 306
9.4 Model Deterministik 307
9.5 Model Jumlah Pesanan Produksi 308
9.6 Model Inventarisasi Dengan Kendala 316
9.7 Model Probabilistik 320
9.8 Kontrol Persediaan: Pendekatan Simulasi 331
9.9 Perencanaan Kebutuhan Material 334
9.10 Metode Lot-Size 344
9.11 Pendekatan Just-In-Time (Jit) Untuk Manajemen Persediaan 345
9.12 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 346
9.13 Latihan 347
BAB 10 MODEL UNTUK OPERASI PRODUK 352
10.1 Pandangan 352
10.2 Model Logistik 352
10.3 Aplikasi Aliran Jaringan Lainnya 361
10.4 Perencanaan Dan Penjadwalan Produksi 371

10.5 Model Antrian 388
10.6 Fungsi Excel Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model 400
10.7 Latihan 400
BAB 11 MANAJEMEN PROYEK 408
11.1 Pandangan 408
11.2 Teknik Manajemen Proyek 409
11.3 Jaringan Proyek 409
11.4 Model Simulasi Untuk Manajemen Proyek 433
11.5 Latihan 437
DAFTAR PUSTAKA 442

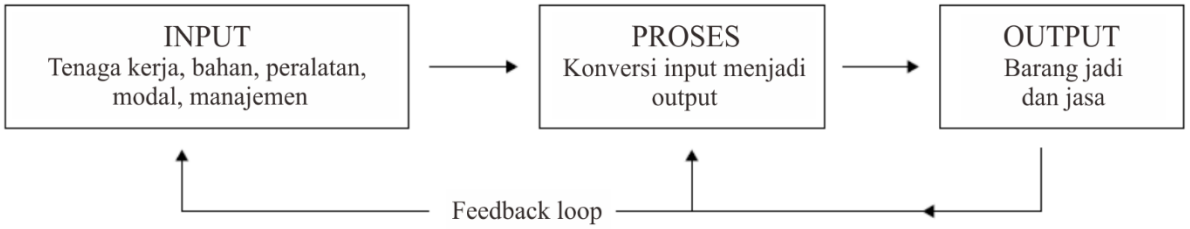
BAB 1
PANDANGAN SISTEM BISNIS

1.1 GAMBARAN

Buku teks ini mengembangkan model untuk berbagai aspek manajemen bisnis dan operasi. Buku ini juga untuk mengilustrasikan bagaimana aktivitas bisnis manufaktur saling terkait, yang menyajikan pendekatan sistem. Pendekatan sistem memberikan pandangan menyeluruh tentang aktivitas organisasi, di mana organisasi dipisahkan menjadi subsistem atau departemen yang dapat diidentifikasi. Semua departemen tersebut saling bergantung dan melakukan tugas pekerjaan tertentu yang berkontribusi pada tujuan organisasi. Model paling sederhana dari sistem bisnis terdiri dari tiga elemen dasar, yaitu input, proses, dan output (Gambar 1.1). Informasi output digunakan sebagai mekanisme kontrol – biasanya disebut loop umpan balik – untuk mengoreksi penyimpangan dari kinerja yang direncanakan.

Misalnya, pertimbangkan toko roti. Input terdiri dari bahan baku yang digunakan untuk membuat roti yaitu tepung terigu, ragi, dan air. Proses sebenarnya adalah memanggang, dilakukan dalam oven di mana bahan-bahan diubah menjadi output, yaitu roti. Dalam hal ini, proses dikendalikan dengan memantau output oven, yaitu suhu. Dengan demikian, loop umpan balik suhu memastikan bahwa kondisi pemanggangan yang benar dipertahankan.

Output dapat berupa barang jadi atau jasa. Bisnis manufaktur menghasilkan output berwujud seperti mobil atau furnitur sedangkan bisnis yang berorientasi pada layanan, misalnya, bank atau rumah sakit, lebih berfokus pada pelanggan. Umumnya, operasi layanan menggunakan lebih banyak tenaga kerja dan lebih sedikit peralatan daripada manufaktur. Kata 'throughput' kadang-kadang digunakan untuk merujuk pada barang-barang yang masih dalam tahap proses dan belum diubah menjadi barang jadi.



Gambar 1.1 Tampilan sistem bisnis.

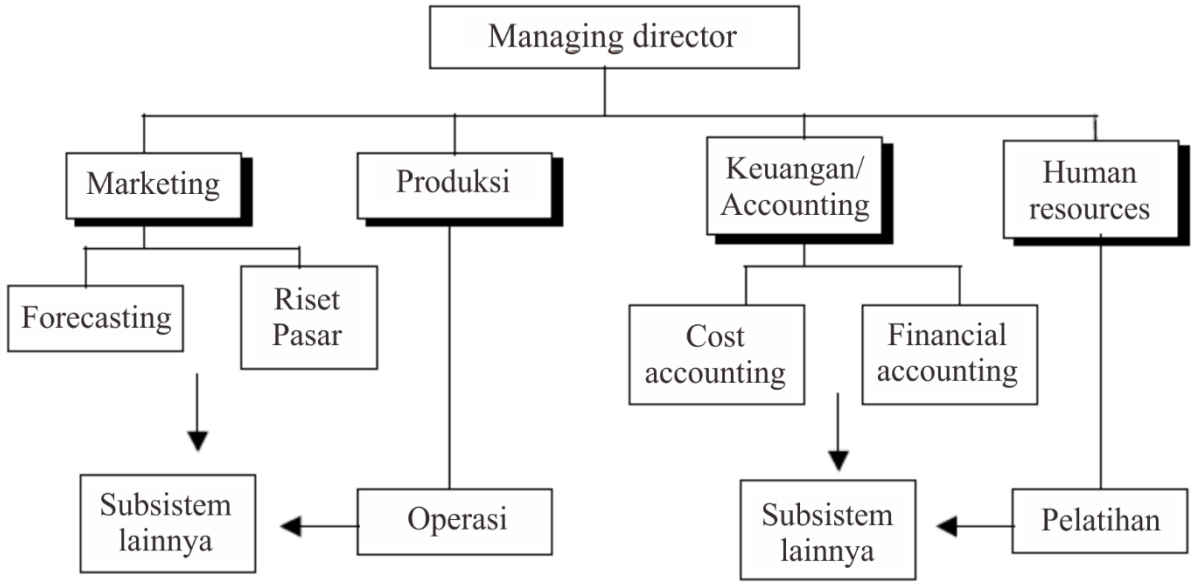
1.2 PANDANGAN SISTEM OPERASI BISNIS

Pada sebagian besar organisasi, departemen dibentuk dengan mengelompokkan fungsi-fungsi yang serupa. Sementara semua organisasi tidak memiliki fungsi yang sama, satu pendekatan umum untuk organisasi fungsional adalah memiliki empat divisi utama, yaitu sumber daya manusia, pemasaran, keuangan/akuntansi dan produksi. Dalam masing-masing dari empat divisi ini, ada subsistem atau departemen fungsional lebih lanjut, menciptakan

struktur hierarkis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2. Dalam buku teks ini, istilah 'manajemen bisnis' ditafsirkan dalam arti yang lebih luas yang mencakup keempat bidang divisi sementara 'manajemen operasi' secara khusus berkaitan dengan kegiatan divisi produksi.

Divisi sumber daya manusia berurusan dengan aspek manusia dari suatu organisasi seperti hubungan kerja, lingkungan kerja, dan *in-house training.* Karena aktivitas personalia berorientasi pada orang, divisi sumber daya manusia menggunakan komputer sebagai sistem temu kembali informasi, memanfaatkan catatan yang disimpan dalam database. Aplikasi matematika yang berkaitan dengan tindakan personel dibatasi di sini untuk model perencanaan staf dalam pemasaran.

Tujuan divisi pemasaran ada dua (i) untuk mengidentifikasi dan (ii) untuk memenuhi kebutuhan pelanggan - dengan keuntungan bagi organisasi. Dengan kata lain, divisi pemasaran tidak hanya membantu menjual secara menguntungkan apa yang diproduksi oleh divisi produksi, tetapi juga membantu menentukan produk apa yang seharusnya. Riset pasar digunakan untuk mengidentifikasi apa yang sebenarnya diinginkan konsumen, termasuk preferensi dan pola perilaku mereka. Departemen pengembangan produk kemudian menerjemahkan preferensi konsumen ini ke dalam spesifikasi umum untuk produk baru atau produk yang dimodifikasi. Pada tahap selanjutnya, spesifikasi umum disempurnakan menjadi desain produk rinci oleh divisi produksi. Pengembangan produk adalah contoh aktivitas interfacing yang membutuhkan input baik dari pemasaran maupun produksi. Subsistem pemasaran lain yang berkontribusi terhadap penjualan pelanggan adalah peramalan penjualan, periklanan, alokasi dan penjadwalan tenaga penjualan, dan penetapan harga produk.



Gambar 1.2 Organisasi fungsional khas dari bisnis manufaktur.

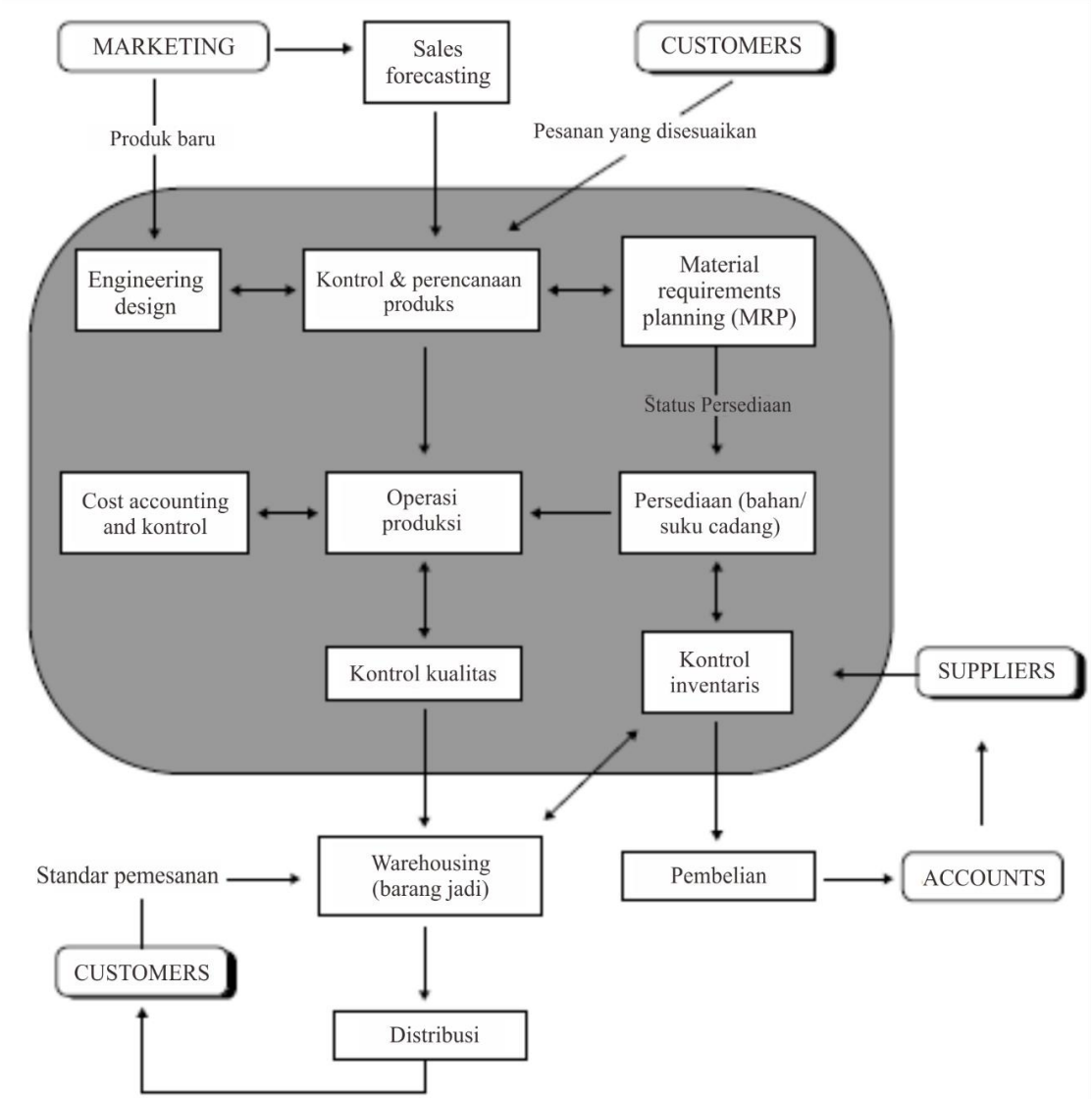
Karena fungsi keuangan/akunting berfokus pada kesejahteraan ekonomi organisasi, aktivitas akuntansi meluas ke semua operasi bisnis. Akuntansi keuangan menyediakan informasi ekonomi untuk pengambilan keputusan manajerial dalam perusahaan. Perencanaan strategis dan operasional, pengukuran dan pengendalian kinerja, dan penetapan biaya produk adalah fungsi akuntansi umum yang harus dilakukan oleh manajemen. Aspek penting lain dari pengendalian manajerial adalah penganggaran. Penganggaran adalah hasil praktis dari perencanaan bisnis dan digunakan untuk memastikan bahwa pengeluaran tidak melebihi pendapatan, yakni,untuk memastikan bahwa perusahaan menghasilkan keuntungan.

Tujuan utama divisi produksi adalah mengubah bahan mentah menjadi barang jadi. Langkah pertama dalam proses manufaktur adalah memutuskan apa yang akan dibuat dan kapan dibutuhkan. Setelah persyaratan pelanggan ditetapkan, produk kemudian dirancang. Produk ini mungkin merupakan modifikasi dari produk yang sudah ada atau mungkin benar-benar baru. Sumber daya yang diperlukan untuk memproduksi produk ditentukan dan, jika sesuai, jumlah yang diperlukan diukur. Sumber daya ini meliputi bahan baku dan suku cadang, tenaga kerja, dan fasilitas produksi.

Setelah desain produk dan proses manufaktur ditentukan, produk harus dijadwalkan bersama dengan produk lain yang dibuat oleh organisasi. Jadwal produksi yang efektif adalah elemen penting dari operasi produksi. Ini melibatkan pemeriksaan kapasitas produksi, yaitu, apakah ada tenaga kerja dan bahan yang cukup tersedia, apakah kapasitas mesin memadai untuk melakukan pekerjaan itu, dan lain-lain.? Setelah memastikan bahwa ada kapasitas yang memadai, langkah selanjutnya adalah memesan bahan baku dan suku cadang yang diperlukan. Mesin dan personel kemudian dijadwalkan untuk melakukan langkah-langkah manufaktur yang diperlukan. Selama tahap produksi tertentu, produk diperiksa dan dibandingkan dengan spesifikasi desainnya untuk kinerja dan kualitas, yaitu, kontrol kualitas dilakukan. Jika produk jadi memenuhi semua spesifikasi desain asli, produk tersebut dikirim langsung ke pelanggan atau disimpan di gudang.

1.3 MODEL BISNIS MANUFAKTUR

Keterkaitan antara berbagai fungsi bisnis yang diuraikan di atas dapat lebih dipahami dengan memeriksa model organisasi manufaktur. Model Gambar 1.3 bukanlah model matematis, tetapi diagram yang menunjukkan aliran data dasar antara subsistem utama dalam organisasi. Area yang diarsir berisi subsistem utama dalam divisi produksi.



Gambar 1.3 Model bisnis manufaktur.

1.4 AKUNTANSI BIAYA DAN KEUANGAN

Dua kategori utama akuntansi adalah akuntansi keuangan dan akuntansi manajemen atau biaya. Istilah 'akuntansi manajemen' dan 'akuntansi biaya' sering digunakan secara bergantian. Sebenarnya, akuntansi biaya mengacu pada bisnis manufaktur, dan berfokus pada biaya bahan baku, tenaga kerja, dan biaya overhead yang dikeluarkan dalam produksi barang jadi. Akuntansi manajemen adalah istilah yang lebih umum mengacu pada fungsi manajerial perencanaan dan pengendalian organisasi. Pengukuran dan pengendalian kinerja, penetapan biaya produk, dan keputusan pembelian adalah fungsi akuntansi manajerial umum yang harus dilakukan oleh manajemen perusahaan.

Fungsi keuangan mencakup akuntansi keuangan dan manajemen keuangan. Akuntansi keuangan terutama berkaitan dengan penyediaan informasi bagi pihak luar bisnis seperti investor, lembaga perbankan, dan lembaga pemerintah. Jika sebuah perusahaan ingin

meminjam uang, ia harus memberikan informasi kepada lembaga pemberi pinjaman untuk menunjukkan bahwa perusahaan tersebut adalah investasi yang sehat. Demikian pula, pemegang saham ingin melihat laporan keuangan yang menunjukkan seberapa baik kinerja perusahaan dan berapa nilai investasi mereka!

Tujuan manajemen keuangan ada dua (i) untuk memastikan bahwa ada cukup dana yang tersedia untuk memenuhi kewajiban keuangan organisasi dan (ii) untuk memaksimalkan pengembalian dana yang diinvestasikan yang tidak diperlukan untuk memenuhi komitmen saat ini. Untuk memaksimalkan keuntungan, manajer keuangan harus memutuskan apakah manfaat yang diperoleh dari investasi apapun cukup untuk membenarkan pengeluaran awal. Situasi investasi termasuk keputusan penganggaran modal yang berkaitan dengan rencana ekspansi atau pengembangan produk baru, dan investasi jangka panjang seperti obligasi pemerintah atau saham di perusahaan lain.

Salah satu aspek penting dari pengendalian manajerial adalah penganggaran. Anggaran adalah rencana – biasanya dinyatakan dalam istilah moneter – yang mencakup periode waktu tertentu, misalnyasatu tahun. Ini menunjukkan kegiatan yang ingin dilakukan perusahaan untuk mencapai tujuan labanya. Sementara anggaran menyediakan data yang diproyeksikan, subsistem akuntansi biaya menghasilkan data aktual. Varians dari target yang ditetapkan ditemukan dengan membandingkan biaya aktual dengan biaya yang dianggarkan atau standar. Misalnya, varians negatif atau tidak menguntungkan terjadi jika produksi aktual menggunakan bahan yang lebih mahal dari yang direncanakan. Di sisi lain, jika jam kerja aktual yang digunakan dalam pembuatan suatu produk kurang dari angka yang dianggarkan, maka hasil varians positif atau menguntungkan.

1.5 FUNGSI PEMASARAN/MARKETING

Fungsi pemasaran menggunakan sejumlah besar informasi kualitatif yang memperkenalkan ketidakpastian ke dalam proses pengambilan keputusan. Keputusan kualitatif yang harus diambil oleh manajer pemasaran antara lain mengantisipasi kebutuhan pelanggan, meramalkan penjualan produk, dan mengevaluasi sumber persaingan baru. Pengambil keputusan sering menggunakan model spreadsheet sebagai alat kuantitatif untuk mendapatkan jawaban atas berbagai pertanyaan 'bagaimana-jika'. Ketika manajer dapat melihat efek langsung dari perubahan parameter sensitif seperti volume penjualan atau harga produk, mereka lebih baik ditempatkan untuk mengevaluasi alternatif yang layak. Karena model memberikan bantuan yang berharga dalam melakukan analisis sensitif seperti itu, mereka sering disebut sistem pendukung keputusan/*Decision Support Systems* (DSS).

Tidak ada organisasi yang dapat berfungsi secara efektif tanpa perkiraan untuk barang atau jasa yang disediakannya. Tujuan utama dari divisi pemasaran adalah untuk menghasilkan perkiraan penjualan. Karena proyeksi volume penjualan untuk periode mendatang sering menjadi dasar tujuan organisasi, keakuratannya menjadi perhatian penting. Banyak model statistik telah dikembangkan dalam upaya meningkatkan akurasi peramalan,

termasuk model berbasis regresi, metode rata-rata bergerak, dan teknik pemulusan eksponensial.

Produksi dapat dimulai berdasarkan perkiraan penjualan atau pesanan pelanggan yang pasti. Barang yang diproduksi berdasarkan permintaan yang diperkirakan menggunakan strategi berorientasi produk yang melibatkan produksi berkelanjutan dari produk standar seperti kaca, kertas, semen, dan baja. Perusahaan yang memproduksi produk standar volume tinggi yang sama setiap hari berada dalam posisi untuk menetapkan standar dan mempertahankan kualitas tertentu.

Beberapa pesanan pelanggan adalah untuk item satu kali yang melibatkan produksi produk yang disesuaikan, dalam hal ini strategi berorientasi proses digunakan. Sebuah organisasi yang menggunakan strategi berorientasi proses menghasilkan produk bervolume rendah dan beragam. Fasilitas produksi harus memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi untuk menangani perubahan proses yang sering terjadi yang diperlukan untuk menghasilkan item yang berbeda. Mempertahankan standar dalam lingkungan proses yang berubah dengan cepat jauh lebih sulit daripada dalam bisnis berorientasi produk standar.

1.6 FUNGSI PRODUKSI

Tujuan utama dari fungsi produksi adalah mengubah bahan mentah menjadi barang jadi. Proses manufaktur mencakup siklus hidup penuh produk dari awal sampai selesai. Keputusan penting harus diambil mengenai barang apa yang akan diproduksi, bagaimana merancang dan memproduksinya, bahan mentah mana yang akan dibutuhkan, dan cara terbaik untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi kualitas dan kinerja yang ditentukan. Bagian berikut merangkum subsistem produksi yang penting.

Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Perencanaan produksi menentukan berapa banyak barang yang akan diproduksi, kapan harus diproduksi, dan fasilitas apa yang diperlukan untuk memproduksinya. Jumlah produksi ditentukan oleh (i) prakiraan penjualan dan (ii) pesanan pelanggan tertentu. Waktu produksi tergantung pada (i) ketersediaan tenaga kerja dan bahan yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut dan (ii) perkiraan waktu yang diperlukan untuk melakukan operasi produksi. Fasilitas produksi yang diperlukan untuk memproduksi barang ditentukan oleh spesifikasi desain.

Output utama dari perencanaan produksi adalah jadwal induk produksi/ m*aterial Requirements Planning* (MPS) yang menunjukkan berapa banyak barang yang harus diproduksi dan kapan akan diproduksi untuk memenuhi permintaan pelanggan. Karena MPS didasarkan pada pesanan pelanggan dan perkiraan yang diberikan oleh divisi pemasaran, ini merupakan hubungan penting antara pemasaran dan produksi. Ini menunjukkan kapan pesanan penjualan yang masuk dapat dijadwalkan untuk operasi produksi dan kapan barang jadi dapat dijadwalkan untuk pengiriman. MPS juga memberikan output penting untuk sistem perencanaan kebutuhan material (MRP), yang dibahas di bawah ini.

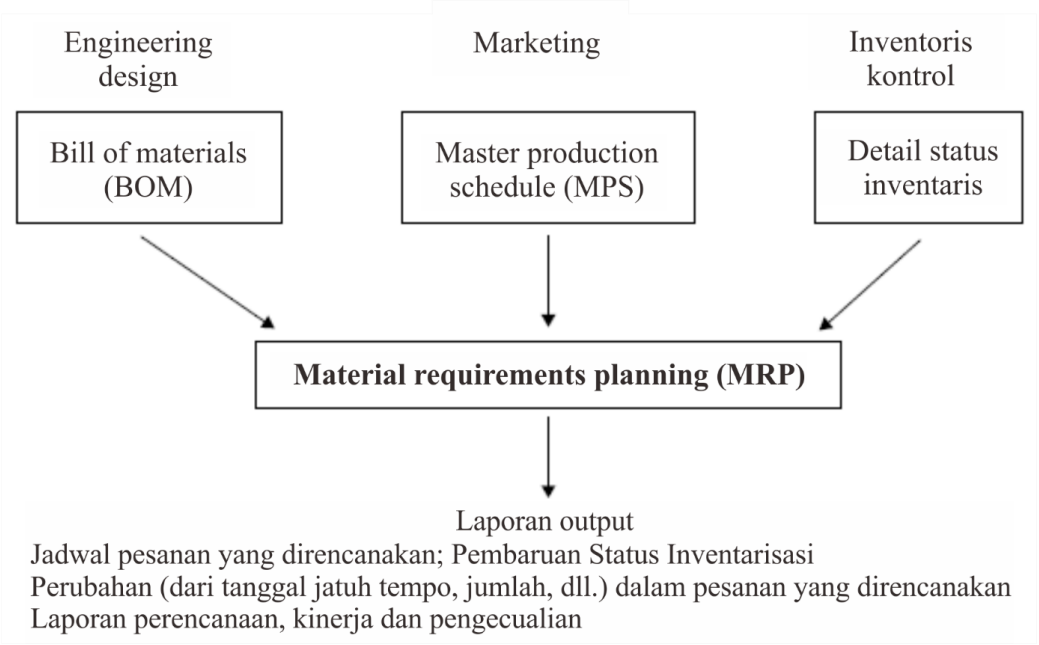
Sebelum MPS dapat dikembangkan, perkiraan jumlah setiap sumber daya yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan MPS harus dihitung. Oleh karena itu, jadwal produksi ditentukan oleh kendala sumber daya pada ketersediaan bahan dan tenaga kerja, kapasitas mesin, dan pola waktu produksi. Perencanaan kapasitas yang efektif akan menunjukkan apakah jadwal produksi yang diusulkan layak atau tidak. Dalam kapasitas mesin yang memadai dapat mengesampingkan jadwal yang diusulkan, atau lembur mungkin diperlukan untuk mengatasi keterbatasan personel.

Pengendalian produksi melibatkan koordinasi tiga kegiatan utama, yaitu (i) pengiriman, misalnya menjadwalkan mesin dan operator mana yang akan melakukan langkah-langkah dalam proses manufaktur untuk setiap item (ii) memantau operasi aktual, dan (iii) mengambil tindakan korektif kapan dan di mana diperlukan.

Perencanaan Kebutuhan Material/ *Material Requirements Planning* (MRP)

Dalam situasi manufaktur, biasanya ada persediaan komponen (atau bahan mentah) yang digunakan semata-mata dalam produksi produk jadi. Karena tidak ada permintaan dari luar untuk persediaan ini, tidak ada gunanya menyimpannya sampai dibutuhkan dalam operasi produksi. Dua tujuan utama perencanaan kebutuhan material (MRP) adalah (i) untuk mengurangi penundaan pemrosesan pesanan dengan memastikan bahwa bahan dan suku cadang tersedia saat diperlukan untuk operasi produksi dan (ii) mengurangi persediaan dan biaya terkait dengan hanya menyimpan komponen dan barang yang benar-benar dibutuhkan. Dengan demikian MRP menggabungkan dua aktivitas terpenting dalam proses manufaktur, yaitu penjadwalan produksi dan pengendalian bahan.

MRP adalah sistem untuk mengelola persediaan dengan mengantisipasi penggunaannya. Ini membantu mengurangi tingkat persediaan dengan menentukan dengan cepat berapa banyak bahan/komponen yang harus dipesan dan kapan pesanan tersebut harus dilakukan. MRP paling tepat di mana perusahaan memproduksi banyak produk dan di mana permintaan produk bervariasi. Misalnya, sebuah perusahaan dapat memproduksi 100 item berbeda yang masing-masing membutuhkan banyak komponen dan bahan dalam perakitannya. Sistem MRP harus dapat menghitung kebutuhan bahan/suku cadang untuk semua 100 item selama periode tertentu. Namun, sebagian besar bahan dan komponen akan umum untuk banyak item. Sistem MRP mengumpulkan persyaratan kotor di semua item untuk menentukan apa yang harus dipesan. Sistem MRP memiliki tiga input utama – jadwal produksi induk (MPS), tagihan bahan baku (BOM) dan rincian status persediaan – seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Input dasar ke sistem MRP.

Jadwal induk produksi/ *Master Production Schedule* (MPS) yang dibahas pada bagian perencanaan produksi di atas, memberikan rincian output tentang barang jadi apa yang dibutuhkan dan kapan dibutuhkan. *Bill of Material* (BOM) adalah dokumen desain yang mencantumkan semua bahan, komponen, dan rakitan/subrakitan yang diperlukan untuk membuat produk jadi.

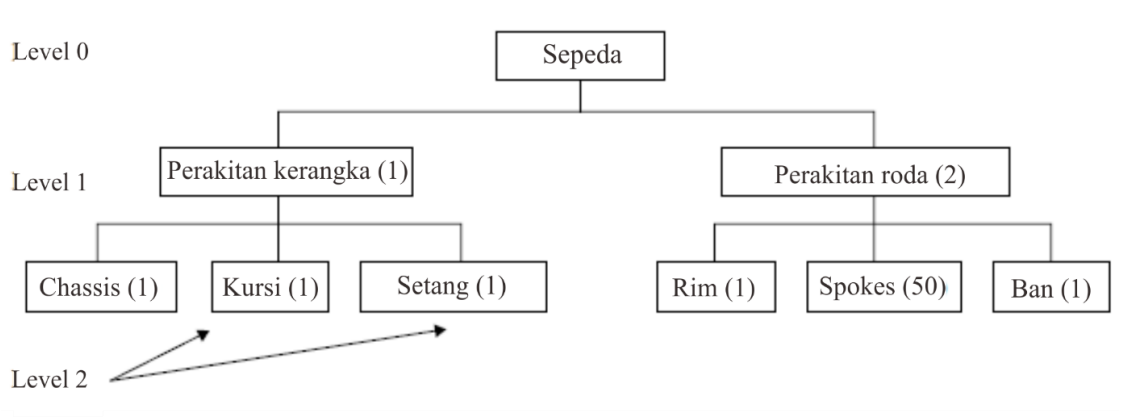
BOM dikembangkan oleh departemen desain teknik dan didasarkan pada spesifikasi produk yang disediakan oleh divisi pemasaran. Ini tidak hanya memberikan detail komponen produk tetapi juga menunjukkan tampilan perakitan dan berapa banyak setiap komponen yang diperlukan. Input MRP utama dari BOM adalah pohon struktur produk, yang menggambarkan tingkat hierarki sub-rakitan dan komponen yang diperlukan untuk membuat produk, seperti yang ditunjukkan pada pohon struktur sepeda (Gambar 1.5). Pohon struktur menunjukkan tiga tingkat hierarki dengan angka yang diberi tanda kurung, yang menunjukkan jumlah rakitan dan komponen yang diperlukan untuk membuat satu unit, misalnya, 50 tingkat roda dua pada tingkat atas. sedangkan rakitan roda dua diperlukan dalam pembuatan satu sepeda level-0.

Input MRP ketiga, yaitu rincian status persediaan, memberikan informasi lengkap dan terkini pada setiap item persediaan, termasuk jumlah yang ada, kebutuhan kotor, berapa banyak yang telah dipesan, tingkat persediaan pengaman, dan lain-lain. Catatan persediaan ini juga berisi rincian dari lead time masing-masing komponen, yaitu jumlah waktu yang dibutuhkan antara menempatkan pesanan dan mendapatkan item dalam persediaan siap untuk digunakan. Waktu tunggu merupakan sumber ketidakpastian yang berkelanjutan

karena banyaknya kegiatan yang terlibat, termasuk waktu penempatan pesanan, ketersediaan barang, kesulitan transportasi, kontrol kualitas, dan lain-lain.

Pembelian

Sejumlah besar upaya manajerial dilakukan untuk memastikan bahwa bahan yang tepat diarahkan ke tempat yang tepat pada waktu yang tepat dan dengan biaya yang tepat. Mengelola materi dengan cara yang efektif bukanlah hal yang mudah. Dalam lingkungan manufaktur, manajemen bahan melibatkan koordinasi kegiatan tiga bidang yang saling terkait, yaitu pembelian bahan, perencanaan dan pengendalian persediaan, dan sistem pengiriman/inspeksi. Tujuan dari manajemen material adalah untuk meningkatkan efisiensi operasi produksi dengan mengintegrasikan semua aktivitas akuisisi, pergerakan, dan penyimpanan material di dalam perusahaan.



Gambar 1.5 Pohon struktur produk BOM.

Secara tradisional, fungsi pembelian hanya berkaitan dengan menyusun daftar pemasok yang dapat diandalkan dan kemudian menggunakan kriteria 'biaya terendah' untuk memilih pemasok terbaik. Namun, pandangan sempit tentang membeli bahan dengan biaya terendah ini hanya mewakili satu aspek dari manajemen pembelian. Saat ini, ada lebih banyak penekanan pada pengembangan hubungan pemasok-pembeli yang memuaskan di mana berbagi dan pertukaran ide dapat menguntungkan kedua belah pihak. Keunggulan kompetitif yang akan diperoleh dari pembelian bergantung pada kedua belah pihak yang bekerja sama secara erat untuk mengidentifikasi kepentingan bersama. Misalnya, pemasok dapat menggunakan pengetahuan mereka tentang apa yang tersedia di pasar untuk menyarankan bahan pengganti yang lebih murah atau lebih andal daripada yang saat ini dibeli oleh organisasi.

Pentingnya memiliki saling pengertian antara pemasok dan pembeli disorot dalam pendekatan *'just-in-time'* (JIT) yang populer untuk pembelian bahan. Filosofi JIT untuk membeli barang dari pemasok tepat pada saat dibutuhkan, mengurangi—dan dalam beberapa kasus menghilangkan—persediaan. Sebagian besar perusahaan menghargai bahwa modal dapat terbuang sia-sia dalam persediaan yang menumpuk debu. Pendekatan JIT

dipandang sebagai cara untuk menghilangkan pemborosan tersebut dengan menyinkronkan proses manufaktur dan mengurangi biaya penyimpanan persediaan. Namun, agar JIT berhasil, manajemen pembelian harus memiliki keyakinan bahwa pemasok mereka dapat mengirimkan bahan dalam jumlah yang diperlukan dan pada waktu yang tepat. Keterlambatan pasokan akan menyebabkan masalah produksi yang serius – oleh karena itu perlu adanya hubungan nilai tambah yang saling menguntungkan!

Kegiatan menerima, memeriksa, dan menyimpan bahan merupakan aspek penting lainnya dari manajemen pembelian dan juga merupakan bagian dari fungsi logistik yang dibahas di bawah ini. Jika bahan atau barang datang, operasi produksi mungkin terhenti atau penjualan hilang. Masalah keterlambatan pengiriman harus ditangani dengan benar untuk menghindari gesekan antara pemasok dan pembeli. Apakah masalahnya terletak pada pemasok atau, seperti yang sering terjadi, pada pembeli itu sendiri? Penjadwalan yang buruk oleh pembeli dapat memberikan waktu yang tidak cukup untuk pengiriman tepat waktu atau inspeksi kualitas yang tepat. Informasi mengenai penerimaan bahan yang salah serta barang-barang yang rusak dalam perjalanan, juga harus segera disampaikan kepada departemen pengendalian produksi dan akuntansi.

Kontrol Inventaris

Bisnis hanya dapat memprediksi apa yang akan dibeli pelanggan dan kapan mereka akan membelinya. Untuk mengatasi ketidakpastian tersebut, stok disimpan untuk memastikan bahwa permintaan yang diantisipasi dapat dipenuhi. Oleh karena itu, stockholding dapat dilihat sebagai penyangga antara penawaran dan permintaan. Misalnya, bahan baku seperti batu bara dan bahan bakar harus dijadwalkan dan ditimbun untuk produksi listrik, sementara bank harus mempertahankan persediaan kas pada tingkat tertentu untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Jenis utama persediaan adalah (i) bahan mentah (ii) barang dalam proses (juga disebut barang dalam proses atau WIP) yang mewakili sebagian produk jadi (iii) barang jadi, yaitu produk jadi yang siap dikirim.

Mengontrol persediaan merupakan aspek penting dari manajemen yang baik. Di masa lalu, persediaan sering kelebihan stok 'untuk berjaga-jaga' ada yang tidak beres, yaitu, barang dipesan berlebihan untuk melindungi dari kekurangan pemasok atau sebagai lindung nilai terhadap perubahan harga yang berfluktuasi. Namun, persediaan yang berlebihan mengikat modal yang berharga serta mengambil ruang gudang yang mahal. Di sisi lain, penjualan yang berharga dapat hilang jika pesanan pelanggan tidak dapat dipenuhi karena persediaan yang tidak mencukupi. Demikian juga, operasi produksi dapat terhenti karena item tidak tersedia. Menggunakan model komputer dapat membantu mengurangi tingkat persediaan dengan memberikan perkiraan yang lebih akurat tentang kuantitas dan waktu transaksi persediaan.

Tujuan umum dari pengendalian persediaan adalah (i) untuk memastikan bahwa ada pasokan barang jadi yang cukup untuk memenuhi permintaan pelanggan yang diantisipasi (ii) untuk memastikan bahwa ada pasokan bahan yang cukup untuk memungkinkan operasi

produksi beroperasi dengan lancar dan (iii) untuk mengurangi biaya persediaan dengan mengambil keuntungan dari diskon kuantitas atau membeli ketika harga lebih rendah. Dengan demikian, manajemen persediaan berusaha untuk memiliki persediaan yang cukup tepat untuk memenuhi semua permintaan tanpa kelebihan.

Ada dua kelas utama persediaan, yaitu persediaan dengan item permintaan dependen dan persediaan dengan item permintaan independen. Item permintaan independen adalah item yang permintaannya tidak terkait dengan hal lain yang diproduksi atau dijual oleh perusahaan. Inventaris permintaan independen biasanya terdiri dari barang jadi yang permintaannya didasarkan pada faktor lingkungan yang tidak pasti seperti prakiraan penjualan, tren konsumen, dan lain-lain. Oleh karena itu, permintaan independen penuh dengan ketidakpastian mengenai berapa banyak yang dibutuhkan dan kapan dibutuhkan.

Di sisi lain, item permintaan dependen adalah item yang dapat langsung dihubungkan ke produk akhir tertentu seperti sepeda yang ditunjukkan pada Gambar 1.5. Dalam situasi ini, pohon struktur produk menunjukkan berapa banyak setang, jari-jari, ban, dan lain-lain., yang diperlukan untuk membuat satu sepeda. Di sini permintaan sepeda secara otomatis memicu permintaan untuk jumlah suku cadang dan bahan yang diketahui, yaitu, ada kepastian kata benda yang terkait dengan permintaan mereka. Misalnya, jika pelanggan memesan enam sepeda, maka enam setang, dua belas ban, 600 jari-jari, dan lain-lain., harus tersedia jika pesanan ingin dipenuhi.

Kontrol kualitas

Dalam lingkungan manufaktur, fungsi kontrol kualitas/*Quality Control* (QC) memastikan bahwa semua produk memenuhi standar yang ditentukan oleh departemen desain teknik. Dua pendekatan utama untuk pengendalian kualitas adalah pengambilan sampel penerimaan dan pengendalian proses statistik. Istilah 'pengambilan sampel penerimaan' mengacu pada teknik statistik yang digunakan untuk menerima atau menolak sekumpulan item berdasarkan pengujian sampel atau inspeksi. Pendekatan tradisional untuk pengendalian kualitas ini melibatkan pemilihan sampel secara acak dari kumpulan item dan menerapkan berbagai tes untuk setiap item dalam sampel untuk melihat apakah itu berfungsi sebagaimana dimaksud. Manajer QC kemudian memperluas hasil pengujian sampel ke seluruh batch. Misalnya, jika 2% dari item sampel ditemukan rusak, manajer menyimpulkan bahwa 2% dari keseluruhan batch juga rusak.

Sampling penerimaan melibatkan risiko menemukan terlalu banyak atau terlalu sedikit item yang cacat dalam sampel acak. Jika manajer QC tidak beruntung dalam memilih terlalu banyak yang cacat, keputusan yang salah akan dibuat ketika menolak seluruh batch jika tidak perlu. Hasil yang sama berlaku untuk menerima batch karena sampel cukup beruntung untuk memasukkan sangat sedikit item yang salah.

Perkembangan terbaru dalam sistem berbasis komputer yang menggunakan sensor mekanik, optik dan elektronik dapat membantu dalam kontrol kualitas non-destruktif, yaitu, dalam pengukuran dan pengujian barang. Teknologi dalam peralatan pengujian telah maju ke

titik di mana banyak perusahaan manufaktur dapat memeriksa semua item, sehingga mencapai kontrol kualitas 100%. Teknologi yang sama tentu saja tidak dapat diterapkan pada kontrol kualitas destruktif dimana pengujian suatu produk melibatkan merobeknya untuk melihat seberapa baik dibuat, misalnya, uji kekuatan bahan. Dalam situasi ini, sampling penerimaan digunakan.

Pendukung manajemen kualitas yang terkenal, W. Edwards Deming, menyatakan bahwa manajemen bertanggung jawab atas 85% masalah kualitas di lingkungan pabrik dengan pekerja hanya bertanggung jawab atas 15%. Dia menunjukkan bahwa pekerja tidak dapat menyelesaikan kualitas di luar batas kemampuan proses apa pun. Fungsi kontrol kualitas sekarang disebut sebagai manajemen kualitas total/ *total quality management* (TQM), menekankan pentingnya kualitas strategis untuk seluruh organisasi-bukan hanya lantai pabrik. TQ melibatkan proses perbaikan terus-menerus tanpa akhir dengan tujuan mencapai kesempurnaan. Fakta bahwa kesempurnaan tidak pernah tercapai tidak relevan – penetapan dan pencapaian tujuan yang semakin tinggi adalah pembenaran yang cukup.

Kontrol proses statistik*/ Statistical Process Control* (SPC) adalah penerapan teknik statistik untuk mengontrol proses. SPC digunakan untuk memastikan bahwa proses memenuhi standar yang ditentukan dengan mengukur kinerjanya. Jika proses tersebut menghasilkan produk berkualitas, kemampuannya harus diukur secara berkala untuk memeriksa apakah kinerjanya sesuai rencana. Kualitas proses dapat dipengaruhi oleh variasi alami yang terjadi di hampir setiap proses produksi. Selama variasi ini tetap dalam batas yang ditentukan, proses 'terkendali' dan kualitas tidak akan terpengaruh. Namun, jika variasi keluar dari batas yang ditentukan, prosesnya 'di luar kendali' dan penyebabnya harus ditentukan. Bagan kendali digunakan untuk memisahkan penyebab acak dari variasi dari penyebab non-acak seperti kesalahan operator, penyetelan yang salah, bahan yang buruk, dan sebagainya.

Penyimpanan dan Distribusi (Logistik)

Fungsi logistik adalah Aspek utama dari operasi produksi. Logistik terutama berkaitan dengan penanganan, penyimpanan, dan pergerakan produk ke pasar dan bahan ke fasilitas manufaktur. Misalnya, logistik perusahaan ritel melibatkan pembelian barang dari pemasok, menerima dan menyimpan barang tersebut, dan kemudian mendistribusikannya ke pelanggan. Pada perusahaan manufaktur, fungsi logistik lebih kompleks karena bahan baku dan suku cadang harus dibeli dan disimpan sebelum proses produksi dapat dimulai.

Ketika barang jadi mulai keluar dari jalur produksi, barang tersebut juga harus disimpan di gudang dan akhirnya didistribusikan ke pelanggan. Istilah penyimpanan 'penyimpanan' biasanya mengacu pada kegiatan yang terkait dengan penyimpanan bahan dan suku cadang sementara 'pergudangan' digunakan untuk penyimpanan barang jadi. Dalam mengelola logistik, beberapa isu penting muncul.

- Bagaimana seharusnya struktur sistem distribusi – terpusat atau terdesentralisasi?
- Bagaimana tata letak gudang dan penyimpanan dapat dioptimalkan untuk memaksimalkan ruang sambil meminimalkan biaya penanganan material?

- Lokasi geografis mana yang memberikan manfaat terbaik bagi organisasi?
- Berapa banyak persediaan yang harus disimpan di setiap lokasi?
- Moda transportasi apa yang sebaiknya digunakan?

Bagian strategis dari perencanaan logistik adalah tata letak operasi. Tata letak adalah konfigurasi fisik dari proses, peralatan, dan material yang memfasilitasi aliran material dan personel di dalam dan di antara area kerja. Misalnya, masuk akal untuk mengelompokkan mesin serupa bersama sehingga pekerjaan diarahkan ke satu area kerja tertentu daripada tersebar di semua tempat. Tata letak yang buruk menyebabkan antrian kemacetan dengan mengganggu aliran fisik bahan, dan akibatnya menambah biaya tambahan untuk kegiatan produksi. Oleh karena itu, keputusan tata letak harus dibuat dengan mempertimbangkan efisiensi operasi. Berbagai jenis tata letak termasuk tata letak berorientasi proses, tata letak berorientasi produk, tata letak gudang, dan tata letak kantor.

Manajemen proyek

Manajemen proyek merupakan bagian integral dari manajemen operasi. Proyek mungkin melibatkan kegiatan berulang, misalnya, pemeliharaan pabrik, atau mungkin proyek satu kali besar seperti pembangunan fasilitas manufaktur baru. Proyek skala besar terdiri dari banyak tugas yang harus diselesaikan, beberapa secara paralel dan lainnya secara berurutan, oleh berbagai individu atau kelompok. Karena pengeluaran yang cukup besar terlibat, proyek harus dikelola dengan hati-hati untuk memastikan bahwa seluruh proyek selesai tepat waktu. Manajemen proyek terdiri dari aktivitas penting (i) perencanaan (ii) penjadwalan dan (iii) pengendalian tugas proyek. Fase awal perencanaan proyek melibatkan penetapan tujuan dan kriteria kinerja (biasanya diukur dari segi biaya dan waktu), mengidentifikasi kebutuhan sumber daya, dan menetapkan area tanggung jawab.

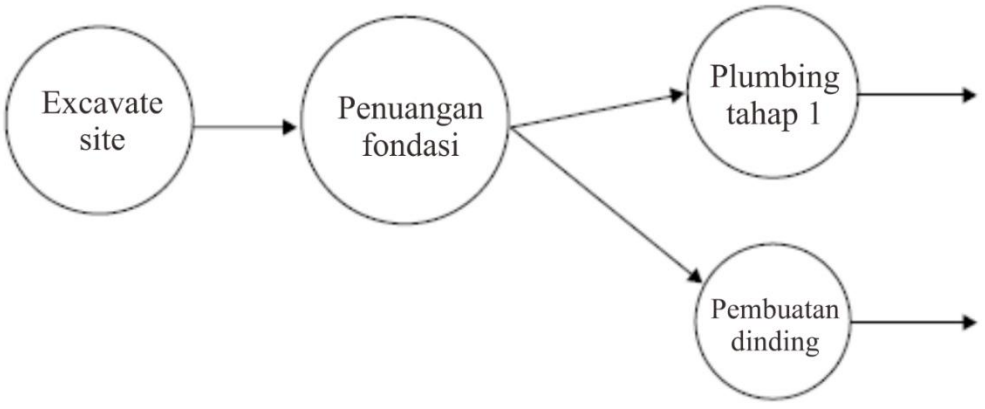
Fase praktis pengendalian proyek pada dasarnya adalah perbandingan antara apa yang sebenarnya telah selesai dengan apa yang direncanakan di awal. Kontrol proyek menggunakan tonggak secara berkala untuk meninjau kemajuan proyek. Daripada membiarkan proyek diselesaikan tanpa pemeriksaan kontrol, manajemen menunjuk titik perantara tertentu, yang disebut tonggak, di mana kemajuan akan dievaluasi. Jika pemeriksaan tonggak menunjukkan bahwa proyek berjalan terlambat, maka tindakan korektif harus diambil untuk membawa proyek kembali ke jalurnya.

Penjadwalan proyek berfokus pada kegiatan yang membentuk proyek. Jadwal menunjukkan kapan setiap tugas dimulai dan berakhir dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas, yaitu durasi tugas. Penjadwalan juga menunjukkan setiap tugas yang terkait dengan gigi dalam proyek. Karena proyek memiliki tenggat waktu yang penting, penjadwalan merupakan aspek penting dari manajemen proyek. Di mana ada sejumlah besar tugas yang saling terkait, waktu dan koordinasi menjadi sangat kompleks. Saat ini manajer proyek menggunakan perangkat lunak komputer untuk membantu mereka mengidentifikasi tugas-tugas yang harus diselesaikan tepat waktu untuk menghindari penundaan seluruh proyek.

Ada berbagai teknik matematis untuk penjadwalan proyek. Dua pendekatan utama adalah metode jalur kritis/ *critical path method* (CPM) dan teknik evaluasi dan tinjauan proyek/ *project evaluation and review technique* (PERT). Kedua teknik ini sangat mirip, perbedaan utamanya adalah asumsi mengenai akurasi perkiraan durasi untuk setiap tugas. PERTemphate menekankan ketidakpastian dalam memperkirakan waktu aktivitas sementara CPM mengasumsikan bahwa waktu tugas dapat diprediksi secara akurat. Jenis pertanyaan yang dapat dijawab dengan menggunakan PERT/CPM adalah:

- Kapan proyek akan selesai?
- Apa kegiatan kritis, yaitu, tugas yang, jika ditunda, akan menunda keseluruhan proyek?
- Bagaimana keseluruhan proyek terpengaruh jika aktivitas kritis tertunda?
- Bagaimana keterkaitan antar kegiatan?

Metode CPM adalah pendekatan penjadwalan yang digunakan di hampir semua perangkat lunak manajemen proyek saat ini, termasuk Microsoft Project. Semua model CPM dan PERT menggunakan jaringan untuk menggambarkan hubungan antar proyek secara grafis. Jaringan terdiri dari node dan busur, juga disebut panah. Gambar 1.6 menunjukkan fitur utama dari jaringan parsial. Sebuah node mewakili tugas proyek (yaitu, aktivitas) dan digambarkan sebagai lingkaran dalam jaringan. Busur ditampilkan sebagai panah dan mendefinisikan keterkaitan antar node, menunjukkan aktivitas apa yang harus diakhiri sebelum aktivitas lain dapat dimulai.



Gambar 1.6 Jaringan parsial node dan busur.

1.7 PENGAMBILAN KEPUTUSAN MANAJEMEN

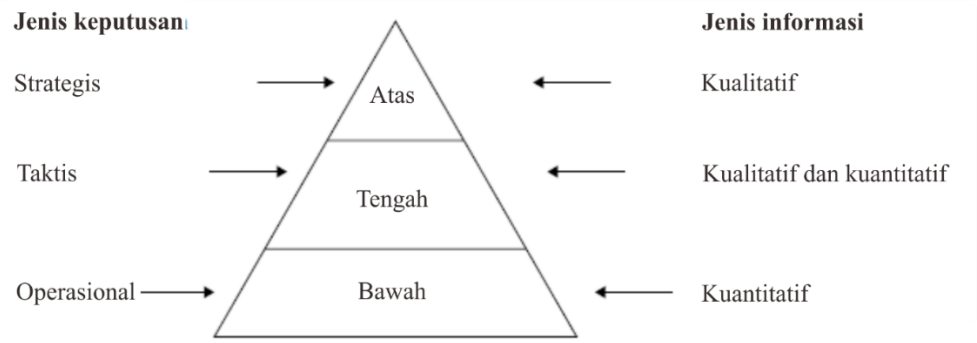
Manajemen bertanggung jawab untuk menetapkan tujuan organisasi. Untuk mencapai tujuan tersebut, manajemen harus membuat keputusan. Pengambilan keputusan merupakan bagian integral dari manajemen dan terjadi pada setiap fungsi dan pada tingkat yang berbeda dalam struktur organisasi. Sementara jenis keputusan yang dibuat sangat berbeda, mereka dapat dikaitkan dengan kegiatan manajerial umum berikut:

Planning/Perencanaan - melibatkan (i) menetapkan tujuan dan sasaran organisasi dan (ii) mengembangkan kebijakan dan prosedur untuk mencapai tujuan tersebut.
Organising/Pengorganisasian - adalah proses (i) menentukan dan mengoordinasikan kegiatan dan (ii) menetapkan struktur organisasi dan prosedur untuk memastikan bahwa kegiatan dilaksanakan sesuai rencana.
Staffing - memerlukan perekrutan dan pelatihan personil untuk mencapai tujuan dan sasaran organisasi.
Controlling/Mengontrol - melibatkan (i) mengukur kinerja terhadap tujuan dan sasaran dan (ii) mengembangkan prosedur untuk menyesuaikan tujuan atau kegiatan agar sejalan.

Semua fungsi manajerial di atas membutuhkan informasi untuk mengambil keputusan. Informasi memberikan output penting bagi proses pengambilan keputusan dengan meningkatkan pengetahuan dan mengurangi ketidakpastian. Meskipun jelas-jelas saling bergantung, setiap aktivitas manajerial memerlukan informasi yang berbeda. Misalnya, keputusan perencanaan menggunakan informasi mengenai peristiwa masa depan, misalnya, perkiraan penjualan, sedangkan keputusan pengendalian memerlukan rincian tentang apa yang terjadi sekarang atau di masa lalu, misalnya, informasi tentang mesin yang tiba-tiba rusak. Pada bagian sebelumnya, organisasi dilihat dari perspektif fungsional kegiatan pemasaran, produksi, keuangan/akuntansi, dan sumber daya manusia. Cara lain yang populer untuk melihat struktur organisasi disediakan oleh kerangka hierarkis manajemen. Struktur hierarki ini berfokus pada proses pengambilan keputusan pada tiga tingkat yang berbeda yaitu manajemen puncak, menengah, dan bawah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.7 di bawah ini. Karena jenis keputusan yang diambil pada setiap tingkat berbeda, manajemen puncak sering disebut sebagai manajemen tingkat strategis. Demikian pula, tingkat menengah dan bawah juga disebut manajemen tingkat taktis dan tingkat operasional.

Manajemen Puncak

Manajemen puncak mencakup dewan direksi dan kepala divisi fungsional kegiatan pemasaran, produksi, keuangan/akuntansi, dan sumber daya manusia. Mereka melakukan kontrol atas arah kebijakan strategis jangka panjang yang menentukan arah masa depan perusahaan. Informasi yang diperlukan untuk pengambilan keputusan strategis sebagian besar diperoleh dari sumber di luar perusahaan dan mencakup rincian seperti tren pasar, persaingan, pengembangan produk baru, dan lain-lain. Informasi eksternal ini mengandung tingkat ketidakpastian yang tinggi dan dalam banyak kasus bersifat kualitatif. Informasi tentang operasi perusahaan sendiri digunakan terutama untuk peramalan.



Gambar 1.7 Tingkat hierarki manajemen.

Tabel 1.1 Karakteristik informasi pengambilan keputusan

←Tingkat Keputusan Manajemen→			
Karakteristik	Operasional	Taktik	Strategi
Pembuat keputusan	Supervisors, foremen	Manajer departemen	Dewan direksi, kepala divisi
Takrawala waktu	Harian	Mingguan/Bulanan	Satu tahun dan seterusnya
Jenis keputusan			Tidak terstruktur
Tingkat keputusan	Struktur	Semi-Struktur	Sangat tinggi
Sumber informasi	Rendah	Moderat	Terutama eksternal
Jenis informasi	Terutama Internal Kuantitatif	Internal/Eksternal Kuantitatif dan Kualitatiif	Kualitatif
Kompleksitas informasi	Simpel	Moderat	Kompleks
Luasnya kendali	Sempit	Menengah	Luas

Keputusan tingkat atas bergantung pada sebagian besar kualitas penilaian manajerial berdasarkan pengalaman masa lalu, intuisi, dan elemen keberuntungan. Istilah 'pengambilan keputusan tidak terstruktur' sering digunakan untuk menggambarkan situasi tingkat strategis. Keputusan tidak terstruktur melibatkan proses kompleks yang tidak memiliki prosedur standar untuk membantu pembuat keputusan, misalnya meluncurkan produk baru. Karena keputusan strategis jarang terjadi, manajemen puncak menerima informasi perusahaan secara tidak teratur, biasanya dalam bentuk laporan ringkasan. Karakteristik utama dari informasi pengambilan keputusan ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Manajemen menengah

Manajemen menengah atau taktis bertanggung jawab untuk menerapkan keputusan yang diambil di tingkat atas. Ini harus memastikan bahwa tujuan organisasi dicapai dengan

memperoleh dan menggunakan sumber daya dengan cara yang efisien dan efektif. Karena manajemen menengah memiliki peran mengendalikan dan memantau berbagai sumber daya organisasi, kadang-kadang disebut sebagai 'pengendalian manajemen'. Keputusan tingkat taktis yang khas meliputi perencanaan modal kerja, penjadwalan produksi, perumusan anggaran, dan pembuatan perkiraan jangka pendek. Manajemen menengah menggunakan informasi internal untuk membandingkan kinerja aktual dengan tujuan yang direncanakan. berjalan sesuai rencana atau jika diperlukan tindakan korektif.

Keputusan tingkat taktis memanfaatkan informasi internal dan eksternal. Jika keunggulan kompetitif diperoleh, maka manajemen menengah harus memperoleh informasi luar tentang rata-rata industri dan tingkat produktivitas perusahaan lain. Dengan membandingkan angka-angka ini dengan data produktivitas internal mereka sendiri, manajemen menengah lebih baik ditempatkan untuk mengevaluasi posisi organisasi di pasar. Karena keputusan tingkat taktis didasarkan pada campuran rincian kuantitatif internal dan informasi kualitatif eksternal, mereka kadang-kadang disebut 'semi-terstruktur'. Masalah semi terstruktur adalah masalah di mana pembuat keputusan memiliki data faktual untuk dianalisis tetapi juga harus menggunakan penilaian mereka sendiri untuk sampai pada solusi yang memuaskan.

Sensitivitas atau analisis 'bagaimana jika' adalah pendekatan semi-struktur yang tipikal di mana pembuat keputusan mengajukan serangkaian pertanyaan 'bagaimana jika' untuk menentukan bagaimana faktor-faktor kunci merespons perubahan atau kondisi yang diasumsikan. Misalnya, seorang manajer mungkin ingin melihat bagaimana sebuah organisasi mungkin terpengaruh jika ada kenaikan 3% dalam biaya tenaga kerja. Beberapa model dalam buku ini menggambarkan manfaat menggunakan analisis 'bagaimana jika'.

Manajemen operasional

Keputusan tingkat operasional adalah 'terstruktur', yaitu berdasarkan data faktual. Masalah terstruktur bersifat rutin dan berulang, misalnya, sistem penggajian. Mereka memanfaatkan informasi kuantitatif yang secara teratur diperoleh dari kegiatan operasional dan hasilnya benar-benar dapat diprediksi. Meskipun keputusan terstruktur mungkin melibatkan perhitungan yang rumit, teknik standar sudah ada untuk menemukan solusi. Oleh karena itu, manajemen yang lebih rendah membuat keputusan yang cukup langsung yang mengikuti aturan dan pola tertentu yang membutuhkan output kualitatif yang sangat sedikit. Kegiatan pada tingkat ini meliputi pemeliharaan catatan persediaan, persiapan faktur penjualan dan pesanan pengiriman, dan keputusan tentang kebutuhan bahan.

Manajemen yang lebih rendah mengukur efisiensi operasi tingkat pabrik dan mengambil tindakan perbaikan untuk meningkatkan efisiensinya sedapat mungkin. Seperti manajemen taktis, manajemen tingkat bawah juga terlibat dengan pengendalian dan sering disebut sebagai manajemen 'pengendalian operasional'. Contoh pengendalian operasional adalah pengendalian biaya produk organisasi. Akuntansi biaya menyediakan biaya standar (atau yang diharapkan) yang dapat diperoleh dari departemen desain teknik atau mungkin

bebas dari catatan masa lalu. Biaya aktual dari pembuatan produk diproduksi pada akhir periode akuntansi. Dengan membandingkan biaya yang diharapkan dengan biaya aktual, manajemen yang lebih rendah dapat menghitung varians biaya dan karenanya menentukan apakah tindakan korektif diperlukan.

Singkatnya, banyak informasi organisasi penggemar digunakan oleh manajer tingkat bawah dengan hanya sebagian kecil yang diakses oleh manajemen puncak. Laporan pengecualian, yaitu laporan yang berfokus pada situasi di luar kendali seperti kekurangan persediaan atau kerusakan mesin, merupakan sumber informasi penting bagi manajemen bawah dan menengah. Manajemen puncak dapat menggunakan laporan ad hoc untuk menangani situasi satu kali yang tidak terduga yang mungkin timbul. Mereka juga menggunakan informasi organisasi, dilengkapi dengan output riset pasar eksternal, untuk menilai perkiraan penjualan.

1.8 PERENCANAAN SUMBER DAYA PERUSAHAAN/*ENTERPRISE RESOURCE PLANNING* (ERP)

Dalam lingkungan bisnis yang kompetitif saat ini, banyak organisasi beralih ke sistem perencanaan sumber daya perusahaan (ERP) untuk membantu mereka mengelola proses yang semakin kompleks yang diciptakan oleh globalisasi pasar. Sistem ERP memperluas konsep database terpusat untuk memasukkan pelanggan dan pemasok sebagai bagian dari rantai nilai bisnis. Misalnya, produsen Eropa dapat menggunakan sistem ERP untuk memproses pesanan dari pelanggan Indonesia yang memerlukan pembelian komponen tambahan dari pemasoknya di Cina. Sistem ERP akan (i) menangani semua transaksi mata uang (termasuk konversi nilai tukar), (ii) memperbarui inventaris dan subsistem MRP, (iii) menyediakan distributor dengan detail pemasok dan pelanggan yang diperlukan, dan akhirnya (iv) memperbarui semua proses akuntansi.

Model Gambar 1.3 menunjukkan bagaimana informasi dibagi di antara berbagai subsistem dari bisnis manufaktur. Dalam banyak kasus, banyak dari informasi organisasi ini terfragmentasi, dengan departemen kunci memiliki sistem komputer mereka sendiri. Sistem yang berdiri sendiri ini dapat menciptakan inefisiensi dalam pengelolaan dan pengendalian informasi dengan mendorong duplikasi data dan proliferasi aplikasi perangkat lunak yang tidak kompatibel. Untuk mengatasi pendekatan sedikit demi sedikit seperti itu, sistem basis data telah dikembangkan di mana informasi perusahaan diintegrasikan dan disimpan dalam satu sumber, yang disebut basis data (lihat Bab 7). Konsep database memungkinkan pengguna untuk memiliki akses langsung ke seluruh sumber daya informasi bisnis.

Perusahaan perangkat lunak, SAP – singkatan dari *Systems, Applications, and Products* – adalah pemasok utama sistem ERP. Banyak perusahaan besar termasuk Coca-Cola, Microsoft, Kodak, IBM, Intel, dan Exxon telah mengimplementasikan paket perangkat lunak R/3 SAP. Produk R/3 mencakup rangkaian program yang terintegrasi penuh untuk keuangan dan akuntansi, manajemen produksi dan material, manajemen kualitas dan pemeliharaan

pabrik, penjualan dan distribusi, manajemen sumber daya manusia, dan manajemen proyek. Ia juga mampu menangani berbagai bahasa dan peraturan bisnis di berbagai negara.

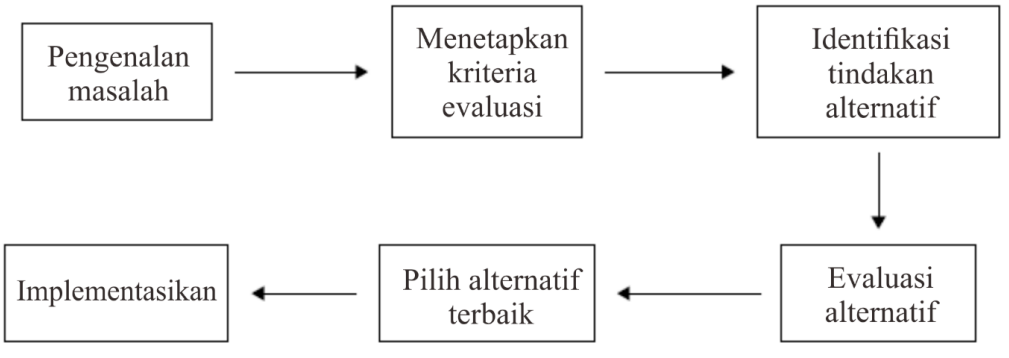
Keberhasilan implementasi sistem ERP bisa mahal, kompleks, dan memakan waktu. Misalnya, sebuah organisasi yang ingin menerapkan sistem R/3 harus terlebih dahulu membuat cetak biru bisnisnya, yang melibatkan model rinci tentang bagaimana setiap proses beroperasi. Sementara sebagian besar sistem R/3 terdiri dari modul standar, cukup fleksibel untuk memungkinkan penyesuaian untuk memenuhi persyaratan tertentu.

BAB 2
ALAT PEMBUAT MODEL

2.1 GAMBARAN

Keberhasilan suatu organisasi sangat bergantung pada kualitas pengambilan keputusan manajerialnya. Setiap orang membuat keputusan ketika memilih antara dua atau lebih alternatif. Alternatif adalah pilihan yang dimaksudkan untuk memecahkan masalah. Meskipun hanya sedikit orang yang menganalisis proses pengambilan keputusan, semua keputusan mengikuti serangkaian langkah logis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Pembuat keputusan harus terlebih dahulu mengenali bahwa masalah itu ada. Langkah selanjutnya adalah menetapkan kriteria evaluasi yang beragam, yaitu, berbagai informasi yang diperlukan untuk mengidentifikasi secara kuantitatif. Setelah menilai setiap situasi, pembuat keputusan kemudian memilih alternatif yang paling memenuhi kriteria penilaian mereka. Akhirnya, pilihan optimal ini diimplementasikan.

Manajer bisnis harus memilih tindakan yang tepat yang paling efektif dalam mencapai tujuan organisasi. Jenis keputusan yang harus diambil sangat bervariasi dan tergantung pada kompleksitas masalah yang harus dipecahkan. Biasanya, tingkat kerumitan meningkat secara proporsional dengan tingkat informasi kualitatif yang diperlukan untuk memecahkan masalah. Bahkan ketika suatu masalah hampir seluruhnya didasarkan pada informasi kuantitatif dan faktual, pengambilan keputusan dapat menjadi sulit. Misalnya, konstruksi sebuah gedung besar mengandung begitu banyak aktivitas yang saling bergantung sehingga banyak waktu dapat dihabiskan untuk mengumpulkan informasi faktual tentang situasi tersebut. Untungnya, model komputer sekarang tersedia untuk membantu proses pengambilan keputusan manajerial!



Gambar 2.1 Tahapan dalam proses pengambilan keputusan.

2.2 KARAKTERISTIK PEMODELAN

Sebuah modelisasi representasi yang lebih sederhana dari situasi dunia nyata. Ini dapat dianggap sebagai pengganti sistem nyata, menghilangkan sejumlah besar kompleksitas untuk meninggalkan hanya detail penting yang relevan. Model digunakan untuk memfasilitasi pemahaman tentang objek atau situasi nyata. Seorang pengambil keputusan lebih baik untuk mengevaluasi konsekuensi dari tindakan alternatif dengan menganalisis perilaku model. Misalnya, boneka yang digunakan dalam simulasi tabrakan mobil, memungkinkan para insinyur menguji dan menganalisis keamanan fitur-fitur baru. Keuntungan dari model adalah (i) mudah bagi pengambil keputusan untuk memahami (ii) dapat dimodifikasi dengan cepat dan murah, dan (iii) risiko lebih kecil ketika bereksperimen dengan model dibandingkan dengan sistem nyata.

Model khas yang menunjukkan tata letak perumahan atau kompleks perbelanjaan baru dapat ditemukan di kantor arsitek. Model seperti itu disebut sebagai model 'fisik' karena merupakan representasi tiga dimensi dari objek dunia nyata. Mereka mungkin versi yang diperkecil dari hal yang nyata atau, seperti dalam kasus dummy pengujian crash, mereka bisa menjadi replika yang tepat. Jenis model yang lebih cocok untuk komputer antara lain (i) model grafis, yang menggunakan garis, kurva, dan simbol lain untuk menghasilkan diagram alir, diagram lingkaran, diagram batang, diagram pencar, dan lain-lain. dan (ii) model matematika yang menggunakan rumus dan algoritma untuk mewakili situasi dunia nyata. Semua model yang dikembangkan dalam buku ini baik grafis atau matematika.

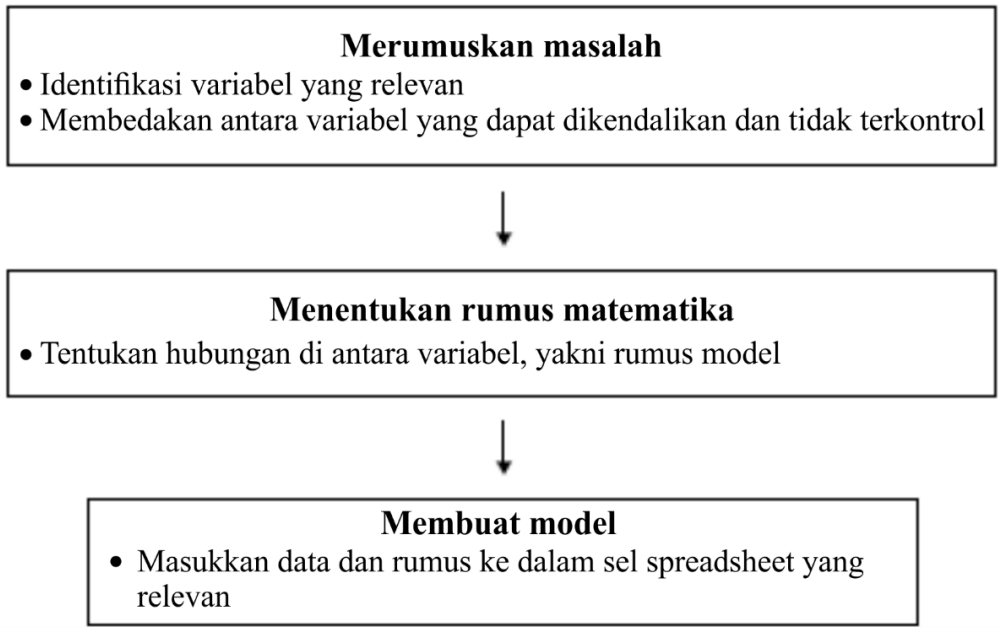
Karena model bukanlah representasi yang tepat, model tidak dapat memuat semua aspek dari suatu masalah. Model melibatkan sejumlah besar asumsi tentang lingkungan di mana sistem beroperasi, tentang karakteristik operasi dari fungsinya, dan cara orang berperilaku. Asumsi lingkungan ini disebut variabel tak terkendali karena mereka berada di luar kendali pembuat keputusan, misalnya, suku bunga, tren konsumen, fluktuasi mata uang, dan lain-lain. Di sisi lain, variabel terkendali adalah input yang memengaruhi hasil model dan berada dalam kendali pembuat keputusan. Contoh variabel kontrol adalah harga produk, tingkat output, atau tingkat keuntungan yang dapat diterima.

Langkah-langkah dalam Pembuatan Model

Validitas hasil model akan tergantung pada seberapa akurat model tersebut mewakili situasi nyata. Model yang ideal adalah model yang tidak terlalu sepele dalam representasi realitasnya dan juga tidak terlalu rumit untuk diterapkan. Ada tiga langkah utama dalam membangun model spreadsheet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Langkah pertama dari perumusan masalah mengharuskan pengambil keputusan mengadopsi pendekatan sistematis dan cekatan untuk pemilihan variabel. Salah satu sumber utama kesalahan dalam pembuatan model adalah pengecualian variabel penting, baik karena kelalaian atau kurangnya pemahaman logika yang mendasari model. Dalam kedua kasus, hasilnya tidak akan berarti atau paling banter, meragukan.

Langkah kedua dalam membangun model adalah identifikasi hubungan antar variabel. Dalam banyak kasus, rumus yang terkenal sudah ada. Misalnya, pertimbangkan jumlah yang harus dibayarkan kepada investor pada akhir lima tahun ketika Rp. 2000 diinvestasikan pada tingkat bunga majemuk 12% per tahun. Rumus umum untuk bunga majemuk dasar menyatakan bahwa jika sejumlah P_0 diinvestasikan pada tingkat bunga tetap sebesar r%, pokok P_n setelah n tahun adalah

$$P_n=P_0(1+r/100)^n$$

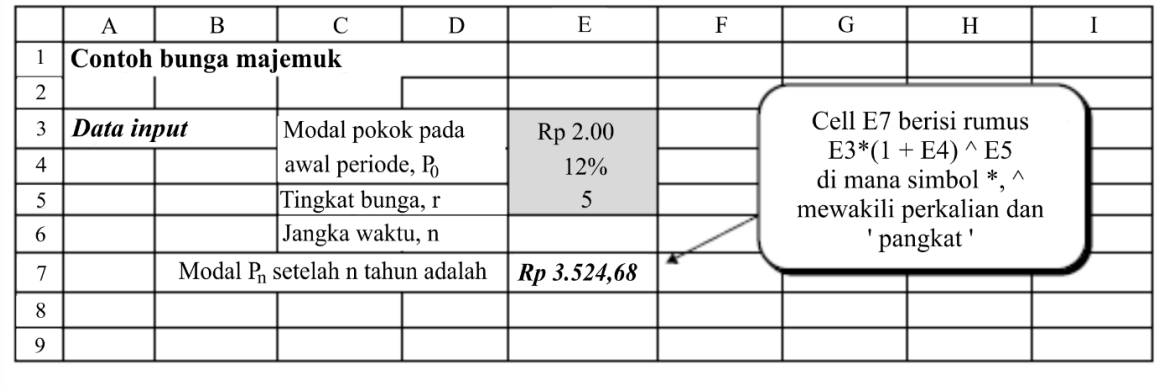


Gambar 2.2 Langkah-langkah dalam pembuatan model.

Dengan demikian investor akan mendapatkan $2000(1.12)^5$ = Rp. 3525. Dalam hal ini variabel yang dapat dikontrol adalah P_0,r, dan n. Dalam situasi di mana tidak ada rumus yang diketahui, pembuat keputusan harus sangat berhati-hati dalam mendefinisikan hubungan antar variabel. Tindakan pencegahan yang masuk akal adalah memeriksa rumus yang baru diturunkan dengan menggunakan data historis dan membandingkan hasil rumus dengan jawaban yang sudah diketahui.

Langkah terakhir adalah menyiapkan model sebagai spreadsheet. Contoh bunga majemuk di atas digunakan sebagai model demonstrasi. Spreadsheet biasanya digambarkan sebagai kumpulan sel trix yang sama, masing-masing diberi nomor unik dengan mengacu pada kolom dan baris di mana ia ditemukan. Sebuah sel dapat berisi deskripsi, nilai tetap, atau rumus, misalnya sel A1, E3, dan E7 pada Gambar 2.3 menunjukkan masing-masing dari ketiga fitur ini. Sumber utama kesalahan dalam membangun model spreadsheet adalah karena referensi silang sel yang salah, yaitu, pengguna salah mengidentifikasi sel sumber saat memasukkan input atau formula.

Keuntungan dari model spreadsheet adalah bahwa pengguna dapat dengan mudah mengubah salah satu data input. Dengan demikian, bunga majemuk untuk setiap nilai P_0, r, atau dapat ditemukan dengan hanya menimpa nilai input saat ini dalam sel E3, E4, dan E5. Model ini juga memungkinkan pengguna untuk melihat langsung efek pertimbangan mereka. Dengan bereksperimen dengan berbagai kombinasi variabel, pengambil keputusan dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang sensitivitas model.



Gambar 2.3 Model spreadsheet untuk bunga majemuk.

Tabel 2.1 Karakteristik lingkungan pengambilan keputusan.

←Lingkungan pengambilan keputusan→			
Karakteristik	**Operasional**	**Taktik**	**Strategi**
Variabel Terkontrol	Diketahui	Diketahui	Diketahui
Variabel Tak terkontrol	Diketahui	Probabilistik Probabilistik	Tidak diketahui Non-probabilistik
Jenis Model	Deterministik	Diinformasikan	Tidak Pasti
Jenis Keputusan	Terbaik	Kuantitatif fan	Kualitatif
Jenis Keputusan	Kuantitatif	Kualitatif	Analisis
Tool Matematikal	Pemrograman Linier	Metode Statistik ; Simulasi	Keputusan;Simulasi

2.3 RISIKO DAN KETIDAKPASTIAN DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN

Dalam pengambilan keputusan bisnis, ada tiga kelas masalah keputusan, yaitu:

- keputusan dalam kondisi kepastian
- keputusan dalam kondisi risiko
- keputusan dalam kondisi ketidakpastian.

Ada berbagai karakteristik yang terkait dengan masing-masing dari tiga kelas pengambilan keputusan ini seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Jika pengambil keputusan mengetahui nilai pasti dari semua variabel label yang tidak terkendali, maka model tersebut dikatakan deterministik, yaitu, hasilnya sudah ditentukan karena semua variabel – baik yang dapat

dikontrol maupun yang tidak dapat dikontrol – diketahui. 'Keputusan terbaik' dengan demikian dibuat dalam kondisi kepastian, yaitu, tidak ada unsur keraguan yang terkait dengan hasilnya. Sistem penggajian adalah contoh khas dari aplikasi deterministik karena semua input sudah dikuantifikasi. Teknik pemrograman linier (LP), termasuk program bilangan bulat dan tujuan, adalah alat yang paling banyak digunakan untuk memecahkan model deterministik.

Dalam kondisi kepastian, keputusan yang diambil selalu yang terbaik. Namun, dalam banyak keputusan manajerial, ada unsur risiko yang melekat pada peristiwa masa depan karena variabel yang tidak dapat dikendalikan tidak diketahui dengan pasti. Oleh karena itu, para pembuat keputusan harus menyadari bahwa dalam lingkungan yang berisiko di mana mereka tidak memiliki kendali penuh atas semua output, hasil yang buruk terkadang akan terjadi. Untuk mengambil contoh sehari-hari, ada tingkat keraguan yang terkait dengan hasil sebagian besar acara olahraga. 'Keputusan di bawah risiko' seperti itu dibuat setiap minggu oleh penumpang balap yang mendukung kuda untuk memenangkan balapan berdasarkan penampilan terakhir. Sementara hasilnya tidak diketahui dengan pasti, keputusannya adalah keputusan berdasarkan informasi, berdasarkan analisis peristiwa sebelumnya.

Sementara 'keputusan di bawah risiko' dapat memiliki lebih dari satu hasil, diasumsikan bahwa pembuat keputusan memiliki beberapa pengetahuan tentang bagaimana hal-hal akan berubah, yaitu, mereka mengetahui kemungkinan peristiwa yang terjadi. Pembuat keputusan mencoba untuk membuat keputusan yang baik yang akan menghasilkan hasil yang baik dengan mempertimbangkan probabilitas yang terkait dengan input yang tidak terkendali. Dalam situasi ini, model dikatakan 'probabilistik' atau 'stochastic'. Keputusan tersebut merupakan keputusan yang diinformasikan karena ada cukup informasi yang tersedia untuk memungkinkan probabilitas ditetapkan ke variabel yang tidak dapat dikendalikan.

Teknik statistik, yang melibatkan probabilitas dan distribusi probabilitas, adalah alat utama yang digunakan dalam memecahkan masalah yang memiliki unsur risiko yang menyertainya. Simulasi adalah alat pembuatan model lain yang digunakan untuk menganalisis masalah yang mengandung variabel tak terkendali yang diwakili oleh distribusi probabilitas. Model simulasi dirancang untuk meniru perilaku situasi dunia nyata. Keuntungan utama dari model simulasi adalah bahwa mereka dapat menangani ketidakpastian dengan menggunakan pembangkitan bilangan acak. Dengan menjalankan model berkali-kali dengan urutan angka acak yang berbeda, diperoleh replikasi yang wajar dari apa yang sebenarnya terjadi dalam sistem. Salah satu aplikasi simulasi yang umum adalah pola perilaku antrian supermarket.

Kelas terakhir dari masalah keputusan - keputusan di bawah ketidakpastian - bergerak ke area dugaan di mana sangat sedikit, jika ada, informasi yang ada untuk mendasarkan keputusan. Contoh tipikal adalah memilih angka untuk memenangkan lotre nasional. Sementara probabilitas dapat ditetapkan ke variabel tak terkendali dalam keputusan di bawah risiko, pembuat keputusan tidak mampu atau kurang percaya diri untuk menentukan probabilitas tersebut dalam lingkungan ketidakpastian. Bahkan di mana semua hasil yang

mungkin diketahui, probabilitas masih tidak dapat ditetapkan ke input yang tidak terkendali karena tingkat ketidakpastian. Untuk alasan ini, model yang beroperasi di bawah kondisi ketidakpastian disebut model nonprobabilistik.

Analisis keputusan - juga disebut teori keputusan - adalah alat pembangun model utama yang digunakan dalam lingkungan ketidakpastian. Dalam analisis keputusan, variabel tak terkendali disebut 'peristiwa' atau 'keadaan alam'. Keadaan alam dapat dihasilkan dari faktor ekonomi, sosial, dan politik di luar kendali pembuat keputusan. Ada tiga kriteria berbeda yang dapat diterapkan untuk keputusan di bawah ketidakpastian, yaitu maximin, maximax, dan minimax. Semua kriteria ini dapat digunakan tanpa menentukan probabilitas. Mereka biasanya dikaitkan dengan 'teori permainan' yang, terlepas dari namanya, memiliki aplikasi penting, misalnya, strategi militer. Teknik simulasi, yang telah dibahas secara singkat di atas, juga dapat digunakan di mana kondisi ketidakpastian ada.

2.4 PEMROGRAMAN LINIER/LINEAR PROGRAMMING (LP)

Manajer sering kali harus membuat keputusan tentang cara terbaik untuk mengalokasikan sumber daya yang langka di antara aktivitas yang bersaing. Sumber daya yang terbatas seperti mesin, waktu, bahan, tenaga kerja, dan uang digunakan untuk memproduksi berbagai produk, atau menyediakan layanan seperti rencana investasi dan strategi periklanan. Biasanya, ada banyak cara berbeda untuk menghasilkan produk atau layanan ini. Masalah manajemen adalah menemukan cara terbaik, mengingat keterbatasan sumber daya.

Pemrograman linier (LP) adalah teknik matematika yang digunakan secara luas yang dirancang untuk membantu dalam perencanaan dan alokasi sumber daya organisasi utama. Kata 'linier' mengacu pada fakta bahwa semua persamaan dan persamaan yang terkait dengan masalah LP harus memiliki hubungan linier. Bagian 'pemrograman' mengacu pada proses berulang yang digunakan untuk mendapatkan solusi optimal.

Semua masalah LP memiliki dua aspek utama, yaitu

- untuk memaksimalkan atau meminimalkan beberapa kuantitas seperti keuntungan atau biaya. Setelah memutuskan tujuan yang akan dioptimalkan, maka perlu untuk mendefinisikannya secara matematis, yaitu, untuk merumuskan 'fungsi tujuan'. Tujuan umum meliputi:
    - bagaimana menemukan alokasi persediaan suku cadang yang optimal untuk meminimalkan biaya produksi
    - cara membuat jadwal personel yang paling efisien untuk meminimalkan biaya sambil memenuhi kebutuhan bisnis dan permintaan penjadwalan individu
    - bagaimana mengoptimalkan alokasi dana dalam portofolio investasi untuk memaksimalkan keuntungan.
- Penggunaan sumber daya yang langka membatasi tindakan alternatif yang tersedia bagi seorang manajer. Keterbatasan sumber daya ini, yang disebut 'kendala', dijelaskan dalam persamaan linear, dinyatakan sebagai (lebih besar dari atau sama

dengan) atau (kurang dari atau sama dengan). Kehadiran sumber daya ini dalam persamaan yang menciptakan solusi alternatif, dengan (biasanya) hanya satu solusi yang optimal.

Metode pemrograman linier yang paling terkenal adalah metode sederhana dan grafis. Karena metode grafis hanya dapat digunakan untuk masalah dengan dua atau tiga variabel, maka penggunaannya terbatas. Metode Simplex, yang dikembangkan selama Perang Dunia Kedua untuk digunakan dalam logistik militer, mampu memecahkan masalah LP yang sangat besar yang melibatkan ribuan variabel. Ini terdiri dari seperangkat aturan langkah demi langkah, yang cocok untuk komputerisasi. Memang, sampai kedatangan

Algoritma Karmarkar pada tahun 1984 (Winston, Bab 10) sebagian besar paket perangkat lunak LP didasarkan pada metode Simplex. Namun, algoritma baru Karmarkar membutuhkan waktu komputer yang jauh lebih sedikit daripada metode Simplex untuk memecahkan masalah berskala sangat besar, dan generasi baru perangkat lunak LP, menggunakan pendekatan Karmarkar, kini telah dikembangkan.

Aplikasi Pemrograman Linier

Masalah pemrograman linier terbagi dalam dua kategori utama: (i) masalah pencampuran atau bauran produk dan (ii) masalah transportasi. Masalah pencampuran atau bauran produk berfokus pada pencapaian kombinasi sumber daya yang optimal untuk memaksimalkan keuntungan atau meminimalkan biaya. Masalah pencampuran makanan yang khas dapat melibatkan negara berkembang yang ingin memproduksi campuran makanan berprotein tinggi dengan biaya serendah mungkin. Masalah bauran bisnis yang populer berkaitan dengan manajemen portofolio di mana bank ingin mengalokasikan dana untuk mencapai pengembalian investasi setinggi mungkin.

Masalah transportasi melibatkan sejumlah sumber pasokan (misalnya, gudang) dan sejumlah tujuan (misalnya, toko ritel). Tujuannya adalah untuk meminimalkan biaya transportasi yang terlibat dalam memindahkan produk grosir dari gudang ke toko. Oleh karena itu, masalah transportasi berkaitan dengan pemilihan rute dengan biaya minimum dalam jaringan distribusi produk antara sumber dan tujuan. Kasus khusus dari masalah transportasi yang dikenal sebagai 'metode penugasan', melibatkan penugasan karyawan atau mesin untuk tugas yang berbeda atas dasar satu-ke-satu. Dalam situasi ini, hanya satu item sumber yang ditetapkan untuk masing-masing dari berbagai tujuan. Masalah transportasi dan penugasan termasuk dalam kelas masalah LP yang lebih luas yang dikenal sebagai 'masalah aliran jaringan'.

Dalam banyak situasi, solusi untuk masalah LP masuk akal hanya jika mereka memiliki nilai integer (bilangan bulat). Jumlah seperti $23\frac{2}{3}$ karyawan atau $12\frac{1}{2}$tabel tidak realistis. Membulatkan solusi LP ke bilangan bulat terdekat mungkin tidak menghasilkan solusi yang layak. 'Pemrograman integer' (IP) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan masalah LP yang membutuhkan solusi untuk memiliki nilai integer. Model LP untuk

Perusahaan Acme yang dikembangkan di bawah ini adalah contoh program bilangan bulat yang diterapkan pada situasi bauran produk.

Salah satu keterbatasan program linier adalah hanya memungkinkan satu fungsi tujuan yang dioptimalkan. Dengan demikian, pembuat keputusan harus fokus pada satu tujuan atau sasaran pada suatu waktu. Namun, manajer sering ingin mengoptimalkan beberapa tujuan yang saling bertentangan pada saat yang sama, misalnya, bagaimana memaksimalkan produksi dan keuntungan atau memaksimalkan keuntungan sambil meminimalkan risiko. 'Pemrograman tujuan' (GP) adalah variasi dari pemrograman linier yang menyediakan optimasi beberapa tujuan. GP melibatkan membuat trade-off antara beberapa tujuan atau sasaran sampai ditemukan solusi yang memuaskan pembuat keputusan. GP berbeda dari LP karena tidak menghasilkan solusi optimal. Sebaliknya, ini menyediakan metode di mana pembuat keputusan dapat mengeksplorasi solusi alternatif dan kemudian memilih solusi yang paling mendekati untuk memenuhi tujuan yang sedang dipertimbangkan.

Sementara semua masalah LP hanya berisi hubungan linier, masalah memang ada di mana persamaan dan/atau persamaan tidak linier. Pemrograman non linier (NLP) adalah teknik yang dapat memecahkan masalah yang mengandung hubungan non linier. Definisi sederhana dari hubungan nonlinier adalah setiap persamaan yang tidak sesuai dengan hubungan garis lurus, $y=mx+c$. Merumuskan masalah NLP persis sama dengan merumuskan masalah LP, kecuali bahwa tujuan dan/atau kendala mungkin nonlinier. Pemrograman nonlinier adalah istilah kolektif untuk berbagai kategori, yang meliputi pemrograman kuadrat, pemrograman geometris, pemrograman cembung, dan kalkulus.

Sebagian besar paket spreadsheet memiliki pemecah bawaan. Pemecah adalah alat yang ampuh untuk menganalisis dan memecahkan berbagai jenis masalah pemrograman linier yang mengandung banyak variabel dan kendala. Pemecah Excel yang disebut hanya 'Solver'-dapat menganalisis dan memecahkan tiga jenis masalah, yaitu pemrograman linier (LP), pemrograman integer (IP), dan pemrograman non linier (NLP). Karena sifatnya yang iteratif, pemrograman linier mungkin tidak selalu konvergen ke solusi terbaik. Perlu diingat bahwa mungkin ada solusi optimal yang berbeda untuk setiap masalah LP dan menemukannya akan bergantung pada nilai yang diberikan pada opsi seperti waktu maksimum yang diizinkan, jumlah maksimum iterasi yang diizinkan, ukuran kesalahan residual, dan lain-lain.

CONTOH 2.1 Model LP untuk masalah Perusahaan A

Perusahaan Acme memproduksi dua produk – widget dan gadget. Perusahaan memperoleh keuntungan sebesar Rp. 2 per box untuk widget dan Rp. 3 kotak untuk gadget. Setiap produk dirakit dan dikemas. Dibutuhkan 9 menit untuk merakit satu kotak widget dan 15 menit untuk satu kotak gadget. Departemen pengemasan dapat mengemas satu kotak widget dalam 11 menit, sedangkan satu kotak gadget membutuhkan waktu 5 menit. Acme ingin mengetahui kombinasi kotak widget dan gadget apa yang akan memaksimalkan keuntungan total, mengingat ada maksimum 1800 jam yang tersedia di departemen perakitan

dan pengemasan. Perusahaan telah memutuskan untuk melihat apakah Excel's Solver dapat memberikan solusi yang memuaskan, jadi langkah pertama adalah merumuskan masalah sebagai latihan LP.

x_1, x_2 = jumlah kotak widget, gadget yang optimal (x_1, x_2 adalah bilangan bulat positif)

Tujuan Acme adalah untuk memaksimalkan keuntungan, yaitu, memaksimalkan fungsi tujuan, Z (dalam Rp. s 000), di mana

$$Z = 2x_1 + 3x_2$$

tunduk pada empat batasan berikut:

- 9x1+15x2 108,000 menit (Keterbatasan waktu untuk departemen perakitan)
- 11x1+5x2 108,000 menit (Keterbatasan waktu untuk departemen pengemasan)
- x_1, $x_2 \geq 0$ (x_1, x_2 harus bernilai positif)
- x_1, x_2 =int(eger) (x_1, x_2 harus berupa bilangan bulat)

Solver Excel menggunakan pendekatan yang sama seperti yang diuraikan di atas kecuali bahwa ia menggunakan istilah yang berbeda.

Targetcell - Dalam Solver, sel target adalah sel tunggal yang berisi fungsi tujuan yang akan dimaksimalkan atau diminimalkan.

Mengubah cell – cells/Sel-sel ini berisi yang tidak diketahui. Dalam contoh Acme, hanya ada dua yang tidak diketahui, x_1, x_2. Solver menggunakan pendekatan iteratif dengan mengubah nilai dalam sel ini untuk maju dari satu solusi ke solusi yang lebih baik. Proses pengubahan nilai x_1, x_2 ini diulangi sampai suatu jawaban akhirnya tercapai yang tidak dapat diperbaiki, yaitu solusi optimum telah ditemukan. Perhatikan bahwa sel yang berubah biasanya dibiarkan kosong atau diberi nilai nol.

Kendala - Seperti dijelaskan di atas, kendala adalah batas yang dikenakan pada sel tertentu, dan mungkin termasuk mengubah sel dan/atau sel target.

Sebelum menggunakan Solver, hal pertama yang harus dilakukan adalah menyiapkan model spreadsheet untuk masalah Perusahaan Acme, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Perhatikan bahwa detail dan formula 'Parameter Solver' yang diberikan pada baris 14 hingga 24 bukan bagian dari model dan disediakan hanya untuk keuntungan pengguna. Misalnya, harus jelas bahwa sel model yang berubah adalah G5, G6 dan sel target adalah F11.

Model pada Gambar 2.4 menunjukkan solusi optimal yang dihitung dengan Solver Excel. Jawabannya adalah 9000 box widget dan 1800 box gadget memberikan keuntungan maksimal Rp. 23.400. Perhatikan bahwa jumlah waktu aktual yang digunakan di setiap departemen adalah 1800 jam, sama dengan waktu maksimum yang tersedia. Jawaban diberikan dalam sel G5, G6, F11, C9 dan D9 – meskipun jangan lupa bahwa sel-sel ini awalnya akan menampilkan kosong atau nol saat model pertama kali disiapkan. Setelah memasukkan data deskriptif dan memformat sel seperti yang ditunjukkan pada baris 1 hingga 11, selesaikan tugas berikut:

- Biarkan sel yang berubah G5, G6 kosong

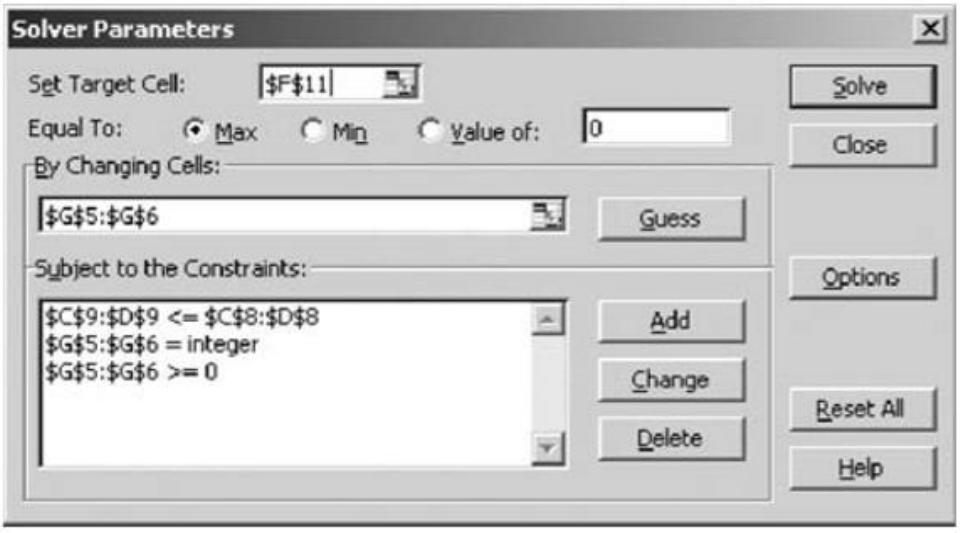
- Masukkan rumus C5*$G5+C6*$G6 ke dalam sel C9
- Salin rumus di sel C9 ke D9
- Masukkan rumus E5*G5+E6*G6 ke dalam sel target F11
- Masukkan nilai yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 ke dalam sel yang diarsir C5:E6 dan C8:D8

Langkah selanjutnya adalah mengaktifkan Solver. Pilih perintah Tools|Solver untuk menampilkan kotak dialog Parameter Solver seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Selanjutnya, masukkan data seperti yang ditunjukkan ke dalam kotak dialog Parameter Solver. Kesamaan antara Gambar 2.5 dan garis 14-21 dari Gambar 2.4 harus diperhatikan! Klik tombol 'Solve' untuk memulai Solver dan hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.4 akan muncul setelah beberapa detik. Pilih opsi 'Keep Solver Solution' pada kotak dialog 'Solver Results' untuk menyimpan jawaban di lembar kerja. Untuk sebagian besar masalah, pengaturan default di kotak 'Opsi Pemecah' (lihat Gambar 2.6) sudah sesuai. Namun, ingat bahwa situasi seperti nonlinieritas dapat muncul yang memerlukan beberapa pengaturan parameter untuk diubah untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Model Perusahaan Acme adalah contoh masalah bauran produk di mana perusahaan berusaha memaksimalkan keuntungan, mengingat batasan waktu yang dikenakan oleh departemen perakitan dan pengemasan. Karena jawaban terkait dengan kotak produk, ini juga merupakan contoh dari pemrograman integer (IP). IP adalah bentuk khusus dari LP di mana nilai solusi harus bilangan bulat. Pendekatan alternatif menerima 'solusi bulat' di mana jawaban pecahan seperti 170,43 kotak dibulatkan menjadi 170 kotak, mungkin tidak memberikan jawaban terbaik.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Contoh 2.1 - Perusahaan Acme**							
2								
3			Perakitan	Pengemasan				
4			Waktu (menit)	Waktu (menit)	Laba		***Penyelesaian***	
5		**WIDGETS**	9	11	Rp 2		**9.000**	$= x_1$
6		**GADGETS**	15	5	Rp 3		**1.800**	$= x_2$
7								
8	Kendala waktu		108.000	108.000	*User input cells are shaded*			
9	Nilai sebenarnya		108.000	108.000				
10								
11			***Tujuan: Memaksimalkan keuntungan =***			***Rp 23.400***		
12								
13								
14		***Parameter Pemecah***						
15		***Tetapkan Target Cell:***	F11					
16		***Sama dengan:***	Maks					
17		***Dengan Mengubah Cell:***	G5:G6					
18		***Subject to Constraints:***	C9 <= C8		– Batasan waktu PERAKITAN			
19			D9 <= D8		– Kendala waktu PENGEMASAN			
20			G5:G6 >= 0		– Jawaban harus positif			
21			G5:G6 = bil.bul		– Jawaban harus bilangan bulat			
22		***Cell***	***Rumus***		***Copied to***			
23		C9	C5*$G5+C6*$G6		D9			
24		F11	E5*G5+E6*G6					
25								

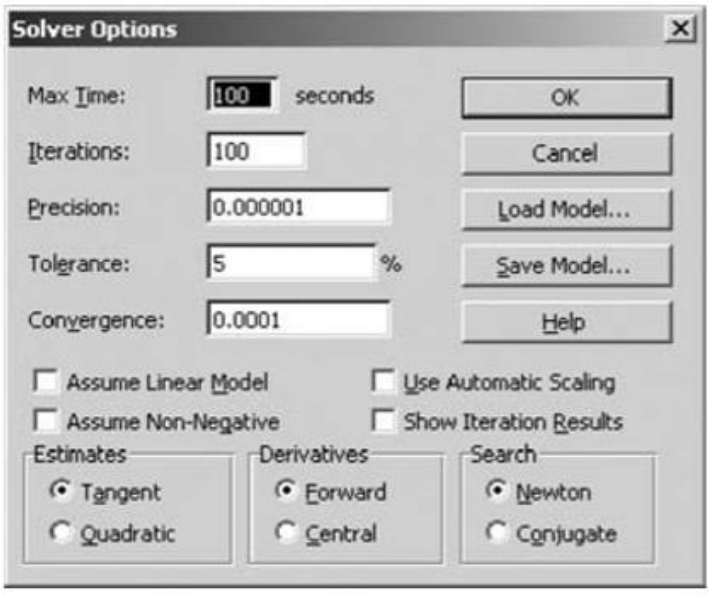
Gambar 2.4 Model LP untuk Perusahaan Acme.



Gambar 2.5 Parameter

2.5 MENGGUNAKAN 'ANALISIS TOOLPAK' EXCEL

Excel menyediakan beberapa alat tambahan yang sangat kuat seperti Solver dan Analysis Tool Pak, yang berisi sejumlah fungsi statistik dan teknik. Untuk mengaktifkan Analysis Tool Pak, pilih perintah Tools|Data Analysis. Jika Solver atau Analisis Data tidak muncul pada menu Alat, lalu pilih perintah Alat|Add-Ins dan klik kotak centang di sebelah add-in yang diperlukan. Bergantung pada versi Excel yang digunakan, simbol √ atau × akan muncul di kotak centang untuk menunjukkan bahwa add-in sekarang siap dipasang. Jika sudah selesai, klik tombol OK untuk keluar. Analysis ToolPak menyediakan fungsi yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.



Gambar 2.6 Cara Mengaktifkan Analysis Tool Pak

Tabel 2.2 Alat Analisis: alat analisis.

Fungsi	Fungsi
ANOVA: Faktor tunggal	Korelasi
ANOVA: Dua faktor dengan replikasi	Kovarian
ANOVA: Statistik dua faktor tanpa replikasi	Deskriptif
Uji-F Dua sampel untuk pemulusan varians	Eksponensial
Pembuatan angka acak	Analisis Fourier
Peringkat dan persentil	Histogram
Uji-t: berpasangan dua sampel untuk sarana	Perpindahan rata-rata
Uji-t: dua sampel dengan asumsi varians yang sama	Regresi
Uji-t: dua sampel dengan asumsi varians yang tidak sama	Sampling
z-test: dua sampel untuk sarana	

2.6 METODE STATISTIK

Masalah kelebihan informasi adalah gejala yang diakui dari era informasi. Bisnis saat ini menciptakan sejumlah besar informasi yang dihasilkan komputer sehingga manajemen seringkali tidak dapat memanfaatkan sepenuhnya semua data yang tersedia. Peran utama statistik adalah untuk menyediakan manajer dengan alat matematika yang akan membantu mereka untuk mengatur dan menganalisis data secara efektif dan bermakna. Dengan meringkas fitur penting dan hubungan data, manajer lebih mampu menginterpretasikan detail tentang kinerja produk, pola perilaku konsumen, perkiraan penjualan, dan lainnya yang menarik. Sebuah ringkasan singkat dari istilah utama yang digunakan dalam statistik bisnis sekarang diberikan.

Sebuah 'populasi' adalah kumpulan semua item (data, fakta atau pengamatan) yang menarik bagi pembuat keputusan. Sebuah 'sampel' adalah bagian dari populasi. Himpunan pengukuran dari seluruh populasi disebut 'sensus'. Biasanya, melakukan sensus lengkap secara ekonomi tidak mungkin dilakukan. Bahkan jika seorang manajer dapat melakukan sensus, ada kendala yang jelas, yaitu: (i) kendala waktu – lebih cepat mengajukan pertanyaan kepada 100 orang daripada 10.000; (ii) kendala biaya – lebih murah meminta 100 daripada 10.000 orang!

Pengambilan keputusan berarti memilih antara dua atau lebih alternatif. Pengambilan keputusan yang baik didasarkan pada evaluasi alternatif mana yang memiliki peluang terbaik untuk berhasil. Ketika manajer mengacu pada peluang terjadinya sesuatu, mereka menggunakan probabilitas dalam proses pengambilan keputusan. Metode umum yang terkait dengan probabilitas adalah permutasi, kombinasi, dan berbagai aturan probabilitas (termasuk Aturan Bayes). Teknik sampling statistik mencakup semua yang menggunakan sampling acak atau probabilitas, di mana item data dipilih secara kebetulan saja. Statistika dapat dibagi menjadi tiga bidang utama, yaitu (i) statistik deskriptif, (ii) probabilitas dan (iii) statistik inferensial.

Statistik Deskriptif – Mengatur dan Menyajikan Data

Statistik deskriptif terdiri dari teknik yang membantu pengambil keputusan untuk menyajikan data dengan cara yang berarti. Tabel distribusi frekuensi, histogram, diagram lingkaran, plot sebar, dan diagram batang adalah beberapa alat yang memungkinkan data diatur dan disajikan dalam bentuk yang dapat dikelola (Groebner, Shannon et al., Bab 1-3). Metode termudah untuk mengatur data adalah dengan membuat tabel distribusi frekuensi menggunakan kelas. Kelas hanyalah interval tertentu yang menarik, biasanya memiliki batas atas dan bawah. Namun, teknik penyajian seperti histogram frekuensi dapat menyesatkan ketika membuat perbandingan antara dua kumpulan data yang berbeda. Misalnya, dengan memvariasikan jumlah dan lebar interval kelas, histogram dari dua set data yang sangat berbeda mungkin tampak sangat mirip!

Teknik statistik lainnya diperlukan untuk menguji perbedaan antara kelompok data. Yang lebih umum dari upaya ini untuk menentukan apakah kedua kelompok memiliki

distribusi yang sama, yaitu apakah mereka memiliki lokasi pusat dan penyebaran yang sama? Lokasi pusat hanyalah bagian tengah atau pusat dari sekumpulan data. Ukuran umum dari lokasi pusat adalah modus, median dan rata-rata aritmatika. Ukuran statistik penyebaran juga disebut ukuran variasi (atau dispersi) karena berfokus pada fluktuasi yang terjadi di kedua sisi lokasi pusat. Ukuran penyebaran yang lebih umum adalah jangkauan, varians dan standar deviasi.

CONTOH 2.2 Presentasi grafis menggunakan Chart Wizard

Perusahaan Wheelie akan memperkenalkan lini ban baru untuk sepeda balap. Manajer kontrol kualitas telah diminta untuk mempresentasikan hasil tes ban baru-baru ini pada seratus sepeda yang bersaing di Tour de France. Berikut ini adalah daftar jarak tempuh 100 sepeda (ke 100 km terdekat) sebelum salah satu ban gagal memenuhi standar EC minimum.

38	24	12	36	41	40	45	41	40	47
26	15	48	44	29	43	28	29	37	10
37	45	29	31	23	49	41	47	41	42
61	40	40	45	37	55	47	42	28	38
38	48	18	16	39	50	14	52	33	32
51	10	49	21	44	31	43	34	49	48
28	39	28	36	56	54	39	31	35	36
32	20	54	25	39	44	25	42	50	41
9	34	32	34	42	40	43	32	30	45
20	29	14	19	38	46	46	39	40	47

Manajer kendali mutu telah memutuskan untuk menggunakan histogram frekuensi untuk presentasinya. Tugas pertamanya adalah mengubah data mentah menjadi sejumlah kelompok atau kelas, dan kemudian menghitung jumlah nilai yang masuk ke dalam setiap kelas. Jumlah nilai di setiap kelas disebut 'frekuensi kelas'. Jumlah ideal kelas N dapat ditemukan dengan menggunakan pertidaksamaan 'rule of thumb' yang menyatakan bahwa 2^N harus lebih besar dari jumlah pengamatan, O. Dalam contoh ini, O =100, dan $2^7 > 100$, yaitu, N =7.

$$Lebar\ Kelas = \frac{Nilai\ terbesar - nilai\ terkecil}{jumlah\ kelas, N} = \frac{61 - 9}{7} = 7.43$$

Membulatkan lebar kelas 7,43 ke 7 dan kemudian menerapkan nilai ini ke rentang data (9–16), diperoleh tabel distribusi frekuensi berikut:

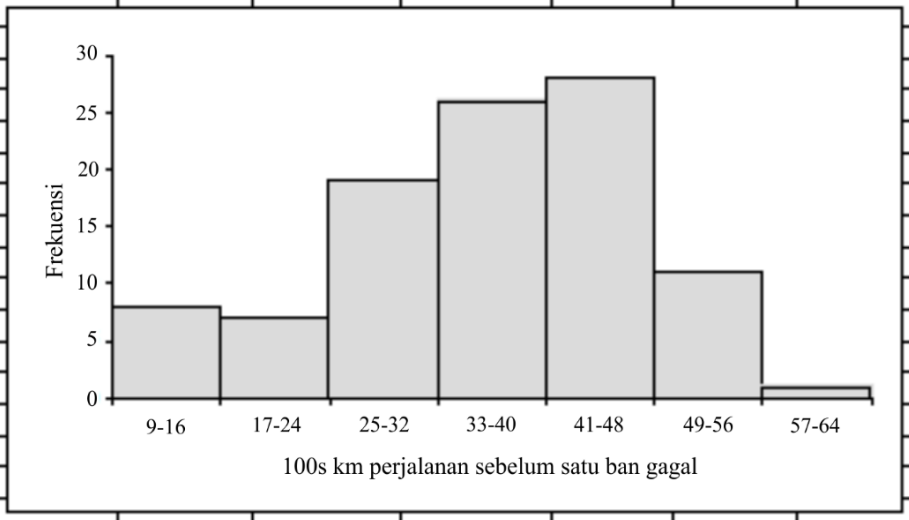
$Rentang$	$9-16$	$17-24$	$25-32$	$33-40$	$41-48$	$49-56$	$57-64$
$Frekuensi\ kelas$	8	7	19	26	28	11	1

Langkah manajer kualitas berikutnya adalah memasukkan tabel frekuensi ini ke dalam spreadsheet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Chart Wizard Excel digunakan untuk mendapatkan histogram. Langkah-langkah yang diperlukan untuk menghasilkan output grafis diberikan pada baris 33-43.

Contoh 2.2 - Perusahaan Wheelie

Jumlah Kelas	Interval Kelas	Frekuensi	Frekuensi Relatif
1	9 - 16	8	0,08
2	17 - 24	7	0,07
3	25 - 32	19	0,19
4	33 - 40	26	0,26
5	41 - 48	28	0,28
6	49 - 56	11	0,11
7	57 - 64	1	0,01
	Total	100	1

Frekuensi Relatif adalah rasio frekuensi kelas dengan frekuensi total, mis. frekuensi relatif untuk kelas 1 adalah 8/100 = 0,08, untuk kelas 2 adalah 7/100 = 0,07..dst.



Menggunakan ChartWizard untuk mendapatkan output grafis – lihat Lampiran untuk detailnya

[1] Sorot rentang (*shaded*) C5:D11

[2] Klik tombol ChartWizard (dengan kolom berwarna) pada standard tool bar

[3] Dari kotak dialog ChartWizard's Step 1, pilih Chart type 'column' dan Chart sub-type (ditunjukkan pada baris 1, kolom 1). Klik dua kali pada tombol 'next' untuk melanjutkan ke Langkah 3.

[4] Langkah 3 *presents Chart Option*. Masukkan judul untuk sumbu X dan Y lalu klik tab 'Legend'. Kosongkan kotak 'Show Legend'. Kemudian klik tombol 'next' dan 'finish'.

[5] Klik di mana saja pada kolom *right-hand* dan pilih opsi 'Format Data Series'. Klik tab 'Option', ubah 'Gap width' menjadi nol, lalu klik 'OK'.

[6] Posisikan *top-left* bagan di cell B14. Kemudian klik pada *lower-right handle* dan *drag* ke cell H30.

Gambar 2.7 Presentasi grafis dari data Wheelie Company.

Probabilitas – Mengukur Tingkat Ketidakpastian

Probabilitas adalah peluang terjadinya sesuatu. Probabilitas dinyatakan sebagai pecahan atau desimal. Jika suatu peristiwa diberi probabilitas 0, ini berarti bahwa peristiwa tersebut tidak akan pernah terjadi. Jika peristiwa tersebut diberi peluang 1 maka itu akan

selalu terjadi. Probabilitas klasik mendefinisikan probabilitas bahwa suatu peristiwa akan terjadi, mengingat bahwa masing-masing hasil memiliki kemungkinan yang sama, sebagai:

$$P(kejadian) = \frac{banyaknya\ cara\ kejadian\ tersebut\ dapat\ terjadi}{jumlah\ hasil\ yang\ mungkin}$$

Misalnya, berapa peluang munculnya angka 4 pada pelemparan dadu pertama? Karena jumlah total hasil yang mungkin adalah 6, dan banyaknya cara yang dapat dicapai 4 dengan satu lemparan adalah 1, jawabannya adalah P (kejadian)=1/6.

Distribusi probabilitas mirip dengan distribusi frekuensi karena masing-masing menggunakan interval untuk mengelompokkan item data ke dalam bentuk yang lebih bermakna. Distribusi probabilitas dapat berupa diskrit atau kontinu. Distribusi probabilitas diskrit menggambarkan kejadian di mana variabel yang diinginkan hanya dapat mengambil sejumlah nilai yang terbatas, misalnya, pelemparan sebuah dadu terbatas pada salah satu dari enam angka. Dalam distribusi probabilitas kontinu, variabel dapat mengambil nilai apa pun dalam rentang tertentu, misalnya, mengukur pertumbuhan anak selama periode waktu tertentu. Rata-rata dari distribusi probabilitas diskrit disebut sebagai 'nilai yang diharapkan'.

Ada banyak distribusi probabilitas yang berbeda, baik diskrit maupun kontinu. Empat yang lebih umum digunakan adalah (i) distribusi Binomial, yang merupakan distribusi diskrit yang digunakan untuk menggambarkan banyak aktivitas bisnis, (ii) distribusi Poisson yang merupakan distribusi diskrit yang sering digunakan untuk menghitung jumlah kemunculan beberapa peristiwa dalam suatu periode waktu, (iii) distribusi eksponensial yang merupakan distribusi kontinu yang digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu aktivitas, dan (iv) distribusi kontinu penting yang dikenal sebagai distribusi normal.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Contoh 2.3 - Menggunakan fungsi distribusi Binomial Excel BINOMDIST**								
2									
3		***BINOMDIST(number, size, probability, cumulative)***							
4		di mana ***number*** adalah jumlah hasil yang sukses; ***size*** adalah ukuran sampel;							
5		***probabilit***y adalah probabilitas sampel; ***cumulative*** adalah nilai logis;							
6		jika ***cumulative*** diatur ke TRUE maka fungsi *return* probabilitas Binomial							
7		kumulatif; jika FALSE maka *return* probabilitas Binomial individual.							
8									
9		Dalam contoh ini, ***number*** = jumlah penjualan yang dilakukan per hari, ***size*** = 20, ***probability*** = 0,1							
10								**Jawab**	
11	(i)	Probabilitas tidak ada penjualan, P(0) =			BINOMDIST(0,20,0.1, SALAH) =			***0,1216***	
12	(ii)	Probabilitas empat penjualan, P(4) =			BINOMDIST(4,20,0.1, SALAH) =			***0,0898***	
13	(iii)	Probabilitas lebih dari 4 penjualan =			1 - BINOMDIST(4,20,0.1,TRUE) =			***0,0432***	
14	(iv)	Probabilitas 4 atau lebih penjualan =			1 - BINOMDIST(3,20,0.1,TRUE) =			***0,1330***	
15									

Gambar 2.8 Mengecek data penjualan dengan fungsi BINOMDIST.

Probabilitas dapat bersifat individual atau kumulatif seperti yang ditunjukkan oleh fungsi BINOMDIST Excel pada Gambar 2.8. Probabilitas kumulatif adalah jumlah dari semua probabilitas hingga dan termasuk probabilitas tertentu. Sebagai contoh, perhatikan tabel distribusi probabilitas berikut yang memberikan probabilitas individual untuk menjual sejumlah item yang berbeda:

$No.\ item\ yang\ habis$	20	18	15	10
$Probabilitas$	0.1	0.2	0.3	0.4

Probabilitas kumulatif menjual 15 item atau lebih, biasanya dilambangkan sebagai P (≥15), adalah jumlah dari probabilitas penjualan 15, 18 dan 20, yaitu, P (≥15) = 0,3 + 0,2 + 0,1 = 0,6. Demikian pula, probabilitas kumulatif penjualan 18 unit atau lebih, yaitu, P (≥18), adalah jumlah dari probabilitas penjualan 18 dan 20 = 0,2 + 0,1 = 0,3. Sebaliknya, peluang penjualan kurang dari 18 item, P (<18)=1− P (≥18)=0,7, yang sama dengan jumlah peluang penjualan 10 dan 15 item. Perhatikan bahwa dalam tabel distribusi probabilitas apa pun, jumlah semua probabilitas selalu satu, yaitu, 0,1+0,2+0,3+0,4=1.

CONTOH 2.3 Menggunakan fungsi distribusi binomial Excel BINOMDIST

Seorang wiraniaga melakukan dua puluh panggilan per hari ke rumah-rumah yang dipilih secara acak. Jika probabilitas penjual melakukan penjualan adalah 0,1, gunakan fungsi distribusi binomial Excel BINOMDIST untuk menemukan probabilitas (i) tidak ada penjualan (ii) empat penjualan (iii) lebih dari empat penjualan (iv) empat atau lebih penjualan. Spreadsheet Gambar 2.8 menggunakan fitur probabilitas individual dan kumulatif dari fungsi distribusi BINOMDIST (klik tombol Wizard Fungsi Excel f_x untuk mengaktifkan BINOMDIST).

Statistik Inferensial – Menarik Kesimpulan dari Sampel

Statistik inferensial, biasanya disingkat inferensi, adalah proses di mana kesimpulan dicapai berdasarkan pemeriksaan hanya sebagian dari total data yang tersedia. Contoh tipikal inferensi adalah jajak pendapat yang digunakan untuk memprediksi pola pemungutan suara penduduk suatu negara selama pemilihan. Inferensi statistik dapat dibagi menjadi dua bidang utama – estimasi dan pengujian hipotesis. Estimasi berkaitan dengan penarikan kesimpulan dari sampel populasi. Tujuan pengujian hipotesis adalah menggunakan informasi sampel untuk memutuskan apakah klaim produsen tentang suatu produk harus dikonfirmasi atau disangkal.

Dalam manajemen operasi, pengujian kontrol kualitas sangat bergantung pada estimasi statistik untuk menerima atau menolak output produksi. Manajer kontrol kualitas akan mengambil sampel produk secara acak dan jika ditemukan bahwa jumlah item yang cacat terlalu tinggi, batch tersebut akan ditolak. Penyesuaian kemudian harus dilakukan pada proses produksi untuk menghilangkan, atau setidaknya mengurangi, tingkat kekurangan.

Kebanyakan orang pada suatu waktu atau lainnya telah membeli sekotak korek api dengan label bertuliskan 'isi 100 kira-kira'. Jika ada yang repot-repot menghitung jumlah korek api dalam sampel acak enam kotak, kemungkinan besar mereka akan menemukan bahwa

isinya bervariasi dari, katakanlah 98 hingga 102. Akan sangat tidak biasa, jika tidak unik, jika setiap satu dari enam kotak berisi jumlah pertandingan yang sama. Menempatkan pengamatan ini ke dalam istilah statistik, ketika rata-rata dihitung dari sampel, nilai yang diperoleh, X, tergantung pada sampel mana (dari banyak kemungkinan sampel yang dapat dipilih) yang diamati.

Perbedaan antara mean populasi, μ (diucapkan mu), dan mean sampel, X, disebut kesalahan sampling. Dua sampel dari populasi yang sama cenderung memiliki nilai sampel yang berbeda dan oleh karena itu mungkin menghasilkan kesimpulan yang berbeda. Akibatnya, manajer perlu memahami bagaimana cara sampel didistribusikan ke seluruh populasi, yaitu, mereka perlu memahami konsep distribusi sampling. Perhatikan contoh berikut:

CONTOH 2.4 Model kesalahan pengambilan sampel

Manajer investasi pialang saham Astro Returns telah diminta oleh klien untuk menentukan pengembalian rata-rata atas investasi portofolio enam sahamnya. Pengembalian setiap saham untuk tahun lalu adalah:

$Stok$	A	B	C	D	E	F
$Pengembalian\ (\%)$	8	11	-3	18	3	5

Rerata populasi μ untuk keenam stok adalah (8+11−3+18+3+5)/6=7%. Dalam contoh ini, untuk mengilustrasikan konsep kesalahan pengambilan sampel, manajer investasi akan mendasarkan laporannya pada sampel acak sederhana dari tiga saham dari enam yang tersedia. Karena populasinya sangat kecil – hanya terdiri dari enam saham, manajer investasi dapat dengan mudah melakukan sensus (yaitu, tunjukkan bahwa μ=7). Pada Tabel 2.3, dua puluh kemungkinan kombinasi sampel, bersama dengan rata-rata sampelnya, X, telah disusun dalam urutan menaik dari 1,67 hingga 12,33.

Ketika kesalahan pengambilan sampel, μ – X, dihitung, mereka menunjukkan variasi yang luas, mulai dari +5.33 hingga −5.33. Oleh karena itu, klien dapat disesatkan secara serius, tergantung pada sampel mana yang disertakan oleh manajer investasi dalam laporannya. Menyadari bahwa akan selalu ada kesalahan pengambilan sampel, hanyalah sebagian dari masalah. Karena manajer investasi tidak dapat mengetahui sebelumnya seberapa besar kesalahan pengambilan sampel, ia harus mengatur data X-nya untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana rata-rata sampel didistribusikan.

Tabel 2.3 Hasil Yang Muncul Dari Percobaan Tersebut

Stok sampel	*Pengembalian rata-rata %*	*Stok sampel*	*Pengembalian rata-rata %*	*Stok sampel*	*Pengembalian rata-rata %*
CEF	1.67	CDE	6.00	DEF	8.67
ACE	2.67	BEF	6.33	ADE	9.67
ACF	3.33	CDF	6.67	ADF	10.33
BCE	3.67	ABE	7.33	BDE	10.67
BCF	4.33	ACD	7.67	BDF	11.33
ABC	5.33	ABF	8.00	ABD	12.33
AEF	5.33	BCD	8.67		

Cara termudah untuk menyajikan data adalah dengan membuat tabel distribusi frekuensi. Semua mean sampel, X, berada dalam rentang 1–13. Dengan mengambil enam kelas interval ukuran 2, mulai dari 1-3 sampai 11-13, grafik Gambar 2.9 dapat dibuat untuk menunjukkan distribusi semua nilai X yang mungkin, yaitu distribusi sampling X. Dapat terlihat bahwa distribusi mengikuti kurva normal berbentuk lonceng. Fitur ini menggambarkan salah satu karakteristik teorema limit pusat yang penting. Aspek lain dari teorema limit pusat adalah bahwa 'rata-rata dari rata-rata', yaitu, rata-rata dari distribusi sampling, sama dengan rata-rata populasi, . Menggunakan Excel's ChartWizard, ikuti langkah-langkah di bawah ini untuk mendapatkan grafik pada Gambar 2.9:

- Masukkan data seperti yang ditunjukkan pada baris 1–11.
- Gunakan fungsi SUM Excel untuk total pada baris 12 (misalnya, D12 berisi rumus SUM (D6:D11)).
- Masukkan rumus D6/D$12 di sel F6 lalu salin ke sel F7:F11.
- Sel H14 berisi 'rata-rata sarana', yaitu rata-rata data, yang telah dikelompokkan ke dalam tabel distribusi frekuensi. Rumus rata-rata data berkelompok adalah

$$mean\ (dari\ group\ data) = (\sum_{i-1}^{c} f_1 M_1)/N$$

  dimana:

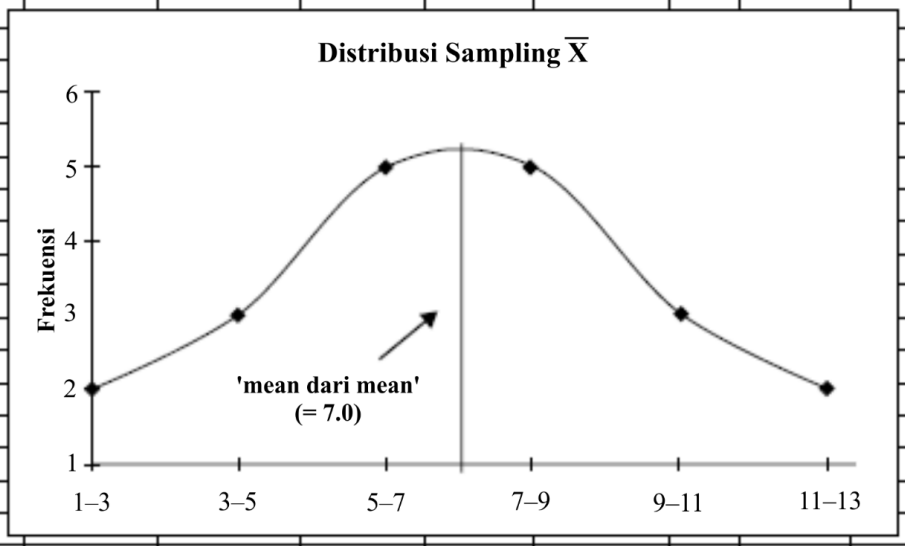
  c = jumlah kelas (=6)

  N = jumlah titik data (=20)

  f_i = frekuensi pada kelas ke-i (sel D6:D11)

  M_i = titik tengah kelas ke-i (sel E6:E11)
- Untuk menggambar grafik, pertama-tama sorot rentang C6:D11.
- Klik tombol ChartWizard (dengan kolom berwarna) pada toolbar standar.
- Pada Langkah 1 Chart Wizard, klik pada tab 'Jenis Kustom' dan kemudian pilih jenis Bagan 'Garis Halus'.
- Ikuti instruksi seperti yang diminta oleh ChartWizard, posisikan sudut kiri atas bagan di sel A16. Klik pada pegangan kanan bawah dan seret ke sel I32.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		**Contoh 2.4 - Distribusi Sampling untuk Stockbrokers AstroReturns**							
2									
3		***Distribusi sampel dari 20 sampel yang memungkinkan***							
4		Jumlah	Interval		Titik tengah	Frekuensi			
5		Kelas	Kelas	Frekuensi	kelas	Relatif			
6		1	1–3	2	2	0.1		*User input*	
7		2	3–5	3	4	0.15		*cells are*	
8		3	5–7	5	6	0.25		*shaded*	
9		4	7–9	5	8	0.25			
10		5	9–11	3	10	0.15			
11		6	11–13	2	12	0.1			
12			**Total**	20		1			
13									
14		**Mean dari mean = SUMPRODUCT(D6;D11,E6:E11)/D12 =**						***7.00***	
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									



Gambar 2.9 Distribusi sampel untuk AstroReturns.

2.7 ANALISIS KEPUTUSAN

Analisis keputusan - juga disebut teori keputusan - adalah salah satu alat utama yang digunakan untuk pengambilan keputusan dalam lingkungan yang tidak pasti (Groebner, Shannon et al., Bab 19, 20). Dalam mengambil keputusan, seorang manajer harus memilih dari sejumlah alternatif tindakan yang dimaksudkan untuk memecahkan masalah. Namun, dalam kondisi ketidakpastian, hasil dari memilih salah satu alternatif tidak diketahui. Bahkan jika hasil yang mungkin diketahui, manajer mungkin masih tidak dapat membuat prediksi karena ada informasi yang tidak cukup untuk memungkinkan probabilitas ditetapkan pada hasil.

Sebagai contoh, pertimbangkan pemasok yang telah menerima pesanan telepon dari pelanggan A untuk 200 widget. Tak lama kemudian, pelanggan lain, B, tiba di tempat dengan sangat membutuhkan 200 widget. Sayangnya, pemasok tidak memiliki stok kecuali 200 item

yang dipesan untuk pelanggan A. Apa yang harus dilakukan pemasok? Haruskah dia menjual barang yang dipesan ke pelanggan B dan berharap dia bisa memesan ulang tepat waktu untuk memuaskan pelanggan A? Haruskah dia menolak B dan kehilangan penjualan yang pasti? Bagaimana jika pelanggan A memutuskan untuk membatalkan pesanan? Bagaimana jika ada widget yang dipesan lebih mahal daripada stok saat ini? Semua pertanyaan ini mengandung tingkat ketidakpastian sedemikian rupa sehingga pembuat keputusan hanya dapat menjawabnya dengan memanfaatkan pengalaman dan penilaiannya sendiri.

Untuk membangun model, pembuat keputusan harus membedakan antara variabel yang dapat dikendalikan dan tidak dapat dikendalikan (lihat Gambar 2.2). Dalam terminologi analisis keputusan, variabel yang tidak dapat dikendalikan disebut 'peristiwa' atau 'keadaan alami'. Peristiwa masa depan adalah hasil yang mungkin di mana pembuat keputusan tidak memiliki kendali. Dalam lingkungan ketidakpastian, mengidentifikasi peristiwa masa depan yang dapat terjadi umumnya lebih mudah daripada mengidentifikasi peristiwa yang akan terjadi. Setelah menyusun daftar kemungkinan kejadian, pembuat keputusan biasanya membuat tabel hasil (atau matriks). Tabel pembayaran memberikan beberapa hasil (yaitu, nilai moneter atau faktor pembobotan) untuk setiap peristiwa untuk mengukurnya dengan lebih akurat. Contoh tabel pembayaran diberikan pada Contoh 2.7.

Pendiri analisis keputusan modern adalah ahli statistik amatir abad kedelapan belas bernama Pendeta Thomas Bayes yang kontribusinya paling terkenal adalah aturan Bayes (atau teorema) untuk probabilitas bersyarat. Kontribusi yang lebih baru untuk analisis keputusan adalah teori permainan Von Neumann dan Morgenstern yang diterbitkan pada tahun 1944. Konsep teori permainan menyatakan bahwa keputusan 'benar' dalam situasi apa pun bergantung pada tujuan pembuat keputusan dan kemungkinan tindakan yang akan diambil oleh pesaing. (s), misalnya, memutuskan bidak mana yang akan dipindahkan dalam permainan catur. Teori permainan pada dasarnya terdiri dari tiga strategi yang disebut kriteria maximax, kriteria maximin, dan penyesalan minimax.

Peluang Bersyarat dan Aturan Bayes

Sebelum membahas probabilitas bersyarat, akan sangat membantu untuk menyatakan kembali beberapa definisi probabilitas dasar. Dua peristiwa saling eksklusif jika mereka tidak dapat terjadi bersama-sama, yaitu, kemungkinan mereka terjadi bersama-sama adalah nol. Misalnya, probabilitas bahwa koin yang dilempar akan menunjukkan kepala dan ekor secara bersamaan adalah nol. Dua peristiwa yang tidak saling eksklusif dapat terjadi bersama-sama, misalnya, peluang dua koin yang dilempar menunjukkan kepala dan ekor tidak nol. Dua kejadian bebas jika hasil yang satu tidak mempengaruhi hasil yang lain, misalnya, jika sebuah koin dilempar dua kali dan muncul ekor untuk pertama kali, maka peluang munculnya ekor pada pelemparan kedua adalah tetap 1/2. Dua kejadian bergantung jika hasil satu mempengaruhi hasil yang kedua, misalnya, peluang terambilnya sekop kedua berturut-turut dari setumpuk kartu terpengaruh jika kartu pertama tidak dikembalikan. Dua aturan

probabilitas yang penting dapat diterapkan pada kejadian independen, yaitu aturan penjumlahan dan aturan perkalian.

Aturan Penjumlahan - Probabilitas bahwa satu atau lainnya dari dua kejadian A dan B yang saling eksklusif terjadi adalah jumlah dari probabilitas masing-masing, yaitu,

P (A atau B)= P (A)+P (B)

Misalnya, peluang munculnya 2 atau 5 saat sebuah dadu dilempar adalah P(2)+ P(5)= 1/6 + 1/6 = 1/3.

Aturan Perkalian - Probabilitas dua peristiwa independen A dan B yang terjadi bersama adalah produk dari probabilitas masing-masing, yaitu,

P (A dan B) = P (A).P (B)

Misalnya, jika dua koin dilempar, peluang munculnya kepala (H) pada koin pertama dan ekor (T) pada koin kedua adalah P (H dan T)= P (H).P (T)= 1/ 2 × 1/2 = 1/4. Probabilitas dari dua atau lebih peristiwa yang terjadi secara bersamaan biasanya disebut probabilitas bersama mereka.

Peluang bersyarat - mengacu pada dua peristiwa A dan B, di mana peristiwa A telah terjadi. Biasanya dinyatakan dalam bentuk P (B|A). Probabilitas bersyarat dari kejadian B, mengingat bahwa kejadian A telah terjadi, sama dengan probabilitas gabungan A dan B, dibagi dengan probabilitas kejadian A, yaitu,

$$P(B|A) = \frac{P(BdanA)}{P(A)} dimanaP(A) \neq 0$$

$$misalnya, P(A\ dan\ B)\ =\ P(B|A).P(A)$$

Jika kejadiannya bebas, maka peluang bersyaratnya sama dengan kejadian yang tersisa. Ini mudah diturunkan dengan mengganti RHS dari aturan perkalian ke dalam persamaan di atas, yaitu,

$$P(B|A)\ = \frac{P(BdanA)}{P(A)} = \frac{P(A).P(B)}{P(A)} = P(B)$$

Bentuk dasar dari aturan Bayes dapat diperoleh dengan menukar huruf-huruf dalam persamaan peluang bersyarat menjadi:

$$P(A|B)\ \frac{P(BdanA)}{P(B)} = dimana\ P(B) \neq 0$$

Karena P (B dan A) sama dengan P (A dan B), persamaan di atas dapat ditulis ulang menjadi

$$P(B|A)\ = \frac{P(A\ dan\ B)}{P(B)} = \frac{P(B|A).P(A)}{P(B)}$$

Bentuk yang lebih umum dari aturan Bayes untuk dua kejadian, A dan B, diberikan oleh persamaan

$$P(A|B) = \frac{P(B|A).P(A)}{P(B|A).P(A) + P(B|A).P(A)}$$

di mana A adalah kebalikannya, yaitu kebalikan dari A. Pengambil keputusan lebih baik ditempatkan untuk membuat keputusan jika mereka mampu mengumpulkan informasi tambahan tentang peristiwa masa depan. Sumber potensial untuk informasi lebih lanjut

termasuk pengambilan sampel produk, pengujian bahan, jajak pendapat, dan memperbarui probabilitas peristiwa. Dengan kata lain, semakin banyak pengetahuan tentang suatu situasi tersedia, semakin pasti keputusannya. Secara statistik, saat kepastian suatu peristiwa meningkat, probabilitasnya bergerak mendekati kesatuan – dan sebaliknya. Jika probabilitas suatu peristiwa dapat direvisi untuk memperhitungkan informasi baru, probabilitas yang direvisi akan lebih besar dari nilai sebelumnya. Probabilitas bersyarat dan aturan Bayes adalah proses penting dalam memperbarui probabilitas kejadian. Contoh berikut menunjukkan bagaimana aturan Bayes dapat digunakan untuk menurunkan probabilitas yang direvisi, berdasarkan peristiwa yang telah terjadi.

CONTOH 2.5 Menggunakan aturan Bayes

Sebuah perusahaan pengeboran memperhitungkan bahwa ada kemungkinan 70% untuk menemukan reservoir minyak yang menguntungkan di area tertentu. Setelah mengebor lubang bor uji pertama, hasilnya ternyata menguntungkan. Dari pengalaman sebelumnya, perusahaan memperkirakan hasil lubang bor menjadi 80% akurat. Gunakan aturan Bayes untuk menemukan probabilitas yang direvisi untuk menemukan minyak dalam jumlah ekonomis. Di sini, dua peristiwa tersebut adalah A = minyak dan B = pemogokan yang berhasil. Probabilitas bersyarat yang diperlukan diberikan oleh P(A|B). Dari data di atas, P(A)= P(minyak)=0,7 dan P(T)= P(nooil)=0,3. P(B|A)= P(serangan berhasil | minyak) = 0,8 dan P(B|T) = P(serangan berhasil | tidak ada minyak) = 0,2. Menerapkan data ini ke aturan Bayes di atas,

$$P(A|B) = \frac{P(seranganberhasil|minyak).P(minyak)}{\mathrm{P(seranganberhasil|minyak).\,P(minyak)P(seranganberhasil|minyak).}}$$

$$\frac{P(seranganberhasil|minyak).P(minyak)}{\mathrm{P(minyak)} + \mathrm{P(serangan\ berhasil|tidak\ ada\ minyak).\,P(tidak\ ada\ minyak)}}$$

$$\frac{0.87\ x\ 0.7}{0.8\ x\ 0.7\ +\ 0.2\ x\ 0.3} = \frac{0.56}{0.62} = 0.9$$

(Perhatikan bahwa probabilitas revisi 0,9 lebih besar dari probabilitas awal 0,7.)

Nilai yang Diharapkan dan Pohon Keputusan

Dalam kondisi ketidakpastian, pembuat keputusan sering kali harus memilih di antara sejumlah alternatif. Setiap alternatif biasanya memiliki beberapa nilai moneter yang terkait dengannya. Gambaran yang lebih benar dari efek memilih alternatif tertentu muncul ketika nilai-nilai moneter ini diperhitungkan. Nilai moneter yang diharapkan (EMV) dari suatu peristiwa hanyalah rata-rata tertimbangnya. Rata-rata tertimbang diperoleh dengan mengalikan setiap nilai moneter dengan probabilitas yang terkait dan kemudian menjumlahkan produk-produk ini. Misalnya, sebuah perusahaan memerlukan fasilitas pabrik baru dan harus memutuskan apakah akan memilih antara tipe A atau tipe B berdasarkan

keuntungan tahunan yang diharapkan dari setiap pabrik. Probabilitas dan keuntungan berikut (dalam Rp. 000s) telah dihitung dan ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Berdasarkan EMV masing-masing pabrik, pabrik tipe A akan menjadi favorit karena pengembalian keuntungannya yang lebih tinggi. EMV adalah kasus moneter khusus dari konsep nilai harapan yang lebih umum dari variabel acak. Nilai yang diharapkan adalah rata-rata tertimbang dari variabel acak, di mana bobot adalah probabilitas yang ditetapkan untuk nilai-nilai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Probabilitas dan keuntungan

	←Plant type A →			←Plant type B →		
	Probability	**Profit**	×	**Probability**	**Profit**	×
Optimistik	0.2	500	100	0.1	500	50
Kebanyakan disukai	0.5	250	125	0.6	300	180
Pesimistik	0.3	150	45	0.3	50	15
EMV (Rp. '000)			270			245

Tabel 2.5 probabilitas yang ditetapkan

Variabel acak, x_i	0	1	2	3	4	Totals
Probabilitas Total,	0.1	0.3	0.2	0.3	0.1	1.0
Nilai tertimbang, $x_i p_i$	0.0	0.3	0.4	0.9	0.4	2.0
Nilai yang diharapkan= $\sum E(x)=x_i p_i = 2.0$						

Tabel 2.6 Hasil yang didapat

Tidak ada pengujian lebih lanjut	50%	140	50
Tes lebih lanjut menunjukkan minyak	80%	120	70
Tes lebih lanjut menunjukkan tidak ada minyak	15%	−40	10

Pohon keputusan adalah representasi grafis dari berbagai alternatif tindakan, bersama dengan kejadian dan probabilitasnya yang terkait dengan setiap alternatif. Dengan kata lain, pohon keputusan pada dasarnya adalah pohon probabilitas yang diterapkan pada evaluasi nilai yang diharapkan. Pertimbangkan situasi berikut.

CONTOH 2.6 Membangun pohon keputusan

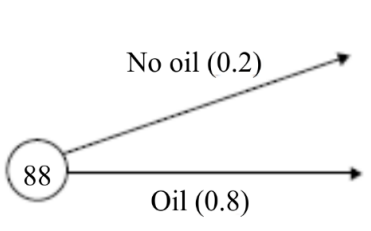
Sebuah perusahaan minyak memiliki hak eksplorasi untuk bidang tertentu. Beberapa tes sumur bor telah dilakukan di daerah tersebut yang menunjukkan bahwa ada potensi yang baik. Jika pengujian lebih lanjut dilakukan, perusahaan memperhitungkan bahwa ada kemungkinan 70% untuk menemukan minyak dalam jumlah yang ekonomis. Perusahaan memiliki tiga pilihan yang tersedia untuk itu: (i) melakukan tes lebih lanjut sebelum pengeboran; (ii) memulai pengeboran tanpa pengujian, atau (iii) menjual sewa eksplorasi.

Opsi pengeboran yang memungkinkan tercantum dalam Tabel 2.6, bersama dengan pendapatan terkaitnya (dalam Rp juta) dari penjualan minyak atau sewa.

Opsi pengeboran tanpa pengujian lebih lanjut akan merugikan perusahaan sebesar Rp.32 juta jika tidak ada minyak yang ditemukan. Manajemen telah memutuskan untuk menggunakan pohon keputusan untuk mengilustrasikan kejadian di atas dan EMV terkaitnya. Kemudian akan mengevaluasi berbagai opsi yang terbuka untuknya dan memutuskan opsi mana yang mewakili tindakan terbaik.

Pohon keputusan yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 menggunakan simbol standar untuk mewakili dua jenis node. Node keputusan ditampilkan sebagai kotak sedangkan node acara ditampilkan sebagai lingkaran. Node keputusan adalah titik di mana pilihan harus dibuat antara beberapa alternatif, misalnya, untuk mengebor, menguji, atau menjual. Node acara adalah titik dari mana berbagai cabang diperpanjang, masing-masing cabang mewakili hasil yang mungkin. Setiap hasil memiliki probabilitas yang ditetapkan untuk itu seperti yang ditunjukkan oleh angka-angka dalam tanda kurung pada Gambar 2.10. EMV yang terkait dengan setiap hasil akhir ditulis di samping simpul terminal, diwakili oleh panah. Instruksi untuk menggambar dan mengevaluasi pohon keputusan diberikan di bawah ini:

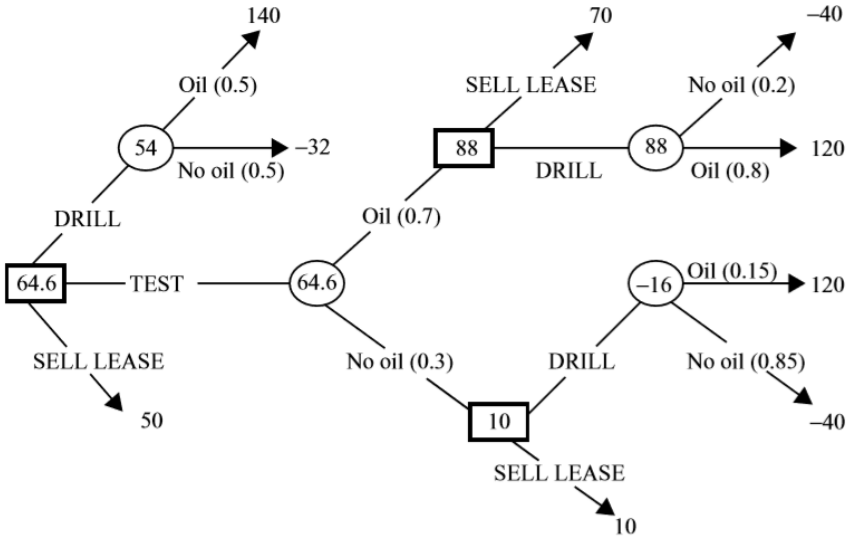
- Pertama, gambarkan pohon mulai dari kiri ke kanan, yang menunjukkan titik keputusan dan berbagai simpul peristiwa. Proses ini disebut 'pass depan'. Ketika pohon telah digambar dan diberi label dengan probabilitas dan nilai moneter, lanjutkan ke langkah berikutnya.
- Proses umum untuk memecahkan masalah pohon keputusan adalah bekerja mundur melalui pohon, yaitu dari kanan ke kiri, menghitung EMV untuk setiap peristiwa dan simpul keputusan. Prosedur solusi ini dikenal dengan nama yang berbeda – back pass, rollback, atau foldback.
- Awalnya, tidak akan ada nilai EMV yang ditetapkan ke node keputusan atau peristiwa. Dimulai dengan node acara kanan atas, EMV sebesar Rp. 88 juta. dihitung dengan menjumlahkan keuntungan yang diharapkan dari dua hasil akhir seperti yang ditunjukkan di bawah ini:



	Keuntungan yang diharapkan
-40	-Rp 40.000.000 × 0,2 = -Rp 8.000.000
120	Rp 120.000.000 × 0,8 = Rp 96.000.000
	EMV untuk event node = Rp 88.000.000

- Simpul keputusan di kanan atas sekarang memiliki dua nilai EMV untuk dipertimbangkan – menjual hak seharga Rp. 70 juta. atau bor untuk mendapatkan EMV sebesar Rp. 88 juta. Selalu tetapkan nilai EMV terbesar ke simpul keputusan, yaitu Rp.

88 juta. pada kasus ini. Ulangi langkah ini untuk semua node acara dan keputusan untuk mendapatkan Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Pohon keputusan untuk opsi perusahaan minyak

Kemungkinan imbal hasil dari ketiga opsi perusahaan minyak tersebut adalah 64,6, 54, dan 50. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa opsi (i) adalah yang terbaik, yaitu uji sebelum pemboran. Namun, manajemen mungkin lebih memilih opsi yang kurang berisiko untuk menjual hak eksplorasi dengan pengembalian segera sebesar Rp. 50 juta.

Kriteria Keputusan Maximax, Maximin, dan Minimax

Beberapa keputusan termasuk dalam kategori nonprobabilistik, yaitu tingkat ketidakpastian sedemikian rupa sehingga probabilitas tidak dapat ditetapkan ke salah satu tindakan yang mungkin dilakukan. Meskipun mungkin ada informasi kuantitatif yang tidak cukup untuk menetapkan kriteria probabilistik, pembuat keputusan masih dapat menerapkan penilaian dan pengalaman kualitatif pada situasi tersebut. Ini akan menjadi masalah yang sangat tidak biasa yang akan membuat pembuat keputusan kehilangan ide! Untuk kasus di mana probabilitas tidak dapat ditentukan, kriteria keputusan utama adalah maximin, maximax, dan minimax. Aturan keputusan ini mencirikan teori permainan yang menyediakan kerangka kerja untuk menganalisis situasi konflik.

Untuk mendapatkan keunggulan kompetitif, banyak keputusan bisnis melibatkan konflik antara pihak-pihak yang bersaing. Dalam kasus seperti itu, tindakan organisasi dapat dipengaruhi oleh pilihan yang dibuat oleh pesaingnya yang tujuannya berbenturan dengan tujuan organisasi itu sendiri. Keputusan bisnis, bagaimanapun, juga dipengaruhi oleh sikap manajemen terhadap risiko. Beberapa manajer sangat konservatif dan secara aktif menghindari pengambilan risiko. Di sisi lain, pengambil keputusan seperti spekulan akan mengambil risiko tinggi kehilangan banyak uang untuk mendapatkan keuntungan yang substansial. Di antara dua ekstrem ini adalah manajer netral risiko. Seorang pembuat

keputusan yang peduli dengan pencapaian keseimbangan antara pengembalian tertinggi dan biaya terendah dianggap netral terhadap risiko. Dalam terminologi analisis keputusan, sikap preferensi risiko ini disebut sebagai 'penghindaran risiko', 'netral risiko', dan 'pencarian risiko'. Sikap preferensi risiko juga dapat diterapkan pada kriteria (aturan) maximax, maximin, dan minimax.

Aturan maksimak

Seorang pengambil keputusan yang mencari risiko akan memilih aturan keputusan maximax petualang. Kriteria maximax mengambil pandangan optimis bahwa 'semuanya akan menjadi benar' terlepas dari keputusan apa yang diambil. Ini hanya melihat pada keuntungan setinggi mungkin dan mengabaikan peluang yang mungkin ada alternatif lain. Dalam istilah moneter, keputusan maximax mencari 'yang terbaik dari yang terbaik' dengan mengevaluasi keuntungan terbesar yang dapat dihasilkan setiap alternatif dan kemudian memilih alternatif dengan keuntungan tertinggi. Sebuah organisasi yang mengadopsi pendekatan maximax melihat peluang bisnis dan mengambil pertaruhan dalam mencoba untuk mencapai tujuannya. Ini mungkin menjadi sangat menguntungkan atau mungkin bangkrut.

Aturan maksimin

Pengambil keputusan yang menghindari risiko akan menggunakan kriteria maksimin konservatif yang sering mengarah pada keputusan untuk tidak melakukan apa-apa. Sebuah organisasi yang mengadopsi sikap 'maximin' adalah non-kompetitif dan akan segera diambil alih oleh pesaing berani mengambil risiko yang lebih inovatif. Kriteria maximin pada dasarnya mengambil pandangan pesimis dan mempertimbangkan hasil dari mengambil alternatif yang 'salah'. Ini mengevaluasi hasil terburuk untuk setiap alternatif dan kemudian memilih alternatif yang mengarah ke yang terbaik dari hasil terburuk ini. Dalam istilah moneter, keputusan maximin mencari 'terbaik dari yang terburuk' dengan memilih alternatif yang menghasilkan keuntungan maksimum dari semua pengembalian minimum yang mungkin - maka nama maximin.

Aturan minimaks

Kriteria minimax - juga disebut penyesalan minimax - dapat dianggap sebagai aturan keputusan konservatif atau pesimistis lainnya. Ini memperkenalkan konsep penyesalan atau kehilangan kesempatan. Untuk menggunakan aturan minimax, tabel hasil harus diubah terlebih dahulu menjadi tabel penyesalan. Tabel hasil hanyalah matriks nilai yang menunjukkan keuntungan atau manfaat lain yang akan dihasilkan dari setiap kemungkinan kombinasi alternatif. Tabel penyesalan merangkum penyesalan atau peluang yang hilang yang dapat dihasilkan dari memilih setiap alternatif. Dalam istilah moneter, keputusan minimax mencari 'minimum dari maksimum' dengan mengevaluasi kemungkinan kerugian terbesar yang akan dihasilkan setiap alternatif dan kemudian memilih alternatif dengan kerugian terkecil. Jadi, aturan minimax memilih alternatif dengan penyesalan maksimum terkecil (atau minimum) – karena itu dinamakan minimax.

Tabel 2.7 Tabel pembayaran untuk model Gizmo baru.

	← Ekspektasi Profit (Rp. '000juta) →		
	G1	**G2**	**G3**
Excellent	120	100	60
Moderate	80	60	50
Poor	−30	−20	0

CONTOH 2.7 Menggunakan aturan maximax, maximin, dan minimax

Perusahaan Gizmo sedang mempertimbangkan pengenalan tiga model baru dari produk populernya, yang ditetapkan sebagai prototipe G1, G2, dan G3. Namun, perusahaan memiliki kapasitas yang cukup untuk memproduksi satu model saja. Tabel pembayaran telah disiapkan yang menunjukkan perkiraan keuntungan yang dapat diharapkan berdasarkan popularitas prototipe (Tabel 2.7). Gizmo akan menggunakan tabel tersebut untuk menemukan model mana yang paling menguntungkan untuk dibuat. Ini telah memutuskan untuk menggunakan ketiga aturan keputusan. Perhatikan bahwa karena keputusan berkaitan dengan pilihan model terbaik, alternatif keputusan diwakili oleh kolom. Peristiwa atau keadaan alam, yaitu popularitas produk, diwakili oleh baris.

- Aturan maximax memilih 'terbaik dari yang terbaik', yaitu nilai 120 adalah yang terbaik dari nilai maksimum untuk G1 (120), G2 (100), dan G3 (60) yang semuanya kebetulan berada di baris 1. Perusahaan Gizmo harus memilih model G1 menggunakan kriteria maximax
- Aturan maximin memilih 'terbaik dari yang terburuk', yaitu, nilai 0 adalah yang terbaik dari nilai minimum G1 (–30), G2 (–20), dan G3 (0). Perusahaan Gizmo harus memilih model G3 menggunakan kriteria maximin
- Aturan minimax mengharuskan tabel pembayaran diubah menjadi tabel penyesalan kerugian peluang. Tabel penyesalan sekarang dikembangkan menggunakan dua langkah berikut.
    - (i) Temukan nilai maksimum di setiap baris, misalnya, 120 adalah nilai maksimum di baris 1.
    - (ii) Hitung baris baru dengan mengurangkan nilai saat ini dari nilai maksimum yang ditemukan di (i), misalnya, baris 1 sekarang akan terbaca 0 20 60.

Dua langkah di atas diterapkan pada setiap baris, memberikan tabel penyesalan yang ditunjukkan pada Tabel 2.8. Kriteria minimax memilih 'minimum dari maksimum' dari tabel penyesalan, yaitu, nilai 20 adalah nilai minimum dari maksimum untuk G1 (30), G2 (20), dan G3 (60). Perusahaan Gizmo harus memilih model G2 menggunakan kriteria minimax.

Tabel 2.8 Tabel penyesalan untuk model Gizmo baru.

	← *Ekspektasi profit (Rp. '000 juta)*→		
	G1	**G2**	**G3**
Excellent	0	20	60
Moderate	0	20	30
Poor	30	20	0

Sangat menarik untuk dicatat bahwa ketiga aturan keputusan masing-masing memberikan jawaban yang berbeda, yang tampaknya tidak terlalu membantu Perusahaan Gizmo. Keputusan akhir pada akhirnya mungkin bergantung pada sikap preferensi risiko dari manajemen Gizmo.

2.8 SIMULASI

Topik terakhir yang akan dipertimbangkan dalam bab ini adalah alat simulasi pembuatan model yang serbaguna. Banyak situasi dunia nyata mengandung begitu banyak variabel yang tidak dapat diprediksi sehingga tidak mungkin untuk menyelesaikannya secara analitis. Contoh tipikal adalah masalah antrian sehari-hari yang terjadi di supermarket, terminal bus, dan sebagainya. Dalam kasus seperti itu, pendekatan terbaik adalah dengan mensimulasikan atau meniru proses dengan mengembangkan model, dan kemudian menggunakan eksperimen coba-coba dalam upaya untuk memahami perilaku model. Simulasi bukanlah teknik pengoptimalan tetapi hanya memungkinkan pengambil keputusan untuk mengamati hasil eksperimen mereka, mirip dengan pendekatan analisis sensitivitas 'bagaimana jika?'.

Simulasi sangat berguna untuk menganalisis masalah yang mengandung unsur ketidakpastian, terutama jika beberapa variabel dapat diwakili oleh distribusi probabilitas. Pemodelan simulasi yang menggunakan distribusi probabilistik dan generasi nomor acak, kadang-kadang disebut sebagai Monte Carlosimulation, setelah kasino di Monaco. Karena model simulasi lebih mewakili dunia nyata, model ini sangat populer di kalangan manajer bisnis. Namun, simulasi banyak sistem antrian atau antrian sangat kompleks sehingga memerlukan penggunaan paket perangkat lunak simulasi tujuan khusus seperti GPSS, SIMSCRIPT, atau SIMFACTORY.

Model simulasi menggunakan angka acak untuk meniru peristiwa yang tidak pasti. Nilai angka atau variabel acak tidak dapat diprediksi dengan pasti, misalnya angka acak yang ditarik dalam lotere nasional. Sebuah model simulasi akan berisi banyak variabel input yang nilai sebenarnya tidak diketahui. Jika model spreadsheet ingin realistis, ia harus menghindari bias dalam pemilihan variabel-variabel ini dengan memastikan bahwa mereka benar-benar acak dalam pemilihannya.

Sebuah generator nomor acak/ *random number generator* (RNG) digunakan dalam pemodelan simulasi untuk mencapai seleksi yang tidak bias. Excel memiliki fungsi matematika yang disebut RAND() yang mengembalikan angka acak terdistribusi seragam antara 0,0 dan 1,0. Jika fungsi RAND () dimasukkan ke sel mana pun dalam spreadsheet dan di sana tombol kalkulasi F9 ditekan berulang kali, serangkaian angka acak akan muncul di sel. Pemilihan acak berulang dari variabel input dan perekaman output yang dihasilkan adalah filosofi dasar yang mendasari simulasi. Dengan demikian, seorang pembuat keputusan dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang pola kejadian yang mungkin terjadi. Pertimbangkan masalah alokasi staf berikut.

Tabel 2.9 Kedatangan pelanggan.

Jumlah Pelanggan	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Jumlah Interval	5	6	8	10	12	9	4
Probabilitas	0.09	0.11	0.15	0.19	0.22	0.17	0.07

Tabel 2.10 Pembelian

Nilai Penjualan	**zero**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
Jumlah Penjualan	14	22	30	53	33	17
Probabilitas	0.08	0.13	0.18	0.31	0.20	0.10

CONTOH 2.8 Model simulasi untuk Bargain Store

Bargain Store saat ini sedang meninjau tingkat staf di salah satu departemennya. Karena volume aktivitas pelanggan tidak dapat diprediksi, manajemen memiliki masalah dalam menentukan jumlah staf penjualan yang tepat untuk dipekerjakan guna memberikan tingkat layanan yang memadai. Toko buka terus menerus dari jam 9 pagi sampai jam 6 sore. Manajemen telah memutuskan untuk mengumpulkan informasi pelanggan setiap hari dan telah membagi 9 jam sehari menjadi lima puluh empat interval 10 menit. Sebuah catatan telah disimpan dari jumlah pelanggan yang datang selama setiap interval 10 menit, serta rincian tentang jumlah yang dibeli oleh setiap pelanggan. Kedua set data sekarang diubah menjadi distribusi probabilitas.

Tabel 2.11 Hasil yang didapat dari percobaan tersebut

Number of customers	Probability P_i	Cumulative probability, CUM_i	Random number series
0	0.09	0.09	00–08
1	0.11	0.20	09–19
2	0.15	0.35	20–34
3	0.19	0.54	35–53
4	0.22	0.76	54–75
5	0.17	0.93	76–92
6	0.07	1.00	93–99

Tabel 'kedatangan pelanggan' (Tabel 2.9) awalnya hanya berisi data untuk dua baris teratas. Namun, probabilitas (atau persentase) untuk setiap kelompok pelanggan dapat dengan mudah dihitung. Karena jumlah total interval adalah 54, probabilitas nol pelanggan = 5/54 = 0,09, satu pelanggan=6/54=0,11, dua pelanggan=8/54=0,15, dan lain-lain. Dari catatan pelanggan yang sama, informasi tentang nilai dari 169 pelanggan 'pembelian telah dihitung dan tabel 'pembelian' (Tabel 2.10) juga dibangun. Pelanggan dibagi menjadi beberapa kelompok, tergantung pada nilai pembelian mereka, yaitu tidak ada pembelian, Rp.10, Rp. 20, dan seterusnya. Nilai kelompok pembelian ini telah diubah menjadi probabilitas menggunakan pendekatan yang sama seperti pada tabel 'kedatangan pelanggan', yaitu, probabilitas pembelian Rp.10 = 22/169 = 0,13; Rp. 20 pembelian=30/169=0,18, dan seterusnya.

Bargain Store ingin mengetahui berapa banyak staf penjualan yang harus ditugaskan ke departemen untuk memaksimalkan keuntungan. Manajemen khawatir bahwa pelanggan mungkin meninggalkan toko tanpa membeli apa pun karena mereka tidak dapat dilayani. Mereka bertanya-tanya apakah situasi ini disebabkan oleh fakta bahwa hanya ada dua asisten di departemen. Ketika ada lebih dari dua pelanggan di departemen, staf hanya dapat membantu satu orang pada satu waktu. Penjualan dapat meningkat jika lebih banyak asisten tersedia. Tapi berapa banyak? Karena tidak ada pola kedatangan pelanggan atau kebiasaan pembelian mereka, model antrian matematis tidak dapat digunakan. Sebuah model simulasi menggunakan metode Monte Carlo sekarang dikembangkan.

Metode Monte Carlo adalah teknik yang didasarkan pada pemilihan angka acak mulai dari 00 hingga 99. Peluang untuk memilih salah satu dari 100 angka ini adalah 1%. Seri dari seratus angka dapat ditetapkan untuk mewakili probabilitas. Pertimbangkan probabilitas yang berkaitan dengan kedatangan pelanggan.

Ketika model simulasi menghasilkan angka acak menggunakan fungsi RAND Excel, peluang angka berada di kisaran 00–08 adalah 9%, sesuai dengan probabilitas, P1 = 0,09. Demikian pula, peluang angka berada di kisaran 09–19 adalah 11% sesuai dengan probabilitas, P2 = 0,11, dan lain-lain.

Setiap nomor acak yang dihasilkan harus termasuk dalam salah satu dari tujuh seri angka yang ditunjukkan pada Tabel 2.11. Seri di mana nomor tersebut jatuh menentukan jumlah

pelanggan yang datang selama interval 10 menit. Misalnya, fungsiR AND dapat menghasilkan nomor acak 0,69 (nilai RAND selalu antara 0 dan 1) untuk interval pertama. Nilai ini setara dengan 69 pada kolom ‘Rangkaian bilangan acak’ pada Tabel 2.11. Angka 69 termasuk dalam kisaran 54-75, memberikan nilai empat kedatangan pelanggan untuk interval 10 menit pertama. Probabilitas kumulatif, CUM_i, digunakan untuk menentukan batas atas dan bawah untuk masing-masing deret tujuh angka dalam tabel. CUMi hanya ditemukan dengan menambahkan probabilitas saat ini, Pi, ke probabilitas kumulatif sebelumnya CUM_i−1, misalnya, $CUM_3 = CUM_2 + P_3 = 0.20+0.15=0.35$.

Proses yang sama digunakan untuk menghasilkan pembelian pelanggan. Untuk setiap pelanggan, nomor acak dibuat dan lokasinya di tabel 'Pembelian' (lihat rentang H6:L12 pada Gambar 2.11) menentukan jumlah pembelian. Misalnya, angka RAND 0,11 dan 0,82 memberikan pembelian pelanggan masing-masing sebesar Rp10 dan Rp40. Di tabel 'Kedatangan acak' (sel B17:D34), kolom ketiga berisi jumlah pelanggan yang tiba selama setiap interval 10 menit. Tabel 'Pembelian acak' (sel F17:K34) terdiri dari enam kolom, setiap kolom mewakili jumlah asisten yang tersedia untuk melayani pelanggan. Model menghitung rincian penjualan aktual dan penjualan yang hilang untuk jumlah staf penjualan yang berbeda.

Untuk melakukan analisis biaya-manfaat, asumsikan bahwa seorang asisten penjualan dibayar Rp. 5 per jam. Dalam periode simulasi tiga jam, Bargain Store saat ini merugi Rp. 1000 dalam penjualan (lihat sel G40) dengan menugaskan hanya dua asisten departemen yang mencapai penjualan sebesar Rp. 1.060 (sel G39). Seorang asisten tambahan, yang tiga jamnya akan membayar Rp.15, dapat mencapai penjualan Rp. 1.540 (sel H39) – peningkatan Rp. 480. Dua asisten tambahan akan menghasilkan penjualan Rp. 1.830 (selI39) dengan menambahkan Rp. 770. Jelas, ketika angka penjualan meningkat, jumlah penjualan yang hilang berkurang (sel G40:K40). Seperti yang ditunjukkan oleh model, jumlah waktu senggang, bagaimanapun, akan meningkatkan jumlah staf meningkat. Waktu menganggur didefinisikan sebagai:

Interval Istirahat = Kumulatif no. sel kosong di setiap kolom tabel 'Pembelian acak'

Waktu idle (jam) = (Jumlah interval 10 menit idle×jumlah asisten yang sesuai)/6

Model simulasi Gambar 2.11 dibuat dari template rumus yang ditunjukkan pada Tabel 2.12. Rincian semua rumus Excel yang digunakan dalam model juga diberikan. Pengguna harus menyadari sensitivitas fungsi RAND. Setiap perubahan pada spreadsheet asli akan menyebabkan nilai acak baru dihasilkan secara otomatis, sehingga menghasilkan serangkaian hasil yang berbeda.

Contoh 2.8 - Model SIMULASI untuk Bargain Store

Tabel 'Kedatangan Pelanggan'					Tabel 'Pembelian'				
<--Limits-->		Cust.			<--Limits-->		Purch.		
Terendah	Teratas	Nos.	Freq.	Pi	Terendah	Teratas	Nilai	Freq.	Pi
0	0,09	0	5	0,09	0	0,08	Rp 0	14	0,08
0,09	0,20	1	6	0,11	0,08	0,21	Rp 10	22	0,13
0,20	0,35	2	8	0,15	0,21	0,39	Rp 20	30	0,18
0,35	0,54	3	10	0,19	0,39	0,70	Rp 30	53	0,31
0,54	0,76	4	12	0,22	0,70	0,90	Rp 40	33	0,20
0,76	0,93	5	9	017	0,90	1,00	RP 50	17	0,10
0,93	1,00	6	4	0,07				169	
		169	54		*User input cells are shaded*				

Random Arrivals				Pembelian Random (Rp)					
Interval	RAND.	No.		*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	0,55	4		30	0	30	40		
2	0,34	2		50	10				
3	0,50	3		50	30	30			
4	0,66	4		20	40	30	30		
5	0,31	2		50	20				
6	0,47	3		10	30	30			
7	0,94	6		40	20	20	40	50	30
8	0,52	3		0	40	30			
9	0,91	5		40	20	20	20	20	
10	0,81	5		50	30	40	30	40	
11	0,57	4		30	30	30	30		
12	0,74	4		10	30	20	20		
13	0,92	5		40	30	20	10	40	
14	0,88	5		30	40	40	10	0	
15	0,84	5		20	30	20	20	50	
16	0,45	3		10	40	40			
17	0,73	4		20	40	30	30		
18	0,63	4		30	50	50	10		
		Total pembelian =		Rp 530	Rp 530	Rp 480	Rp 290	Rp 200	Rp 30
		Interval Idle =		0	0	2	8	20	37
		Jumlah staf penjualan =			2	3	4	5	6
		Penjualan sebenarnya =			Rp 1.000	Rp 1.540	Rp 1.830	Rp 2.030	Rp 2.060
		Kerugian penjualan =			Rp 1.000	Rp 520	Rp 230	Rp 30	
		Idle Time (jam) =		0.00	0.00	1.00	5.33	16.67	37.00

Perhatikan bahwa model berisi data hanya untuk DELAPAN BELAS interval 10 menit pada baris 17--34.
Sejumlah kecil interval ini telah dipilih hanya untuk mengilustrasikan metode Monte Carlo.
Dalam praktiknya, jumlah interval yang jauh lebih besar (54 interval = 1 hari) akan disimulasikan.

Gambar 2.11 Model simulasi untuk masalah staf Bargain Store.

Tabel 2.12 Model simulasi – rumus lembar kerja.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Product	No. in	Product	Product	
3		name	stock	price	code	
4		Gizmo	10	10.00	G2	
5		Gadget	25	12.50		
6		Widget	8	20.00	W6	
7		Sprocket	40	4.50		
8						
9	***Sample Figure***					

2.9 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Model yang dikembangkan dalam bab ini menggunakan delapan fungsi Excel, yang masing-masing dijelaskan di bawah ini. Pengguna harus ingat bahwa fasilitas bantuan online yang komprehensif juga disediakan oleh Excel.

1. **RINOMDIST BINOMDIST (angka, ukuran, probabilitas, kumulatif)** Mengembalikan probabilitas Binomial individu. Gunakan BINOMDIST dalam masalah dengan jumlah percobaan yang tetap dimana hasil percobaan hanya bisa sukses atau gagal. Misalnya, BINOMDIST dapat menghitung probabilitas bahwa sampel dua puluh item hanya akan berisi dua barang cacat.

   Number = jumlah hasil yang berhasil.

   Size = jumlah percobaan. probabilitas = probabilitas keberhasilan pada setiap percobaan.

   Kumulatif = nilai logika yang dapat disetel sama dengan TRUE untuk memberikan probabilitas Binomial kumulatif, atau disetel ke FALSE untuk memberikan probabilitas Binomial individual.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Product	No. in	Product	Product	
3		name	stock	price	code	
4		Gizmo	10	10.00	G2	
5		Gadget	25	12.50		
6		Widget	8	20.00	W6	
7		Sprocket	40	4.50		
8						
9	***Sample Figure***					

Gambar 2.12 Contoh gambar, product price dalam mata uang rupiah

Contoh: Peluang munculnya tepat 6 kepala ketika sebuah koin dilempar 10 kali adalah BINOMDIST(6, 10, 0.5, FALSE)=0.2051 di mana peluang munculnya kepala adalah 0,5.

2. **COUNT: COUNT (ref1:ref2)** menghitung jumlah sel yang berisi nilai numerik dalam rentang dari ref1 hingga ref2. Sel kosong dianggap non-numerik.
   Contoh: COUNT (D2:D7) pada Gambar 2.12 mengembalikan nilai 4 (yaitu, sel D4, D5, D6, D7; perhatikan bahwa sel D2 dan D3 diabaikan karena berisi teks).
3. **COUNTBLANK: COUNTBLANK (ref1:ref2)** menghitung jumlah sel kosong dalam rentang dari ref1 hingga ref2. Sel kosong adalah sel kosong atau sel yang berisi karakter spasi atau teks nol (“”).
   Contoh: COUNTBLANK (E2:E7) pada Gambar 2.12 mengembalikan nilai 2 (yaitu, sel E5, E7).
4. **IF : IF (Uji logika, TrueValue, FalseValue)** mengembalikan salah satu dari dua nilai, tergantung pada nilai argumen logis awal.
   Uji logika = Uji logika antara dua variabel, misalnya, C2 < 45 atau Ujian='Gagal'.
   TrueValue = Pernyataan yang dikembalikan jika uji Logika benar. Pernyataan dapat berupa angka, teks, atau fungsi Excel lainnya. Perhatikan bahwa teks selalu diapit oleh tanda kutip.
   FalseValue = Pernyataan, mirip dengan TrueValue, yang dikembalikan jika uji Logika salah.
   Contoh 1 : IF (A4<40, “Gagal”, “Lulus”) mengembalikan kata Gagal jika nilai di sel A4 kurang dari 40, jika tidak maka akan mengembalikan kata Lulus.
   Contoh 2 : IF(A4<40,“Fail”,IF(A4<60,“GradeC”,IF(A4<80,“GradeB”,“GradeA”))) mengalokasikan nilai A, B, C, dan Fail tergantung pada nilai A4. Ini adalah contoh fungsi IF bersarang.
5. **RAND: RAND()** menghasilkan angka secara acak antara (dantermasuk)0dan1,yaitu,0≤RAND()< 1.Untuk menghasilkan angka antara 0 dan 100, cukup kalikan dengan 100, yaitu RAND() * 100. Fungsi RAND, yang menggunakan distribusi Uniform, tidak memerlukan input .
   Perhatikan bahwa Alat Analisis Excel juga berisi fungsi 'Pembuatan Angka Acak' (RNG) yang memungkinkan pengguna untuk memilih dari tujuh distribusi berbeda: Seragam, Normal, Bernoulli, Binomial, Poisson, Berpola, dan Diskrit. Perbedaan penting antara fungsi RAND dan RNG ToolPak adalah bahwa sel akan berisi fungsi saat menggunakan RAND sedangkan sel hanya berisi angka saat RNG ToolPak digunakan.
6. **SUM: SUM (ref1:ref2) menjumlahkan semua nilai sel dalam rentang dari ref1 hingga ref2.**
   Contoh: SUM (C4:C7) pada Gambar 2.12 mengembalikan nilai 83 dengan menambahkan 10, 25, 8, dan 40.

7. **SUMPRODUCT: SUMPRODUCT (ref1:ref2, ref3:ref4)** mengembalikan jumlah produk dari dua rentang sel yang sesuai. Kedua rentang harus berisi jumlah sel yang sama. Rentang pertama ditentukan oleh ref3:ref2 dan yang kedua oleh ref3:ref4
   Contoh: SUMPRODUCT (C4:C7, D4:D7) pada Gambar 2.12 mengembalikan nilai Rp. 752.50 (yaitu, 10*Rp. 10+25*Rp. 12.50+8*Rp. 20+40*Rp. 4.50)
8. **VLOOKUP: VLOOKUP(Nilai tabel, Tabel pencarian, No kolom, Terdekat)** mencari kolom paling kiri dari rentang sel (tabel pencarian) untuk nilai tertentu (nilai tabel). Kemudian mengembalikan nilai yang sesuai dari kolom yang berbeda dalam tabel.
   Nilai tabel = Nilai yang dicari di kolom pertama tabel Pencarian. Nilai ini dapat berupa konstanta, teks, atau fungsi lain seperti yang digunakan dalam contoh model simulasi. Perhatikan bahwa jika kecocokan tepat tidak ditemukan untuk nilai Tabel, VLOOKUP kemudian memilih nilai terbesar yang lebih kecil dari nilai Tabel.
   Tabel pencarian = Rentang sel berbentuk persegi panjang.
   No kolom = Nomor kolom yang berisi data yang dibutuhkan (harus > 1).
   Terdekat = Nilai logika (yaitu, TRUE atau FALSE) yang menentukan apakah pengguna ingin menemukan kecocokan tepat (FALSE) atau kecocokan perkiraan (TRUE). Jika argumen ini dihilangkan, maka nilai TRUE diasumsikan. Perhatikan bahwa untuk nilai integer 'Terdekat' selalu FALSE.
   Contoh: VLOOKUP(“Widget”, B4:D7, 2) pada Gambar 2.12 mengembalikan nilai 8. Karena 'Widget' terletak di baris ketiga dari rentang pencarian, nilai yang sesuai di kolom kedua adalah 8. Perhatikan bahwa argumen 'Terdekat' telah dihilangkan.

2.10 LATIHAN

1. Tabel 2.13 menunjukkan (i) kandungan gizi lima makanan dalam gram per 100g (ii) biayanya per 100g, dan (iii) kebutuhan mingguan minimum untuk orang dewasa (dalam gram).

Tabel 2.13 Parameter yang digunakan

	Protein	*Lemak*	*Karbohidrat*	*Biaya*
Roti gandum	8	1	56	8
Margarin	–	84	–	16
Keju	25	35	–	38
Sarapan sereal	10	2	77	24
Camilan diet	10	–	49	40
Persyaratan dewasa mingguan (g)	500	600	2100	

Dengan menggunakan Excel's Solver, temukan kombinasi makanan termurah yang memenuhi persyaratan minimum dewasa mingguan. (Jawaban: 6250g roti gandum dan 640g margarin, dengan total biaya Rp. 6,02.)

2. Good-Nut Company menjual campuran kacang panggang kering. Tabel 2.14 memberikan harga per kantong dan bahan-bahan dalam kantong 210g dari empat campuran kacang terlarisnya, bersama dengan harga saat ini satu kilo untuk setiap jenis kacang.

Tabel 2.14 Parameter yang digunakan

Mixes	Cashews	Peanuts	Brazils	Walnuts	Almonds	Price
Cocktail Special	60	60	30	30	30	2.20
Deluxe Mix	90			60	60	2.50
Good-Nut Mix	90		60		60	2.50
Party Special		120	90			2.50
Price per kilo	7.20	3.75	6.00	8.25	9.50	

Good-Nut Company memiliki stok kacang curah (dalam kilo): 200 (kacang mete), 100 (Brasil), 50 (kenari), 150 (almond) dan persediaan kacang tanah yang tidak terbatas. Perusahaan tidak dapat menjual lebih dari 800 bungkus Cocktail Special pada periode berjalan. Merekomendasikan bauran produk terbaik untuk memaksimalkan keuntungan. Selesaikan masalah pemrograman linier ini menggunakan Excel's Solver.

(Jawaban: keuntungan maksimum Rp. 2.170 dengan menjual 800 Cocktail Specials, 433 Deluxe Mix, 1255 Good-Nut dan 7 tas Party Special.)

3. Mary Jones telah diberi pekerjaan untuk menemukan cara terbaik untuk mempresentasikan biaya iklan perusahaan pada pertemuan yang akan datang. Dia telah memperoleh data pada Tabel 2.15. Mary memiliki akses ke komputer dan perangkat lunak Excel. Dia telah memeriksa berbagai opsi yang ditawarkan oleh ChartWizard seperti diagram lingkaran, donat, kolom, dan diagram batang. Mary telah memutuskan dua pilihan: (i) dua diagram lingkaran tiga dimensi, satu untuk setiap tahun (ii) diagram garis dengan dua set gambar pada diagram yang sama. Anda diminta untuk membantu Mary membuat bagan dan kemudian memilih di antara dua presentasi, memberikan alasan untuk pilihan Anda.

Tabel 2.15 Parameter yang digunakan

Media Periklanan	*Biaya tahun ini*	*Biaya tahun selanjutnya*
Televisi	60,000	80,000
Majalah	35,000	40,000
Publikasi Perdagangan	25,000	20,000
Aneka Ragam Lainnya	10,000	10,000

4. Manajemen kontrol kualitas memperkirakan bahwa satu batchchofit mengandung 15% cacat. Sampel delapan item diambil secara acak dari batch. Dengan menggunakan fungsi distribusi binomial Excel, BINOMDIST, temukan probabilitas bahwa sampel mengandung (i) satu cacat (ii) dua atau lebih cacat.

(Jawaban: (i) probabilitas satu barang cacat adalah 0,3847 (ii) kemungkinan dua atau lebih barang cacat adalah 0,3428.)

5. Sebuah pabrik manufaktur memiliki dua fasilitas, A dan B yang masing-masing menghasilkan 30% dan 70% output. Rata-rata, dua belas dari setiap seribu komponen yang diproduksi di fasilitas A rusak sementara delapan dari setiap seribu dari fasilitas B rusak. Jika sebuah komponen diambil secara acak dari total output pabrik, gunakan aturan Bayes untuk menentukan probabilitas bahwa komponen tersebut berasal dari fasilitas A.

(*Petunjuk*: misalkan kedua kejadian tersebut adalah A = dari fasilitas A dan C = dari total output pabrik, yaitu , dari fasilitas A atau B. Carilah P(A|C) Ingat bahwa P(C|A) adalah peluang terjadinya C, jika diketahui peluang A, maka P(C|A)=0,012; juga P(T)= P(B)=0,7.) *(Jawaban: P(A|C)=9/23=0,3913.)*

6. Jika Perusahaan Acme mendapat untung pada tahun tertentu, probabilitas bahwa ia akan mendapat untung pada tahun berikutnya adalah 0,9. Sebaliknya, jika perusahaan mengalami kerugian pada suatu tahun tertentu, peluang kerugian pada tahun berikutnya adalah 0,5. Pada tahun pertama, perusahaan memperoleh keuntungan. Gunakan diagram pohon keputusan untuk menggambarkan situasi untung dan rugi Acme selama tiga tahun ke depan, yaitu hingga tahun 4. Berapa probabilitas Acme merugi pada tahun ke-4? Jika diketahui bahwa Acme mendapat untung pada tahun ke-2, berapakah peluang ia memperoleh laba pada tahun ke-4?

(Jawaban: (i) peluang rugi di tahun 4 adalah 0,156 (ii) peluang untung di tahun 4 adalah 0,86.)

7. Sebuah hotel yang melayani penumpang pesawat memiliki 40 kamar. Karena kemungkinan pembatalan, hotel ini menerima hingga 45 reservasi pada hari tertentu. Analisis catatan masa lalu menunjukkan bahwa jumlah pemesanan harian bervariasi dari 36 hingga 45 dengan masing-masing nilai dalam rentang ini memiliki probabilitas 0,1. Probabilitas pembatalan diwakili oleh tabel distribusi berikut.

$Jumlah\ pembatalan$	0	1	2	3	4	5
$Probabilitas$	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1

Kembangkan model, dengan memanfaatkan fungsi RAND() Excel, untuk mensimulasikan data dua minggu dan karenanya menemukan (i) jumlah rata-rata pemesanan kamar per malam, dan (ii) persentase malam saat hotel kelebihan pesanan. (Karena volatilitas fungsi RAND(), *jawabannya mungkin tidak sama persis (i) 40 (ii) 21,4%.)*

BAGIAN 1
MODEL BISNIS
BAB 3
MODEL FINANSIAL

3.1 GAMBARAN

Ada dua kategori utama akuntansi, yaitu akuntansi keuangan dan akuntansi manajemen. Akuntansi keuangan terutama berkaitan dengan penyediaan informasi bagi pihak luar bisnis seperti investor, lembaga perbankan, dan lembaga pemerintah. Jika sebuah perusahaan ingin meminjam uang, ia harus memberikan informasi kepada lembaga pemberi pinjaman untuk menunjukkan bahwa perusahaan tersebut adalah investasi yang sehat. Demikian pula, pemegang saham ingin melihat laporan keuangan yang menunjukkan seberapa baik kinerja perusahaan dan berapa nilai investasi mereka!

Akun perusahaan pada dasarnya terdiri dari dua laporan keuangan - neraca dan laporan laba rugi (P&L), juga disebut laporan laba rugi. Fakta bahwa hanya ada dua laporan keuangan utama sering dikacaukan oleh pertukaran istilah yang setara – akun pendapatan, akun P&L, dan akun pendapatan dan pengeluaran. Sedangkan neraca mengungkapkan posisi keuangan bisnis pada tanggal tertentu, laporan laba rugi meringkas transaksi bisnis selama periode tetap (biasanya satu tahun). Dengan demikian, laporan saldo mewakili gambaran status keuangan perusahaan pada saat tertentu, sedangkan laporan laba rugi menyajikan gambaran yang lebih lengkap tentang aktivitas perusahaan selama periode tertentu. Semua akuntansi terkomputerisasi memiliki tiga buku besar utama

- Buku besar penjualan mencatat penjualan barang secara kredit dan kas yang diterima dari pelanggan.
- Buku besar pembelian mencatat pembelian barang secara kredit dan pembayaran tunai kepada pemasok
- Buku besar nominal – juga disebut ger umum – mencatat semua akun selain akun buku besar penjualan dan pembelian seperti pengeluaran, pembayaran bank, dan PPN yang dibayarkan dan dikumpulkan.

Untuk menambah kebingungan lebih lanjut, istilah 'buku besar debitur' dan 'piutang usaha' kadang-kadang digunakan untuk merujuk ke buku besar penjualan! Demikian pula, buku besar pembelian juga dikenal sebagai buku besar 'kreditur' atau 'hutang usaha'.

Metode pembukuan double-entry mengakui bahwa setiap transaksi memiliki efek ganda pada bisnis, yaitu, setiap transaksi akan menghasilkan entri debet dan entri kredit yang sama. Jadi semua akun double-entry berisi dua kolom transaksi. Kolom sebelah kiri disebut debit dan menambah saldo akun sedangkan kolom sebelah kanan disebut kredit dan mengurangi saldo akun.

Akuntansi terkomputerisasi tidak perlu menggunakan kredit dan debit sebagai pemeriksaan akurasi karena sistem secara otomatis memastikan bahwa aturan entri ganda diikuti. Ini berarti bahwa setiap kali perubahan dilakukan pada akun, perubahan kompensasi akan dilakukan di tempat lain untuk menjaga keseimbangan yang benar. Sebagai contoh, anggaplah sebuah perusahaan membeli barang dari pemasok. Transaksi ini akan muncul dalam dua akun-pembelian dan buku besar nominal-seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

- Total biaya barang akan dicatat di sisi debit dari akun buku besar nominal yang disebut (katakanlah) 'barang' atau 'stok', yaitu barang adalah aset.
- Jumlah yang terutang untuk barang akan dicatat di sisi kredit akun pemasok dalam buku besar pembelian, yaitu, akan dicatat sebagai kewajiban.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	***Perusahaan ABC - FINANCIAL ACCOUNTS***									
2										
3	➨	***Akun laba-rugi***								
4		**Sampai akhir tahun**			31 Desember 200X			31 Desember 200Y		
5					Rp 000	Rp 000		Rp 000	Rp 000	
6		***Penjualan***								
7		Cash			150			180		
8		Kredit			330	480		420	600	
9		*Minus: Harga pokok penjualan*								
10				opening inventaris	200			195		
11				pembelian	60			80		
12					260			275		
13				Minus: closing inventaris	30	230		10	265	
14										
15		***Laba kotor***				250			335	
16		*Minus: Biaya operasional*								
17				biaya administrasi	75			70		
18				biaya finansial	18			20		
19				biaya penjualan dan distribusi	55	148		60	150	
20										
21		***Laba bersih sebelum pajak***				102			185	
22		Minus: pajak perusahaan				25			47	
23		Laba bersih setelah pajak (penghasilan)				77			138	
24										
25										
26										
27	➨	***Neraca keuangan***								
28		Seperti			31 Desember 200X			31 Desember 200Y		
29		***Aset tetap***			Rp 000	Rp 000		Rp 000	Rp 000	
30				bangunan dan tanah	60			90		
31				perlengkapan	110	170		85	175	
32										
33		***Aset saat ini***								
34				inventaris	30			10		
35				debitur	50			90		
36				cash	150	230		100	200	
37		***Total aset***				400			375	
38										
39		***Liabilities saat ini & equity owner***								
40				kreditur	80			55		
41				dividen	30			42		
42				overdraft	4	114		20	117	
43				equity owmer		286			258	
44		***Total liabilities & equity owner***				400			375	
45										

Gambar 3.1 Laporan Keuangan Perusahaan ABC

3.2 LAPORAN KEUANGAN

Bisnis perlu mengukur dan melaporkan pendapatan. Pengukuran laba bersih adalah upaya untuk mencocokkan keuangan yang dihasilkan oleh bisnis (pendapatannya) selama periode tertentu dengan sumber daya yang dikonsumsi (pengeluarannya) selama periode yang sama. Akun untung-rugi (yaitu, laporan laba rugi) meringkas transaksi yang telah dilakukan oleh bisnis selama periode waktu tertentu, dan menentukan berapa banyak laba (atau kerugian) yang telah dibuat. Dengan demikian

$$Laba\ (atau\ rugi) = Pendapatan - Beban$$

Pendapatan didefinisikan sebagai penjualan barang atau jasa kepada pelanggan dan juga termasuk pendapatan sewa atau investasi yang diterima. Beban adalah biaya upah, bahan dan overhead yang terjadi selama periode tertentu. Neraca diperlukan untuk menghitung proyeksi profitabilitas bisnis. Kata 'saldo' dalam neraca mencerminkan pendekatan entri ganda untuk pembukuan, yaitu, aset harus sama dengan kewajiban. Neraca didasarkan pada rumus

$$Aset = Kewajiban + Ekuitas\ Pemilik$$

Ada dua jenis aset utama, yaitu aset tetap dan aset lancar. Aset tetap meliputi tanah, bangunan, pabrik dan mesin, dan kendaraan bermotor. Mereka digunakan oleh perusahaan untuk menghasilkan keuntungan dan tidak untuk dijual kembali. Aset lancar adalah aset yang diperoleh untuk dikonversi menjadi kas dalam kegiatan usaha biasa. Mereka termasuk saham, hutang pelanggan, barang dalam proses, dan uang tunai itu sendiri. Kewajiban adalah kewajiban yang terutang oleh perusahaan dan termasuk kreditur, cerukan bank, dan pinjaman dan hipotek. Perbedaan antara total aset (tetap + lancar) dan total kewajiban perusahaan adalah total kekayaan bersihnya, juga disebut ekuitas pemilik, ekuitas pemegang saham, atau modal. Gambar 3.1 menunjukkan tata letak khas untuk dua laporan keuangan.

3.3 ANALISIS RASIO

Dua laporan keuangan utama yang diuraikan memberikan sejumlah besar informasi dalam hal jumlah absolutnya. Namun, laporan akuntansi lebih berguna jika mereka memberikan angka komparatif. Misalnya, akuntan mungkin ingin membandingkan kinerja perusahaan dengan perusahaan lain, atau mungkin dengan rata-rata industri atau standar yang telah ditentukan. Perbandingan tersebut dapat memberikan wawasan penting tentang profitabilitas dan stabilitas keuangan perusahaan.

Untuk membantu menilai kinerja bisnis, akuntan menggunakan teknik yang disebut analisis rasio yang meneliti hubungan antara dua set angka yang diambil dari akun keuangan. Kedua set angka tersebut dapat berasal dari salah satu atau kedua dari dua laporan keuangan utama.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
47	*Perusahaan ABC - RASIO KEUANGAN*									
48										
49		***Ratio***				***31 December 200X***			***31 December 200Y***	
50		Profitabilitas bisnis		Formula						
51			Marjin laba kotor	F15/F8		52%			56%	
52			Margin Laba Bersih	F23/F8		16%			23%	
53			Pengembalian Ekuitas	F23/F43		27%			53%	
54										
55		Stabilitas keuangan								
56			Rasio saat ini	F36/F42		2.0			1.7	
57			Rasio Hutang/Ekuitas	(F37 – F43)/F43		0.40			0.45	
58			Rasio cepat	(F36 – E34)/F42		1.8			1.6	
59										
60		Pemanfaatan sumber daya								
61			Perputaran Aset Total	F8/F37		1.2 times			1.6	
62			Perputaran persediaan	F13/E34		7.7 times			26.5	
63			Perputaran Utang	E8/E35		6.6 times			4.7	
64										

Gambar 3.2 Rasio keuangan untuk Perusahaan ABC.

Perhitungan rasio keuangan dapat mengungkapkan hubungan yang mendasari antara item dalam laporan dan tren dalam hubungan pada titik waktu yang berbeda. Rasio dapat diklasifikasikan di bawah tiga judul (i) profitabilitas bisnis yang biasanya merupakan tujuan bisnis yang paling penting (ii) stabilitas keuangan, yaitu kemampuan untuk memenuhi komitmen keuangan baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang sehingga bisnis dapat terus berlanjut. beroperasi (iii) rasio pemanfaatan sumber daya yang mengukur seberapa efisien perusahaan dalam memanfaatkan sumber dayanya (aset).

Perputaran persediaan menghitung berapa kali selama setahun (atau periode tertentu lainnya) bahwa perusahaan mengganti persediaannya. Perputaran yang tinggi menyiratkan bahwa barang-barang dijual dengan cepat dan bahwa aset perusahaan tidak diikat dalam persediaan yang tidak ada. Perputaran utang mengukur berapa kali per tahun utang ditagih. Tingkat perputaran utang dapat diubah menjadi periode kredit, menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan pelanggan untuk membayar barang. Departemen pengendalian kredit kemudian dapat menggunakan periode kredit ini untuk menilai efektivitasnya sendiri. Rumus sel untuk definisi rasio berikut ditunjukkan pada Gambar 3.2.

- Profitabilitas bisnis
  Margin laba kotor = (Laba kotor)/(Penjualan bersih)
  Margin laba bersih = (Laba bersih setelah pajak)/(Penjualan bersih)
  Pengembalian ekuitas = (Laba bersih setelah pajak)/(Ekuitas pemilik)
- Stabilitas keuangan
  Rasio lancar = (Aset lancar)/(Kewajiban lancar)
  Rasio hutang/ekuitas = (Total aset – Ekuitas pemilik)/(Ekuitas pemilik)
  Rasio cepat (atau uji asam) = (Aset lancar dikurangi inventaris)/(Kewajiban lancar)
- Pemanfaatan sumber daya

Total perputaran aset = (Penjualan bersih)/(Total aset)
Perputaran persediaan = (Harga pokok penjualan)/(Persediaan)
Perputaran hutang = (Penjualan kredit)/(Debitur)

3.4 NET PRESENT VALUE (NPV)

Bunga majemuk mengukur nilai masa depan dari uang yang diinvestasikan. Namun, mungkin juga untuk melihat uang dalam arah sebaliknya, yaitu nilai sekarang dari uang yang akan diterima pada beberapa titik waktu di masa depan. Konsep nilai waktu uang mengakui bahwa uang tunai hari ini lebih berharga daripada jumlah uang tunai yang sama yang tersedia di kemudian hari. Perbedaan antara nilai sekarang dan jumlah masa depan disebabkan oleh akumulasi bunga yang akan diperoleh jika uang itu diinvestasikan. Nilai waktu uang diringkas oleh pepatah lama Wall Street 'satu dolar hari ini bernilai lebih dari satu dolar besok'.

Setara dengan pembayaran masa depan hari ini disebut nilai pokok atau nilai sekarang P0. Manajemen sering menilai akseptabilitas proyek dengan mengubah pengeluaran dan pendapatan di masa depan menjadi nilai saat ini yang setara. Proses pengurangan jumlah pokok ini dikenal sebagai *discounted cashflow* (DCF) dan memiliki efek kebalikan dari bunga majemuk yang meningkatkan pokok. Semua metode DCF menggunakan arus kas alih-alih laba akuntansi. Arus kas hanyalah arus kas masuk dan keluar dari bisnis. Tingkat bunga yang digunakan dalam perhitungan DCF diberi nama 'discountrate' dan biasanya dinyatakan sebagai desimal. Rumus umum untuk bunga majemuk dasar menyatakan bahwa jika suatu jumlah P0 diinvestasikan pada tingkat bunga tetap sebesar i%, dinyatakan sebagai desimal, pokok Pn setelah n tahun adalah

$$P_n = P_0(1+i)^n$$

Mengatur ulang formula ini memberikan

$$P_0 = P_n/(1+i)^n$$

Rumus penting ini, yang sering disebut rumus DCF, membentuk dasar dari semua metode arus kas yang didiskontokan. Persamaan DCF menemukan nilai uang sekarang, P0, yang akan menghasilkan jumlah Pn dalam waktu n tahun bila diinvestasikan pada tingkat bunga majemuk i%. Ekspresi 1/(1+i)n dikenal sebagai faktor nilai sekarang. Rumus DCF, seperti yang terlihat saat ini, hanya mendiskon satu jumlah Pn. Namun, ada banyak situasi di mana seluruh rangkaian arus kas perlu didiskontokan ke nilai sekarang. Dalam hal ini, rumus dasar DCF dapat diperluas untuk mencakup arus kas yang timbul pada akhir beberapa tahun.

$$P = \sum_{j-1}^{n} P_j/(1+i)^j$$

di mana Pj mewakili arus kas yang terjadi pada akhir tahun j di mana j = 1, 2, 3... n. Metode nilai sekarang bersih (NPV) melibatkan penghitungan nilai sekarang dari arus kas masuk dan keluar yang diharapkan dan menetapkan apakah total nilai sekarang arus kas

masuk lebih besar dari nilai total arus kas keluar. Kata 'bersih' dalam NPV berarti jumlah dari nilai sekarang negatif dan positif.

Fungsi PV keuangan Excel dapat digunakan untuk menemukan nilai sekarang dari suatu investasi seperti yang ditunjukkan dalam contoh berikut. Parameter input untuk fungsi PV dijelaskan sepenuhnya di akhir bab ini. Gunakan tombol wizard fungsi Excel fx pada toolbar standar di bagian atas layar untuk membuka kategori fungsi. Kemudian pilih kategori 'keuangan' dan nama fungsi 'PV'. Selalu gunakan tombol Bantuan jika ragu!

CONTOH 3.1

Dengan menggunakan PV fungsi keuangan Excel, carilah nilai sekarang dari Rp. 1331 diterima tiga tahun dari sekarang, jika jumlah tersebut didiskon 10%. (Gunakan rumus DCF di atas untuk memeriksa jawabannya).

Jawaban: PV(0.1,3,, 1331)=−Rp. 1000

Perhatikan bahwa hasilnya negatif karena mewakili uang yang akan Anda bayarkan, yaitu, arus kas keluar. Untuk mendapatkan jawaban positif, masukkan prinsipal ke dalam rumus PV Excel sebagai nilai negatif, yaitu, PV(0.1,3,,−1331)=Rp. 1000.

CONTOH 3.2

Seorang pengendara mobil membeli mobil baru seharga Rp. 12.000 dan berniat untuk menyimpannya selama enam tahun. Jika nilai jual kembali pada akhir waktu tersebut diharapkan menjadi Rp. 4000, dan biaya operasional tahunan (selain penyusutan) adalah Rp. 2000, berapa NPV biaya mobil selama periode enam tahun? Ambil bunga sebagai 7%.

Jawaban: PV mobil = Rp.12.000 (outflow)

PV nilai jual kembali =PV(0.07, 6, 0, –4000) =Rp. 2,665 (masuk)

PV biaya operasional =PV(0.07, 6, –2000, 0) =Rp. 9.533 (keluar)

NPV =PV mobil – PV nilai jual kembali+PV biaya operasional =Rp. 18.868

CONTOH 3.3

Sebuah perusahaan sedang mempertimbangkan investasi dalam sebuah proyek yang estimasi arus kasnya (dalam Rp. '000s) seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini. Hitung NPV proyek, mengingat tingkat diskonto adalah 10%. Apakah proyek dapat diterima?

$Proyek\ cash\ flow\ sepanjang\ tahun$	0	1	2	3	4
$(dalam\ Rp'000)$	−16	20	17	22	25

Jawabannya dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi NPV Excel (detail tentang cara menggunakan fungsi Excel diberikan di akhir bab). Fungsi NPV mengasumsikan bahwa semua aliran terjadi pada akhir setiap periode. Jika pembayaran (yaitu, arus kas keluar) terjadi pada awal periode pertama – seperti kasus di atas – maka NPV proyek diberikan oleh rumus

60 + NPV (0.1, 20, 17, 22, 25) = 5.84 (Rp' 000s) = Rp.5.840

Proyek akan dianggap dapat diterima karena NPV dan semua nilai PV-nya positif, yaitu, setiap tahun menghasilkan arus kas masuk yang dapat diterima (dibandingkan dengan arus kas keluar negatif dan tidak dapat diterima).

Tingkat Pengembalian Internal

Tingkat pengembalian internal (IRR) adalah salah satu metode yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi proyek investasi. Ini juga dikenal sebagai hasil arus kas yang didiskontokan (DCF). IRR suatu investasi didefinisikan sebagai tingkat diskonto yang menyamakan nilai sekarang dari arus kas keluar yang diharapkan dengan nilai sekarang dari arus kas masuk yang diharapkan. Dengan kata lain, itu adalah tingkat bunga i, sehingga

$$\sum_{j-0}^{n} P_j/(1+i)^1 = 0$$

dimana Pj adalah arus kas (masuk atau keluar) untuk periode j, j = 0, 1, 2, 3... n. Tingkat pengembalian internal dapat dihitung menggunakan fungsi IRR Excel, yang sekarang akan diterapkan pada Contoh 3.3 di atas.

CONTOH 3.3a

Hitung tingkat pengembalian internal (IRR) untuk proyek investasi yang estimasi arus kasnya (dalam Rp. '000s) seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

$Proyek\ cash\ flow\ sepanjang\ tahun$	0	1	2	3	4
$(dalam\ Rp'000)$	−16	20	17	22	25

Jika nilai –60, 20, 17, 22, 25 dimasukkan ke dalam sel A1, B1, C1, D1, E1 dari spreadsheet, maka fungsi IRR Excel menghitung tingkat pengembalian internal sebagai berikut:

IRR(A1:E1)=14,21%

3.5 PENILAIAN INVESTASI

Banyak perusahaan membuat keputusan tentang investasi modal setiap tahun. Karena modal tidak gratis, perusahaan memerlukan pengembalian investasi baru yang diusulkan. Proses penyediaan informasi yang akan membantu pengambilan keputusan sehubungan dengan investasi dana modal disebut penganggaran modal. Anggaran belanja modal pada dasarnya adalah daftar dari apa yang manajemen yakini sebagai proyek yang berharga untuk akuisisi fasilitas dan peralatan baru.

Proposal untuk investasi modal dapat dimulai di tingkat departemen dan melewati berbagai tahap diskusi dan persetujuan sebelum akhirnya dipertimbangkan oleh manajemen puncak. Dewan direksi biasanya memiliki sejumlah proposal untuk diperiksa. Untuk membantu pengambilan keputusan mereka, perusahaan perlu menetapkan tingkat pengembalian minimum yang dapat digunakan untuk mengukur profitabilitas proposal.

Industri bergantung pada modal pinjaman untuk membiayai banyak proyeknya, dan tingkat bunga pinjaman sering disebut sebagai biaya modal. Penilaian investasi (yaitu, penganggaran modal) melibatkan manajemen memilih di antara sejumlah alternatif investasi atau proyek untuk memaksimalkan pengembalian, tunduk pada kendala pada jumlah modal yang tersedia setiap tahun. Arus kas untuk setiap alternatif pertama-tama diubah menjadi nilai

sekarang bersih (NPV). Masalahnya adalah menemukan opsi mana yang menghasilkan NPV terbesar. Perhatikan contoh berikut.

Tabel 3.1 Arus kas tahunan

Proposal	*Tahun 1*	*Tahun 2*	*Tahun 3*	*Tahun 4*
1	–60	0	40	70
2	–50	–30	50	100
3	–40	–80	100	90
4		–35	110	–50
Modal yang tersedia untuk setiap tahun	100	100	50	50

.

CONTOH 3.4

Mengevaluasi proposal: model penilaian investasi Microtec adalah produsen mikrokomputer kecil. Dewan direksi dihadapkan pada masalah mengevaluasi empat proposal dan memutuskan mana, jika ada, dari alternatif yang dapat diterima. Tabel 3.1 menunjukkan arus kas tahunan yang diharapkan dan modal yang tersedia (Rp.'000s) selama empat tahun ke depan. Arus kas masuk ditampilkan sebagai nilai positif sedangkan arus keluar negatif. Biaya modal dianggap 15% per tahun.

Persyaratan modal muncul sebagai nilai negatif pada tabel di atas sedangkan penerimaan bersih adalah positif. Tujuan manajemen adalah untuk memaksimalkan tingkat pengembalian, yaitu, memaksimalkan total NPV dari proposal yang dipilih. Solusi untuk masalah ini paling baik diperoleh dengan menggunakan teknik integer programming (IP). IP adalah kasus khusus dari pemrograman linier (LP) dengan kendala tambahan bahwa solusi hanya berisi bilangan bulat, yaitu bilangan bulat. Excel's Solver adalah alat yang ideal untuk memecahkan masalah LP semacam itu. Jika NPV_1, NPV_2, NPV_3, NPV_4 adalah nilai sekarang bersih untuk setiap proposal, maka masalah Microtec dapat dinyatakan kembali dalam istilah LP sebagai berikut:

Biarkan x_1, x_2, x_3, x_4 mewakili bilangan bulat logis yang terkait dengan empat proposal Microtec di mana, x_i =1 jika proposal i diterima dan xi =0 jika proposal i tidak diterima. Tujuannya adalah untuk MEMAKSIMALKAN pengembalian investasi, yaitu, memaksimalkan Z, di mana

$$Z = x_1NPV_1 + x_2NPV_2 + x_3NPV_3 + x_4NPV_4$$

tunduk pada batasan jumlah modal yang tersedia untuk setiap tahun, yaitu,

$$60x_1 + 50x_2 + 40x_3 \leq 100 \text{ (Kendala Tahun 1)}$$

$$30x_2 + 80x_3 + 35x_4 \leq 100 \text{ (Kendala Tahun 2)}$$

Karena tahun 3 hanya menghasilkan arus masuk, tidak ada kendala modal

$$50x_4 \leq 50 \text{ (Kendala Tahun 4)}$$

dimana: $x_i \leq 1$, $x_i \leq 0$, x_i = integer untuk semua i = 1,2,3,4

Langkah-langkah berikut mengilustrasikan bagaimana logika LP ini dibangun ke dalam model spreadsheet Gambar 3.3.

- Masukkan biaya modal ke dalam sel F3 dan salin arus kas yang diharapkan dari Tabel 3.1 ke dalam rentang sel yang diarsir D7:G10.
- Masukkan nilai batasan modal di sel D22:G22.
- Masukkan rumus ke dalam sel yang relevan–lihat baris 37–42 dari Gambar 3.3. Fungsi NPV Excel (seperti yang ditunjukkan pada baris 37) digunakan untuk mencari nilai NPV untuk setiap proposal. Nilai NPV awalnya dihitung dalam sel C7:C10 dan kemudian disalin ke C16:C19.
- Aktifkan Solver Excel dengan memilih perintah Tools|Solver lalu masukkan data parameter Solver seperti yang ditunjukkan pada baris 28–34.

Perhatikan bahwa bagian bawah Gambar 3.3 disediakan hanya untuk keuntungan pengguna dan bukan bagian dari model. Jika pengguna mengalami kesulitan dalam mengikuti kotak dialog Solver, bagian pemrograman linier (LP) dari Bab 2 harus direvisi. Nilai NPV proposal (Rp.000s), yaitu, NPV_1 =16,27, NPV_2 =27,47, NPV_3 =25,23, dan NPV_4 =19,87 diturunkan pada Gambar 3.3. Solusinya mencapai tingkat pengembalian maksimum Rp. 47.340 dengan memilih proposal 2 dan 4, sementara menolak proyek 1 dan 3.

3.6 MANAJEMEN PORTOFOLIO

Pada bagian sebelumnya, penganggaran modal dinilai hanya berdasarkan metode penilaian investasi NPV. Namun, satu faktor yang sangat penting tidak dipertimbangkan, yaitu unsur risiko yang melekat pada keberhasilan atau kegagalan setiap proposal. Risiko dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa prediksi akan terbukti salah, yaitu, itu adalah ukuran ketidakpastian yang melekat pada hasil dari peristiwa masa depan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	*Contoh 3.4 - Model penilaian investasi untuk Microtec Computers*								
2									
3				***Cost of capital =***		***15%***		*User input cells*	
4								*are shaded*	
5				<------ Annual cash flows ------>					
6		Propasal	***NPV***	year 1	year 2	year 3	year 4		
7		1	***16.27***	–60	0	40	70		
8		2	***27.47***	–50	–30	50	100		
9		3	***25.23***	–40	–80	100	90		
10		4	***19.87***		–35	110	–50		
11		Capital required:		150	145	0	50		
12									
13								Select	
14				<--- Annual capital requirements --->				0=No	
15		Proposal	NPV	year 1	year 2	year 3	year 4	1=Yes	
16		1	16.27	60				***0***	
17		2	27.47	50	30			***1***	
18		3	25.23	40	80			***0***	
19		4	19.87		35		50	***1***	
20									
21		Capital required:		50	65	0	50		
22		Capital available:		100	100	50	50		
23									
24						***Objective: Maximise total NPV=***		***47.34***		
25									
26									
27		***Solver Parameters***							
28		***Set Target Cell:***		H24					
29		***Equal to:***		Max					
30		***By Changing Cells:***		H16:H19					
31		***Subject to Constraints:***		D21:G21<=D22:G22			= Capital available		
32				H16:H19<=1			= Answers must be <=1		
33				H16:H19>=0			= Answers must be positive		
34				H16:H19=int(eger)			= Answers must be integer		
35									
36		***Cell***	***Formula***				***Copied to***		
37		C7	NPV(F$3, E7:G7) + D7				C8:C10		
38		D11	ABS(SUMIF(D7:D10,"<0"))				E11:G11		
39		C16	C7				C17:C19		
40		D16	IF(D7<0,ABS(D7),"")				D16:G19		
41		D21	SUMPRODUCT(D16:D19,$H16:$H19)				E21:G21		
42		H24	SUMPRODUCT(C16:C19,H16:H19)						
43									

Gambar 3.3 Model penilaian investasi.

Manajemen portofolio berkaitan dengan pemilihan investasi untuk memenuhi dua kriteria utama (i) meminimalkan risiko dan (ii) memaksimalkan pengembalian yang diharapkan. Istilah 'portofolio' berarti kumpulan investasi. Salah satu tujuan utama dalam manajemen portofolio adalah untuk menyeimbangkan portofolio dengan memilih kombinasi investasi yang mencakup spektrum penuh dari minimalisasi risiko dan maksimalisasi pengembalian. Kebijakan diversifikasi ini berarti bahwa portofolio yang seimbang dengan baik harus memiliki campuran investasi berisiko tinggi, risiko menengah, dan risiko rendah. Pertanyaan kuncinya adalah, berapa rasio ideal dari investasi tersebut?

Aktivitas manajemen keuangan yang umum ini dapat diklasifikasikan sebagai masalah pemrograman non-linear (NLP) yang paling baik ditangani dengan menggunakan Solver Excel. Linear programming (LP) mengasumsikan bahwa semua persamaan dan pertidaksamaan (constraint) memiliki hubungan linier. Namun, ada banyak masalah bisnis di mana variabel memiliki hubungan linier, yaitu tidak sesuai dengan persamaan garis lurus standar y =mx+c. Dalam mencoba membedakan antara saham yang stabil (yaitu, berisiko rendah) dan investasi berisiko tinggi, manajer investasi sering menggunakan metode statistik nonlinier untuk memverifikasi apakah variasi saham disebabkan oleh tren musiman atau keadaan yang tidak diketahui.

CONTOH 3.5 Model manajemen portofolio

Barney Briggs baru-baru ini mewarisi sejumlah uang yang ingin ia investasikan dalam bentuk saham. Barney sudah memegang saham di perusahaan A, dan selama sepuluh tahun terakhir dia telah menerima pengembalian tahunan rata-rata 7,48% atas investasinya. Dia ingin meningkatkan angka ini dan telah memberitahu banknya bahwa pengembalian tahunan minimal 12% adalah tujuan yang diinginkannya. Manajer investasi dana bank telah meneruskan rincian (Tabel 3.2) dari dua perusahaan B dan C yang sesuai, yang kinerja sahamnya memenuhi persyaratan Barney.

Tabel 3.2 Persentase pengembalian tahunan (lebih dari 10 tahun).

Company	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8.5	15.3	11.5	–1.6	–3.6	8.4	6.8	11.9	6.1	11.5
B	6.7	9.2	11.3	17.7	7.4	13.0	19.5	15.1	19.4	15.2
C	15.1	27.8	38.6	–12.0	–5.9	12.7	–2.1	12.8	36.8	22.7

Dari tabel tersebut, terlihat jelas bahwa terdapat variasi yang luas antara tingkat pengembalian tahunan untuk setiap saham. Berdasarkan fluktuasi return, saham A, B, dan C dapat diklasifikasikan sebagai risiko menengah, rendah, dan tinggi, dengan rata-rata return tahunan masing-masing sebesar 7,48%, 13,45%, dan 14,65%. Masalah manajer investasi adalah menentukan berapa persentase terbaik dari total dana yang harus diinvestasikan pada setiap saham. Tujuan utamanya adalah untuk mencapai keseimbangan optimal antara tiga

kriteria: (i) meminimalkan risiko; (ii) memaksimalkan pengembalian; (iii) memastikan bahwa pengembalian tidak kurang dari 12%.

Tugas pertama manajer adalah menentukan seberapa dekat hubungan ketiga kumpulan data saham. Untuk melakukan ini, ia akan menggunakan analisis kovarians. Analisis kovarians adalah teknik statistik untuk menentukan hubungan antara dua set data. Ini mengukur kesamaan tren antara data, menunjukkan seberapa dekat hubungannya.

- Kovarians positif berarti bahwa dua kumpulan data cenderung bergerak bersama dalam arah yang sama, yaitu, ketika nilai naik/turun dalam satu kumpulan, pola yang sama diulangi pada kumpulan kedua.
- Kovarians negatif berarti bahwa dua kumpulan data menyimpang, yaitu, bergerak ke arah yang berlawanan. Saat nilai meningkat/menurun dalam satu set, ada penurunan/peningkatan yang sesuai di set kedua.
- Sebuah kovarians nol atau mendekati nol menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara dua set variabel, yaitu mereka benar-benar independen satu sama lain.

Masalah manajer investasi sekarang dapat dilihat sebagai latihan pemrograman non-linier di mana ia harus meminimalkan varians antara saham yang berbeda dalam portofolio (Diacogiannis, Bab 8). Dia akan menggunakan berbagai fungsi statistik yang tersedia di Excel. COVAR (singkatan untuk kovarians) menetapkan kekuatan hubungan antara dua set data. Sementara fungsi COVAR Excel menentukan variasi antara dua kumpulan data, fungsi varians VAR menentukan variasi dalam satu kumpulan data. Perhatikan bahwa COVAR(A,A) tidak sama dengan VAR (A). Tujuannya adalah untuk meminimalkan risiko portofolio dengan meminimalkan varians total portofolio. Untuk portofolio yang terdiri dari n investasi, total varians didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$Total\ variasi\ portofolio\ = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2\, p_i^2\ + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \sigma_{ij} P_i P_j$$

di mana:

p_i = persentase portofolio yang diinvestasikan dalam investasi i

2_i = varians investasi i

$\sigma i_j = \sigma j_i$ = kovarians antara investasi i dan j

Dengan melakukan analisis varians pada A, B dan C dan analisis kovarians pada semua kombinasi lainnya (AB, AC, dan BC), matriks kovarians dapat dibangun. Fungsi perkalian matriks Excel MMULT telah digunakan untuk menyederhanakan perhitungan fungsi tujuan model yang agak kompleks seperti yang didefinisikan oleh persamaan varians portofolio. Langkah-langkah berikut digunakan untuk membangun model portofolio Gambar 3.4:

- Masukkan tabel pengembalian tahunan untuk tiga saham. Rincian stok A ada di sel D5:D14, stok B di E5:E14, dan stok C di sel F5:F14.

- Temukan tingkat pengembalian tahunan rata-rata untuk setiap saham dengan rata-rata nilai pengembalian selama sepuluh tahun. Pengembalian rata-rata, R_A, R_B, dan R_C terkandung dalam sel D15:F15.
- Siapkan matriks kovarians di sel H6:J8, menggunakan rumus seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

	A	B	C
A	VAR(A)	CCOVAR (A, B)	COVAR (A, C)
B	COVAR(B, A)	VAR (B)	COVAR (B, C)
C	COVAR (C, A)	COVAR (C, B)	VAR (C)

  Perhatikan bahwa COVAR(B,A) = COVAR(A,B), dan lain-lain. Nilai dalam matriks kovarians telah dikalikan dengan 100 untuk penyajian yang lebih jelas.
- Model diselesaikan sebagai masalah NLP menggunakan Excel's Solver. Tujuannya adalah untuk menemukan campuran terbaik dari investasi di saham A, B, dan C yang akan meminimalkan risiko. Catatan: saat menyelesaikan masalah nonlinier, penting agar opsi 'Asumsikan Model Linier' tidak dipilih!
- Jumlah persentase optimum, p_A, p_B, dan p_C terkandung dalam sel-sel yang berubah D17:F17.
- Fungsi tujuan, seperti yang diberikan oleh persamaan untuk varians portofolio total, terkandung dalam sel target, F20. Perhatikan bahwa fungsi perkalian matriks Excel MMULT telah digunakan di sel F20. Rincian tentang cara menggunakan berbagai fungsi Excel diberikan di akhir bab ini.
- Masalah NLP memiliki tiga kendala:
    - Barney Briggs menginginkan pengembalian tahunan minimal 12%. Dengan demikian, pengembalian yang dihitung pada tiga saham – seperti yang ditunjukkan pada sel H17 – harus setidaknya 12%, yaitu, $p_A R_A + p_B R_B + p_C R_C$ 12%.
    - Untuk memastikan bahwa semua uang Barney diinvestasikan, jumlah persentase total harus sampai 100% (lihat sel F18), yaitu, $p_A + p_B + p_C = 100\%$.
    - Karena tidak mungkin untuk menginvestasikan jumlah negatif, jawaban harus positif, yaitu, p_A, p_B, dan p_C harus lebih besar atau sama dengan nol.

Dengan memvariasikan pengembalian tahunan yang diperlukan dari 10% hingga 13% (sel H18), hasil pada Tabel 3.3 diperoleh dari model portofolio Gambar 3.4. Hasil ini tidak mengherankan, mengingat rata-rata pengembalian dan risiko yang melekat pada setiap saham. Pengembalian yang diminta 10% dan 11% memberikan jawaban yang sama, keduanya menekankan saham B berisiko rendah dengan pengembalian rata-rata 13,45%, diikuti oleh saham A berisiko menengah, sementara mengabaikan saham berisiko tinggi C. Karena pengembalian yang diminta meningkat untuk 12% dan 13%, penekanannya difokuskan pada

saham-saham dengan rata-rata return yang lebih tinggi, yaitu saham B dan C. Keengganan untuk memprioritaskan saham C yang berisiko tinggi sudah jelas!

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3				<---- Stock Details ---->						
4			Year	*A*	*B*	*C*		COVARIANCE MATRIX		
5		Cell range	1	8.5%	6.7%	15.1%		0	1	2
6		D5:D14	2	15.3%	9.2%	27.8%	0	0.3583	−0.0187	0.6725
7		has been	3	11.5%	11.3%	38.6%	1	−0.0187	0.2232	−0.0570
8		'named' as A	4	−1.6%	17.7%	−12.0%	2	0.6725	−0.0570	3.0250
9			5	−3.6%	7.4%	−5.9%				
10			6	8.4%	13.0%	12.7%				
11			7	6.8%	19.5%	−2.1%			A1	
12			8	11.9%	15.1%	12.8%				
13			9	6.1%	19.4%	36.8%				
14			10	11.5%	15.2%	22.7%				
15		***Average returns =***		7.48%	13.45%	14.65%				
16										
17		Optimum % =		***24.6%***	***73.7%***	***1.7%***		12.00%	= Calculated Return	
18				Total portfolio % =		100.0%		12.00%	= Required Return	
19										
20		***Objective: Minimise total variance =***				***0.1412***				
21										
22										
23										

24	***Solver Parameters***	
25	***Set Target Cell:***	F20
26	***Equal to:***	Min
27	***By Changing Cells:***	D17:F17
28	***Subject to Constraints:***	F18 = 1
29		H17 >= H18
30		D17:F17 >=0

31			
32	***Cells***	***Formula***	***Copied to***
33	D15	AVERAGE(D5:D14)	E15:F15
34	H6	IF(H$5=$G6,100*VAR(D$5:D$14),	
35		100*COVAR(OFFSET(A,0,H$5),OFFSET(A,0,$G6)))	H6:J8
36	H17	SUMPRODUCT(D15:F15,D17:F17)	
37	F18	SUM(D17:F17)	
38	F20	SUMPRODUCT(MMULT(D17:F17,H6:J8),D17:F17)	

Gambar 3.4 Portofolio Barney Briggs – model pemrograman non-linier.

Dari gambar 3.4 diatas, A1 adalah kejelasan nilai dalam matrik kovarian yang telah dikalikan dengan 100, misalnya nilai di sel H6 sebenarnya adalah 0.003583. F18 = 1 merupakan presentasi portofolio yang harus ditambahkan hingga 10%, sedangkan H17 >= H18 = Kalkulasi pengembalian yang setidaknya 12% dan D17:F17 >=0 = Jawaban harus positif.

Tabel 3.3 Solusi pemecah

Pengembalian yang diinginkan	Stock A	Stock B	Stock C
10%	39.1%	60.9%	0.0%
11%	39.1%	60.9%	0.0%
12%	24.6%	73.7%	1.7%
13%	8.9%	84.6%	6.5%

3.7 PENGANGGARAN MODAL MENGGUNAKAN POHON KEPUTUSAN

Pohon keputusan adalah representasi grafis dari berbagai kemungkinan tindakan yang tersedia bagi pembuat keputusan. Sebuah pohon keputusan pada dasarnya adalah pohon probabilitas dimana setiap hasil yang mungkin memiliki probabilitas yang ditetapkan untuk itu. Ini memberikan 'peta jalan' visual dari masalah keputusan. Pertimbangkan situasi berikut.

CONTOH 3.6 Pohon keputusan untuk penganggaran modal

The Kleen Up Company saat ini sedang mengevaluasi proposal investasi. Proyek yang akan menelan biaya Rp. 100.000, memiliki durasi yang diharapkan dua tahun. Tingkat diskonto 10% telah dihitung untuk durasi proyek. Perkiraan arus kas proyek dan probabilitas terkait adalah sebagai berikut. Pada tahun 1, perkiraan yang paling mungkin adalah probabilitas 50% untuk mencapai arus kas sebesar Rp. 75.000. Pandangan optimis memberikan peluang 30% untuk menghasilkan Rp. 100.000, sedangkan hasil pesimis adalah peluang 20% untuk mendapatkan hanya Rp. 50.000.

Arus kas di tahun 2 dipengaruhi oleh hasil keuangan tahun 1. Jika angka pesimistis sebesar Rp. 50.000 terwujud, maka ada tiga alternatif yang mungkin – Rp. 25.000, Rp. 35.000, atau Rp. 50.000 dengan probabilitas 0,3, 0,3, dan 0,4 masing-masing. Jika laba tahun pertama sebesar Rp. 75.000 tercapai, maka dimungkinkan untuk menghasilkan arus kas sebesar Rp. 75.000, Rp. 100.000, atau Rp. 125.000 dengan probabilitas masing-masing 0,3, 0,5, dan 0,2. Akhirnya, jika target optimis sebesar Rp. 100.000 laba tercapai, maka opsi tahun kedua dapat menghasilkan arus kas sebesar Rp. 75.000, Rp. 80.000, atau Rp. 100.000 dengan probabilitas terkait sebesar 0,2, 0,6, dan 0,2. Situasi ini dapat lebih mudah diinterpretasikan ketika diubah menjadi pohon keputusan. Gunakan langkah-langkah dasar berikut dan template rumus Tabel 3.4 untuk membuat Gambar 3.5.

- Mulai dari kiri ke kanan, gambar pohon keputusan. Gunakan perintah Format|Cells|Border Excel untuk membuat outline pohon. Masukkan data untuk proyeksi arus kas dan probabilitas terkait.
- Hitung nilai sekarang (PV) untuk semua kombinasi menggunakan fungsi PV Excel dengan tingkat diskonto 10%, mis., (B11,D8), (B11,D10), (B11,D12), dan lain-lain.
- Hitung probabilitas gabungan untuk setiap kombinasi arus kas bersih. Probabilitas gabungan untuk kombinasi (dari dua hasil yang mungkin) adalah produk dari probabilitas mereka.

Tabel 3.4 Pohon keputusan – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
E8	PV(D$4, 1,, –B$11) + PV(D$4, 2,, –D8) – D$3	E10, E12
E14	PV(D$4, 1,, –B$17) + PV(D$4, 2,, –D14) – D$3	E16, E18
E20	PV(D$4, 1,, –B$23) + PV(D$4, 2,, –D20) – D$3	E22, E24
F8	B$10*C8	F10, F12
F14	B$16*C14	F16, F18
F20	B$22*C20	F22, F24
G8	E8*F8	G10:G24
G27	SUM(G8:G24)	
F29	SUM(F13:F24)	

Contoh 3.6 - Pohon Keputusan untuk proposal investasi KleenUp

Investasi awal = Rp 100.000
Suku bunga tetap = 10%

User input cells are shaded

Tahun 1	*Tahun 2*		PV	Probabilitas bersama	PV tertimbang
	0.3	Rp 25.000	−Rp 33.884	0.06	−Rp 2.033
0.2	0.3	Rp 35.000	−Rp 25.620	0.06	−Rp 1.537
Rp 50.000 (pesimisme)	0.4	Rp 50.000	−Rp 13.223	0.08	−Rp 1.058
	0.3	Rp 75.000	Rp 30.165	0.15	Rp 4.525
0.5	0.5	Rp 100.000	Rp 50.826	0.25	Rp 12.707
Rp 75.000 (yang paling disukai)	0.2	Rp 125.000	Rp 71.488	0.1	Rp 7.149
	0.2	Rp 75.000	Rp 52.893	0.06	Rp 3.174
0.3	0.6	Rp 80.000	Rp 57.025	0.18	Rp 10.264
Rp 100.000 (pesimisme)	0.2	Rp 100.000	Rp 73.554	0.06	Rp 4.413

NPV yang diharapkan (yaitu, jumlah PV tertimbang) = Rp 37.603

Probabilitas arus kas positif = 80%

Gambar 3.5 Pohon keputusan untuk penganggaran modal.

Nilai PV tertimbang di kolom G pada Gambar 3.5 menunjukkan campuran arus kas keluar (20%) untuk opsi pesimis dan arus masuk (80%) untuk dua opsi lainnya. Angka-angka ini menunjukkan bahwa proyek tidak sepenuhnya bebas risiko. Namun, probabilitas 80% dari arus kas positif dan ukuran pengembalian proyek (diberikan oleh nilai NPV) dapat meyakinkan manajemen bahwa risiko tersebut layak untuk diambil.

3.8 ANALISIS ARUS KAS

Sebuah bisnis harus memiliki arus kas yang stabil yang bergerak melalui sistem untuk memenuhi komitmen regulernya seperti upah, bahan baku, tarif dan sewa, bahan bakar dan listrik, dan lain-lain. Jika arus kas ini melambat, misalnya karena piutang tak tertagih , maka masalah 'arus kas' terjadi dan bisnis mungkin menghadapi kesulitan serius. Oleh karena itu, masuk akal bisnis yang baik untuk melakukan analisis arus kas secara teratur dari posisi keuangan perusahaan. Istilah 'perkiraan arus kas' dan 'penganggaran kas' identik dengan analisis arus kas.

Analisis arus kas adalah laporan keuangan dari kas yang diharapkan mengalir masuk dan keluar dari bisnis selama periode tertentu di masa depan. Ketika memastikan kesehatan ekonomi perusahaan, arus kas lebih objektif daripada laba akuntansi. Laba dihitung secara periodik, biasanya triwulanan atau tahunan, sedangkan arus kas dapat dilakukan setiap saat. Prosedur akuntansi tidak memberikan pandangan berkelanjutan tentang aktivitas perusahaan seperti yang dilakukan oleh analisis arus kas. Istilah 'uang tunai' biasanya mengacu pada uang tunai di tangan dan uang tunai di bank. Perkiraan arus kas tipikal adalah jangka pendek, mencakup sekitar enam bulan hingga satu tahun. Tata letak laporan arus kas menunjukkan rincian arus kas masuk di bagian atas dengan rincian arus kas keluar di bagian bawah.

STUDI KASUS 3.1 Model arus kas untuk Bill's Barbecues

Bill Brown adalah pemilik baru Bill's Barbecues, yang memproduksi unit barbekyu. Dia memiliki modal sebesar Rp. 7500 di banknya. Bill baru saja diberitahu bahwa dia telah memenangkan Rp. 35.000 dalam lotere nasional dan, ketika dia menerimanya pada bulan Juni, dia berniat untuk menginvestasikan uang ini di perusahaannya. Bill berencana memproduksi 60 unit per bulan, tetapi mengharapkan penjualan dimulai dari 30 unit pada Februari, meningkat dalam langkah 10 hingga Mei dan kemudian dalam langkah 20 pada Juni dan Juli ketika mereka akan mencapai 100 unit per bulan. Barbekyu akan dijual seharga Rp. 180 masing-masing tetapi akun pelanggannya hanya akan diselesaikan pada bulan ketiga setelah bulan pembelian.

Bill menghitung bahwa biaya overhead-nya akan menjadi Rp. 1000 per bulan, yang harus dibayar tunggakan satu bulan. Pada bulan April, dia akan menghabiskan Rp. 25.000 untuk peralatan dan mesin yang dibutuhkan untuk menjalankan bisnis. Biaya produksi per unitnya, yang diperkirakan tidak akan meningkat dalam periode yang ditinjau, adalah: Bahan, Rp. 50; Tenaga Kerja, Rp. 40; Variabel, Rp. 30. Dia akan membeli bahan sesuai kebutuhan,

membayarnya dua bulan kemudian. Biaya tenaga kerja harus dibayar di bulan produksi, seperti juga biaya variabelnya.

Untuk memuaskan manajer banknya bahwa permintaannya untuk fasilitas cerukan Rp. 25.000 akan cukup untuk memenuhi kebutuhan perusahaan barunya, Bill Brown perlu menyusun analisis arus kas untuk enam bulan pertama operasi, yaitu dari Februari sampai Juli. Biaya bunga bank adalah 1,5% per bulan dari over draft bulan sebelumnya. Bill telah meminta Anda untuk membantunya. Setelah menyiapkan model arus kas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6, Anda sekarang menunjukkan kepada Bill bagaimana menggunakan templat rumus Tabel 3.5 untuk membangun model.

Skenario 'bagaimana-jika' lebih lanjut

Pada bulan Mei, Bill Brown menemukan bahwa bisnisnya berjalan dengan sangat baik seperti yang telah diantisipasinya. Pesanan di muka menunjukkan bahwa penjualan kemungkinan akan dipertahankan pada tingkat Juli selama Agustus dan September, turun menjadi 30 pada Oktober dan 20 pada November. Ini sangat membesarkan hati, tetapi membuat Bill menghadapi masalah bagaimana dia bisa memenuhi permintaan itu. Kapasitas produksinya sebesar 60 barbeque per bulan telah mencukupi pada tahap awal karena ia telah membangun stok yang cukup untuk memenuhi permintaan Juni/Juli. Namun, Bill memperkirakan stok masih perlu ditambah jika ingin memenuhi prediksi penjualan Agustus dan September.

Skenario 1

Karena terkesan dengan ramalan arus kas pertama Anda, Bill Brown telah memutuskan bahwa dia perlu memperpanjang analisisnya hingga November. Lembar kerja Gambar 3.6 saat ini harus dimodifikasi untuk membuat skenario pertama ini. Untuk melakukan ini, perpanjang jumlah bulan pada Gambar 3.6 dari Juli hingga November. Salin kolom H ke kolom I ke L. Spreadsheet yang diperluas akan terlihat mirip dengan Gambar 3.7 yang memiliki kolom C ke F tersembunyi untuk presentasi yang lebih jelas. (Abaikan rentang sel di baris 19–23 yang merupakan bagian dari skenario 2.)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Studi Kasus 3.1 - Model analisis arus kas untuk Bill's Barbecues**								
2									
3			**FEB**	**MAR**	**APR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	
4									
5		*Cash di Bank*	Rp 7.500	Rp 3.300	Rp 1.900	Rp 35.129	Rp 38.455	Rp 5.032	
6									
7		***CASH INFLOW:***							
8		Volume penjualan	30	40	50	60	80	100	
9									
10		Harga satuan	Rp 180	Rp 180	Rp 180	Rp 180	Rp 180	Rp 180	
11		Pendapatan Penjualan				Rp 5.400	Rp 7.200	Rp 9.000	
12		Kemenangan Lotere					Rp 35.000		
13									
14		*Total Inflow*	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 5.400	Rp 42.200	Rp 9.000	
15									
16		***CASH OUTFLOW:***							
17		Volume produksi	60	60	60	60	60	60	
18		Biaya Satuan							
19		bahan	Rp 50	Rp 50	Rp 50	Rp 50	Rp 50	Rp 50	
20		tenaga kerja	Rp 40	Rp 40	Rp 40	Rp 40	Rp 40	Rp 40	
21		variabel	Rp 30	Rp 30	Rp 30	Rp 30	Rp 30	Rp 30	
22		Total Biaya Produk	Rp 4.200	Rp 4.200	Rp 7.200	Rp 7.200	Rp 7.200	Rp 7.200	
23									
24		Overhead Tetap		Rp 1.000	Rp 1.000	Rp 1.000	Rp 1.000	Rp 1.000	
25		Mesin Baru			Rp 25.000				
26		Biaya cerukan	Rp 0	Rp 0	Rp 29	Rp 527	Rp 577	Rp 75	
27									
28		*Total Outflow*	Rp 4.200	Rp 5.200	Rp 33.229	Rp 8.727	Rp 8.777	Rp 8.275	
29									
30		***C/F ke Bank***	***Rp 3.300***	***-Rp 1.900***	***-Rp 35.129***	***-Rp38.455***	***-Rp 5.032***	***-Rp 4.308***	
31									
32		*All user input cells are shaded*							

Gambar 3.6 Model arus kas untuk Bill's Barbecues.

Skenario 2

Kerja lembur, yang pasti akan meningkatkan biaya tenaga kerjanya, tampaknya diperlukan dan Bill mulai memikirkan bagaimana hal ini dapat diatur. Lembur hari kerja dan Sabtu pagi akan menghabiskan waktu setengahnya; Sabtu siang dan Minggu pagi, double time. Dengan situasi pekerjaan seperti itu dan liburan musim panas di cakrawala, tenaga kerjanya (saat ini bekerja 5 delapan jam sehari) akan senang dengan lembur tetapi masalah Bill adalah berapa banyak, kapan, dan bagaimana hal itu akan mempengaruhi over draft-nya? Ini pertanyaan benar-benar contoh analisis 'bagaimana-jika'. Bill tidak meminta Anda untuk melakukan beberapa modifikasi lebih lanjut terhadap model arus kas yang asli.

Anda mungkin berasumsi bahwa hanya biaya tenaga kerja yang akan terpengaruh oleh kerja lembur, yang akan dibatasi pada shift empat jam selama hari kerja. Anda harus ingat bahwa Bill tidak dapat meningkatkan arus kasnya dengan menjual barbekyu yang belum

diproduksinya! Asumsikan empat minggu kerja per bulan, dan jangan lupa untuk mengizinkan liburan musim panas (1 minggu di bulan Juli). Agar Bill Brown dapat lebih menghargai logika di balik tindakan Anda, catat setiap skenario 'bagaimana-jika' alternatif yang telah Anda selidiki, cetak salinan cetak dengan sub-judul. Berikut langkah-langkah membuat skenario 2 dari Gambar 3.7.

- Sisipkan enam baris baru setelah baris 17 dari Gambar 3.6. Pertama, tempatkan kursor di manapun pada baris 18 dan kemudian gunakan perintah Insert|Rows berulang kali.
- Salin teks ke dalam sel B18:B23 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.
- Dengan menggunakan templat Tabel 3.6, masukkan rumus ke dalam baris yang baru dibuat, lalu format sel baru dengan tepat. Ubah baris lain seperti yang ditunjukkan.

	A	B	G	H	I	J	K	L	M
1	**Studi Kasus 3.1 - Skenario arus kas lebih lanjut untuk Bill's Barbecues**								
2									
3		Skenario 1	**JUN**	**JUL**	**AUG**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	
4									
5		*Cash di Bank*	-Rp 38.455	-Rp 5.032	-Rp 4.308	-Rp 1.772	Rp 14.401	Rp 14.201	
6									
7		***CASH INFLOW:***							
8		Volume penjualan	80	100	100	100	30	20	
9									
10		Harga satuan	Rp 180	Rp 180	Rp 180	Rp 180	Rp 180	Rp 180	
11		Pendapatan Penjualan	Rp 7.200	Rp 9.000	Rp 10.800	Rp 14.400	Rp 18.000	Rp 18.000	
12		Kemenangan Lotere	Rp 35.000						
13									
14		*Total Inflow*	Rp 42.200	Rp 9.000	Rp 10.800	Rp 14.400	Rp 18.000	Rp 18.000	
15									
16		***CASH OUTFLOW:***							
17		Volume produksi	60	60	60	60	60	60	
18		Skenario 2	*Analisis 'Bagaimana Jika': masukkan nilai uji coba di baris 'Produksi Ekstra'*						
19		Produksi Ekstra							
20		TENAGA KERJA Lembur (Rp)	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 0	
21		Unit Surplus	−20	−40	−40	−40	30	40	
22		Surplus Kumulatif	40	0	−40	−80	−50	−10	
23		***C/F ke Bank***	***-Rp 5.032***	***-Rp 4.308***	***-Rp 1.772***	***Rp 4.401***	***Rp 14.201***	***Rp 24.001***	
24		Biaya Satuan							
25		bahan	Rp 50	Rp 50	Rp 50	Rp 50	Rp 50	Rp 50	
26		tenaga kerja	Rp 40	Rp 40	Rp 40	Rp 40	Rp 40	Rp 40	
27		variabel	Rp 30	Rp 30	Rp 30	Rp 30	Rp 30	Rp 30	
28		Total Biaya Produk	Rp 7,200	Rp 7,200	Rp 7,200	Rp 7,200	Rp 7,200	Rp 7,200	
29									
30		Overhead Tetap	Rp 1,000	Rp 1,000	Rp 1,000	Rp 1,000	Rp 1,000	Rp 1,000	
31		Mesin Baru							
32		Biaya cerukan	Rp 77	Rp 75	Rp 65	Rp 27	Rp 0	Rp 0	
33									
34		*Total Outflow*	Rp 8,777	Rp 8,275	Rp 8,265	Rp 8,227	Rp 8,200	Rp 8,200	
35									
36		***C/F ke Bank***	***-Rp 5.032***	***-Rp 4.308***	***-Rp 1.772***	***Rp 4.401***	***Rp 14.201***	***Rp 24.001***	
37									
38		Perhatikan bahwa kolom C hingga F telah disembunyikan untuk presentasi yang lebih jelas							

Gambar 3.7 Skenario arus kas yang diperluas untuk Bill's Barbecues

Untuk memahami logika di balik skenario 2, studi kasus harus dipelajari dengan cermat dan fakta-fakta berikut diverifikasi:

- Sembilan barbekyu tambahan dapat diproduksi setiap minggu dengan biaya tenaga kerja tambahan sebesar Rp. 20 per satuan. Tiga barbekyu selanjutnya dapat diproduksi setiap minggu dengan biaya tambahan sebesar Rp. 40 per satuan. Karena bulan tenaga kerja terdiri dari empat minggu, 36 barbekyu tambahan dapat diproduksi setiap bulan dengan total biaya tenaga kerja Rp. 720, sementara 12 unit tambahan akan dikenakan biaya tambahan Rp. 480.
- Produksi barbekyu bulanan normal adalah 60, yaitu, tiga unit per hari. Oleh karena itu, pengguna harus menghitung produksi ekstra dalam kelipatan tiga unit.
- Karena libur Juli, produksi hanya bisa dicapai dalam tiga minggu di bulan Juli.
- Informasi yang dilingkari pada baris 22 dari Gambar 3.7 menunjukkan kekurangan selama empat bulan Agustus hingga November. Kekurangan ini harus dihilangkan dengan produksi ekstra, dengan kriteria sebagai berikut:
    - apresiasi pekerja terhadap uang pra-liburan selama bulan Juni/Juli
    - kurangnya apresiasi bank terhadap peningkatan wesel selama periode Juni/Agustus!

Tabel 3.5 Analisis arus kas – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
D5	C30	E5:H5
D10	$C10	E10:H10
F11	C8*C10	G11:H11
C14	SUM(C11:C13)	D14:H14
D17	$C17	E17:H17
D19	$C19	D19:H21
C22	SUM(C20:C21)*C17	D22
E22	SUM(E19:E2l)*E17	F22:H22
E24	$D24	F24:H24
C26	IF(C5 < 0, ABS(0.015*C5), 0)	D26:H26
C28	SUM(C22:C27)	D28:H28
C30	C5 + C14 – C28	D30:H30

Tabel 3.6 Analisis arus kas yang dimodifikasi – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
C20	IF(C19 > 36, 720 + (C19 – 36)*40, C19*20)	D20:L20
C21	C17 – C8 + C19	D21:L21
C22	C21	
D22	C22 + D21	E22:L22
C23	C36	D23:L23
G24	IF(H19 > 27, “Remember July holidays!”, ””)	
C28	SUM(C26:C27)*C17 + C20	D28
E28	SUM(E25:E27)*E17 + E20	F28:L28

	FEB	MAR	APR	JUN	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV
Skenario 2	*Analisis 'Bagaimana Jika': masukkan nilai uji coba di baris 'Produksi Ekstra'*									
Produksi Ekstra					***30***	***24***	***27***			
TENAGA KERJA Lembur (Rp)	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 600	Rp 480	Rp 540	Rp 0	Rp 0	Rp 0
Unit Surplus	30	20	10	0	10	−16	−13	−40	30	40
Surplus Kumulatif	30	50	60	60	70	54	41	1	31	71
C/F ke Bank (Rp 000)	***3.30***	***−1.90***	***−35.13***	***−38.46***	***−5.63***	***−5.40***	***−3.42***	***2.73***	***12.53***	***22.33***

Skenario 2 (lanjutan)	*Analisis 'Bagaimana Jika': masukkan nilai uji coba di baris 'Produksi Ekstra'*									
Produksi Ekstra				***27***	***18***	***18***	***18***			
TENAGA KERJA Lembur (Rp)	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 540	Rp 360	Rp 360	Rp 360	Rp 0	Rp 0	Rp 0
Unit Surplus	30	20	10	27	−2	−22	−22	−40	30	40
Surplus Kumulatif	30	50	60	87	85	63	41	1	31	71
C/F ke Bank (Rp 000)	***3.30***	***−1.90***	***−35.13***	***−39.00***	***−5.94***	***−5.59***	***−3.43***	***2.73***	***12.53***	***22.33***

Gambar 3.8 Hasil analisis 'bagaimana-jika' untuk Skenario 2.

Jawaban yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 diperoleh dengan coba-coba. Pengguna memasukkan berbagai kombinasi ke baris 'Produksi ekstra' (baris 19 pada Gambar 3.7) selama beberapa bulan, mulai dari April hingga September. Setiap analisis 'bagaimana jika' akan menghasilkan hasil yang berbeda yang dibandingkan dengan jawaban sebelumnya. Pengguna kemudian akan memilih kombinasi yang paling sesuai dengan tujuan Bob untuk memuaskan pekerja dan bank. Gambar 3.8 menunjukkan bahwa 27 unit tambahan pada bulan Mei dan jumlah yang sama selanjutnya sebesar 18 unit pada bulan Juni hingga Agustus memberikan hasil yang dapat diterima.

3.9 PEMBIAYAAN INVESTASI: MODEL SIMULASI

Mighty Big Corporation mengkhususkan diri dalam proyek konstruksi besar. Perusahaan berencana untuk membangun fasilitas produksi baru dan harus memutuskan bagaimana membiayai proyek tersebut. Biaya konstruksi sulit ditentukan secara pasti karena potensi penundaan dan inflasi. Dalam beberapa tahun terakhir, variasi biaya konstruksi telah menunjukkan pola yang mirip dengan tabel probabilitas di bawah ini. Divisi keuangan perusahaan telah memutuskan untuk mengumpulkan dana dengan (i) menerbitkan obligasi dan (ii) meminjam dari banknya. Obligasi akan menghasilkan 8,5% per tahun bagi investor, sedangkan tingkat bunga pinjaman bank adalah 10% per tahun. Bank telah menetapkan persyaratan pinjaman bahwa flotasi obligasi tidak boleh lebih dari 11/2 kali jumlah pinjaman. Jika STEKOM Big Corporation tidak dapat mengumpulkan dana yang cukup dari dua opsi ini, ia akan meminjam jumlah yang tersisa dari perusahaan asuransi. Karena perusahaan asuransi relatif baru mengenal perbankan dan berusaha meningkatkan basis pelanggan mereka, mereka menawarkan suku bunga pinjaman yang kompetitif. Namun, ada variasi yang luas dalam tingkat bunga asuransi, sehingga STEKOM Big Corporation telah meminta divisi

keuangannya untuk membuat tabel kemungkinan tingkat bunga. Perusahaan sekarang harus memutuskan cara termurah untuk membiayai fasilitas produksi baru. Berikut ini daftar probabilitas untuk biaya konstruksi.

Biaya konstruksi (Rp. juta)		10	15	20	25
Kemungkinan		0.2	0.4	0.3	0.1
Tabel probabilitas untuk suku bunga perusahaan asuransi					
Suku bunga tahunan (%)	8	9	10	11	12
Kemungkinan	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1

Masalah simulasi ini memiliki kompleksitas tambahan kendala pemrograman linier (LP). Solusinya melibatkan dua langkah, yaitu (i) membangun model simulasi menggunakan tabel probabilitas yang ditunjukkan di atas, dan (ii) menyatakan kembali masalah sebagai latihan LP.

CONTOH 3.7 Analisis investasi untuk STEKOM Big Corporation

Langkah 1: Simulasikan tabel probabilitas

Langkah pertama adalah menentukan nilai yang paling mungkin untuk variabel acak – biaya konstruksi C, dan tingkat bunga perusahaan asuransi, i. Nilai-nilai ini ditemukan dengan membangun model simulasi menggunakan dua tabel probabilitas yang ditunjukkan di atas. Model Gambar 3.9 secara acak menghasilkan nilai untuk tingkat asuransi dan biaya konstruksi pada sampel 30 percobaan. Pada kenyataannya, perkiraan yang lebih tepat dari nilai rata-rata untuk biaya konstruksi C dan tingkat bunga i akan dicapai dengan mensimulasikan beberapa ratus percobaa.

Setiap kali tombol kalkulasi ulang F9 ditekan, rangkaian baru 30 nilai acak akan dihasilkan untuk tingkat bunga i, dan biaya konstruksi C. Nilai rata-rata i = 0,1 dan C = 16,8 adalah angka paling umum yang muncul pada baris 31 dari modelnya. Nilai-nilai ini sekarang akan digunakan sebagai output untuk langkah berikutnya. Template rumus untuk model simulasi ditunjukkan pada Tabel 3.7.

Langkah 2: Menyatakan kembali masalah sebagai latihan LP

Misalkan C = biaya konstruksi yang tidak pasti dari fasilitas baru (Rp. m.) (akan ditentukan pada langkah 1 dengan menggunakan simulasi)

Misalkan B, L_B, L_I = jumlah optimum (dalam Rp. m.) yang diperoleh dari obligasi (B), pinjaman bank (L_B), dan pinjaman asuransi (L_I)

Tujuan STEKOM Big Corporation adalah untuk meminimalkan total biaya bunga, yaitu meminimalkan fungsi tujuan, Z (dalam Rp. m.), di mana

$$Z = 0{,}085B + 0{,}1L_B + iL_I$$

dan i = tingkat bunga asuransi yang tidak pasti

(akan ditentukan pada langkah 1 dengan menggunakan simulasi)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	**Contoh 3.7 - Model simulasi untuk pembiayaan investasi - Langkah 1**										
2											
3		***Tabel 2:*** Suku bunga asuransi					***Tabel 1:*** Biaya konstruksi				
4		<--Limits-->			Suku		<--Limits-->			Biaya	
5		Terendah	Teratas	Pi	bunga, i		Terendah	Teratas	Pi	(Rp)	
6		0	0.10	0.1	8.0%		0	0.20	0.2	10	
7		0.10	0.30	0.2	9.0%		0.20	0.60	0.4	15	
8		0.30	0.60	0.3	10.0%		0.60	0.90	0.3	20	
9		0.60	0.90	0.3	11.0%		0.90	1.00	0.1	25	
10		0.90	1.00	0.1	12%		*All user input cells are shaded*				
11											
12		***Suku bunga asuransi, i***					***Biaya konstruksi, C***				
13		Uji coba	Hasil	Uji coba	Hasil		Uji coba	Hasil	Uji coba	Hasil	
14		*1*	0.1	*16*	0.1		*1*	10	*16*	15	
15		*2*	0.11	*17*	0.09		*2*	25	*17*	15	
16		*3*	0.08	*18*	0.08		*3*	15	*18*	20	
17		*4*	0.09	*19*	0.11		*4*	10	*19*	20	
18		*5*	0.11	*20*	0.11		*5*	20	*20*	10	
19		*6*	0.09	*21*	0.08		*6*	15	*21*	25	
20		*7*	0.12	*22*	0.1		*7*	10	*22*	10	
21		*8*	0.08	*23*	0.12		*8*	20	*23*	15	
22		*9*	0.12	*24*	0.1		*9*	20	*24*	15	
23		*10*	0.11	*25*	0.1		*10*	15	*25*	25	
24		*11*	0.1	*26*	0.11		*11*	25	*26*	20	
25		*12*	0.1	*27*	0.11		*12*	15	*27*	20	
26		*13*	0.11	*28*	0.09		*13*	10	*28*	15	
27		*14*	0.1	*29*	0.1		*14*	15	*29*	15	
28		*15*	0.1	*30*	0.09		*15*	25	*30*	15	
29		***Total:***	1.52		1.49		***Total:***	250		255	
30											
31		Bunga rata-rata, i =			***0.100***		Konstruksi rata-rata, C =			***16.8***	
32											

Gambar 3.9 Model simulasi untuk pembiayaan investasi (langkah 1).

tunduk pada tiga batasan berikut:

$$B \leq 1.5\ L_B \text{ (Ketentuan pinjaman bank)}$$

$$B\ ,\ L_I,\ L_B \leq 0 \text{ (Semua jumlah harus positif)}$$

$$B + L_B + L_I \leq C \text{ (Pinjaman harus sebesar total biaya konstruksi)}$$

Model LP dari Gambar 3.10 menggunakan nilai simulasi yang ditemukan pada langkah 1, yaitu, tingkat bunga i = 0,1 (10%) dan biaya konstruksi C = Rp. 16,8 juta, sebagai parameter input. Model LP telah menemukan solusi yang memberikan angka suku bunga minimum Rp. 1,53 juta. Jumlah ini dicapai oleh STEKOM BigCorporation yang meminjam Rp. 6,72 juta dari banknya dan memperoleh sisanya dengan mengeluarkan Rp. 10,08 juta. senilai obligasi.

Tabel 3.7 Model simulasi – rumus lembar kerja

Cell	Formula	Copied to
C6	D6	
B7	C6	B8:B10
C7	B7 + D7	C8:C10
H6	I6	
G7	H6	G8:G9
H7	G7 + I7	H8:H9
C14	VLOOKUP(RAND(), $B$6:$E$10, 4)	C15:C28, E14:E28
H14	VLOOKUP(RAND(), $G$6:$J$9, 4)	H15:H28, J14:J28
C29	SUM(C24:C28)	E29, H29, J29
E31	(C29 + E29)/30	J31

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Contoh 3.7 - Model LP untuk pembiayaan investasi - Langkah 2**									
2										
3			Suku bunga asuransi, i =	***0,10***			Biaya konstruksi, C =		***16,8***	
4			Suku bunga bank =	10,0%		*User input cells are shaded*				
5			Suku bunga obligasi =	8,5%						
6								***Penyelesaian***		
7			**Kendala:** Ketentuan peminjaman bank =			10,08		***0***	= L_1	
8			Ukuran total pinjaman =			16,8		***6,72***	= L_B	
9								***10,08***	= B	
10										
11			***Fungsi objektif: Meminimalkan total biaya suku bunga =***					***1,53***	(Rp juta)	
12										
13										
14		***Parameter Pemecah***								
15		***Tetapkan Cell Target:***		H11						
16		***Sama dengan:***		Min						
17		***Dengan Mengubah Cell:***		H7:H9						
18		***Subject to Constraints:***		H9 <= F7		= Ketentuan peminjaman bank				
19				F8 >= 13		= Total pinjaman >= biaya konstruksi				
20				H17:H9 >= 0		= Semua jumlah harus positif				
21										
22		***Cell***				***Copied to***				
23		F7	1.5*H8							
24		F8	SUM(H7:H9)							
25		H11	SUMPRODUCT(D3:D5,H7:H9)							
26										

Gambar 3.10 Model LP untuk pembiayaan investasi (langkah 2).

3.10 PERENCANAAN KEUANGAN

Perencanaan keuangan dan peramalan bisnis adalah istilah yang sering digunakan secara bergantian. Namun, ada perbedaan yang jelas antara perencanaan - yaitu tentang

merumuskan kegiatan masa depan di mana perencana memiliki kendali, dan peramalan - yaitu tentang memprediksi peristiwa di mana perencana tidak memiliki kendali. Misalnya, sebuah keluarga mungkin merencanakan piknik berdasarkan ramalan cuaca. Seberapa sering rencana seperti itu rusak karena peramalan yang buruk? Namun, peramalan bisnis yang didasarkan pada polarisasi ekstra data perusahaan historis, dianggap lebih andal daripada peramalan cuaca! Tujuan utama dari peramalan keuangan adalah untuk membantu perencanaan dan pengambilan keputusan. Model peramalan bisnis dibahas dalam Bab 6.

Masalah perencanaan keuangan dapat dianggap sebagai semi-terstruktur, yaitu mengandung seperangkat asumsi, beberapa di antaranya dibuat dengan tingkat kepercayaan yang tinggi sementara yang lain sedikit lebih dari sekadar tebakan. Tujuan dari membuat model keuangan berbasis komputer adalah untuk memungkinkan perencana untuk 'bermain-main dengan tebakan terpelajar ini' dengan mengajukan sejumlah pertanyaan 'bagaimana jika' sampai gambaran yang lebih jelas muncul. Sebuah model memungkinkan perencana untuk melihat langsung hasil perubahannya terhadap variabel yang memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi. Dengan mengembangkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana variabel tersebut dapat mempengaruhi hasil, tingkat ketidakpastian mereka berkurang.

Analisis sensitivitas melibatkan perencana yang mengajukan serangkaian pertanyaan 'bagaimana-jika' untuk menentukan variabel mana yang memiliki pengaruh besar pada hasil, dan variabel mana yang tidak memengaruhi hasil dan oleh karena itu dapat diabaikan dengan aman. Misalnya, analisis sensitivitas 'bagaimana-jika' mungkin mengungkap bahwa biaya komponen tertentu yang digunakan dalam produk P tunduk pada variasi yang cukup besar dan tidak dapat diprediksi. Namun, sensitivitas komponen terhadap biaya memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap penetapan harga produk P karena komponen tersebut mewakili elemen kecil dari total biaya. Dalam situasi ini, komponen dapat diabaikan. Pertimbangkan studi kasus berikut yang melibatkan pengembangan model perencanaan keuangan.

STUDI KASUS 3.2 Model perencanaan keuangan

Kitchen ware Products adalah produsen kecil peralatan dapur stainless steel. Ini sedang mempertimbangkan produksi dan pemasaran pisau ukir jenis baru. Perkiraan awal menunjukkan bahwa perusahaan dapat menjual 40.000 unit pada tahun pertama dan berharap dapat meningkatkan penjualan sebanyak 10% per tahun setelahnya. Biaya variabel per unit diperkirakan sebagai berikut: bahan baku, Rp. 3,00; kemasan, Rp. 0,90; tenaga kerja langsung, Rp. 2.00; distribusi, Rp. 1,00.

Tingkat inflasi untuk tiga tahun ke depan diperkirakan sebesar 3%, 5% dan 6%. Inflasi akan mempengaruhi biaya variabel untuk produk tetapi biaya tetap kemungkinan akan tetap pada tingkat yang sama sebesar Rp. 10.000 selama empat tahun ke depan. Dalam menghitung keuntungan selama empat tahun ke depan, tarif pajak dapat diambil sebesar 23%. Produk Peralatan Dapur bermaksud menjual pisau ukir seharga Rp. 8 untuk tahun pertama dengan kenaikan tahunan sebesar Rp. 0,30 setelahnya.

Produk Dapur telah meminta Anda untuk mengembangkan model perencanaan keuangan sehingga mereka dapat menentukan bagaimana laba bersih akan dipengaruhi oleh perubahan volume penjualan yang direncanakan dan harga produk selama tahun 2 sampai 4. Perkiraan yang diberikan mewakili 'basecase' untuk empat tahun. Karena Kitchenware ingin memeriksa model dalam hal 'perubahan persentase' dari kasus dasar ini, harus ada faktor '% Perubahan' untuk volume penjualan dan harga produk yang dimasukkan ke dalam model (lihat sel keliling ganda pada Gambar 3.11). Kolom C berisi nilai perencanaan (yaitu, asumsi awal), kolom D mewakili tahun 1, kolom E hingga G berisi rincian untuk horizon perencanaan tiga tahun, dan kolom H berisi total untuk keempat tahun. Dengan menggunakan templat rumus (Tabel 3.8), buat model lembar kerja dari Gambar 3.11.

Setelah membangun model perencanaan keuangan, Kitchenware Products sekarang ingin melihat tiga skenario 'bagaimana jika'.

- Skenario 1 Misalkan inflasi diperkirakan sebesar 6% selama tahun kedua dan 8% setelahnya. Berapa keuntungan dari pisau ukir baru dalam situasi seperti ini?
- Skenario 2 Misalkan perusahaan memutuskan untuk menjual 3% lebih banyak unit per tahun serta meningkatkan harga jual saat ini sebesar 10% per tahun. Apa pengaruhnya terhadap 'laba bersih setelah pajak' untuk setiap tahun?
- Skenario 3 Misalkan Produk Peralatan Dapur memutuskan untuk memvariasikan proyeksi volume penjualan pada kisaran dari –5% hingga 10% dari asumsi awal. Perusahaan ingin melihat bagaimana 'Laba bersih setelah pajak' akan berubah seiring dengan perubahan volume penjualan yang diproyeksikan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Studi Kasus 3.2 - Model perencanaan keuangan untuk Produk Peralatan Dapur**								
2									
3			*Nilai*	<------- Perencanaan Horizon ------->					
4			*Perencanaan*	**Tahun 1**	**Tahun 2**	**Tahun 3**	**Tahun 4**	**Total**	
5		***Penjualan***	40000						
6		Pertumb. yg Direncanakan	10%						
7	▶	% Ubah Volume							
8		Vol. Penj. yg Direncanakan		40.000	44.000	48.400	53.240	185.640	
9		Volume Penjualan Aktual		40.000	44.000	48.400	53.240	185.640	
10									
11		***Harga Produk***	Rp 8,00						
12		Kenaikan Harga	Rp 0,30						
13	▶	% Perubahan Harga							
14		Harga yang Direncanakan		Rp 8,00	Rp 8,30	Rp 8,60	Rp 8,90		
15		Harga sebenarnya		Rp 8,00	Rp 8,30	Rp 8,60	Rp 8,90		
16									
17		***Pendapatan penj.***		Rp 320.000	Rp 365.200	Rp 416.240	Rp 473.836	1.575.276	
18									
19	▶	Inflasi	0%	3%	5%	6%			
20									
21		***Biaya Unit Variabel***							
22		Bahan bakuBiaya	Rp 3,00	Rp 3,00	Rp 3,09	Rp 3,24	Rp 3,44		
23		Tenaga Kerja	Rp 2,00	Rp 2,00	Rp 2,06	Rp 2,16	Rp 2,29		
24		Kemasan	Rp 0,90	Rp 0,90	Rp 0,93	Rp 0,97	Rp 1,03		
25		Distribusi	Rp 1,00	Rp 1,00	Rp 1,03	Rp 1,08	Rp 1,15		
26		*Total Biaya Satuan*		Rp 6,90	Rp 7,11	Rp 7,46	Rp 7,91		
27									
28		***Biaya langsung***		Rp 276.000	Rp 312.708	Rp 361.178	Rp 421.133	Rp 1.371.019	
29									
30		***Laba kotor***		Rp 44.000	Rp 52.492	Rp 55.062	Rp 52.703	Rp 204.257	
31									
32		Biaya Tetap	Rp 10.000	Rp 10.000	Rp 10.000	Rp 10.000	Rp 10.000		
33									
34		Laba bersih sebelum pajak		Rp 34.000	Rp 42.492	Rp 45.062	Rp 42.703	Rp 164.257	
35		Dikurangi: pajak @	23%	Rp 7.820	Rp 9.773	Rp 10.364	Rp 9.822		
36									
37	▶	***Laba bersih setelah pajak***		Rp 26.180	Rp 32.719	Rp 34.698	Rp 32.881	Rp 126.478	
38									
39		*Input data cells are shaded*							

Gambar 3.11 Model Perencanaan Keuangan Produk Peralatan Dapur.

Tugas pertama adalah menyiapkan 'tabel hasil' di baris 40-57 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12. Tabel hasil ini akan menyimpan catatan permanen laba bersih setelah pajak untuk setiap situasi. Sekarang salin angka laba-setelah-pajak dari lembar kerja (Baris 37) ke

dalam baris 45 (salin dengan tangan – jangan gunakan rumus Excel apa pun!). Ingatlah bahwa semua skenario 'bagaimana-jika' mengacu pada kasus dasar Gambar 3.11. Penting untuk memeriksa bahwa semua sel yang diubah telah diubah kembali ke nilai aslinya, sebelum melanjutkan ke skenario 'bagaimana-jika' yang baru.

Tabel 3.8 Perencanaan keuangan – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
D8	C5	
E8	D8*(1 + $C6)	F8:G8
H8	SUM(D8:G8)	H9
D9	D8*(1 + $C7)	E9:G9
D14	C11	
E14	D14 + $C12	F14:G14
D15	D 14*(1 + $C13)	E15:G15
D17	D15*D9	E17:G17
H17	SUM(D17:G17)	
D22	C22*(1 + C$19)	D22:G25
D26	SUM(D22:D25)	E26:G26
D28	D9*D26	E28:G28
H28	SUM(D28:G28)	H30
D30	D17 – D28	E30:G30
D32	$C32	E32:G32
D34	D30 – D32	E34:G34
H34	SUM(D34:G34)	H37
D35	$C35*D34	E35:G35
D37	D34 – D35	E37:G37

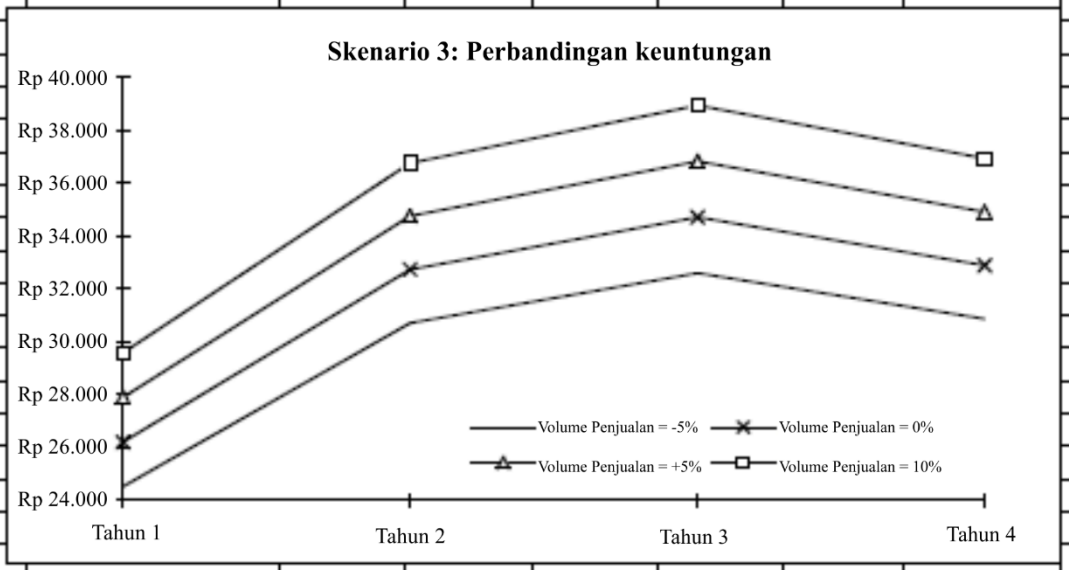
Terakhir, untuk membantu Produk Peralatan Dapur memvisualisasikan tabel gambar dalam Skenario 3, gambarlah grafik menggunakan Excel's Chart Wizard yang menunjukkan 'perbandingan keuntungan' untuk volume penjualan yang berbeda (perhatikan bahwa keuntungan mencapai puncaknya pada tahun 3). Dalam studi kasus ini, laporan ringkasan dari masing-masing skenario 'laba bersih setelah pajak' sudah cukup. Namun, jika detail spreadsheet lengkap diperlukan untuk sebuah skenario, maka Manajer Skenario Excel dapat digunakan. Saat menggunakan Manajer Skenario, yang diaktifkan oleh perintah Alat|Skenario, skenario 'Kasus Dasar' juga harus disertakan untuk memastikan bahwa nilai sel KASUS BASE asli dipulihkan dengan benar.

3.11 PRODUK TAMBAHAN KOMERSIAL UNTUK EXCEL

Add-in, seperti namanya, bukanlah bagian standar Excel tetapi merupakan komponen terpisah yang dirancang untuk memperluas kemampuan Excel dengan mulus. Excel hadir dengan pustaka add-in bawaannya sendiri termasuk Solver, Analysis ToolPak, dan Internet Assistant. File tambahan, yang selalu memiliki. Ekstensi XLA, dapat diinstal atau dihapus menggunakan perintah Tools|Add-Ins.... Empat vendor utama perangkat lunak tambahan adalah Palisade (www.palisade-europe.com), Decisioneering

(www.decisioneering.com), Frontline Systems (www.solver.com), dan LINDO Systems (www.lindo.com). Dua perusahaan pertama menawarkan alat analisis risiko dan keputusan sementara dua perusahaan terakhir mengkhususkan diri dalam pengoptimalan spreadsheet. Rangkaian program DecisionTools dari Palisade berisi tujuh produk – @RISK, PrecisionTree, TopRank, RISKOptimizer, BestFit, RISKview, dan @RISKAccelerator – yang bekerja bersama dalam lingkungan terintegrasi untuk menyediakan analisis gabungan dan fungsionalitas maksimal.The@RISKadd-in untuk Excel menyediakan analisis risiko dan simulasi Monte Carlo, sementara Precision Tree membuat diagram pengaruh dan pohon keputusan dalam spreadsheet yang ada. Produk Decisioneering yang paling populer adalah Crystal Ball (CB) yang melakukan analisis risiko dan simulasi Monte Carlo. Rangkaian perangkat lunak mencakup CB Predictor untuk menganalisis data historis untuk membangun model menggunakan peramalan deret waktu dan regresi linier berganda. Fitur CB Tools digunakan untuk mengotomatisasi tugas pembuatan model, mensimulasikan variabilitas, mendefinisikan korelasi, dan melakukan fungsi tambahan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
39		*Input data cells are shaded*							
40	**Studi Kasus 3.2 - 'Tabel Hasil' untuk setiap skenario, menunjukkan laba bersih setelah pajak**								
41									
42				<------- Perencanaan Horizon ------->					
43				**Tahun 1**	**Tahun 2**	**Tahun 3**	**Tahun 4**	**Total**	
44	► Kasus dasar .... INFLASI .... (3%,5%,6%)								
45				Rp 26.180	Rp 32.719	Rp 34.698	Rp 32.881	Rp 126.478	
46	► Skenario 1 ..... INFLASI TINGGI ..... (6%, 8%, 8%)								
47				Rp 26.180	Rp 25.706	Rp 18.420	Rp 7.425	Rp 77.731	
48									
49	► Skenario 2 ..... VOLUME (3%) & HARGA (10%) MENINGKAT 5% MENJADI +10%								
50				Rp 52.576	Rp 62.895	Rp 68.982	Rp 71.678	Rp 256.131	
51									
52	► Skenario 3 ..... VOLUME PENJUALAN BERVARIASI DARI								
53				**Tahun 1**	**Tahun 2**	**Tahun 3**	**Tahun 4**	**Total**	
54		Volume Penjualan = 5%		Rp 24.486	Rp 30.698	Rp 32.578	Rp 30.852	Rp 118.614	
55		Volume Penjualan = 0%		Rp 26.180	Rp 32.719	Rp 34.698	Rp 32.881	Rp 126.478	
56		Volume Penjualan = +5%		Rp 27.874	Rp 34.740	Rp 36.818	Rp 34.910	Rp 134.342	
57		Volume Penjualan = 10%		Rp 29.568	Rp 36.761	Rp 38.938	Rp 36.939	Rp 142.206	
58									
59									
60									
61									
62									
63									
64									
65									
66									
67									
68									
69									
70									
71									
72									
73									
74									
75									
76									
77									



Gambar 3.12 'Tabel hasil' untuk skenario Produk Peralatan Dapur.

Frontline Systems mengklaim sebagai pemimpin dunia dalam pengoptimalan lembar penyebaran, setelah mengembangkan Solvers/Optimizer yang digunakan di Excel, Lotus 1-2-3, dan Quattro Pro. Produk perangkat lunaknya dapat menangani berbagai masalah pengoptimalan mulai dari pemrograman linier, kuadrat, dan bilangan bulat campuran hingga pengoptimalan global, tidak mulus, kerucut, dan cembung. Sistem LINDO menawarkan tiga produk perangkat lunak, yaitu LINDO API (mesin pengoptimalan), LINGO (pemecah dengan bahasa pemodelannya sendiri) dan Apa yang Terbaik! (pemecah spreadsheet).

3.12 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Model yang dikembangkan dalam bab ini menggunakan sepuluh fungsi Excel berikut, yang masing-masing dijelaskan di bawah ini. Pengguna harus ingat bahwa fasilitas bantuan online yang komprehensif juga disediakan oleh Excel.

1. ***ABS: ABS (Numb)*** mengembalikan nilai absolut dari bilangan real Numb. Nilai mutlak suatu bilangan adalah bilangan tanpa tandanya.
   Contoh: ABS(–3.6) mengembalikan nilai 3.6.
2. ***VERAGE: AVERAGE (array)*** mengembalikan rata-rata (yaitu, rata-rata aritmatika) untuk array rentang sel. array=rentang sel yang rata-ratanya diperlukan. Jika larik berisi teks, nilai logika, atau kosong, maka semua sel ini akan diabaikan; namun, sel dengan nilai nol disertakan
   Contoh: AVERAGE(C4:C7) pada Gambar 3.13 mengembalikan nilai 20,75.
3. ***COVAR: COVAR(ref1:ref2, ref3:ref4)*** mengembalikan kovarians antara dua set data, setiap set memiliki jumlah nilai data yang sama. Satu set terdapat dalam rentang sel ref1:ref2 dan set kedua dalam rentang ref3:ref4. Kovarian mengukur korelasi, yaitu, hubungan kekuatan, antara dua set data. Kovarians positif menunjukkan bahwa kedua himpunan cenderung menuju ke arah yang sama. Kovarians negatif menunjukkan bahwa dua kumpulan data menyimpang, yaitu, cenderung berlawanan arah. Kovarians nol menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara dua set data.
   Contoh:COVAR({1, 2, 3, 4},{13, 24, 51, 78}) mengembalikan nilai 27,75 COVAR({1, 2, 3, 4},{–99, 122, -1, –58}) mengembalikan nilai 0 COVAR({13, 24, 51, 78}{–99, 122, -1, –58}) mengembalikan nilai –360
4. ***IRR: IRR(ref1:ref2)*** mengembalikan tingkat pengembalian internal (IRR) – juga disebut hasil – dari rentang nilai sel ref1:ref2.
   Contoh: IRR(G4:G7) pada Gambar 3.13 mengembalikan nilai 22%.
5. ***MMULT: MMULT(array1, array2)*** mengembalikan produk matriks dari dua array. Hasilnya adalah matriks (array) dengan jumlah baris yang sama dengan array1 dan jumlah kolom yang sama dengan array2. Perhatikan bahwa jumlah kolom dalam array1 harus sama dengan jumlah baris dalam array2. Fungsi MMULT harus dimasukkan sebagai rumus array. Rumus array berisi rentang sel, setiap rentang diperlakukan sebagai entitas tunggal. Ini berarti bahwa sel-sel individual dengan matriks output I3:K6 tidak dapat diubah atau dihapus. Matriks hanyalah rentang sel, dengan notasi xij mewakili nilai sel matriks pada baris i, kolom j. Perhatikan dua matriks pada Gambar 3.14.
   a. Nilai dalam sel I3 = (baris 1 larik 1) × (kolom 1 larik 2) = {2, 3} × {–2, 2} = (2× – 2) + (3 × 2) = 2
   b. Nilai di sel J3 = (baris 1 larik 1) × (kolom 2 larik 2) ={2, 3}×{3, 1}=(2×3)+(3×1)=9, dan seterusnya .

6. ***NPV: NPV(diskon, ref1:ref2)*** mengembalikan nilai sekarang bersih (NPV) dari suatu investasi berdasarkan serangkaian arus kas periodik dalam kisaran ref1:ref2 dan tingkat diskonto 'diskon'. NPV investasi adalah nilai hari ini dari serangkaian pembayaran di masa depan (nilai negatif) dan pendapatan (nilai positif). Semua arus kas terjadi pada akhir setiap periode. Jika nilai pertama dalam suatu deret, misalnya B1:B6, muncul pada awal periode 1, NPV diberikan oleh B1+NPV (diskon, B2:B6).
   Contoh: NPV(12%,40,45,50) mengembalikan nilai Rp. 107,18, dengan asumsi semua aliran terjadi pada akhir setiap periode. Jika pembayaran (yaitu, arus keluar) terjadi pada awal periode pertama – seperti pada Gambar 3.13 – maka rumusnya adalah G4+NPV(10%, G5:G7)=Rp. 60,26.
7. ***PMT: PMT(rate, nper, pv, fv, type)*** mengembalikan pembayaran periodik untuk anuitas berdasarkan pembayaran tetap dan suku bunga tetap. PMT terkait erat dengan fungsi PV di bawah ini.
   a. rate = Periode suku bunga.
   b. nper =Jumlah total pembayaran dalam anuitas.
   c. pv =Nilai sekarang, yaitu jumlah total yang bernilai sekarang dari serangkaian pembayaran di masa depan.
   d. fv =Nilai masa depan yang diperlukan setelah pembayaran terakhir dilakukan. Jika fv dihilangkan, diasumsikan 0, misalnyafv pinjaman adalah nol.
   e. type = Angka 0 atau 1 dan menunjukkan kapan pembayaran jatuh tempo. Jika type=0 atau dihilangkan, pembayaran dilakukan pada akhir periode. Jika type=1 maka pembayaran dilakukan di awal periode.

   Contoh: Jika pinjaman mobil sebesar Rp. 3,000 diambil untuk jangka waktu dua tahun dengan tingkat bunga tahunan sebesar 7%, maka pembayaran bulanannya adalah PMT(7%/12, 24, 3000), yaitu, Rp. 134,32. Perhatikan bahwa unit untuk 'nper' dan 'tarif' harus konsisten, sehingga tingkat bunga bulanan adalah 7%/12. Parameter 'fv' dan 'type' telah dihilangkan.
8. ***PV: PV(rate, nper, pmt, fv, type)*** mengembalikan nilai sekarang (PV) dari suatu investasi. PV mewakili nilai waktu uang, yaitu, jumlah total yang bernilai sekarang dari serangkaian pembayaran di masa depan.
   a. rate = Suku bunga per periode. Misalnya, jika pembayaran dilakukan setiap bulan dan tingkat bunga tahunan adalah 12%, maka bunga dimasukkan sebagai 12%/12, yaitu 1%.
   b. nper =Jumlah total pembayaran dalam anuitas. Misalnya, jika pembayaran bulanan dilakukan untuk pinjaman mobil empat tahun, maka nper=4*12=48.
   c. pmt =Pembayaran tetap yang dilakukan setiap periode.
   d. fv =Nilai masa depan yang diperlukan setelah pembayaran terakhir dilakukan . Jika fv dihilangkan, diasumsikan 0, misalnya, fv pinjaman adalah nol.

e. type = Angka 0 atau 1 dan menunjukkan kapan pembayaran jatuh tempo. Jika type=0 atau dihilangkan, pembayaran dilakukan pada akhir periode. Jika type=1 maka pembayaran dilakukan di awal periode.

Contoh: PV(10%, 3, 1000) mengembalikan nilai –Rp. 751,31, yaitu, untuk menerima Rp. 1000 dalam waktu tiga tahun, Rp. 751,31 harus dibayarkan hari ini, dengan asumsi tingkat bunga tahunan 10%. Perhatikan bahwa PV menunjukkan kas masa depan yang diterima sebagai positif sementara pembayaran tunai negatif. Parameter 'pmt' dan 'type' telah dihilangkan.

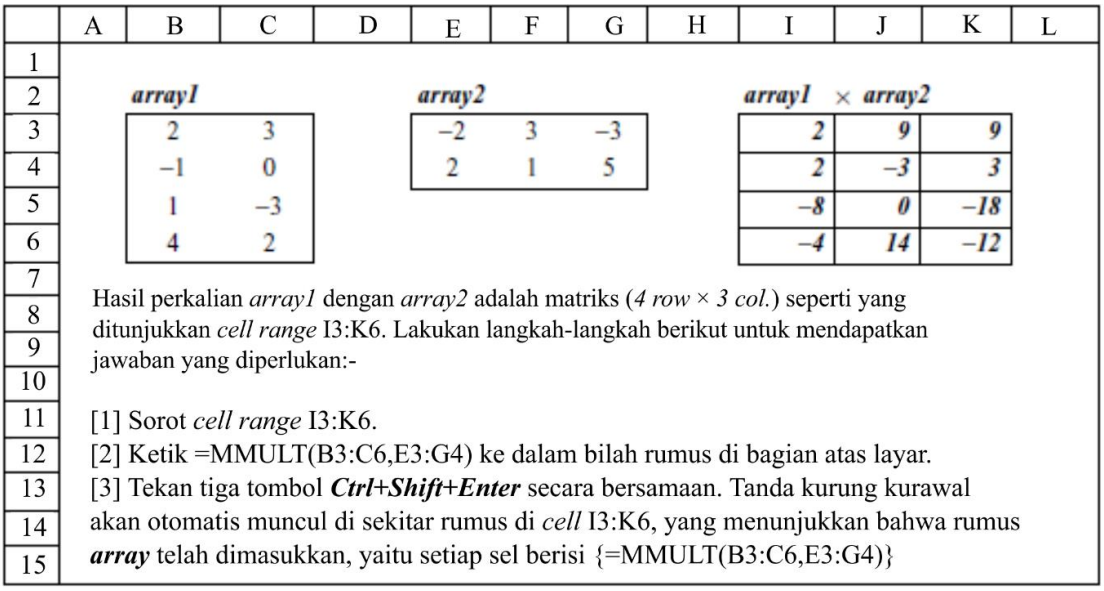
9. ***SUMIF: SUMIF(range, criteria, sum range)*** menambahkan sel yang ditentukan oleh kriteria yang diberikan.
   a. range = Jangkauan sel yang akan diperiksa.
   b. criteria = Kriteria yang ditentukan berupa angka, teks, atau ekspresi. Misalnya, kriteria dapat ditentukan dalam bentuk 32, “32”, “>32”, “apel”.
   c. Sum_range = Rentang sel yang dijumlahkan – hanya sel yang memenuhi kriteria yang dijumlahkan. Jika rentang jumlah dihilangkan maka rentang diperiksa.

   Contoh: SUMIF(C4:C7, “<12”) pada Gambar 3.13 menghasilkan 18, yaitu 10+8. SUMIF(B4:B7,“=Gadget”,C4:C7)dalamGambar3.13mengembalikan25, yaitu,jumlah nilai di kolom C yang sesuai dengan ‘Gadget’ di kolom B.
10. ***VAR: VAR(ref1, ref2)*** mengembalikan varians antara nilai dalam kumpulan data yang terdapat dalam rentang sel ref1:ref2. Varians adalah ukuran dispersi, yang menunjukkan penyebaran nilai data individual. Perhatikan bahwa akar kuadrat dari varians adalah standar deviasi yang terkenal.

    Contoh: Misalkan C2:C6 berisi nilai 3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 dan D5:D9 berisi nilai –20, 0, 14, 45, 88. Kemudian VAR(C2:C6) mengembalikan 0,025, angka kecil karena datanya berdekatan. VAR(D5:D9) mengembalikan 1784,8, angka yang besar karena data tersebar.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Product	No. in	Product		Year	Cash	
3		name	stock	price			flow	
4		Gizmo	10	10.00		1	–300	
5		Gadget	25	12.50		2	150	
6		Widget	8	20.00		3	180	
7		Sprocket	40	4.50		4	100	
8								
9	***Sample Figure***							

Gambar 3.13 Contoh gambar. Product price dalam bentuk (Rp. ‘000)



Gambar 3.14 Diagram MMULT.

3.13 LATIHAN

1. Arus kas bersih untuk proyek baru diperkirakan sebagai berikut:

$Tahun$	0	1	2	3	4
$Arus\ Kas\ Bersih\ (Rp.000)$	-40	16	24	18	14

   Gunakan fungsi IRR Excel untuk menghitung hasil investasi. Jika biaya modal adalah 14%, hitung nilai sekarang bersih dari investasi menggunakan fungsi NPV Excel.
   (Jawaban: 29%, Rp. 12.941.)

2. Ferdimemiliki 1000 saham di Perusahaan Springbed . Saham saat ini masing-masing bernilai Rp. 2.80. Ferdi mempertimbangkan apakah (i)memegang saham selama satu tahun dan kemudian menjual, atau (ii) menjual saham sekarang dan membeli saham seharga Rp. 80 per saham di STEKOM Big Corporation. Dia memperkirakan bahwa harga saham STEKOM Big dalam waktu satu tahun akan menjadi Rp. 87, Rp. 80, atau Rp. 70 dengan probabilitas masing-masing 0,5, 0,3, dan 0,2. Pada akhir satu tahun, harga saham dan dividen Perusahaan Springbed bergantung pada Tabel 3.9.

Harga saham	Probabilitas	Dividen Saham
Naik 20%	0.1	Rp. 0.5
Sama	0.5	Rp. 0.2
Turun 10%	0.4	Kosong

   Gunakan Excel untuk menggambar pohon keputusan untuk masalah investasi FerdiFlint, dan karenanya tentukan kebijakan terbaiknya.
   (Jawaban: kebijakan terbaik adalah membeli saham STEKOM Big.)

3. Mengacu pada portofolio investasi Barney Briggs pada Contoh 3.5, tunjukkan bahwa Anda memahami konsep perkalian matriks dengan memverifikasi secara manual jawaban spreadsheet Gambar 3.4. Sarankan cara lain di mana fungsi tujuan dapat dihitung. (Perhatikan bahwa detail tentang fungsi MMULT Excel diberikan di akhir bab ini.)
4. Sepupu Barney, Bette Briggs, terkesan dengan manajemen portofolio banknya dan telah memutuskan untuk memanfaatkan keahlian mereka. Bette telah memberi tahu bank bahwa dia menginginkan pengembalian 13% atas investasinya dan dia telah diberikan rincian tiga saham X, Y dan Z dengan pengembalian tahunan rata-rata masing-masing 13,2%, 17,5%, dan 9,7%. Informasi statistik saham-saham tersebut adalah sebagai berikut: varians untuk X, Y, Z adalah 0,0012, 0,0023, dan 0,00047, sedangkan kovariansnya adalah XY = –0,00019, XZ = 0,0009, dan YZ = 0,000125. Dengan menggunakan model investasi untuk portofolio Barney Briggs, temukan persentase investasi untuk X, Y dan Z yang akan memberikan Bette pengembalian keseluruhan sebesar 13%.
   (Jawaban: 20% di X, 33,3% di Y, dan 46,7% di Z dengan varian portofolio 0,000587.)
5. Willie Wong baru-baru ini membeli sebuah sistem komputer mikro dan telah memutuskan untuk membuat spreadsheet arus kas yang memungkinkan dia untuk menganalisis keuangan pribadinya selama enam bulan ke depan (Januari–Juni). Satu-satunya sumber pendapatannya adalah gaji bersih tahunannya sebesar Rp. 18.000. Setelah memeriksa laporan banknya selama setahun terakhir, Willie telah menghitung pengeluaran rata-rata. Ini termasuk pembayaran bulanan untuk sewa (Rp. 250), makanan (Rp. 150), pengeluaran mobil (Rp. 90), dan serba-serbi (Rp. 100) serta tagihan dua bulanan untuk listrik (Rp. 100) dan panggilan telepon (Rp. 70). Karena pembelian komputer mikronya baru-baru ini, Willie memperkirakan bahwa ia akan memiliki cerukan bank sebesar Rp. 2000 pada 1 Januari. Willie Wong bermaksud untuk berlibur pada bulan Juli dan dia ingin tahu berapa banyak uang yang akan tersedia. Buatlah model arus kas yang menunjukkan arus kas bersih dan saldo pada akhir setiap bulan. Berapa yang akan Willie miliki untuk liburannya?
   (Jawaban: Willie Wong akan memiliki Rp. 2.950 tersedia untuk liburan Julinya.)
6. Sebuah perusahaan sedang mempertimbangkan lima proposal investasi berikut untuk diterima. Modal yang dibutuhkan untuk setiap proyek selama lima tahun ke depan ditunjukkan pada Tabel 3.10, bersama dengan jumlah modal yang dianggarkan. Manajemen ingin memaksimalkan tingkat pengembalian, yaitu, memaksimalkan total NPV dari proposal yang dipilih. Menggunakan alat pemrograman linier Excel – Solver – temukan set investasi yang optimal dan NPV yang dihasilkan dari investasi tersebut.

Tabel 3.10 Pemrograman Linear dan parameter

		Modal dalam (Rp. '000) diperlukan dalam				
Proposal	*Ekspektasi NPV (Rp. '000)*	*Tahun 1*	*Tahun 2*	*Tahun 3*	*Tahun 4*	*Tahun 5*
1	40	10	5	20	10	0
2	70	30	20	10	10	10
3	80	10	20	27	20	10
4	90	25	20	20	15	15
5	100	20	10	40	20	20
Modal yang tersedia untuk setiap tahun =		50	45	70	40	30

(Jawaban: Terima proposal 1,2, dan 3 yang memberikan nilai NPV maksimum Rp. 190,000)

7. Interstate Bank merencanakan portofolio dananya untuk tahun depan. Bank memiliki Rp. 20 juta untuk diinvestasikan dan sedang mempertimbangkan lima dana yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.11. Semua dana dijamin kecuali pinjaman tanda tangan.

Tabel 3.11 Pengembalian Dana

Fund	Tingkat Pengembalian (%)
Pinjaman tanda tangan	14
Pinjaman angsuran kendaraan	13
Pinjaman perbaikan rumah	13
Pinjaman angsuran lain-lain	12.5
Surat berharga pemerintah	12

Interstate ingin memaksimalkan pengembalian portofolio investasinya sambil mematuhi peraturan perbankan berikut:

- Pinjaman tanda tangan tidak boleh melebihi 10% dari total pinjaman.
- Pinjaman perbaikan rumah tidak boleh melebihi 50% dari total pinjaman yang dijamin.
- Pinjaman tanda tangan tidak dapat melebihi investasi dalam sekuritas pemerintah.
- Surat Utang Negara tidak boleh melebihi 40% dari total investasi.

Selesaikan masalah Interstate Bank dengan metode pemrograman linier menggunakan Excel's Solver.

(Jawaban: Keuntungan maksimum Rp. 2,6 juta dapat dicapai dengan berbagai cara, misalnya Rp. 2 juta dalam bentuk pinjaman tanda tangan, Rp. 7 juta dalam cicilan kendaraan, Rp. 9 juta dalam perbaikan rumah, dan Rp. 2 juta dalam sekuritas pemerintah.)

8. Karena masalah arus kas baru-baru ini, Microtec Computers telah memutuskan untuk meminta bantuan keuangan kepada banknya selama enam bulan ke depan. Namun, Microtec harus terlebih dahulu memperkirakan seberapa besar pinjaman yang diperlukan. Catatan penerimaan mingguan sebelumnya mengikuti pola seperti yang ditunjukkan pada tabel probabilitas di bawah ini. Tabel serupa telah dibuat untuk arus kas keluar. Simulasikan situasi arus kas Microtec Computers selama lima belas minggu dan dengan demikian temukan pinjaman maksimum yang diperlukan.

$Penerimaan\ Tunai\ (Rp.000)$	10	15	20	25
$Probabilitas$	0.3	0.4	0.2	0.1

$Pembayaran\ Tunai\ (Rp.000)$	8	12	15	20
$Probabilitas$	0.1	0.3	0.4	0.2

(Jawaban: karena volatilitas fungsi RAND, jawaban akan sangat bervariasi.)

BAB 4
MODEL ANALISIS INVESTASI

4.1 GAMBARAN

Tujuan manajemen keuangan ada dua: (i) untuk memastikan bahwa ada cukup dana yang tersedia untuk memenuhi kewajiban keuangan organisasi dan (ii) untuk memaksimalkan pengembalian dana yang diinvestasikan yang tidak diperlukan untuk memenuhi komitmen saat ini. Untuk memaksimalkan keuntungan, manajer keuangan harus memutuskan apakah manfaat yang diperoleh dari investasi apapun cukup untuk membenarkan pengeluaran awal. Situasi investasi termasuk keputusan penganggaran modal yang berkaitan dengan rencana ekspansi atau pengembangan produk baru, dan investasi jangka panjang seperti obligasi pemerintah atau saham di perusahaan lain.

Bisnis apa pun dapat dilihat sebagai kumpulan (atau portofolio) aset yang coba dioptimalkan oleh manajemen melalui pengambilan keputusan yang cerdas. Keberhasilan tergantung pada kondisi lingkungan di mana keputusan investasi diambil, yaitu kepastian, risiko, atau ketidakpastian. Keputusan yang dibuat di bawah kepastian adalah bebas risiko. Hasilnya hanya bergantung pada informasi kuantitatif yang diketahui dan tidak dipengaruhi oleh peristiwa yang tidak terduga. Sebagai contoh, sebuah perusahaan yang memiliki deposito bank berjangka waktu tetap atau obligasi pemerintah dapat memperkirakan pengembalian yang tepat dengan pasti, yaitu aset memberikan tingkat pengembalian tanpa risiko atau bebas risiko.

Perusahaan yang berinvestasi dalam aset seperti saham dipengaruhi oleh keanehan pasar saham, yaitu kurangnya kepastian yang melekat pada peristiwa di masa depan. Faktor tak terkendali yang berkontribusi terhadap risiko bisnis termasuk kondisi ekonomi secara umum, volatilitas permintaan konsumen, dan sikap pribadi terhadap risiko. Namun demikian, banyak investor siap menerima peningkatan tingkat risiko jika ada kemungkinan besar pengembalian yang lebih tinggi atas investasi mereka.

Kelas terakhir dari masalah keputusan - keputusan di bawah ketidakpastian - bergerak ke area dugaan di mana sangat sedikit, jika ada, informasi yang ada untuk mendasarkan keputusan. Contoh tipikal adalah perusahaan yang mempertimbangkan investasi dalam produk baru yang tidak memiliki informasi yang cukup untuk mendasari kemungkinan penjualan di masa depan. Dalam situasi ini, di mana hasilnya tidak dapat diprediksi dan probabilitasnya tidak diketahui, faktor kualitatif maupun kuantitatif harus diperhitungkan. Sementara model matematika dapat memberikan dukungan keputusan yang berharga untuk analisis investasi, keputusan tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat dasar manusia yang mencakup irasionalitas, keserakahan, dan kepanikan.

Konsep Dasar Manajemen Risiko Keuangan

Investor yang memperdagangkan saham dan obligasi terus mencari cara untuk meningkatkan keuntungan mereka sambil meminimalkan risiko. Memang, prioritas utama bagi banyak lembaga keuangan bukanlah berurusan dengan uang tunai dan surat berharga, tetapi mengelola risiko. Istilah 'keamanan' adalah nama umum untuk setiap aset nilai moneter seperti saham, saham, obligasi, emas, properti, dan lain-lain.

Aktivitas mengendalikan atau mengelola risiko keuangan sering disebut sebagai 'lindung nilai'. Perkembangan terbaru dalam sekuritas dan strategi perdagangan telah memungkinkan manajer portofolio menjadi lebih efisien dalam melakukan lindung nilai terhadap ketidakpastian di pasar. Istilah 'manajemen risiko' dan 'rekayasa keuangan' biasanya digunakan untuk menggambarkan strategi berita ini. Konsep yang saling terkait dari sikap preferensi risiko dan teori utilitas sekarang diperiksa.

4.2 SIKAP PREFERENSI RISIKO

Keputusan investasi dipengaruhi oleh sikap pribadi terhadap risiko. Investor yang sangat konservatif dan aktif menghindari pengambilan risiko dikatakan memiliki ‘penghindaran risiko’. Di sisi lain, beberapa pengambil keputusan seperti spekulan akan mengambil risiko tinggi kehilangan banyak uang untuk mendapatkan keuntungan besar. Investor agresif seperti itu digambarkan sebagai 'pencari risiko'. Sebagian besar investor diasumsikan menghindari risiko. Untuk menghindari risiko, seorang investor harus dapat mengukur dan menilai kinerja investasinya. Ukuran kuantitatif 'pengembalian yang diharapkan' digunakan untuk menemukan tingkat pengembalian yang diharapkan dari suatu investasi.

Di antara dua ekstrem penghindaran risiko dan pencarian risiko ini adalah orang yang 'netral risiko' yang membuat keputusan berdasarkan pengembalian yang diharapkan dari investasi – bukan risiko yang terlibat. Orang yang netral risiko akan memilih investasi dengan pengembalian yang diharapkan tertinggi karena mewakili alternatif yang paling tidak berisiko. Misalnya, pertimbangkan untuk berinvestasi atau siapa yang ingin membeli saham dan ingin mengetahui mana dari tiga alternatif yang mungkin – A, B, atau C – yang memberikan pengembalian yang diharapkan terbesar. Pengembalian saham untuk periode investasi berikutnya tidak diketahui dengan pasti dan hanya dapat dijelaskan dengan distribusi probabilitas dari hasil yang mungkin, seperti yang ditunjukkan pada bagian atas Gambar 4.1.

Share A		Share B		Share C	
Return (%) R_A	Probability p_j	Return (%) R_B	Probability p_j	Return (%) R_C	Probability p_j
9	0.2	8	0.5	11	0.4
12	0.4	11	0.3	12	0.4
17	0.4	13	0.2	13	0.2

Pengembalian yang diharapkan untuk saham A, B dan C :-

$$E(R_A) = 0.2 \times 0.09 + 0.4 \times 0.12 + 0.4 \times 0.17 = 0.134 = 13.4\%$$
$$E(R_B) = 0.5 \times 0.08 + 0.3 \times 0.11 + 0.2 \times 0.13 = 0.099 = 9.9\%$$
$$E(R_C) = 0.4 \times 0.11 + 0.4 \times 0.12 + 0.2 \times 0.13 = 0.118 = 11.8\%$$

Gambar 4.1 Menghitung pengembalian yang diharapkan untuk saham A, B dan C.

Pengembalian yang diharapkan, $E(R_i)$, yang menggambarkan hasil yang paling mungkin dari distribusi probabilitas, adalah rata-rata tertimbang dari semua pengembalian yang mungkin, di mana bobotnya adalah probabilitas yang ditetapkan untuk kemungkinan pengembalian dan n adalah jumlah total hasil, yaitu , dalam contoh ini n =3. Dengan demikian,

$$E(R_i) = \sum_{j=1}^{n} p_j R_{ij}$$

di mana

R_{ij} = kemungkinan pengembalian untuk bagian i untuk hasil j

p_j = probabilitas yang terkait dengan pengembalian Rij

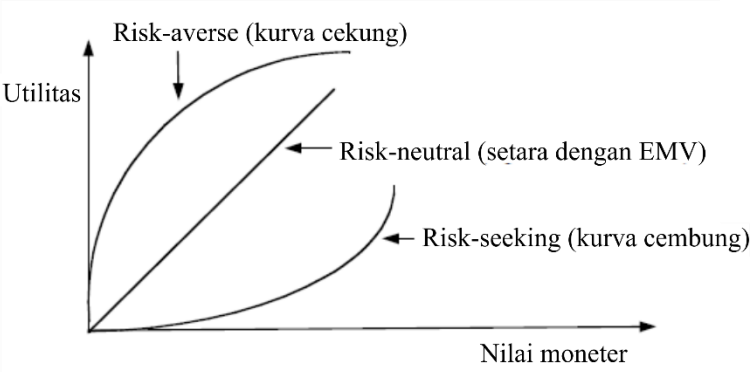
4.3 TEORI UTILITAS

Pada bagian sebelumnya, keputusan investor untuk memilih saham A didasarkan pada maksimalisasi pengembalian yang diharapkan. Pengambilan keputusan, bagaimanapun, tidak hanya melibatkan aturan kuantitatif tetapi juga kualitatif tidak berwujud seperti sikap pribadi terhadap risiko. Ada situasi di mana ukuran numerik, seperti pengembalian investasi atau nilai moneter yang diharapkan, tidak cukup dan dapat menyebabkan tindakan yang salah diambil. Teori utilitas, seperti yang disajikan dalam teori permainan Von Neumann dan Morgenstern, menggabungkan sikap preferensi risiko ke dalam proses pengambilan keputusan dengan memperkenalkan konsep 'fungsi utilitas'. Setiap pengambil keputusan diasumsikan memiliki fungsi utilitas pribadi yang digunakan untuk mengubah nilai kuantitatif menjadi ukuran non-moneter yang disebut utilitas. 'Utilitas' memperluas konsep moneter sempit untuk memasukkan preferensi individu (atau perusahaan) terhadap risiko dan pengembalian. Pembuat keputusan kemudian mengevaluasi setiap alternatif berdasarkan utilitasnya dan mengidentifikasi hasil terbaik dengan memaksimalkan utilitas yang diharapkan daripada nilai yang diharapkan. Karena setiap pembuat keputusan memiliki fungsi utilitas yang unik, dapat terjadi variasi yang luas dalam bentuk kurva utilitas.

Fungsi utilitas untuk tiga sikap preferensi risiko yang paling umum ditunjukkan pada Gambar 4.2. Kurva penghindaran risiko menggambarkan konsep 'mengurangi margin alutility' yang menyatakan bahwa semakin banyak seseorang memiliki sumber daya tertentu, semakin kurang memuaskan menjadi yang berikutnya. kenaikan. Misalnya, kenaikan gaji sebesar Rp. 1000 kurang berarti bagi seseorang yang menghasilkan Rp. 60.000 daripada seseorang yang berpenghasilan Rp. 15.000. Grafik penghindaran risiko menunjukkan bahwa utilitas meningkat ketika nilai moneter meningkat. Namun, karena nilai moneter terus tumbuh, kurva mendatar yang mencerminkan keinginan pembuat keputusan untuk menghindari risiko yang lebih tinggi terkait dengan nilai moneter yang lebih besar.

Kurva pencarian risiko menggambarkan karakteristik peningkatan utilitas marjinal dimana utilitas meningkat lebih cepat daripada nilai moneter. Kurva ini mencerminkan sifat spekulatif dari pencari risiko yang siap untuk membiarkan utilitas tumbuh pada tingkat yang lebih cepat untuk mendapatkan beberapa nilai moneter yang lebih kecil. Fungsi risiko-netral adalah garis lurus dengan utilitas marjinal konstan, menunjukkan bahwa pembuat keputusan tidak peduli terhadap risiko. Karena orang yang mengabaikan risiko lebih mementingkan nilai uang yang diharapkan (EMV) daripada risiko, utilitas dan nilai moneter meningkat secara proporsional.

Beberapa orang dapat melihat situasi yang sama secara berbeda. Oleh karena itu, ketiga sikap preferensi risiko dapat diterapkan pada masalah yang sama. Pertimbangkan, misalnya, reaksi individu terhadap situasi yang terlihat secara teratur di acara kuis TV. Setiap peserta harus memilih antara menerima sejumlah nilai uang yang ditawarkan oleh kuis-master atau membuka kotak yang mungkin berisi hadiah bintang atau hadiah booby. Beberapa kontestan akan bertaruh untuk memenangkan hadiah bintang terlepas dari risiko yang terlibat. Di sisi lain, jika master kuis terus meningkatkan jumlah yang ditawarkan, banyak peserta akhirnya akan berubah pikiran dan menerima uang.



Gambar 4.2 Fungsi utilitas untuk sikap preferensi risiko.

CONTOH 4.1 Membangun kurva utilitas

Joe Bloggs adalah kontestan di acara kuis 'Open the Box'. Hadiah bintangnya adalah mobil-motor senilai Rp. 16.000 sedangkan hadiah booby senilai Rp. 5. Master kuis telah

mengajukan penawaran sebesar Rp. 2000. Joe sekarang harus memutuskan apa yang harus dilakukan. Langkah pertama dalam membangun fungsi utilitas adalah menentukan dua nilai moneter yang mewakili hasil terburuk dan terbaik dari masalah tersebut. Dalam situasi Joe Bloggs, hasil terburuk dan terbaik digambarkan oleh nilai moneter Rp. 5 (hadiah booby) dan Rp. 16.000 (mobil). Praktik umum adalah menetapkan nilai utilitas 0 untuk mewakili hasil terburuk dan 1 untuk hasil terbaik. Oleh karena itu, nilai utilitas U yang terkait diberikan oleh dua persamaan berikut:

$$U(5)=0 \text{ dan } U(16.000)=1$$

Joe Bloggs memiliki dua alternatif, yaitu (i) menerima tawaran master kuis sebesar Rp. 2000 dengan pasti, atau (ii) bertaruh untuk memenangkan hadiah bintang, dalam hal ini ia juga memiliki peluang 50% untuk menerima hadiah booby. Utilitas yang diharapkan untuk setiap alternatif diberikan oleh dua persamaan berikut:

Seperti yang terjadi, Joe lebih memilih alternatif kedua yang berarti bahwa U (A1) < U(A2), yaitu, utilitas Rp. 2000 kurang dari 0,5. Namun, dia menunggu untuk melihat apakah master kuis akan meningkatkan tawarannya. Ketika tawaran baru sebesar Rp. 4000 dibuat, Joe segera menerimanya. Keputusan ini menyiratkan bahwa U(4000) > U(A2), yaitu, utilitas Rp. 4000 lebih besar dari 0,5. Karena Joe telah berubah pikiran, dapat juga disimpulkan bahwa ada beberapa nilai antara Rp. 2000 dan Rp. 4000, di mana Joe 'tidak peduli' dengan dua alternatif. Ketidakpedulian menyiratkan bahwa kedua alternatif sama-sama dapat diterima oleh Joe, yaitu, masing-masing memiliki probabilitas 0,5. Dalam situasi ini, Joe telah mengadopsi sikap netral risiko. Jika ditetapkan bahwa 'nilai ketidakpedulian' Joe adalah Rp. 3000, nilai utilitas lain dapat dihitung sebagai berikut:

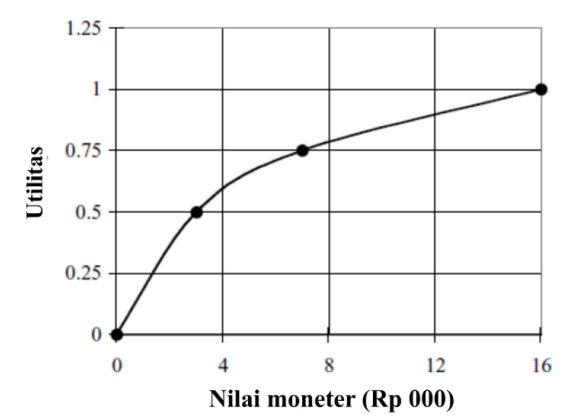
$$U(3000)=0,5*U(5)+0,5*U(16.000)=0,5*0+0,5*1=0,5$$

Jadi nilai utilitas baru, U(3000), telah diturunkan dari dua nilai utilitas yang diketahui, U(5) dan U(16.000). Poin lebih lanjut pada kurva utilitas dapat ditemukan dengan memasukkan U(3000) ke dalam opsi moneter yang berbeda. Misalnya, jika hadiah booby diganti dengan uang tunai Rp. 3000, Joe Bloggs menghadapi dilema baru. Dalam situasi ini, ia lebih suka bertaruh untuk memenangkan hadiah bintang kecuali master kuis menaikkan tawaran saat ini sebesar Rp. 4000. Jika Joe memutuskan bahwa nilai ketidakpeduliannya sekarang adalah Rp. 7000, maka:

$$U(7000)=0,5*U(3000)+0,5*U(16.000)=0,5*0,5+0,5*1=0,75$$

Nilai utilitas lainnya dapat ditemukan dengan cara yang sama. Empat titik (5, 0), (3000, 0,5), (7000, 0,75) dan (16000, 1) digunakan untuk membangun kurva utilitas Joe seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Nilai ketidakpedulian Joe Bloggs mewakili jumlah minimum uang yang dia siap terima untuk menghindari alternatif berisiko, yaitu membuka kotak. Jumlah uang minimum ini disebut 'setara kepastian'. Karena Joe acuh tak acuh antara membuka atau tidak membuka kotak, kepastian yang setara juga dapat diartikan sebagai jumlah maksimum yang seseorang rela kehilangan untuk berpartisipasi dalam alternatif yang berisiko. Istilah 'premi risiko' terkait erat dengan ekuivalen kepastian. Premi risiko didefinisikan sebagai

perbedaan antara nilai moneter yang diharapkan dari alternatif berisiko (EMV) dan ekuivalen kepastiannya.



Gambar 4.3 Kurva utilitas

Perlu dicatat bahwa analisis utilitas tidak mudah diterapkan dalam praktik karena sifatnya yang subjektif. Menemukan titik yang tepat dari ketidakpedulian individu bisa menjadi proses yang kompleks. Masalah ini ditekankan ketika mencoba membangun fungsi utilitas perusahaan. Manajer dengan sikap yang berbeda terhadap risiko biasanya merasa sangat sulit untuk menyepakati fungsi utilitas bersama. Selanjutnya, perspektif seseorang dapat berubah dari waktu ke waktu membuat penilaian utilitas sebelumnya menjadi usang.

Fungsi Utilitas Eksponensial (EUF)

Kurva cekung investor penghindar risiko yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dapat didekati dengan fungsi utilitas eksponensial (EUF) seperti yang diberikan oleh persamaan

$$U(x)=1-e^{-x/R}$$

di mana

e = 2,71828 basis logaritma natural

R = toleransi risiko pengambil keputusan (R > 0)

Parameter toleransi risiko R mengontrol bentuk fungsi utilitas. Ketika R meningkat, kurva mendatar, yaitu, pembuat keputusan menjadi kurang menghindari risiko. Untuk menggunakan fungsi utilitas eksponensial, nilai R yang sesuai harus ditemukan yang paling sesuai dengan toleransi risiko pembuat keputusan. Salah satu pendekatannya adalah menemukan nilai X yang akan membujuk pengambil keputusan untuk berpartisipasi dalam pertaruhan berikut: lempar koin untuk memenangkan Rp. X atau kalah Rp. X/2. Nilai X yang meyakinkan pembuat keputusan untuk menerima pertaruhan ini dapat dianggap sebagai perkiraan yang masuk akal untuk R, misalnya, seseorang yang menerima pertaruhan untuk memenangkan Rp. 200 atau kalah Rp. 100, memiliki nilai R 200.

CONTOH 4.2 Menggunakan EUF untuk memaksimalkan utilitas yang diharapkan

Pialang saham AstroReturns telah diminta oleh klien lama untuk menginvestasikan Rp. 30.000. Perusahaan telah memberikan rincian tiga saham X, Y dan Z. Saham X adalah jaminan

obligasi pemerintah dengan pengembalian tetap sebesar 8%. Pengembalian dari saham Yand Z tergantung pada kondisi pasar yang berlaku. Astro Returns memperkirakan probabilitas pasar yang baik, rata-rata, atau buruk masing-masing sebesar 0,3, 0,6, dan 0,1. Perusahaan telah menghitung return saham yang relevan (%) untuk setiap kondisi pasar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Karena klien ingin semua uangnya diinvestasikan dalam saham yang sama, AstroReturns sekarang harus memutuskan mana dari tiga saham yang akan memaksimalkan utilitas yang diharapkannya.

Karena klien terkenal dengan AstroReturns, perusahaan dapat menggunakan fungsi utilitas eksponensial. Nilai R 4000 telah dinilai sebagai angka yang paling masuk akal untuk toleransi risiko klien mereka. Model utilitas yang diharapkan dari Gambar 4.4 telah menemukan bahwa stok Z menghasilkan utilitas yang diharapkan maksimum 0,5 (lihat sel H27). Jika nilai R klien dikurangi menjadi 1500 (sel F11), yaitu, dia sekarang lebih menghindari risiko, maka saham X memiliki utilitas terbesar.

4.4 TEORI PORTOFOLIO: MODEL MARKOWITZ

Teori portofolio modern dimulai pada awal 1950-an ketika Harry Markowitz menerbitkan pendekatan varians rata-rata untuk manajemen portofolio. Model Markowitz adalah yang pertama menekankan pentingnya diversifikasi sekuritas dalam portofolio. Dengan menggabungkan campuran yang bijaksana dari sekuritas yang berkisar dari investasi berisiko rendah/pengembalian rendah hingga risiko tinggi/pengembalian tinggi, Markowitz menunjukkan bagaimana pengembalian portofolio dapat dimaksimalkan sambil meminimalkan risiko pada saat yang sama. Dia menggambarkan trade-off antara risiko dan pengembalian portofolio saham sebagai 'perbatasan efisien' - sebuah konsep yang dibahas di bawah ini. Model Markowitz melibatkan tiga fase:

- **Analisis keamanan** - Mengkuantifikasi karakteristik risiko/pengembalian dari keamanan individu dengan menggunakan ukuran statistik, yaitu mean, varians, dan kovarians (sudah dibahas dalam Bab 3). Varians biasanya dilambangkan dengan 2 atau V, dan akar kuadratnya – disebut simpangan baku – dengan atau SD. Kedua istilah ini sering digunakan secara bergantian.
- **Analisis portofolio** - Memanfaatkan informasi dari fase pertama untuk mengidentifikasi portofolio terbaik, yaitu kombinasi optimal sekuritas yang dapat dicapai melalui diversifikasi. Fase kedua ini melibatkan pembuatan grafik varians rata-rata yang kemudian digunakan untuk menemukan perbatasan yang efisien. Perhatikan bahwa istilah 'rata-rata/varians' dan 'pengembalian yang diharapkan/deviasi standar' adalah sinonim.
- **Pemilihan portofolio** - Memeriksa portofolio terbaik yang diidentifikasi pada fase kedua dan memilih portofolio yang memaksimalkan preferensi investor, yang dapat berkisar dari penghindaran risiko (risiko rendah) hingga pencarian risiko (risiko tinggi).

Saham A		Saham B		Saham C	
Pengembalian % R_A	Probabilitas P_j	Pengembalian % R_B	Probabilitas P_j	Pengembalian % R_c	Probabilitas P_j
9	0.2	8	0.5	11	0.4
12	0.4	11	0.3	12	0.4
17	0.4	13	0.2	13	0.2

Pengembalian yang diharapkan untuk saham A, B dan C:

E(RA) = 0.2 × 0.09 + 0.4 × 0.12 + 0.4 × 0.17=0.134=13.4%
E(RB) = 0.5 × 0.08 + 0.3 × 0.11 + 0.2 × 0.13=0.099=9.9%
E(RC) = 0.4 × 0.11 + 0.4 × 0.12 + 0.2 × 0.13=0.118=11.8%

Gambar 4.1 Estimasi return saham (%).

Analisis Keamanan

Pengembalian yang diharapkan dari sekuritas, E(Ri), setara dengan rata-rata atau rata-rata dari distribusi probabilitas diskrit. Misalnya, pengembalian yang diharapkan sebesar 13,4% untuk saham A pada Gambar 4.1 ditemukan dengan menggunakan rumus rata-rata tertimbang. Risiko keamanan diukur dengan variansnya. Semakin besar varians pengembalian yang diharapkan keamanan, semakin besar risiko keamanan. Pengamatan ini karena varians yang besar berarti bahwa penyebaran nilai dari rata-ratanya besar, yaitu pengembalian aktual bergerak lebih jauh dari pengembalian yang diharapkan, E(Ri). Sebaliknya, semakin kecil ukuran varians, semakin dekat pengembalian aktual dengan E(Ri), sehingga semakin kecil risikonya. Rumus untuk varians pengembalian yang diharapkan dari keamanan i adalah

$$Vi = \sigma_i^2 = \sum_{j=1}^{n} Pj\ (Rij - E(Ri))^2$$

di mana n = jumlah pengembalian yang mungkin Rumus untuk kovarians, σij, antara pengembalian yang diharapkan pada dua sekuritas i dan j adalah

$$COVij = \sigma ij = \sum_{k=1}^{n} Pk\ (Rik\ -\ E(Ri))^*(Rjk\ -\ E(Ri)$$

dimana saya i ≠ j

CONTOH 4.3 Model analisis keamanan

Sebuah model analisis keamanan sekarang dikembangkan, menggunakan rincian berbagi yang diberikan pada Gambar 4.1 sebagai data output. Spreadsheet pada Gambar 4.5 menunjukkan bagaimana model analisis keamanan dapat dibangun. Pengembalian yang diharapkan untuk tiga saham ditampilkan secara online 5, sedangkan varians dan kovarians dihitung di kolom H. Karena standar deviasi, σ, umumnya dinyatakan dalam unit yang sama dengan data asli, nilai σ lebih mudah ditafsirkan daripada varians nilai-nilai. Nilai untuk saham

A, B, dan C masing-masing adalah 3,14%, 2,02%, dan 0,75%. Dari segi risiko, saham C memiliki risiko paling kecil karena memiliki nilai terkecil sebesar 0,75% sedangkan saham A memiliki risiko terbesar dengan nilai σ sebesar 3,14%. Dari data input pada cell range C8:C16 terlihat bahwa return value mencakup range 8% untuk share A (9-17%), 5% untuk share B (8-13%), dan hanya 2 % untuk saham C.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Contoh 4.2 - Memaksimalkan Utilitas yang Diharapkan**								
2									
3			Stok	<--- Kondisi Pasar --->					
4				Good	Average	Poor			
5			X	8.0%	8.0%	8.0%		*User input*	
6			Y	11.0%	7.5%	2.0%		*cells are*	
7			Z	16.0%	9.0%	-1.0%		*shaded*	
8			Probabilitas	0.3	0.6	0.1			
9									
10			Jumlah yang diinvestasikan =			Rp 30.000			
11			Nilai toleransi risiko klien, R =			4000			
12									
13									
14			**Matriks *payoff* yang diharapkan**						
15									
16				Good	Average	Poor		**EMV**	
17			X	Rp 2.400	Rp 2.400	Rp 2.400		Rp 2.400	
18			Y	Rp 3300	Rp 2.250	Rp 600		Rp 2.400	
19			Z	Rp 4.800	Rp 2.700	−Rp 300		Rp 3 030	
20									
21			Konversi matriks ***payoff*** ke tabel 'Utilitas yang Diharapkan'						
22			menggunakan fungsi utilitas eksponensial						
23								**Utilitas yang**	
24				Good	Average	Poor		**diharapkan**	
25			X	0.45	0.45	0.45		0.45	
26			Y	0.56	0.43	0.14		0.44	
27			Z	0.70	0.49	-0.08		0.50	
28									
29									

30	***Cell***	***Formula***	***Copied to***
31	D17	$F$10*D5	D17:F19
32	H17	SUMPRODUCT(D17:F17, D$8:F$8)	H18:H19
33	D25	1 - EXP(-D17/$F$11)	D25:F27
34	H25	SUMPRODUCT(D25:F25, D$8:F$8)	H26:H27
35			

Gambar 4.4 Memaksimalkan utilitas yang diharapkan.

4.5 ANALISIS PORTOFOLIO: PERBATASAN EFISIEN

Untuk mengidentifikasi portofolio superior, formula pertama harus diturunkan untuk (i) pengembalian yang diharapkan dan (ii) tingkat risiko portofolio. Pengembalian yang diharapkan dari portofolio tiga aset, E(Rp), diberikan oleh persamaan berikut:

$$E(R_p)= w_1E(R_1)+w_2E(R_2)+w_3E(R_3)$$

di mana w_1, w_2, dan w_3 adalah persentase portofolio yang diinvestasikan dalam sekuritas 1, 2 dan 3. Dengan asumsi bahwa semua uang diinvestasikan, maka $w_1 + w_2 + w_3 = 100\% = 1$. Persamaan di atas dapat diperluas ke portofolio yang terdiri dari n aset hanya dengan menambahkan istilah tambahan ke sisi kanan. Sebagai contoh, pertimbangkan portofolio yang terdiri dari tiga saham yang ditunjukkan pada Gambar 4.5. Asumsikan bahwa persentase investasi (juga disebut bobot aset) masing-masing adalah 45%, 20%, dan 35% untuk saham A, B, dan C. Maka pengembalian yang diharapkan untuk portofolio ini adalah

$$E(R_p) = 0.45*E(R_A)+0.2*E(R_B)+0.35*E(R_C)$$
$$= 0.45*13.4\%+0.2*9.9\%+0.35*11.8\%$$
$$=12.14\%$$

Tujuan penting dalam manajemen portofolio adalah untuk menyeimbangkan portofolio dengan memilih kombinasi investasi yang mencakup spektrum penuh dari minimalisasi risiko dan maksimalisasi pengembalian. Kebijakan diversifikasi ini berarti bahwa portofolio yang seimbang harus mengandung campuran investasi berisiko tinggi, risiko menengah, dan risiko rendah. Portofolio yang terdiversifikasi mengurangi risiko kerugian dengan memastikan bahwa investasi tidak memiliki korelasi yang sangat erat, yaitu saling mengimbangi. Varians portofolio digunakan sebagai ukuran risiko. Jika varians portofolio diminimalkan maka demikian juga risikonya. Untuk portofolio yang terdiri dari n sekuritas, total varians didefinisikan oleh persamaan:

$$varians\ portofolio\ = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2 w_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} \sigma_{ij} w_i w_j$$

di mana

σ_p^2 = persentase portofolio yang diinvestasikan dalam sekuritas i

σ_i^2 = varians keamanan i

$\sigma_{ij}=\sigma_{ji}$ = kovarians antara sekuritas i dan j

Karena sebagian besar investor dianggap menghindari risiko, mereka akan memilih portofolio yang meminimalkan risiko untuk tingkat pengembalian yang diharapkan. Portofolio semacam itu disebut portofolio yang efisien dan terletak di 'perbatasan yang efisien'. Perbatasan efisien dapat didefinisikan sebagai kumpulan portofolio yang meminimalkan risiko, σ_p, untuk tingkat pengembalian yang diharapkan, $E(R_p)$.

Tabel 4.2 Rumus dan parameter yang digunakan

Sel	*Rumus*	*Copy ke*
E5	D6	(also set cells F5 = D7, F6 = E7)
G9	SUM(D9:F9)	
D11	SUMPRODUCT(D4:F4, D9:F9)	
G13	SUMPRODUCT(MMULT(D9:F9, D5:F7), D9:F9)	
G14	SQRT(G13)	

Solver parameters		
Set target cell:	G13	
Equal to:	Min	
By changing cells:	D9:F9	*D11 = G1 = Pengembalian yang Diharapkan dan yang diminta harus sama G9=1*
Subject to constraints:	D11 = G11	*G9 = 1 = Persentase portofolio harus berjumlah 100% D9:F9 ≥0*
	G9 = 1	
	D9:F9 ≥ 0	*D9:F9≥0 = Jawaban harus positif*

CONTOH 4.4 Sebuah model untuk perbatasan yang efisien

Ada dua langkah yang terlibat dalam menurunkan batas efisien:

Langkah 1: Bangun model pengoptimalan portofolio

Model pemrograman non-linear (NLP) dibangun untuk menemukan campuran investasi terbaik yang akan meminimalkan risiko portofolio. Spreadsheet yang diperlukan adalah versi sederhana dari model manajemen portofolio Barney Briggs yang dibahas dalam Bab 3 (lihat Gambar 3.4). Data output untuk model baru ini telah diturunkan dalam model analisis keamanan Gambar 4.5 (baris 5 dan kolom H). Rincian untuk setiap bagian, yaitu, pengembalian yang diharapkan E(R_i), varians (V_{ii}), dan kovarians (V_{ij}), disalin ke dalam sel (diarsir) yang sesuai pada Gambar 4.6. Rumus lembar kerja dan parameter Solver untuk model diberikan pada Tabel 4.2.

Langkah 2: Hasilkan data grafis

Model optimasi portofolio sekarang dijalankan tujuh kali. Dengan memvariasikan tingkat pengembalian yang diperlukan (sel G11 pada Gambar 4.6) – dari 10% hingga 13% dengan penambahan 0,5% – 'Tabel Hasil' (lihat baris 18–26) dibuat. Perhatikan bahwa pengembalian yang diharapkan, E(Rp), ditetapkan sama dengan pengembalian yang diminta investor. Trade-off antara risiko dan pengembalian yang diharapkan untuk portofolio dapat diilustrasikan dengan plottinga(σp, E(Rp)) grafik. Setiap solusi Solver menghasilkan titik (σp, E(Rp)) yang digunakan untuk memplot himpunan varians minimum.

Contoh 4.3 - Analisis keamanan tiga saham A, B, C

					Expected Returns			
	User input cells are shaded				$E(R_A)$	$E(R_B)$	$E(R_C)$	
					13.40%	***9.90%***	***11.80%***	
		Return	Probability			$p_i \times$		Standard
		R_i	p_i	−1	$R_{ij} - E(R_i)$	$(R_{ij} - E(R_i))$	**Variance**	deviation
	Share A	9.0%	0.2	0	−0.0440	−0.0088	0.00098	3.14%
		12.0%	0.4	0	−0.0140	−0.0056		
		17.0%	0.4	0	0.0360	0.0144		
	Share B	8.0%	0.5	1	−0.0190	−0.0095	0.00041	2.02%
		11.0%	0.3	1	0.0110	0.0033		
		13.0%	0.2	1	0.0310	0.0062		
	Share C	11.0%	0.4	2	−0.0080	−0.0032	0.00006	0.75%
		12.0%	0.4	2	0.0020	0.0008		
		13.0%	0.2	2	0.0120	0.0024		

Covariances

Rentang cell (F8:F10), (G11:G13), (F14:F16) diberi nama sebagai AA, BB, CC	Covariance COV_{AABB} =	0.00060
	Covariance COV_{AACC} =	0.00076
	Covariance COV_{BBCC} =	0.00016

Cell	***Formula***	***Copied to***
F5	SUMPRODUCT(C8:C10,D8:D10)	
G5	SUMPRODUCT(C11:C13,D11:D13)	
H5	SUMPRODUCT(C14:C16,D14:D16)	
F8	$C8 - OFFSET(F$5,0,$E8)	F9:F16
G8	D8*F8	G9:G16
H8	IF(E8=E7,"",SUMPRODUCT(F8:F10,G8:G10)	H9:H16
I8	IF(H8="","",SQRT(H8))	I9:I16
H19	SUMPRODUCT(AA,BB)	
H20	SUMPRODUCT(AA,CC)	
H21	SUMPRODUCT(BB,CC)	

Gambar 4.5 Analisis keamanan tiga saham.

ChartWizard Excel telah menghasilkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.6, menggunakan rentang sel B20:C26 sebagai input. Sumbu vertikal mewakili nilai pengembalian yang diharapkan, $E(R_p)$, sedangkan nilai p yang sesuai diplot sepanjang sumbu horizontal. Kurva berbentuk C yang dihasilkan disebut 'set varians minimum' karena hanya berisi portofolio dengan risiko minimum. Segmen dengan kemiringan positif (yaitu, bagian atas) dari kurva ini, yang memberikan pengembalian yang diharapkan lebih besar untuk tingkat risiko tertentu, disebut 'perbatasan efisien'. Ini juga disebut sebagai kurva trade-off.

Contoh 4.4 - Menemukan himpunan minimum-variance dan efficient frontier

User input cells are shaded

Share	A	B	C	
Expected return	13.4%	9.9%	11.8%	
	0.00098	0.00055	0.00025	COVARIANCE
	0.00055	0.00041	0.00014	MATRIX
	0.00025	0.00014	0.00006	
				Total %
% invested in each share	0.0%	42.1%	57.9%	100%

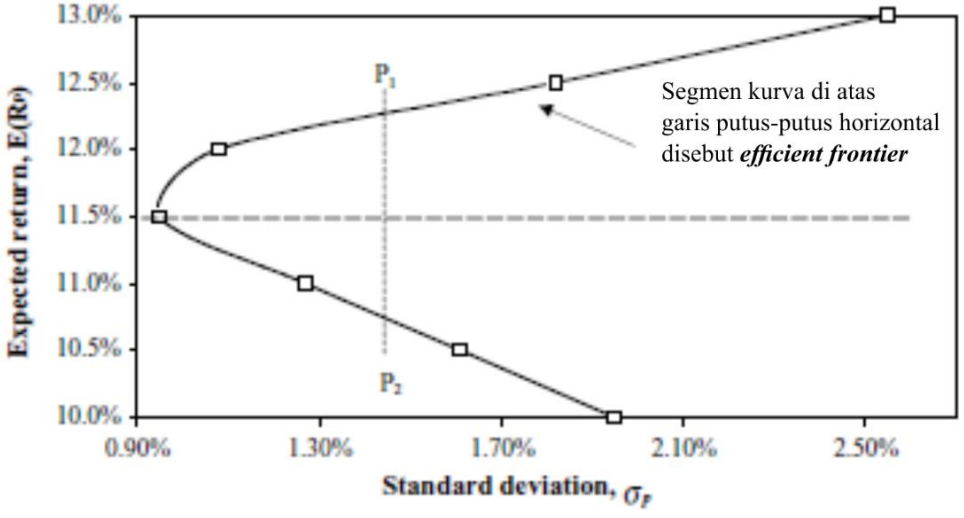
Expected return, $E(R_p)$ = 11.00% Required return = 11.0%

Objective: Minimise portfolio variance = 0.00016

Standard deviation, σ_P = 1.27%

Jalankan model 7 kali, ubah nilai 'Expected return' di cell G11 setiap kali - lihat kolom kedua di bawah. Setelah setiap proses, salin detail ke 'Result Table'.

Results Table	Standard deviation	Expected return	% invested in each share A	B	C
1	1.95%	10.0%	0.0%	94.7%	5.3%
2	1.61%	10.5%	0.0%	68.4%	31.6%
3	1.27%	11.0%	0.0%	42.1%	57.9%
4	0.95%	11.5%	0.0%	15.8%	84.2%
5	1.08%	12.0%	12.5%	0.0%	87.5%
6	1.82%	12.5%	43.8%	0.0%	56.2%
7	2.55%	13.0%	75.0%	0.0%	25.0%



Catatan: Matikan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog *Solver Options*

Gambar 4.6 Sebuah model untuk perbatasan yang efisien

Stock	← Market conditions →		
	Good	Average	Poor
Y	11	7.5	2
Z	16	9	−1

Gambar 4.6 Sebuah model untuk perbatasan yang efisien

Seleksi Portofolio

Fase terakhir dari model Markowitz memeriksa portofolio yang terletak pada set varians minimum. Investasikan atau pilih portofolio yang efisien, yaitu portofolio yang terletak di perbatasan yang efisien, karena mereka memberikan pengembalian yang diharapkan lebih tinggi untuk tingkat risiko tertentu. Misalnya, portofolio P_1 pada Gambar 4.6 lebih disukai daripada portofolio P2 karena P2 tidak berada di perbatasan yang efisien. Namun, preferensi akhir dari portofolio yang efisien akan ditentukan oleh sikap investor terhadap risiko.

Investor yang sangat menghindari risiko akan memilih portofolio dengan varians minimum, yaitu risiko minimum. 'Tabel Hasil' pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa portofolio dengan pengembalian yang diharapkan sebesar 11,5% menghasilkan standar deviasi minimum 0,95% (baris 23). Di sisi lain, investor pencari risiko yang lebih berani akan siap menerima tingkat risiko yang lebih tinggi untuk mendapatkan pengembalian yang diharapkan lebih tinggi. Investor semacam itu dapat memilih portofolio yang menawarkan pengembalian 12,5% atau 13% meskipun nilai deviasi standar yang sesuai (yaitu, risiko) tinggi – lihat sel C25 dan C26.

4.6 MODEL INDEKS TUNGGAL (SIM)

Model indeks tunggal (SIM), yang dikembangkan oleh William Sharpe, adalah versi sederhana dari model Markowitz. Manfaat utama model ini adalah sangat mengurangi jumlah komputasi. Analisis portofolio SIM dari n sekuritas hanya membutuhkan (n+1) perhitungan untuk membangun matriks varians-kovarians. Di sisi lain, model Markowitz menghasilkan n(n+1)/2 perhitungan untuk melakukan analisis n-keamanan yang serupa. Misalnya, portofolio yang berisi 100 sekuritas hanya membutuhkan 101 perhitungan menggunakan SIM tetapi 5050 perhitungan untuk model Markowitz.

Model SIM mengasumsikan bahwa ada hubungan linier antara pergerakan harga sekuritas (atau portofolio) dan pergerakan harga pasar secara keseluruhan. Pasar diwakili oleh indeks pasar seperti FTSE (UK), Dow Jones (AS), Nikkei (Jepang), dan lain-lain. Persamaan garis lurus SIM dasar adalah

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i$$

di mana

i = 1, 2, 3 ..... n

R_i = tingkat pengembalian sekuritas i selama periode tertentu

R_m = tingkat pengembalian indeks pasar selama periode tertentu

α_i = tingkat pengembalian independen pergerakan pasar

β_i = mengukur perubahan yang diharapkan dalam Ri menjadi perubahan tertentu dalam R_m. i biasanya disebut koefisien beta atau hanya 'beta'

ε_i = residual (yaitu, kesalahan) yang terkait dengan R_i

Persamaan ini membagi pengembalian saham menjadi dua komponen. Bagian pertama ($\beta_i R_m$), yang disebabkan oleh perubahan pasar, disebut risiko sistematis atau pasar. βi mengukur seberapa sensitif return saham terhadap return pasar. A βi dari 3 berarti return suatu saham diprediksikan akan meningkat (menurun) sebesar 3% ketika pasar meningkat (menurun) sebesar 1%. Bagian kedua (αi +εi), yang tidak bergantung pada pasar, dikenal sebagai risiko yang tidak sistematis atau dapat didiversifikasi. Jenis risiko ini, yang khusus untuk masing-masing saham, dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan dengan menciptakan portofolio sekuritas beragam yang seimbang – oleh karena itu dinamakan risiko yang dapat didiversifikasi. Dalam istilah geometri koordinat, i mewakili kemiringan garis sedangkan i adalah nilai intersep pada sumbu y vertikal. Dalam model SIM, sumbu x horizontal diwakili oleh pengembalian indeks pasar, Rm, dan sumbu y oleh pengembalian saham, R_i. Model SIM membuat tiga asumsi penting tentang residual, i, yang mewakili perbedaan antara pengembalian aktual dan prediksi:

- Rerata residual, i adalah nol, yaitu, E(εi)=0.
- Setiap residual tidak bergantung pada yang lain, yaitu E(εiεj)=0.
- Tidak ada korelasi antara residual, i, dan return pasar, R_m,yaitu,COVAR(ε_i, R_m)= E(ε_i [R_m E(R_m)])=0.

CONTOH 4.5 Menentukan nilai beta dan intersep

Bette Briggs berinvestasi di Perusahaan XYZ beberapa waktu lalu dan sekarang ingin mengetahui bagaimana kinerja sahamnya dalam kaitannya dengan pasar secara keseluruhan. Bette telah mengumpulkan pengembalian bulanan (persentase) selama setahun terakhir pada kedua saham (R_i) dan indeks pasar (R_m), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Presentase Pengembalian aselama 1 tahun

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R_i	9.33	6.72	−1.21	0.86	1.34	−4.73	7.56	5.39	2.4	−7.9	−1.7	6.58
R_m	7.98	4.55	1.04	4.42	5.76	−1.67	4.18	6.7	2.87	−3.89	−1.3	2.08

Pada Gambar 4.7, Bette menggunakan (i) Excel's Chart Wizard untuk mendapatkan grafik sebar dari data yang ditabulasi, dan (ii) fungsi 'Trendline' untuk memplot garis regresi melalui data menggunakan metode kuadrat terkecil (lihat Studi Kasus 6.1) . Pendekatan kuadrat terkecil mencoba untuk mengoptimalkan hubungan linier antara dua variabel dengan memasang garis melalui data yang diamati sehingga meminimalkan $\sum \varepsilon_1^2$, yaitu jumlah kuadrat dari residual. Persamaan garis regresi telah dihitung sebagai y = 1,2351x 0,0131 yang setara

dengan $R_i = \beta_i R_m + \alpha_i$. Jadi, beta= β = 1,2351dan intersepsi= α=− 0,0131(yaitu, −1,31%).Keamanan dengan nilai β 1,0 bergerak dengan pasar, yaitu mengikuti tren umum dari semua pergerakan keamanan. Sementara nilai β pada 1,235 menyiratkan bahwa saham XYZ lebih bergejolak daripada pasar secara keseluruhan, itu juga berarti bahwa XYZ seharusnya memiliki pengembalian yang relatif tinggi. Oleh karena itu, Bette Briggs yang spekulatif senang melihat sahamnya berkinerja di atas indeks pasar.

Koefisien determinasi, R^2 (R-kuadrat), mengukur kebaikan kecocokan garis regresi. Jika kecocokannya bagus, R2 akan mendekati 1; jika kecocokannya buruk maka R^2 mendekati 0. Dalam hal ini, R^2 =0,7095 yang menunjukkan kecocokan garis yang baik. R-kuadrat juga merupakan ukuran risiko sistematis, yaitu 70,95% dari total variabilitas XYZ imbal hasil Perusahaan dapat dijelaskan oleh variabilitas indeks pasar pengembalian, R_m. Persentase sisanya, yaitu (1− R^2)=29,05% dikaitkan dengan risiko tidak sistematis.

Menurunkan pengembalian yang diharapkan, varians, dan kovarians untuk model SIM

- Pengembalian yang diharapkan (atau rata-rata) dari sekuritas i, E(Ri)

  $E(R_i) = E(\alpha_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i)$ dengan substitusi

  $= \alpha_i + \beta_i E(R_m) + E(\varepsilon_i)$ karena i dan i adalah konstanta

  $= \alpha_i + \beta_i E(R_m)$ karena $E(\varepsilon_i)=0$ (asumsi 1)

- Varians pengembalian sekuritas, VAR(R_i)

  Varians dari variabel acak, X, dapat didefinisikan sebagai VAR(X)= σ_x^2 = E[X E(X)]^2. Varians dari indeks pasar dan residual untuk sekuritas i masing-masing diwakili oleh σ_m^2 dan $\sigma_{\varepsilon i}^2$. Dengan demikian

  VAR(Ri) $= \sigma_i^2 = E[R_i - E(R_i)]^2$

  $= E[\{\alpha_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i\} - \{\alpha_i + \beta_i E(R_m)\}]^2$ dengan substitusi

  $= E[\beta_i\{R_m - E(R_m)\} + \varepsilon i]^2$

  $= E[\beta_i^2\{R_m - E(R_m)\}^2] + 2\beta_i E[\varepsilon_i\{R_m E(R_m)\}] + E(\varepsilon_i)^2$

Contoh 4.5 - Menemukan nilai beta dan intercept untuk model SIM

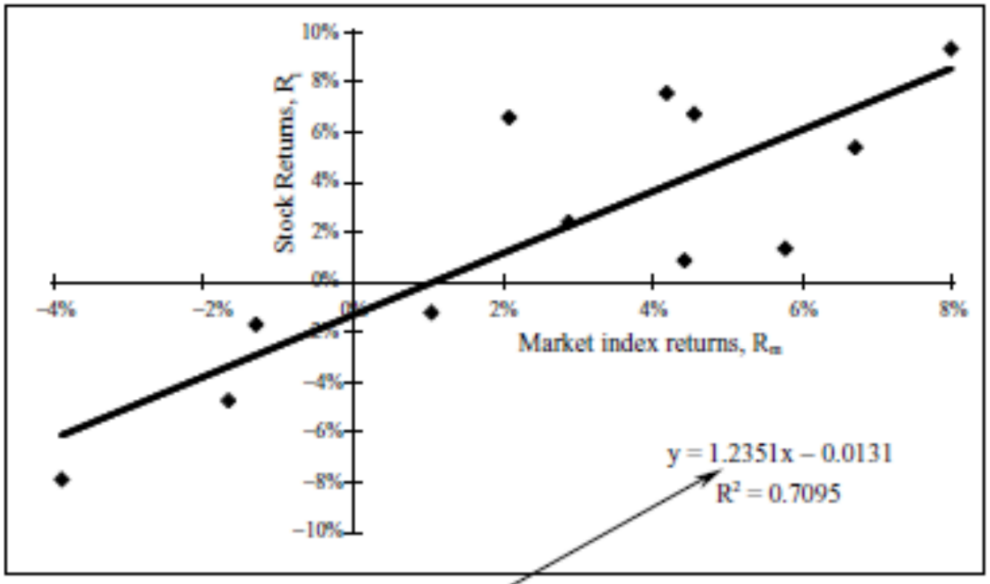
Month	Market returns, R_m	Stock returns, R_i
1	7.98%	9.33%
2	4.55%	6.72%
3	1.04%	–1.21%
4	4.42%	0.86%
5	5.76%	1.34%
6	–1.67%	–4.73%
7	4.18%	7.56%
8	6.70%	5.39%
9	2.87%	2.40%
10	–3.89%	–7.90%
11	–1.30%	–1.70%
12	2.08%	6.58%
		–0.0131
Market Variance = σ_m^2 =		0.0013	1.2351

User input cells are shaded

nilai beta (β) dan intercept (α) dapat dengan mudah ditemukan menggunakan fungsi SLOPE dan INTERCEPT Excel (Lihat sel E17 dan E18)

= α (intercept)

= β (beta)



Since $y_i = \beta x_i + \alpha_i$, **β = beta = 1.2351** **α = intercept = –0.0131**

R = Koefisien korelasi = kuadrat(0,7095) = 0,8423 yang merupakan good line-fit

Cell	*Formula*	*Copied to*
E17	INTERCEPT((E5:E16),(D5:D16))	
D18	VAR(D5:D16)	
E18	SLOPE((E5:E16),(D5:D16))	

Gambar 4.7 Menentukan nilai beta dan intersep.

Dengan menggunakan asumsi 3 dan fakta bahwa $\sigma_{\varepsilon i}^2$ = $E(\varepsilon_i)^2$, ekspresi di atas dapat disederhanakan menjadi

$= \beta_1^2 E[R_m - E(Rm)]^2 + E(\varepsilon_i)^2$

$= \beta_x^2 \sigma_m^2 + \sigma_{\varepsilon i}^2$

- Kovarians antara pengembalian sekuritas i dan j, COVAR(Ri, Rj)
  kovarians dua variabel, X dan Y, adalah COVAR(X,Y)= E[{X− E(X)}{Y− E(Y)}]. Jadi, kovarians SIM antara pengembalian sekuritas i dan j adalah
  COVAR(Ri, Rj) = σij = $E[\{R_i E(R_i)\}\{R_j E(R_j)\}]$
  $= E[\{\alpha_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i\} - \{\alpha i + \beta_i E(R_m)\}]$
  $\times E[\{\alpha_j + \beta_j R_m + \varepsilon_j\} - \{\alpha j + \beta j E(R_m)\}]$
  $= \beta i \beta j E[Rm - E(Rm)]2 + \beta j E[\varepsilon_i\{R_m - E(R_m)\}]$
  $+\beta i E[\varepsilon_j\{R_m - E(R_m)\}] + E(\varepsilon_i \varepsilon_j)$
  $= \beta_i \beta j \sigma_m^2$ menggunakan asumsi SIM

CONTOH 4.6 Menggunakan SIM untuk mencari matriks kovarians

Ferditelah memutuskan untuk menginvestasikan warisannya baru-baru ini sebesar Rp. 20.000 di tiga perusahaan X, Y dan Z. Dia telah menyimpan catatan pergerakan saham perusahaan dan indeks pasar selama dua belas bulan terakhir seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Matriks pada Gambar 4.8 memerlukan data untuk kovarians sekuritas, ij, dan varians, 2 i . Rumus SIM untuk ij dan 2 i – yang diturunkan pada bagian sebelumnya – memerlukan tiga input, yaitu (i) nilai i masing-masing sekuritas (ii) varians dari indeks pasar, m2, dan (iii) varian ce dari residual, i2. Fungsi SLOPE dan VAR Excel digunakan untuk mencari i dan varian pasar, m2. Varians dari residual, i2, mudah diturunkan dengan menggunakan fungsi STEYX Excel. STEYX mengembalikan standar deviasi dari residual, i – juga disebut standar error (lihat sel E20:G20 pada Gambar 4.8).

Tabel 4.4 Persentase pengembalian tahunan untuk saham X, Y, Z dan indeks pasar.

Month	Share X	Share Y	Share Z	Market Index	Month	Share X	Share Y	Share Z	Market Index
1	5.92	13.07	2.98	7.17	7	9.59	27.04	−7.56	14.18
2	3.69	3.55	8.36	5.71	8	12.39	6.22	38.91	11.67
3	−2.64	−15.19	−10.25	−8.04	9	−6.46	−15.91	−11.50	−9.28
4	9.92	7.86	20.79	14.42	10	2.71	−1.85	−4.72	1.89
5	11.34	11.81	22.50	12.76	11	4.70	13.82	20.79	6.93
6	5.73	7.18	34.46	3.67	12	10.64	36.58	12.31	12.28

Perbandingan telah dibuat antara matriks kovarians yang dihasilkan oleh model SIM dan matriks kovarians yang dihitung dari data pengembalian saham. Selisih antara kedua matriks tersebut relatif kecil (lihat Tabel 4.5). Untuk menyederhanakan input ke rumus yang digunakan di setiap matriks, pangsa dan pengembalian pasar telah 'dinamai'. Saat nama ditetapkan ke rentang sel, rentang sel diperlakukan sebagai satu unit. Misalnya, rentang sel D5:D16 yang berisi data pengembalian pasar, diberi nama sederhana sebagai 'M'. Demikian

pula, pengembalian saham dalam rentang E5:E16, F5:F16, dan G5:G16 telah diberi nama X, Y dan Z. Rumus kovarians untuk saham X dan Y kemudian disederhanakan menjadi COVAR(X, Y).

Tabel 4.5 Perbedaan antara matriks kovarians.

Sahan X	*Saham Y*	*Saham Z*
−0.00003	−0.00068	0.00080
−0.00068	−0.00072	−0.00436
0.00080	0.00436	−0.00210

Gambar 4.8 Persentase pengembalian tahunan untuk saham X, Y, Z dan indeks pasar.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Contoh 4.6 - Menghitung matriks kovarians menggunakan model SIM**								
2									
3			Month	Market returns, R_m	Share **X** returns, R_i	Share **Y** returns, R_i	Share **Z** returns, R_i		
4									
5			**1**	7.17%	5.92%	13.07%	2.98%		
6	Data pasar dan		**2**	5.71%	3.69%	3.55%	8.36%	*User input*	
7	pengembalian		**3**	−8.04%	−2.64%	−15.19%	−10.25%	*cells are*	
8	saham telah		**4**	14.42%	9.92%	7.86%	20.79%	*shaded*	
9	'dinamai' sebagai		**5**	12.76%	11.34%	11.81%	22.50%		
10	M, X, Y dan Z		**6**	3.67%	5.73%	7.18%	34.46%		
11	(lihat teks)		**7**	14.18%	9.59%	27.04%	−7.56%		
12			**8**	11.67%	12.39%	6.22%	38.91%		
13			**9**	−9.28%	−6.46%	−15.91%	−11.50%		
14			**10**	1.89%	2.71%	−1.85%	−4.72%		
15			**11**	6.93%	4.70%	13.82%	20.79%		
16			**12**	12.28%	10.64%	36.58%	12.31%		
17		MarketVariance = σ_m^2 =		0.00646	0.0141	−0.0159	0.03462	= α (intercept)	
18					0.6893	1.5431	1.1659	= β (beta)	
19									
20		Standard deviation of residuals = σ_{ei} =			0.01668	0.08901	0.15193		
21		Variance of residuals = σ_{ei}^2 =			0.00028	0.00792	0.02308		
22									
23					0	1	2		
24		**Covariance**		0	0.00335	0.00687	0.00519		
25		**Matrix**		1	0.00687	0.02330	0.01161		
26		(using SIM)		2	0.00519	0.01161	0.03186		
27									
28		**Covariance**			0.00332	0.00618	0.00599		
29		**Matrix**			0.00618	0.02258	0.00725		
30		(using share returns)			0.00599	0.00725	0.02976		
31									
32									

	Cell	*Formula*	*Copied to*
33			
34	D17	VAR(M)	
35	E17	INTERCEPT((E5:E16),M)	F17:G17
36	E18	SLOPE((E5:E16),M)	F18:G18
37	E20	STEYX((E5:E16),M)	F20:G20
38	E21	E20*E20	F21:G21
39	E24	IF(E$23−$D24,E18^2*D$17 + E$21, $D$17*	
40		OFFSET($E$18,0,E$23)*OFFSET($E$18,0,$D24))	E24:G26
41	E28	IF(E$23−$D24,VAR(E$5:E$16),COVAR(OFFSET(X,0,E$23),	
42		OFFSET(X,0,$D24)))	E28:G30
43			

4.7 MODEL HARGA ASET MODEL (CAPM)

Model analisis investasi sejauh ini berfokus pada investor individu dan preferensi mereka untuk memaksimalkan pengembalian sambil meminimalkan risiko. Model penetapan harga aset – juga disebut model ekuilibrium – mengambil pandangan pasar yang lebih luas dengan memeriksa sikap investor secara keseluruhan. Model penetapan harga aset mengasumsikan bahwa pasar modal, yaitu pasar untuk sekuritas jangka panjang, adalah sempurna. Pasar sempurna menyiratkan bahwa pasar 'dalam ekuilibrium', yaitu, permintaan sama dengan penawaran dan setiap aset memiliki harga kliring pasar tunggal. Jika harga aset sementara rendah/tinggi, investor akan membeli/menjual aset sampai kekuatan penawaran dan permintaan memulihkan keseimbangan.

Model penetapan harga yang paling terkenal adalah model penetapan harga aset modal William Sharpe (CAPM) yang diterbitkan pada tahun 1964. Untuk menyederhanakan kompleksitas pasar modal, CAPM mengasumsikan bahwa setiap orang memiliki akses yang sama ke informasi yang sama dan dapat meminjam atau meminjamkan uang dalam jumlah berapa pun. pada tingkat bunga bebas risiko. Oleh karena itu disimpulkan bahwa semua investor akan membuat keputusan yang sama dan membuat portofolio identik dengan menggunakan model Markowitz. Saat ini, asumsi teoretis semacam itu dianggap terlalu membatasi dan tidak mewakili situasi dunia nyata, dan model penetapan harga aset yang lebih realistis kemudian dikembangkan. Lima asumsi tersebut adalah:

- Semua aset dapat dipasarkan. Aset yang dapat dipasarkan jauh lebih mudah diukur daripada aset yang tidak dapat dipasarkan seperti niat baik, paten, dan hak cipta.
- Pasar modal adalah sempurna, yaitu (i) tidak ada biaya transaksi atau pajak (ii) aset dapat dibagi tanpa batas, yaitu, tidak ada batasan ukuran jumlah yang akan diinvestasikan (iii) informasi yang sama tersedia secara bebas kepada setiap investor (iv) tidak ada satu pun yang berinvestasi atau dapat mempengaruhi pasar dengan tindakan beli atau jual.
- Ada suku bunga bebas risiko; semua investor dapat meminjam atau meminjamkan jumlah berapa pun pada tingkat bunga bebas risiko tetap ini.
- Semua investor menghindari risiko dan berusaha memaksimalkan pengembalian portofolio yang diharapkan.
- Semua investor memiliki harapan yang homogen, yaitu, mereka membuat keputusan portofolio yang identik, menggunakan model Markowitz di atas cakrawala investasi yang sama.

Garis Pasar Modal (CML)

Model yang dikembangkan sebelumnya dalam bab ini hanya berisi sekuritas berisiko. Asumsi CAPM ketiga menambahkan aset bebas risiko (tanpa risiko) ke dalam portofolio. Investor sekarang dapat memilih satu set aset berisiko (misalnya, saham) serta aset bebas risiko (misalnya, deposito bank berjangka waktu tetap). Pertimbangkan portofolio P yang

terdiri dari aset berisiko dan satu aset bebas risiko dengan tingkat bunga Rf. Pengembalian portofolio yang diharapkan E(Rp) adalah

$$E(R_p) = xE(R_y) + (1-x)R_f$$

di mana:

x = persentase portofolio yang diinvestasikan dalam aset berisiko

(1−x) = persentase portofolio yang diinvestasikan dalam aset bebas risiko

$E(R_y)$ = pengembalian yang diharapkan dari portofolio aset berisiko

R_f = tingkat bunga bebas risiko

Asumsi 4 menyatakan bahwa semua investor menghindari risiko dan berusaha memaksimalkan pengembalian portofolio yang diharapkan, yaitu, mereka lebih memilih untuk berinvestasi dalam portofolio optimal yang terletak di perbatasan yang efisien. Karena semua investor membuat keputusan portofolio yang identik (asumsi 5), mereka semua akan memperoleh batas efisien yang sama dari Markowitz. Pada tahap ini, semua investor akan memegang aset berisiko mereka dalam proporsi yang sama terlepas dari preferensi risiko mereka. Proporsi (atau persentase) optimal ini merupakan 'portofolio pasar', yang dilambangkan dengan M pada Gambar 4.9. Portofolio pasar, M, adalah portofolio optimal dari aset berisiko. Perlu dicatat bahwa penurunan nilai yang sesuai untuk pengembalian yang diharapkan pada portofolio pasar, E(RM), dan tingkat bunga bebas risiko, R_f, dapat menjadi masalah.

Karena pasar berada dalam keseimbangan (asumsi 2), portofolio pasar harus mencakup semua aset di pasar. Jika suatu aset tidak termasuk dalam portofolio pasar, yaitu, menyiratkan bahwa tidak ada yang mau membelinya, maka total permintaan tidak akan sama dengan total penawaran. Proporsi setiap aset, wi, dalam portofolio pasar diberikan oleh

$$\varepsilon i = \frac{nilai\ pasar\ aset\ i}{total\ nilai\ pasar\ dari\ semua\ aset\ dipasar}$$

Garis pasar kapita (CML) didefinisikan sebagai garis yang (i) memiliki perpotongan Rf pada sumbu vertikal dan (ii) bersinggungan dengan batas efisien Markowitz di titik M (Diacogiannis, Bab9). Semua investor berbohong pada CML seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Bagian mana pun dari garis yang mereka tempati akan bergantung pada sikap preferensi risiko investor. Mereka harus memutuskan berapa banyak yang akan diinvestasikan dalam (i) portofolio aset berisiko M dan (ii) aset bebas risiko, yaitu, mereka harus menemukan nilai x seperti yang didefinisikan dalam persamaan E(Rp) di atas.

Investor yang sangat menghindari risiko akan menempatkan sebagian besar kekayaan mereka ke dalam aset bebas risiko sambil menyisakan sebagian kecil dalam portofolio pasar, M. Ini berarti bahwa mereka akan memilih titik pada garis di sebelah kiri M seperti C. Pada di sisi lain, investor yang kurang menghindari risiko akan meminjam melebihi kekayaan mereka saat ini untuk meningkatkan kepemilikan mereka dalam portofolio M. Dalam hal ini, mereka akan memilih titik di sebelah kanan M, misalnya, L. Pada titik M, investor menempatkan semua

kekayaan mereka ke dalam portofolio pasar dan tidak meminjam atau meminjamkan pada tingkat bunga bebas risiko.

CONTOH 4.7 Menggunakan CAPM untuk menghitung beta dan nilai pengembalian yang diharapkan

Model CAPM asli Sharpe biasanya ditulis sebagai

$$E(R_i)= R_f + \beta_i[E(R_M)- R_f]$$

di mana:

$E(_{Ri)}$ = pengembalian yang diharapkan atas aset i

R_f = tingkat bebas risiko

$E(R_M)$ = pengembalian yang diharapkan di pasar

βi=koefisien beta (atau beta) aset i

Koefisien beta untuk aset i didefinisikan sebagai:

$$\beta i = \sigma iM/\sigma_M^2$$

di mana:

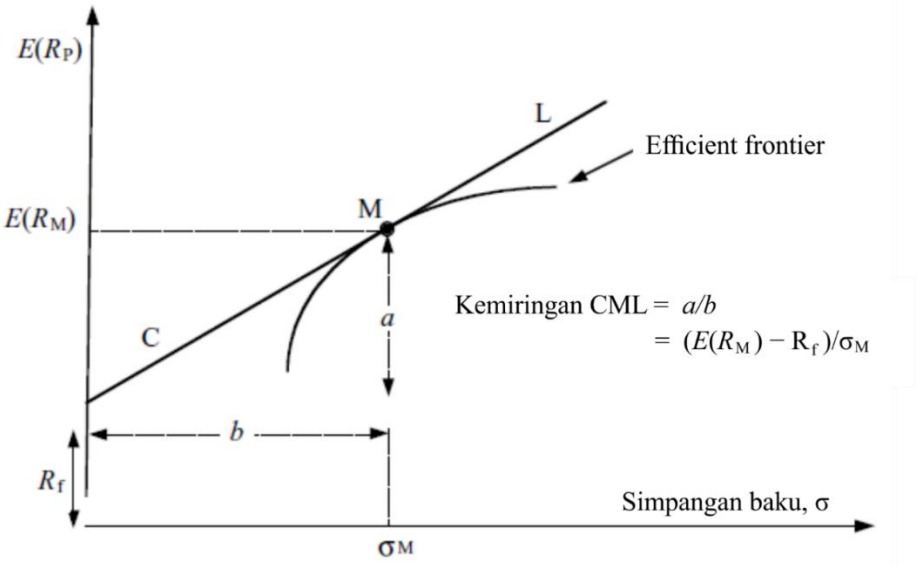
σiM = kovarians antara aset dan pengembalian pasar Ri dan RM

σ_M^2 = varians pasar, yaitu, VAR(RM).

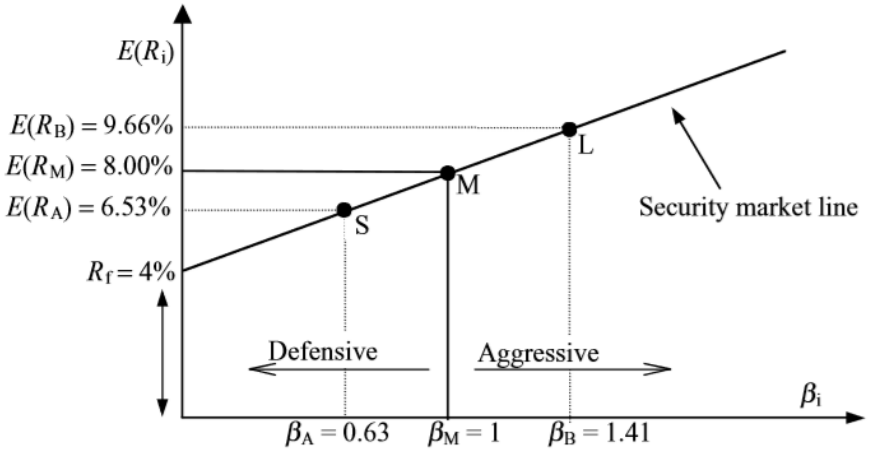
Tingkat bunga tanpa risiko, R_f , dan 'premi risiko pasar' yang didefinisikan sebagai $[E(R_M)- R_f]$, adalah sama untuk semua aset. Namun, βi berbeda untuk setiap aset karena istilah kovarians unik σ_{iM}. Oleh karena itu merupakan ukuran risiko sistematis aset i. Koefisien beta, βi , biasanya didefinisikan sebagai 'ukuran responsivitas sekuritas atau portofolio terhadap pasar secara keseluruhan'. Aset dengan βi < 1 disebut defensif sedangkan aset dengan βi > 1 disebut aset agresif. Dimana βi =1, aset atau sekuritas memiliki risiko yang sama dengan portofolio pasar. Data imbal hasil pasar dan saham perusahaan yang disajikan pada Tabel 4.4 digunakan sebagai input untuk model CAPM pada Gambar 4.10. Tingkat bunga bebas risiko, Rf, diambil sebagai 4% dan pengembalian pasar yang diharapkan, $E(R_M)$, sebagai 8%.

Garis pasar keamanan (SML)

Garis pasar sekuritas (SML) yang ditunjukkan pada Gambar 4.11 telah dibangun menggunakan rincian dari Contoh 4.7. SML diturunkan dengan memplot pengembalian yang diharapkan, $E(R_i)$, sepanjang sumbu vertikal dan nilai i sepanjang sumbu horizontal, yaitu, mengganti nilai- dari Gambar 4.9 dengan i. Karena pengembalian yang diharapkan dari portofolio pasar, $E(R_M)$, mewakili =1 dan intersep sumbu vertikal adalah tingkat bunga bebas risiko, R_f, menggambar SML adalah latihan lurus ke depan.



Gambar 4.9 Garis pasar modal dan portofolio pasar.



Gambar 4.10 Garis pasar sekuritas.

4.8 PENILAIAN OBLIGASI

Banyak organisasi menghasilkan modal dengan menerbitkan surat berharga utang seperti obligasi, surat utang, surat berharga berlapis emas, surat utang AS, dan sebagainya. Obligasi didefinisikan sebagai sekuritas dengan bunga tetap, yang dapat diterbitkan oleh pemerintah (obligasi pemerintah) atau perusahaan swasta (obligasi korporasi atau surat utang). Obligasi korporasi umumnya menawarkan tingkat bunga yang lebih tinggi daripada obligasi pemerintah, yang mencerminkan kenyataan bahwa tingkat bunga yang lebih tinggi dikaitkan dengan risiko yang lebih besar. Dengan kata lain, perusahaan dipandang lebih berisiko daripada pemerintah. Masa hidup (atau jatuh tempo) obligasi dapat bervariasi dari satu hingga tiga puluh tahun.

Setiap pemegang obligasi menerima sertifikat tercetak yang menunjukkan nilai nominal obligasi (nilai nominal atau nilai jatuh tempo). Sertifikat obligasi mewakili janji penerbit untuk membayar jumlah tetap kepada pemegangnya secara berkala, misalnya, setengah tahunan, dan untuk membayar kembali pokok obligasi pada saat jatuh tempo. Dalam terminologi obligasi, pembayaran bunga reguler ini dikenal sebagai 'kupon' dan tingkat bunga sebagai tingkat kupon. Tanggal jatuh tempo (atau penebusan) obligasi adalah tanggal pembayaran terakhir dilakukan dan pokok dikembalikan. Obligasi diskon murni – juga disebut obligasi tanpa kupon – melakukan pembayaran satu kali pada saat jatuh tempo, yaitu, tidak ada pembayaran kupon interim selama masa berlaku obligasi.

Contoh 4.7 - Menghitung nilai beta dan pengembalian yang diharapkan menggunakan CAPM

	Month	Market returns, R_M	Historical share returns, R_i A	B	C
User input cells are shaded	1	7.17%	5.92%	13.07%	2.98%
	2	5.71%	3.69%	3.55%	8.36%
	3	−8.04%	−2.64%	−15.19%	−10.25%
	4	14.42%	9.92%	7.86%	20.79%
	5	12.76%	11.34%	11.81%	22.50%
	6	3.67%	5.73%	7.18%	34.46%
	7	14.18%	9.59%	27.04%	−7.56%
	8	11.67%	12.39%	6.22%	38.91%
	9	−9.28%	−6.46%	−15.91%	−11.50%
	10	1.89%	2.71%	−1.85%	−4.72%
	11	6.93%	4.70%	13.82%	20.79%
	12	12.28%	10.64%	36.58%	12.31%
Market variance = σ_M^2 =			0.00646		
Covariance (R_i, R_M) = σ_{iM} =			0.00408	0.00913	0.00690
CAPM β_i values = σ_{iM}/σ_M^2 =			0.6319	1.4145	1.0687
Risk-free interest rate, R_f =				4.0%	
Expected market return, $E(R_M)$ =				8.0%	
Using the CAPM equation, $E(R_i) = R_f + \beta_i * [E(R_m) - R_f]$					
Share			A	B	C
Expected return, $E(R_i)$			6.53%	9.66%	8.27%

Cell	*Formula*	*Copied to*
E18	VAR(D5:D16)	
E19	COVAR($D5:$D16,E5:E16)	F19:G19
E21	E19/$E18	F21:G21
E28	$F23 + E21*($F24 – $F23)	F28:G28

Gambar 4.11 Model penetapan harga aset modal (CAPM).

Obligasi tidak bebas risiko seperti yang mungkin terlihat. Ada dua sumber risiko utama yang terkait dengan obligasi, yaitu (i) risiko suku bunga dan (ii) risiko gagal bayar. Fluktuasi suku bunga secara langsung mempengaruhi nilai obligasi, dengan kenaikan suku bunga menyebabkan harga obligasi turun (dan sebaliknya). Risiko default mengacu pada ketidakpastian tentang kemampuan penerbit obligasi untuk membayar jumlah yang dikontrakkan kepada pemegang sertifikat. Semakin besar ketidakpastian tentang default, semakin tinggi bunga yang ditawarkan oleh penerbit.

Penilaian obligasi, yang merupakan proses penentuan harga obligasi, melibatkan dua konsep dasar (i) nilai waktu dari uang (lihat bagian 'Nilai Sekarang Bersih', Bab 3) dan (ii) pertukaran pengembalian risiko yang diwakili oleh perbatasan yang efisien. Obligasi diberi harga sesuai dengan ukuran dan waktu arus kas yang dijanjikan oleh penerbit dan tingkat bunga yang tersedia di pasar.

Harga dan Hasil Obligasi

Nilai atau harga obligasi adalah nilai sekarang dari arus kas masa depan. Aliran ini didiskontokan kembali ke masa sekarang dengan tingkat diskonto yang mencerminkan risiko obligasi. Tingkat diskonto, r, biasanya disebut sebagai 'hasil' atau 'tingkat pengembalian yang disyaratkan'. Arus kas masa depan ini terdiri dari (i) serangkaian pembayaran kupon berkala yang dilakukan selama umur obligasi dan (ii) lumpsum, yaitu pokok, yang dibayarkan pada saat jatuh tempo. Harga obligasi diberikan oleh rumus berikut di mana istilah pertama merupakan serangkaian pembayaran kupon dan istilah kedua pokok pada saat jatuh tempo:

$$P = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} + \frac{M}{(1+r)^n}$$

di mana:

P = harga obligasi

M = nilai nominal obligasi (pokok)

C_t=pembayaran kupon berkala

r = tingkat pengembalian yang diminta

n = jumlah total periode hingga jatuh tempo

Pembayaran kupon (atau bunga) tahunan, Ca, pada obligasi ditemukan dengan mengalikan nilai nominalnya dengan tingkat kupon, yaitu, C_a = M × r. Untuk obligasi yang melakukan pembayaran kupon 'm' per tahun, ukuran setiap pembayaran kupon sama dengan C_a/m . Harga obligasi tanpa kupon mudah ditemukan karena tidak ada pembayaran kupon interim. Suku pertama dalam persamaan untuk harga obligasi sekarang berlebihan dan rumusnya menjadi P = M/$(1+r)^n$. Misalnya, harga obligasi tanpa kupon dengan nilai nominal Rp. 500, tingkat kupon 8%, dan jatuh tempo 4 tahun adalah 500/$(1,08)^4$ = Rp. 367,51. Ada dua jenis utama hasil, yaitu (i) hasil saat ini dan (ii) hasil hingga jatuh tempo:

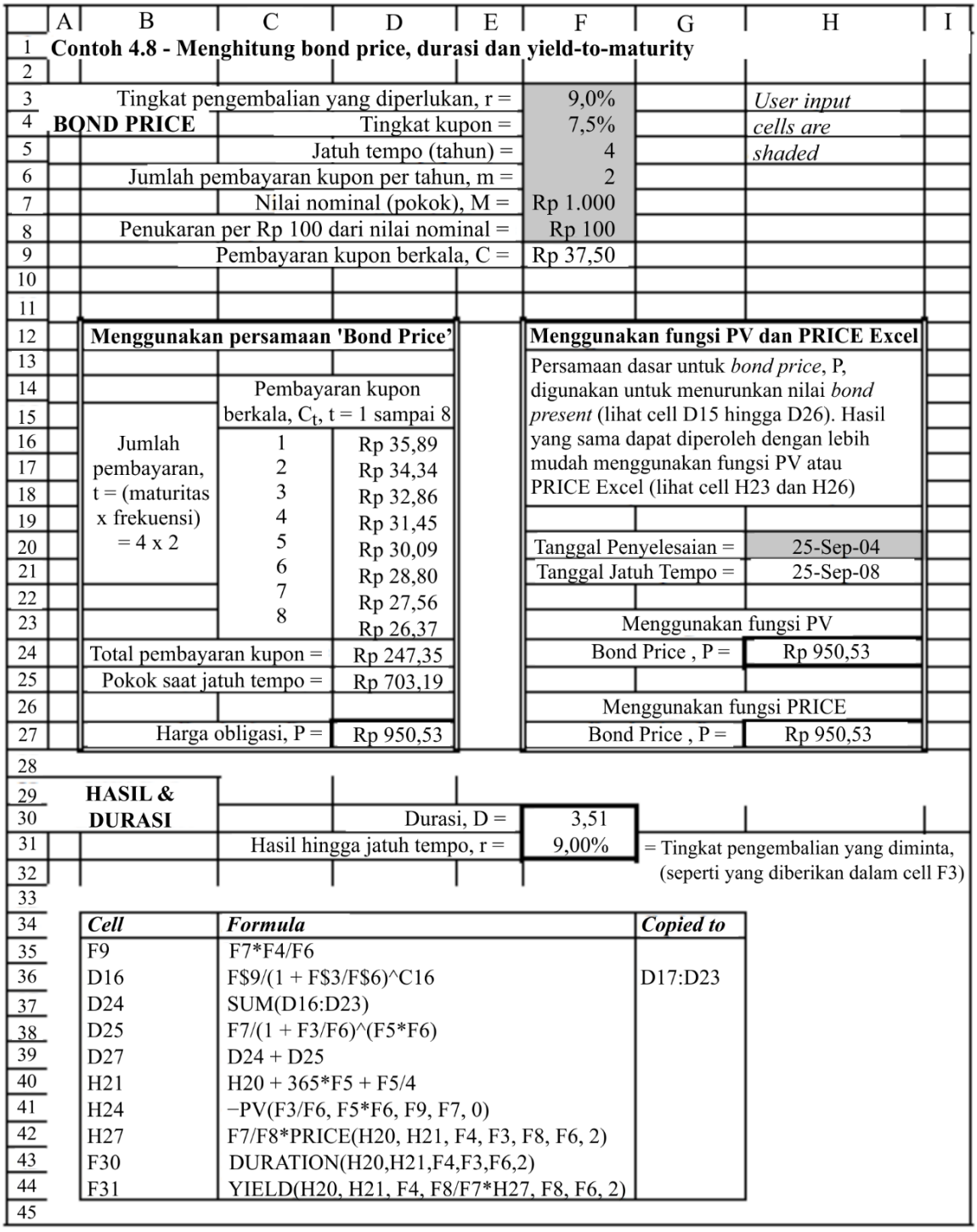
- Hasil saat ini - Hasil saat ini, yc, didefinisikan sebagai pembayaran kupon tahunan obligasi dibagi dengan harga saat ini, yaitu, y_c =C_a/P. Karena hasil saat ini mengabaikan

bunga majemuk, biasanya dianggap sebagai ukuran kasar pengembalian yang diperoleh selama tahun depan. Hasil saat ini juga disebut hasil bunga atau hasil berjalan.

- Yield-to-maturity - Yield-to-maturity, r, adalah tingkat pengembalian yang akan diterima investor jika obligasi dimiliki hingga jatuh tempo. Hasil hingga jatuh tempo juga dikenal sebagai hasil penebusan atau hanya 'hasil'. Karena persamaan ini tidak dapat diselesaikan secara langsung, proses iterasi harus digunakan untuk menemukan solusi. Untungnya, Excel memiliki fungsi YIELD yang sangat menyederhanakan perhitungan yield-to-maturity.

CONTOH 4.8 Menghitung harga, hasil, dan durasi obligasi

Sebuah obligasi pemerintah memiliki jatuh tempo empat tahun, tingkat kupon 7,5%, dan nilai nominal Rp. 1000. Jika bunga dibayarkan setengah tahun, berapa nilai obligasi ini kepada investor yang membutuhkan tingkat pengembalian 9%? Dalam kasus ini, M = Rp. 1000,r =9%, n =8, m =2, dan pembayaran kupon, C_t = M ×r/m =Rp. 1000×0,075/2=Rp. 37,50. Pada Gambar 4.12, suku penjumlahan pertama dalam persamaan untuk harga obligasi diberikan di sel D24 dan suku kedua di sel D25. Harga obligasi telah dihitung sebagai Rp. 950,53 (lihat sel D27). Jawaban ini diperoleh dengan lebih mudah menggunakan fungsi PV atau PRICE Excel. Durasi obligasi, yang diturunkan menggunakan fungsi DURATION Excel (sel F30), dibahas kemudian.



Contoh 4.8 - Menghitung bond price, durasi dan yield-to-maturity

BOND PRICE

Tingkat pengembalian yang diperlukan, r =	9,0%
Tingkat kupon =	7,5%
Jatuh tempo (tahun) =	4
Jumlah pembayaran kupon per tahun, m =	2
Nilai nominal (pokok), M =	Rp 1.000
Penukaran per Rp 100 dari nilai nominal =	Rp 100
Pembayaran kupon berkala, C =	Rp 37,50

User input cells are shaded

Menggunakan persamaan 'Bond Price'

Jumlah pembayaran, t = (maturitas x frekuensi) = 4 x 2

Pembayaran kupon berkala, C_t, t = 1 sampai 8	
1	Rp 35,89
2	Rp 34,34
3	Rp 32,86
4	Rp 31,45
5	Rp 30,09
6	Rp 28,80
7	Rp 27,56
8	Rp 26,37
Total pembayaran kupon =	Rp 247,35
Pokok saat jatuh tempo =	Rp 703,19
Harga obligasi, P =	Rp 950,53

Menggunakan fungsi PV dan PRICE Excel

Persamaan dasar untuk *bond price*, P, digunakan untuk menurunkan nilai *bond present* (lihat cell D15 hingga D26). Hasil yang sama dapat diperoleh dengan lebih mudah menggunakan fungsi PV atau PRICE Excel (lihat cell H23 dan H26)

Tanggal Penyelesaian =	25-Sep-04
Tanggal Jatuh Tempo =	25-Sep-08
Menggunakan fungsi PV	
Bond Price , P =	Rp 950,53
Menggunakan fungsi PRICE	
Bond Price , P =	Rp 950,53

HASIL & DURASI

Durasi, D =	3,51
Hasil hingga jatuh tempo, r =	9,00%

= Tingkat pengembalian yang diminta, (seperti yang diberikan dalam cell F3)

Cell	*Formula*	*Copied to*
F9	F7*F4/F6	
D16	F$9/(1 + F$3/F$6)^C16	D17:D23
D24	SUM(D16:D23)	
D25	F7/(1 + F3/F6)^(F5*F6)	
D27	D24 + D25	
H21	H20 + 365*F5 + F5/4	
H24	−PV(F3/F6, F5*F6, F9, F7, 0)	
H27	F7/F8*PRICE(H20, H21, F4, F3, F8, F6, 2)	
F30	DURATION(H20,H21,F4,F3,F6,2)	
F31	YIELD(H20, H21, F4, F8/F7*H27, F8, F6, 2)	

Gambar 4.12 Menghitung harga obligasi, imbal hasil hingga jatuh tempo dan durasi.

Perlu dicatat bahwa PRICE memberikan harga obligasi per nilai nominal Rp. 100. Karena nilai nominal obligasi adalah Rp. 1000, jawaban di sel H27 harus dikalikan dengan 10 (lihat faktor F7/F8 (=10) di depan rumus PRICE pada baris 42). Anjak yang sama berlaku untuk fungsi YIELD, yang mengharapkan harga obligasi diberikan sebagai 'per Rp. 100 nilai nominal'. Karena nilai

nominal obligasi pada Gambar 4.12 adalah Rp. 1000, parameter harga harus dibagi 10 (lihat faktorF8/F7(=1/10)dalam rumus YIELD secara online44). Baik fungsi PRICE maupun YIELD memerlukan tanggal 'penyelesaian' dan 'maturitas' alih-alih sejumlah tahun hingga jatuh tempo. Tanggal penyelesaian adalah tanggal di mana seseorang membeli obligasi sedangkan tanggal jatuh tempo adalah tanggal di mana obligasi berakhir.

CONTOH 4.9 Menghitung imbal hasil obligasi untuk periode kupon dengan jarak yang tidak merata

Semua perhitungan harga obligasi di atas dibuat dengan asumsi bahwa tanggal penyelesaian dan penerbitan adalah sama, yaitu obligasi dibeli pada hari pertama penerbitannya. Dalam banyak kasus, obligasi dibeli beberapa bulan setelah tanggal penerbitan. Misalnya, obligasi 10 tahun diterbitkan pada tanggal 1 Januari 2005, dan dibeli oleh pembeli enam bulan kemudian. Tanggal penerbitan adalah 1 Januari 2005, tanggal penyelesaian (yaitu, pembelian) adalah 1 Juli 2005, dan tanggal jatuh tempo adalah 1 Januari 2015, yaitu 10 tahun setelah tanggal penerbitan.

Contoh 4.9 - Menghitung hasil bond untuk periode pembayaran yang tidak merata

Harga obligasi saat ini =	Rp 1.200	*User input cells are shaded*
Nilai nominal (pokok), M =	Rp 1.000	
Kupon =	Rp 100	
Tanggal saat ini (dd/mm/yy) =	12-Okt-04 1	
Tanggal kupon berikutnya (dd/mm/yy) =	1-Jan-05	
Waktu pembayaran pertama (hari) =	81	
Tanggal jatuh tempo (dd/mm/yy) =	1-Jan-10	

Tanggal	Pembayaran
2-Okt-04	-Rp 1.200
1-Jan-05	Rp 100
1-Jan-06	Rp 100
1-Jan-07	Rp 100
1-Jan-08	Rp 100
1-Jan-09	Rp 100
1-Jan-10	Rp 1.100

Hasil hingga jatuh tempo, r = 7,10%

Cell	*Formula*	*Copied to*
G6	E6	
H6	−E3	
G7	E7	
H7	E$5	H8:H11
G8	G7 +365	G9:G10

Cell	*Formula*	*Copied to*
E11	E7 − E6	
G11	G10 + 366	
G12	G11 + 365	
H12	E4 + E5	
H14	XIRR(H6:H12,G6:G12)	

Gambar 4.13 Menghitung imbal hasil obligasi untuk periode pembayaran yang tidak merata.

Gambar 4.13 menunjukkan bagaimana hasil hingga jatuh tempo, r, dapat dihitung untuk periode yang tidak merata menggunakan fungsi XIRR Excel. XIRR mengembalikan tingkat pengembalian (hasil) internal untuk jadwal pembayaran kupon yang tidak merata. Dalam hal

ini, harga obligasi saat ini adalah Rp. 1200, nilai nominalnya adalah Rp. 1000, dan kupon periodik Rp. 100 dibayarkan pada tanggal 1 Januari setiap tahun. Karena pembeli telah membeli obligasi pada 12 Oktober 2004, hanya ada 81 hari tersisa sampai pembayaran kupon berikutnya pada 1 Januari 2005. Pembayaran akhir obligasi termasuk pokok obligasi serta pembayaran kupon (Rp. 1000+Rp. 100) dan akan dibuat pada tanggal jatuh tempo, 1 Januari 2010. Model pada Gambar 4.13 telah menurunkan nilai yield-to-maturity sebesar 7,10%.

4.9 DURASI DAN VOLATILITAS OBLIGASI

Durasi adalah ukuran (dalam tahun) dari volatilitas harga obligasi sehubungan dengan perubahan hasil obligasi, r. Setiap tahun durasi mewakili peluang keuntungan atau kerugian 1% dari pokok untuk setiap 1% perubahan suku bunga, yaitu mengukur risiko suku bunga obligasi. Durasi mengasumsikan bahwa persentase perubahan harga obligasi sebanding dengan persentase perubahan satu ditambah tingkat bunga. Rumus durasi, D – seperti yang didefinisikan oleh F. Macaulay pada tahun 1938 – dapat dinyatakan sebagai berikut:

Persentase perubahan harga obligasi

Persentase perubahan (1 + r)

$$D = \frac{Persentase\ perubahan\ harga\ obligasi}{Persentase\ perubahan\ (1+r)} = -\frac{dP/P}{d(1+r)/(1+r)}$$

Ekspresi untuk turunan P/d (1+r) dapat ditemukan dengan menggunakan rumus untuk harga obligasi, P, yang diberikan di atas. Jika diasumsikan pembayaran kupon terakhir, C_n, juga termasuk pokok pada saat jatuh tempo, maka suku kedua dalam ekspresi untuk P dapat dimasukkan ke dalam suku pertama untuk memberikan

$$P = \sum_{T=1}^{N} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Membedakan

$$\frac{dP}{d(1+r)} = -\sum_{t=1}^{n} \frac{tC_t}{(1+r)^{t+1}}$$

Mengganti dalam rumus untuk durasi,

$$D = -\frac{dP/P}{d(1+r)/(1+r)} = \left|\frac{dP}{d(1+r)} * \frac{(1+r)}{P}\right| = \sum_{t=1}^{n} \frac{tC_t}{(1+r)^t}$$

CONTOH 4.10 Perilaku harga obligasi: perubahan harga dan imbal hasil

Ada hubungan terbalik antara harga dan imbal hasil obligasi, yaitu, saat imbal hasil obligasi meningkat, harganya turun, dan sebaliknya. Perubahan hasil sering dinyatakan dalam basis poin. Sebuah 'basis point' didefinisikan sebagai seperseratus persen, misalnyaperubahan hasil dari 10% menjadi 10,5% adalah perubahan 50 basis poin. Hubungan harga/hasil ini dapat diilustrasikan dengan mempertimbangkan tiga obligasi 20 tahun yang menawarkan tingkat kupon 9%, 10%, dan 11%.

Grafik pada Gambar 4.14 menunjukkan bagaimana harga obligasi turun saat imbal hasil meningkat untuk masing-masing dari ketiga obligasi. Ketika imbal hasil, r, lebih besar (atau lebih kecil) dari tingkat kupon, nilai obligasi akan lebih kecil (atau lebih besar) dari nilai nominal atau nominalnya. Ketika tingkat kupon sama dengan r, obligasi dikatakan 'menjual pada nilai nominal'. Nilai nominal obligasi sebesar Rp. 100 – diwakili oleh garis putus-putus – memotong setiap kurva pada nilai-r masing-masing sebesar 9%, 10%, dan 11%. Ketika harga obligasi di atas par (yaitu, di atas garis putus-putus), itu disebut obligasi premium, dan ketika harganya di bawah par, itu adalah obligasi diskon.

CONTOH 4.11 Perilaku harga obligasi: durasi dan volatilitas

Ada hubungan penting antara durasi obligasi dan volatilitas harganya. Volatilitas obligasi, V, dapat didefinisikan sebagai nilai absolut dari persentase perubahan harga obligasi yang terkait dengan perubahan tertentu dalam hasil, r. Definisi ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$V = \left|\frac{dP/P}{dr}\right|$$

di mana dP/P= ΔP/P= persentase perubahan harga obligasi, P, dan dr = Δr = perubahan hasil, r, di mana berarti 'perubahan'. Persamaan untuk durasi ikatan, D, seperti yang diturunkan di atas, dapat ditulis ulang sebagai

$$\frac{dP}{P} = D\frac{d(1+r)}{1+r}$$

Untuk perubahan kecil dalam hasil, Δr, (1+r) dapat didekati dengan Δr, yaitu, d(1+r) dapat diganti dengan dr dalam persamaan di atas. Dua persamaan untuk volatilitas dan durasi sekarang dapat digabungkan untuk memberikan

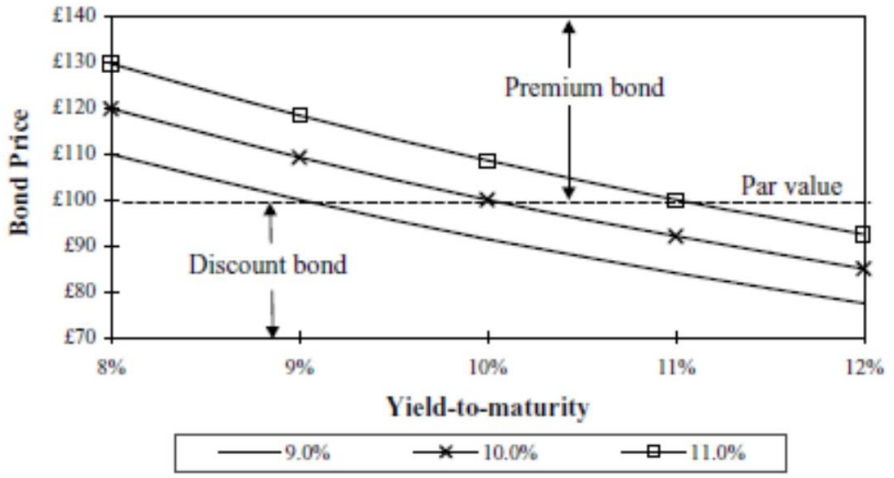
$$V \approx \frac{D}{1+r}$$

Perkiraan volatilitas di atas, V, mengasumsikan bahwa obligasi melakukan pembayaran kupon tahunan, yaitu frekuensi m = 1. Jika pembayaran dilakukan setengah tahunan (m = 2) atau triwulanan (m = 4), maka hasil, r, dalam rumus volatilitas harus dibagi dengan 'm'. Persamaan untuk V, yang sering disebut 'durasi Macaulay yang dimodifikasi', telah digunakan untuk menurunkan Tabel Volatilitas yang ditunjukkan pada Gambar 4.15 (baris 21-24).

Contoh 4.10 - Hubungan harga/hasil untuk tiga bond

Jatuh tempo (tahun) =	20	*User input cells*
Jumlah pembayaran tahunan, m =	2	*are shaded*
Nilai nominal (par), F =	Rp 100	

	<------- Coupon Rates ------->		
Yield	9.0%	10.0%	11.0%
8%	£109.90	£119.79	£129.69
9%	£100.00	£109.20	£118.40
10%	£91.42	£100.00	£108.58
11%	£83.95	£91.98	£100.00
12%	£77.43	£84.95	£92.48



Cell	*Formula*	*Copied to*
E9	–PV($D9/$E$4, $E$3*$E$4, E$8*$E$5/$E$4, $E$5, 0)	E9:G13

Gambar 4.14 Hubungan harga/hasil untuk tiga obligasi.

Hasil yang sama juga dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi MDURATION Excel, seperti yang ditunjukkan online 29-30. Gambar 4.15 mengilustrasikan properti durasi berikut:

- Durasi, yang diukur dalam tahun, umumnya dapat disamakan dengan maturitas, yaitu semakin lama maturitas (sel B11:B14), semakin besar durasinya (misalnya, sel D11:D14).
- Kenaikan tingkat kupon (bunga) akan mengurangi durasi, yaitu, semakin besar tingkat bunga, semakin besar ukuran pembayaran kupon. Dengan menerima arus kas awal yang lebih besar, waktu yang dibutuhkan untuk menerima semua pembayaran berkurang, sehingga menurunkan durasi, misalnya sel D11:H11.
- Durasi sebanding dengan volatilitas obligasi, yaitu, durasi (mis., D11:D14) meningkat seiring volatilitas (D21:D24) meningkat. Properti ini dapat digunakan untuk menilai

sensitivitas harga obligasi untuk menghasilkan perubahan dan karena itu merupakan alat yang berguna untuk membandingkan obligasi.

- Durasi obligasi tanpa kupon (diskon murni) sama dengan jatuh tempo obligasi (seumur hidup).

Contoh 4.11 - Durasi dan volatilitas bond

Yield, r = 10.00%

No. of payments per year, *m* = 1

User input cells are shaded

TABEL DURASI (Tahun)

Settlement date = 22/10/2004

Maturity (Years)	Maturity Date	Coupon Rates 4.0%	6.0%	8.0%	10.0%	12.0%
5	22/10/2009	4.57	4.41	4.28	4.17	4.07
10	22/10/2014	7.95	7.42	7.04	6.76	6.54
15	22/10/2019	10.12	9.28	8.74	8.37	8.09
20	22/10/2024	11.30	10.32	9.75	9.36	9.09

TABEL VOLATILITAS (% perubahan harga)

Maturity (Years)	Coupon Rates 4.0%	6.0%	8.0%	10.0%	12.0%
5	4.15	4.01	3.89	3.79	3.70
10	7.22	6.75	6.40	6.14	5.94
15	9.20	8.44	7.95	7.61	7.36
20	10.28	9.39	8.86	8.51	8.27

Dua baris pertama dari Tabel Volatilitas (baris 21-22) telah dihitung ulang di bawah ini menggunakan fungsi MDURATION Excel untuk **durasi Macaulay yang dimodifikasi**

4.15	4.01	3.89	3.79	3.70
7.22	6.75	6.40	6.14	5.94

Cell	*Formula*	*Copied to*
C11	G$7 + B11*365 + B11/4	C12:C14
D11	DURATION($G$7, $C11, D$10, $E$3, $E$4, 4)	D11:H14
D21	D11/(1 + $E$3/$E$4)	D21:H24
D29	MDURATION($G$7, $C11, D$10, $E$3, $E$4, 4)	D29:H30

Gambar 4.15 Durasi dan volatilitas obligasi.

4.10 MODEL HARGA OPSI HITAM–SEKOLAH

Instrumen derivatif adalah sekuritas yang imbal hasilnya diturunkan - maka nama 'derivatif' - dari sekuritas yang mendasarinya. Tujuan utama dari derivatif, yang mencakup opsi dan futures, adalah untuk meminimalkan risiko keuangan sambil memaksimalkan

pengembalian yang diharapkan. Opsi atas sekuritas adalah perjanjian kontraktual antara dua pihak yang memberikan satu pihak hak (tetapi bukan kewajiban) untuk membeli atau menjual aset dasar dari pihak lain pada harga yang disepakati di masa mendatang atau dalam periode waktu tertentu. . Opsi untuk membeli dikenal sebagai 'panggilan' sedangkan opsi untuk menjual aset disebut 'put'.

Istilah 'untuk berolahraga' mengacu pada proses di mana opsi digunakan untuk membeli (atau menjual) keamanan yang mendasarinya. Apakah pemegang menjalankan opsi atau tidak tergantung pada harga saham tertentu pada saat opsi berakhir. Jika nilai saham di atas harga awal yang disepakati, maka pemegang akan melakukan panggilan, jika tidak, panggilan tidak akan dilakukan. Karena hak untuk menggunakan opsi bergantung pada kinerja aset yang mendasarinya, opsi sering disebut klaim kontinjensi. Opsi diperdagangkan di pasar terorganisir yang mirip dengan pasar saham.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Contoh 4.12 - Model penetapan harga opsi Black-Scholes**							
2								
3		Harga saham saat ini, S =		Rp 40,00	*User input cells*			
4		Harga latihan, E =		Rp 40,00	*are shaded*			
5		Tingkat bunga bebas risiko, r =		7,00%				
6		Waktu kedaluwarsa (dalam tahun), T =		0,40				
7		Volatilitas saham, =		30,0%				
8								
9		d_1 =	0,2424		d_2=	0,0527		
10		$N(d_1)$ =	0,5958		$N(d_2)$ =	0,5210		
11		$N(-d_1)$ =	0,4042		$N(-d_2)$ =	0,4790		
12								
13		**Call price** =	Rp 3,57		**Put price** =	Rp 2,46		
14								
15								
16		***Cell***	***Formula***				***Copied to***	
17		C9	(LN(D3/D4) + (D5 + D7*D7/2)*D6)/(D7*SQRT(D6))					
18		D9	C9 − D7*SQRT(D6)					
19		C10	NORMSDIST(C9)				F10	
20		C11	NORMSDIST(−C9)				F11	
21		C13	D3*C10 − D4*EXP(−D5*D6)*F10					
22		F13	−D3*C11 + D4*EXP(−D5*D6)*F11					
23								

Gambar 4.16 Model penetapan harga opsi Black-Scholes.

Pada tahun 1973, Fischer Black dan Myron Scholes menerbitkan sebuah makalah, di mana mereka menyajikan formula untuk penilaian opsi. Formula ini – dikenal sebagai model penetapan harga opsi Black–Scholes (B–S) – memiliki pengaruh besar pada keuangan modern dan mengarah pada pengembangan banyak instrumen derivatif dan strategi lindung nilai lainnya. Premis dasar model penetapan harga B-S adalah bahwa opsi dapat diberi harga dengan membentuk portofolio tanpa risiko yang terdiri dari saham dan opsi beli. Nilai opsi beli

kemudian sama dengan nilai yang diharapkan dari investasi dalam portofolio tanpa risiko dikurangi biaya investasi ini.

Model penetapan harga Black-Scholes membutuhkan lima input seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16, yaitu harga saham saat ini (S), harga pelaksanaan (E), tingkat bunga tanpa risiko (bebas risiko), waktu yang tersisa sebelum opsi tanggal kedaluwarsa (T), dan standar deviasi (σ) dari harga saham yang mendasarinya, biasanya dikenal sebagai volatilitasnya. Model penetapan harga opsi B-S didasarkan pada lima asumsi berikut:

1. Pasar modal adalah sempurna, yaitu (i) tidak ada biaya transaksi atau pajak (ii) aset dapat dibagi tanpa batas, yaitu, tidak ada batasan ukuran jumlah yang akan diinvestasikan (iii) informasi yang sama tersedia secara bebas kepada setiap investor (iv) tidak ada satu investor pun yang dapat mempengaruhi pasar dengan tindakan beli atau jual.
2. Tingkat bunga bebas risiko ada dan konstan selama masa opsi; investor dapat meminjam atau meminjamkan jumlah berapa pun pada tingkat bunga bebas risiko tetap ini.
3. Keamanan yang mendasarinya tidak membayar dividen.
4. Tingkat pengembalian sekuritas yang mendasarinya mengikuti distribusi normal, dan memiliki varians yang konstan dan diketahui selama masa pakai opsi.
5. Pilihannya adalah Eropa. Perbedaan antara opsi Eropa dan Amerika adalah bahwa opsi Eropa hanya dapat dilakukan pada saat jatuh tempo, yaitu pada tanggal kedaluwarsa, sedangkan opsi Amerika dapat dilakukan pada hari apa pun selama masa berlakunya.

CONTOH 4.12 Menggunakan model Black–Scholes untuk opsi penetapan harga

Model penetapan harga opsi Black–Scholes untuk opsi panggilan diberikan dengan rumus berikut:

$$C = SN(d_1) - Ee^{-r}TN(d_2)$$

di mana

$$d_1 = \frac{In(S/E) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

dan

C = harga opsi panggilan

S = harga pasar saat ini dari saham yang mendasarinya

N(di) = nilai distribusi normal kumulatif yang dievaluasi pada di (i=1,2)

E = harga pelaksanaan opsi

e =nilai dasar dalam logaritma natural, yaitu 2.7183

r = tingkat bunga bebas risiko

T = waktu yang tersisa sebelum tanggal kedaluwarsa dinyatakan sebagai pecahan dari satu tahun

ln = operator logaritma natural (yaitu, $\log_e$)

σ = standar deviasi dari tingkat pengembalian tahunan gabungan terus menerus, yaitu, volatilitas saham.

Tabel 4.6 Analisis sensitivitas menggunakan model Black-Scholes.

Stock volatility	Call price	Put price	Stock price	Call price	Put price
20%	2.59	1.49	30	0.25	9.15
25%	3.08	1.97	35	1.26	5.16
30%	3.57	2.46	40	3.57	2.46
35%	4.06	2.95	45	7.11	1.01
40%	4.55	3.44	50	11.47	0.36

Model B–S juga dapat digunakan untuk menghitung harga opsi put. Rumus untuk nilai opsi put, P, adalah:

$$P = -SN(-d_1) + Xe^{-r}TN(-d_2)$$

Model Black-Scholes pada Gambar 4.16 dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas dengan memvariasikan masing-masing dari lima input (lihat sel D3:D7). Tabel 4.6 memuat harga opsi yang diperoleh dengan memvariasikan dua input, yaitu volatilitas saham dan harga. Jelas bahwa (i) ketika volatilitas saham meningkat, baik harga call dan put juga meningkat, dan (ii) seiring dengan kenaikan harga saham, harga call meningkat sedangkan harga put turun. Pengguna harus memeriksa apa yang terjadi pada harga opsi ketika tiga input lainnya diubah.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Contoh 4.13 - Memperkirakan volatilitas tersirat menggunakan model Black-Scholes**							
2								
3		Harga saham saat ini, S =		Rp 40,00	*User input cells*			
4		Harga latihan, X =		Rp 40,00	*are shaded*			
5		Tingkat bunga bebas risiko, r =		7,00%				
6		Waktu kedaluwarsa (dalam tahun), T =		0,40				
7								
8		Volatilitas tersirat saham, σ =		25,03%	Masukkan nilai apa pun ke dalam cell D8			
9								
10				Actual	Estimated			
11		Call option's price =		3,08	3,08			
12								
13		d_1 =	0,2560		d_2 =	0,0977		
14		$N(d_1)$ =	0,6010		$N(d_2)$ =	0,5389		
15								
16								
17		***Parameter Pemecah***						
18		***Tetapkan Sel Target:***		Biarkan Kosong				
19		***Sama dengan:***		Nilai				
20		***Dengan Mengubah Sel:***		D8				
21		***Tunduk pada Kendala:***		D11 = E11	= Actual call price = Perkiraan call price			
22				D8 >=0	= Jawaban harus positif			
23								
24		***Cell***	***Formula***				***Copied to***	
25		E11	D3*C14 − D4*EXP(−D6*D5)*F14					
26		C13	(LN(D3/D4) + (D5 + D8*D8/2)*D6)/(D8*SQRT(D6))					
27		F13	C13 − D8*SQRT(D6)					
28		C14	NORMSDIST(C13)				F14	
29								

Gambar 4.17 Memperkirakan volatilitas tersirat.

CONTOH 4.13 Memperkirakan volatilitas saham yang tersirat

Volatilitas adalah fitur utama di pasar opsi – semakin besar volatilitas saham yang mendasarinya, semakin besar potensi untuk meningkatkan keuntungan. Sementara volatilitas juga menyiratkan bahwa harga saham bisa turun dan juga naik, kerugian apa pun bagi pemegang panggilan terbatas pada harga pelaksanaan. Sebenarnya, pemegang saham tidak peduli seberapa rendah nilai saham yang jatuh di bawah harga pelaksanaan. Karena volatilitas saham yang tinggi lebih menarik bagi pembeli, memperkirakan volatilitas saham (yaitu, standar deviasi,) adalah penting.

Ada dua metode untuk memperkirakan volatilitas saham: volatilitas historis dan volatilitas tersirat. Volatilitas historis didefinisikan sebagai standar deviasi keamanan yang diperoleh dengan estimasi dari data historis yang diambil selama periode waktu terakhir. Volatilitas tersirat ditemukan dengan menghitung deviasi standar yang – ketika digunakan dalam model Black-Scholes – membuat harga yang dihitung model sama dengan harga aktual

hari ini. Dengan demikian, volatilitas tersirat adalah volatilitas saham seperti yang tersirat oleh harga pasar opsi saat ini.

Pada Gambar 4.17, yang merupakan versi modifikasi dari model Black-Scholes, alat Solver Excel digunakan untuk menemukan volatilitas tersirat. Karena tidak ada tujuan untuk memaksimalkan atau meminimalkan, model volatilitas tidak memiliki sel target. Untuk harga call sebesar Rp. 3,08, volatilitas telah dihitung dengan benar sebagai 25,03% (sel D8) – lihat bagian Volatilitas Stok pada Tabel 4.6.

4.11 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Model yang dikembangkan dalam bab ini memperkenalkan sepuluh fungsi Excel untuk pertama kalinya, yang masing-masing dijelaskan di bawah ini. Jika salah satu fungsi tidak tersedia, dan mengembalikan #NAME? error, lalu instal dan muat add-in Analysis ToolPak.

1. **DURATION: DURATION (penyelesaian, jatuh tempo, kupon, hasil, frekuensi, basis)** mengembalikan durasi tahunan sekuritas. Durasi didefinisikan sebagai rata-rata tertimbang waktu dari nilai sekarang dari arus kas. Durasi digunakan sebagai ukuran sensitivitas harga sekuritas terhadap perubahan imbal hasil hingga jatuh tempo.

   Penyelesaian = tanggal pembelian sekuritas, dinyatakan sebagai nomor tanggal seri.
   jatuh tempo = tanggal jatuh tempo sekuritas, dinyatakan sebagai nomor tanggal seri.
   kupon = tingkat kupon tahunan sekuritas.
   hasil = hasil tahunan sekuritas hingga jatuh tempo.
   frekuensi = jumlah pembayaran kupon per tahun, yaitu untuk pembayaran tahunan, frekuensi=1; untuk pembayaran tengah tahunan, frekuensi=2; dan untuk pembayaran triwulanan, frekuensi=4.
   basis = jenis basis hitungan hari yang digunakan. Jika basis=0 atau dihilangkan, US (NASD) 30/360; dasar=1, Aktual/aktual; basis=2, Aktual/360; basis=3, Aktual/365; basis=4, Eropa/360.
   Contoh : Obligasi lima tahun, yang dibeli hari ini, memiliki tingkat kupon 8% dan imbal hasil 9%. Temukan durasi obligasi, mengingat pembayarannya setengah tahunan. Jika sel B3 dan B4 berisi tanggal penyelesaian dan jatuh tempo, maka jawabannya adalah DURASI (B3,B4,8%,9%, 2, 4) = 4.198878 di mana sel B3, B4 berisi rumus HARI INI() dan B3 + 365* 5 + 5/4 masing-masing.
2. **INTERCEPT: INTERCEPT (nilai-y, nilai-x)** menghitung titik di mana sebuah garis akan memotong sumbu-y dengan menggunakan nilai-x dan nilai-y yang diketahui. Titik intersep didasarkan pada garis regresi paling cocok yang diplot melalui nilai-x dan nilai-y yang diketahui.

   nilai-y = array yang diketahui
   nilai-y. x-values = sebuah array dari x-values yang diketahui.

Contoh: Rentang sel (X1:X5) berisi (5,8,10,4,2) dan (Y1:Y5) berisi (9,3,7,6,4). Rumus INTERCEPT(Y1:Y5, X1:X5) mengembalikan nilai intersep 5,401961.

3. **MDURATION: MDURATION (penyelesaian, jatuh tempo, kupon, hasil, frekuensi, basis)** mengembalikan durasi Macaulay yang dimodifikasi dari sebuah sekuritas. Durasi Macaulay yang dimodifikasi didefinisikan sebagai:

$$MDurasi = \frac{Durasi}{1 + (hasil/frekuensi)}$$

penyelesaian = tanggal pembelian sekuritas, dinyatakan sebagai nomor tanggal seri.
jatuh tempo = tanggal jatuh tempo sekuritas, dinyatakan sebagai nomor tanggal seri.
kupon = tingkat kupon tahunan sekuritas.
hasil = hasil tahunan sekuritas hingga jatuh tempo. frekuensi = jumlah pembayaran kupon per tahun, yaitu untuk pembayaran tahunan, frekuensi=1; untuk pembayaran tengah tahunan, frekuensi=2; dan untuk pembayaran triwulanan, frekuensi=4.
basis = jenis basis hitungan hari yang digunakan. Jika basis=0 atau dihilangkan, US (NASD) 30/360; dasar=1, Aktual/aktual; basis=2, Aktual/360; basis=3, Aktual/365; basis=4, Eropa/360.
Contoh: Obligasi delapan tahun memiliki tingkat kupon 8% dan hasil 9%. Temukan durasi Macaulay obligasi yang dimodifikasi, mengingat pembayarannya setengah tahunan. Jika sel B3 dan B4 berisi tanggal penyelesaian dan jatuh tempo, maka jawabannya adalah MDURATION(B3, B4, 8%, 9%,2,4)=5.73567di mana selB3,B4 berisi rumus TODAY() dan B3+365*8+ 8/4 masing-masing.

4. **NORMSDIST: NORMSDIST(Z)** mengembalikan fungsi distribusi kumulatif normal standar. Fungsi menghitung area atau probabilitas yang lebih kecil dari nilai Z yang diberikan dan digunakan sebagai pengganti tabel area di bawah kurva normal standar
Z = nilai distribusi yang dibutuhkan
Contoh: Penjualan suatu barang diketahui berdistribusi normal dengan rata-rata 12 dan simpangan baku 5. Berapa probabilitas menjual 14 barang atau lebih? P(X≥14) =1−NORMSDIST([14 - 12]/5)=1−0,6554=0,3446=34,46%.

5. **HARGA: PRICE (penyelesaian, jatuh tempo, kupon, hasil, penebusan, frekuensi, basis)** mengembalikan harga per Rp. 100 nilai nominal sekuritas yang membayar bunga berkala.
Penyelesaian = tanggal pembelian sekuritas, dinyatakan sebagai nomor tanggal seri.
jatuh tempo = tanggal jatuh tempo sekuritas, dinyatakan sebagai nomor tanggal seri.
kupon = tingkat kupon tahunan sekuritas.
hasil = hasil tahunan sekuritas hingga jatuh tempo.

Redemption = nilai penukaran sekuritas per nilai nominal Rp. 100. frekuensi = jumlah pembayaran kupon per tahun, yaitu untuk pembayaran tahunan, frekuensi=1; untuk pembayaran tengah tahunan, frekuensi=2; dan untuk pembayaran triwulanan, frekuensi=4.

basis = jenis basis hitungan hari yang digunakan. Jika basis=0 atau dihilangkan, US (NASD) 30/360; dasar=1, Aktual/aktual; basis=2, Aktual/360; basis = 3, Aktual/365; basis=4, Eropa/360.

6. **SLOPE: SLOPE (nilai-y, nilai-x)** mengembalikan kemiringan garis regresi linier melalui titik-titik data dalam nilai-y dan nilai-x yang diketahui. Kemiringan adalah jarak vertikal dibagi dengan jarak horizontal antara dua titik pada garis, yang merupakan laju perubahan sepanjang garis regresi.

   Nilai - y = array nilai-y yang diketahui.

   Nilai - x = sebuah array dari x-values yang diketahui.

   Contoh: Rentang sel (X1:X5) berisi (5,8,10,4,2) dan (Y1:Y5) berisi (9,3,7,6,4). Rumus SLOPE(Y1:Y5, X1:X5) mengembalikan kemiringan garis regresi sebagai 0,068627.

7. **STDEV: STDEV (array) memperkirakan standar deviasi berdasarkan sampel.**

   Array = rentang sel yang berisi nilai sampel

   Contoh : STDEV(C4:C7)mengembalikannilai14,91di mana selC4,C5,C6,danC7berisi nilai 10, 25, 8, dan 40 masing-masing.

8. **STEYX: STEYX (nilai y, nilai x)** mengembalikan kesalahan standar dari nilai prediksi untuk setiap x dalam regresi. Kesalahan standar juga dikenal sebagai standar deviasi dari kesalahan estimasi (yaitu, residual) dalam analisis regresi linier.

   Contoh: Rentang sel (X1:X5) berisi (5, 8, 10, 4, 2) dan (Y1:Y5) berisi (9, 3, 7, 6, 4). Rumus STEYX(Y1:Y5, X1:X5) mengembalikan kesalahan standar 2,745168.

9. **YIELD: YIELD (penyelesaian, jatuh tempo, kupon, harga, penebusan, frekuensi, basis)** mengembalikan harga per Rp. 100 nilai nominal sekuritas yang membayar bunga berkala.

   penyelesaian = tanggal pembelian sekuritas, dinyatakan sebagai nomor tanggal seri.

   jatuh tempo = tanggal jatuh tempo sekuritas, dinyatakan sebagai nomor tanggal seri.

   kupon = tingkat kupon tahunan sekuritas.

   harga = harga sekuritas per nilai nominal Rp. 100.

   Redemption = nilai penukaran sekuritas per nilai nominal Rp. 100.

   frekuensi = jumlah pembayaran kupon per tahun, yaitu untuk pembayaran tahunan, frekuensi=1; untuk pembayaran tengah tahunan, frekuensi=2; dan untuk pembayaran triwulanan, frekuensi=4.basis = jenis basis hitungan hari yang digunakan. Jika basis=0 atau dihilangkan, US (NASD) 30/360; dasar=1, Aktual/aktual; basis=2, Aktual/360; basis=3, Aktual/365; basis=4, Eropa/360.

Contoh: Obligasi enam tahun memiliki tingkat kupon 7% dan nilai penebusan Rp. 100. Jika harga obligasi adalah Rp. 95,30 dan pembayaran kupon dilakukan setengah tahunan, berapakah imbal hasil obligasi hingga jatuh tempo? Jawabannya adalah YIELD(B3, B4, 7%, 95.30, 100, 2, 4) = 0.080016 = 8% di mana sel B3, B4 berisi tanggal penyelesaian dan penebusan, yang diberikan oleh rumus HARI INI() dan B3+365*6 +6/4 masing-masing.

10. **XIRR: XIRR (nilai, tanggal, tebakan)** mengembalikan tingkat pengembalian internal (yield-to-maturity) untuk jadwal arus kas yang tidak harus periodik.
    nilai = serangkaian arus kas yang sesuai dengan jadwal tanggal pembayaran. Pembayaran pertama adalah opsional. Ini sesuai dengan biaya atau pembayaran yang terjadi pada awal investasi dan harus dimasukkan sebagai nilai negatif. Semua pembayaran berikutnya didiskon dan didasarkan pada tahun 365 hari. Rangkaian nilai harus mengandung setidaknya satu nilai positif dan satu nilai negatif.
    tanggal = serangkaian tanggal pembayaran yang sesuai dengan pembayaran arus kas. Semua tanggal harus dimasukkan ke dalam sel yang diformat sebagai tanggal.
    Tebak = angka yang Anda tebak mendekati hasil XIRR. Jika dihilangkan, tebakan diasumsikan 0,1 (10 persen).
    Contoh: Rentang sel (A1:A5) berisi nilai (−500, 100, 120, 200, 200) dan sel (B1:B5) berisi tanggal(1-Jan-06,1-Mar-06,15-Feb-07, 30-Okt-07,1-Jan-08).XIRR(A1:A5, B1:B5) pengembalian dalam tingkat pengembalian (hasil)16,05%. Perhatikan bahwa 'tebakan' telah dihilangkan.

4.12 LATIHAN

1. Joe Bloggs, yang menghindari risiko, adalah kontestan di acara kuis 'Open the Box'. Hasil terburuk dan terbaik di acara itu adalah Rp. 1.000 dan Rp. 9.000. Berapa batas bawah untuk nilai U utilitas Joe sebesar Rp. 4000? Diketahui bahwa Joe berbeda antara tawaran Rp. 4000 dari master kuis dan acara yang menawarkan probabilitas 0,3 dan 0,7 untuk hasil terburuk dan terbaik masing-masing. Berapa batas bawah nilai utilitas Joe untuk tawaran Rp. 5000 dari master kuis? (Petunjuk: nilai utilitas U untuk menghindari risiko lebih besar daripada nilai untuk acuh tak acuh)
   (Jawaban: U(4000)≥0,375; U(5000)≥0,76)
2. Ferdibaru-baru ini mewarisi Rp. 20.000 dari seorang kerabat kaya. Pialang sahamnya telah menyarankan dia untuk berinvestasi di tiga saham tertentu. Karena volatilitas pasar, Ferdi meminta pialang saham untuk memberikan data historis untuk saham ini selama empat tahun terakhir, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Stok tiap tahun

Year	Stock A	Stock B	Stock C
1	20.2%	10.9%	15.3%
2	2.4%	18.7%	6.8%
3	15.9%	9.8%	18.5%
4	4.6%	12.1%	5.7%

Ferdi memutuskan untuk membuat model analisis keamanan sederhana menggunakan tiga fungsi Excel – SUMPRODUCT, AVERAGE, dan STDEV. Dia ingin melakukan analisis 'bagaimana-jika' untuk melihat apa yang terjadi ketika jumlah yang berbeda diinvestasikan di setiap saham. Menjadi penghindar risiko, Ferdi tahu bahwa standar deviasi yang lebih rendah (nilai-σ), berarti saham yang kurang berisiko. Dengan demikian, dia menginginkan pengembalian yang diharapkan tertinggi yang dapat dicapai tanpa meningkatkan risiko portofolio. Siapkan model 'bagaimana-jika' Ferdi dan kemudian gunakan untuk menemukan solusi yang dapat diterima.

(Jawaban: Berinvestasi 10%, 70% dan 20% pada saham A, B, dan C masing-masing memberi Ferdi pengembalian yang diharapkan sebesar 12,41% dengan nilai 1,9%. Kombinasi lain dapat memberikan pengembalian yang lebih tinggi tetapi juga nilai yang lebih tinggi)

3. Ferditelah berbicara dengan tetangganya Barney Briggs tentang pilihan investasi. Barney menjelaskan bahwa dia memiliki beberapa model analisis investasi, yang dapat dipinjam oleh Ferdi. Ferdi memutuskan untuk menginstal model analisis portofolio Barney (lihat Contoh 3.5) dan menggunakan data historisnya sendiri yang diberikan pada Tabel 4.7. Dia ingin mengetahui apakah model Barney menghasilkan jawaban yang mendekati solusi yang diperoleh dari model 'bagaimana-jika' sederhananya. Gunakan model Latihan 3.5 untuk memverifikasi (atau sebaliknya) bahwa jawaban Latihan 4.2 dapat diterima.

   (Jawaban: Model Barney menegaskan bahwa model 'bagaimana-jika' Ferdi telah menemukan solusi optimal.)

4. Setelah berhasil menerapkan model analisis portofolio Barney Briggs, Ferdisekarang merasa lebih berani. Dia bertanya kepada Barney apakah mungkin untuk menemukan berbagai portofolio berdasarkan dua tujuan (i) memaksimalkan pengembalian yang diharapkan dan (ii) meminimalkan risiko. Barney memberi tahu Ferdi bahwa model 'perbatasan efisien'-nya akan memberikan informasi yang diperlukan. Ubah model SIM Gambar 4.8 untuk memanfaatkan pengembalian saham Ferdi (lihat Tabel 4.7) sebagai input. Selanjutnya, gunakan hasil yang diturunkan dari model Markowitz ini sebagai data input ke Gambar 4.6. Karena Ferdi menginginkan pengembalian sekitar 12% dari investasinya, jalankan model tujuh kali untuk membuat grafik batas efisien.

(Jawaban: Pengembalian yang diharapkan dari 12,1%, 12,3% dan 12,5% menghasilkan -nilai masing-masing 2,22, 2,24 dan 2,44.)

5. Joseph, yang sedang belajar pemodelan keuangan, telah diberi tugas oleh tutornya. Dia diminta untuk menghitung matriks kovarians menggunakan model indeks tunggal (SIM) dan kemudian memeriksa keakuratan matriks kovarians SIM terhadap matriks Markowitz. output Merlene (lihat Tabel 4.8) berisi pengembalian untuk empat perusahaan selama delapan tahun terakhir, serta pengembalian pasar untuk periode yang sama.

Tabel 4.8 Pertumbuhan tiap Perusahaan

Year	Company 1	Company 2	Company 3	Company 4	Market
1	7.6%	14.4%	20.3%	19.7%	17.2%
2	−3.4%	8.7%	33.6%	8.8%	9.1%
3	23.7%	28.1%	5.9%	−3.1%	10.8%
4	11.3%	15.7%	4.6%	16.2%	9.5%
5	−7.8%	8.5%	9.4%	21.5%	8.9%
6	10.5%	1.7%	−3.2%	29.7%	5.7%
7	25.9%	13.8%	28.5%	−4.3%	13.3%
8	20.1%	9.2%	15.9%	12.6%	11.8%

(Jawaban:

Matriks kovarians (menggunakan SIM) Matriks kovarians (menggunakan Markowitz) Kovarian matrik (meggunakan SIM)

0.01710	0.00116	0.00232	−0.00149
0.00116	0.00678	0.00206	−0.00132
0.00232	0.00206	0.01778	−0.00264
−0.00149	−0.00132	−0.00264	0.01607

Kovarian Matrik (menggunakan Markowitz)

0.01484	0.00397	−0.00101	−0.00744
0.00397	0.00596	−0.00003	−0.00560
−0.00101	−0.00003	0.01582	−0.00646
−0.00744	−0.00560	−0.00646	0.01402

6. Tugas Joseph berikutnya mengharuskan dia untuk memodifikasi model penetapan harga aset modal (CAPM) untuk menemukan beta dan nilai pengembalian yang diharapkan untuk masing-masing dari empat perusahaan, menggunakan data pada Tabel 4.8 sebagai output. Tingkat bebas risiko, Rf, harus diambil sebagai 3,3% dan premi risiko pasar, (E(RM)− Rf), sebagai 6,3%.

   (Jawaban: Nilai beta CAPM dan pengembalian yang diharapkan untuk perusahaan 1-4 adalah (i) 0,9232, 0,8185, 1,6337, 1,0527 (ii) 9,12%, 8,46%, 13,59%, −3,33%.)

7. Bert Namagong telah memutuskan untuk menginvestasikan Rp. 5.000 dalam beberapa obligasi, masing-masing memiliki nilai nominal Rp. 1000. Karena dia menginginkan pengembalian yang diminta sebesar 10%, Bert ingin menemukan berapa jumlah

maksimum yang harus dia bayar untuk masing-masing dari empat obligasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.9. Dia akan menggunakan fungsi Excel, PRICE, dan formula sederhana untuk harga obligasi tanpa kupon, untuk membantu penilaian obligasinya.

Tabel 4.9 Obligasi masing-masing perusahaan

Bond	Maturity	Coupon rate	Interest payments
A	2 years	8.2%	Semi-annual
B	5 years	8.5%	Semi-annual
C	10 years	9.2%	Annual
D	5 years	10.2%	Zero coupon

(Jawaban: Harga obligasi A, B, C, dan D masing-masing adalah Rp. 968.09, Rp. 942,09, Rp. 950,84, dan Rp. 615,31.)

8. Dengan menggunakan rumus durasi obligasi dan harga obligasi tanpa kupon, Bz, tunjukkan bahwa durasi obligasi, Bz, sama dengan jatuh temponya.
9. Bert Namagong baru-baru ini diberitahu bahwa durasi obligasi dapat digunakan sebagai ukuran volatilitasnya terhadap perubahan hasil. Semakin besar durasinya, semakin tidak stabil ikatannya. Bert ingin menemukan ikatan yang paling volatil pada Tabel 4.9. Dia pertama-tama akan menggunakan fungsi DURATION Excel dan informasi yang diberikan dalam Latihan 4.8 untuk menemukan durasi setiap ikatan. Dia kemudian akan menggunakan persamaan durasi volatilitas, V = D/(1+r), untuk menemukan volatilitas obligasi.

   (Jawaban: Durasi obligasi A, B, C, dan D masing-masing adalah 1,88, 4,15, 6,86, dan 5,0 – menunjukkan bahwa ikatan C adalah yang paling tidak stabil. Volatilitas obligasi (1,71, 3,77, 6,24, dan 4,55) menegaskan fakta ini.)
10. Fiona Brown, yang secara teratur berinvestasi di pasar opsi, mengetahui bahwa harga saham yang lebih tinggi biasanya menghasilkan harga beli yang lebih tinggi dan harga jual yang lebih rendah. Dia ingin melihat bagaimana kenaikan harga pelaksanaan, E, dari suatu saham akan mempengaruhi opsi beli dan jual. Fiona telah membuat lembar kerja model penetapan harga opsi Black-Scholes (lihat Gambar 4.16) yang berisi data saham favoritnya. Dia akan menggunakan model ini untuk melakukan beberapa analisis sensitivitas, memvariasikan harga pelaksanaan saat ini sebesar Rp. 40 dari Rp. 30 hingga Rp. 50. Hari berikutnya, Fiona melihat bahwa harga panggilan opsi telah meningkat dari nilai awalnya Rp. 3,57 menjadi Rp. 3,88. Dia sekarang ingin menemukan volatilitas tersirat saham.

    (Jawaban: Untuk harga pelaksanaan (30, 35, 40, 45, 50) harga panggilan (10,96, 6,73, 3,57, 1,63, 0,66) dan harga jual (0,13, 0,77, 2,46, 5,39, 9,28). senang melihat bahwa volatilitas tersirat saham telah meningkat dari 30% menjadi 33,2% karena volatilitas yang lebih besar berarti potensi yang lebih besar untuk meningkatkan keuntungan.)

BAB 5
APLIKASI LEMBAR KERJA DALAM AKUNTANSI BIAYA

5.1 GAMBARAN

Akuntansi biaya didefinisikan sebagai 'bagian dari akuntansi manajemen yang menetapkan anggaran dan biaya standar dan biaya aktual operasi, proses, departemen atau produk dan analisis varians, profitabilitas atau penggunaan dana secara sosial'. Tujuan utama akuntansi biaya adalah untuk menyediakan informasi yang dapat digunakan manajer untuk merencanakan dan mengendalikan operasi manufaktur, membuat keputusan, dan mengevaluasi kinerja. Dalam sistem akuntansi biaya, biaya setiap produk diakumulasikan saat mengalir melalui proses produksi, dan disebut sebagai 'biaya produk'. Biaya produk terdiri dari tiga elemen dasar, (i) biaya bahan baku (ii) biaya tenaga kerja, dan (iii) biaya overhead pabrik seperti penyusutan peralatan, pemanas, lampu, listrik, dan lain-lain. Dua jenis biaya pertama biasanya disebut sebagai biaya langsung sedangkan biaya overhead pabrik disebut biaya tidak langsung.

Sistem penetapan biaya tipikal dimulai dengan pencatatan biaya produk (yaitu, perolehan bahan, tenaga kerja, dan overhead). Ini bergerak ke tahap berikutnya dari penetapan biaya sumber daya yang digunakan dalam proses produksi, serta persediaan barang dalam proses (juga disebut barang dalam proses). Persediaan barang dalam proses adalah barang yang berada dalam tahap produksi antara. Tahap ketiga sebagai tanda nilai persediaan barang jadi dan akhirnya, pendapatan dari penjualan produk dicatat.

Salah satu fungsi kontrol penting dari akuntansi biaya adalah penganggaran. Penganggaran adalah hasil praktis dari perencanaan bisnis dan digunakan untuk memastikan bahwa pengeluaran tidak melebihi pendapatan. Sementara anggaran menyediakan data yang diproyeksikan, sistem akuntansi biaya menghasilkan data aktual. Aspek utama dari pengendalian anggaran adalah analisis varians. Varians dari target yang ditetapkan ditemukan dengan membandingkan biaya aktual dengan biaya yang dianggarkan atau standar. Misalnya, varians negatif atau tidak menguntungkan terjadi jika produksi aktual menggunakan bahan yang lebih mahal dari yang direncanakan. Di sisi lain, jika jam kerja aktual yang digunakan dalam pembuatan suatu produk kurang dari angka yang dianggarkan, maka hasil varians positif atau menguntungkan.

5.2 ANALISIS BIAYA-VOLUME-LABA

Analisis biaya-volume-laba (CVP) – juga disebut analisis titik impas – adalah metode untuk memeriksa hubungan antara pendapatan dan biaya berdasarkan persamaan

keuntungan = penjualan – biaya variabel – biaya tetap

Volume biasanya diukur dengan jumlah unit yang terjual (penjualan unit) atau jumlah pendapatan yang dihasilkan oleh penjualan (nilai penjualan). Ketika volume meningkat, demikian juga biaya dan pendapatan. Biaya dapat dibagi menjadi dua kategori; tetap dan variabel. Biaya tetap tetap konstan terlepas dari ukuran volume penjualan – termasuk pemanas, penerangan, gaji, depresiasi, asuransi gedung, dan bunga pinjaman. Biaya variabel adalah biaya yang berubah secara langsung dan sebanding dengan volume – biaya variabel yang khas adalah tenaga kerja langsung dan bahan baku.

Analisis CVP terkait erat dengan 'analisis kontribusi' yang menekankan perbedaan antara biaya variabel dan biaya tetap. Margin kontribusi didefinisikan sebagai pendapatan penjualan dikurangi biaya variabel, sedangkan kontribusi per unit adalah margin yang disumbangkan oleh setiap unit yang terjual. Baik CVP maupun analisis kontribusi adalah teknik pengambilan keputusan yang memberikan informasi berharga kepada manajemen tentang bagaimana biaya dapat dikurangi dan keuntungan ditingkatkan. Misalnya, perusahaan sering kali memproduksi beberapa produk, dan analisis kontribusi setiap produk terhadap total penjualan atau laba akan bermanfaat. Analisis bauran penjualan hanyalah rasio kontribusi setiap produk terhadap total pendapatan penjualan perusahaan. Perhatikan contoh berikut.

CONTOH 5.1 Model biaya-volume-laba

Perusahaan Gizmo memproduksi tiga versi produk populernya – besar, sedang, dan kecil. Total biaya tetap untuk tahun mendatang dianggarkan sebesar Rp. 50.000. Tabel 5.1 berisi rincian perkiraan penjualan dan biaya variabel yang terlibat dalam pembuatan ketiga produk tersebut. Gizmo ingin melakukan analisis terhadap kontribusi setiap produk terhadap penjualan perusahaan secara keseluruhan untuk menentukan produk mana yang harus dipasarkan secara lebih aktif.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	*Contoh 5.1 - Model biaya-volume-laba untuk Perusahaan Gizmo*							
2								
3		***Model version***		Large	Medium	Small		
4		Sales		5,000	6,000	10,000	*User input cells*	
5		Unit price		27.50	22.00	15.50	*are shaded*	
6		Parts/Materials		12.00	8.00	5.00		
7		Labour		8.00	7.00	5.00		
8		Unit variable cost =		20.00	15.00	10.00		
9							***Totals***	
10		Sales (£s)		137,500	132,000	155,000	424,500	
11		Contribution margin		37,500	42,000	55,000	134,500	
12		As % of sales		27%	32%	35%		
13						*Less Fixed Costs =*	50,000	
14						***Profit =***	***84,500***	
15								
16		***Sales mix =***		32.4%	31.1%	36.5%		
17								
18		***Calculating the breakeven points***						
19			BEP_u =	6667	7143	9091		
20			$BEP_£$ =	183,333	157,143	140,909		
21								
22								

23	***Cell***	***Formula***	***Copied to***
24	D8	D6 + D7	E8:F8
25	D10	D4*D5	E10:F10
26	G10	SUM(D10:F10)	G11
27	D11	D4*(D5 – D6 – D7)	E11:F11
28	D12	D11/D10	E12:F12
29	G14	G11 – G13	
30	D16	D10/$G10	E16:F16
31	D19	$G13/(D5 – D8)	E19:F19
32	D20	$G13/(1 – D8/D5)	E20:F20
33			

Gambar 5.1 Model biaya-volume-laba (CVP) untuk Perusahaan Gizmo.

Menemukan Titik Impas

Perusahaan Gizmo juga ingin melakukan beberapa analisis titik impas. Titik impas didefinisikan sebagai tingkat output di mana biaya total sama persis dengan total pendapatan yang diterima, yaitu, tidak ada untung atau rugi. Analisis titik impas mengidentifikasi tingkat penjualan yang diperlukan untuk menutupi biaya total. Ini juga menunjukkan tingkat penjualan yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat keuntungan yang diinginkan.

Tabel 5.1 Parameter titik keuntungan

			←Variable costs per unit →	
Model version	**Estimated sales**	**Unit price**	**Parts/materials**	**Labour**
Large	5,000	27.50	12	8
Medium	6,000	22.00	8	7
Small	10,000	15.50	5	5

Ada dua rumus utama yang digunakan untuk menghitung titik impas dalam hal jumlah unit yang terjual (BEPu) dan dalam hal pendapatan penjualan (BEPRp.).

BEPu = Total biaya tetap/(p – v) dimana p = harga jual satuan,

BEPRp. =Total biaya tetap/(1 – v/p) v =biaya variabel per unit

Rumus yang diperlukan untuk membangun model CVP untuk Perusahaan Gizmo diberikan di bagian bawah Gambar 5.1.

5.3 PENYUSUTAN

Aset tetap seperti kendaraan atau komputer biasanya bertahan selama beberapa tahun sebelum diganti. Oleh karena itu, tidak adil untuk membebankan seluruh biaya akuisisi mereka dalam satu bulan atau tahun. Masalah ini diatasi dengan membebankan sebagian biaya, yang disebut depresiasi, dalam akun untung-rugi setiap tahun dari perkiraan umur aset. Penyusutan dapat didefinisikan sebagai prosedur akuntansi untuk mengurangi nilai buku suatu aset dengan membebankannya sebagai beban dari waktu ke waktu. Penyusutan adalah pengurangan nilai aset tetap karena penggunaannya. Ini mungkin disebabkan oleh keausan seperti pada kasus kendaraan atau mungkin karena keusangan seperti pada kasus komputer.

1. Masa manfaat (atau yang diharapkan) aset, yaitu, selama berapa periode akuntansi aset akan berguna bagi bisnis?
2. Biaya awal aset, yaitu, berapa yang awalnya dibayarkan bisnis untuk memperoleh aset?
3. Nilai sisa (scrap atau salvage) aset, yaitu, berapa nilai aset pada akhir masa manfaatnya?
4. Metode penyusutan yang digunakan untuk menghitung penyusutan aset selama masa manfaatnya.

Excel menyediakan lima fungsi untuk menghitung penyusutan peralatan. Semua berbasis waktu, dan untuk menggunakan fungsi dengan benar, nilai harus tersedia untuk biaya awal, masa manfaat, dan nilai sisa peralatan.

1. *Metode garis lurus menggunakan fungsi SLN Excel*. Metode ini didasarkan pada asumsi (agak tidak realistis) bahwa penurunan nilai adalah sama untuk setiap tahun. Sebagai contoh, anggaplah sebuah van dibeli seharga Rp. 20.000 dengan perkiraan umur delapan tahun dan nilai sisa Rp. 4000. Fungsi SLN(20000,4000,8) mengembalikan jumlah penyusutan konstan sebesar Rp. 2000 untuk setiap tahun.

2. *Metode saldo menurun (mengurangi) menggunakan fungsi DB.* Metode ini mengadopsi pendekatan yang lebih praktis dengan memastikan bahwa nilai penyusutan setiap tahun lebih kecil dari angka tahun sebelumnya. Asumsinya adalah bahwa peralatan beroperasi lebih efisien ketika masih baru. Oleh karena itu, kontribusi peralatan terhadap penciptaan pendapatan akan menurun seiring bertambahnya usia dan kurang bermanfaat. Menggunakan contoh di atas, penyusutan pada tahun 1 adalah DB(20000,4000,8,1)=Rp. 3640; penyusutan pada tahun 2=DB(20000,4000,8,2)=Rp. 2978; tahun 3 = Rp. 2436, dan lain-lain.
3. *Metode angka jumlah tahun/sum-of-the-years' digits (SYD).* Metode ini menghasilkan pola penyusutan yang sangat mirip dengan metode saldo menurun (DB). Jadi, penyusutan pada tahun 1 adalah SYD(20000,4000,8,1)=Rp. 3556; tahun 2=Rp. 3111; tahun 3 = Rp. 2813.
4. *Metode saldo menurun ganda menggunakan fungsi DDB.* Pendekatan DDB memberikan depresiasi yang lebih cepat dalam beberapa tahun pertama umur peralatan daripada salah satu dari dua metode sebelumnya. Ini menggandakan tingkat penyusutan peralatan dengan metode garis lurus. Penyusutan pada tahun 1 adalah DDB(20000,4000,8,1) = Rp. 5000; tahun 2 = Rp. 3750; tahun 3 = Rp. 2813.
5. *Metode variable-declining balance/saldo variabel menurun (VDB)* adalah yang paling fleksibel (dan paling kompleks) dari fungsi penyusutan Excel. VDB mengembalikan penyusutan peralatan untuk periode tertentu, termasuk periode parsial, dengan menggunakan metode penurunan ganda atau metode lain yang ditentukan oleh pengguna. Fungsi VDB mencakup sakelar logis, yang jika disetel ke FALSE, menyebabkan VDB menggunakan depresiasi garis lurus ketika depresiasi garis lurus lebih besar dari nilai saldo menurun. Sebagai contoh, VDB(20000, 4000, 8, 0, 3, 2, TRUE)mengembalikan Rp. 11.563, yang merupakan akumulasi angka depresiasi selama bertahun-tahun 1 hingga 3 menggunakan metode DDB.

Beberapa perusahaan menggunakan satu jenis depresiasi untuk pelaporan keuangan (misalnya, garis lurus) dan lainnya seperti saldo menurun (DB) untuk tujuan pajak. Pilihan pendekatan depresiasi mana yang akan digunakan tergantung pada undang-undang perpajakan, yang memungkinkan metode yang berbeda untuk diterapkan pada jenis aset yang berbeda. Perbandingan antara metode penyusutan Excel yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 5.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		*Membandingkan fungsi penyusutan Excel*						
2								
3		Purchase price of van =		20,000		SLN = straight-line method		
4		Salvage value =		4,000		DB = declining balance method		
5		Estimated life (years) =		8		SYD = sum-of-the years' digits		
6						DDB = double-declining balance		
7		*User input cells are shaded*				VDB = variable-declining balance		
8								
9		*YEAR*	<---------- *Depreciation Methods* ---------->					
10		0	***SLN***	***DB***	***SYD***	***DDB***	***VDB***	
11		1	2,000	3,640	3,556	5,000	2,500	
12		2	2,000	2,978	3,111	3,750	2,188	
13		3	2,000	2,436	2,667	2,813	1,914	
14		4	2,000	1,992	2,222	2,109	1,675	
15		5	2,000	1,630	1,778	1,582	1,465	
16		6	2,000	1,333	1,333	746	1,282	
17		7	2,000	1,090	889	0	1,122	
18		8	2,000	892	444	0	982	
19								
20								
21								
22		***Cell***	***Formula***				***Copied to***	
23		C11	SLN(D$3,D$4,D$5)				C12:C18	
24		D11	DB(D$3,D$4,D$5,B11)				D12:D18	
25		E11	SYD(D$3,D$4,D$5,B11)				E12:E18	
26		F11	DDB(D$3,D$4,D$5,B11)				F12:F18	
27		G11	VDB(D$3,D$4,D$5,B10,B11,1,TRUE)				G12:G18	
28								
29								

Gambar 5.2 Perbandingan berbagai metode penyusutan.

5.4 PENGGANTIAN PERALATAN

Topik penggantian peralatan adalah masalah bisnis yang sangat umum yang dapat ditempatkan ke dalam beberapa kategori. Dalam manajemen operasi, ini terkait dengan pemeliharaan dan keandalan produk yang melibatkan kontrol kualitas dan distribusi probabilitas statistik. Dalam lingkungan bisnis, analisis penggantian biasanya dilihat sebagai masalah aset tetap yang melibatkan depresiasi dan nilai waktu uang. Ketika pengaturan leasing yang kompleks diperkenalkan, teknik pemrograman linier adalah pilihan terbaik untuk menemukan solusi optimal untuk penggantian peralatan. Dalam situasi ini, penggantian menjadi masalah rute terpendek dengan tujuan untuk menemukan jalur yang paling murah melalui jaringan node biaya.

- *Dalam banyak situasi* seperti rumah sakit atau pabrik, masuk akal untuk mengganti peralatan dan mesin secara teratur sebelum menjadi tidak dapat diandalkan dan terjadi kerusakan. Kapan harus mengganti item adalah latihan dalam efektivitas biaya.

Beberapa peralatan mungkin sudah usang secara teknologi tetapi masih berfungsi secara efektif. Namun, efektivitas harus ditimbang terhadap efisiensi mesin, yang tidak akan sebagus mesin baru. Tujuan utama dari analisis penggantian adalah untuk menentukan interval waktu yang optimal di mana peralatan harus diganti untuk meminimalkan biaya. Ada dua pendekatan utama untuk analisis penggantian.

- *Barang-barang yang rusak*. Banyak bisnis menggunakan item peralatan, misalnya, komponen, kendaraan, atau peralatan mesin yang aus selama beberapa tahun. Barang-barang seperti itu biasanya mahal tetapi dapat tetap berfungsi dengan meningkatnya jumlah perawatan. Dalam satu atau dua tahun pertama, depresiasi dari 'barang yang rusak' biasanya tinggi sementara biaya pemeliharaan rendah. Menjelang akhir penggunaan sepenuhnya, situasi berubah, dengan tingkat penyusutan item menjadi rendah sementara tagihan perbaikan mulai meningkat! Di sini, pendekatan akuntansi untuk analisis penggantian yang melibatkan depresiasi lebih tepat. Item kegagalan mendadak. Dalam situasi ini, komponen yang telah berfungsi dengan benar, tiba-tiba gagal, misalnya bola lampu atau sabuk kipas. Barang-barang seperti itu biasanya tidak mahal tetapi konsekuensi dari kegagalannya bisa sangat besar. Keputusan dalam keadaan ini akan tergantung pada pertimbangan probabilitas, dan metode penggantian statistik kemudian digunakan.

CONTOH 5.2 Model analisis penggantian menggunakan depresiasi

MeadowSweet Creameries baru-baru ini membeli sebuah van baru dengan harga Rp. 25.000. Dealer telah menyediakan Tabel 5.2 yang menunjukkan perkiraan biaya perawatan tahunan dan nilai jual kembali van selama delapan tahun ke depan. Dengan mengambil biaya modal sebesar 9%, temukan waktu terbaik di mana MeadowSweet harus mengganti van.

Model 'penggantian analisis' Gambar 5.3 telah menemukan bahwa biaya tahunan minimum Rp. 6.850 terjadi pada tahun kelima dan Meadowsweet harus mengganti van mereka setiap lima tahun. Kolom E dan F berhubungan dengan biaya pemeliharaan dengan sel E10:E18 yang berisi nilai sekarang dari biaya pemeliharaan (PVMC) selama periode delapan tahun. Kolom F *cumulates out goings* (CUM) untuk kedua harga pembelian van (Rp. 25.000) dan biaya pemeliharaan tahunan kolom E. Nilai sekarang dari angka penjualan kembali van (PVRV) disimpan dalam rentang sel G10:G18 sementara kolom H memberikan nilai bersih nilai sekarang (NPV), yaitu, PV arus keluar (CUM) dikurangi PV masuk (PVRV).

Tabel 5.2 Perkiraan Biaya Perawatan

Year	1	2	3	4	5	6	7	8
Maintenance	800	1000	1200	2000	3500	4500	6500	8000
Resale value	20,000	15,000	12,000	9000	7000	5000	4000	3000

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	*Contoh 5.2 - Model analisis penggantian menggunakan depresiasi*									
2										
3			Capital cost of equipment, CC =			25,000	MC = Maintenance cost			
4			Annual interest rate, IR =			9%	RV = Resale value			
5							PV = Excel's *present value* function			
6		*User input cells are shaded*					PMT = Excel's *periodic payment* function			
7										
8				***Resale***						
9		***Year***	***MC***	***Value***	***PV_{MC}***	***CUM***	***PV_{RV}***	***NPV***	***PMT***	
10		0				25,000				
11		1	800	20,000	734	25,734	18,349	7,385	8,050	
12		2	1,000	15,000	842	26,576	12,625	13,950	7,930	
13		3	1,200	12,000	927	27,502	9,266	18,236	7,204	
14		4	2,000	9,000	1,417	28,919	6,376	22,543	6,958	
15		5	3,500	7,000	2,275	31,194	4,550	26,644	6,850	
16		6	4,500	5,000	2,683	33,877	2,981	30,896	6,887	
17		7	6,500	4,000	3,556	37,433	2,188	35,245	7,003	
18		8	8,000	3,000	4,015	41,448	1,506	39,942	7,217	
19										
20		***Replace item in year =***			***5***		***Minimum annual cost =***		***6,850***	
21										
22										

23	***Cell***	***Formula***	***Copied to***
24	E11	PV(F$4,B11,, –C11)	E12:E18
25	F10	F3	
26	F11	F10 + E11	F12:F18
27	G11	PV(F$4,B11,,–D11)	G12:G18
28	H11	F11–G11	H12:H18
29	I11	PMT(F$4,B11, –H11)	I12:I18
30	E20	MATCH(I20,I11:I18,0)	
31	I20	MIN(I11:I18)	
32			

Gambar 5.3 Model Analisis Penggantian Menggunakan Depresiasi.

CONTOH 5.3 Pendekatan leasing untuk penggantian peralatan

Pendekatan rute terpendek (atau biaya terendah) untuk penggantian peralatan biasanya dikaitkan dengan biaya leasing. Pembuat keputusan harus memilih antara menyewakan (i) peralatan yang lebih baru dengan biaya sewa yang lebih tinggi tetapi biaya perawatan yang lebih rendah, atau (ii) lebih banyak peralatan bekas dengan biaya sewa yang lebih rendah tetapi biaya perawatan yang lebih tinggi. Tujuan utama dari metode rute terpendek adalah untuk menentukan jalur biaya terendah melalui jaringan biaya, yaitu, kebijakan leasing mana yang paling murah.

Tabel 5.3 Indexs pergantian leasing tiap tahun

Tahun	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
$i = 1$	9,000	15,000	20,000	24,000
$i = 2$		9,500	16,500	21,500
$i = 3$			10,000	16,000
$i = 4$				11,000

Jaringan terdiri dari titik-titik (disebut node) dan garis (disebut busur) yang menghubungkan pasangan node. Contoh jaringan sehari-hari yang khas adalah peta jalan di mana jalan mewakili busur dan kota adalah simpulnya. Ketika jarak digantikan oleh biaya, maka masalah menemukan jalur dengan biaya terendah adalah sama dengan menemukan rute terpendek antara dua kota. Untuk detail lebih lanjut tentang metode rute terpendek, lihat bagian 'Aplikasi aliran jaringan lain' di Bab 10.

Joseph telah diberi tugas untuk memperbarui sistem mikrokomputer perusahaannya. Dia memiliki cakrawala waktu empat tahun untuk dipertimbangkan. Dia akan memperdagangkan sistem perusahaannya saat ini pada awal tahun pertama, dan kemudian menyewa teknologi terbaru dari pemasok Microtec. Karena teknologi komputer dapat dengan cepat menjadi usang, Merlene ingin mengetahui kebijakan apa yang harus dipilih untuk menjaga agar sistem perusahaannya tetap mutakhir, sambil meminimalkan total biaya. Total biaya termasuk baik leasing dan biaya pemeliharaan. Untuk peralatan baru, perawatan gratis untuk tahun pertama, Rp. 2000 per tahun untuk dua tahun berikutnya, dan Rp. 4000 per tahun setelahnya.

Langkah pertama adalah mendefinisikan C_{ij} sebagai biaya sewa peralatan baru pada tahun i (i=1, 2, 3, 4) dan mempertahankannya sampai awal tahun j (j=i+1,...5). Jadi C12 dan C15 mewakili biaya sewa untuk satu dan empat tahun masing-masing. Microtec telah menyediakan Merlene dengan tabel biaya sewa yang ditunjukkan pada Tabel 5.3. Joseph memiliki beberapa pilihan terbuka untuknya.

- Sewa peralatan di tahun 1 dan simpan selama empat tahun, yaitu, satu-satunya biaya sewa, C15, yang dikeluarkan adalah pengeluaran awal sebesar Rp. 24.000. Biaya pemeliharaan untuk empat tahun adalah Rp. 0,Rp. 2000, Rp. 2000, Rp. 4000, sehingga total biaya Rp. 32.000. Ini adalah kebijakan biaya sewa yang rendah dan biaya perawatan yang tinggi.
- Sewa mikro baru di awal setiap tahun. Ini adalah kebijakan biaya sewa yang tinggi dan biaya perawatan yang rendah. Total biaya sewa polis ini adalah C12 +C23 +C34 +C45, yaitu Rp. 39.500. Karena biaya perawatannya nol, total biayanya masih Rp. 39.500.
- Mengadopsi kebijakan perantara. Misalnya, sewa peralatan baru pada awal tahun 1 dan 3, yaitu, total biaya sewa adalah C13 +C35 = Rp. 15.000+Rp. 16.000=Rp. 31.000.

Ketika biaya pemeliharaan sebesar Rp. 4000 ditambahkan, total biaya polis menjadi Rp. 35.000.

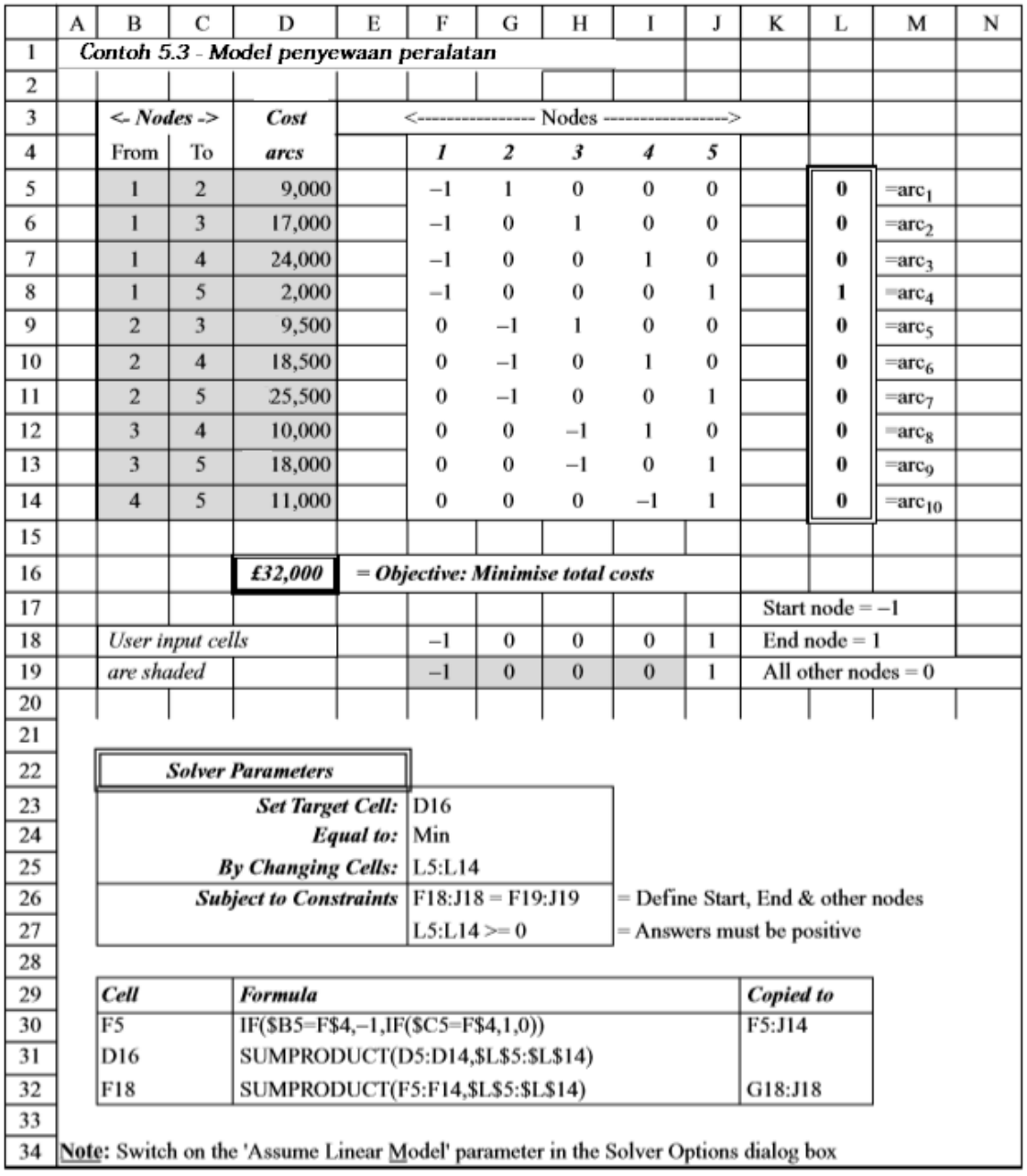
Sepuluh opsi C_{ij} yang tersedia untuk Merlene ditunjukkan pada Tabel 5.4 dengan nilainya diberikan dalam Rp. '000s. Model penyewaan peralatan pada Gambar 5.4 menunjukkan bahwa masalah Joseph benar-benar merupakan latihan pemrograman linier dengan tujuan meminimalkan biaya. Jawabannya diberikan oleh nilai bukan nol dalam sel L5:L14, yaitu, arc4. Model telah menemukan bahwa opsi C15, yaitu sewa rendah/pemeliharaan tinggi, adalah kebijakan termurah – meskipun biaya pemeliharaan Rp. 8000 mewakili 25% dari total biaya. Peralatan yang sama disimpan untuk jangka waktu empat tahun, dan ini mungkin tidak dapat diterima oleh Merlene yang ingin menjaga agar sistem perusahaannya tetap mutakhir. Misalnya, kebijakan peralihan untuk mengganti peralatan setelah dua tahun, yaitu, C13 + C35, memberikan total biaya sebesar Rp. 35.000 yang hanya sedikit lebih mahal daripada biaya C15 sebesar Rp. 32.000. Catatan Gambar 5.4 berisi semua rumus yang diperlukan, termasuk parameter Solver Excel, yang diperlukan untuk membangun model.

Tabel 5.4 Penetapan Pertumbuhan Marlene

	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{34}	C_{35}	C_{45}
Leasing costs	9.0	15.0	20.0	24.0	9.5	16.5	21.5	10.0	16.0	11.0
Maintenance costs	–	2.0	4.0	8.0	–	2.0	4.0	–	2.0	–
Total costs	9.0	17.0	24.0	32.0	9.5	18.5	25.5	10.0	18.0	11.0

5.5 ANALISIS PENGGANTIAN STATISTIK

Dalam pendekatan akuntansi/leasing untuk penggantian peralatan, penurunan kinerja mesin terjadi secara bertahap dan biasanya terdapat pola kerusakan yang dapat diprediksi. Di sisi lain, dalam analisis penggantian statistik, kerusakan peralatan berlangsung cepat dan tidak terduga, dan dalam banyak kasus, dapat menyebabkan masalah serius. Misalnya, kegagalan tiba-tiba komponen elektronik di sebuah maskapai penerbangan, bisa berakibat fatal. Untuk itu, perusahaan sering melakukan perawatan preventif (preventif), yaitu dilakukan inspeksi rutin dan barang diganti sebelum rusak. Hal ini berbeda dengan pemeliharaan kerusakan yang terjadi ketika peralatan gagal, dan baru kemudian perbaikan/penggantian komponen yang gagal menjadi prioritas.



Contoh 5.3 - Model penyewaan peralatan

<- Nodes ->		Cost	<---------- Nodes ---------->						
From	To	arcs	1	2	3	4	5		
1	2	9,000	–1	1	0	0	0	0	=arc$_1$
1	3	17,000	–1	0	1	0	0	0	=arc$_2$
1	4	24,000	–1	0	0	1	0	0	=arc$_3$
1	5	2,000	–1	0	0	0	1	1	=arc$_4$
2	3	9,500	0	–1	1	0	0	0	=arc$_5$
2	4	18,500	0	–1	0	1	0	0	=arc$_6$
2	5	25,500	0	–1	0	0	1	0	=arc$_7$
3	4	10,000	0	0	–1	1	0	0	=arc$_8$
3	5	18,000	0	0	–1	0	1	0	=arc$_9$
4	5	11,000	0	0	0	–1	1	0	=arc$_{10}$

£32,000 = Objective: Minimise total costs

Start node = –1

User input cells are shaded

–1	0	0	0	1
–1	0	0	0	1

End node = 1

All other nodes = 0

Solver Parameters

Set Target Cell:	D16	
Equal to:	Min	
By Changing Cells:	L5:L14	
Subject to Constraints	F18:J18 = F19:J19	= Define Start, End & other nodes
	L5:L14 >= 0	= Answers must be positive

Cell	Formula	Copied to
F5	IF($B5=F$4,–1,IF($C5=F$4,1,0))	F5:J14
D16	SUMPRODUCT(D5:D14,$L$5:$L$14)	
F18	SUMPRODUCT(F5:F14,$L$5:$L$14)	G18:J18

Note: Switch on the 'Assume Linear Model' parameter in the Solver Options dialog box

Gambar 5.4 Model penyewaan peralatan.

Keberhasilan produk apa pun sangat bergantung pada keandalannya dan garansi pabrik, yang menjamin kemampuan produk. Oleh karena itu penting untuk memodelkan perilaku seumur hidup produk untuk mengetahui kapan kemungkinan besar akan gagal. Informasi statistik tentang riwayat hidup produk biasanya dikumpulkan selama tes pra-rilis dan grafik tingkat kegagalan seumur hidup kemudian diproduksi.

Langkah selanjutnya adalah memilih kebijakan penggantian dengan biaya terendah berdasarkan distribusi probabilitas 'waktu rata-rata antara kegagalan'. Ini biasanya didasarkan

pada konsekuensi dari kerusakan. Kegagalan beberapa bola lampu tidak mahal atau kritis, dan mungkin lebih ekonomis untuk melakukan perawatan pencegahan dan mengganti semua bola lampu sekaligus. Di sisi lain, kerusakan peralatan vital seperti komputer mainframe bank memerlukan perhatian segera. Untuk membantu meminimalkan waktu henti, catatan profil riwayat yang menunjukkan biaya, jenis dan waktu persyaratan pemeliharaan komputer, harus tersedia.

CONTOH 5.4 Pendekatan statistik untuk penggantian peralatan

Gizmo Company mengoperasikan lima puluh mesin yang menggabungkan komponen khusus yang dapat mengalami kegagalan mendadak. Catatan 200 komponen telah disimpan, menunjukkan berapa lama mereka beroperasi sebelum kegagalan:

Lama hidup (bulan)	1	2	3	4
Jumlah komponen	30	50	60	60
Probabilitas kegagalan, Pt	0,15	0,25	0,3	0,3

Diasumsikan bahwa umur komponen adalah jumlah bulan yang tepat, yaitu, mereka gagal pada akhir setiap bulan. Gizmo membutuhkan biaya Rp. 20 untuk mengganti komponen individu atau Rp. 200 untuk mengganti semua komponen pada waktu yang sama. Gizmo ingin menemukan kebijakan penggantian yang akan menjamin pengoperasian mesin mereka hampir 100% dengan biaya minimum.

Biarkan L = panjang maksimum umur komponen (yaitu, L = 4 bulan dalam kasus Gizmo)

N = jumlah total komponen yang dipertimbangkan, mis., no. mesin (n=50)

Pt = probabilitas kegagalan pada akhir periode waktu, yaitu bulan

Jumlah kegagalan, Fm dalam setiap bulan m kemudian diberikan oleh dua persamaan berikut (Wilkes, Bab 8):

$$dari\ m \le L, F_m = nP_m + \sum_{t=1}^{m-1} P_t F_{m-t} \qquad dari\ m > L, F_m = \sum_{t=1}^{L} P_t F_{m-t}$$

Perhatikan bahwa kegagalan komponen sama dengan penggantian komponen dan jumlah maksimum kegagalan komponen sama dengan jumlah mesin yang tersedia. Dari model yang ditunjukkan pada Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa jumlah kegagalan yang diharapkan selama periode 15 bulan (sel I15:I29) konvergen menuju jumlah rata-rata kegagalan, Fav, di mana

$$F_{av} = n/\sum_{t=1}^{L} tP_t = 50/(1 * 0.15 + 2 * 0.25 + 3 * 0.3 + 4 * 0.3) = 18.18$$

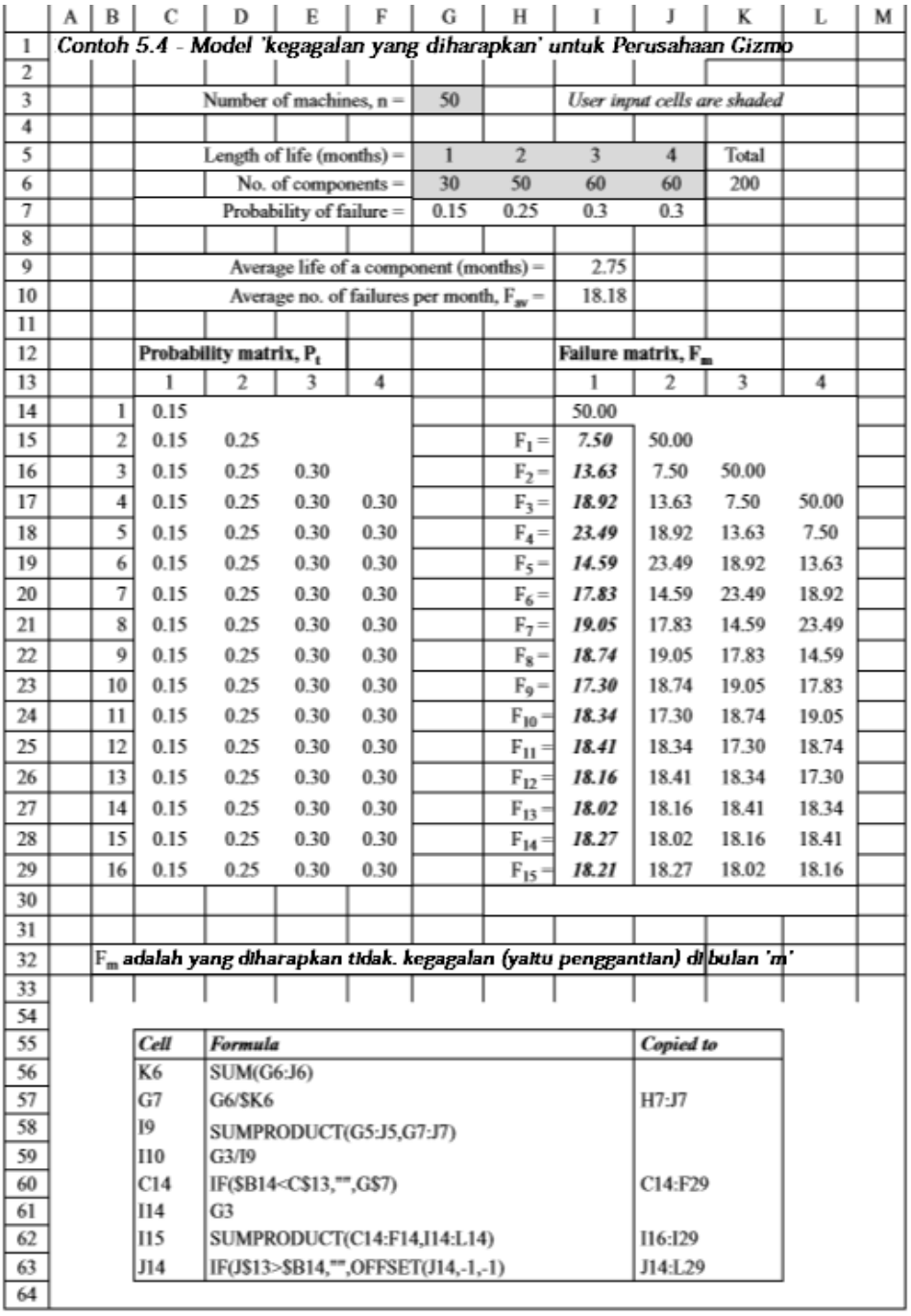
Dalam beberapa situasi, pola konvergensi mungkin membutuhkan waktu lebih lama untuk menjadi jelas karena sifatnya yang berosilasi. Rumus yang diperlukan untuk membangun model 'kegagalan yang diharapkan' diberikan di bagian bawah Gambar 5.5.

Tabel Penggantian Biaya: Memperluas Model 'Kegagalan yang Diharapkan'

Dua kebijakan penggantian utama yang tersedia untuk Perusahaan Gizmo adalah:

- Ganti komponen hanya jika rusak. Biaya opsi ini adalah Fav ×(biaya komponen), di mana Fav adalah tingkat kegagalan rata-rata bulanan. Dari Gambar 5.5, terlihat bahwa Fav = 18,18, sehingga total biaya bulanan adalah 18,18×Rp. 20=Rp. 363,60.
- Ganti komponen ketika mereka gagal tetapi juga ganti semua komponen pada periode tertentu apakah mereka telah gagal atau tidak. Pilihan kedua ini melibatkan pencarian interval waktu yang optimal (yaitu, jumlah bulan) yang akan meminimalkan biaya.

Perusahaan Gizmo sekarang dapat menggunakan data yang terdapat dalam model 'kegagalan yang diharapkan' untuk membuat tabel biaya penggantian peralatan (lihat Gambar 5.6) untuk bulan yang berbeda menggunakan templat yang diperluas yang diberikan di bagian bawah diagram. Karena tidak mungkin mengganti pecahan komponen, nilai seperti 7,5 atau 13,63 tidak ada artinya dan harus dibulatkan ke bilangan bulat terdekat (lihat sel D44:D49).



Contoh 5.4 - Model 'kegagalan yang diharapkan' untuk Perusahaan Gizmo

			Number of machines, n =				50		*User input cells are shaded*				
			Length of life (months) =				1	2	3	4	Total		
			No. of components =				30	50	60	60	200		
			Probability of failure =				0.15	0.25	0.3	0.3			
			Average life of a component (months) =						2.75				
			Average no. of failures per month, F_{av} =						18.18				
			Probability matrix, P_t						**Failure matrix, F_m**				
			1	2	3	4			1	2	3	4	
		1	0.15						50.00				
		2	0.15	0.25				F_1 =	***7.50***	50.00			
		3	0.15	0.25	0.30			F_2 =	***13.63***	7.50	50.00		
		4	0.15	0.25	0.30	0.30		F_3 =	***18.92***	13.63	7.50	50.00	
		5	0.15	0.25	0.30	0.30		F_4 =	***23.49***	18.92	13.63	7.50	
		6	0.15	0.25	0.30	0.30		F_5 =	***14.59***	23.49	18.92	13.63	
		7	0.15	0.25	0.30	0.30		F_6 =	***17.83***	14.59	23.49	18.92	
		8	0.15	0.25	0.30	0.30		F_7 =	***19.05***	17.83	14.59	23.49	
		9	0.15	0.25	0.30	0.30		F_8 =	***18.74***	19.05	17.83	14.59	
		10	0.15	0.25	0.30	0.30		F_9 =	***17.30***	18.74	19.05	17.83	
		11	0.15	0.25	0.30	0.30		F_{10} =	***18.34***	17.30	18.74	19.05	
		12	0.15	0.25	0.30	0.30		F_{11} =	***18.41***	18.34	17.30	18.74	
		13	0.15	0.25	0.30	0.30		F_{12} =	***18.16***	18.41	18.34	17.30	
		14	0.15	0.25	0.30	0.30		F_{13} =	***18.02***	18.16	18.41	18.34	
		15	0.15	0.25	0.30	0.30		F_{14} =	***18.27***	18.02	18.16	18.41	
		16	0.15	0.25	0.30	0.30		F_{15} =	***18.21***	18.27	18.02	18.16	
			F_m *adalah yang diharapkan tidak. kegagalan (yaitu penggantian) di bulan 'm'*										

Cell	*Formula*	*Copied to*
K6	SUM(G6:J6)	
G7	G6/$K6	H7:J7
I9	SUMPRODUCT(G5:J5,G7:J7)	
I10	G3/I9	
C14	IF($B14<C$13,"",G$7)	C14:F29
I14	G3	
I15	SUMPRODUCT(C14:F14,J14:L14)	I16:I29
J14	IF(J$13>$B14,"",OFFSET(J14,-1,-1)	J14:L29

Gambar 5.5 Model statistik 'kegagalan komponen'.

Tabel penggantian biaya pada Gambar 5.6 menunjukkan bahwa interval penggantian optimal adalah dua bulan dengan biaya bulanan rata-rata Rp. 320. Tidak ekonomis untuk mengganti semua komponen di bulan 1 karena jumlah kegagalannya kecil dibandingkan dengan rata-rata sekitar 18 kegagalan. Delapan komponen perlu diganti di bulan pertama dengan total biaya Rp. 160. Distribusi kegagalan probabilitas (lihat sel G7:J7) menegaskan jawaban ini dengan

menunjukkan probabilitas kegagalan bulan pertama 0,15 yang rendah dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya.

Umumnya, distribusi kegagalan dapat digunakan untuk memberikan indikasi yang akurat tentang interval penggantian yang optimal. Misalnya, pertimbangkan komponen yang memiliki umur enam periode dan distribusi probabilitas kegagalan 0,05, 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, dan 0,3 selama enam periode. Karena probabilitas kegagalan dalam tiga periode pertama rendah dibandingkan dengan tiga periode lainnya, area yang dapat diasumsikan adalah bahwa semua komponen harus diganti setiap tiga periode. Asumsi ini tentu saja harus dikonfirmasi dengan membuat model 'kegagalan yang diharapkan' baru.

Tabel Penggantian Biaya untuk Perusahaan Gizmo

Cost of replacing one component, C_i =	20	*User input cells*
Group replacement costs, C_g =	200	*are shaded*
Cheapest monthly average =	320	
Best policy is to replace every	2	months

Month	Integer F_i	Cost of F_i	<- Individual and group costs for each month ->					
			1	2	3	4	5	6
1	***8***	160	160	160	160	160	160	160
2	***14***	280		280	280	280	280	280
3	***19***	380			380	380	380	380
4	***24***	480				480	480	480
5	***15***	300					300	300
6	***18***	360						360
Group cost			200	200	200	200	200	200
Total cost			£360	£640	£1,020	£1,500	£1,800	£2,160
Average monthly cost			£360	£320	£340	£375	£360	£360

Template untuk Tabel Penggantian Biaya

Cell	*Formula*	*Copied to*
H39	MIN(G52:L52)	
H40	MATCH(H39,G52:L52,0)	
D44	ROUNDUP(I15,0)	D45:D49
E44	H$36*D44	E45:E49
G44	IF($C44>G$43,"",$E44)	G44:L49
G50	$H37	H50:L50
G51	SUM(G44:G50)	H51:L51
G52	G51/G43	H52:L52

Gambar 5.6 Tabel penggantian biaya untuk Perusahaan Gizmo.

Kebijakan penggantian yang optimal juga tergantung pada biaya yang tetap konstan yang biasanya tidak terjadi. Tabel analisis 'bagaimana jika' terakhir (Tabel 5.5) di bagian ini menunjukkan bagaimana angka penggantian biaya bulanan berubah karena biaya

penggantian kelompok meningkat dari Rp. 200 menjadi Rp. 400. Ketika biaya kelompok naik menjadi Rp. 300, biaya termurah adalah Rp. 370 yang sekarang lebih besar dari biaya polis penggantian individu sebesar Rp. 363,60. Ketika biaya grup menjadi Rp. 400, kebijakan optimal adalah mengganti setiap enam bulan dengan biaya rata-rata Rp. 393. Angka-angka dalam tabel 'bagaimana jika' ini ditemukan hanya dengan mengubah nilai di sel H37. Analisis sensitivitas lebih lanjut dapat dilakukan pada biaya komponen dengan mengubah sel H36. Pertimbangan lain, seperti gangguan pada operasi yang disebabkan oleh penggantian grup, juga harus diperhitungkan saat mencapai kebijakan yang optimal.

Tabel 5.5 Analisis 'Bagaimana-jika': meningkatkan biaya penggantian kelompok dari Rp. 200 menjadi Rp. 400. (Semua cost/biaya dalam bentuk Rp. '000

	←Cost variations over 6-month period→					
Costs	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
200	360	320	340	375	360	360
300	460	370	373	400	380	377
400	560	420	407	425	400	393

5.6 MODEL SIMULASI PENGGANTIAN/PERBAIKAN

Dalam masalah Perusahaan Gizmo di atas, diasumsikan bahwa kehidupan komponen mengikuti distribusi probabilitas diskrit. Distribusi diskrit mengasumsikan bahwa variabel (masa pakai mesin) termasuk dalam kategori tertentu, misalnya, mesin dapat gagal dalam satu, dua, atau tiga bulan tetapi tidak dapat gagal dalam 0,3, 1,2, atau 2,7 bulan! Sudah jelas ini bukanlah kasusnya. Umur mesin diukur dengan waktu yang merupakan variabel kontinu dan dapat mengambil nilai apa pun dalam rentang tertentu. Cara yang lebih tepat untuk mencapai distribusi probabilitas kontinu adalah dengan menggunakan simulasi pada sejumlah besar interval waktu.

CONTOH 5.5 Pendekatan simulasi untuk penggantian/perbaikan peralatan

Manajemen Pusat Perbelanjaan Figtree telah mengumpulkan data tentang kerusakan sepuluh eskalator di pusat perbelanjaan mereka yang sibuk. Tingkat kegagalan probabilitas dalam tabel berhubungan dengan interval 10 minggu di mana interval 1 hingga 5 mewakili minggu 1-10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50.

$Interval\ (10\ minggu)$	1	2	3	4	5
$Probabilitas$	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35

Jika semua eskalator diangkut dan diperbaiki pada akhir pekan, biayanya adalah Rp. 200 untuk setiap eskalator. Jika mereka gagal selama seminggu, biaya perbaikan adalah Rp. 1000 untuk setiap eskalator. Manajemen ingin mengetahui kebijakan apa yang paling ekonomis untuk diadopsi. Haruskah pemeliharaan preventif dilakukan, yaitu, merombak semua eskalator sebelum rusak, dan jika demikian, kapan?

Untuk mencapai distribusi probabilitas kontinu, persamaan matematis harus ditemukan yang paling sesuai dengan data eskalator yang diberikan. Probabilitas kumulatif ditambahkan ke tabel di atas dan grafik diplot dengan nilai interval sepanjang sumbu x dan nilai probabilitas kumulatif sepanjang sumbu y.

$Interval\ (10\ minggu)$	1	2	3	4	5
$Probabilitas$	0.05	0.15	0.35	0.65	1.00
$Probabilitas$	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35

Langkah 1

Solusi untuk masalah eskalator Figtree melibatkan empat langkah. Langkah pertama mengharuskan pengguna untuk mengatur bagian grafis dari model seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7; fase awal ini (baris 1-33) tidak melibatkan formula apa pun. Gunakan Panduan Bagan Excel untuk membuat kurva probabilitas kumulatif, digambarkan sebagai garis padat. Ikuti instruksi yang diberikan dalam spreadsheet.

Langkah 2

Fungsi Trendline Excel selanjutnya digunakan untuk menyesuaikan kurva 'kekuatan' ke data. Fungsi Trendline menyediakan enam jenis tren yang berbeda yaitu: linier, logaritmik, polinomial, daya, eksponensial, atau rata-rata bergerak. Persamaan matematika, y = 0,0462 x 1,88 ditemukan. Karena nilai y adalah nilai yang diketahui dan nilai x tidak diketahui, persamaan harus disusun ulang seperti yang ditunjukkan:

$$x = (y/0.0462)^{0.532}$$

Untuk mendapatkan ekspresi pangkat dari bentuk y = axb, gunakan fasilitas analisis regresi Excel dengan melakukan langkah-langkah berikut. Perhatikan bahwa semua klik dilakukan dengan tombol kiri mouse kecuali dinyatakan lain.

Tempatkan penunjuk tetikus di mana saja pada kurva lalu klik tombol kanan tetikus untuk mengaktifkan menu pintasan.

- Pilih opsi 'Tambahkan Garis Tren ...' dari menu.
- Klik tab 'Jenis' dan kemudian klik opsi 'Daya'. Klik tab ‘Opsi’ dan pilih (i) Tampilkan persamaan pada grafik (ii) Tampilkan nilai R-kuadrat.
- Terakhir, klik tombol OK untuk kembali ke grafik pencar.

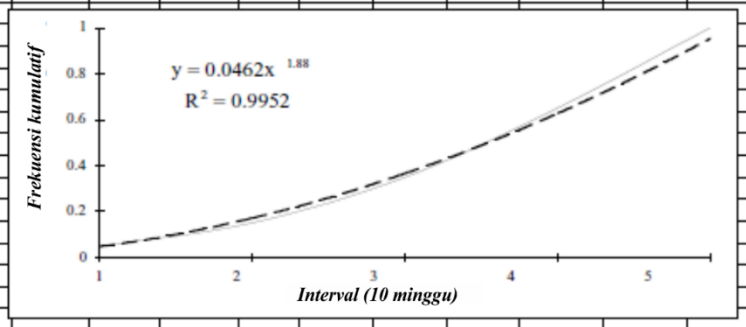
Persamaan garis tren mewakili grafik probabilitas kumulatif berkelanjutan yang memungkinkan kerusakan eskalator kapan saja. Fungsi RAND() Excel menghasilkan angka acak dalam rentang 0,0–0,99 yang digunakan untuk mewakili rentang frekuensi relatif. Skor nomor acak merespons poin rincian yang dipilih secara acak. Misalnya, eskalator pertama dapat diberi nomor acak 0,58, yang merupakan nilai y dalam persamaan x=(y/0,0462)0,532. Nilai x yang sesuai – masa pakai eskalator atau titik kerusakan – dihitung sebagai 3,8, yaitu, eskalator gagal dalam 3,8×10 minggu=minggu ke-38.

Contoh 5.5 - Model simulasi untuk masalah eskalator Figtree

Detail Eskalator *User input cells are shaded*

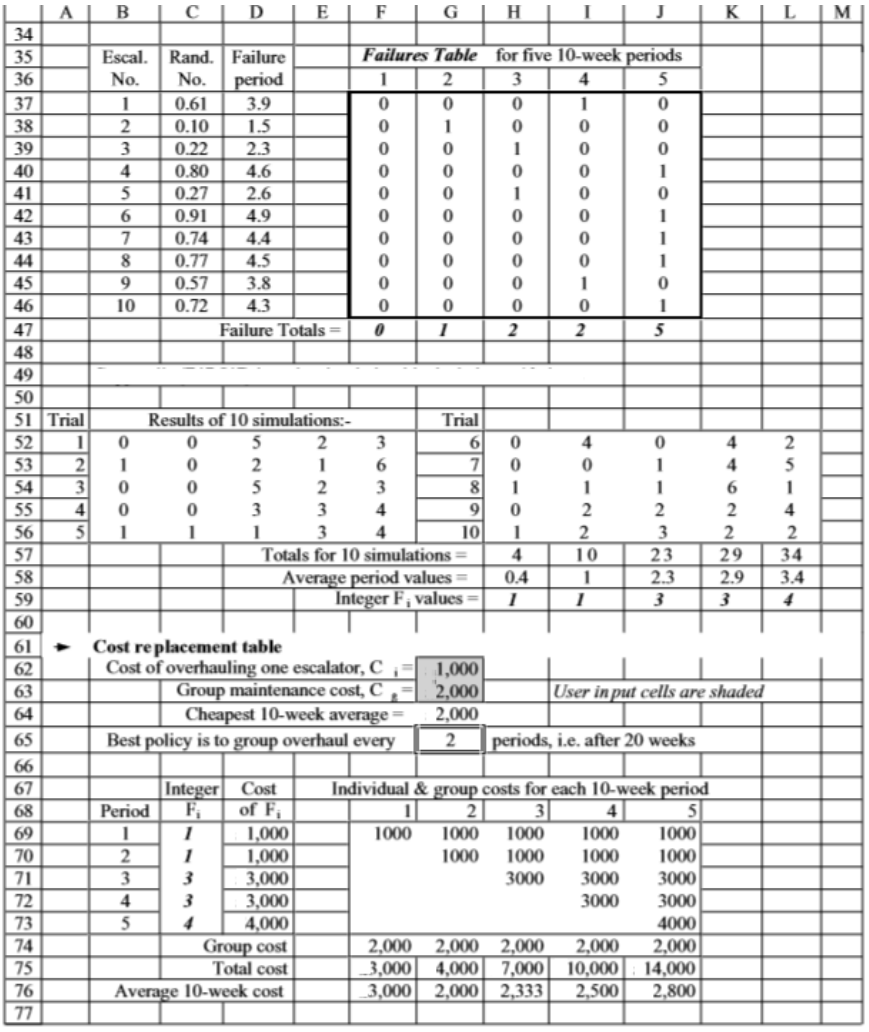
Interval (10 minggu)	1	2	3	4	5
Probabilitas kegagalan	0,05	0,1	0,2	0,3	0,35

Interval (10-minggu)	1	2	3	4	5	ChartWizard
Probabilitas Kumulatif	0,05	0,15	0,35	0,65	1	input range



[1] Gunakan ChartWizard dan cell range E8:I9 untuk menghasilkan grafik di atas.
Pilih tipe Bagan 'XY (Scatter)' dan sub-tipe Bagan (row 2, column 2)
[2] Garis tren putus-putus dan persamaan yang sesuai ditemukan dengan menggunakan perintah Trendline Excel.

Perhatikan bahwa persamaan memberikan curve-fit yang sangat baik, dengan koefisien korelasi, R = 0,998 (Nilai R = 1,0 adalah kecocokan yang sempurna!).



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
34													
35		Escal.	Rand.	Failure		***Failures Table***		for five 10-week periods					
36		No.	No.	period		1	2	3	4	5			
37		1	0.61	3.9		0	0	0	1	0			
38		2	0.10	1.5		0	1	0	0	0			
39		3	0.22	2.3		0	0	1	0	0			
40		4	0.80	4.6		0	0	0	0	1			
41		5	0.27	2.6		0	0	1	0	0			
42		6	0.91	4.9		0	0	0	0	1			
43		7	0.74	4.4		0	0	0	0	1			
44		8	0.77	4.5		0	0	0	0	1			
45		9	0.57	3.8		0	0	0	1	0			
46		10	0.72	4.3		0	0	0	0	1			
47				Failure Totals =		***0***	***1***	***2***	***2***	***5***			
48													
49													
50													
51	Trial	Results of 10 simulations:-					Trial						
52	1	0	0	5	2	3	6	0	4	0	4	2	
53	2	1	0	2	1	6	7	0	0	1	4	5	
54	3	0	0	5	2	3	8	1	1	1	6	1	
55	4	0	0	3	3	4	9	0	2	2	2	4	
56	5	1	1	1	3	4	10	1	2	3	2	2	
57				Totals for 10 simulations =				4	10	23	29	34	
58				Average period values =				0.4	1	2.3	2.9	3.4	
59				Integer F_i values =				***1***	***1***	***3***	***3***	***4***	
60													
61	►	**Cost replacement table**											
62		Cost of overhauling one escalator, C_i =					1,000						
63			Group maintenance cost, C_g =				2,000		*User input cells are shaded*				
64			Cheapest 10-week average =				2,000						
65		Best policy is to group overhaul every					2	periods, i.e. after 20 weeks					
66													
67			Integer	Cost		Individual & group costs for each 10-week period							
68		Period	F_i	of F_i		1	2	3	4	5			
69		1	***1***	1,000		1000	1000	1000	1000	1000			
70		2	***1***	1,000			1000	1000	1000	1000			
71		3	***3***	3,000				3000	3000	3000			
72		4	***3***	3,000					3000	3000			
73		5	***4***	4,000						4000			
74			Group cost			2,000	2,000	2,000	2,000	2,000			
75			Total cost			3,000	4,000	7,000	10,000	14,000			
76		Average 10-week cost				3,000	2,000	2,333	2,500	2,800			
77													

Gambar 5.7 Model simulasi masalah eskalator Figtree.

Langkah 3

Langkah selanjutnya adalah mengatur bagian simulasi model seperti yang ditunjukkan pada baris 34 sampai 58 dari Gambar 5.7, menggunakan template rumus dari Tabel 5.6. Fungsi RAND Excel (dalam C37:C46) memberikan nomor acak untuk masing-masing dari sepuluh eskalator yang darinya titik perinciannya dihitung (lihat sel D37:D46). Setiap titik perincian secara otomatis disalin ke periode yang sesuai di 'tabel kegagalan' (F37:J46). Simulasi pertama mendistribusikan sepuluh kerusakan eskalator selama lima periode memberikan total 0, 0, 5, 2, 3. Lima nilai ini harus disalin oleh pengguna ke posisi yang sesuai di blok sel simulasi (B52:L56), dan seluruh proses diulang 10 kali; dalam praktiknya, dibutuhkan lebih banyak waktu! Rata-rata untuk setiap rangkaian dari sepuluh kegagalan simulasi, Fi kemudian dihitung, memberikan nilai 0,4, 1, 2,3, 2,9, 3,4 (lihat sel H58:L58) selama lima periode. Karena pecahan al perincian tidak ada artinya, rata-rata dibulatkan ke atas.

Langkah 4

Logika di balik tabel penggantian biaya Figtree (baris 61-76) mirip dengan tabel Gizmo Company (lihat Gambar 5.6). Biaya individu untuk memperbaiki satu eskalator adalah Rp. 1000 sedangkan biaya kelompok untuk semua eskalator adalah 10 × Rp. 200 = Rp. 2000. Jumlah kegagalan yang diharapkan, Fi untuk setiap periode waktu i (i = 1, 5), dibulatkan ke bilangan bulat terdekat untuk menghasilkan, F1 =1, F2 =1, F3 =3, F4 = 3, F5 = 4. Nilai Fi ini secara otomatis disalin ke sel C69:C73 untuk memberikan jawaban optimal:
Perbaikan kelompok semua eskalator setelah 20 minggu (dua periode 10 minggu) dengan biaya total Rp. 2000.

Tabel 5.6 Simulasi eskalator – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
E8	E5	F8:I8
E9	E6	
F9	E9 + F6	G9:I9
C37	RAND()	C38:C46
D37	(C37/0.0462)^ 0.532	D38:D46
F37	IF(ROUNDUP($D37, 0) = F$36, 1, 0)	F37:J46
F47	COUNTIF(F37:46, "> 0")	G47:J47
H57	SUM(B52:B56) + SUM(H52:H56)	I57:L57
H58	H57/10	I58:L58
H59	ROUNDUP(H58, 0)	I59:L59
G64	MIN(F76:J76)	
G65	MATCH(G64, F76:J76, 0)	
C69	H59 (C70 = I59, C71 = J59, C72 = K59, C73 = L59)	
D69	C69*G$62	D70:D73
F69	IF($B69 > F$68, "" , $D69)	F69:J73
F74	$G63	G74:J74
F75	SUM(F69:F74)	G75:J75
F76	F75/F68	G76:J76

5.7 PERBANDINGAN HASIL SIMULASI DAN STATISTIK

Latihan yang bermanfaat adalah melakukan perbandingan antara hasil yang diperoleh dengan (i) simulasi seperti di atas, dan (ii) penggunaan rumus matematika seperti pada contoh Gizmo sebelumnya. Versi modifikasi dari model Gizmo telah dibuat untuk masalah eskalator Figtree. Nilai Fi simulasi yang ditunjukkan pada Tabel 5.7 diperoleh dari Gambar 5.7 (lihat sel H59:L59), sedangkan hasil statistik ditemukan pada Gambar 5.8 (sel D43:D48).

Kebijakan Pemeliharaan Optimal

Simulasi: perombakan semua eskalator setelah 20 minggu dengan biaya rata-rata Rp. 2000 per periode.

Statistik: perombakan semua eskalator setelah 20 minggu dengan biaya rata-rata Rp. 2500 per periode

5.8 PENGANGGARAN

Penganggaran adalah hasil praktis dari perencanaan bisnis. Sebuah rencana keuangan rinci yang berisi informasi kuantitatif dapat digambarkan sebagai anggaran. Melalui perencanaan, anggaran disiapkan dan target ditetapkan yang memungkinkan bisnis bekerja menuju tujuan yang telah ditetapkan. Manajemen biasanya menyiapkan berbagai anggaran, masing-masing dengan rentang waktu yang berbeda. Anggaran penjualan, anggaran produksi, dan anggaran kas bersifat jangka pendek, mencakup periode dari satu bulan hingga satu tahun. Anggaran lainnya, seperti investasi modal dalam pabrik dan peralatan bersifat jangka panjang yang mencakup periode hingga sepuluh tahun atau lebih.

Anggaran adalah salah satu kontrol tradisional bisnis, yang digunakan untuk memastikan bahwa pengeluaran tidak melebihi pendapatan secara berkelanjutan. Pengendalian anggaran dilakukan melalui laporan. Laporan pengendalian ini didasarkan pada perbandingan antara hasil aktual dan kinerja yang direncanakan. Laporan menganalisis perbedaan yang terjadi, biasanya disebut varians, memberikan alasan untuk penyimpangan tersebut dari rencana. Dimana ada varians yang signifikan dan tidak menguntungkan, laporan kontrol juga akan memberikan rincian tindakan korektif yang diperlukan untuk menghilangkan (atau setidaknya mengurangi) varians.

Contoh 5.5 - Model 'kegagalan yang diharapkan' untuk masalah eskalator Figtree

Number of escalators, n= 10 — *User input cells are shaded*

Breakdown (10-week) period =	1	2	3	4	5	Total
Probability of failure =	0.05	0.1	0.2	0.3	0.35	1.0

Average length of breakdown = 3.8 periods

Average no. of breakdowns per period, F_{av} = 2.63

Probability matrix, P_t

	1	2	3	4	5
1	0.05				
2	0.05	0.10			
3	0.05	0.10	0.20		
4	0.05	0.10	0.20	0.30	
5	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
6	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
7	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
8	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
9	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
10	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
11	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
12	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
13	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
14	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35
15	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35

Failures/breakdowns matrix, F_m

	1	2	3	4	5
	10.00				
F_1 =	***0.50***	10.00			
F_2 =	***1.03***	0.50	10.00		
F_3 =	***2.10***	1.03	0.50	10.00	
F_4 =	***3.31***	2.10	1.03	0.50	10.00
F_5 =	***4.23***	3.31	2.10	1.03	0.50
F_6 =	***1.45***	4.23	3.31	2.10	1.03
F_7 =	***2.15***	1.45	4.23	3.31	2.10
F_8 =	***2.83***	2.15	1.45	4.23	3.31
F_9 =	***3.07***	2.83	2.15	1.45	4.23
F_{10} =	***2.78***	3.07	2.83	2.15	1.45
F_{11} =	***2.16***	2.78	3.07	2.83	2.15
F_{12} =	***2.60***	2.16	2.78	3.07	2.83
F_{13} =	***2.81***	2.60	2.16	2.78	3.07
F_{14} =	***2.74***	2.81	2.60	2.16	2.78

➤ *Tabel penggantian biaya untuk eskalator Figtree Shopping Centre*

Cost of overhauling one escalator, C_i = 1,000 — *User input cells are shaded*

Group overhaul costs, C_g = 2,000

Lowest cost = 2,500

Best policy is to group-overhaul every 2 periods, i.e. after 20 weeks

Month	Integer F_i	Cost of B_i	< Individual & group costs for each 10-week period > 1	2	3	4	5	6
1	***1***	1,000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	***2***	2,000		2000	2000	2000	2000	2000
3	***3***	3,000			3000	3000	3000	3000
4	***4***	4,000				4000	4000	4000
5	***5***	5,000					5000	5000
6	***2***	2,000						2000
	Group cost		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
	Total cost		3,000	5,000	8,000	12,000	17,000	19,000
	Average 10-week cost		3,000	2,500	2,667	3,000	3,400	3,167

Gambar 5.8 Model statistik untuk model eskalator Figtree.

Penyusunan anggaran melibatkan pembuatan laporan keuangan proforma, yaitu laporan keuangan yang disiapkan untuk periode mendatang berdasarkan asumsi yang terkandung dalam anggaran. Untuk memberikan gambaran yang benar tentang kesehatan keuangan perusahaan, anggaran juga harus mencakup laporan keuangan utama, yaitu akun laba rugi (P&L) dan neraca serta analisis arus kas. Studi kasus berikut menunjukkan manfaat menggabungkan dua laporan keuangan utama ke dalam satu spreadsheet.

Tabel 5.7 Perhitungan rata-rata

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	Average
F_i values – simulation	1	1	3	3	4	–	2.4
statistical	1	2	3	4	5	2	2.83

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3		***Estimated Sales***			***Current month***			***PLANNING VALUES***					
4		November	3,800		November	3,800		Cost of materials		25%			
5		December	4,200		December	4,200		Variable expenses		6%			
6		January	4,500		January	4,500		Fixed expenses		2,000			
7		February	5,000		February	5,000		Interest rate/month		0.80%			
8		March	5,500		March	5,500		Depreciation/month		0.50%			
9		April	5,000		April	5,000		Cash calculations		2,472			
10		May	6,000		May	6,000		Overdraft required?		No			
11		June	6,500		June	6,500		*Debtor period = 2 months (i.e. 60 days)*					
12								*Creditor period = 1 month (i.e. 30 days)*					
13		*User input cells are shaded*											
14													
15		**January**		<---------- *ASSETS* ---------->				<---------- *LIABILITIES* ---------->					
16				Fixed Assets	Stock	Debtors	Cash	Overdraft	Creditors	Equity	***P&L***		
17		***Opening Balance***		***25,000***	***4,300***	***6,300***	***2,000***	***1,000***	***5,800***	***30,800***	£0		
18		Sales				4,500					£4,500		
19		Cost of materials			– 1,125						–£1,125		
20		Purchases			1,250				1,250		0		
21		Creditors					– 1,050		– 1,050		0		
22		Debtors				– 3,800	3,800				0		
23		Variable expenses					– 270				– 270		
24		Fixed expenses					– 2,000				– 2,000		
25		Depreciation		– 125							– 125		
26		Interest					– 8				– 8		
27		Overdraft					0	0			0		
28		Profit & Loss								972	– 972		
29		***Closing Balance***		***24,875***	***4,425***	***7,000***	***2,472***	***1,000***	***6,000***	***31,772***	0		
30		**Totals**		38,772				38,772					
31													

Gambar 5.9 Model Anggaran untuk Furnitur Halus.

STUDI KASUS 5.1 Model penganggaran

Fine Furniture adalah bisnis keluarga kecil yang terlibat dalam pembuatan furnitur pinus. Neracanya pada akhir 31 Desember dapat diringkas sebagai berikut:

Balance Sheet		31-Des-21
Aset tetap		Rp. 25,000
Aktiva lancar		
Saham		Rp. 4,300
Debitur		Rp. 6,300
Uang tunai		Rp. 2,000
Jumlah Aset		Rp. 37,600
Kewajiban Lancar dan ekuitas		
Kreditur	Rp. 5,800	

Overdraft	Rp. 1,000	
Ekuitas	Rp. 30,000	
Total Kewajiban dan ekuitas		Rp. 37,600

Fine Furniture ingin menyusun anggaran mereka selama empat bulan ke depan untuk melihat tingkat cerukan yang diperlukan di bank. Penjualan pada bulan November dan Desember masing-masing adalah Rp. 3.800 dan Rp. 4.200. Mereka telah memperkirakan penjualan untuk enam bulan ke depan, yaitu, Januari hingga Juni, sebagai berikut: Rp. 4.500, Rp. 5.000, Rp. 5.500, Rp. 5.000, Rp. 6.000, dan Rp. 6.500. Fine Furniture ingin mengetahui seberapa sensitif keuntungan terhadap perubahan estimasi ini.

Biaya bahan biasanya diambil menjadi 25% dari penjualan bulan ini, sedangkan pembelian mengacu pada biaya bahan bulan depan. Biaya variabel dihitung sebagai 6% dari penjualan bulan ini, sedangkan biaya tetap untuk setiap bulan berjumlah Rp. 2.000. Semua penjualan Fine Furniture adalah untuk kredit. Debitur rata-rata membutuhkan waktu sekitar 60 hari (dua bulan) untuk membayar sedangkan Fine Furniture harus membayar krediturnya dalam waktu 30 hari (satu bulan). Penyusutan menghasilkan 0,5% per bulan dari aset tetap dan tingkat bunga pada setiap cerukan ditetapkan pada 0,8% per bulan.

Langkah 1: Siapkan model anggaran untuk bulan Januari

Denda

Perusahaan Furnitur ingin mengembangkan lembar kerja anggaran sehingga dapat mengeksplorasi pengaruhnya terhadap laba ketika perubahan dilakukan pada perkiraan angka penjualan. Lembar kerja anggaran terdiri dari gabungan akun laba-rugi dan neraca. Tugas pertama adalah menyiapkan lembar kerja terintegrasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9, menggunakan templat rumus Tabel 5.8. Perhatikan bahwa panah di sel D6 menunjukkan bulan saat ini, dalam hal ini Januari.

Tabel 5.8 Penganggaran – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
G1	E6	
E4	B4	E5:E11
F4	C4	F5:F11
J9	SUM(G17:G26)	
J10	IF(J9 < 0, “Yes”, “No”)	
B15	E6	
K17	SUM(D17:G17) – SUM(H17:J17)	K18:K28
F18	F6	
E19	– J4*F6	
E20	J4*F7	
I20	E20	
G21	–F5*J4	
I21	G21	
F22	–F4	
G22	–F22	
G23	–J5*F6	
G24	–J6	
D25	–J8*D17	
G26	–H17*J7	
G27	IF($J10 = “No”, 0, ABS($J9))	H27
J28	SUM(K17:K27)	
D29	SUM(D17:D28)	E29:K29
D30	SUM(D29:G29)	H30

Tabel 5.9 Penganggaran – rumus lembar kerja yang diperluas

Cell	Formula	Copied to
E36	B37	E37:E42
F36	C37	F37:F42
E43	Delete contents of this cell	
F43	Delete contents of this cell	
D49	D29	E49:J49

Langkah 2: Perpanjang model untuk bulan Februari, Maret dan April

- Untuk memperpanjang model selama bulan Februari hingga April relatif mudah. Pertama, salin model anggaran (rentang A1:K30) ke dalam rentang sel A33:K62. Kemudian gunakan template sederhana Tabel 5.9 untuk melakukan dua tugas berikut:
- Perbarui tabel 'Bulan berjalan' yang disalin (selE36:F43) dengan memindahkan semua nilai tabel ke atas. Tetapkan saldo awal Februari sama dengan saldo penutupan Januari.

Lembar kerja sekarang akan terlihat seperti Gambar 5.10. Perhatikan bahwa bulan ini telah diperbarui secara otomatis ke Februari. Untuk mendapatkan hasil untuk dua bulan berikutnya di bulan Maret dan April, salin angka-angka saldo akhir Februari (yaitu, jangan gunakan perintah 'Salin' Excel) ke dalam saldo awal Januari, yaitu sel D17:J17. Selanjutnya ulangi

langkah 2, yaitu, perbarui tabel 'Bulan berjalan' dengan menghapus bulan Desember (untuk hasil Maret) dan Januari (untuk hasil April).

	A	B	C	D	E	F	G	H
33								
34								
35		***Estimated Sales***			***Current month***			***PLAN***
36		November	3,800		December	4,200		Cost of mate
37		December	4,200		January	4,500		Variable exp
38		January	4,500	→	February	5,000		Fixed expen
39		February	5,000		March	5,500		Interest rate
40		March	5,500		April	5,000		Depreciation
41		April	5,000		May	6,000		Cash calcula
42		May	6,000		June	6,500		Overdraft re
43		June	6,500					*Debtor perio*
44								*Creditor per*
45								
46								
47		**February**		<---------- ***ASSETS*** ---------->				<----------
48				Fixed Assets	Stock	Debtors	Cash	Overdraft
49		***Opening Balance***		***24,875***	***4,425***	***7,000***	***2,472***	***£1,000***
50		Sales				5,000		
51		Cost of materials			− 1,250			
52		Purchases			1,375			
63		Creditors					− 1,125	
54		Debtors				− 4,200	4,200	
55		Variable expenses					− 300	
56		Fixed expenses					− 2,000	
57		Depreciation		−124				
58		Interest					− 8	
59		Overdraft					0	0
60		Profit & Loss						
61		***Closing Balance***		***24,751***	***4,550***	***7,800***	***3,239***	***1,000***
62		**Totals**		40,340				40,340
63								

Gambar 5.10 Model anggaran yang diperluas untuk bulan Februari.

Rangkuman lengkap model anggaran Fine Furniture selama empat bulan (Januari hingga April) ditunjukkan pada Gambar 5.11. Format akuntansi standar telah digunakan untuk kejelasan. Perlu dicatat bahwa angka untung dan rugi hanya disalin dari kolom K, yaitu rentang sel K18:K28 dan K50:K60 sedangkan rincian neraca sama dengan angka saldo akhir yang terdapat dalam sel D29:J29 dan D61: J61. Terakhir, akuntansi arus kas dapat dengan mudah dilakukan dengan menghitung selisih antara nilai tunai pembukaan dan penutupan untuk setiap bulan,

yaitu, arus kas bersih Januari (ncf)=sel G17 – sel G29=Rp. 2000 – Rp. 2472 (Rp. 472); Februari ncf=Rp. 2472 – Rp. 3239=(Rp. 767), dan lain-lain.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3		**Profit and Loss Account**						
4		***Untuk akhir bulan***		***January***	***February***	***March***	***April***	
5								
6		***Sales***		4,500	5,000	5,500	5,000	
7		*Less: Cost of Materials*		1,125	1,250	1,375	1,250	
8								
9		***Gross Margin***		3,375	3,750	4,125	3,750	
10		*Less: Operating Expenses*						
11			Variable expenses	270	300	330	300	
12			Fixed expenses	2,000	2,000	2,000	2,000	
13			Depreciation	125	124	£124	123	
14			Interest	8	8	£8	8	
15				2,403	2,432	2,462	2,431	
16		***Gross profit***		972	1,318	1,663	1,319	
17								
18		**Balance Sheet**						
19		As at end of		***January***	***February***	***March***	***April***	
20		***Fixed assets***		24,875	24,751	24,627	24,504	
21		***Current assets***						
22			stock	4,425	4,550	4,425	4,675	
23			debtors	7,000	7,800	8,800	8,800	
24			cash	2,472	3,239	4,151	5,468	
25								
26		*Total assets*		38,772	40,340	42,003	43,447	
27								
28		***Current liabilities & equity***						
29			overdraft	1,000	1,000	1,000	1,000	
30			creditors	6,000	6,250	6,250	6,375	
31			equity	31,772	33,090	34,753	36,072	
32								
33		*Total liabilities & equity*		38,772	40,340	42,003	43,447	
34								

Gambar 5.11 Rangkuman model anggaran Fine Furniture.

5.9 BIAYA PEKERJAAN

Job costing merupakan aspek penting dari akuntansi biaya. Penetapan biaya pekerjaan digunakan di mana barang atau jasa disediakan dengan basis satu kali sebagai lawan diproduksi massal. Untuk menentukan apakah suatu pekerjaan tertentu akan menghasilkan laba atau rugi, seorang manajer bisnis harus mampu membuat perkiraan yang cukup akurat tentang biaya yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan itu. Bahan-bahan yang digunakan

dalam pekerjaan, kebutuhan tenaga kerja, serta biaya overhead seperti pemanas, listrik, bahan bakar, dan lain-lain., semuanya harus dihitung biayanya. Manajer menentukan biaya per unit untuk setiap input dan kemudian memperkirakan berapa banyak unit dari setiap input yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut. Dengan menambahkan margin keuntungan, perusahaan dapat mencapai perkiraan biaya yang dapat diterima untuk pekerjaan apa pun. Pertimbangkan studi kasus berikut yang melibatkan pembuatan spreadsheet untuk estimasi pekerjaan dan penetapan biaya.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		*Studi Kasus 5.2 - Model kutipan pekerjaan untuk Murphy Builders*						
2								
3		**Details of Job:**			**Quotation:**			***No. 0001***
4		Fittings/Furnishings	3,000		Client No:			999
5		Job duration (days)	3		Date:			25-Mar-0X
6		Workers required (daily)	3					
7		Distance to job (miles)	20		Price:			5723.51
8		Labour (hours)	60		+ VAT			1201.94
9					**Total Price:**			**6,925**
10								
11		**Fixed Costs:**			**Cost Estimate:**			
12		Labour rate:			Total Labour Cost			378.00
13		- Paid/hour	4.50		Fittings/Furnishings			3000.00
14		- Labour factor	140%		Materials Cost			283.50
15		Materials:			Travel Costs			
16		- Materials factor	75%			vehicle		102.00
17		Transport:				travel time		90.72
18		- Rate/mile	0.85					
19		- Hours/mile	0.04		Total Direct Cost:			3,854
20								
21		**Profit Margins:**						
22		Labour	25%		Profit on Labour			94.50
23		Fittings/Furnishings	25%		Profit on Fittings/Furnish			750.00
24		Materials	25%		Profit on Materials			70.88
25		Overall job	20%		Total Profit			915.38
26								
27		VAT rate	21%		Full Cost			4769.60
28					Overall Job Profit			953.92
29					VAT			1201.94
30					**Job Price**			**6,925**
31								
32		*Catatan: Total dibulatkan ke rupiah terdekat*						

Gambar 5.12 Model kutipan pekerjaan untuk Murphy Builders.

STUDI KASUS 5.2 Model kutipan pekerjaan untuk

Pembangun Murphy Joe Murphy memiliki sebuah perusahaan kecil yang mengkhususkan diri dalam renovasi rumah. Sementara Murphy Builders (MB) mendapat banyak permintaan untuk memberikan perkiraan pekerjaan gratis, banyak kutipan tidak diubah menjadi pesanan sebenarnya. Oleh karena itu MB telah memutuskan untuk meminta bantuan Anda dalam mengembangkan model kutipan pekerjaan spreadsheet menggunakan

salinan Excel yang baru saja dibeli. Joe berharap program ini akan meningkatkan kualitas prosedur estimasi perusahaannya dengan menghasilkan kutipan secara cepat dan akurat.
Harga pekerjaan untuk sebuah rumah tergantung pada membuat perkiraan praktis dari berbagai biaya yang terlibat; biaya perabot dan bahan bangunan lain yang digunakan, biaya tenaga kerja, dan biaya perjalanan yang terkait dengan pekerjaan itu. Secara khusus, waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan plesteran, pertukangan, dan pemipaan serta biaya dekorasi ulang harus diperkirakan.

Joe Murphy senang dengan model estimasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.12, yang dibangun menggunakan template rumus Tabel 5.10. Lembar kerja telah dibagi menjadi dua bagian – input dan output – dipisahkan oleh kolom D. Kolom B dan C merupakan bagian input dari model yang berisi 'Rincian Pekerjaan' yang hanya dapat diisi setelah Joe atau salah satu rekannya mengunjungi pelanggan dan persyaratan pekerjaan yang diperhitungkan. Ada empat elemen biaya utama, yaitu, biaya perlengkapan dan perabotan, biaya bahan bangunan, biaya tenaga kerja, dan biaya perjalanan. Bagian 'Biaya Tetap' berisi data permanen tentang tarif tenaga kerja, bahan dan biaya perjalanan serta margin keuntungan yang dapat diterima.

Tabel 5.10 Model kutipan pekerjaan – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
H7	H27 + H28	
H8	H29	
H9	H7 + H8	
H12	C$8*C13*C14	
H13	C$4	
H14	H12*C16	
H16	2*C$7*C$5*C18	
H17	2*C$7*C$5*C$6*C19*C14*C13	
H19	SUM(H12:H17)	
H22	H12*C22	H23:H24
H25	SUM(H22:H24)	
H27	H19 + H25	
H28	H27*C25	
H29	(H27 + H28)*C27	
H30	SUM(H27:H29)	

Biaya tenaga kerja diperhitungkan sebesar 140% untuk menutupi asuransi karyawan, pembayaran liburan dan biaya pekerjaan lainnya. 'Faktor bahan' dikaitkan dengan bahan bangunan yang digunakan dalam pekerjaan, misalnya, kayu, plester, dan lain-lain. Dari pengalaman Joe, ia menemukan bahwa berbagai bahan semacam itu biasanya berjumlah sekitar 75% dari biaya tenaga kerja. Biaya perjalanan melibatkan dua elemen (i) biaya menjalankan Murphyvan dan (ii) biaya yang terkait dengan waktu yang dihabiskan untuk bepergian ke dan dari tempat kerja. Biaya terakhir ini harus dibayar dengan tarif tenaga kerja yang berlaku untuk setiap pekerja yang bepergian. Ada dua perjalanan setiap hari.

Kolom E sampai H mewakili bagian output dari model. Semua nilai output diturunkan dari rumus menggunakan bagian output model. 'Harga Pekerjaan' akhir (lihat baris 30, Gambar 5.12) adalah Biaya Penuh bersama dengan keseluruhan laba pekerjaan dan PPN. Perhatikan bahwa biaya yang terkait dengan waktu perjalanan dihitung dengan mengalikan (jarak total yang ditempuh oleh semua pekerja untuk durasi pekerjaan) dengan (jam/mil) dengan (tarif tenaga kerja rata-rata).

Meningkatkan Fleksibilitas Model

Model saat ini menggunakan tarif tenaga kerja standar sebesar Rp. 8,00 per jam. Namun, pedagang biasanya memiliki tarif yang berbeda, misalnya, seorang tukang plester dapat meminta tarif Rp. 9,50 sementara seorang buruh hanya bisa mendapatkan Rp. 5,20 per jam. Untuk membuat estimasi pekerjaan lebih akurat, Joe Murphy ingin memperkenalkan kisaran tingkat upah yang mencakup tingkat tenaga kerja yang berbeda.

Selama bertahun-tahun, Joe telah memperhatikan bahwa usia rumah yang akan direnovasi memiliki pengaruh langsung pada perkiraan jam yang dilakukan oleh tukang plester, tukang kayu, dan tukang ledeng. Misalnya, rumah berusia 150 tahun biasanya memiliki dinding batu yang sangat tebal yang meningkatkan beban kerja secara signifikan. Di sisi lain, rumah modern memiliki dinding rongga-blok yang jauh lebih mudah untuk diubah atau dihilangkan. Karena itu, Joe memutuskan untuk mengkategorikan properti menurut usianya, yang mencerminkan secara lebih akurat tingkat kesulitan yang dihadirkan setiap jenis rumah. Rumah dibagi menjadi empat kategori usia: (0–25), (26–50), (51–100), di atas 100 tahun.

Saat mengunjungi sebuah properti, Joe mencatat rincian tidak hanya usia rumah tetapi juga kondisi dekoratifnya, yang secara langsung akan mempengaruhi perkiraan jam untuk pelukis saja. Skala dekoratif 1 (kondisi buruk) hingga 4 (baik) akan memberikan perkiraan yang lebih akurat tentang jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pengecatan dan dekorasi. Lakukan tiga langkah berikut untuk meningkatkan kemampuan model.

- Buat salinan model kutipan pekerjaan yang ada (Gambar 5.12) dan gunakan perintah Sisipkan/Baris untuk menyisipkan sebelas baris baru setelah baris 10. Pertama, tempatkan kursor di mana saja pada baris 11.
- Sekarang masukkan blok data baru yang dikelilingi dengan batas tebal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.13. Hanya blok sel G19:H35 yang memerlukan formula baru seperti yang diberikan dalam template Tabel 5.11.
- Terakhir, tambahkan tiga tabel LOOKUP (rentang sel B44:G55) untuk menangani informasi tambahan untuk (i) tingkat upah tenaga kerja yang berbeda (ii) usia properti, dan (iii) kondisi dekoratif. (Gunakan fungsi HLOOKUP Excel untuk mengakses informasi tabel. HLOOKUP identik dengan VLOOKUP, kecuali bahwa ia mencari baris untuk nilai tertentu, sedangkan VLOOKUP mencari kolom.) Model baru yang ditingkatkan akan terlihat seperti Gambar 5.13.

Karena Joe menggunakan data rahasia dalam modelnya, dia ingin 'menyembunyikan' logika model dari klien. Tujuan pertamanya adalah untuk memberikan perlindungan terhadap

pengguna yang secara tidak sengaja menimpa logika model. Tujuan kedua adalah untuk menunjukkan hanya rincian penawaran pekerjaan kepada pelanggan, bukan data sensitif seperti margin keuntungan dan perkiraan! Untuk menyembunyikan informasi yang relevan, pilih baris 17–55 dan kemudian gunakan perintah Format|Row|Hide. Untuk menampilkan baris tersembunyi ini, pilih baris 16–56 (hanya baris 16 dan 56 yang akan terlihat) dan pilih perintah Format|Row|Unhide.

Tabel 5.11 Model kutipan yang dimodifikasi – rumus lembar kerja

Cell	Formula	Copied to
G19	HLOOKUP(C$8,C$50:F$51, 2)*C11	G20:G22
G23	HLOOKUP(C$8,C$54:F$55, 2)*C15	
G24	SUM(G19:G23)	
H19	C$25*HLOOKUP(C19, C$45:G$46, 2)*G19	H20:H23
H24	SUM(H19:H23)	
H25	H24/G24	
H26	C$4	
H27	H24*C27	
H29	2*C$7*C$5*C29	
H30	H24*(2*C$7*C$5*C$6*C30*C25)	
H31	H24 + SUM(H26:H30)	
H33	H24*C33	
H34	H26*C34	H35

5.10 KURVA PEMBELAJARAN

Semua orang belajar dari pengalaman. Pertama kali pekerjaan yang rumit dilakukan, kesalahan akan dibuat dan kemajuan akan lambat. Lain kali pekerjaan yang sama dilakukan, pekerjaan harus dilanjutkan dengan kecepatan yang lebih cepat. Pada saat pekerjaan itu diulang, katakanlah 20 kali, waktu kerja akan berkurang banyak! Namun, 'hukum hasil yang semakin berkurang' harus diterapkan, dan akhirnya tidak ada pengurangan lebih lanjut yang mungkin dilakukan. Kurva pembelajaran, atau kurva pengalaman seperti yang kadang-kadang disebut, didasarkan pada prinsip bahwa orang dan bisnis menjadi lebih efisien dalam melakukan tugas ketika tugas diulang. Kurva pembelajaran menyatakan bahwa 'sebagai organisasi memperoleh pengalaman dalam pembuatan suatu produk, input sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap unit tambahan berkurang selama masa pakai produk'. Efek ini dapat ditunjukkan secara grafis (Gambar 5.14).

Kurva pembelajaran dapat memberikan wawasan berharga tentang kinerja perusahaan dan karyawan serta membantu menentukan strategi penetapan harga produk masa depan. Jika sebuah perusahaan berencana untuk memperkenalkan model baru dari produk yang sudah ada, maka kurva pembelajaran, yaitu pengalaman yang diperoleh dalam pembuatan versi asli, dapat membantu mengurangi biaya produksi model baru. Konsep kurva pembelajaran berasal dari industri manufaktur pesawat terbang ketika diamati bahwa biaya

perakitan pesawat terbang menurun secara stabil dan dapat diprediksi (Heizer dan Render, Bab 12).

Studi Kasus 5.2 - Model kutipan pekerjaan yang lebih realistis!

Detail Pekerjaan:	
Perlengkapan/Perabotan	Rp 3.000
Durasi pekerjaan (hari)	3
Dibutuhkan pekerja (harian)	3
Jarak ke pekerjaan (mil)	20
Usia rumah (tahun)	30
Kondisi Dekoratif	3
Pedagang	**Jam**
- Plester	10
- Tukang kayu	10
- Tukang ledeng	10
- Buruh	20
- Pelukis	10

Kutipan:	***No. 0001***
Nomor Klien:	999
Tanggal:	25-Mar-0X
Harga:	6.686
+ VAT	1404
Total Harga:	**Rp 8.090**

Biaya Tetap:	
Tenaga kerja	Kode
- Plester	1
- Tukang kayu	2
- Tukang ledeng	3
- Buruh	4
- Pelukis	5
- Faktor tenaga kerja	140%
Bahan:	
- Faktor bahan	75%
Transport:	
- Tarif/mil	Rp 0,85
- Jam/mil	0,04

Estimasi biaya:		
Tenaga kerja	Jam	Biaya
- Plester	11.0	Rp 146
- Tukang Kayu	11.0	Rp 129
- Tukang Ledeng	11.0	Rp 129
- Buruh	22.0	Rp 160
- Pelukis	12.0	Rp 126
Total tenaga kerja =	67.0	Rp 691
Tarif Tenaga Kerja Rata-Rata (Rp/jam)		Rp 10,32
Perlengkapan / Perabotan		3000
Biaya Bahan		518
Biaya perjalanan		
kendaraan		102
waktu perjalanan		208
Total Biaya Langsung:		Rp 4.520

Margin keuntungan:	
Tenaga kerja	25%
Perlengkapan/Perabot	25%
Bahan	25%
Pekerjaan keseluruhan	20%
Tarif VAT	21%

Laba Tenaga Kerja	173
Keuntungan dari Fitting/Furnish.	750
Keuntungan Bahan	130
Total Keuntungan	1052
Biaya Penuh	5.572
Laba Pekerjaan Keseluruhan	1114
VAT	1404
Total:	Rp 8.090

Kurva pembelajaran hanya menghitung waktu produksi. Namun, dalam tugas apa pun, waktu adalah ukuran jam kerja dan dapat dengan mudah diubah menjadi biaya sumber daya. Istilah, waktu, jam kerja, dan biaya produksi, sering digunakan secara bergantian. Pengurangan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menghasilkan item berikutnya disebut sebagai 'tingkat

pembelajaran'. Tingkat pembelajaran, yang tidak sama di semua aplikasi manufaktur, biasanya ditentukan dalam persentase dan didasarkan pada penggandaan volume kumulatif produk. Perlu dicatat bahwa tingkat pembelajaran yang lebih rendah berarti tingkat kinerja yang lebih efisien karena waktu produksi telah menurun.

Tabel 1: Tingkat upah pedagang (C45:G46)

Kode pedagang	1	2	3	4	5
Tarif pembayaran per jam	Rp 9,50	Rp 8,40	Rp 8,40	Rp 5,20	Rp 7,50

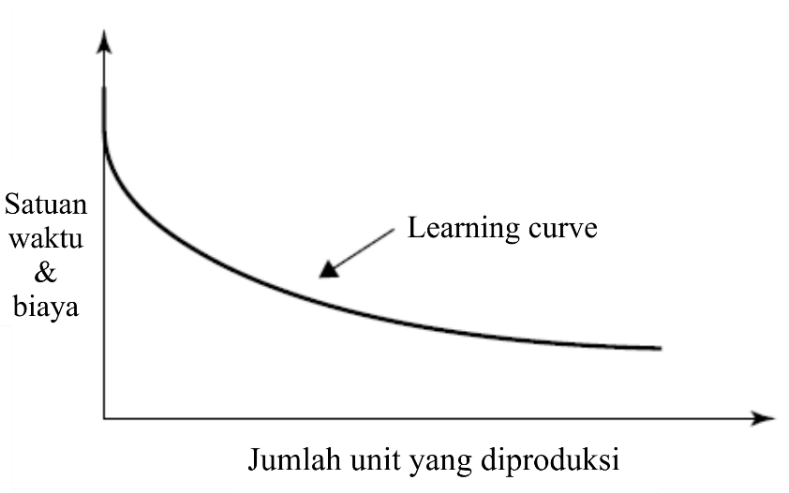
Tabel 2: Usia rumah (C50:F51)

Rentang Usia (tahun)	0-25	26-50	51-100	di atas 100
Batas Bawah	02	65	1	101
Faktor Tenaga Kerja	1.0	1.1	1.2	1.3

Tabel 3: Kondisi dekoratif (C54:F55)

Kondisi Skala	1	2	3	4
Tenaga Kerja (Pelukis) Faktor	1.6	1.4	1.2	1.0

Gambar 5.13 Model kutipan pekerjaan yang lebih realistis.



Gambar 5.14 Kurva Hasil Perhitungan

Pendekatan aritmatika untuk kurva belajar adalah yang paling sederhana dan menggunakan fakta bahwa setiap kali produksi berlipat ganda, kebutuhan tenaga kerja per unit berkurang dengan persentase tingkat pembelajaran. Misalnya, jika widget ke-10 membutuhkan 100 jam untuk diproduksi, di bawah tingkat pembelajaran 80%, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan widget ke-20 akan menjadi 80% dari widget ke-10, yaitu 80 jam. Demikian pula waktu untuk widget ke-40 adalah 80% dari widget ke-20 (64 jam), dan seterusnya. Kelemahan metode aritmatika adalah waktu produksi hanya dapat dihitung untuk

kelipatan unit, misalnya 1, 2, 4, 8, 16,...dan seterusnya. Teknik yang lebih dapat diterima adalah pendekatan logaritmik yang memungkinkan waktu produksi untuk setiap unit dihitung. Rumus logaritma, yang menggunakan log natural, adalah

$$T_n = T_1 n^b$$

di mana:

Tn = adalah waktu produksi untuk unit ke-n dan T1 adalah waktu produksi untuk unit pertama.

b = adalah kemiringan kurva pembelajaran dan didefinisikan sebagai b=log (laju pembelajaran)/log2.

L_r, = kecepatan belajar, dinyatakan sebagai desimal, misalnya, L_r =80%=0,8.

Rumus ini dapat digunakan untuk menghitung waktu produksi untuk setiap unit, T_n. Sebagai contoh, misalkan tingkat pembelajaran dari suatu proses tertentu adalah 80% dan unit produksi pertama membutuhkan waktu 50 jam, maka jumlah jam yang diperlukan untuk memproduksi unit kelima, T_5, diberikan oleh rumus

$$T_5 = T_1 n^b = 50(5)b$$
$$= 50(5) - 0{,}322$$
$$= 29{,}78 \text{ jam}$$

di mana b =log(0.8)/log(2)=− 0,322

Jika kecepatan belajar tidak diketahui, pilihan kedua ada untuk menemukan persamaan kurva belajar. Jika waktu produksi, T_1 dan T_j, untuk unit pertama dan unit j lainnya diketahui, maka ketiga nilai T_1, T_j dan j dapat digunakan untuk menurunkan kurva belajar dengan mengganti rumus untuk b dengan rumus baru.

$$b = - log(T_1/T_j)/log(j)]$$

Laju pembelajaran L_r, ditemukan dari persamaan, L_r =2b. Model kurva pembelajaran pada Gambar 5.15 berisi kedua opsi untuk menemukan (i) waktu produksi unit (ii) total waktu (iii) total waktu rata-rata untuk sejumlah unit. Waktu kumulatif total, CUM_t, hanyalah jumlah dari waktu produksi unit, yaitu, T_i, sedangkan waktu kumulatif rata-rata, CUM_{av}, untuk unit ke-n sama dengan CUM_t/n.

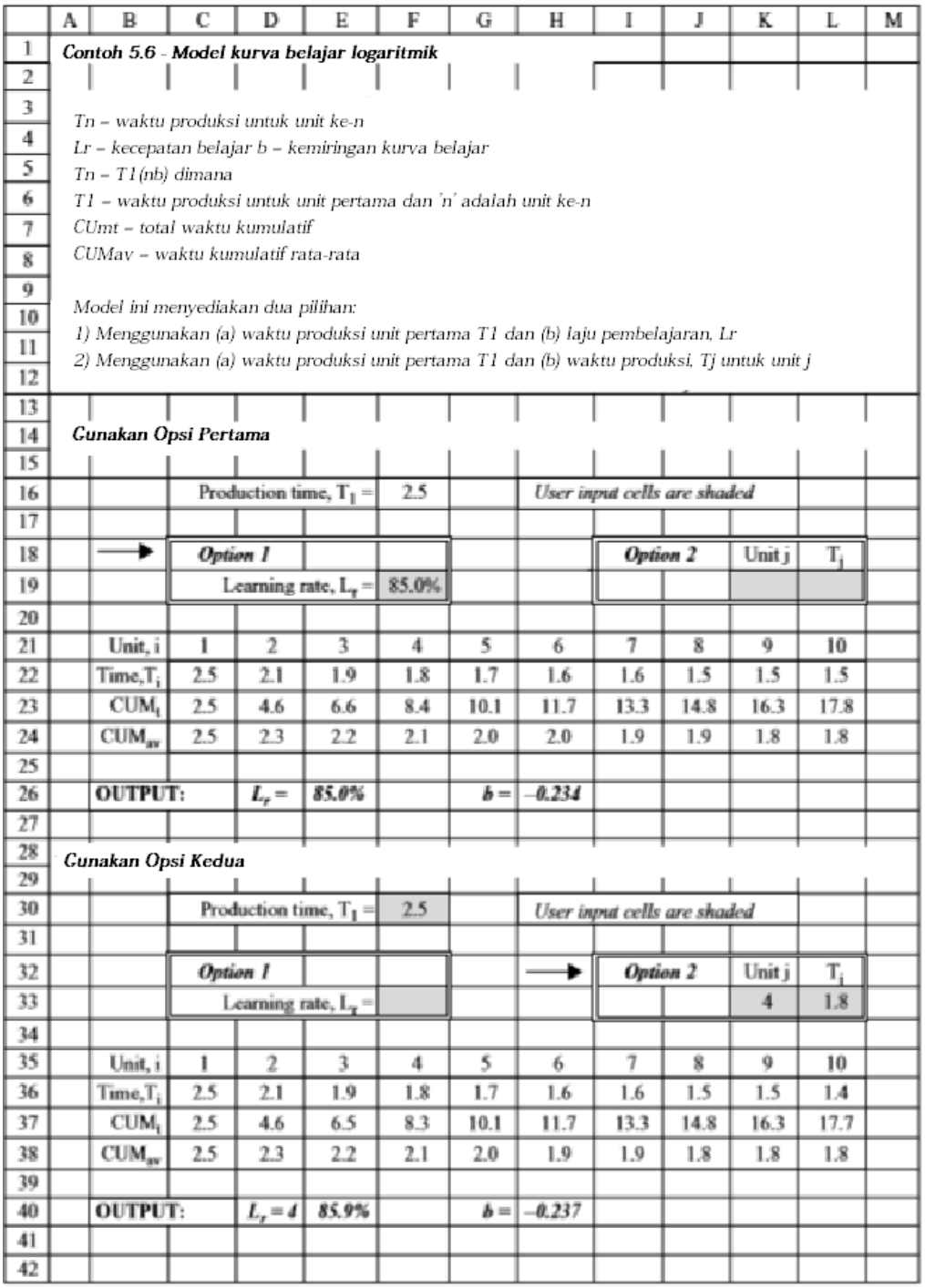
Tabel 5.12 Model kurva belajar – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
C22	$F16*C21^$H26	D22:L22
C23	C22	
D23	C23 + D22	E23:L23
C24	C23/C21	D24:L24
E26	IF(F19 = "", 2^H26, F19)	
H26	IF(F19 = "", –LN(F16/L19)/LN(K19), LN(F19)/LN(2))	

CONTOH 5.6 Model kurva pembelajaran

Perusahaan Acme memproduksi model baru dari gadget populernya. Tingkat belajar adalah 85%. Mengingat bahwa dibutuhkan 2,5 jam untuk membuat gadget pertama, berapa lama waktu yang dibutuhkan Acme Company untuk membuat (i) gadget ke-10 (ii) 10 gadget pertama? Jawabannya terdapat pada Gambar 5.15, yaitu gadget ke-10 membutuhkan waktu 1,5 jam (sel L22) sedangkan sepuluh gadget pertama membutuhkan waktu total 17,8 jam (sel L23).

Bagaimana jawaban di atas akan berbeda jika Perusahaan Acme tidak memiliki rincian kurva belajar selain data yang diamati, yang menunjukkan bahwa dibutuhkan 2,5 jam untuk membuat gadget pertama dan 1,8 jam untuk membuat gadget keempat? Menggunakan T_1 =2,5 dan T_4 =1,8 menghasilkan tingkat pembelajaran 84,9% (sel E40) dengan gadget ke-10 membutuhkan waktu 1,4 jam dan 10 gadget pertama membutuhkan waktu total 17,7 jam. Template rumus Tabel 5.12 membuat model kurva belajar pada Gambar 5.15. Bagian opsi kedua di sel A28:N40 diperoleh dengan menyalin rentang sel A14:N26. Model saat ini terbatas pada 10 unit produksi tetapi jumlah ini dapat diperpanjang tanpa batas dengan menyalin formula yang relevan ke dalam sel lain.



Contoh 5.6 - Model kurva belajar logaritmik

Tn – waktu produksi untuk unit ke-n
Lr – kecepatan belajar b – kemiringan kurva belajar
Tn – T1(nb) dimana
T1 – waktu produksi untuk unit pertama dan 'n' adalah unit ke-n
CUmt – total waktu kumulatif
CUMav – waktu kumulatif rata-rata

Model ini menyediakan dua pilihan:
1) Menggunakan (a) waktu produksi unit pertama T1 dan (b) laju pembelajaran, Lr
2) Menggunakan (a) waktu produksi unit pertama T1 dan (b) waktu produksi, Tj untuk unit j

Gunakan Opsi Pertama

Production time, T_1 = 2.5 — *User input cells are shaded*

Option 1 — Learning rate, L_r = 85.0% — **Option 2** — Unit j — T_j

Unit, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Time, T_i	2.5	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5
CUM_t	2.5	4.6	6.6	8.4	10.1	11.7	13.3	14.8	16.3	17.8
CUM_{av}	2.5	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8

OUTPUT: L_r = 85.0% — b = –0.234

Gunakan Opsi Kedua

Production time, T_1 = 2.5 — *User input cells are shaded*

Option 1 — Learning rate, L_r = — **Option 2** — Unit j = 4 — T_j = 1.8

Unit, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Time, T_i	2.5	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4
CUM_t	2.5	4.6	6.5	8.3	10.1	11.7	13.3	14.8	16.3	17.7
CUM_{av}	2.5	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8

OUTPUT: L_r = 0.859 — b = –0.237

Gambar 5.15 Model kurva belajar.

5.11 MEMERIKSA KEAKURATAN KURVA BELAJAR

Dalam model kurva belajar di atas, diasumsikan bahwa kecepatan belajar adalah nilai yang didefinisikan secara unik yang dapat digunakan dengan aman untuk menurunkan waktu produksi. Juga diasumsikan bahwa waktu produksi unit telah dicapai dalam kondisi yang identik, yaitu mesin, personel, proses produksi, dan bahan yang sama selalu digunakan dalam

pembuatan setiap unit. Sudah jelas ini bukanlah kasusnya. Ada banyak faktor yang mempengaruhi kurva belajar dan semua faktor ini dapat dimodifikasi. Misalnya, model baru dapat menggabungkan teknik desain yang lebih mutakhir yang secara signifikan mengurangi waktu produksi. Tingkat pembelajaran akan berubah sesuai.

Salah satu masalah pertama dalam menganalisis data adalah untuk menentukan apakah kurva belajar benar-benar ada. Penggunaan diagram pencar dapat membantu memberikan gambaran visual dari data yang dikumpulkan. Setelah tren ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menurunkan ekspresi logaritmik yang paling sesuai dengan data yang diamati. Analisis regresi adalah alat yang ideal untuk kegiatan ini. Perhatikan contoh berikut.

CONTOH 5.7 Mendapatkan gambaran yang benar!

Manajer produksi ABC Manufacturing telah mengamati bahwa para pekerja menjadi lebih efisien karena mereka memproduksi lebih banyak unit barang X, tetapi dia tidak yakin seberapa jauh mereka menjadi lebih efisien. Dia telah mengumpulkan data berikut dan ingin tahu seberapa banyak pekerja telah meningkat sehingga dia dapat menggunakan informasi ini dalam merencanakan produksi di masa depan.

$Jumlah\ Unit$	3	6	8	9	12	13	14	15	17	20
$Waktu\ (menit)$	7.0	6.5	5.2	5.0	4.5	4.4	4.3	4.2	4.0	3.8

Tugas pertama adalah menggunakan Excel's Chart Wizard untuk menghasilkan grafik sebar yang menunjukkan bagaimana data di atas sebenarnya didistribusikan (lihat Studi Kasus 5.1). Ketika data dimasukkan ke dalam model Gambar 5.16, distribusi titik-titik tampak mengikuti suatu pola – dengan pengecualian titik data kedua, yaitu unit 6 dan waktu produksinya 6,5 menit. Mungkin ada sejumlah alasan mengapa nomor unit ini tidak sesuai dengan data lainnya – waktu produksi mungkin salah dicatat, karyawan yang tidak berpengalaman mungkin telah memproduksi unit, peralatan mungkin rusak sementara, dan lain-lain. ' – seperti yang biasa disebut – akan dihapus dari data. Dengan melakukan langkah-langkah di bawah ini, garis tren 'kekuatan' dihasilkan dan ekspresi berikut diperoleh:

$$y = 10{,}879x^{-0{,}3502}$$

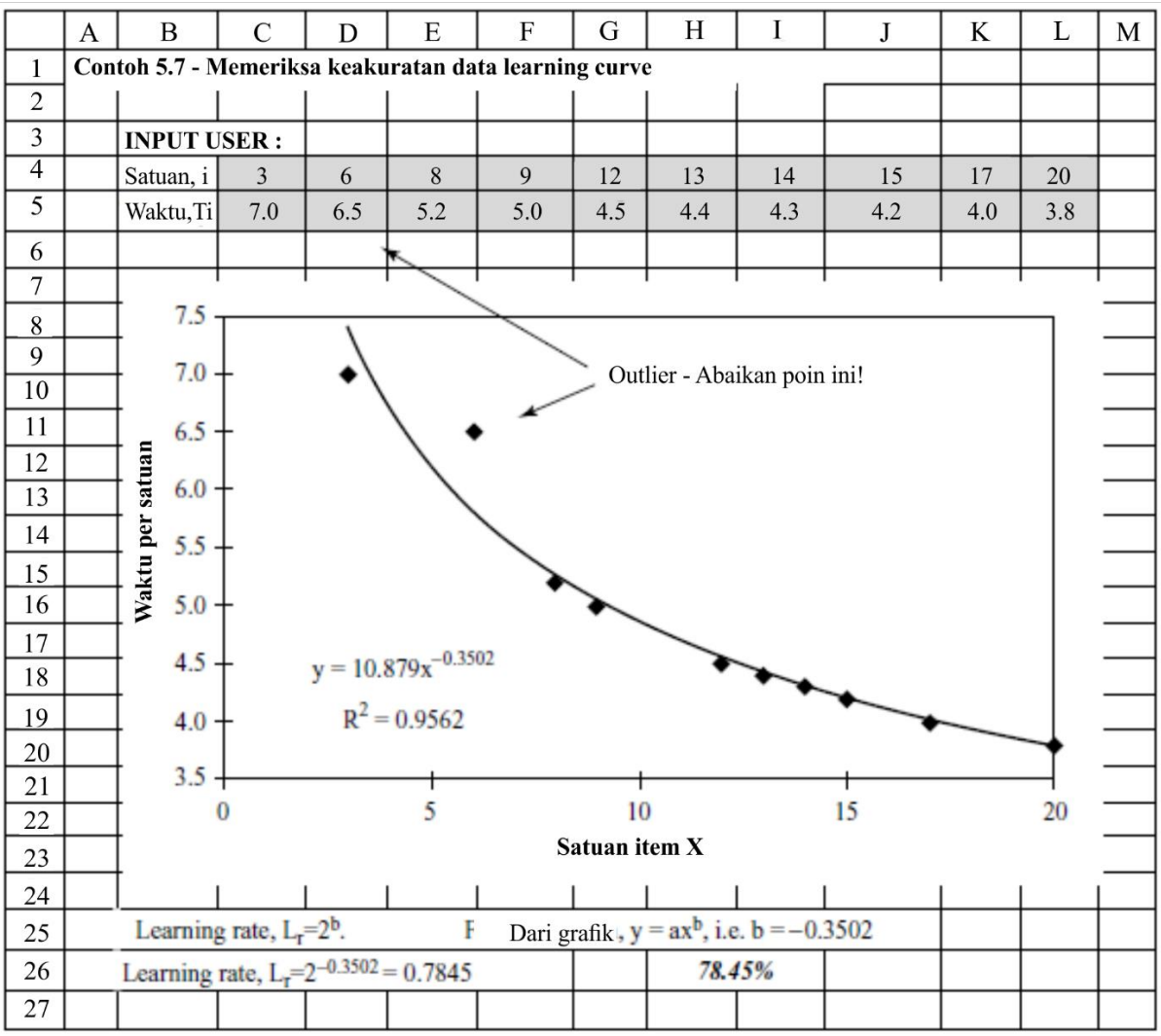
Waktu produksi, T_1, untuk unit pertama diperoleh dengan menetapkan x=1 pada persamaan di atas, yaitu T_1 =10,88 dan kecepatan belajar, L_r =2b di mana b=−0,3502, yaitu, L_r =78,45%.
Untuk mendapatkan ekspresi logaritma bentuk y = axb, gunakan fasilitas analisis regresi Excel dengan melakukan langkah-langkah berikut:

- Tempatkan kursor di salah satu titik di grafik sebar dan klik tombol kanan untuk mengaktifkan menu pintasan.
- Klik opsi 'Tambahkan Garis Tren...' untuk menampilkan kotak dialog Tambahkan Garis Tren.
- Klik pada tab 'Jenis' dan pilih opsi 'Daya'.
- Klik pada tab 'Opsi' dan pilih (i) Tampilkan persamaan pada grafik (ii) Tampilkan nilai R-kuadrat pada grafik.
- Terakhir, klik tombol OK untuk kembali ke grafik pencar.

Pentingnya memiliki representasi visual dari titik data yang diamati sekarang dapat diilustrasikan. Misalkan manajer produksi Manufaktur ABC hanya memiliki beberapa pengamatan yang tercatat untuk memperoleh tingkat pembelajaran, Lr, yaitu waktu produksi T_1 (= 10,9), T_3, T_6, T_8, T_9, dan T12. Dia telah memutuskan untuk menggunakan opsi kedua yang disediakan dalam model kurva pembelajaran Gambar 5.15, dan memperoleh hasil sebagai berikut:

Pasangan satuan (Ti, T_j) (T_1, T_3) (T_1, T_6) (T_1, T_8) (T_1, T_9) (T_1, T_{12})
Tingkat belajar, L_r 75,6% 81,9% 78,1% 78,2% 78,1%

Dari perhitungan tersebut terlihat jelas bahwa waktu produksi untuk unit 3 dan 6 tidak dapat diandalkan, memberikan learning rate yang bervariasi sebesar –2,85% dan +3,45% dari nilai trendline sebesar 78,45%. Kesimpulan yang sama ini juga dapat dicapai hanya dengan mengamati 'kedekatan kecocokan' unit 3 dan 6 dalam grafik sebar Gambar 5.16. Kedua titik ini berada paling jauh dari trendline.



Gambar 5.16 Memeriksa keakuratan kurva pembelajaran.

5.12 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Model yang dikembangkan dalam bab ini menggunakan lima fungsi penyusutan Excel – SLN, DB, SYD, DDB dan VDB – yang telah dibahas secara lengkap di bagian 'Penyusutan'. Delapan fungsi Excel berikut digunakan untuk pertama kalinya dan dijelaskan di bawah ini. Pengguna harus ingat bahwa fasilitas bantuan online yang komprehensif juga disediakan oleh Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Product	No. in	Product		Year	Cash	
3		name	stock	price			flow	
4		Gizmo	10	10.00		1	–10	
5		Gadget	25	12.50		2	4	
6		Widget	8	20.00		3	3	
7		Sprocket	40	4.50		4	6	
8								
9	***Sample Figure***							

Gambar 5.17 Contoh gambar, Product price berada pada Rp. '000

1. **COUNTIF: COUNTIF(rentang, kriteria) mencari** rentang sel dan menghitung sel yang ditentukan oleh kriteria yang diberikan
   range = rentang sel yang akan diperiksa
   criteria =kriteria yang ditentukan berupa angka, teks, atau ekspresi. Misalnya kriteria dapat ditentukan dalam bentuk 32, "32", ">32", "apel".
   Contoh: COUNTIF(C4:C7, ">20") pada Gambar 5.17 mengembalikan 2, yaitu jumlah sel yang lebih besar dari 20.
   COUNTIF(B4:B7,"=Gadget") pada Gambar5.17 mengembalikan 1, yaitu jumlah sel yang berisi kata 'Gadget'.
2. **EXP: EXP(angka)** mengembalikan e yang dipangkatkan dengan angka di mana e adalah basis logaritma natural.
   Contoh: EXP(1)=2,7183 (perkiraan nilai e); EXP(2)=7.3891; EXP(LN(3)) =3
3. **HLOOKUP: HLOOKUP((Table value, Lookup table, Column no, Nearest)** mencari baris teratas dari rentang sel (Tabel Pencarian) untuk nilai tertentu (nilai Tabel). Kemudian mengembalikan nilai yang sesuai dari baris yang berbeda di meja.
   Catatan: HLOOKUP sangat mirip dengan fungsi VLOOKUP, yang telah didokumentasikan secara lengkap di Bab 2.
   Contoh: HLOOKUP("Gizmo", B4:D7, 4) pada Gambar 5.17 mengembalikan Sprocket. Karena 'Gizmo' terletak di kolom pertama dari rentang pencarian, nilai yang sesuai di baris keempat adalah Sprocket.
4. **LN: LN(angka) mengembalikan logaritma natural dari angka.**

Contoh: LN(2.7183)=1. LN(86)=4.454347. LN(EXP(4))=4

MATCH: MATCH(value, array, type) mengembalikan posisi nilai dalam array rentang sel satu dimensi. Gunakan MATCH alih-alih salah satu fungsi LOOKUP saat posisi item yang cocok diperlukan alih-alih item itu sendiri.

Nilai = nilai yang akan dicocokkan. 'nilai' dapat berupa angka, teks, atau nilai logika.

Array = rentang sel satu dimensi yang ditentukan.

Ketik = 0 dalam hal ini, cari yang sama persis.

= 1 dalam hal ini, cari nilai terbesar yang kurang dari atau sama dengan nilai.

= −1 dalam hal ini, cari nilai terkecil yang lebih besar dari atau sama dengan nilai. Iftype dihilangkan, diasumsikan 1.

Contoh: MATCH("Widget", B4:B7) pada Gambar 5.17 menghasilkan 3 karena 'Widget' berada di posisi ketiga rentang sel B4:B7.

5. **MIN: MIN(array) mengembalikan angka terkecil dalam array.**
   Contoh: MIN(D4:D7) pada Gambar 5.17 mengembalikan nilai Rp. 4,50
6. **OFFSET: OFFSET(cellRef, rowOffset, colOffset, height, width)** memeriksa rentang sel dan mengembalikan nilai sel yang diimbangi dari titik awal tertentu dengan sejumlah baris dan kolom tertentu.
   cellRef = posisi awal dalam rentang sel dari mana offset diperlukan.
   rowOffset = offset vertikal. Angka positif bergerak ke bawah; angka negatif bergerak ke atas; nol tidak melakukan gerakan.
   colOffset = offset horizontal. Angka positif bergerak ke kanan; angka negatif bergerak ke kiri; nol tidak melakukan gerakan.
   height,width =jumlah baris, kolom dalam rentang offset. Jika nilai-nilai ini dihilangkan, kisaran offset diasumsikan berukuran sama dengan rentang cellRef.
   Contoh: OFFSET(B7,−2, 2) pada Gambar 5.17 mengembalikan Rp. 12,50 yang merupakan nilai dalam sel D5. OFFSET(D4, 0, –2) mengembalikan 'Gizmo' yang merupakan isi dari sel B4.
7. **ROUNDUP: ROUNDUP(angka, angka)** membulatkan angka ke atas, menjauhi nol.
   number = bilangan asli yang akan dibulatkan.
   digit = banyaknya angka yang akan dibulatkan.
   Jika angka > 0, angka dibulatkan ke atas ke jumlah tempat desimal yang ditentukan.
   Jika angka = 0, maka angka tersebut dibulatkan ke atas ke bilangan bulat terdekat.
   Jika angka < 0, angka dibulatkan ke atas ke kiri koma desimal.
   Contoh: ROUNDUP(27.2, 0) = 28; ROUNDUP(3.142, 2) = 3.15; ROUNDUP (465.83,−1)=470.

5.13 LATIHAN

1. The STEKOM Big Company sedang mempertimbangkan tiga lokasi untuk lokasi pabrik barunya. Estimasi pendapatan tahunan bersama dengan biaya tetap dan variabel untuk setiap lokasi ditunjukkan pada Tabel 5.13. Volume penjualan diharapkan menjadi 30.000 unit per tahun. Siapkan model biaya-volume-laba dan karenanya temukan lokasi terbaik menggunakan analisis titik impas, Fixed cost, Revenue per unit dan Variabel perunit menggunakan Rp. '000,

Site location	Revenue per unit	Fixed costs	Variable costs per unit
A	70	300	65
B	70	500	45
C	68	700	30

(Jawaban: Untuk lokasi A,B,C titik impasnya adalah: BEPu = 60.000, 20.000, 18.421 dan BEPRp. = Rp. 4.200.000, Rp. 840.000, Rp. 536.842. Angka laba (rugi) yang sesuai adalah – Rp. 150.000, Rp. 250.000 , Rp. 440,000. Situs terbaik adalah C meskipun biaya tetap tahunan jauh lebih tinggi daripada dua situs lainnya.)

2. Sebuah toko roti sedang mempertimbangkan untuk membeli sebuah van pengiriman baru seharga Rp. 20.000. Estimasi biaya operasional van adalah Rp. 3000 pada tahun pertama, naik setiap tahun sebesar 15% setelahnya. Jika depresiasi van adalah 20% per tahun dan biaya modal adalah 9%, seberapa sering van harus diganti? Bagaimana jawaban Anda akan terpengaruh jika (i) tingkat penyusutan menurun/meningkat (ii) biaya modal berubah? (Variasi depresiasi dari 15% hingga 25% dan biaya modal dari 6% hingga 12%).

(*Jawaban : Ubah model penyusutan peralatan pada Gambar 5.3 dengan memasukkan faktor 'tingkat penyusutan', DR. Sel C11:D18 sekarang akan berisi formula yang sesuai.)*

$Tingkat\ penyusutan$	15%	20	25%	$Biaya\ Modal$	6%	9%	12%
$Biaya\ tahunan\ minimim\ (Rp.000$	7820	7988	8205		7566	7988	8399
$Ganti\ item\ tiap\ tahun$	4	6	7		4	6	6

3. Sebuah rumah sakit memiliki kebutuhan permanen untuk peralatan teater seharga Rp. 48.000. Biaya operasional tetap tahunan adalah Rp. 2000 dan biaya pemeliharaan diperkirakan Rp. 3000 pada tahun pertama, naik setiap tahun pada tingkat 15% setelahnya. Masa manfaat peralatan adalah delapan tahun dan biaya peralatan dihapuskan dengan dasar penyusutan garis lurus. Jika biaya modal dihitung 10%, kapan waktu terbaik untuk mengganti peralatan, dan berapa biaya ekuivalen tahunan? Akankah jawabannya berubah jika umur peralatan diperpanjang menjadi 12 tahun, mengingat penyusutan adalah nol selama periode yang diperpanjang ini?

(Jawaban: Memodifikasi model depresiasi peralatan pada Gambar 5.3 dengan memperkenalkan 'biaya operasional tetap', FC. Sel C11:D18 sekarang akan berisi formula yang sesuai. Ketika periode sembilan tahun dipertimbangkan, peralatan harus diganti setelah lima

tahun dengan biaya setara yang sesuai sebesar Rp. 15.653. Ketika periode dua belas tahun dipertimbangkan, periode penggantian optimal sekarang menjadi sebelas tahun dengan biaya yang sesuai sebesar Rp. 15.216.)

4. Bloggs Engineering baru-baru ini melakukan analisis biaya terperinci untuk mesinnya. Setelah mempelajari catatan masa lalu tentang biaya pemeliharaan dan penyusutan mesinnya, perusahaan telah menemukan bahwa untuk mesin dengan biaya modal C, biaya pemeliharaan dan nilai jual kembali pada akhir tahun 'n' masa pakainya dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

   Biaya pemeliharaan=0,08C(1,2n +2) Nilai jual kembali=C/loge(1,5n+2)

   Bloggs Engineering ingin menemukan waktu penggantian yang optimal untuk mesin selama periode delapan tahun, mengingat biaya modal tahunan adalah 10%.

(Jawaban: Ambil salinan Gambar 5.3 dan gunakan templat Tabel 5.14 untuk membuat modifikasi yang diperlukan. Perhatikan bahwa nilai berapa pun dapat dibebankan ke biaya modal C, misalnya Rp. 10.000. Peralatan harus diganti setiap enam tahun, dengan biaya minimum biaya menjadi Rp. 4.867.) penggantian.

Tabel 5.14 Analisis– Bloggs Engineering.

Cell	Formula	Copied to
C11	0.08*F$3*(1.2^B11 + 2)	C12:C18
D11	F$3/LN(1.5*B11 + 2)	D12:D18

5. Pertimbangkan masalah penyewaan peralatan Joseph yang dibahas sebelumnya dalam bab ini. Dia tidak puas dengan jawaban yang diperoleh dari model Gambar 5.4, yang menemukan bahwa kebijakan leasing empat tahun adalah solusi yang paling ekonomis. Merlene tahu bahwa sistem komputer mikro perusahaannya harus selalu diperbarui dan telah memutuskan bahwa peralatan apa pun dapat disimpan hanya untuk jangka waktu maksimum tiga tahun. Dengan memodifikasi opsi biaya Cij untuk mencerminkan permintaan baru Merlene, jalankan kembali model dan temukan opsi terbaik Merlene dalam kondisi baru ini.

(Jawaban: Tetapkan opsi C15 saat ini sama dengan biaya yang sangat besar, katakanlah Rp. 99.999, dan jalankan kembali modelnya. Kebijakan barunya adalah C12 +C25, dengan total biaya Rp. 34.500.)

6. Green Fingers Garden Center menyewakan mesin pemotong rumput selama periode lima bulan. Karena pemeliharaan, banyak mesin pemotong rumput tidak dapat digunakan untuk jangka waktu yang berbeda-beda dan karena itu merugi. Tabel tarif sewa Green Fingers, ditunjukkan pada Tabel 5.15, mencerminkan biaya tersembunyi ini. Tabel tersebut juga memperhitungkan penawaran dan permintaan, dengan tarif sewa yang dikurangi menjelang akhir musim panas. Sayangnya, kompleksitas tabel

biaya Green Fingers menghadirkan masalah bagi Ferdi Flint. Dia ingin tahu cara termurah untuk menyewa mesin pemotong rumput untuk jangka waktu lima bulan. Gunakan model sewa peralatan Gambar 5.4 untuk membantu memecahkan masalah Ferdi.

(Jawaban: Opsi termurah untuk Ferdiadalah menyewa mesin pemotong rumput tiga kali – pada awal bulan 1, 2, dan 4 dengan total biaya Rp. 145, yaitu, C12 +C24 +C46.)

Tabel 5.15 Tarif Sewa – GreenFingers Garden Centre dalam Rp. '000.

Month	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	$j=6$
$i=1$	30	65	95	–	155
$i=2$		40	60	95	120
$i=3$			45	–	100
$i=4$				–	55
$i=5$					22

7. Kantor pusat Perusahaan Springbed berisi 1000 bola lampu listrik. Jika ada bohlam yang rusak, segera diganti. Dari catatan 500 bohlam sebelumnya, tabel kegagalan berikut telah diperoleh:

Usia saat gagal (bulan) 2 3 4 5
Jumlah bohlam yang gagal 100 200 150 50

(i) Hitung jumlah bohlam yang diharapkan akan diganti pada setiap bulan genap pertama. Berapa tingkat kegagalan yang dapat diharapkan dalam jangka panjang?

(ii) (ii) Penggantian bohlam individual masing-masing seharga Rp. 0,50. Berapa biaya penggantian rata-rata bulanan? Kebijakan alternatif adalah mengganti semua bohlam setelah beberapa bulan dengan biaya Rp. 200, serta mengganti unit yang gagal dengan harga masing-masing Rp. 0,50. Apakah kebijakan pemeliharaan preventif ini dapat dibenarkan, dan jika demikian, pada bulan apa kebijakan itu harus mulai beroperasi?

(Jawaban: Agar konsisten, tabel kegagalan di atas juga harus menyertakan bulan 1 dengan nol kegagalan. Kegagalan dalam 7 bulan pertama adalah 0, 200, 400, 340, 260, 288, dan 328. Dalam jangka panjang, jumlah rata-rata kegagalan per bulan adalah 303. Oleh karena itu, biaya penggantian individu rata-rata bulanan adalah Rp. 151,50. Kebijakan penggantian termurah adalah penggantian grup setiap dua bulan dengan biaya bulanan rata-rata Rp. 150.)

Barry Lime adalah manajer pemasaran SuperMicros, yang baru-baru ini mulai menyewa mikrokomputer. Perusahaan telah menyisihkan total 200 mikro untuk tujuan ini. Barry telah memperoleh data riset pasar terbaru, yang menunjukkan distribusi 100 kebijakan leasing mikro serupa:

Lama sewa (tahun) 1 2 3 4

Jumlah polis 20 40 30 10

8. Barry ingin mengetahui (i) jumlah kebijakan leasing baru yang diperlukan setiap tahun selama empat tahun ke depan untuk mempertahankan sewa SuperMicros pada 200 (ii) rata-rata lama periode leasing (iii) jumlah rata-rata leasing baru kebijakan yang diperlukan setiap tahun.

(Jawaban: Latihan ini setara dengan masalah penggantian peralatan statistik dan diselesaikan dengan menggunakan model Gambar 5.5. (i) 40, 88, 94, 86 (ii) 2,3 tahun (iii) 87.)

9. The Things A'Plenty Company baru-baru ini menerima beberapa pesanan untuk mobil bertenaga surya barunya. Jumlah pesanan pelanggan untuk lima bulan berikutnya berturut-turut adalah 2, 6, 10, 10, dan 15. Tiga mobil pertama telah diproduksi dan waktu produksinya diperoleh masing-masing 500, 400, dan 350 jam. Setelah mempelajari masa-masa ini, para insinyur Perusahaan memperkirakan bahwa peningkatan 80% dalam waktu produksi dapat dicapai. Things A'Plenty ingin tahu berapa banyak tenaga kerja yang dibutuhkan untuk memenuhi komitmennya kepada pelanggan. Perusahaan telah meminta para insinyurnya untuk membuat tabel kebutuhan tenaga kerja bulanan. Data perusahaan menunjukkan bahwa seorang karyawan bekerja dua puluh 8 jam sehari setiap bulan, yaitu 160 jam kerja per bulan. Jika data waktu produksi untuk tiga unit berikutnya ditemukan masing-masing 320, 298, dan 280, gunakan model Gambar 5.16 untuk memeriksa keakuratan asumsi Perusahaan tentang kurva pembelajaran 80%.

Month	1	2	3	4	5
Jumlah mobil yang dibutuhkan	2	6	10	10	15
Nomor unit sebenarnya	1–2	3–8	9–18	19–28	29–43
jam produksi	900.0	1773.0	2185.1	1815.5	2373.5
jumlah karyawan	5.6	11.1	13.7	11.3	14.8

(Jawaban: Perluas model pada Gambar 5.15 untuk menyertakan detail untuk 45 unit.)

Ketika enam kali produksi pertama (500, 400, 350, 320, 298, 280) dimasukkan ke dalam model Gambar 5.16, diperoleh nilai kurva pembelajaran 79,96%, yang mengkonfirmasi estimasi insinyur sebesar 80%. Kecocokan kurva hampir sempurna dengan koefisien korelasi R = 0,99999. Persamaannya adalah y =500x−0,3227.

10. Maya adalah manajer penjualan Kleen Up Company. Maya bermaksud meluncurkan kampanye penjualan bulanan selama tahun mendatang. Saat ini dia sedang menyiapkan anggaran untuk biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk menangani kampanye penjualan dan memperkirakan bahwa kampanye pertama akan membutuhkan 100 jam dengan biaya Rp. 15 per jam. Dari pengalaman sebelumnya, Maya mengetahui bahwa pengalaman belajar tenaga penjualan mengikuti kurva pembelajaran 78%. Perusahaan KleenUp ingin tahu berapa biaya empat kampanye pertama.

(Jawaban: Menggunakan model kurva pembelajaran pada Gambar 5.15, total waktu yang dibutuhkan untuk empat kampanye pertama, CUM4 =306.3. Total biaya=306.3×Rp. 15=Rp. 4594.50.)

BAB 6
MODEL PEMASARAN

6.1 GAMBARAN

Pemasaran adalah salah satu area paling kompleks dalam pengambilan keputusan bisnis. Banyak variabel input bersifat kualitatif dan tidak dapat diukur secara akurat, misalnya, perubahan pola konsumen, meningkatnya persaingan, dan perkiraan penjualan dalam lingkungan ekonomi yang tidak pasti. Beberapa manajer memandang pemasaran sebagai bentuk seni, dengan kualitas pengalaman dan penilaian yang baik dianggap lebih penting daripada membangun model analitis. Namun, pemodelan spreadsheet adalah alat yang ideal untuk menggabungkan pengetahuan manajerial dengan informasi pemasaran yang tidak pasti. Karena banyak keputusan pemasaran didasarkan pada campuran detail kuantitatif (misalnya, data penjualan masa lalu) dan prediksi kualitatif dari pasar yang bergejolak, mereka disebut semi-terstruktur. Masalah semi terstruktur adalah masalah di mana pembuat keputusan memiliki data faktual untuk dianalisis tetapi harus menggunakan penilaiannya sendiri untuk sampai pada solusi yang memuaskan.

Analisis sensitivitas atau 'bagaimana-jika' adalah pendekatan semi-terstruktur yang khas di mana pengambil keputusan mengajukan serangkaian pertanyaan 'bagaimana-jika' untuk menentukan bagaimana faktor-faktor kunci merespons perubahan kondisi yang diasumsikan. Kemampuan untuk bereksperimen dengan data kuantitatif untuk mendapatkan wawasan yang lebih besar ke dalam situasi semi-terstruktur memungkinkan pembuat keputusan melihat konsekuensi dari tindakan tertentu. Misalnya, bagaimana kenaikan biaya produksi sebesar 5% akan mempengaruhi harga produk?

Banyak perusahaan memiliki banyak tujuan dan seringkali bertentangan. Misalnya, mereka mungkin berusaha untuk memaksimalkan penjualan dengan biaya minimum, mungkin untuk memaksimalkan keuntungan sambil meminimalkan risiko. Pemrograman tujuan (GP) yang merupakan variasi dari pemrograman linier, memungkinkan pembuat keputusan untuk menentukan beberapa tujuan yang kemudian dapat ditempatkan dalam urutan apa pun yang diinginkan pembuat keputusan. Meskipun jawaban GP tidak optimal, jawaban tersebut sedekat mungkin dengan tujuan dalam urutan yang ditentukan oleh pembuat keputusan.

6.2 MENGORGANISASI DAN MENYAJIKAN DATA

Statistik memainkan peran penting dalam keputusan pemasaran. Statistik deskriptif terdiri dari teknik dan ukuran yang membantu pembuat keputusan mendeskripsikan data. Sayangnya terlalu banyak data dapat membingungkan daripada memperjelas, yaitu, pembuat keputusan tidak dapat melihat informasi untuk data tersebut! Distribusi frekuensi, histogram, diagram lingkaran, plot sebar, tabel, dan diagram batang adalah beberapa alat yang digunakan

pembuat keputusan untuk membantu mengubah data menjadi informasi yang berarti. Metode termudah untuk mengatur data adalah dengan membangun distribusi frekuensi, menggunakan kelas. Kelas hanyalah interval tertentu yang menarik, biasanya memiliki batas atas dan bawah.

CONTOH 6.1 Menafsirkan data penjualan

Ferdi Doherty telah diminta oleh bosnya untuk membuat presentasi pada pertemuan akhir tahun di Little Manufacturing Company minggu depan. Presentasi tersebut menyangkut angka penjualan perusahaan untuk tahun ini, dan bagaimana perbandingannya dengan penjualan tahun lalu. Sebagai manajer penjualan, Ferdi harus siap menjawab pertanyaan apa pun yang mungkin muncul selama rapat. Ferdi telah memutuskan untuk menggunakan presentasi diagram garis standar yang berisi kedua set angka penjualan untuk interpretasi dan analisis yang lebih mudah (lihat Gambar 6.1). Selama pertemuan akhir tahun, Ferdi diminta untuk menjelaskan (i) alasan penurunan mendadak penjualan Mei tahun lalu, dan (ii) mengapa penjualan meningkat pesat di akhir tahun ini?

Ferdi mengingatkan penanya pertama tentang kerusakan akibat banjir yang menimpa gudang perusahaan selama badai tahun lalu. Dengan begitu banyak stok yang rusak, penjualan untuk bulan Mei sangat terpengaruh. Namun, tenaga penjualan melakukan upaya yang cukup besar selama bulan Juli dan Agustus untuk menutup penjualan yang hilang. Peningkatan penjualan tahun ini dari bulan September dan seterusnya disebabkan oleh pengenalan strategi penjualan baru pada pertengahan Agustus. Sampai saat ini, pendekatan penjualan baru yang dinamis memberikan hasil yang sangat memuaskan.

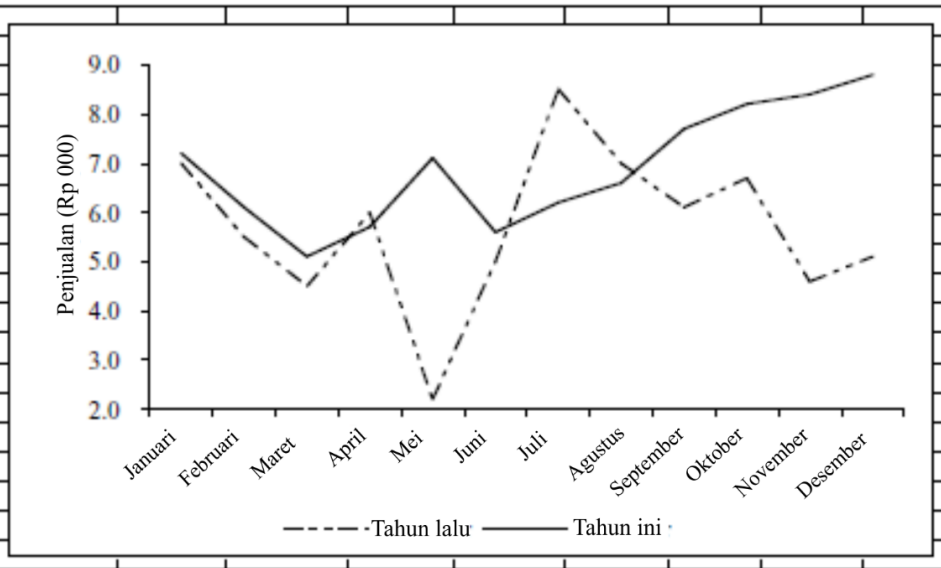
Contoh 6.1 - Perusahaan Manufaktur Kecil

Input data cells are shaded

Bulan	<-Penjualan (Rp000)->	
	Tahun lalu	Tahun ini
Januari	7.0	7,2
Februari	5.5	6.1
Maret	4.5	5.1
April	6,0	5,7
Mei	2.2	7.1
Juni	5,0	5,6
Juli	8.5	6.2
Agustus	7,0	6,6
September	6,1	7,7
Oktober	6,7	8,2
November	4,6	8,4
Desember	5,1	8,8

Menggunakan ChartWizard untuk mendapatkan output grafis

[1] Sorot range B5:D16.
[2] Klik tombol ChartWizard (dengan kolom berwarna) pada standard toolbar.
[3] Klik jenis grafik 'Line' dan pilih sub-type di bagian atas kolom 1. Kemudian klik tombol 'Next'.
[4] Klik tab 'Series' dan masukkan 'Tahun lalu' di kotak nama untuk Series 1 dan 'Tahun Ini' untuk Series 2.
[5] Klik tab 'Titles' dan masukkan deskripsi sumbu y; lanjut klik tab 'Legend' dan pilih penempatan 'bottom'; klik tab 'Gridlines' dan kosongkan kotak 'Major gridlines'.
[6] Klik tombol 'Finish'. Re-posisi dan re-size grafik.



Gambar 6.1 Grafik penyajian data penjualan.

Ukuran Lokasi dan Penyebaran

Teknik penyajian seperti histogram frekuensi dapat menyesatkan ketika membuat perbandingan antara dua kumpulan data yang berbeda. Misalnya, dengan memvariasikan jumlah dan lebar interval kelas, histogram dari dua set data yang sangat berbeda mungkin tampak sangat mirip. Teknik statistik lainnya diperlukan untuk menguji perbedaan antara kelompok data. Yang paling umum dari upaya ini untuk menentukan apakah kedua kelompok memiliki distribusi yang sama, yaitu apakah mereka memiliki lokasi pusat dan penyebaran yang sama? Lokasi pusat hanyalah bagian tengah atau pusat dari sekumpulan data.

Ukuran umum dari lokasi pusat adalah modus, median dan mean. Mean sering disebut sebagai rata-rata aritmatika. Ukuran statistik penyebaran juga disebut ukuran variasi (atau dispersi) karena berfokus pada fluktuasi yang terjadi di kedua sisi lokasi pusat. Ukuran penyebaran yang

paling terkenal adalah jangkauan, varians dan standar deviasi, yang merupakan akar kuadrat dari varians.

CONTOH 6.2 Menghitung mean, varians, dan standar deviasi

Seorang manajer penjualan telah memeriksa catatan masa lalu untuk produk X, dan telah menghitung bahwa penjualan (dalam '000s) untuk versi baru produk X akan mengikuti pola seperti yang ditunjukkan pada tabel probabilitas di bawah ini:

$Penjualan, Si$	5	10	15	20	25	30
$Probabilitas, Pi$	0.1	0.3	0.3	0.15	0.1	0.05

Manajer penjualan tertarik pada penyebaran data, yaitu seberapa padat atau tersebarnya data di sekitar rata-rata? Dia telah memutuskan untuk membuat spreadsheet sederhana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.2 untuk menemukan nilai yang diharapkan (atau rata-rata), varians, dan standar deviasi dari distribusi probabilitas. Data penjualan tabel, Si, dan probabilitas, Pi, digunakan untuk mendefinisikan rumus standar sebagai berikut:

Rata-rata atau nilai yang diharapkan, $E = \sum_{i=1}^{n} P_i S_i$ n =6 (jumlah nilai dalam tabel distribusi penjualan)

$$Variasi\ \sigma^2 = \sum_{i=1}^{n} P_i (S_i - E)^2$$

Standar deviasi, σ = akar kuadrat dari varians

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	*Contoh 6.2 - Mencari mean, varians, dan standar deviasi data penjualan*										
2											
3		Sales ('000s), S_i		5	10	15	20	25	30	*User input cells*	
4		Probability, P_i		0.1	0.3	0.3	0.15	0.1	0.05	*are shaded*	
5											
6			Expected value, E, or Mean =			***15***					
7											
8			$(S_i - E)^2$ =	100	25	0	25	100	225		
9											
10					Variance =	***42.5***					
11			Standard deviation =			***6.52***					
12											
13											

Cell	*Formula*	*Copied to*
F6	SUMPRODUCT(D3:I3, D4:I4)	
D8	(D3 –$F6)^2	E8:I8
F10	SUMPRODUCT(D4:I4, D8:I8)	
F11	SQRT(F10)	

Gambar 6.2 Mean, varians, dan standar deviasi dari distribusi probabilitas.

6.3 ANALISIS KORELASI DAN REGRESI LINIER

Analisis korelasi dan regresi linier adalah dua alat statistik yang paling banyak digunakan untuk menentukan hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Ketika hanya

ada dua variabel yang terlibat, teknik prediksi disebut analisis regresi sederhana. Ukuran kuantitatif kekuatan dalam hubungan linier antara dua variabel disebut koefisien korelasi. Semakin dekat koefisien korelasi ke +1.0 atau 1.0, semakin kuat hubungan liniernya. Jika dua variabel tidak memiliki hubungan linier, korelasi antara keduanya adalah nol.

Sebagai contoh, perhatikan manajer penjualan sebuah perusahaan manufaktur yang memperhatikan bahwa ada banyak variasi dalam angka penjualan bulanan. Dia (atau dia) juga memperhatikan bahwa pengeluaran iklan perusahaan berubah setiap bulan. Manajer penjualan tertarik untuk menentukan apakah ada hubungan antara penjualan dan periklanan. Jika dia berhasil mendefinisikan hubungan, dia mungkin dapat menggunakan informasi ini untuk meningkatkan prediksi penjualan bulanan dan, oleh karena itu, melakukan pekerjaan perencanaan yang lebih baik.

Metode populer untuk memilih garis regresi terbaik untuk sampel data adalah pendekatan 'kuadrat terkecil'. Ini adalah teknik line-fitting yang mencoba untuk mengoptimalkan hubungan linier antara dua variabel. Metode 'kuadrat terkecil' menyatakan bahwa garis regresi terbaik adalah yang meminimalkan jumlah jarak kuadrat antara titik (x, y) yang diamati dan garis regresi. Perhatikan studi kasus berikut.

STUDI KASUS 6.1 Memprediksi penjualan dengan fungsi CORREL dan TRENDLINE Excel

Maya baru saja mengambil alih dari Herisebagai manajer penjualan Kleen Up Company yang memproduksi deterjen rumah tangga dan menjualnya langsung ke toko ritel melalui tenaga penjualan yang besar. Pemiliknya telah lama khawatir tentang angka penjualan triwulanan perusahaan yang bervariasi dan telah meminta Maya untuk melihat situasinya. Untuk membantu memperjelas idenya, Maya telah membuat tabulasi data penjualan untuk sepuluh area penjualan yang dipilih secara acak seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Penjualan di Sepuluh area

Area Penjualan	*Jumlah toko ritel yang dikunjungi*	*Penjualan kuartal terakhir (Rp. '000)*	*Populasi area penjualan (Rp. '000)*
1	39	15	110
2	44	9	65
3	50	10	90
4	64	12	100
5	65	3	160
6	55	13	130
7	66	15	105
8	12	2	20
9	92	20	240
10	81	17	95

Data penjualan yang ditabulasi agak membosankan, dan Maya telah memutuskan untuk memplot data untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas. Saat melihat melalui catatan Heripada data penjualan sebelumnya, Maya memperhatikan bahwa dia yakin bahwa mungkin ada hubungan langsung antara angka penjualan dan jumlah toko yang dikunjungi oleh tenaga

penjualan perusahaan. Sayangnya, dia tidak punya cara untuk membuktikan apakah hubungan seperti itu memang ada, dan karena Harry mendekati usia pensiun, antusiasmenya tidak seperti dulu!

Karena baru dalam pekerjaan itu, Maya ingin membuat pemilik terkesan dengan inisiatifnya. Dia telah memutuskan untuk mencari tahu apakah memang ada hubungan erat antara penjualan area dan jumlah gerai ritel yang dikunjungi oleh tenaga penjualan. Jika benar, maka Maya dapat meningkatkan pendapatan penjualan dengan memastikan bahwa tenaga penjualannya mengunjungi lebih banyak toko di masa mendatang. Dia tidak hanya akan membantu pemilik tetapi juga reputasinya sendiri.

Maya baru-baru ini menghadiri kursus komputasi bisnis dan mengetahui bahwa perangkat lunak statistik dapat membantunya memahami data yang telah dikumpulkannya. Misalnya, dia ingin mengukur seberapa dekat hubungan antara dua variabel, yaitu, dia perlu menemukan apakah ada korelasi yang kuat. Maya mulai memeriksa selebaran kursusnya dan menemukan bahwa fungsi statistik Excel CORREL memberikan apa yang diinginkannya. Pertama, dia memasukkan tabel datanya ke dalam lembar kerja (lihat Gambar 6.3). Kemudian Maya menggunakan langkah-langkah berikut untuk membuat grafik sebar untuk melihat seperti apa datanya:

- Pilih rentang sel D6:E15 pada Gambar 6.3 dan kemudian klik tombol Chart Wizard (dengan kolom berwarna) pada toolbar standar.
- Pada Chart Wizard's Step 1, pilih chart-type XY (Scatter) dan chart sub-type in (baris 1, kolom 1). Klik tombol 'Berikutnya' dua kali untuk melanjutkan ke Langkah 3.
- Pada Langkah 3 Chart Wizard, klik pada tab berikut: (i) tab 'Judul' dan masukkan judul untuk Bagan, sumbu X, dan sumbu Y seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.3; (ii) tab 'Legend' dan kosongkan kotak 'Show Legend'; (iii) tab ‘Gridlines’ dan kosongkan kotak Y-axis (Major gridlines).
- Klik tombol 'Selesai' untuk keluar dari Chart Wizard. (Untuk informasi lebih lanjut tentang pemformatan bagan dengan Chart Wizard, lihat Lampiran).

Ketika fungsi CORREL diterapkan pada data yang relevan, Maya memandang koefisien korelasi awal 0,68 sebagai hal yang menggembirakan tetapi tidak setinggi yang dia inginkan. Pada pemeriksaan lebih dekat dari scattergraph, Maya mengidentifikasi dua area penjualan 'nakal' (1 dan 5) - biasanya disebut sebagai 'pencilan' - yang tidak sesuai dengan pola umum. Pada tahap selanjutnya, Maya akan mencoba menentukan mengapa area ini 'tidak sesuai' dengan data lainnya. Sementara itu, setelah menghapus data untuk kedua area ini dari tabel, Maya menemukan korelasi yang hampir sempurna sebesar 0,99; begitu tua Heri benar!

Grafik sebar dari Gambar 6.3 menunjukkan tren linier. Maya sekarang ingin melangkah lebih jauh dan menemukan persamaan regresi linier, Dia telah memutuskan untuk menggunakan fitur 'garis tren' Excel untuk membantunya menemukan persamaan ini. Garis tren menghaluskan fluktuasi dalam kumpulan data dan memungkinkan pengguna untuk melihat tren kinerja dengan lebih jelas. Setelah persamaan ditemukan, Maya dapat

mengekstrapolasi data mundur atau maju. Dia kemudian akan dapat memprediksi, dengan setidaknya beberapa tingkat akurasi, berapa nilai penjualan yang akan dihasilkan, misalnya, tenaga penjualan yang mengunjungi 80 gerai ritel secara teratur.

Pengetahuan ini juga akan membantunya mengidentifikasi area penjualan yang tampaknya merupakan 'pengecualian terhadap aturan'. Di mana, misalnya, volume penjualan yang sesuai tidak dihasilkan mengingat jumlah gerai yang diklaim akan dikunjungi. Di sisi lain, di mana penjualan lebih tinggi dari yang diharapkan, Maya mungkin mengidentifikasi keberadaan strategi yang lebih halus. Misalnya, penjualan yang luar biasa di area 1 dapat disebabkan oleh teknik pemasaran yang canggih yang digunakan oleh masing-masing wiraniaga; teknik yang mungkin hanya sedikit diketahui oleh divisi pemasaran perusahaan itu sendiri.

Fungsi TRENDLINE Excel tidak terbatas pada garis, dan juga memungkinkan berbagai kurva dipasang ke data yang diamati. Excel menyediakan enam opsi, yaitu linier, logaritmik, polinomial, pangkat, eksponensial, dan rata-rata bergerak. Karena grafik sebar Gambar 6.3 menunjukkan tren linier, Maya akan memilih opsi linier garis tren. Fungsi garis tren tidak hanya menampilkan persamaan regresi tetapi juga nilai R2 di mana R adalah koefisien korelasi. R2 (R-kuadrat) disebut koefisien determinasi. Berbagai langkah untuk menambahkan garis tren ke seri data diberikan di bagian bawah Gambar 6.4, yang merupakan salinan dari Gambar 6.3. Perhatikan bahwa semua klik mouse dilakukan dengan tombol sebelah kiri kecuali dinyatakan lain.

6.4 PERAMALAN – DERET WAKTU DAN PENGALASAN EKSPONENSIAL

Tidak ada perusahaan yang dapat berfungsi secara efektif tanpa perkiraan untuk barang atau jasanya. Peramalan adalah proses memprediksi masa depan. Di sisi lain, perencanaan adalah proses memutuskan terlebih dahulu apa yang harus dilakukan dan bagaimana hal itu dilakukan. Prakiraan memberikan output yang berharga ke dalam proses perencanaan. Hampir semua keputusan manajemen bergantung pada perkiraan, baik kuantitatif maupun kualitatif.

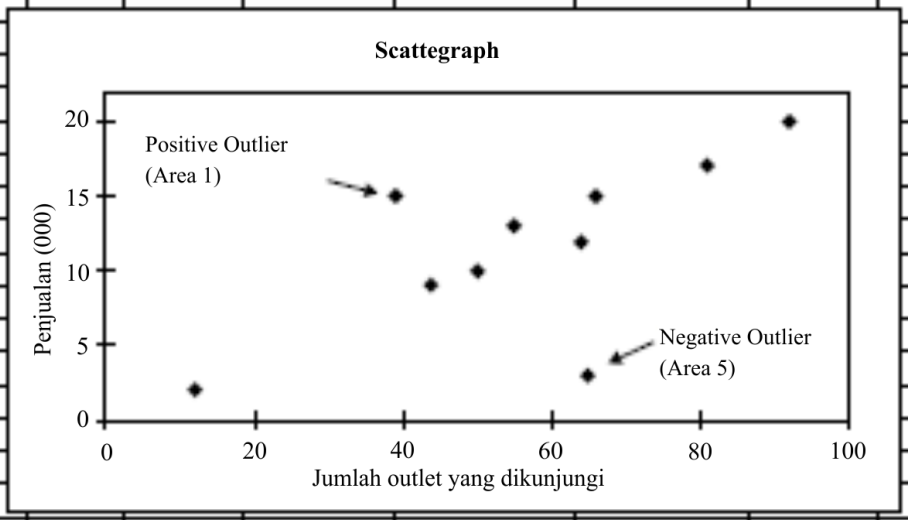
Studi Kasus 6.1 - Menggunakan scattergraph untuk memeriksa data penjualan Kleeup

Area Penjualan	Jumlah toko yang dikunjungi	Penjualan kuartal terakhir (Rp 000)	Populasi area penjualan (000)
1	39	15	110
2	44	9	65
3	50	10	90
4	64	12	100
5	65	3	160
6	55	13	130
7	66	15	105
8	12	2	20
9	92	20	240
10	81	17	95

User input cells are shaded

Koefisien korelasi untuk Kolom D & E adalah 0,68

Cell F16 berisi rumus CORREL(D6:D15,E6:E15)



Scattergraphs bisa sangat berguna sebagai langkah awal dalam menyelidiki kemungkinan adanya **OUTLIER**. Outlier adalah titik yang tampaknya tidak sesuai dengan pola umum. Ada dua outlier – area 1 dan 5 – satu menjadi positif, yaitu mencapai angka penjualan yang sangat baik sementara area 5 lainnya adalah outlier negatif, menjadi underachiever. Kedua bidang tersebut harus diselidiki - tetapi untuk alasan yang berbeda. Kedua area ini akan dikeluarkan dari analisis lebih lanjut.

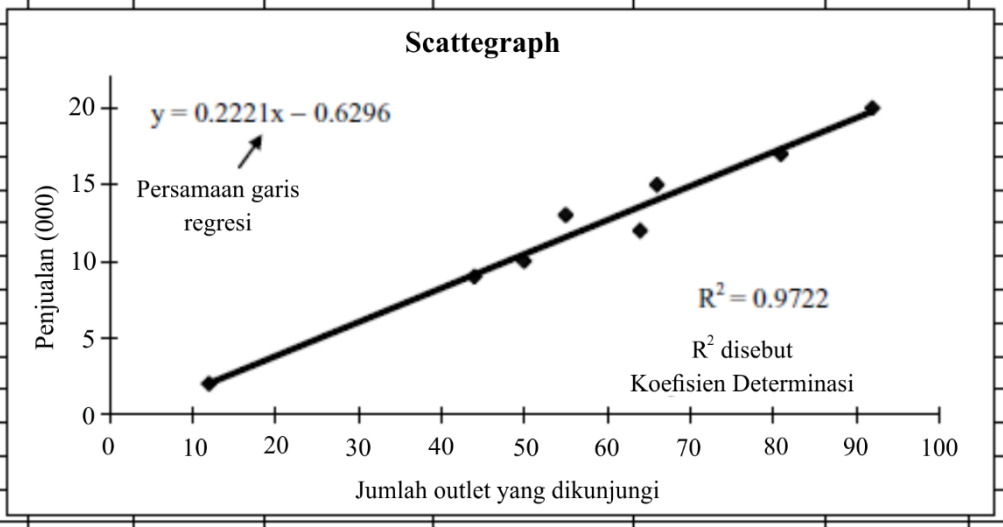
Ketika data untuk area 'outlying' 1 (cell D6:E6) dan 5 (D10:E10) dihapus dari tabel di atas, koefisien korelasi kemudian dihitung ulang sebagai Perhatikan bahwa korelasi telah bergerak lebih dekat ke 1,0, yaitu korelasi sempurna !

0,99

Gambar 6.3 Menggunakan grafik pencar untuk memeriksa korelasi data.

Prakiraan dapat berupa jangka pendek, yaitu, dengan cakrawala prakiraan hingga satu tahun, atau jangka panjang yang diperpanjang selama beberapa tahun. Teknik kuantitatif statistik, misalnya, rata-rata bergerak, ekstrapolasi tren, dan pemulusan eksponensial, paling cocok untuk peramalan jangka pendek. Prakiraan kualitatif atau penilaian bergantung hampir secara eksklusif pada penilaian, intuisi, dan pengalaman manusia. Kualitas ini lebih cocok untuk peramalan jangka panjang di mana tren dan siklus musiman menjadi kabur dan tidak jelas, membuat model matematika tidak dapat diandalkan.

	A	B	C	D	E	F	G	H
15			10	81	17	95		
16		Koefisien Korelasi untuk Kolom D&E adalah				***0.99***		
17								
18		Cell F16 berisi rumus CORREL(D6:D15,E6:E15)						



R = Koefisien Korelasi = Kuadrat(0,9722) = 0,986 yang merupakan line-fit yang sangat baik

Langkah-langkah berikut menambahkan trendline ke series data dalam rentang cell D6:E15 di atas:-

[1] Tempatkan mouse-pointer pada salah satu titik di scattergraph dan klik tombol kanan untuk mengaktifkan shortcut menu.
[2] Pilih opsi 'Add Trendline…' dari menu.
[3] Klik pada tab 'Type' dan pilih Linear option.
[4] Klik pada tab 'Options' dan pilih (i) Tampilkan persamaan pada grafik (ii) Tampilkan nilai R-kuadrat pada grafik.
[5] Terakhir, klik tombol OK untuk kembali ke scattergraph.

Gambar 6.4 Menyesuaikan Garis Tren dengan data penjualan Perusahaan KleenUp.

Dalam studi sebelumnya dari Kleen Up Company, Maya mampu membuat prediksi berdasarkan regresi linier, yaitu, memasang garis lurus melalui datanya. Namun, tidak semua data mengikuti pola garis lurus, misalnya, beberapa data mungkin menunjukkan pola yang paling baik digambarkan sebagai tren lengkung atau eksponensial. Membuat prediksi berdasarkan kecocokan garis lurus dengan data semacam itu bisa menghasilkan hasil yang

buruk! Untuk mengatasi situasi non-linier ini, dua teknik peramalan yang terkenal diperiksa dalam dua bagian berikutnya, yaitu deret waktu dan pemulusan eksponensial.

Deret waktu didefinisikan sebagai serangkaian pengamatan yang dikumpulkan secara berkala seperti setiap minggu, bulan, atau kuartal. Model peramalan statistik mengasumsikan bahwa deret waktu mengikuti pola yang stabil, seperti tren atau siklus musiman, yang dapat diekstrapolasi ke masa depan. Dalam menganalisis deret waktu, dua komponen utama harus diidentifikasi, yaitu tren dan variasi musiman. Tren mencerminkan pergerakan keseluruhan data secara umum (yaitu, dalam arah ke atas atau ke bawah) sedangkan variasi musiman adalah subset siklus (dari data yang diamati) yang berulang secara teratur selama periode waktu yang diamati. Variasi musiman sering terjadi pada interval tertentu, misalnya, penjualan mainan lebih tinggi pada Natal sementara penjualan es krim biasanya memuncak selama musim panas.

Salah satu cara populer untuk menghitung tren adalah teknik rata-rata bergerak, yang menghaluskan fluktuasi data untuk mengungkapkan tren apa pun yang mungkin ada. Menggunakan pendekatan rata-rata bergerak, ramalan pada setiap periode hanyalah rata-rata pengamatan sebelumnya dalam deret waktu. Misalnya, jika rata-rata pergerakan tiga bulan dipilih, maka perkiraan untuk bulan April adalah rata-rata untuk bulan Januari, Februari dan Maret. Istilah 'teknik deret waktu' dan 'model ekstrapolasi' adalah sinonim dan sering digunakan secara bergantian. Fungsi rata-rata bergerak dan pemulusan eksponensial terdapat dalam ToolPak Analisis Excel (lihat Bab 2 untuk detail ToolPak).

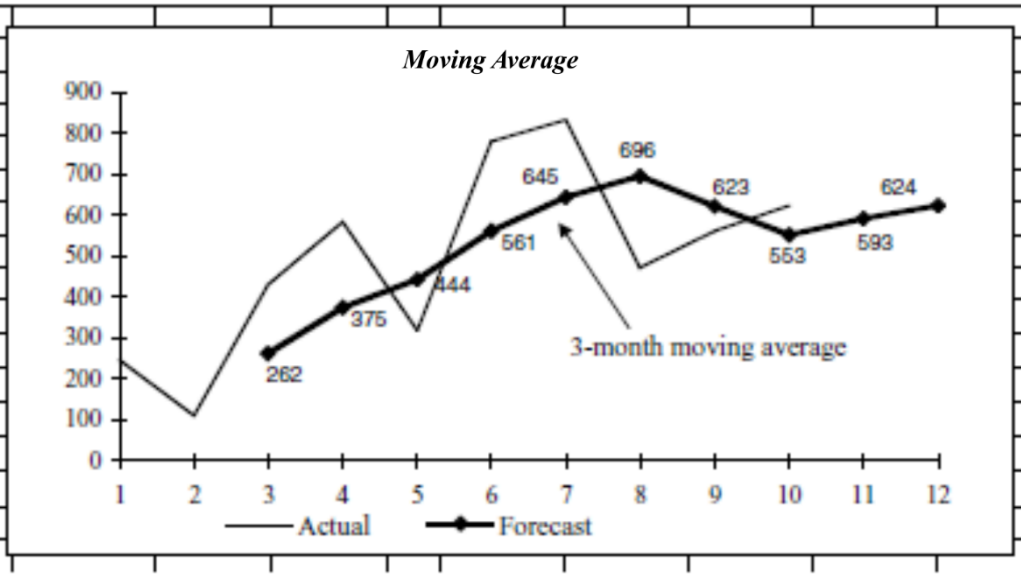
Studi Kasus 6.2 - Memprediksi penjualan batuan dasar dengan fungsi 'Moving Averages'

User input cells are shaded

	Bulan	Penjualan	
1	Januari	246	#N/A
2	Februari	110	#N/A
3	Maret	430	262
4	April	584	375
5	Mei	318	444
6	Juni	782	561
7	Juli	834	645
8	Agustus	472	696
9	September	562	623
10	Oktober	624	553
11	November		593
12	Desember		624

Langkah-langkah berikut akan menghasilkan grafik MOVING AVERAGE di bawah ini:

[1] Pilih Tools|Data Analysis... command lalu klik tombol OK
[2] Pilih fungsi 'Moving Average'
[3] Sorot cell C3:C15 sebagai Input Range
[4] Klik 'Labels in First Row'
[5] Atur interval ke 3, yaitu rata-rata pergerakan 3 bulan
[6] Tentukan rentang output sebagai D4:D15
[7] Klik 'Chart Output' untuk memilih output grafis dan kemudian klik tombol OK



Catatan: Excel's Moving Average tool menghasilkan nilai dalam rentang cell D4:D15 di atas. Perhatikan bahwa dua cell pertama berisi simbol #N/A. Ini karena ukuran interval 3 hanya akan berlaku di bulan 3. Ukuran interval n akan selalu menghasilkan simbol #N/A di n - 1 cell pertama di awal output range.

Gambar 6.5 Peramalan penjualan batuan dasar dengan rata-rata pergerakan 3 bulan.

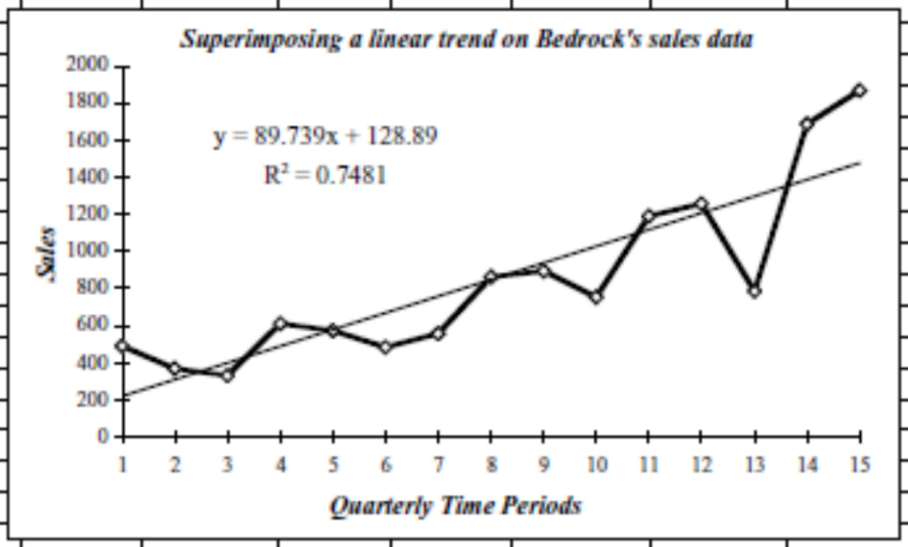
STUDI KASUS 6.2 Menggunakan fungsi rata-rata bergerak ToolPak Excel

Ferdibertanggung jawab atas inventaris di Perusahaan Springbed . Sebagai bagian dari pekerjaannya, ia harus memperoleh perkiraan permintaan untuk produk yang disimpan dalam persediaan. Ferdi telah memutuskan untuk menggunakan rata-rata pergerakan tiga bulan untuk membantunya menemukan perkiraan penjualan yang layak untuk produk Pover dua bulan ke depan, yaitu November dan Desember. Ferdi telah mendengar bahwa teknik

peramalan tidak dapat diandalkan. Oleh karena itu, dia memutuskan untuk menghitung rata-rata bergerak untuk data penjualan 10 bulan sebelumnya dan kemudian melihat seberapa akurat metode rata-rata bergerak dalam memprediksi penjualan selama periode tersebut.

Studi Kasus 6.2 - Menyesuaikan trendline melalui variasi musiman Bedrock

	Quarterly periods		Sales	
200W - Q1	1	490		
Q2	2	370		
Q3	3	330		
Q4	4	610	*User input cells*	
200X - Q1	5	571	*are shaded*	
Q2	6	482		
Q3	7	557		
Q4	8	861		
200Y - Q1	9	895		
Q2	10	753		
Q3	11	1190		
Q4	12	1255		
200Z - Q1	13	786		
Q2	14	1684		
Q3	15	1868		



Catatan: Ikuti instruksi di bagian bawah Gambar 6.4 agar sesuai dengan trendline

Gambar 6.6 Memasang garis tren melalui variasi musiman.

Setelah mempelajari output pada Gambar 6.5, Ferdi tidak terlalu terkesan dengan metode rata-rata bergerak sebagai cara untuk meramalkan penjualan di masa depan. Tampaknya hanya efektif untuk perencanaan satu bulan (atau periode) ke depan. Meskipun dia dapat melihat manfaat dari memiliki tren jangka panjang, kesannya adalah bahwa metode

rata-rata bergerak umumnya cenderung meremehkan penjualan dari bulan ke bulan. Ferdi telah memutuskan untuk menggunakan rata-rata pergerakan yang lebih besar dari sembilan bulan untuk melihat apakah ada perubahan pada tren.

Rata-rata pergerakan sembilan bulan menghasilkan nilai 482, 524, dan 576 untuk Oktober, November, dan Desember, memperkuat pandangan Ferdi bahwa pendekatan rata-rata bergerak terlalu sederhana untuk memberikan perkiraan yang berharga. Nilai-nilai ini mudah ditemukan dengan menggunakan fungsi AVERAGE Excel, misalnya, mengacu pada nilai sel pada Gambar 6.5, AVERAGE(C4:C12)=482, AVERAGE(C5:C13)=524, dan lain-lain.

Menyesuaikan Trendline dengan Data Penjualan Perusahaan Springbed

Ferditelah memutuskan untuk melihat apakah ada tren jangka panjang untuk penjualan produk P. Tugas pertamanya adalah mengumpulkan semua data penjualan yang tersedia terkait dengan produk P, yang totalnya hampir empat tahun. Untuk menyederhanakan modelnya, Ferdi telah mengelompokkan data bulanan ke dalam lima belas angka triwulanan. Setelah memasukkan datanya ke dalam spreadsheet Gambar 6.6 (lihat rentang D4:E18), ia kemudian menggunakan Chart Wizard untuk menghasilkan grafik seperti yang ditunjukkan.

Untuk menggambar garis tren melalui grafik, Ferdi menggunakan prosedur yang sama seperti Maya – lihat Gambar 6.4. Perhatikan bahwa semua klik mouse dilakukan dengan tombol sebelah kiri kecuali dinyatakan lain. Ketika grafik linier ditumpangkan pada data penjualan aktual produk P, Ferdidapat melihat bahwa Perusahaan Springbed dapat optimis tentang penjualan di masa depan. Garis tren dalam arah ke atas, menunjukkan bahwa penjualan, meskipun 'naik dan turun' dalam jangka pendek, terus meningkat selama empat tahun terakhir.

6.5 PERAMALAN – PENGALASAN EKSPONENSIAL

Ferdijuga menemukan pentingnya 'data pembobotan'. Dia telah diberitahu oleh rekan pemasaran bahwa data lama dianggap kurang penting daripada data terbaru. Dalam model rata-rata bergeraknya, Ferdi menggunakan data tidak berbobot dan dia sekarang tahu bahwa perkiraan yang lebih akurat mungkin diperoleh jika dia telah menetapkan faktor pembobotan untuk mencerminkan usia data. Sementara rata-rata bergerak tertimbang memang memberikan lebih banyak fleksibilitas, itu juga memperumit masalah. Misalnya, bagaimana Ferdi memutuskan berapa bobot yang baik untuk item data tertentu? Masalah ini akan diperiksa nanti.

Ada keterbatasan dalam menggunakan pendekatan rata-rata bergerak untuk peramalan, seperti yang ditemukan oleh Ferdi Flint. Kebutuhan untuk bereksperimen baik dengan jumlah bulan (periode) dan juga dengan faktor pembobotan, menciptakan masalah serius. Pemulusan eksponensial adalah metode peramalan jangka pendek yang mengatasi kesulitan ini dengan pembobotan data secara otomatis, dengan data terbaru diberi bobot lebih berat daripada data lama. Ini adalah pendekatan adaptif di mana ramalan untuk periode

tertentu disesuaikan untuk memperhitungkan kesalahan yang dibuat pada periode sebelumnya. Proses penyesuaian ini diulang sampai kesalahan diminimalkan. Aturan umum untuk pemulusan eksponensial adalah

ramalan baru = ramalan lama + (pengamatan terbaru – ramalan lama)

di mana α(alfa) adalah konstanta pemulusan. Persamaan ini ditulis secara matematis sebagai

$$y_t+1 = y_t + \alpha(y_o - y_t)$$

di mana y_t = ramalan lama; yo = observasi terakhir, yaitu nilai aktual untuk periode waktu t. Nilai xα dapat terletak antara 0 dan 1. Semakin dekat xα dengan 1, semakin responsif ramalan terhadap pengamatan terbaru. Di sisi lain, jika mendekati 0, ramalan menjadi lebih tidak sensitif dan tidak akan mencerminkan data terbaru. Ferdi telah menggunakan data produk P selama 18 bulan terakhir untuk memeriksa dua situasi ekstrem ini. Gambar 6.7 menunjukkan bagaimana kinerja fungsi pemulusan eksponensial Excel pada ekstremitas saat menggunakan nilai 0,1 dan 0,9. Perhatikan bahwa alih-alih konstanta pemulusan , fungsi Excel menggunakan faktor redaman yang sama dengan 1 – α. Nilai wajar untuk α dianggap antara 0,2 dan 0,3. Ikuti petunjuk di bawah ini untuk membuat model pemulusan eksponensial pada Gambar 6.7.

- Aktifkan 'Analysis ToolPak' Excel dengan memilih perintah Tools|Data Analysis.
- Klik pada opsi 'Exponential Smoothing' dan kemudian klik tombol OK. Sebuah tabel akan muncul di layar. Isi data berikut, biarkan opsi lain kosong. Jika semua data telah dimasukkan, klik tombol OK untuk keluar.

Input	Rentang input: C5:C22 Faktor redaman: 0,9 (Faktor redaman 0,9 sama dengan = 0,1)
Output	Rentang output: D5: D22

- Ulangi langkah di atas dengan input berikut:

Input	Rentang input: C5:C22 Faktor redaman: 0,1 (Faktor redaman 0,1 sama dengan =0,9)
Output	Rentang output: E5:E22

- Pilih rentang sel C3:E22 dan gunakan sebagai input ke Chart Wizard untuk menghasilkan grafik seperti yang ditunjukkan.

Studi Kasus 6.2 - Model 'exponential smoothing' untuk data penjualan Bedrock

Time Period	Actual Sales	alpha values = 0.1	alpha values = 0.9
1	233	#N/A	#N/A
2	290	233.00	233.00
3	230	238.70	284.30
4	310	237.83	235.43
5	480	245.05	302.54
6	400	268.54	462.25
7	415	281.69	406.23
8	460	295.02	414.12
9	380	311.52	455.41
10	246	318.37	387.54
11	110	311.13	260.15
12	430	291.02	125.02
13	584	304.91	399.50
14	318	332.82	565.55
15	782	331.34	342.76
16	834	376.41	738.08
17	472	422.17	824.41
18	562	427.15	507.24

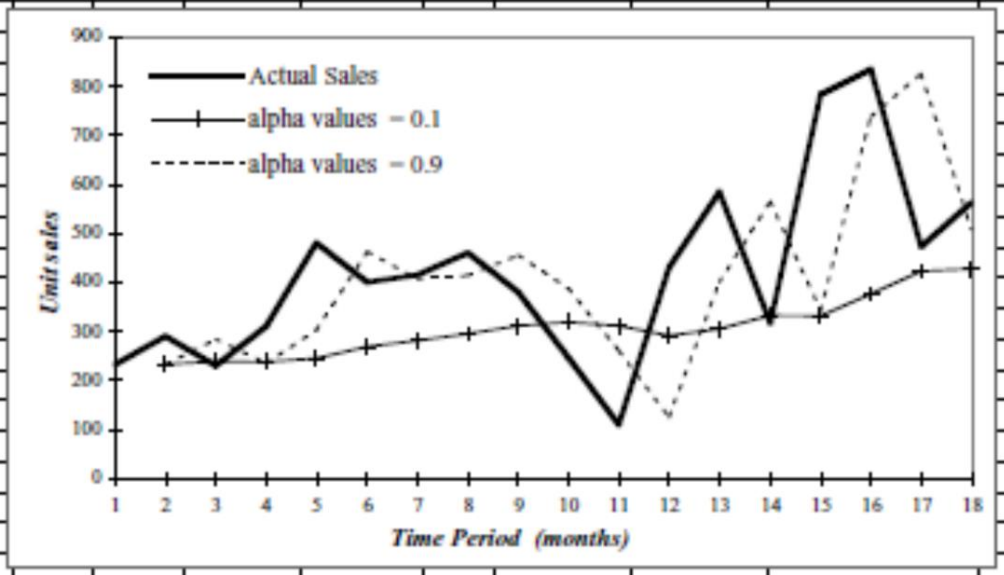
Input data cells are shaded

N.B. Damping factor = 1 – alpha

Data di kolom D dan E dihasilkan oleh fungsi EXPONENTIAL SMOOTHING di Excel's Analysis ToolPak

Untuk mendapatkan data di Kolom D…--
Masukkan Input range sebagai C5:C22
-- atur Damping factor sama dengan 0,9
(yaitu alfa = 0,1) dan range output = D5:D22
Untuk mendapatkan data di Kolom E…
-- Masukkan Input range sebagai C5:C22
-- atur Damping factor sama dengan 0,1
(yaitu alfa = 0,9) dan range output = E5:E22

Hasil di bawah ini menunjukkan bahwa nilai alpha = 0,9 mengikuti pola penjualan yang sebenarnya, tetapi tertinggal satu bulan (periode waktu).
Nilai alpha = 0,1 menghasilkan insensitive graph - sangat mirip dengan moving-average.



Gambar 6.7 Model pemulusan eksponensial untuk data penjualan Perusahaan Springbed .

Mengevaluasi Akurasi Prakiraan Menggunakan MAD dan MSE

Pertanyaan tentang teknik peramalan mana yang paling sesuai dengan data Ferdi sebenarnya adalah masalah mengevaluasi akurasi setiap prakiraan. Ada banyak metode yang tersedia untuk memodelkan data deret waktu. Oleh karena itu, pendekatan terbaik untuk

analisis deret waktu adalah dengan mencoba beberapa metode pada data masa lalu dan kemudian membandingkan hasil yang berbeda untuk melihat seberapa akurat mereka dalam memprediksi jawaban yang sudah diketahui. Dua teknik populer untuk mengukur akurasi ramalan adalah mean absolute deviasi (MAD) yang memberikan bobot yang sama untuk setiap kesalahan, dan mean squared error (MSE) – seperti namanya – yang mengkuadratkan kesalahan. Pendekatan MSE lebih praktis daripada MAD karena lebih menekankan pada kesalahan besar. Untuk mengilustrasikan bagaimana MAD dan MSE diperoleh, perhatikan Tabel 6.2 yang menggunakan perkiraan rata-rata pergerakan dua bulan.

Rekan Ferdi di departemen sistem informasi Perusahaan Springbed mengatakan kepadanya bahwa Excel's Solver dapat membantunya menemukan faktor pembobotan yang optimal dengan meminimalkan nilai MAD atau MSE. Dalam teknik rata-rata bergerak, jumlah bobot tergantung pada jumlah interval waktu yang digunakan, misalnya, rata-rata bergerak 3 bulan membutuhkan 3 faktor pembobotan.

Period	Data X_i	Forecast F_i	Error, $E_i = X_i - F_i$	Absolute error $\lvert E_i \rvert$	Squared error E^2_i
June	17	#N/A			
July	16	#N/A			
August	22	16.5	5.5	5.5	30.3
September	14	19.0	–5.0	5.0	25.0
October	23	18.0	5.0	5.0	25.0
November	22	18.5	3.5	3.5	12.3
December	24	22.5	1.5	1.5	2.3
$\text{MAD} = \sum \lvert E_i \rvert / N = 20.5/5 = 4.1$ for $i = 3, 7$				$\sum 20.5$	$\sum 94.9$
$\text{MSE} = \sum E^2_i / N = 94.9/5 = 19.0$					

Karena metode pemulusan eksponensial hanya memiliki satu faktor pembobotan – konstanta pemulusan (alfa) – Ferdi telah memutuskan untuk mencari nilai optimal untuk . Setelah membiasakan diri dengan Solver Excel, Ferdi telah menyiapkan model Solver pada Gambar 6.8. Dia sekarang dapat menemukan nilai yang meminimalkan kesalahan kuadrat rata-rata (MSE). Model pemrograman non-linier (NLP) diselesaikan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai optimal 0,422 (faktor redaman=0,578). Rumus standar untuk pemulusan eksponensial, yaitu, yt+1 = yt +α(yo yt), digunakan untuk mendapatkan nilai dalam sel D5:D22 dari Gambar 6.8. Untuk tujuan perbandingan, model juga menunjukkan grafik untuk (i) penjualan aktual dan (ii) hasil menggunakan nilai 0,9 (lihat sel E5:E22). Seperti biasa, grafik dibuat menggunakan Chart Wizard dengan rentang sel C3:E22 digunakan sebagai input.

Fungsi PERTUMBUHAN Excel

Pemulusan eksponensial harus digunakan dalam situasi di mana tidak ada tren yang jelas. Jika data menunjukkan tren naik (atau turun) yang dramatis, maka hubungannya mungkin eksponensial, dalam hal ini fungsi GROWTH Excel dapat digunakan. Contoh fungsi GROWTH sekarang diberikan.

CONTOH 6.3 Menggunakan fungsi GROWTH Excel

Popularitas besar dari versi baru produk utama Perusahaan Gizmo telah menyebabkan masalah produksi yang serius. Sejak diluncurkan enam bulan lalu, angka penjualan bulanan (dalam '000s) adalah 200, 360, 558, 925, 1430, dan 2100. Perusahaan ingin merencanakan produksi berjalan untuk memenuhi permintaan masa depan dan telah memutuskan untuk menggunakan fungsi GROWTH Excel untuk membantu menemukan perkiraan penjualan untuk tiga bulan ke depan. Perusahaan akan memverifikasi hasil ini dengan terlebih dahulu memplot grafik sebar dan kemudian memasang garis tren eksponensial melalui titik-titik. Persamaan eksponensial yang dihasilkan akan digunakan untuk mendapatkan kumpulan angka perkiraan kedua.

Gambar 6.9 menunjukkan bahwa fungsi GROWTH menemukan perkiraan penjualan (dalam '000s) dari 3577, 5715, dan 9131 untuk tiga bulan ke depan (lihat sel C10:C12). Persamaan eksponensial memberikan perkiraan yang hampir identik dari 3578, 5716, dan 9133 yang tidak mengejutkan karena GROWTH juga cocok dengan kurva eksponensial untuk data pengguna. Persamaan eksponensial diperoleh sebagai berikut (semua klik mouse dilakukan dengan tombol kiri kecuali dinyatakan lain).

- Tempatkan pointer mouse pada salah satu titik di scattergraph dan kemudian klik tombol kanan mouse untuk mengaktifkan menu shortcut.
- Pilih opsi 'Tambahkan Garis Tren ...' dari menu.
- Klik tab 'Jenis' dan kemudian klik opsi 'Eksponensial'.
- Klik tab ‘Opsi’ dan pilih (i) Tampilkan persamaan pada Bagan (ii) Tampilkan nilai R-kuadrat pada bagan.
- Terakhir, klik tombol OK untuk kembali ke grafik pencar.

Studi Kasus 6.2 - Fred Flint menemukan nilai optimal untuk alfa (α)!

Time Period	Actual Sales	alpha values 0.422	alpha values 0.9
1	233	#N/A	#N/A
2	290	233.00	233.00
3	230	257.06	284.30
4	310	245.64	235.43
5	480	272.80	302.54
6	400	360.25	462.25
7	415	377.02	406.23
8	460	393.05	414.12
9	380	421.31	455.41
10	246	403.87	387.54
11	110	337.24	260.15
12	430	241.34	125.02
13	584	320.96	399.50
14	318	431.97	565.55
15	782	383.87	342.76
16	834	551.90	738.08
17	472	670.96	824.41
18	562	586.99	507.24
$(C_t - D_t)^2 =$		532898	

Ini adalah masalah nonlinier (NLP) karena MSE mewakili fungsi tujuan nonlinier

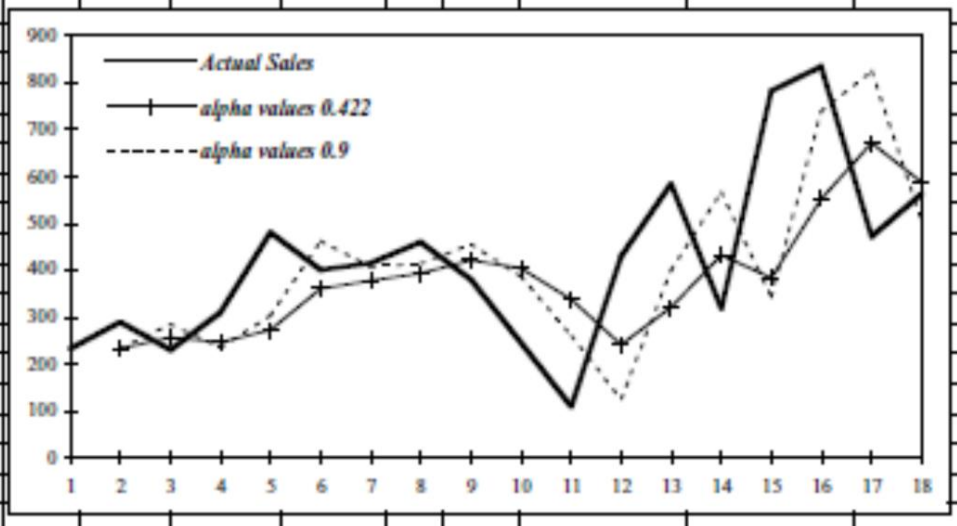
Solver parameters	
Set Target Cell:	D25
Equal to:	Min
By Changing Cells:	J23
Subject to Constraints:	J23 <= 1
	J23 >= 0

Cell	*Formula*	*Copied to*
D6	$C5	E6
D7	J$23*C6 + (1 – J$23)*D6	D8:D22
E7	E$4*E6 + (1 – E$4)*E6	E8:E22
D23	SUMXMY2(C6:C22,D6:D22)	
D25	D23/COUNT(D6:D22)	
J24	1 – J23	

alpha = α = 0.422

Damping factor = 0.578

31346.9 = *Objective: Minimise MSE values*



Gambar 6.8 Menggunakan Solver untuk mencari nilai optimal untuk pemulusan eksponensial.

Contoh 6.3 Prakiraan produksi Gizmo menggunakan fungsi GROWTH

Month	Sales
1	200
2	360
3	558
4	925
5	1430
6	2100
7	3577
8	5715
9	9131

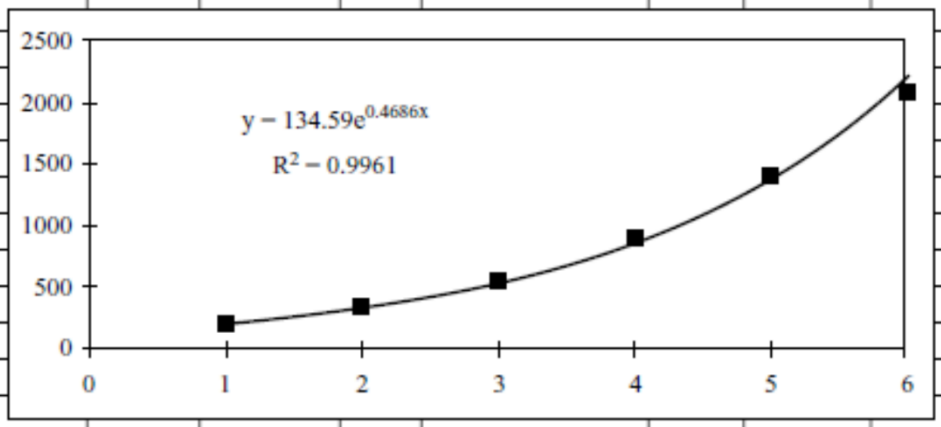
Cell	*Formula*	*Copied to*
C10	GROWTH(C$4:C$9,B$4:B$9,B10)	C11:C12
G10	134.59*EXP(0.4686*B10)	G11:G12

User input cells are shaded

Menggunakan fungsi GROWTH

Menggunakan persamaan eksponensial grafik =

3578	
5716	
9133	



Gambar 6.9 Peramalan penjualan dengan fungsi GROWTH Excel.

CONTOH 6.4 Sebuah model untuk metode pemulusan eksponensial Holt-Winters

Ferdibaru-baru ini menemukan teknik peramalan yang dikenal sebagai metode pemulusan eksponensial Holt-Winters. Menjadi penanggung jawab persediaan di Perusahaan Batuan Dasar, Ferdi sangat tertarik dengan metode ini karena sering digunakan untuk meramalkan persediaan perusahaan. Agar berfungsi dengan baik, model Holt-Winters membutuhkan data minimal tiga tahun yang harus bulanan atau triwulanan. Model ini juga menggunakan tiga konstanta pemulusan, (alfa), (beta) dan (gamma) yang semuanya dapat bervariasi antara 0 dan 1.

Metode Holt-Winters' didasarkan pada empat persamaan yang menghitung, untuk periode waktu, (i) tingkat yang diharapkan dari deret waktu, Lt, (ii) faktor tren, Tt, (iii) komponen musiman, St, dan (iv) fungsi peramalan, Ft. Keempat persamaan tersebut adalah:

$$L_t = \alpha(Y_t/S_{t-p})+(1-\alpha)(L_t-1 +T_{t-1})$$

$$Tt = \beta(L_t- L_{t-1})+(1-\beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \gamma(Y_t/L_t)+(1-\gamma)S_{t-p}$$

$$Ft+n = (L_t + nT_t)S_{t+n-p}$$

di mana:

F_{t+n} = perkiraan untuk periode waktu (t +n)

Y_t = pengamatan (data penjualan) untuk periode waktu t

p= 4 atau 12 (untuk data triwulanan atau bulanan)

n= 1,2,3,....,p

Ferditelah memutuskan untuk menggunakan data triwulanan dari Gambar 6.6 sebagai output untuk model Holt-Winters, yaitu, p =4. Karena jeda waktu dalam persamaan tingkat yang diharapkan (L_t) dan musiman (S_t) di atas, perkiraan awal untuk S_{t-p} akan diperlukan, yaitu, empat atau dua belas nilai St tergantung pada apakah data triwulanan atau bulanan. Karena model Gambar 6.10 menggunakan data triwulanan, persamaan St pertama akan dimulai pada periode waktu 5, yaitu, $S_5 = (Y_5/L_5)+(1-\gamma)S_1$.

Estimasi awal untuk konstanta pemulusan diambil sebagai α=0,3, β=0,4, dan γ=0,5. Namun, Solver Excel akan digunakan nanti untuk menemukan nilai α, β, dan γ yang lebih layak. Ferdi sekarang harus menghitung nilai St musiman awal serta perkiraan tren dan level T_0 dan L_0 (lihat persegi panjang putus-putus pada Gambar 6.10). Rumus berikut digunakan untuk menemukan perkiraan Ferdi:

$S_t = Y_{Wt}$/*Rata-rata (penjualan 200W)*

T_0 = *(Rata-rata (penjualan 200X) – Rata-rata (penjualan 200W))/p*

$L_0 = Y_{Wt}/S_t$

dimana:

Y_{Wt} = data penjualan untuk tahun 200W, dalam periode waktu t(t=1,2,3,...p)

Tabel 6.3 Model Holt-Winters – rumus lembar kerja dan parameter Solver.

Cell	Formula	Copied to
E11	D11/AVERAGE(D$11:D$14)	E12:E14
F14	(AVERAGE(D15:D18) – AVERAGE(D11:D14))/4	
G14	D14/E14	
G15	D$5*D15/E11 + (1−D$5)*(G14 + F14)	G16:G26
E15	D$7*D15/G15 + (1−D$7)*E11	E16:E26
F15	D$6*(G15-G14) + (1−D$6)*F14	F16:F26
H15	(G14 + F14)*E11	H16:H26
H28	SUMXMY2(D15:D26,H15:H26)/COUNT(H15:H26)	

Solver parameters		
Set target cell:	H28	
Equal to:	Min	
By changing cells:	D5:D7	
Subject to constraints:	D5:D7 ≥ 0	= smoothing constants must be ≥ 0
	D5:D7 ≤ 1	= smoothing constants must be ≤ 1

Solver Excel digunakan untuk meminimalkan mean squared error (MSE) – mirip dengan model Gambar 6.8. Solver telah menemukan nilai konstanta pemulusan α= 0,05, β= 1,0, dan γ= 1,0.

Rumus lembar kerja dan parameter Solver untuk model Holt-Winters dari Gambar 6.10 diberikan pada Tabel 6.3.

6.6 MODEL TENAGA PENJUALAN

Tenaga penjualan merupakan investasi besar bagi sebagian besar perusahaan, terutama di industri manufaktur. Dalam banyak kasus, pengeluaran tenaga penjualan adalah yang tertinggi dari semua fungsi pemasaran. Ukuran tenaga penjualan merupakan faktor penyumbang utama pengeluaran besar ini. Banyak perusahaan menghadapi masalah dalam memutuskan berapa banyak staf sementara yang akan dipekerjakan ketika mempromosikan produk baru, atau mencoba memenuhi penjualan musiman meningkat. Model ukuran kekuatan penjualan berikut berfokus pada pentingnya pemrograman bilangan bulat ketika variabel model adalah orang.

CONTOH 6.5 Ukuran tenaga penjualan – model pemrograman non-linear (NLP)

Penyedia Tukang Bob membutuhkan staf penjualan terlatih untuk memasarkan peralatan konstruksinya. Penjualannya cenderung musiman. Bob memperkirakan bahwa jumlah minimum tenaga penjualan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.4, diperlukan untuk delapan bulan pertama tahun depan. Setelah mempekerjakan tenaga penjualan, Bob pertama-tama mengirim mereka ke kursus pelatihan empat bulan. Setelah pelatihan, tenaga penjualan mulai aktif menjual. Setiap bulan, beberapa staf penjualan (kira-kira 10%) menganggap pekerjaan itu terlalu menuntut dan berhenti.

Bob ingin menentukan jumlah peserta pelatihan baru paling sedikit yang harus dipekerjakan selama empat bulan ke depan, sambil tetap mempertahankan persyaratan tenaga penjualan minimum seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.4. Pada awal Januari, tenaga penjualan terdiri dari 50 staf penjualan dan 90 peserta pelatihan (30 peserta pelatihan akan mulai aktif berjualan pada tanggal 1 Maret dan sisanya akan dimulai pada tanggal 1 April). Bangun model pemrograman integer dan kemudian gunakan Excel's Solver untuk menyelesaikan masalah Bob.

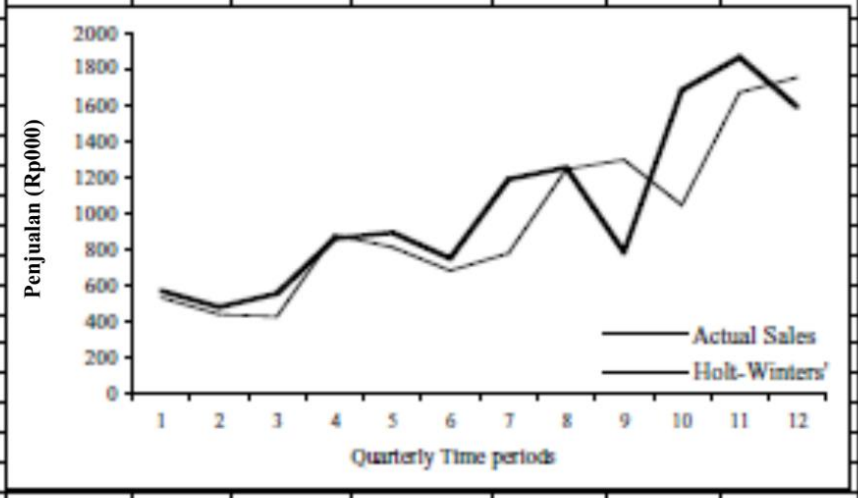
Contoh 6.4 Model untuk metode exponential smoothing Holt-Winters

User input cells are shaded

α =	0.05
β =	1.00
γ =	1.00

Year/ Quarter	Period	Sales Y_t	Seasonality S_t	Trend T_t	Level L_t	Forecast F_{t+n}
200W - Q1	−3	490	1.089	*Nilai dalam persegi panjang putus-putus ini adalah perkiraan awal*		
Q2	−2	370	0.822			
Q3	−1	330	0.733	---	---	---
Q4	0	610	1.356	41.9	450.0	---
200X - Q1	1	571	1.157	43.6	493.6	535.7
Q2	2	482	0.893	46.2	539.8	441.7
Q3	3	557	0.936	55.2	595.0	429.7
Q4	4	861	1.326	54.4	649.5	881.4
200Y - Q1	5	895	1.265	58.1	707.5	814.2
Q2	6	753	0.978	62.1	769.6	683.6
Q3	7	1190	1.392	85.0	854.7	778.6
Q4	8	1255	1.335	85.4	940.0	1245.7
200Z - Q1	9	786	0.783	64.3	1004.4	1297.1
Q2	10	1684	1.527	98.3	1102.7	1045.6
Q3	11	1868	1.546	105.6	1208.3	1672.2
Q4	12	1589	1.215	99.2	1307.5	1754.2

Tujuan: Meminimalkan nilai MSE = 77882.7



Gambar 6.10 Model untuk metode pemulusan eksponensial Holt-Winters.

Tabel 6.4 Pertumbuhan perbulan

Bulan	*Jumlah minimum tenaga penjualan yang dibutuhkan*
Jan	30
Feb	20
Mar	40
Apr	90
May	110
Jun	120
Jul	120
Aug	100

Langkah 1: Turunkan ekspresi matematika untuk setiap bulan

Definisikan kembali masalahnya, dengan mengingat bahwa tidak mungkin ada pecahan orang, yaitu, hanya bilangan bulat yang dapat diterima! Karena fungsi integer Excel INT selalu dibulatkan ke bawah, fungsi matematika ROUNDUP akan digunakan sebagai gantinya. Tentukan jumlah staf yang tersedia untuk setiap bulan sebagai berikut:

Januari	= 50 tenaga penjual	
Februari	= 90% dari (Januari total) tenaga penjualan	
Maret	= 90% dari (Total Februari)	+30 peserta pelatihan selesai
April	= 90% dari (Total Maret)	+60 peserta pelatihan selesai
Mei	= 90% dari (total April)	$+x_1$
Juni	= 90% dari (Total Mei)	$+x_2$ di mana x_1, x_2, x_3, x_4 adalah
Juli	= 90% dari (total Juni)	$+x_3$ jumlah trainee baru yang direkrut
Agustus	= 90% dari (total Juli)	$+x_4$ untuk Mei, Juni, Juli, dan Agustus

Perhitungan di atas terdapat dalam sel D6:D12 dari Gambar 6.11. Model tersebut menemukan bahwa 31 peserta pelatihan baru harus memenuhi persyaratan staf minimum. Untuk mengikuti kursus pelatihan empat bulan, 20 peserta pelatihan baru harus direkrut untuk memulai pelatihan pada tanggal 1 Februari sehingga mereka akan tersedia sebagai staf penjualan aktif pada bulan Juni. Demikian pula, 11 peserta pelatihan baru harus direkrut untuk memulai pelatihan pada 1 Maret untuk menghilangkan defisit Juli.

CONTOH 6.6 Model alokasi tenaga penjualan

The Kleen Up Company telah membagi wilayah Upper State menjadi tiga area penjualan, yaitu A, B dan C. Maya , yang merupakan manajer penjualan untuk wilayah tersebut, telah mengamati bahwa penjualan area bergantung pada jumlah waktu yang dihabiskan oleh tenaga penjualan di setiap area. Dia telah menentukan bahwa angka penjualan area (dalam Rp. '000s) dapat diperkirakan dari tiga persamaan berikut:

$$\text{Area A } S_A = 2\log_e(T_A + 1)$$

$$\text{Area B } S_B = 3\log_e(T_B + 2)$$

$$\text{Area C } S_C = 4\log_e(T_C + 2)$$

di mana SA, SB, dan SC adalah penjualan bulanan (Rp. '000s) yang dicapai di setiap area dan T_A, T_B, dan T_C adalah waktu yang dihabiskan oleh personel penjualan di setiap area, yang dinyatakan dalam hari.

Tenaga penjualan di Upper State terdiri dari tujuh orang yang biasanya menghabiskan waktu hingga empat hari setiap minggu untuk mengunjungi pelanggan. Tenaga penjualan terdiri dari dua karyawan kelas G1 dengan gaji tahunan Rp. 24.000, tiga kelas G2 dengan gaji Rp. 21.000, dan dua kelas G3 seharga Rp. 18.000. Area B dan C selalu memiliki nilai G1 dan anggota staf kelas G2 yang ditugaskan kepada mereka sementara area A selalu memiliki nilai G2. Maya berada di bawah tekanan untuk mengurangi anggaran penjualannya sebesar 10%, sambil mempertahankan penjualan sedekat mungkin ke level saat ini. Dia telah memutuskan untuk mengurangi jumlah waktu yang dihabiskan oleh tenaga penjualan di setiap area sambil meminimalkan tingkat gangguan pada jadwal kerja mereka.

Contoh 6.5 - Model ukuran tenaga penjualan untuk Penyedia Tukang Bob

Month	Mininum staff	Actual staff	Trainees available	User input cells are shaded
January	30	50		
February	20	45	0	
March	40	71	30	
April	90	124	60	
May	110	112	**0**	$=x_1$
June	120	121	**20**	$=x_2$
July	120	120	**11**	$=x_3$
August	100	108	**0**	$=x_4$

Tujuan: Minimalkan no. peserta pelatihan baru = **31**

Solver parameters

Set Target Cell:	F14	
Equal to:	Min	
By Changing Cells:	F9:F12	
Subject to Constraints:	D5:D12 >= C5:C12	– *Persyaratan staf minimum*
	F9:F12 = int(eger)	– *Jawaban harus bilangan bulat*
	F9:F12 >=0	– *Jawaban harus positif*

Cell	Formula	Copied to
D6	ROUNDUP(0.9*D5,0) + F6	D7:D12
F14	SUM(F9:F12)	

Ini adalah model NLP jadi matikan 'Asumsikan Model Linier' di kotak Opsi

Gambar 6.11 Model ukuran tenaga penjualan.

Masalah ini melibatkan kedua (i) kendala pemrograman non-linier (NLP) yang diwakili oleh persamaan logaritmik untuk penjualan, dan (ii) kendala pemrograman bilangan bulat (IP) yang diwakili oleh jumlah hari yang dihabiskan di setiap area, yaitu, T_A , T_B, dan T_C.

Langkah 1: Temukan tingkat penjualan bulanan saat ini

Penjualan saat ini (Rp. '000s) ditemukan dengan menyatakan kembali masalah sebagai latihan NLP.

> *Misalkan T_A,T_B,T_C =no optimal. hari yang dihabiskan oleh tenaga penjualan di setiap area*

Tujuan Maya adalah untuk memaksimalkan Z di mana Z = S_A +S_B +S_C tunduk pada tiga kendala berikut:

T_A +T_B +T_C ≤ 112 (112 hari per bulan=7 orang×4 hari×4 minggu)

T_A, T_B, T_C = int(eger) (jumlah hari harus bilangan bulat, yaitu bilangan bulat)

T_A, T_B, T_C ≥ 0 (jumlah hari harus positif)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	*Contoh 6.6 - Model alokasi tenaga penjualan dengan batasan NLP - Langkah 1*								
2									
3			***Area***	***Area sales***		Optimum			
4						no. of days			
5			A	6.52		**25**	$=T_A$		
6			B	10.99		**37**	$=T_B$		
7			C	15.80		**50**	$=T_C$		
8						**112**			
9									
10	*Tujuan: Memaksimalkan penjualan regional (Rp. '000) =*					***33.31***			
11									
12									
13	***Solver parameters***								
14	***Set Target Cell:***	F10							
15	***Equal to:***	Max							
16	***By Changing Cells:***	F5:F7							
17	***Subject to Constraints:***	F5:F7 = int(eger)	*= Jawaban harus bilangan bulat*						
18		F5:F7 >= 0	*= Jawaban harus positif*						
19		F8 <= 112	*= Jumlah no. hari kerja <= 112*						
20									
21	***Cell***	***Formula***	***Copied to***						
22	D5	2*LN(F5 + 1)							
23	D6	3*LN(F6 + 2)							
24	D7	4*LN(F7 + 2)							
25	F8	SUM(F5:F7)							
26	F10	SUM(D5:D7)							
27									
28	*Note: This is a non-linear (NLP) model so switch off the 'Assume Linear Model' parameter*								

Gambar 6.12 Model alokasi tenaga penjualan – Langkah 1.

Menggunakan Excel's Solver, model pemrograman non-linier (NLP) pada Gambar 6.11 menemukan angka penjualan optimal sebesar Rp. 33.310 untuk wilayah Upper State dengan tenaga penjualan menghabiskan 25, 37 dan 50 hari di area A, B dan C masing-masing.

Langkah 2: Perkenalkan batasan biaya staf untuk setiap area

Anggaran penjualan Upper State terikat sepenuhnya dalam gaji tenaga penjualan. Tagihan gaji bulanan dapat dinyatakan dalam Rp. s per bulan sebagai berikut:

Oleh karena itu, Maya harus mencapai penghematan 10% dari Rp. 12.250, yaitu, dia harus mengurangi angka total gaji bulanan menjadi Rp. 11.025. Mengingat bahwa staf penjualan bekerja 48 minggu dalam setahun, tarif harian untuk setiap kelas adalah

Kelas G1=Rp. 24,000/(48×4)=Rp. 125.00 per hari

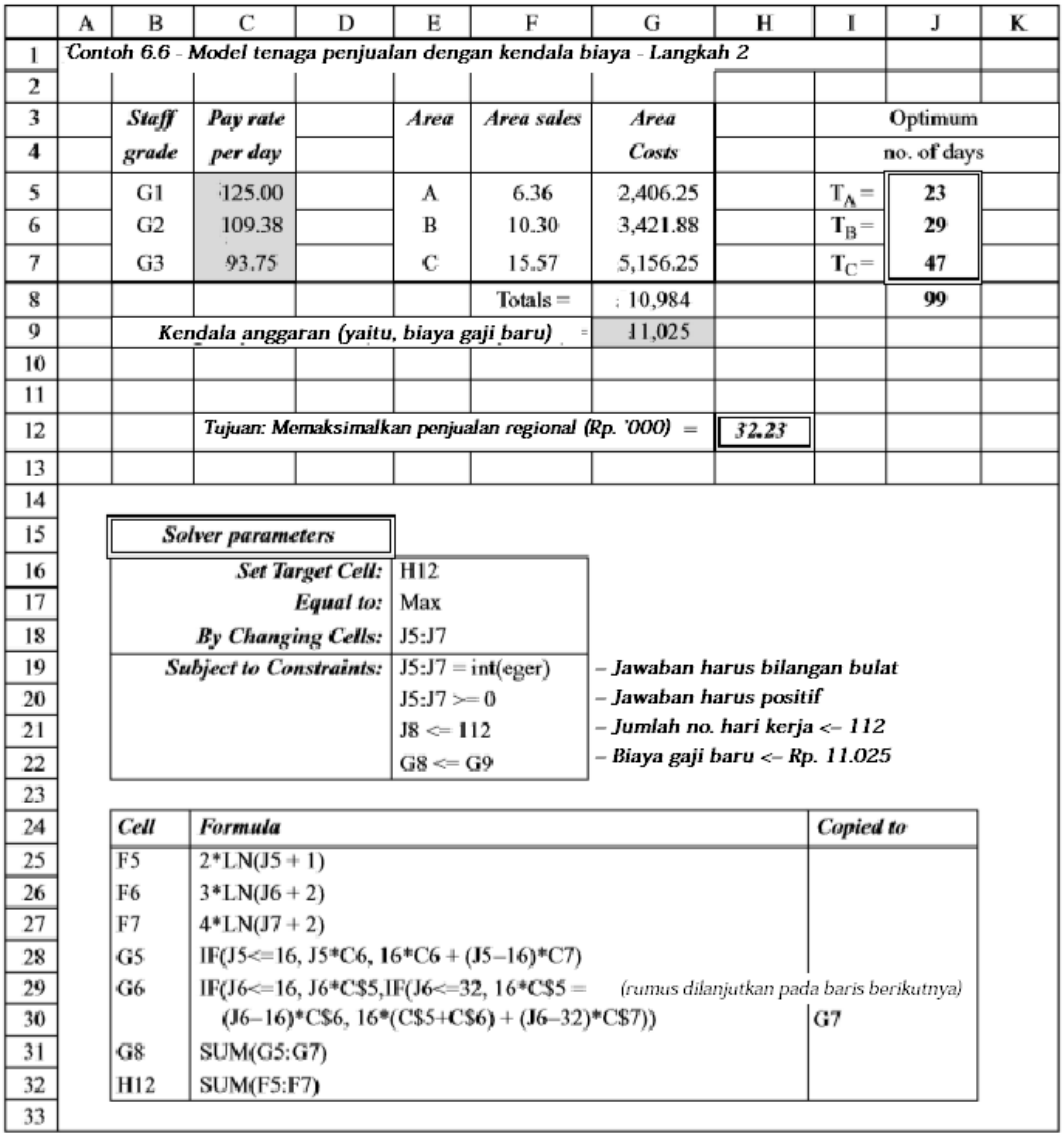
Kelas G2=Rp. 21.000/(48×4)=Rp. 109,38 per hari

Kelas G3=Rp. 18,000/(48×4)=Rp. 93,75 per hari

Alokasi tenaga tenaga penjualan ditunjukkan pada tabel berikut:

Area	**← Staff grade →**		
	G1	G2	G3
A	–	1	(?)
B	1	1	(?)
C	1	1	(?)

Alokasi dua karyawan kelas G3 tergantung di mana mereka paling dibutuhkan.



Contoh 6.6 - Model tenaga penjualan dengan kendala biaya - Langkah 2

Staff grade	Pay rate per day	Area	Area sales	Area Costs	Optimum no. of days
G1	125.00	A	6.36	2,406.25	T_A = 23
G2	109.38	B	10.30	3,421.88	T_B = 29
G3	93.75	C	15.57	5,156.25	T_C = 47
			Totals =	10,984	99
Kendala anggaran (yaitu, biaya gaji baru) =				11,025	
Tujuan: Memaksimalkan penjualan regional (Rp. '000) =				32.23	

Solver parameters

Set Target Cell:	H12	
Equal to:	Max	
By Changing Cells:	J5:J7	
Subject to Constraints:	J5:J7 = int(eger)	– Jawaban harus bilangan bulat
	J5:J7 >= 0	– Jawaban harus positif
	J8 <= 112	– Jumlah no. hari kerja <– 112
	G8 <= G9	– Biaya gaji baru <– Rp. 11.025

Cell	Formula	Copied to
F5	2*LN(J5 + 1)	
F6	3*LN(J6 + 2)	
F7	4*LN(J7 + 2)	
G5	IF(J5<=16, J5*C6, 16*C6 + (J5–16)*C7)	
G6	IF(J6<=16, J6*C$5,IF(J6<=32, 16*C$5 + (J6–16)*C$6, 16*(C$5+C$6) + (J6–32)*C$7)) (rumus dilanjutkan pada baris berikutnya)	G7
G8	SUM(G5:G7)	
H12	SUM(F5:F7)	

Gambar 6.13 Mengalokasikan biaya staf dalam model tenaga penjualan – Langkah 2.

Jumlah hari yang dihabiskan oleh staf di setiap area, yaitu, TA, TB, TC, sekarang harus dinyatakan dalam istilah keuangan. Jika nilai TA, TB, TC saat ini diambil sebagai contoh, maka biaya area dihitung sebagai berikut:

Area	T_i		G1		G2		G3		Total
A	25	=			16 1750	+	9 843.75	=	2593.75
B	37	=	16 2000	+	16 1750	+	5 468.75	=	4218.75
C	50	=	16 2000	+	16 1750	+	18 1687.50	=	5437.50

Rumus 'biaya area' dari Langkah 2 terkandung dalam sel G5:G7 dari model tenaga penjualan yang dimodifikasi (Gambar 6.13). Jawaban yang direvisi yang ditunjukkan dalam model tenaga

penjualan baru ini menunjukkan bahwa penjualan bulanan sebesar Rp. 32.230 dapat dicapai hanya dengan menggunakan 99 hari tenaga kerja, dibandingkan dengan angka awal sebesar Rp. 33.310 yang membutuhkan 112 hari. Biaya gaji bulanan telah dikurangi dari Rp. 12.250 menjadi Rp. 10.984 – penghematan sebesar Rp. 1.266 per bulan. Pendapatan penjualan yang hilang sebesar Rp. 1.080 per bulan dikompensasikan dengan pengurangan gaji ini. Namun, manfaat utamanya adalah tersedianya 13 hari bebas yang memungkinkan tenaga penjualan dialokasikan ke area lain, dengan potensi mencapai angka penjualan yang lebih tinggi.

6.7 PEMROGRAMAN TUJUAN

Pemrograman linier (LP) hanya dapat menangani satu tujuan atau sasaran, seperti yang didefinisikan oleh fungsi tujuan Z. Namun, banyak masalah bisnis melibatkan beberapa tujuan yang biasanya bertentangan satu sama lain, misalnya, memaksimalkan keuntungan sambil meminimalkan biaya. Keterbatasan ini diatasi dengan menggunakan goal programming (GP) – kadang disebut multiple objective linear programming (MOLP) – yang dapat menyelesaikan masalah multiple-goal. Pemrograman tujuan mengharuskan tujuan diurutkan berdasarkan prioritas. Kendala GP sangat mirip dengan kendala LP dengan satu pengecualian utama – kendala tujuan GP fleksibel, sedangkan kendala sumber daya LP adalah tetap. Target batasan tujuan harus fleksibel karena mereka bersaing satu sama lain, dengan tujuan yang paling penting dicapai dengan mengorbankan tujuan yang kurang penting.

Nilai target, ti, mewakili ide kanan persamaan kendala tujuan, adalah target yang diperkirakan atau diharapkan yang ditetapkan oleh pembuat keputusan. Batasan tujuan harus ada untuk setiap tujuan dalam masalah GP. Demikian juga, jika masalah mengandung kendala sumber daya LP, maka harus ada persamaan sumber daya yang sesuai. Batasan tujuan memungkinkan pembuat keputusan untuk menentukan seberapa dekat solusi yang diberikan untuk mencapai tujuan itu. GP memperkenalkan konsep penyimpangan, di, dari target yang diperlukan ti.

Penyimpangan bisa positif, d+i, (yaitu, tujuan terlampaui) atau d−i negatif, (tujuan kurang tercapai). Pemrograman tujuan kemudian mencoba meminimalkan penyimpangan dari target. Karena penyimpangan target biasanya mengukur hal-hal yang sama sekali berbeda (misalnya, target laba sebesar Rp. 10.000 tidak sebanding dengan target produk 50 unit), modifikasi harus dilakukan. Deviasi proporsional,di/ti,diperkenalkan di mana dengan deviasi dibagi dengan nilai targetnya, ti, (ti > 0). Deviasi proporsional dengan demikian menetapkan proporsionalitas yang benar untuk setiap nilai deviasi. Perhatikan contoh berikut.

CONTOH 6.7 Periklanan–model pemilihan media menggunakan pemrograman tujuan

Perusahaan Gizmo memperkenalkan produk baru dan berencana untuk memasang kampanye iklan baik di televisi maupun di majalah. Namun, kedua media tersebut tidak sama efektifnya dalam menjangkau pembeli potensial (berpenghasilan tinggi). Perusahaan berencana untuk menghabiskan maksimal Rp. 200.000 untuk mempromosikan produk baru. Tabel 6.5 memberikan biaya iklan dan audiens potensial (dalam ribuan) untuk setiap Rp. 1000

yang dihabiskan di setiap media iklan. Perusahaan Gizmo telah memprioritaskan tiga tujuannya sebagai berikut:

- Jangkau audiens minimal 3 juta.
- Habiskan sekitar 40% dari anggaran iklan untuk majalah.
- Jangkau audiens berpenghasilan tinggi sekitar 500.000.

Langkah 1: Periksa apakah semua tujuan dapat dipenuhi secara bersamaan

Langkah 1 dicapai dengan menyatakan kembali masalah sebagai latihan program linier (LP). Misal x_1,x_2 = jumlah total yang dibelanjakan (dalam Rp. '000s) di TV, majalah masing-masing Karena Perusahaan Gizmo ingin mencapai tiga tujuan atau sasaran, situasinya berbeda dari masalah LP normal yang hanya memiliki satu tujuan yang harus dipenuhi. Namun, masuk akal untuk fokus pada tujuan dengan prioritas tertinggi dan mencoba untuk memenuhinya terlebih dahulu. Tujuannya kemudian adalah untuk memaksimalkan total audiens, yaitu untuk memaksimalkan fungsi tujuan, Z, di mana Z = 20x1+ 7x2 tunduk pada tiga kendala berikut:

$x_2 \geq 0{,}4*200$ (Tujuan 2: kendala pengeluaran majalah)

$2\ x_1 + 3x_2 \geq 500.000$ (Sasaran 3: batasan pemirsa berpenghasilan tinggi)

$x_1 + x_2 \leq 200$ (Total batasan anggaran iklan)

Tabel 6.5 Pemirsa potensial ('000) per Rp. 1000 pengeluaran.

	TV	Magazines
Total audience	20	7
High-income audience	2	3

Terapkan Solver Excel ke model Gambar 6.14, aktifkan parameter 'Asumsikan Model Linier' di kotak dialog Opsi Pemecah. Sebuah pesan kemudian akan ditampilkan di layar yang menyatakan bahwa 'Solver tidak dapat menemukan solusi yang layak'. Pesan ini muncul karena hanya tujuan kedua yang benar-benar tercapai. Ketika hasil 'pencapaian tujuan' diperiksa dalam model (sel D15:E17), dapat dilihat bahwa tujuan 1 dan 3 belum tercapai. Jika kendala dapat diabaikan maka harus jelas bahwa (i) menginvestasikan semua dana iklan di TV akan menghasilkan total pemirsa 4 juta, sementara (ii) total investasi di majalah akan menghasilkan angka pemirsa berpenghasilan tinggi sebesar 600.000.

Langkah 2: Perkenalkan pemrograman tujuan (GP) dengan tujuan yang diprioritaskan

Kembali ke prioritas Perusahaan Gizmo, penyimpangan sekarang ditetapkan seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

1. Jangkau pemirsa minimal 3 juta (dengan deviasi=$d_{-1,d+1}$)
2. Menghabiskan sekitar 40% anggaran iklan untuk majalah (dengan deviasi=d_{-2}, d_{+2})

3. Jangkau pemirsa berpenghasilan tinggi sekitar 500.000 (dengan penyimpangan = d_{-3},d_{+3})

Rumuskan masalah sebagai masalah GP sebagai berikut:

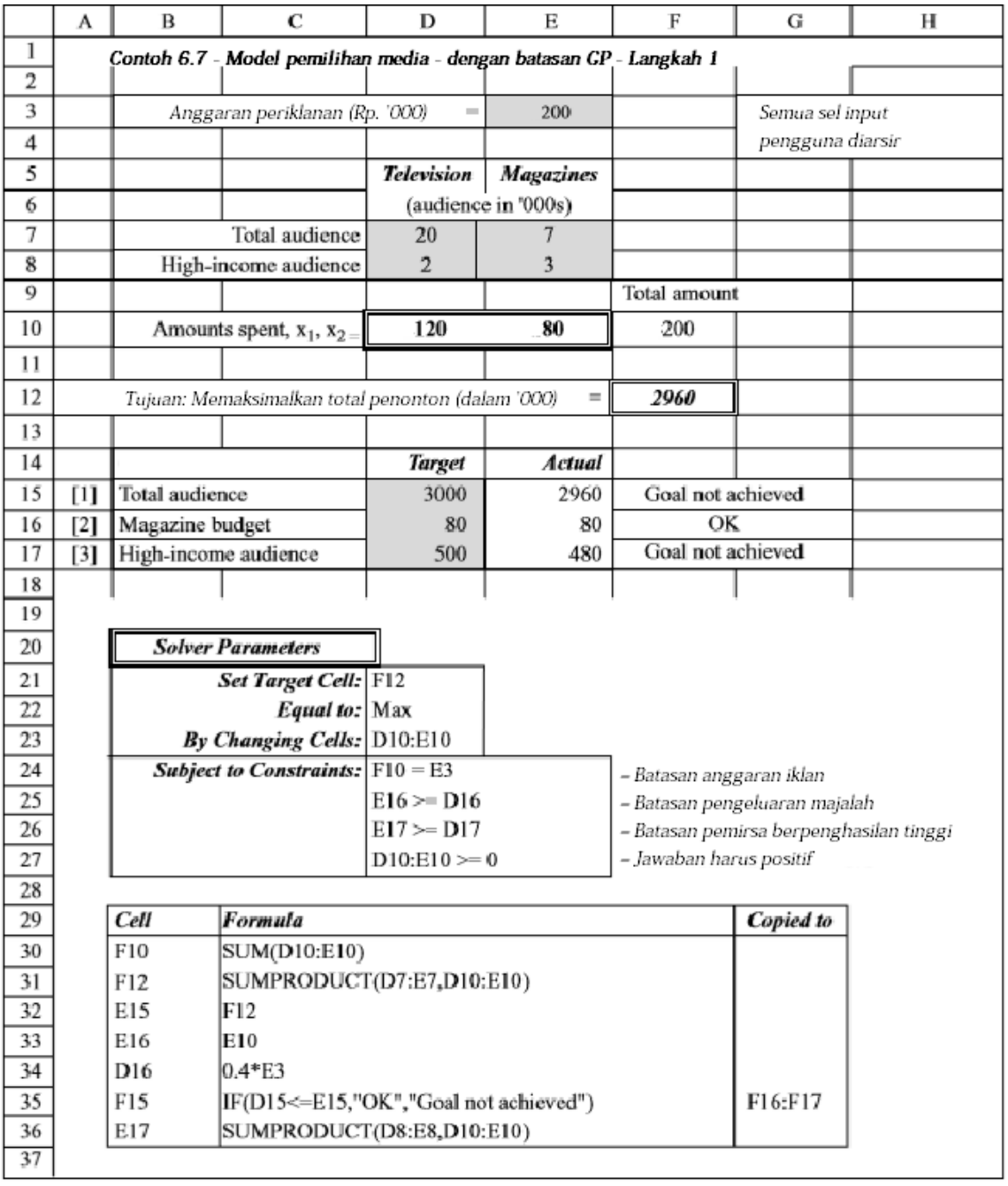
Biarkan x_1,x_2,=jumlah optimal (Rp. ’000s) yang dihabiskan untuk TV dan majalah masing-masing.

Tujuan GP adalah untuk meminimalkan jumlah deviasi proporsional, yaitu, meminimalkan fungsi tujuan, Z, di mana

$$Z = \sum_{i=1}^{3} (d_{-i} + d_{+1})/t_i$$

tunduk pada enam batasan berikut:

1. $20x_1 + 7x_2 + d_{-1} - d_{+1} \geq 3000$ (Kendala Sasaran 1 dengan t_1 =3000)
2. $x_2 + d_{-2} - d_{+2} \geq 0{,}4*200$ (Kendala Sasaran 2 dengan t_2 =0,4∗200=80)
3. $2x_1 + 3x_2 + d_{-3} \geq$ d+3 500 (Kendala Sasaran 3 dengan t_3 =500)
4. $x_1 + x_2 = 200$ (Kendala anggaran iklan (sumber daya LP))
5. Semua variabel 0 (yaitu, semua xi, di harus positif) 6. d−1 =0.0 (Pastikan bahwa tujuan 1 tidak tercapai.)



Contoh 6.7 - Model pemilihan media - dengan batasan GP - Langkah 1

Anggaran periklanan (Rp. '000) =	200		Semua sel input pengguna diarsir

	Television	Magazines
	(audience in '000s)	
Total audience	20	7
High-income audience	2	3
Amounts spent, x_1, x_2 =	120	80

Total amount: 200

Tujuan: Memaksimalkan total penonton (dalam '000) = **2960**

		Target	Actual	
[1]	Total audience	3000	2960	Goal not achieved
[2]	Magazine budget	80	80	OK
[3]	High-income audience	500	480	Goal not achieved

Solver Parameters

Set Target Cell:	F12	
Equal to:	Max	
By Changing Cells:	D10:E10	
Subject to Constraints:	F10 = E3	– Batasan anggaran iklan
	E16 >= D16	– Batasan pengeluaran majalah
	E17 >= D17	– Batasan pemirsa berpenghasilan tinggi
	D10:E10 >= 0	– Jawaban harus positif

Cell	*Formula*	*Copied to*
F10	SUM(D10:E10)	
F12	SUMPRODUCT(D7:E7,D10:E10)	
E15	F12	
E16	E10	
D16	0.4*E3	
F15	IF(D15<=E15,"OK","Goal not achieved")	F16:F17
E17	SUMPRODUCT(D8:E8,D10:E10)	

Gambar 6.14 Model pemilihan media – Langkah 1.

Masalah GP di atas telah diubah menjadi model spreadsheet Gambar 6.15. Sementara sepuluh baris pertama dari model GP sama seperti pada Gambar 6.14, penambahan berikut diperlukan untuk membuat Gambar 6.15.

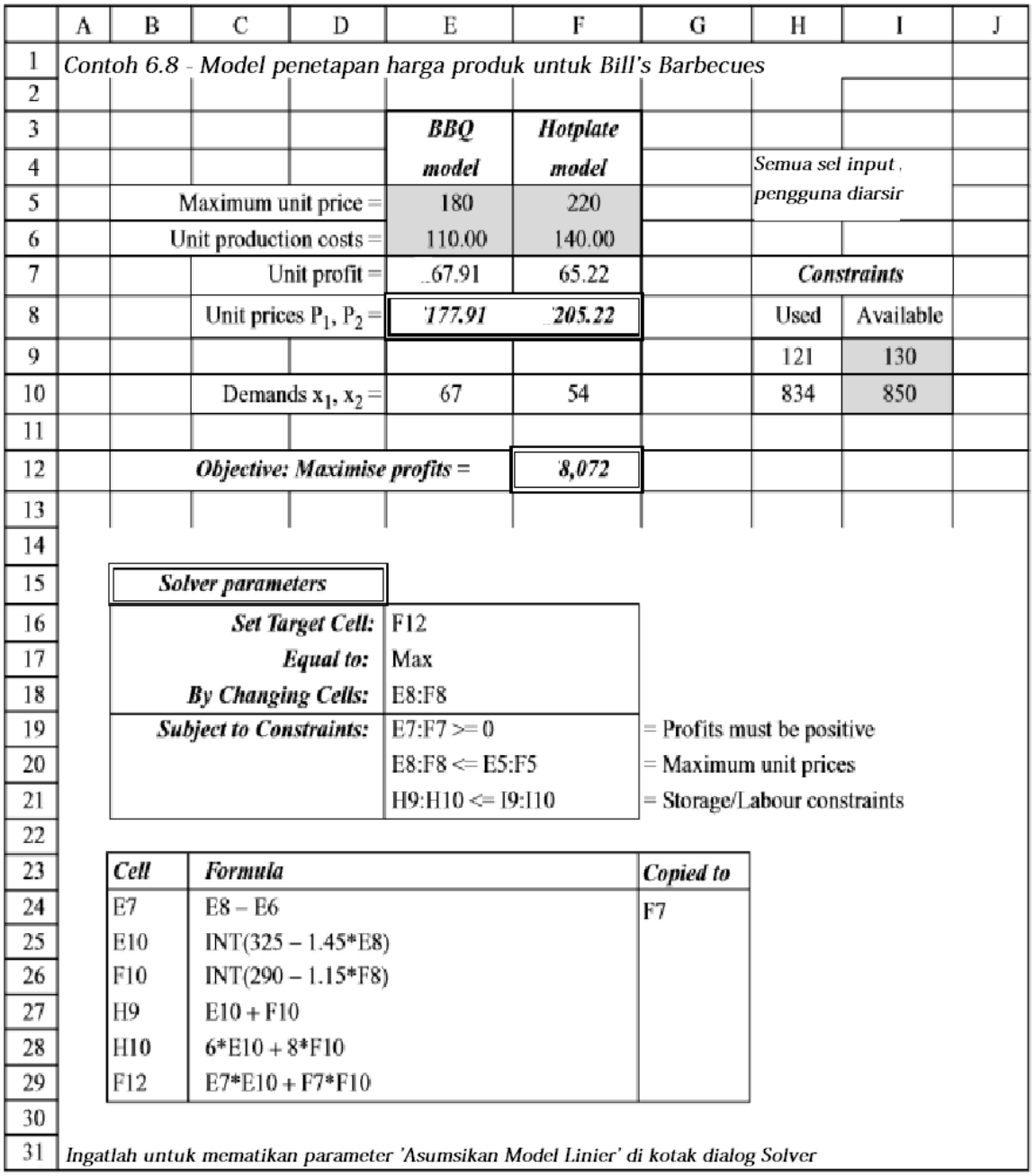
- Sebuah blok baru yang mewakili penyimpangan tujuan (d−i, d+i) ditambahkan, menunjukkan jumlah dimana setiap tujuan kurang tercapai (sel D15:D17) atau terlampaui (sel E15:E17). Sel-sel ini ditetapkan sebagai sel perubahan ekstra yang

nilainya akan dihitung oleh Solver Excel. Mereka ditambahkan ke sel perubahan awal D10:E10, yang akan berisi nilai optimal untuk x1 dan x2.

- Blok '(d−i, d+i) deviasi' digunakan untuk mendapatkan deviasi proporsional, dengan membagi setiap set deviasi tujuan (d−i, d+i) dengan nilai target yang sesuai, ti. Misalnya, penyimpangan Sasaran 1 (pemirsa total) di sel D15 dan E15 dibagi dengan nilai target sasaran 3000 yang terdapat di sel G15. Prosedur yang sama berlaku untuk dua tujuan lainnya. Blok 'penyimpangan proporsional' baru ini ditampilkan sebagai persentase dalam sel B20:E23.
- Untuk memastikan bahwa tujuan dengan prioritas tertinggi (yaitu, menjangkau audiens minimal 3 juta) tercapai, batasan tambahan ditambahkan. Batasan ekstra ini menetapkan deviasi yang kurang tercapai, d−1, ke nol, yaitu, nilai target yang dihitung tidak boleh kurang dari 3 juta.
- Tujuan model GP adalah meminimalkan jumlah deviasi proporsional, yaitu meminimalkan jumlah semua nilai dalam sel D21:E23.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		*Contoh 6.7 - Model pemilihan media - dengan batasan GP - Langkah 2*							
2									
3			*Anggaran Periklanan (Rp. '000)* =		£200		*Semua sel input*		
4							*pengguna diarsir*		
5				***Television***	***Magazines***				
6				(audience in '000s)					
7			Total audience	20	7				
8			High-income audience	2	3				
9						Total amount			
10			Amounts spent, x_1, x_2 –	123.1	76.9	200			
11									
12									
13		***Goal achievements***		***Under***	***Over***				
14		***Deviations, d_i***		d_{-i}	d_{+i}		Target	Actual	
15	1	Total audience		***0.0***	***0.0***		3000	3000	
16	2	Magazine budget		***3.08***	***£0.0***		£80	80	
17	3	High-income audience		***23.08***	***0.0***		500	500	
18									
19									
20		***Proportional deviations***		d_{-i}/t_i	d_{+i}/t_i				
21	1	Total audience		0.00%	0.00%				
22	2	Magazine budget		3.85%	0.00%				
23	3	High-income audience		4.62%	0.00%				
24									
25		*Tujuan: Meminimalkan jumlah deviasi proporsional –*						***8.46%***	
26									
27		***Solver parameters***							
28		***Set Target Cell:***		H25					
29		***Equal to:***		Min					
30		***By Changing Cells:***		D10:E10,D15:E17					
31		***Subject to Constraints:***		H15 >= G15		– *Sasaran 1 : Jumlah pemirsa minimal 3 juta.*			
32				H16 >= G16		– *Sasaran 2: Pengeluaran majalah*			
33				H17 >= G17		– *Sasaran 2: pemirsa berpenghasilan tinggi*			
34				F10 = E3		– *Batasan LP anggaran iklan*			
35				D10:E10,D15:E17 >=0		– *Jawaban harus positif*			
36				D10 = 0.0		– *Tujuan 1 tidak boleh diremehkan*			
37									
38		***Cell***	***Formula***				***Copied to***		
39		F10	SUM(D10:E10)						
40		H15	SUMPRODUCT(D7:E7,D10:E10) + D15 – E15						
41		H16	E10 + D16 – E16						
42		H17	SUMPRODUCT(D8:E8,D10:E10) + D17 – E17						
43		D21	D15/$G15				(D21:E23)		
44		H25	SUM(D21:E23)						
45									

Gambar 6.15 Model pemilihan media – Langkah 2.



Contoh 6.8 - Model penetapan harga produk untuk Bill's Barbecues

	BBQ model	Hotplate model
Maximum unit price =	180	220
Unit production costs =	110.00	140.00
Unit profit =	67.91	65.22
Unit prices P_1, P_2 =	177.91	205.22
Demands x_1, x_2 =	67	54
Objective: Maximise profits =		8,072

Semua sel input pengguna diarsir

Constraints		
	Used	Available
	121	130
	834	850

Solver parameters		
Set Target Cell:	F12	
Equal to:	Max	
By Changing Cells:	E8:F8	
Subject to Constraints:	E7:F7 >= 0	= Profits must be positive
	E8:F8 <= E5:F5	= Maximum unit prices
	H9:H10 <= I9:I10	= Storage/Labour constraints

Cell	*Formula*	*Copied to*
E7	E8 – E6	F7
E10	INT(325 – 1.45*E8)	
F10	INT(290 – 1.15*F8)	
H9	E10 + F10	
H10	6*E10 + 8*F10	
F12	E7*E10 + F7*F10	

Ingatlah untuk mematikan parameter 'Asumsikan Model Linier' di kotak dialog Solver

Gambar 6.16 Model penetapan harga produk dengan variabel NLP.

Karena model GP pada Gambar 6.15 adalah linier, pengguna harus mengaktifkan parameter 'Asumsikan Model Linier' di kotak dialog Opsi Pemecah. Jawabannya menunjukkan bahwa Rp. 123.100 harus dibelanjakan untuk televisi dan Rp. 76.900 untuk majalah untuk memenuhi tujuan 1. Tujuan kedua dan ketiga Gizmo Company kurang tercapai masing-masing sebesar 3,85% (sel D22) dan 4,62% (sel D23). yaitu, Rp. 3,080dan23,080. Kedua short fall ini relatif kecil dan harus diterima oleh perusahaan. Namun, Perusahaan dapat memilih untuk

menambahkan batasan lain – seperti pada batasan keenam di atas – untuk melihat apakah tujuan lain dapat dicapai.

CONTOH 6.8 Model penetapan harga produk

Beberapa keputusan pemasaran memiliki konsekuensi yang lebih kritis daripada yang terkait dengan penetapan harga produk. Menetapkan dan menyesuaikan harga di pasar yang kompetitif adalah situasi semi-terstruktur klasik yang melibatkan pemodelan kuantitatif dan keterampilan intuitif. Perhatikan contoh berikut.

Bill Brown adalah pemilik Bill's Barbecues, yang memproduksi barbekyu. Bill baru-baru ini memperkenalkan model barbekyu baru – dipasarkan sebagai Hotplate – untuk melengkapi model BBQnya yang populer. Biaya produksi per unit ditunjukkan pada Tabel 6.6. Bill awalnya mempekerjakan sebuah perusahaan konsultan riset pemasaran untuk menguji kekuatan permintaan konsumen akan produk barunya. Setelah memeriksa catatan penjualan dan biaya produksi Bill di masa lalu, para konsultan telah merekomendasikan harga unit maksimum masing-masing Rp. 180 dan Rp. 220 untuk model BBQ dan HotPlate . Mereka juga memberi Bill dua persamaan harga-permintaan berikut:

Model BBQ PermintaanBBQ = 325−1.45P1 dimana P_1 = harga model BBQ

Model Hotplate PermintaanHP = 290−1.15P2 P_2 =Harga Model Hotplate

Staf Bill dibayar dengan tarif Rp. 5 per jam dan dia memiliki total 850 jam kerja yang tersedia. Ruang penyimpanannya yang terbatas membatasi dia untuk maksimum 130 unit barbekyu setiap saat. Bill ingin tahu berapa banyak dari setiap jenis yang harus dia produksi setiap bulan dan berapa harga yang harus dia tetapkan untuk setiap produk untuk memaksimalkan keuntungannya. Pertama-tama, nyatakan kembali masalah sebagai latihan pemrograman nonlinier (NLP).

Biarkan x_1,x_2 = permintaan optimal untuk BBQ, barbekyu HotPlate masing-masing

Tujuan BillBrown adalah untuk memaksimalkan keuntungan Z di mana keuntungan unit ditemukan dengan mengurangkan biaya produksi unit sebesar Rp. 110 (untuk BBQ) dan Rp. 140 (untuk HotPlate) dari harga satuan P1 dan P2, yaitu,

$$\text{Maksimalkan } Z = (P_1 - 110)x_1 + (P_2 - 140)x_2$$

Tabel 6.6 Biaya produksi satuan.

	Bahan	*Tenaga Kerja*	*Overhead*
BBQ model	60	30	20
HotPlate model	75	40	25

tunduk pada lima batasan berikut:

1. $6x_1 + 8x_2 \leq 850$ (Kendala sumber daya tenaga kerja)
2. $x_1 + x_2 \leq 130$ (Kendala ruang penyimpanan)
3. $P_1, P_2 \leq 180, 220$ (Harga satuan maksimum)
4. $P_1 - 110 \geq 0$ (Laba pada model BBQ harus sebesar positif)

5. P_2 - 140 ≥0 (Laba pada model HotPlate harus positif)

Model penetapan harga pada Gambar 6.16 menemukan bahwa Bill harus menjual 67 unit BBQ dengan harga Rp. 177,91 masing-masing dan 54 unit HotPlate seharga Rp. 205,22 masing-masing untuk mendapatkan keuntungan bulanan maksimum dari Rp. 8.072.

Tabel 6.7 Parameter Penjualan tiap kenaikan harga

Selling price	Probability	Variable cost	Probability	Sales	Probability
22	0.3	18	0.4	40,000	0.25
24	0.4	20	0.4	45,000	0.50
27	0.3	22	0.2	50,000	0.25

CONTOH 6.9 Simulasi kondisi pemasaran untuk produk baru

STEKOM Big Corporation telah memutuskan untuk melakukan investasi modal besar dalam pengenalan produk baru, ProtoC. Biasanya ada sejumlah besar ketidakpastian yang terkait dengan pengembangan dan pemasaran produk baru, misalnya, ukuran potensi penjualan, harga jual produk yang ideal, dan biaya produksi. Faktor-faktor yang tidak pasti ini paling baik diwakili oleh distribusi probabilitas yang sesuai, dan profitabilitas proyek kemudian dapat diselidiki menggunakan simulasi. Pendekatan seperti itu umumnya disebut sebagai 'analisis risiko'.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		*Contoh 6.9 - Simulasi kondisi pemasaran untuk produk baru*									
2											
3		*Tabel 1: Harga jual produk*					*Tabel 2: Biaya variabel*				
4		<-- Limits -->					<-- Limits -->				
5		Lower	Upper	Price	P_i		Lower	Upper	Costs	P_i	
6		0	0.30	22.00	0.30		0	0.40	18.00	0.40	
7		0.30	0.70	24.00	0.40		0.40	0.80	20.00	0.40	
8		0.70	1.00	27.00	0.30		0.80	1.00	22.00	0.20	
9					1.00					1.00	
10											
11		***Table 3: Product sales***					*User input cells are shaded*				
12		Lower	Upper	Sales	P_i						
13		0	0.25	40,000	0.25			Capital			
14		0.25	0.75	45,000	0.50			Investment =	120,000		
15		0.75	1.00	50,000	0.25						
16					1.00						
17											
18			**Trial**	**Price**	**Cost**	**Volume**		**Profit (£'000s)**			
19			1	27	20	40,000		160			
20			2	27	18	45,000		285			
21			3	22	18	50,000		80			
22			4	24	22	45,000		– 30			
23			5	22	20	45,000		– 30			
24			6	22	20	50,000		– 20			
25			7	24	22	45,000		– 30			
26			8	22	20	45,000		– 30			
27			9	24	18	50,000		180			
28			10	22	18	45,000		60			
29			11	27	22	40,000		80			
30			12	27	18	40,000		240			
31			13	22	22	40,000		– 120			
32			14	27	18	45,000		285			
33			15	24	22	45,000		– 30			
34			16	27	22	40,000		80			
35			17	22	22	45,000		– 120			
36			18	24	18	50,000		180			
37			19	27	18	50,000		330			
38			20	22	18	45,000		60			
39				**Keuntungan rata-rata (Rp. '000) –**				***80.5***			
40											

Gambar 6.17 Simulasi kondisi pasar untuk produk baru.

Maria Lopez telah diminta oleh perusahaannya untuk melakukan analisis risiko pada pemasaran produk baru ProtoC. Investasi modal yang dibutuhkan untuk memasarkan produk adalah Rp. 120.000. Ada tiga faktor analisis risiko utama yang terkait dengan produk baru, yaitu harga jual, biaya variabel, dan volume penjualan tahunan. Probabilitas untuk setiap faktor diberikan pada Tabel 6.7. Maria telah memutuskan untuk mensimulasikan kondisi pemasaran menggunakan metode Monte Carlo. Untuk tujuan demonstrasi, model Gambar 6.17 hanya berisi 20 simulasi percobaan. Pada kenyataannya, ratusan percobaan akan dilakukan – tekan tombol kalkulasi ulang F9 untuk menghasilkan nilai percobaan baru. Keuntungan untuk produk ProtoC ditemukan dari persamaan

$$\text{Laba}=(\text{Harga} - \text{Biaya}) \times \text{Volume} - \text{Investasi modal}$$

Tabel 6.8 Simulasi produk baru – formula lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
C6	E6	
B7	C6	B8
C7	C6 + E7	C8
H6	J6	
G7	H6	G8
H7	H6 + J7	H8
C13	E13	
B14	C13	B15
C14	C13 + E14	C15
D19	VLOOKUP(RAND(),B$6:D$8, 3)	D20:D38
E19	VLOOKUP(RAND(),G$6:I$8, 3)	E20:E38
F19	VLOOKUP(RAND(),B$13:D$16, 3)	D20:D38
H19	0.001*((D19 – E19)*F19 – I$14)	H20:H38
H39	SUM(H19:H38)/COUNT(H19:H38)	

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Product name	No. in stock	Product price		Year	Cash flow	
3								
4		Gizmo	10	10.00		1	1	
5		Gadget	25	12.50		2	4	
6		Widget	8	20.00		3	4	
7		Sprocket	40	4.50		4	16	
8						5		
9	Contoh Gambar							

Gambar 6.18 Contoh gambar.

6.8 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Enam fungsi Excel berikut muncul untuk pertama kalinya dalam bab ini dan dijelaskan di bawah ini. Pengguna harus ingat bahwa fasilitas bantuan online yang komprehensif juga disediakan oleh Excel.

1. ***CORREL: CORREL(array1, array2)*** mengembalikan koefisien korelasi antara dua set data array1 dan array2.
   array1=rentang sel yang akan dibandingkan dengan rentang sel kedua array2.
   Contoh: CORREL(F4:F7, G4:G7) pada Gambar 6.18 mengembalikan 0,973. Perhatikan bahwa semakin dekat koefisien korelasi ke 1 atau +1 semakin kuat hubungan liniernya. Jika tidak ada hubungan linier, maka koefisien korelasi mendekati nol.
2. ***FORECAST: FORECAST(x-point, y-values, x-values)*** mengembalikan nilai prediksi untuk x-point, berdasarkan regresi linier dari data (x, y) yang diketahui yang disimpan dalam array atau rentang sel.
   titik-x = titik nilai-x yang memerlukan nilai prediksi.
   nilai-y = larik atau rentang nilai-y yang diketahui yang digunakan untuk menurunkan persamaan regresi linier.
   nilai-x = larik atau rentang nilai-x yang diketahui yang digunakan untuk menurunkan persamaan regresi linier.
   Contoh: FORECAST(F8, G4:G7, F4:F7) pada Gambar 6.18 mengembalikan 19,5 untuk nilai di sel F8, yaitu, tahun 5. Nilai y adalah arus kas dan nilai x adalah tahun.
3. **GROWTH: GROWTH(y-values, x-values, new-x's, const)** menyesuaikan kurva eksponensial dengan data (x, y) yang diketahui dan mengembalikan nilai-nilai y yang sesuai di sepanjang kurva untuk kumpulan nilai-x baru yang ditentukan oleh pengguna. Perhatikan bahwa fungsi mengembalikan nilai kesalahan jika salah satu nilai y adalah nol atau negatif.
   nilai-y = larik nilai-y yang diketahui dalam hubungan y=bmx.
   nilai-x = larik nilai-x yang diketahui dalam hubungan y=bmx.
   new-x's = nilai-x baru – dimasukkan baik sebagai nilai tunggal atau sebagai larik di mana GROWTH akan mengembalikan nilai-y yang sesuai.
   const = nilai logika yang menentukan apakah akan memaksa konstanta b dalam persamaan y =bmx sama dengan 1. Jika const=TRUE atau dihilangkan, b dihitung secara normal. Jika const=FALSE, b disetel sama dengan 1 dan nilai-m disesuaikan sehingga y =mx.
   Contoh:GROWTH(G4:G7,F4:F7,F8) pada Gambar 6.18 mengembalikan 45,3 untuk nilai sejak llF8, yaitu, tahun 5. Nilai-y adalah arus kas dan nilai-x adalah tahun.
4. ***INT: INT(number)*** membulatkan angka ke bawah ke bilangan bulat terdekat, yaitu, bilangan bulat.
   Contoh: INT(17.8)=17; INT(–8.9)=–9.
5. ***SQRT: SQRT(number)*** mengembalikan akar kuadrat dari angka positif.

Number = angka yang membutuhkan akar kuadrat.

Contoh: SQRT(C4) pada Gambar 6.18 mengembalikan 3.1623. Juga, SQRT(87,45)=9,3515.

6. **SUMXMY2: SUMXMY2(array1, array2)** mengembalikan jumlah kuadrat dari perbedaan antara dua set data.

   array1 = larik atau rentang nilai pertama.

   array2 = larik kedua atau rentang nilai.

   Contoh: SUMXMY2(F4:F7, G4:G7) pada Gambar 6.18 menghasilkan 173. Nilai ini ditemukan dengan menambahkan (1−1)2 +(2−4)2 +(3−8)2 +(4−16) 2 =0+4+25+144=173.

6.9 LATIHAN

1. Maya dari KleenUp Company telah mengumpulkan data penjualan untuk area 9 selama tujuh kuartal terakhir. Angka penjualan adalah 11, 14, 12, 20, 15, 19, 24. Dia ingin mengetahui perkiraan penjualan pada kuartal 8 dan telah memutuskan untuk menggunakan Chart Wizard untuk mendapatkan grafik sebar. Dia kemudian akan menyesuaikan garis regresi linier, mendapatkan persamaan garis regresi, memeriksa 'kesesuaiannya', dan kemudian menemukan perkiraan penjualan untuk kuartal 8.

   (Jawaban: y = 1,8571x +9; 'kesesuaian' = R = 0,85; ketika x = 8, y = perkiraan = 23,86.)

2. Perusahaan Acme telah mengumpulkan data penjualan bulanan untuk widget selama sembilan bulan terakhir. Angka penjualan (dalam tahun '000-an) adalah 14, 11, 23, 39, 33, 40, 61, 48, dan 66. Perusahaan ingin menemukan ramalan penjualan untuk tiga bulan ke depan tetapi tidak yakin teknik peramalan mana yang akan digunakan. , yaitu, baik regresi linier atau tren eksponensial. Perusahaan Acme telah memutuskan untuk menghasilkan grafik sebar dari datanya dan kemudian memasukkan garis regresi linier dan kurva eksponensial melalui data. Metode mana yang memberikan perkiraan yang lebih akurat, dan mengapa?

   (Jawaban: Menggunakan regresi linier, R2 =0.8807 dan y =6.6x +4.222. Jadi ketika x =10,11,12 maka y =70.22,76.82, dan 83.422. Menggunakan kurva eksponensial, R2 =0.8459 dan y=11.201e0 .21x. Jadi ketika x =10,11,12 maka y =91.47.112.84.139.21. Nilai y eksponensial ini jauh lebih besar daripada penjualan widget saat ini dan karenanya dicurigai. Persamaan garis lebih akurat karena nilai R2-nya lebih dekat ke 1.0.)

3. Barry Lime adalah manajer pemasaran SuperMicros, produsen mikro ZXZ yang populer. Barry telah membuat tabulasi beberapa angka penjualan dan iklan untuk mikro ZXZ seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.9. Barry Lime telah diberitahu bahwa dia memiliki Rp. 1750 untuk dibelanjakan bulan depan (yaitu, bulan 6) untuk iklan, dan dia ingin mendapatkan perkiraan yang layak untuk penjualan ZXZ bulan depan. Dia juga ingin mengetahui apakah jumlah yang dibelanjakan untuk iklan dapat dibenarkan.

Setelah sebelumnya menggunakan fungsi FORECAST dan CORREL Excel, Barry tidak mengantisipasi masalah apa pun.

Month	Sales ('000s)	Advertising ('000s)
1	251	2.4
2	139	1.4
3	171	1.5
4	119	1.0
5	206	2.1

(Jawaban: Prakiraan=184; Korelasi=0,98.)

4. Ferdisekarang telah memutuskan bahwa dia harus tahu cara menghitung nilai MAD dan MSE dari deret waktu menggunakan Excel. Dia telah memilih 9 periode waktu 2 sampai 10 dari data batuan dasar untuk produk P pada Gambar 6.8 sebagai sampelnya. Tabel datanya hanya mencakup penjualan aktual dan angka pemulusan eksponensial dengan = 0,1 (yaitu, rentang sel C6:D14). Manakah dari dua metode tersebut, menurut pandangan Ferdi, yang lebih baik dan mengapa?
   (Jawaban: MAD = 104,82; MSE = 15103,7; MAD memberikan bobot yang sama untuk setiap kesalahan, sementara MSE memberi bobot lebih pada kesalahan dengan mengkuadratkannya. Jika kesalahan perkiraan besar tetap tidak terdeteksi, masalah serius dapat muncul, jadi Ferdi memilih MSE.)
5. Metode pemulusan eksponensial Holt-Winters adalah teknik peramalan populer yang sering digunakan untuk meramalkan persediaan perusahaan. Sebagai penanggung jawab inventaris di Perusahaan Springbed , Ferdiingin mengetahui seberapa akurat metode ini sebenarnya. Dia telah mengumpulkan data bulanan yang mencakup periode tiga tahun seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.10. Ferdi akan menetapkan nilai awal α =0.3, β =0.4, dan γ =0.5 untuk ketiga konstanta pemulusan. Namun, dia akhirnya akan menggunakan Excel's Solver untuk menemukan nilai yang lebih layak untuk α, β, dan γ yang meminimalkan mean squared error (MSE).

	← Monthly data ('000s) →											
Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200A	12	5	11	20	19	32	29	37	29	22	20	8
200B	11	14	19	22	36	34	47	30	33	35	30	33
200C	20	12	31	40	61	85	91	98	78	62	43	37

(Jawaban: MSE=115.4 dengan konstanta pemulusan α =0.02, β =1.0, dan γ =0.15. Metode Holt-Winters cocok untuk data historis Ferdi.)

6. Maya ingin memastikan bahwa ramalan yang diperolehnya pada Contoh 6.1 di atas adalah akurat. Dia telah memilih untuk mendapatkan perkiraan lain untuk kuartal 8 menggunakan fungsi EXPONENTIAL SMOOTHING Excel. Mengambil data penjualan Maya dari Contoh 6.1 dan nilai alfa 0,4 (yaitu, faktor redaman = 0,6), membantu Maya

menemukan ramalan baru ini. Plot grafik penjualan aktual dan perkiraan pemulusan eksponensial.

(Jawaban: Perkiraan penjualan untuk kuartal 8 adalah 19,62.)

7. Sebuah toko kelontong beroperasi tujuh hari seminggu. Jumlah minimum karyawan diperlukan setiap hari, tergantung pada hari dalam seminggu (Tabel 6.11). Toko mengharuskan staf untuk bekerja lima hari berturut-turut, diikuti dengan dua hari libur, misalnya, seorang karyawan yang bekerja Senin sampai Jumat mendapat libur Sabtu dan Minggu. Menggunakan Solver, rumuskan dan selesaikan untuk meminimalkan jumlah karyawan yang dibutuhkan, sambil memenuhi persyaratan staf minimum (ingat bahwa jumlah karyawan harus bilangan bulat).

Hari	*Jumlah permintaan staff minimum*
Senin	15
Selasa	13
Rabu	13
Kamis	15
Jumat	19
Sabtu	14
Minggu	9

(Jawaban: Minimal 21 karyawan; ada beberapa pengaturan yang memenuhi semua kendala. Misalnya, Sen, Sel, Rab, ...Ming: 7,4,1,7,0,2,0; 7,5,1 ,2,6,0,0; 6,1,5,3,4,1,1, dan lain-lain)

8. Perusahaan Acme memproduksi dua produk, widget dan gadget. Perusahaan memperoleh keuntungan sebesar Rp. 2 per kotak untuk widget dan Rp. 3 per kotak untuk gadget. Setiap produk dirakit dan dikemas. Dibutuhkan 9 menit untuk merakit satu kotak widget dan 15 menit untuk satu kotak gadget. Departemen pengemasan dapat mengemas satu kotak widget dalam 11 menit, sedangkan satu kotak gadget membutuhkan waktu 5 menit. Perusahaan Acme telah memprioritaskan dua tujuan utamanya sebagai berikut: (i) mencapai keuntungan sekitar Rp. 23.000 (ii) memastikan bahwa jumlah kotak gadget dan widget yang diproduksi sama. Perusahaan memiliki maksimum 1800 jam tersedia di departemen perakitan dan pengemasan. Acme telah memutuskan untuk melihat apakah Excel's Solver dapat memberikan solusi yang memuaskan untuk latihan goal programming (GP) ini.

   (Petunjuk: Pertama-tama, baca kembali contoh 2.1 dan 6.7 dan kemudian rumuskan masalahnya sebagai latihan GP.)

   (Jawaban: Tujuan pertama kurang tercapai sebesar 2,17%, yaitu keuntungan sebesar Rp. 22.500 hasil, sedangkan tujuan kedua sepenuhnya terwujud dengan jawaban 4.500 kotak baik untuk widget maupun gadget.)

9. MeadowSweet Creameries memproduksi yogurt di dua pabriknya yang berlokasi di Riversdale dan Greenhills. Riversdale memiliki produksi mingguan maksimum 2000

karton sementara Greenhills dapat memproduksi hingga 3000 karton per minggu. Biaya produksi mingguan di setiap pabrik diberikan oleh persamaan berikut:

Greenhills: Biaya produksi=2.7q1 +4q1/2 1 +400

Riversdale: Biaya produksi=3.2q2 +1.5q1/2 2 +250

di mana q1, q2 = jumlah karton yang diproduksi setiap minggu di Greenhills dan Riversdale masing-masing. MeadowSweet Creameries memiliki permintaan mingguan 4000 karton. Perusahaan ingin mengetahui berapa banyak yang harus diproduksi di setiap pabrik untuk meminimalkan biaya produksi. Siapkan masalah pemrograman nonlinier (NLP) ini dan temukan jawaban untuk masalah MeadowSweet menggunakan Solver Excel.

(Jawaban: Biaya produksi minimum Rp. 12.217 dicapai dengan memproduksi 3000 karton di Greenhills dan 1000 karton sisanya di Riversdale.)

10. Perusahaan KleenUp telah membagi Upper State menjadi tiga area penjualan utama, yaitu A, B, dan C. Perusahaan telah menentukan bahwa penjualan produknya bergantung pada jumlah yang dikeluarkan untuk iklan di setiap area, dan dapat didefinisikan sebagai berikut:

    Penjualan (’000s) di area A=2.0a1/2 +30

    Penjualan (’000s) di area B=1.75b1/2 +40

    Penjualan (’000s) di area C=1.6c1/2 +15

    di mana a, b, c mewakili jumlah (dalam Rp. '000s) yang dihabiskan untuk beriklan di area A, B, dan C. Produk tersebut dijual seharga Rp. 2,50, Rp. 3,10, dan Rp. 2,95 di area A, B, dan C masing-masing. Perusahaan KleenUp, yang menghabiskan Rp. 100.000 untuk iklan di Upper State, ingin memaksimalkan pendapatannya. Ia telah memutuskan untuk menemukan solusi dengan memodelkan situasi sebagai masalah pemrograman nonlinier (NLP). Rumuskan masalah dan selesaikan menggunakan Solver. Apakah bermanfaat bagi KleenUp Company untuk meningkatkan pengeluaran iklannya di Upper State sebesar 10%?

    (Jawaban: Pendapatan maksimum adalah Rp. 331.000 dan anggaran iklan (Rp. '000s) adalah 33 (area A), 38 (area B), 29 (area C) dengan penjualan ('000s) 41 (area A), 51 (area B), dan 24 (area C). Ketika anggaran dinaikkan 10%, pendapatan meningkat menjadi Rp. 335 ribu dengan pengeluaran iklan sebesar 36 (A), 42 (B), dan 32 (C). anggaran iklan naik sebesar Rp. 10.000, tetapi total pendapatan hanya meningkat sebesar Rp. 4.000. Oleh karena itu, tidak ada gunanya meningkatkan anggaran iklan.)

BAB 7
PEMROSESAN PESANAN PEMBELIAN : APLIKASI DATABASE

7.1 GAMBARAN

Sebagian besar pengguna melihat Excel sebagai alat untuk pemodelan spreadsheet tanpa menyadari kemampuan database paket. Excel adalah alat pengembangan yang kuat yang dapat digunakan untuk membuat sistem informasi bisnis yang praktis. Ketika dikombinasikan dengan bahasa pemrograman Microsoft – Visual Basic for Applications (VBA) – pengembang dapat memanfaatkan sepenuhnya perpustakaan objek bawaan Excel untuk merancang sistem informasi fleksibel yang melibatkan analisis data yang kompleks. Meskipun ada batasan jumlah record yang dapat berisi database Excel (di bawah dua puluh ribu), aplikasi Excel masih dapat digunakan sebagai antarmuka yang mudah digunakan untuk database khusus yang lebih besar tanpa perlu modifikasi lebih lanjut.

Basis data hanyalah basis data, yaitu, ia menyimpan data bisnis secara terintegrasi dan terorganisir sehingga data dapat dengan mudah diakses oleh semua pengguna. Tujuan dari bab ini adalah untuk memperkenalkan pembaca pada kemampuan database internal Excel dan manfaat menggunakan makro. Excel membedakan dua jenis database, yaitu (i) database internal yang disimpan dalam lembar kerja – biasanya disebut daftar dalam terminologi Excel, dan (ii) database eksternal seperti dBASE, FoxPro, atau Access. Excel berkomunikasi dengan database eksternal melalui program Microsoft Query yang menggunakan teknologi yang disebut Open Database Connectivity (ODBC).

Struktur tabel lembar kerja sangat ideal untuk pengembangan aplikasi berbasis tabel relasional. Langkah pertama dalam membuat daftar atau basis data adalah menganalisis informasi yang akan membentuk basis data. Dapatkah informasi ini ditulis dalam daftar, tabel, atau pada kartu indeks? Pendekatan database untuk desain file mirip dengan sistem indeks kartu, dengan masing-masing kartu menyimpan, katakanlah, rincian pemasok seperti nama, alamat, tingkat diskon, dan lain-lain.

Produk yang dijual oleh setiap pemasok TIDAK termasuk dalam sistem indeks pemasok. Alasan untuk memiliki daftar produk yang terpisah adalah bahwa beberapa pemasok akan menjual produk yang sama – tetapi mungkin dengan harga yang berbeda. Jika daftar produk dimasukkan sebagai bagian dari tabel pemasok, maka terjadi duplikasi data! Salah satu tujuan utama dari teknologi database adalah untuk mengurangi duplikasi data (juga disebut redundansi data) dengan memasukkan setiap bagian data hanya sekali dalam database.

Pertimbangan utama ketika merencanakan database adalah untuk menghapus item data berulang. Ketika dua tabel dibuat, masing-masing untuk pemasok dan detail produk, maka ruang disk yang terbuang dihilangkan. Teknik memisahkan item data berulang ke dalam

tabel mereka sendiri disebut 'normalisasi data'. Normalisasi data adalah kunci untuk desain database relasional yang baik. Terlalu sering, pengguna tidak cukup memikirkan proses mendasar ini yang tidak hanya menghemat ruang disk tetapi juga waktu pemrosesan. Setiap buku teks yang bagus tentang teknologi informasi akan menunjukkan bagaimana proses normalisasi dapat diterapkan pada data mentah. Aplikasi pemrosesan pesanan pembelian (POP) yang dikembangkan dalam bab ini menggunakan makro yang sekarang dibahas.

7.2 MENCIPTAKAN MAKRO SEDERHANA

Makro dapat didefinisikan sebagai sekumpulan instruksi untuk melakukan beberapa operasi, misalnya kalkulator tangan berisi makro untuk melakukan fungsi matematika seperti sin, cos, tan, log, ex, dan lain-lain. Tujuan makro adalah untuk mengotomatisasi tugas-tugas rutin sehingga pengguna tidak harus memasukkan perintah yang sama berulang-ulang. Makro, yang sebenarnya adalah program mini yang ditulis dalam bahasa pemrograman Visual Basic, kadang-kadang disebut prosedur atau subrutin.

Microsoft Excel menyediakan perekam makro built-in yang dapat digunakan oleh pengguna sehari-hari, yang tidak memiliki pengalaman pemrograman, untuk mengotomatisasi tugas-tugas sederhana. Saat makro dibuat oleh Excel, lembar kerja baru yang disebut 'modul' dibuat di buku kerja yang aktif. Modul baru ini tidak muncul dengan lembar lain di buku kerja dan harus diakses melalui Editor VBA, biasanya disebut Editor Visual Basic. Langkah-langkah berikut menunjukkan bagaimana makro sederhana dapat dibuat.

1. Buka lembar kerja baru dan pilih sel Al.
2. Pilih Tools|RecordMacro|Record_New_ Macro command. Sebuah box dialog muncul menampilkan nama makro default dan deskripsi makro.
3. Masukkan judul Sel Warna di kotak Nama Makro. Perhatikan bahwa nama makro tidak boleh berisi spasi, jadi gunakan karakter garis bawah seperti yang diperlihatkan.
4. Tinggalkan baris berikutnya seperti yang ditunjukkan saat ini. Kotak 'Short key:' harus kosong dan kotak 'Store macro in:' harus berisi kata-kata 'This Workbook'.
5. Kotak Deskripsi sudah menampilkan nama pengguna dan tanggal saat ini. Tambahkan komentar berikut untuk menjelaskan tujuan makro: ***Makro ini mewarnai sel yang ditentukan pengguna BIRU.
6. Klik Oke. Bilah alat 'Stop Recording' muncul di layar dan kata 'Recording' muncul di bilah status di bagian bawah layar, yang menunjukkan bahwa tindakan apa pun yang dilakukan pengguna mulai sekarang akan direkam.
    - Klik tab Format pada bilah menu di bagian atas layar.
    - Klik tab Sel... lalu tab Pola di kotak dialog Format Sel.
    - Klik warna BIRU yang ditampilkan pada baris kedua palet warna.
    - Klik Oke.
    - Klik tombol biru kecil di sebelah kiri bilah alat 'Stop Recording'.

Makro selesai dan sel A1 sekarang harus berwarna biru. Sangat penting bahwa pengguna ingat untuk berhenti merekam. Jika pengguna lupa perintah terakhir ini, makro besar akan terus dibuat, menghabiskan ruang penyimpanan yang berharga dan pada akhirnya dapat mengganggu pengoperasian komputer. Pengguna memiliki dua cara untuk menghentikan perekaman, baik (i) klik tombol persegi biru pada toolbar 'Stop Recording', atau (ii) pilih perintah Tools|Macro|Stop Recording.

Menjalankan Makro

Langkah-langkah berikut menunjukkan cara menggunakan Sel Warna makro.

- Pilih rentang D4:F6.
- PilihAlat|Makro|Makro...perintah. Kotak dialog Makro akan muncul, menampilkan nama Sel Warna, yang merupakan satu-satunya makro di lembar kerja saat ini.
- Klik pada makro Sel Warna dan kemudian klik tombol Jalankan.
- Rentang sel yang dipilih D4:F6 sekarang harus berwarna biru.

Daftar Makro

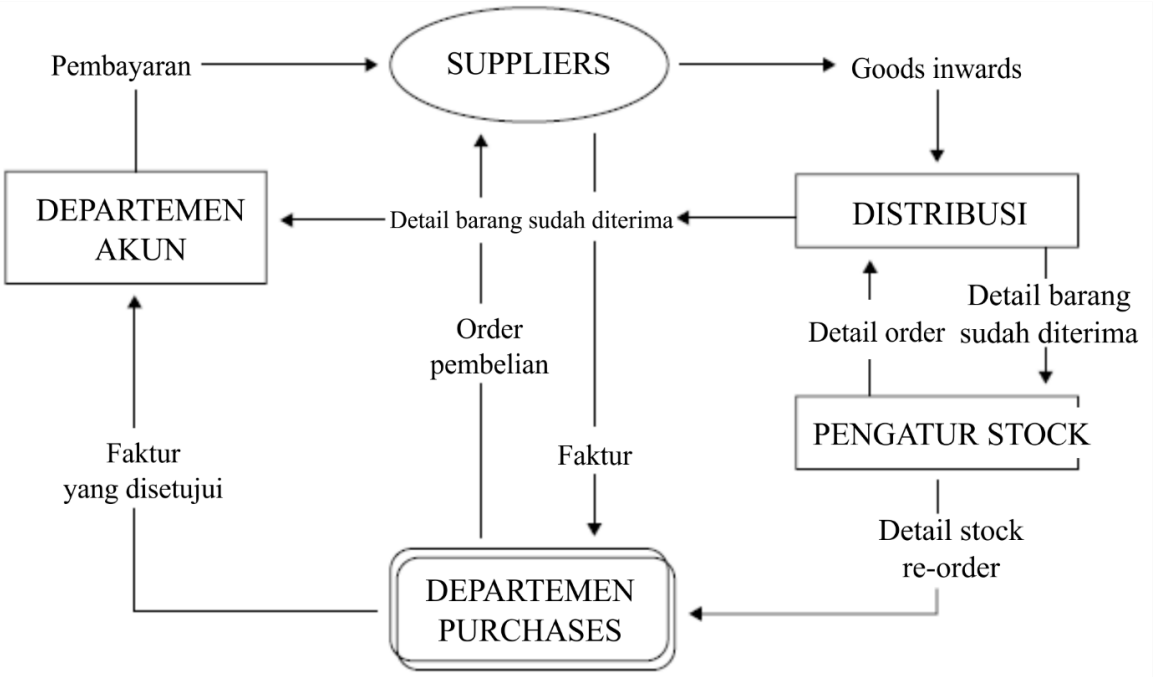
Untuk melihat daftar makro pilih perintah Alat|Makro|Makro..., pilih makro Sel Warna dan kemudian klik tombol Edit. Daftar makro seperti yang ditunjukkan di bawah ini muncul di jendela sebelah kanan. Untuk kembali ke lembar kerja, pilih perintah File|Close dan Return_to_Microsoft Excel.

```
Sub Colour_Cells ()
'
' Colour_Cells Macro
' Macro recorded 28-10-200X by Joe Soap
'*** Makro ini mewarnai sel yang ditentukan pengguna BIRU
'
'
With Selection.Interior
. ColorIndex=5
.Pattern=x1Solid
.PatternColorIndex=x1Automatic
End with
End Sub
```

Enam baris yang dimulai dengan tanda kutip di awal makro adalah komentar. Komentar diabaikan oleh Visual Basic dan ada untuk menunjukkan kapan dan oleh siapa makro ditulis, dan apa yang sebenarnya dilakukan makro. Nama pengguna dan tanggal saat ini akan menggantikan Joe Soap dan tanggal yang ditampilkan. Pada layar VDU, komentar ditampilkan dalam warna hijau, sedangkan pernyataan Visual Basic seperti End Sub berwarna biru.

Makro selalu dimulai dengan kata Sub (singkatan dari subrutin) dan diakhiri dengan kata End Sub. Perhatikan bahwa 'xl' di x1Solid adalah huruf 'x' seperti di xmas dan '1' seperti

di belajar. Sementara makro Sel Warna dihasilkan dengan klik (tekanan tombol), seorang programmer berpengalaman akan mencapai hasil yang sama dengan mengetikkan instruksi Visual Basic langsung ke lembar kerja makro. Setelah memperkenalkan konsep makro, aplikasi praktis sekarang akan dikembangkan.



Gambar 7.1 Sistem pemrosesan pesanan pembelian sederhana.

7.3 PROSES PEMESANAN PEMBELIAN

Aplikasi database pemrosesan pesanan pembelian (POP) terdiri dari buku kerja, bernama 'Pembelian', berisi empat lembar kerja makro dan tujuh lembar kerja berikut.

1. Lembar Kerja 'Judul' – menampilkan layar judul dan tombol opsi
2. Lembar Kerja 'Pemasok' – berisi detail pemasok
3. Lembar Kerja 'Produk' – berisi detail produk
4. Lembar Kerja 'OrderEntry' – menampilkan formulir pesanan pembelian kosong
5. Lembar kerja 'Database' – memungkinkan pesanan yang sudah dimasukkan diubah
6. Lembar kerja 'AmendOrder' – berisi rincian semua pesanan pembelian
7. Lembar Kerja 'PrintOrder' – mencetak satu atau lebih pesanan sesuai permintaan

Excel dan Visual Basic akan digunakan untuk membuat sistem POP. Untuk pembaca yang tidak terbiasa dengan Visual Basic, sekarang ada banyak buku teks bagus yang tersedia (lihat Walken bach), yang menyediakan pengenalan Visual Basic for Applications (VBA) dengan cepat dan mudah. Sementara beberapa pengalaman pemrograman akan membantu, itu bukan prasyarat yang diperlukan karena banyak makro akan dihasilkan secara otomatis menggunakan penekanan tombol. Di mana pengguna harus memasukkan kode pemrograman,

itu adalah masalah sederhana menyalin instruksi Visual Basic yang disediakan ke dalam spreadsheet makro.
Gambar 7.1 menunjukkan aliran data tipikal dalam sistem pemrosesan pesanan pembelian (POP).

7.4 MENCIPTAKAN LAYAR JUDUL

Langkah 1: Membuat judul

Catatan: semua klik dilakukan dengan tombol kiri mouse kecuali dinyatakan lain.

- Buka buku kerja baru dan ganti nama lembar pertama sebagai 'Judul'. Periksa apakah semua sel memiliki lebar kolom standar 8,5 dan tinggi baris 12,75.
- Pilih perintah View|Toolbars dan klik pada toolbar Drawing.
- Klik simbol 'Shadow Style' pada toolbar (kedua terakhir), pilih 'shadow style 6', posisikan kursor di sel B5 lalu seret ke sel J7. Kotak persegi panjang sekarang akan muncul di layar. Masukkan judul PEMROSESAN PESANAN PEMBELIAN di kotak.
- Klik di tepi persegi panjang dengan tombol kanan mouse untuk mengaktifkan menu pintasan. Dari daftar menu, pilih 'Format Text Box...' dan lakukan hal berikut:
    - Klik pada tab 'Font', dan pilih Font: Times New Roman, Style: Bold Italic, Size: 20.
    - Klik pada tab 'Alignment', dan di bagian Text Alignment, klik Center pada kotak Horizontal dan Vertical.
    - Klik pada tab 'Colors and Lines', dan di bagian Color, pilih warna merah muda (karang) (atau warna lain yang Anda suka). Terakhir klik tombol 'OK'.

Langkah 2: Menambahkan gambar clipart

Untuk mencerahkan presentasi POP, tambahkan sepotong clipart.

- Pilih perintah Insert|Picture|Clipart...untuk membuka kotak dialog 'Clip Art'. Ketik kata 'Bisnis' ke dalam kotak edit 'Cari:' dan klik tombol 'Pergi'.
- Pilih gambar yang sesuai dan kemudian klik di atasnya. Gambar sekarang akan ditempatkan pada lembar kerja.
- Klik tombol atas (Sisipkan Klip) dan gambar clipart sekarang tertanam di layar.
- Untuk mengurangi ukuran objek, klik di mana saja pada clipart untuk mengaktifkan bingkainya, lalu gunakan panah diagonal bingkai untuk mengurangi ukuran gambar.
- Posisikan clipart dalam rentang B12:F22.

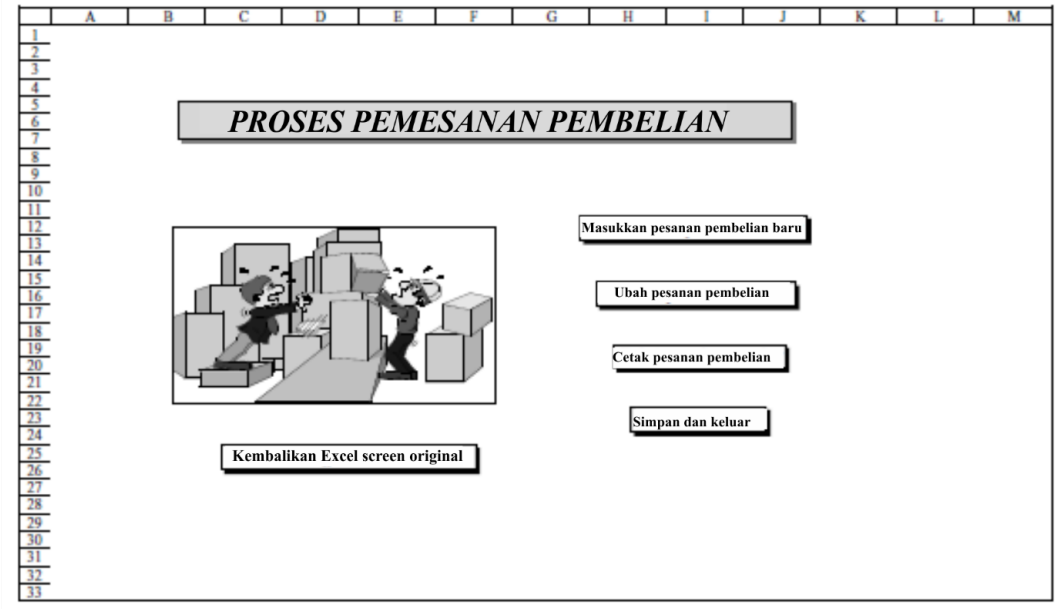
Langkah 3: Mewarnai latar belakang layar

- Sorot rentang A1:M33.
- Pilih perintah Format|Cells|Pattern dan warnai range dengan warna kuning muda.
- Simpan buku kerja, beri nama 'Pembelian'. Pada tahap ini, judul akan terlihat seperti Gambar 7.2.

Langkah 4: Menambahkan tombol

Langkah selanjutnya adalah menambahkan lima tombol yang akan digunakan untuk menjalankan makro untuk melakukan berbagai aktivitas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.2. Tombol melakukan fungsi yang sama seperti menu.

- Buka work book 'Purchase', pilih perintah View|Toolbars dan klik pada toolbar Forms.
- Klik simbol 'Buat Tombol' pada toolbar Formulir (baris kedua, kanan) dan kemudian posisikan mouse pada layar Judul di sebelah kanan clipart (gunakan Gambar 7.2 sebagai pedoman).
- Seret kursor untuk membuat tombol berukuran wajar. Pada tahap ini, lebih baik membuat tombol terlalu besar daripada terlalu kecil – bagaimanapun juga akan dimodifikasi!
- Layar 'Tetapkan Makro' sekarang akan muncul. Karena belum ada makro yang dibuat, klik tombol Batal.
- Klik di dalam tombol dan timpa nama default Tombol 1 dengan judul baru: Masukkan pesanan pembelian baru.
- Perbesar tombol jika perlu dengan mengklik tombol di mana saja dan kemudian menggunakan pegangan bingkai (untuk informasi lebih lanjut tentang objek, lihat Lampiran – 'Penautan dan Penyematan Objek').
- Ubah format saat ini menjadi Bold/Times New Roman. Tombol pertama sekarang akan terlihat seperti pada Gambar 7.2.
- Ulangi langkah di atas untuk empat tombol lainnya.



Gambar 7.2 Layar judul untuk sistem POP.

Langkah 5: Membuat makro

PEREKAM MAKRO sekarang akan digunakan untuk membuat makro Visual Basic secara otomatis, berdasarkan tindakan penekanan tombol pengguna. Layar seperti yang terlihat penuh dengan bilah alat, bilah status, tab lembar kerja, dan lain-lain. Untuk membuat makro yang akan memaksimalkan area tampilan layar, lakukan tugas berikut:

- Pilih perintah Tools|Macro|Record New Macro. Sebuah kotak dialog muncul memperlihatkan nama makro default.
- Masukkan judul Maksimalkan Layar. Perhatikan bahwa nama makro tidak boleh berisi spasi, jadi gunakan karakter garis bawah seperti yang diperlihatkan.
- Biarkan baris berikutnya seperti yang saat ini ditampilkan, yaitu, kotak Kunci pendek: harus kosong dan kata-kata 'Buku Kerja Ini' akan muncul di kotak makro Toko di:.
- Kotak deskripsi Makro sudah berisi nama pengguna dan tanggal saat ini. Tambahkan komentar berikut: ***Memaksimalkan area layar dan kemudian menampilkan layar judul.
- Klik Oke. Kata 'Rekaman' muncul di bilah status di bagian bawah layar, menunjukkan bahwa tindakan apa pun yang dilakukan pengguna mulai sekarang akan direkam.
    - Klik tab 'Judul' lembar kerja di bagian bawah layar. (Tindakan direkam!)
    - Klik tab Lihat dan kemudian klik tab Layar Penuh. (Tindakan direkam!)
    - Klik tab Alat, tab Opsi, lalu tab Lihat. (Tindakan direkam!)
- Sekarang klik masing-masing dari empat kotak berikut untuk mematikannya:
- Judul Baris dan Kolom;
    - Bilah Gulir Horisontal; Bilah Gulir Vertikal; Tab Lembar. (Tindakan direkam!)
    - Klik Oke. (Tindakan direkam!)
    - Klik di sel A1 untuk memposisikan layar dengan benar. (Tindakan direkam!)
- Klik tab Tools, kemudian tab Macro dan terakhir tab
    - Stop Recording. (Tindakan direkam!)

Makro pertama selesai. Layar hampir sepenuhnya jernih dengan pengecualian bilah menu di bagian atas. Pada tahap ini, penting bagi pengguna untuk mengetahui cara berhenti merekam jika tidak, makro besar akan dibuat. Sangat mudah untuk lupa berhenti merekam! Daftar layar Maksimalkan makro yang baru saja dibuat dapat dilihat dengan memilih perintah Alat|Makro|Makro...dan kemudian mengklik tombol Edit. Untuk kembali ke lembar kerja, pilih perintah File|Tutup dan Kembali ke Microsoft Excel. Makro lain sekarang akan dibuat untuk membatalkan tindakan makro pertama. Dengan kata lain, layar akan dikembalikan ke tampilan aslinya dengan membalikkan tindakan di atas.

Langkah 6: Memulihkan layar asli

Ulangi langkah awal untuk membuat makro seperti yang ditunjukkan pada Langkah 5 di atas. Masukkan nama makro Kembalikan Default Layar dan deskripsi makro ***Memulihkan tampilan layar normal. Klik OK untuk mulai merekam.

- Klik tab Lihat dan kemudian klik tab Layar Penuh untuk mematikannya.
- Klik tab Alat, Opsi, dan Tampilan.
- Aktifkan empat opsi berikut dengan mengklik di kotak yang relevan: Baris dan Judul Kolom; Bilah Gulir Horisontal; Bilah Gulir Vertikal; Tab Lembar.
- Klik Oke.
- Klik tombol kiri pada bilah alat 'Stop Recording' untuk berhenti merekam.

Layar sekarang harus dikembalikan ke tampilan aslinya. Makro kedua, yang disebut 'Pulihkan Default Layar' dibuat, mirip dengan makro pertama, hanya dengan membalikkan pernyataan True/False yang logis. Sebagian besar pernyataan Visual Basic harus jelas. Misalnya, dalam makro Maksimalkan Layar, pernyataan 'DisplayVerticalScrollBar =False' berarti bilah gulir vertikal telah dimatikan. Di makro kedua, kata False telah diganti dengan True, yaitu, aktifkan kembali opsi ini. Enam baris di bagian atas setiap makro, dimulai dengan apostrof, adalah komentar. Untuk presentasi yang lebih jelas, aplikasi POP memulai setiap komentar yang dimasukkan pengguna dengan tiga tanda bintang.

Lihatlah daftar makro menggunakan perintah yang ditunjukkan di atas. Editor VBA mengacu pada dua makro yang baru dibuat sebagai Module1 dan Module2. Judul-judul ini muncul di jendela kiri atas layar. Klik dua kali pada salah satu judul untuk melihat kode makro yang relevan. Cetak daftar VBA Basic untuk kedua modul dan periksa apakah keduanya sama dengan makro yang dicetak di bawah ini. Mungkin ada sedikit variasi, tergantung pada urutan penekanan tombol. Terakhir, dan yang paling penting, simpan buku kerja 'Beli'.

Daftar Makro untuk (i) Maksimalisasi Layar dan (ii) Pemulihan Layar

Sub Maximise Screen()

```
'
' Maximise Screen Macro
' Macro recorded 22-11-200X by Joe Soap
'
'***Maximises screen area kemudian tampilkan title screen
'
Sheets("Title").Select
Application.DisplayFullScreen=True
With ActiveWindow
.DisplayHeadings=False
.DisplayHorizontalScrollBar=False
.DisplayVerticalScrollBar=False
.DisplayWorkbookTabs=False
End With
Range("A1").Select
End Sub
```

```
Sub Restore Screen Defaults()
    '
    ' Restore Screen Defaults Macro
    ' Macro recorded 22-11-200X by Joe Soap
    '
    '***Restores display normal screen
    '
    Application.DisplayFullScreen=False
    With ActiveWindow
    .DisplayHeadings=True
    .DisplayHorizontalScrollBar=True
    .DisplayVerticalScrollBar=True
    .DisplayWorkbookTabs=True
    End With
    End Sub
```

7.5 LEMBAR KERJA PRODUK DAN PEMASOK

Lembar kerja Produk dan Pemasok dibuat dengan mengganti nama Lembar 2 sebagai Produk dan Lembar 3 sebagai Pemasok. Kedua lembar kerja adalah tabel sederhana, terdiri dari satu record per baris. Lembar Produk berisi rincian hingga dua puluh produk – dalam hal ini perlengkapan komputasi pribadi – termasuk kode produk, deskripsi, harga, tarif PPN, persentase diskon, jika aplikasi dan beberapa inventaris. Tata letak lembar, termasuk lebar kolom, untuk tabel Produk ditunjukkan pada Gambar 7.3 sedangkan detail serupa untuk lembar kerja Pemasok diberikan pada Gambar 7.4.

- Data di kedua lembar kerja ini akan diakses oleh lembar kerja lain saat database dikembangkan. Karena lebih mudah untuk merujuk ke tabel dengan satu nama daripada sebagai rentang sel, tabel data akan diberi nama sebagai berikut:
- Pergi ke lembar kerja 'Produk', dan pilih perintah Insert|Name|Define untuk mengaktifkan kotak dialog Define Name.
- Masukkan nama 'Prodata' di kotak 'Nama di Buku Kerja:'. Selanjutnya, kosongkan isi kotak ‘Refers to:’ dan masukkan rumus**=Produk!$B$3:$H$22**.
- Terakhir, klik tombol **OK**.

Code	Product Description	Price	VAT %	Discount %	Type	On Hand	On Order
S512	MS Windows XP	125.00	23.0	5	Software	35	40
S173	Lotus SmartSuite	290.00	23.0		Software	90	
B38	Using MS Excel	30.55	0.0	10	Book	42	25
H65	Epson Stylus Colour	155.00	23.0		Hardware	10	10
S238	MS Works Suite	95.00	23.0		Software	79	20
B12	Using Word for Windows	25.95	0.0	10	Book	15	20
S21	Borland Delphi Personal	90.00	23.0		Software	55	
S191	Sage Instant Accounts	130.00	23.0		Software	46	25
S217	Norton Internet Security	55.00	23.0		Software	92	20
CD21	MS Encarta Encyclopedia	25.00	23.0	5	CD-ROM	129	
S72	MS Office Pro	390.00	23.0		Software	25	
B51	Users Guide to the Internet	22.45	0.0	5	Book	45	
A33	Ink Cart -HP DeskJet (black)	24.00	23.0	10	Accessory	120	
A33a	Ink Cart -HP DeskJet (color)	29.00	23.0	10	Accessory	165	

– Tabel PRODUCTS, seperti yang saat ini disiapkan, dapat menerima detail hingga 20 produk - disimpan dalam rentang sel A3:H22
– Untuk penyajian yang lebih jelas, rentang sel B3:H22 telah diberi nama 'Prodata'
– Lebar kolom saat ini ditetapkan sebagai A (7), B(31), C(10), D(7.5), E(8), F(12), G(7), H(7)
– Parameter di atas dapat diatur sesuai kebutuhan.

Gambar 7.3 Lembar kerja Produk.

Code	Suppliers Name	Address1	Address2	Address3	Telephone
SN2	Things A'Plenty Company	Unit 61, Eastwood Estate	North Uplands	North Island	0123-9876
SN3	The MightyBig Corporation	Blackwater	Atlantic Drive	North Island	0123-8585
SP1	The Bedrock Company	Ancient Boulevard	Craggy Creek	North Ridge	0987-6542
SP3	The KleenUp Company	Whitewater	Riverside	Newgate	0345-6677
SS2	Supplies Unlimited	Unit 55 - Industrial Estate	Sunset City		0678-1252

– Tabel PEMASOK, seperti yang saat ini diatur, dapat menerima detail hingga 20 pemasok - disimpan dalam rentang sel A2:F21
– Untuk presentasi yang lebih jelas, rentang sel B2:F21 telah diberi nama 'Suppdata'
– Lebar kolom saat ini ditetapkan sebagai A(6), B(26), C(23), D(18), E(18), dan F(10).
– Parameter di atas dapat diatur sesuai kebutuhan.

Gambar 7.4 Lembar kerja Pemasok.

Ulangi langkah di atas untuk lembar kerja 'Pemasok', beri nama 'Suppdata' ke rentang sel Pemasok!$B$2:$F$21. Data pada kedua lembar kerja tersebut kini dapat diakses hanya dengan menggunakan nama Prodata dan Suppdata.

7.6 BUAT FORMULIR PESANAN PEMBELIAN

Buku kerja Excel baru hanya berisi tiga lembar kerja. Karena aplikasi POP pada akhirnya akan berisi tujuh lembar kerja, empat lembar baru (Lembar4 hingga Lembar7) harus ditambahkan ke buku kerja 'Pembelian'. Gunakan perintah Insert|Worksheet untuk menambahkan lembar kerja baru ini. Formulir pesanan pembelian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.5, adalah lembar kerja terpenting dalam aplikasi POP. Ini akan digunakan untuk membuat lembar kerja AmendOrder dan PrintOrder.

Langkah 1: Membuat formulir pemesanan

Menggunakan Gambar 7.5 sebagai template, buat tata letak dasar yang terdapat dalam rentang sel A8:J42. Lebar kolom adalah A(8), B(7.5), C(7), D(9), E(5.5), F(8), G(8), H(9), I(11), J (5), K(5). Masukkan hanya nama perusahaan, alamat dan telepon, judul kotak dan judul kolom. Sebagian besar data di dalam berbagai kotak dan kolom, akan dihasilkan secara otomatis oleh sistem POP, menggunakan lembar kerja Pemasok dan Produk yang telah dibuat di bagian sebelumnya.

Langkah 2: Menambahkan kotak daftar

Kotak daftar muncul di bagian atas Gambar 7.5. Ada dua kotak daftar, satu untuk detail Pemasok dan satu untuk detail Produk. Kotak daftar adalah objek kontrol Excel penting yang memungkinkan pengguna untuk (i) memilih item dari daftar, dan kemudian (ii) menentukan sel tertaut yang akan berisi posisi item dalam daftar. Dalam contoh Perusahaan Gizmo, sel tertaut, D2, menunjukkan bahwa Perusahaan Batuan Dasar adalah catatan ketiga dalam tabel Pemasok pada Gambar 7.4. Demikian pula, sel terkait, H2, menunjukkan bahwa produk 'Keranjang Tinta – HP DeskJet (warna)' tercatat 14 di Tabel produk (Gambar 7.3). Periksa apakah nilai-nilai yang ditautkan ini benar–berhati-hatilah agar tidak membingungkan nomor rekaman dengan nomor baris.

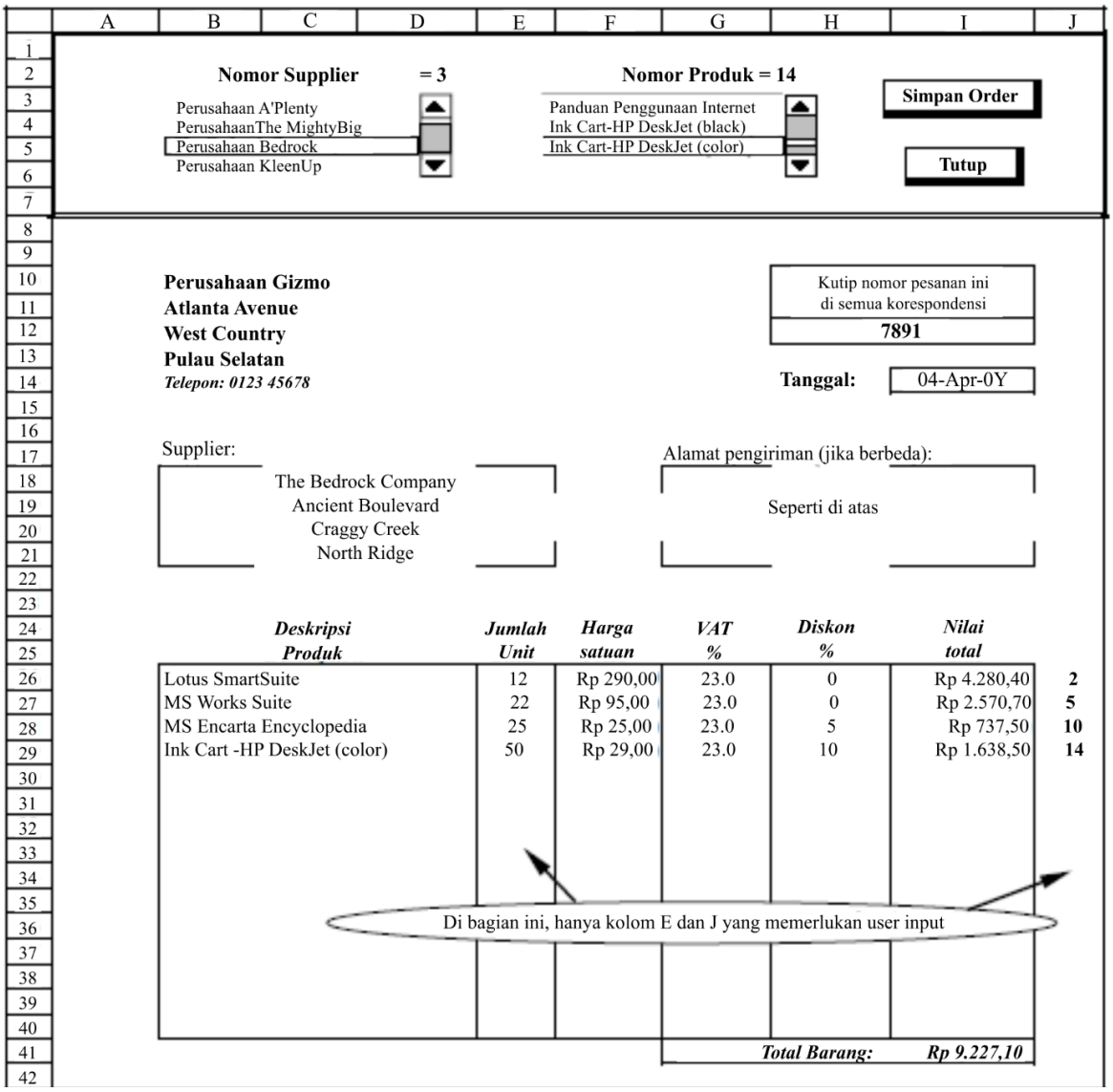
- Pilih perintah View|Toolbars, lalu klik pada toolbar Forms.
- Klik simbol 'Kotak Daftar' pada bilah alat Formulir (baris keempat, kiri) lalu posisikan mouse di sel B3 dan seret kursor ke sel D6. Kotak daftar sekarang akan muncul.
- Klik tombol kanan mouse untuk mengaktifkan menu pintasan, pilih opsi 'Kontrol Format', lalu klik tab 'Kontrol'. Kotak dialog Kontrol Format sekarang akan muncul meminta input untuk (i) ***Input Range***. Karena nama pemasok disimpan dalam tabel Pemasok yang disebut 'Suppdata', masukkan Suppdata sebagai rentang input (ii) ***Cell Link***. Seperti yang dinyatakan di atas, tautan sel adalah D2, jadi masukkan D2 di kotak ini. (iii) ***Selection Type***. Nilai default Single dapat diterima, jadi tidak ada tindakan yang diperlukan.(iv) ***3D Shading***. Untuk mengaktifkan bayangan tiga dimensi di sekitar kotak daftar, klik opsi ini. Terakhir, klik tombol OK.
- Ulangi langkah di atas untuk kotak daftar Produk, masukkan (i) Prodata (tabel Produk bernama) ke dalam kotak ***Input Range*** dan (ii) H2 untuk ***Cell Link***. Informasi yang relevan, yang dapat digulir ke kedua arah, sekarang harus ditampilkan di kotak daftar.

Langkah 3: Menambahkan fasilitas bilah gulir

Saat ini, hanya sebagian dari pesanan pembelian yang dapat dilihat di layar. Untuk memudahkan melihat seluruh pesanan pembelian, sekarang dibuat scroll bar pada baris 8. Posisikan kursor di sel A8, dan pilih perintah Windows|Split.Abroadscroll-line akan muncul di bagian atas baris 8. Selanjutnya pilih perintah Windows|Freeze Panes untuk mengunci rentang sel A1:J7. Hanya bagian bawah layar yang sekarang dapat menggulir ke atas atau ke bawah.

Langkah 4: Memasukkan rumus sel

Informasi pemasok dan produk sekarang dapat dibuat secara otomatis dari tabel Pemasok dan Produk. Nomor catatan untuk pemasok dan setiap produk – disimpan dalam sel D2 dan H2 – adalah indeks kunci yang digunakan untuk menemukan detail relevan lainnya seperti alamat pemasok, harga produk, dan lain-lain. Tabel 7.1 harus digunakan untuk melengkapi formulir pesanan pembelian . Dalam model ini, pesanan dibatasi hingga delapan item, yaitu, hanya delapan baris (baris 26 hingga 33 pada Gambar 7.5) yang digunakan untuk detail produk. Jika diinginkan, jumlah item dapat diperpanjang hingga 15 dengan menyalin rumus yang sesuai ke dalam sel B34:I40.



Gambar 7.5 Membuat formulir pemesanan

Langkah 5: Menambahkan tombol

Seperti lembar kerja Judul, dua tombol harus ditambahkan di kanan atas Gambar 7.5 untuk memungkinkan pengguna (i) menghasilkan beberapa pesanan pembelian menggunakan tombol Simpan Pesanan (ii) keluar dari lembar kerja dan kembali ke menu utama menggunakan tombol Tutup. Perhatikan bahwa data input untuk pesanan saat ini akan dihapus dari layar ketika tombol Simpan Pesanan diklik. Untuk menambahkan dua tombol, ikuti instruksi yang sama dari Langkah 4 di bagian 'Membuat Layar Judul' di halaman 210. Sekali lagi, makro akan ditambahkan pada tahap selanjutnya ke tombol.

Cell	Formula	Copied to
B18	IF(D$2 = "", "", INDEX(Suppdata, D$2, 1))	
B19	IF(D$2 = "", "", INDEX(Suppdata, D$2, 2))	
B20	IF(D$2 = "", "", INDEX(Suppdata, D$2, 3))	
B21	IF(D$2 = "", "", INDEX(Suppdata, D$2, 4))	
B26	IF(J26 = "", "", INDEX(Prodata, J26, 1))	B27:B33
F26	IF(J26 = "", "", INDEX(Prodata, J26, 2))	F27:F33
G26	IF(J26 = "", "", INDEX(Prodata, J26, 3))	G27:G33
H26	IF(J26 = "", "", INDEX(Prodata, J26, 4))	H27:H33
I26	IF(J26 = "", "", E26*(1 + G26/100 – H26/100)*F26)	I27:I33
I41	SUM(I26:I33)	

Tabel 7.1 Pemrosesan pesanan pembelian – rumus lembar kerja.

Langkah 6: Melindungi lembar kerja OrderEntry

Sangat mudah bagi pengguna untuk melupakan bahwa sel-sel tertentu berisi rumus dan kemudian menimpanya secara tidak sengaja. Untuk mencegah kesalahan seperti itu terjadi, lembar kerja akan dilindungi, memungkinkan pengguna untuk memasukkan data hanya ke dalam sel yang memerlukan input pengguna. Sel input pengguna tersebut, biasanya disebut sel yang tidak terkunci, adalah: D2 (Nomor Pemasok), H2 (Nomor Produk), H12 (Nomor Pesanan), I14 (Tanggal pemesanan), J26:J33 (delapan nomor produk pengguna) dan E26:E33 (jumlah unit yang dipesan untuk setiap produk). Terakhir, rentang sel (B8:T8) pada baris 8 harus dibuka kuncinya (tidak terlindungi). Baris 8 telah dipilih secara sewenang-wenang sebagai area transfer sementara untuk data yang disalin dari lembar kerja pesanan pembelian ke lembar kerja Database.

Untuk membuka atau membuka proteksi sel, pertama-tama sorot sel yang relevan, pilih perintah Format|Cells|Protection, dan matikan opsi Terkunci (sel dikunci secara default). Ketika semua sel yang relevan telah dibuka, pilih perintah Tools|Protection|Protect Sheet dan klik OK. Sandi opsional sebaiknya diabaikan. Perintah ini melindungi seluruh lembar kerja dengan pengecualian sel yang tidak terkunci yang ditentukan di atas.

Langkah 7: Menyimpan lembar kerja Pesanan Pembelian

Bersihkan layar dengan menggunakan perintah Tools|Options|View untuk mematikan opsi untuk garis kisi dan judul baris/kolom; lalu pilih perintah View|Full Screen. Terakhir, simpan formulir Purchase Order dari Gambar 7.5, beri nama Order Entry. Hingga makro dibuat yang akan mentransfer data dari layar OrderEntry ke lembar kerja Database, tidak ada catatan database yang akan dibuat. Oleh karena itu, pengguna dapat membiasakan diri dengan lembar kerja pesanan pembelian dengan membuat pesanan pembelian sampel sebanyak yang mereka inginkan. Langkah selanjutnya bagaimana menunjukkan untuk menghasilkan pesanan pembelian.

Langkah 8: Menggunakan lembar kerja OrderEntry

Langkah terakhir adalah menggunakan formulir pesanan pembelian pada Gambar 7.5. Langkah-langkah berikut menjelaskan bagaimana pesanan pembelian dibuat.

- Gulir melalui kotak daftar Pemasok (terletak di bagian atas layar di sel B3:D6) dan klik nama pemasok, mis., Bed rock Company. Rincian alamat pemasok akan otomatis muncul di jendela pemasok (sel B18:E21).
- Masukkan nomor pesanan dan tanggal pesanan di sel H12 dan I14.
- Gulir melalui kotak daftar Produk (terletak di sel F3:H6) dan klik produk apa pun, mis., Lotus SmartSuite. Nomor produk untuk Lotus SmartSuite adalah 2 dan akan ditampilkan di sel H2. Ketika (nomor produk) 2 dimasukkan ke dalam sel J26, detail produk diisi secara otomatis pada baris 26, dengan pengecualian 'No. unit' di kolom E. Nilai ini harus dimasukkan oleh pengguna. Dalam hal ini, diperlukan 12 unit Lotus SmartSuite, sehingga nilai 12 dimasukkan ke dalam sel E26.
- Ulangi langkah di atas untuk sisa pesanan pembelian, pilih 'MS Works Suite (Produk No. 5) memesan 22 item, 'MS Encarta Encyclopedia' (Produk No. 10) memesan 25 item, dan lain-lain. Saat ini, sel H2 berisi nilai 14, yaitu nomor produk untuk aksesori 'Keranjang Tinta – HP DeskJet (warna)'. Ini adalah produk terakhir yang telah dimasukkan dalam pesanan pembelian.
- Sebuah produk dapat dihapus dari pesanan pembelian hanya dengan menghapus isi sel yang relevan di kolom E dan J. Misalnya, jika item 'MS Encarta' tidak diperlukan, maka hapus isi sel E28 dan J28 dan baris 28 akan menjadi kosong.
- Semua perhitungan, termasuk nilai total pesanan pembelian, dilakukan secara otomatis

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Order	Order	Supp.	<——— Nomor kode produk untuk 8 produk ———>								< Jumlah unit yang dipesan untuk setiap produk >							
2	No.	Date	Code	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
3																			
4	7891	04-Apr-0Y	3	2	5	10	14					12	22	25	50				
5	7566	22-Mar-0Y	1	11	2	5	9					25	10	15	30				
6	7120	03-Feb-0Y	4	3	7	5	9	10	12			25	10	15	35	22	17		
7	6891	21-Jan-0Y	4	11	1	6	9	4				16	21	5	20	10			
8	6541	19-Dec-0X	5	1	4							35	10						
9	3265	12-Nov-0X	2	4	5	3						20	10	5					
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20	– DATABASE dapat menerima hingga 50 catatan - disimpan dalam rentang sel A4:S53 - dan hingga 8 lini produk per pesanan.																		
21	– Untuk presentasi yang lebih jelas, rentang sel A4:S53 telah diberi nama 'Basedata'																		
22	– Lebar kolom saat ini ditetapkan sebagai A(8), B(9.5), C(5.5), kolom D hingga S(4.5).																		
23	– Parameter di atas dapat diatur sesuai kebutuhan.																		
24	Nomor kode Pemasok dan Produk mewakili posisi catatan di setiap tabel daftar.																		
25	*Untuk memahami pengaturan basis data, pertimbangkan detail catatan yang dimasukkan pada baris 8.*																		
26	Nomor Pesanan 6541, dibuat pada 19 Desember 200X, berkaitan dengan produk yang dipesan dari kode pemasok 5, yaitu Persediaan Tidak Terbatas.																		
27	Detail pesanan adalah:																		
28	35 unit kode produk nomor 1 (yaitu MS windows XP)																		
29	10 unit kode produk nomor 4 (yaitu Epson Stylus Color)																		
30																			

Gambar 7.6 Lembar kerja database berisi enam pesanan pembelian.

7.7 MENCIPTAKAN DATABASE DAN MAKROS YANG TERKAIT

Buka lembar kerja baru dan beri nama Database. Seperti lembar kerja Pemasok dan Produk, lembar kerja Database terdiri dari tabel sederhana dengan setiap baris menyimpan detail pesanan pembelian, yang sebagian besar berupa nomor kode. Gambar 7.6 berisi instruksi pemformatan untuk tabel data. Lebar kolom dan judul diberikan di bagian bawah spreadsheet, bersama dengan penjelasan tentang bagaimana setiap catatan disimpan dalam database. Menggunakan Gambar 7.6 sebagai template, salin informasi seperti yang ditunjukkan, mengabaikan format seperti menggarisbawahi, shading, dan lain-lain, (data dipusatkan di setiap sel).

Semua informasi database dihasilkan secara otomatis oleh sistem POP. Enam pesanan, yang sudah ada dalam database, telah dimasukkan semata-mata untuk tujuan demonstrasi. Dua baris teratas di lembar kerja menjelaskan tujuan setiap kolom. Baris 3 digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara untuk transfer data dari lembar kerja pesanan pembelian (yaitu, OrderEntry). Perhatikan bahwa lembar kerja Database memungkinkan rincian hanya delapan produk. Seperti dijelaskan di atas, jumlah ini dapat ditingkatkan (hingga 15 item produk) jika diinginkan.

Untuk menyederhanakan akses data dalam lembar kerja Database, rentang sel akan diberi nama, mirip dengan tabel Pemasok (Suppdata) dan Produk (Prodata). Namun, ada satu perbedaan utama antara isi database dan dua lembar kerja sebelumnya. Tabel Pemasok dan Produk berisi data yang relatif statis dengan penambahan dan modifikasi pada catatan yang ada jarang terjadi. Di sisi lain, data di lembar kerja Database bersifat dinamis dengan pesanan pembelian yang terus ditambahkan, diperbarui, dan akhirnya dihapus.

Karena jumlah catatan Database adalah variabel, rumus harus dibuat untuk secara dinamis mengubah daftar pesanan pembelian yang muncul di kotak daftar berikutnya. Rumus ini, bernama Data dasar, dapat didefinisikan dengan cara yang sama seperti tabel Suppdata dan Prodata. Setiap kali lembar kerja Database diakses melalui rumus Basdata, jumlah record saat ini akan dihitung oleh fungsi COUNTA. Perhatikan bahwa nilai 50 dan 19 yang muncul dalam rumus di bawah ini menunjukkan jumlah maksimum baris (data) dan kolom (bidang) dalam tabel Database.

- Buka lembar kerja 'Database', dan pilih perintah Insert|Name|Define untuk mengaktifkan kotak dialog Define Name.
- Masukkan nama 'Basedata' di kotak 'Names in Workbook:'. Selanjutnya, kosongkan isi kotak 'Refers to:' lalu masukkan rumus berikut:

  =OFFSET(Database!$A$1,3,0,COUNTA(OFFSET(Database!$A$1,3,0,50, 1)),19)
- Terakhir, klik tombol OK.

Fungsi COUNTA identik dengan fungsi COUNT kecuali fungsi tersebut menghitung jumlah sel yang tidak kosong, yaitu sel yang berisi teks, angka, atau nilai kesalahan. Sekarang saatnya untuk menghasilkan beberapa makro lagi. Tiga makro berikut akan dibuat dengan memasukkan instruksi VBA langsung ke modul makro. Perintah untuk memasukkan kode

makro adalah (i) Tools|Macro|Visual Basic Editor dan (ii) Insert|Module. Ketik kode Display OrderEntry seperti yang ditunjukkan di bawah ini ke dalam jendela kosong di sebelah kanan layar VBA. Setelah selesai, pilih perintah berikut (iii) File|Close dan Kembali ke Microsoft Excel.

- Tampilkan OrderEntry (menampilkan lembar kerja OrderEntry, yaitu memasukkan pesanan pembelian baru).
- CopyData (menyalin dan mentranspos rentang sel X1:X2 ke dalam rentang Y1:Y2; lalu menghapus isi rentang sel X1:X2).
- Copy OrderEntry (menyalin dan mentranspos sel X1:X2 isi lembar kerja OrderEntry ke lembar kerja Database).

Pengguna harus menyadari bahwa makro tidak memerlukan modulnya sendiri, yaitu beberapa makro dapat berbagi modul yang sama. Ketika satu makro telah dimasukkan, cukup masukkan baris kosong setelah pernyataan Sub Akhir dan lanjutkan mengetik kode VBA untuk makro lainnya. Sebuah garis akan muncul secara otomatis untuk membedakan antara setiap daftar makro. Nama makro yang berbagi satu modul akan tetap muncul di kotak daftar Makro.

Daftar Makro untuk Tampilan OrderEntry

Makro sederhana ini (i) membuka Entri Pesanan lembar kerja dan (ii) mengaktifkan bilah gulir vertikal.

```
Sub Display OrderEntry()
‘
‘ Display OrderEntry Macro
‘ Macro recorded 26/11/200X by Joe Soap
‘
‘ ***Displays worksheet purchase order “OrderEntry”
‘
Sheets(“OrderEntry”).Select
With ActiveWindow
.DisplayVerticalScrollBar=True
End With
End Sub
```

7.8 MAKRO UNTUK MENTRANSFER DATA KE DATABASE

Dua makro – CopyData dan Copy OrderEntry – mentransfer data dari formulir pemesanan (OrderEntry) ke database (Database). Karena lebih mudah untuk mentransfer data dari satu lembar kerja ke yang lain sebagai satu baris, baris 8 di lembar kerja OrderEntry digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara. CopyData makro melakukan dua fungsi utama: (i) menyalin dan mentranspos rentang sel vertikal, misalnyaJ26:J33, ke dalam rentang horizontal, misalnya E8:L8, dan (ii) menghapus data input saat ini dari lembar kerja OrderEntry, memungkinkan pengguna untuk membuat pesanan baru lebih lanjut. Fleksibilitas ini dicapai dengan menambahkan ARGUMENTS (parameter) ke makro. Argumen dikaitkan dengan

fleksibilitas, memungkinkan makro untuk digunakan dalam berbagai cara. Perlu dicatat bahwa makro yang berisi argumen tidak dapat muncul di kotak daftar Tetapkan Makro (digunakan untuk menetapkan makro ke tombol).

Saat membuat dua makro pertama, Maksimalkan Layar dan Pulihkan Default Layar, pengguna mungkin telah mengamati bahwa ada banyak aktivitas layar saat perintah makro dijalankan. Saat makro berjalan, pembaruan layar tersebut dapat disembunyikan dari tampilan pengguna dengan menggunakan perintah VBA, Aplikasi. Pembaruan Layar = Salah. Saat tampilan layar ditekan, makro berjalan lebih cepat dan pengguna tidak menyadari aktivitas makro. Fitur ini telah dimasukkan ke dalam makro Restore Screen Defaults (lihat daftar makro akhir bab) dan sekarang digunakan dalam makro CopyData di bawah ini.

Daftar Makro untuk CopyData

Dalam makro ini, tiga fitur perlu diklarifikasi.

1. Dalam istilah 'x1All' (lihat baris keenam makro terakhir), hurufnya adalah x=xmas, 1=last, All= Allow.
2. Baris yang sama, yaitu, 'Selection.PasteSpecial.....∇ ' diakhiri dengan spasi (simbol untuk spasi∇) diikuti dengan simbol garis bawah ( ). Dua karakter ini (∇)harus digunakan ketika pernyataan panjang dibagi menjadi dua (atau lebih) baris.
3. Rentang sel yang memiliki nilai yang sama, misalnya, B8:B8, mewakili satu sel. Misalnya, perintah CopyData berikut menyalin sel H12 ke sel B8:

Salin Data X1:=“H12”,X2:=“H12”,Y1:=“B8”,Y2:=“B8”

```
Sub CopyData(X1, X2, Y1, Y2)
    ‘
    ‘ Macro recorded 02-12-200X by Joe Soap
    ‘***Menyalin dan mentranspos rentang sel (X1:X2) ke dalam rentang (Y1:Y2) dan kemudian
    ‘***membersihkan isi jangkauan sel (X1:X2)
    ‘***The “Fitur Pembaruan Layar” menyembunyikan tindakan makro dari pengguna
    ‘
    Application.ScreenUpdating=False
    Range(X1, X2).Select
    Selection.Copy
    Range(Y1, Y2).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=x1All, Operation:=xlNone,
    SkipBlanks:=False, Transpose:=True
    Application.CutCopyMode=False
    ‘***Clear the contents of cell range (X1:X2)
    Range(X1,X2).ClearContents
    End Sub
```

Bagian dari makro CopyData dapat dibuat secara otomatis dengan menggunakan penekanan tombol.

- Buka buku kerja Pembelian dan pilih lembar kerja baru. Masukkan huruf A,B,C,D ke dalam sel A1:A4.
- Mulai merekam makro dengan memilih perintah Tools|Macro|Record New Macro. Masukkan nama makro CopyData dan deskripsi (seperti yang diperlihatkan dalam daftar makro di atas) ke dalam kotak dialog makro.
- Sorot rentang sel A1:A4 dan klik pada tab Edit. Kemudian klik opsi Salin. Selanjutnya, klik di sel C5. Klik tab Edit lagi, dan klik opsi Tempel Spesial.
- Kotak dialog Tempel Spesial sekarang muncul dengan tombol Semua default sudah diaktifkan. Klik kotak Transpose di bagian bawah layar dialog dan kemudian klik OK. Huruf A,B,C,D sekarang harus disalin ke dalam sel C5:F5.
- Berhenti merekam dengan mengeklik kotak biru di sebelah kiri bilah alat 'Berhenti merekam'.

Untuk mencetak salinan makro, pilih perintah Alat|Makro|Makro..., lalu pilih makro SalinData dan klik tombol Edit. Hasil cetak harus berisi kode yang mirip dengan daftar CopyData di atas. Ubah CopyData makro yang dihasilkan secara otomatis sehingga persis sama dengan daftar. Nama makro apa pun yang berisi argumen, seperti versi CopyData yang dimodifikasi, tidak akan muncul di kotak dialog (i) Makro atau (ii) Tetapkan kotak daftar Makro (digunakan untuk menetapkan makro ke tombol). Oleh karena itu praktis untuk menyimpan makro 'berargumen' dalam modul yang sama dengan prosedur lain yang menggunakannya.

Daftar Makro untuk Menyalin OrderEntry

Makro terakhir dalam sesi ini, Salin OrderEntry, mentranspos dan mentransfer data dari berbagai sel di lembar kerja OrderEntry dan menempatkannya di baris 8 yang tidak digunakan, yaitu, dalam rentang sel B8:T8. Baris 8 digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara karena lebih mudah untuk memindahkan data dari satu lembar kerja ke lembar kerja lainnya sebagai baris yang bersebelahan. Makro kemudian mentransfer (memotong) rentang sel ini ke lembar kerja Database di mana ia menyisipkan baris kosong untuk mencegah penimpaan detail pesanan. Setelah membuat pesanan, pengguna memiliki opsi untuk keluar tanpa menyimpan pesanan dengan menggunakan tombol Tutup. Pada tahap ini, lebih mudah memasukkan instruksi VBA dengan tangan ke dalam modul makro daripada menggunakan perekam makro. Sekali lagi, logika instruksi VBA harus jelas. Komentar telah dimasukkan sebagai pedoman.

```
Sub Copy OrderEntry()
‘
‘ Copy OrderEntry Macro
‘ Macro recorded 02-12-200X by Joe Soap
‘
```

```
'*** Mentransfer input pengguna dari lembar OrderEntry ke lembar Database.
'***Baris 8 di lembar kerja OrderEntry dipilih secara sewenang-wenang sebagai sementara
'***transfer line (lebih mudah untuk memindahkan data sebagai satu baris yang berdekatan)'
'***Transfer nomor Pesanan (sel H12), tanggal Pesanan (sel I14), dan
'*** Nomor kode pemasok (sel D2) ke dalam sel B8, C8, D8
‘
CopyData X1:=“H12”, X2:=“H12”, Y1:=“B8”, Y2:=“B8”
CopyData X1:=“I14”, X2:=“I14”, Y1:=“C8”, Y2:=“C8”
CopyData X1:=“D2”, X2:=“D2”, Y1:=“D8”, Y2:=“D8”‘
'***Transpose dan transfer 8 nomor produk (J26:J33) ke dalam sel (E8:L8)
'***Jumlah lini produk dapat ditingkatkan menjadi 15 jika diinginkan
CopyData X1:=“J26”, X2:=“J33”, Y1:=“E8”, Y2:=“L8”‘
‘***Transpose dan transfer 8 “No. Unit yang Dipesan” (E26:E33) ke dalam sel (M8:T8)
‘***Jika jumlah lini produk diubah, ubah juga dua baris CopyData
CopyData X1:=“E26”, X2:=“E33”, Y1:=“M8”, Y2:=“T8”‘
'***Transfer baris 8 (lembar "OrderEntry") ke baris 3 (Lembar kerja "Database")
Range(“B8:T8”).Cut Sheets(“Database”).Range(“A3”)
'***Sisipkan baris kosong di database - untuk mencegah menimpa pesanan saat ini
Sheets.(“Database”).Range(“A3”).EntireRow.Insert
End Sub
```

Simpan buku kerja Pembelian.

Makro di atas – bersama dengan prosedur yang dibuat sebelumnya – memberikan total lima makro. Modul makro tidak muncul di buku kerja Pembelian tetapi diakses melalui Editor VBA.

7.9 MENAMBAHKAN MAKRO KE TOMBOL

Excel memiliki dua makro yang dicadangkan secara khusus – Buka Otomatis dan Tutup Otomatis. Jika ada makro bernama Buka Otomatis di buku kerja, makro tersebut berjalan secara otomatis saat buku kerja dibuka. Demikian pula, jika buku kerja berisi makro bernama Tutup Otomatis, itu berjalan secara otomatis sebelum buku kerja ditutup. Sistem POP hanya akan menggunakan makro Buka Otomatis untuk membuka layar judul dan menyembunyikan aktivitas layar dari pengguna. Dua makro sederhana berikut ini dimasukkan secara manual ke dalam lembar kerja makro.

Daftar Makro untuk Buka Otomatis

```
Sub Otomatis Buka()
‘
‘Auto Open Macro
```

```
'*** Secara otomatis menampilkan layar Judul saat buku kerja Pembelian dibuka.
'*** Perintah "Pembaruan Layar" menyembunyikan tindakan makro dari pengguna
‘***from EXCEL, use Application.Quit instead of
ActiveWorkbook.Close)
ActiveWorkbook.Save ActiveWorkbook.Close
End Sub
```

Tujuh makro sejauh ini telah dibuat dalam sistem POP. Mereka sekarang dapat ditetapkan ke tombol di lembar kerja Judul dan OrderEntry dengan mengikuti instruksi di bawah ini.

- Aktifkan lembar kerja Judul dengan mengklik tabnya.
- Tempatkan kursor di tombol 'Masukkan pesanan pembelian baru' dan klik tombol kanan. Menu pintasan tombol sekarang akan muncul.
- Klik pada opsi Assign Macro...untuk membuka kotak dialog Assign Macro.... Daftar harus berisi enam makro (makro yang hilang adalah CopyData yang berisi argumen dan oleh karena itu dihilangkan dari daftar).
- Klik makro Display OrderEntry untuk menetapkannya ke tombol 'Masukkan pesanan pembelian baru', lalu klik OK.
- Klik di suatu tempat di luar tombol untuk menonaktifkan menu pintasan tombol.
- Klik tombol 'Masukkan pesanan pembelian baru' lagi dan layar OrderEntry akan muncul.
- Ulangi langkah-langkah di atas untuk menetapkan (i) makro Copy OrderEntry ke tombol 'Save order' (ii) Maksimalkan Screenmakrotothe'Close'tombol-kedua tombol berada di lembar OrderEntry.
- Ketika makro yang relevan telah ditetapkan ke dua tombol ini, klik tombol 'Tutup' untuk kembali ke layar Judul.
- Layar Judul sekarang menempati hampir semua layar. Untuk kembali ke format layar asli, tetapkan makro 'Pulihkan Default Layar' ke tombol 'Pulihkan layar Excel asli'.
- Terakhir, tetapkan makro 'Simpan Keluar' ke tombol 'Simpan dan keluar', dan ketika tugas ini telah selesai, klik tombol 'Simpan dan keluar' untuk mengakhiri sesi saat ini.

7.10 MENGUBAH PESANAN PEMBELIAN

Terkadang, pesanan pembelian harus diubah. Peningkatan penjualan yang tiba-tiba dan tidak terduga mungkin berdampak langsung, menyebabkan penyesuaian kembali dalam detail pesanan pembelian. Perubahan pemerintah dalam tingkat PPN dapat memerlukan perubahan pada data PPN yang disimpan dalam sistem POP, seperti halnya diskon produk yang merupakan kejadian sehari-hari di dunia bisnis saat ini. Amandemen termasuk mengubah, menghapus, atau menambahkan item ke pesanan pembelian. Dua fungsi POP terakhir yang akan dikembangkan adalah opsi Ubah dan Cetak. Opsi Amend adalah modifikasi

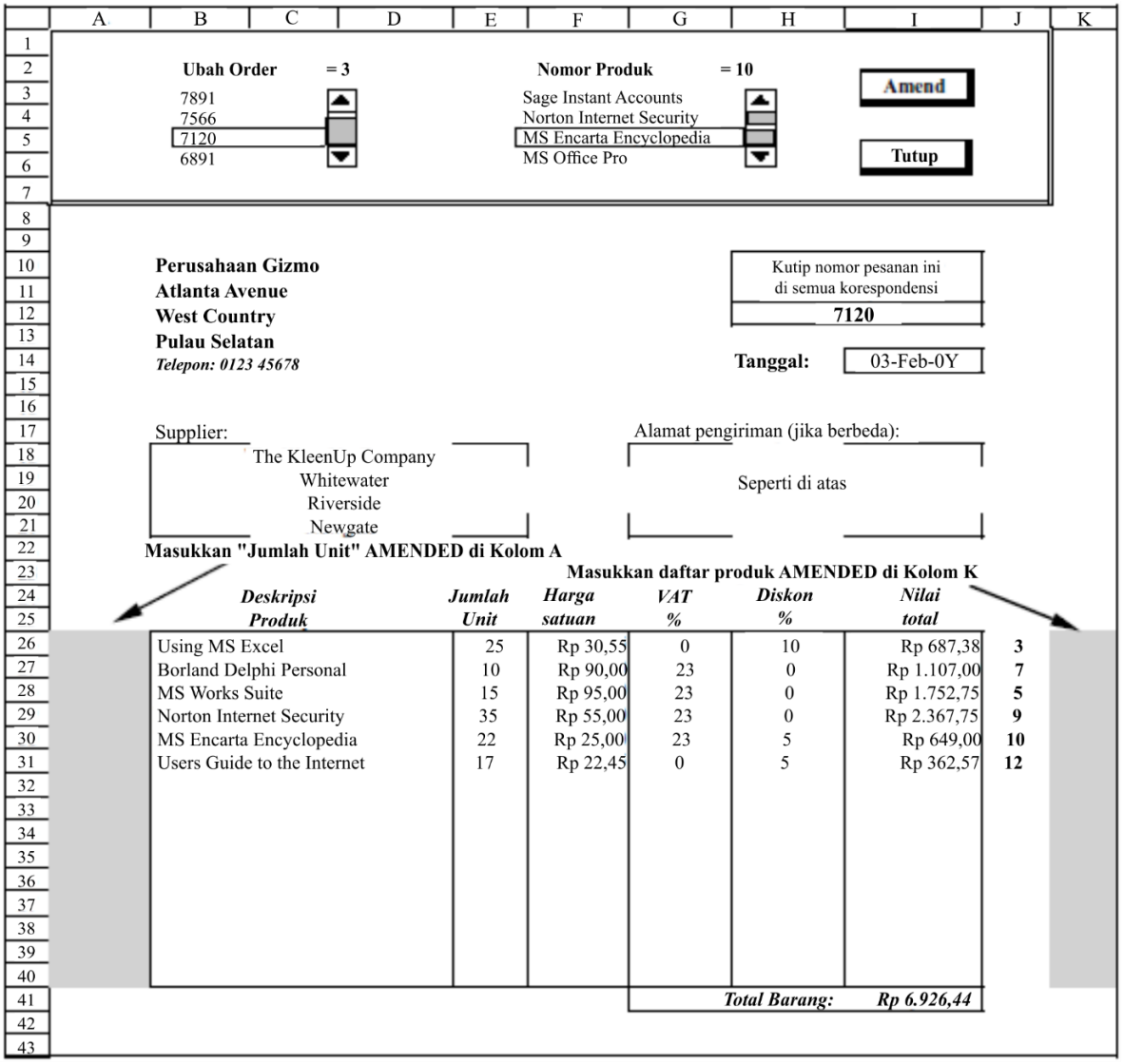
dari lembar kerja OrderEntry, jadi tugas pertama adalah membuat salinan lembar kerja OrderEntry di Sheet6 dan mengganti nama lembar AmendOrder. Sebelum perubahan dapat dilakukan pada AmendOrder, itu harus tidak dilindungi dengan menggunakan perintah Tools|Protection|Unprotect Sheet. Lebar kolom di lembar kerja Amend Order sama dengan yang ada di lembar kerja OrderEntry.

- Tempatkan kursor di kotak daftar Pemasok. Klik tombol kanan mouse untuk mengaktifkan menu pintasan dan pilih opsi Format Control....
- Kotak dialog Format Control... sekarang muncul menampilkan: (i) Input Range: Suppdata (ii) Cell Link: D2. Ubah data ini menjadi (i) Input Range: Basdata (ii) Cell Link: D2 lalu klik OK.
- Daftar nomor pesanan pembelian sekarang seharusnya menggantikan nama pemasok di kotak daftar. Kurangi ukuran kotak daftar Pesanan menggunakan salah satu pegangannya (kotak hitam kecil yang terletak di sekeliling objek) lalu klik di mana saja di luar kotak daftar untuk menonaktifkan menu pintasannya.
- Ubah isi sel C2 dari 'Supplier No.=' menjadi 'Amend Order='.

Langkah 2: Mengganti nama tombol 'Simpan Pesanan'

Langkah selanjutnya adalah mengganti nama objek 'Simpan Pesanan' (yaitu, tombol) sebagai tombol 'Amandemen', seperti yang ditunjukkan pada lembar kerja Ubah Pesanan pada Gambar 7.7.

- Tempatkan kursor di objek 'Simpan Pesanan' dan klik tombol kanan mouse untuk mengaktifkan menu pintasan.
- Pilih opsi Format Control... dan ketika kotak dialog muncul, klik tombol OK. Perimeter tombol sekarang harus disorot, menunjukkan bahwa itu dalam mode edit.
- Tempatkan kursor di dalam tombol dan ubah deskripsi 'Simpan Pesanan' menjadi 'Ubah'.
- Kurangi ukuran tombol dengan mengaktifkan bingkai tombol dan kemudian menggunakan pegangan objek.
- Nonaktifkan menu pintasan dengan mengklik di mana saja di luar objek.



Gambar 7.7 Lembar kerja AmendOrder dengan pesanan yang diambil 7120.

Langkah 3: Mengambil data dari lembar kerja

Rumus sel harus diubah pada Gambar 7.7 untuk mengambil data yang tersimpan dari lembar kerja Database dan Produk, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.2. Indeks kunci, yang menunjukkan lokasi rekaman di lembar kerja Database, terdapat di sel D2 lembar AmendOrder.

Langkah 4: Melindungi lembar kerja AmendOrder

Worksheet AmendOrder sekarang harus diproteksi. Sel input pengguna yang sebelumnya tidak dikunci E26:E33 dan J26:J33 akan dikunci terlebih dahulu karena berisi data yang sudah disimpan dalam Database. Sorot setiap rentang sel, dan menggunakan perintah Format|Sel|Perlindungan, aktifkan opsi Terkunci. Sel USER INPUT yang baru adalah A26:A33 dan K26:K33. Buka kunci sel-sel ini dengan menggunakan perintah di atas tetapi matikan opsi

Terkunci. Terakhir, pilih perintah Tools|Protection|Protect Sheet untuk melindungi lembar kerja AmendOrder dan klik OK. Sekali lagi, kata sandi opsional sebaiknya diabaikan.

Cell	Formula	Copied to
H12	INDEX(Basedata, D2, 1)	
I14	INDEX(Basedata, D2, 2)	
B18	INDEX(Suppdata, INDEX(Basedata, D2, 3), 1)	
B19	INDEX(Suppdata, INDEX(Basedata, D2, 3), 2)	
B20	INDEX(Suppdata, INDEX(Basedata, D2, 3), 3)	
B21	INDEX(Suppdata, INDEX(Basedata, D2, 3), 4)	
B26	IF(J26 = 0, IF(K26 = 0, "", INDEX(Prodata, K26, 1)), INDEX(Prodata, J26, 1))	B27:B33
F26	IF(J26 = 0, IF(K26 = 0, "", INDEX(Prodata, K26, 2)), INDEX(Prodata, J26, 2))	F27:F33
G26	IF(J26 = 0, IF(K26 = 0, "", INDEX(Prodata, K26, 3)), INDEX(Prodata, J26, 3))	G27:G33
H26	IF(J26 = 0, IF(K26 = 0, "", INDEX(Prodata, K26, 4)), INDEX(Prodata, J26, 4))	H27:H33
I26	IF(E26 = "", "", E26*F26*(1 + (G26 – H26)/100))	I27:I33
I41	SUM(I26:I33)	
*E26	IF(J26 = 0, "", INDEX(Basedata, D$2, 12))	E27:E33
*J26	INDEX(Basedata, D$2, 4)	J27:J33
E26	IF(J26 =0, "", INDEX(Basedata, D$2, 12))	
E27	IF(J27 = 0, "", INDEX(Basedata, D$2, 13))	
E28	IF(J28 = 0, "", INDEX(Basedata, D$2, 14))	
.....etc. down to cell E33		
E33	IF(J33 = 0, "", INDEX(Basedata, D$2, 19))	
J26	INDEX(Basedata, D$2, 4)	
J27	INDEX(Basedata, D$2, 5)	
J28	INDEX(Basedata, D$2, 6)	
.....etc. down to cell J33		
J33	INDEX(Basedata, D$2, 11)	

* Dua baris ini perlu klarifikasi lebih lanjut. Template yang diperluas menunjukkan pola perubahan rumus dalam sel E27:E33 dan J27:J33. Satu-satunya karakter yang harus diubah dalam setiap rumus adalah: (i) Sel E26 – angka 26 dalam J26 dan angka 12 dalam rumus INDEX (ii) Sel J26 – angka 4 dalam rumus INDEX.

Tabel 7.2 Mengubah pesanan pembelian – formula lembar kerja.

Langkah 5: Membuat dua makro baru

Dua makro lainnya dibuat untuk melengkapi fasilitas AmendOrder. Seperti lembar kerja AmendOrder itu sendiri, mereka adalah modifikasi dari objek yang sudah ada, yaitu makro Display OrderEntry dan Copy OrderEntry. Dalam situasi ini, modifikasi makro sangat mudah. Makro baru disebut Display AmendOrder dan Copy AmendOrder.

Daftar Makto untuk Tampilan AmendOrder

```
Sub Display AmendOrder()
'
```

```
‘Display AmendOrder Macro
‘Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap
‘
‘***Tampilkan worksheet amend order “AmendOrder”
‘
Sheets(“AmendOrder”).Select
With ActiveWindow
.DisplayVerticalScrollBar=True
End With
End Sub
```

Daftar Makto untuk Copy AmendOrder

```
Sub Copy AmendOrder()
‘
‘ Copy AmendOrder Macro
‘ Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap
‘
‘***Menyalin input pengguna dari lembar AmendOrder ke lembar Database.
‘***Garis 8 di lembar kerja AmendOrder dipilih secara sewenang-wenang sebagai sementara
‘***transfer line (it is easier to transfer a single line over to another sheet)
‘
‘***Transpose dan transfer nomor produk (K26:K33) ke dalam sel (E8:L8)
‘***Perhatikan bahwa no. lini produk dapat ditingkatkan menjadi 15 jika diinginkan
    CopyData X1:=“K26”, X2:=“K33”, Y1:=“E8”, Y2:=“L8”
‘
‘***Transpose dan transfer yang DIUBAH “No. of Units Ordered” (A26:A33)
‘*** into cells (M8:T8) CopyData X1:=“A26”, X2:=“A33”, Y1:=“M8”, Y2:=“T8”
‘
‘***Transfer row 8 (“AmendOrder” sheet) ke lembar “Database”
‘***baris yang benar untuk diubah di lembar "Database", gunakan indeks pesanan yang diubah
‘***number (in cell D2 of “AmendOrder” sheet) ...(kolom yang benar is 4, i.e., D)
‘
Range(“E8:T8”).Select
Selection.Cut
CorrectRow=Range(“D2”).Value+3
Sheets(“Database”).Select
Cells(CorrectRow,4).Select ActiveSheet.Paste
‘
```

```
'***Return to the "AmendOrder" worksheet
Display AmendOrder
End Sub
```

Langkah 6: Menetapkan tombol

Kedua makro ini sekarang akan ditetapkan ke tombol. Makro Salin AmandOrder ditetapkan ke tombol Ubah di lembar kerja AmandOrder, dan makro Tampilkan AmandOrder ditetapkan ke tombol 'Ubah pesanan pembelian' di lembar kerja Judul. Perhatikan bahwa tombol Tutup di lembar kerja AmendOrder tidak memerlukan modifikasi karena makro Maksimalkan Layar yang ditetapkan sebelumnya adalah OK. Jika bantuan diperlukan, kembali ke bagian sebelumnya, berjudul 'Menambahkan makro ke tombol'.

Langkah 7: Menggunakan lembar kerja AmendOrder

Terakhir, untuk mendemonstrasikan bagaimana lembar kerja AmendOrder beroperasi, periksa rincian Pesanan Pembelian nomor 7120 yang ditunjukkan pada Gambar 7.7. Misalkan urutan perlu dimodifikasi sebagai berikut:

Menggunakan MS Excel	– jumlah unit ditingkatkan dari 25 menjadi 30
Borland Delphi Personal	– Oke
MS Works Suite	– jumlah unit ditingkatkan dari 15 menjadi 25
Norton Internet Security	– jumlah unit ditingkatkan dari 35 menjadi 40
MS Encarta Encyclopedia	– Hapus item yang tidak diinginkan ini!
Panduan Pengguna untuk Internet	– OK

Semua nilai yang relevan dimasukkan dalam kolom A dan K:

- Item OK: Jika detail item OK, cukup masukkan nilai yang sama di kolom A dan K.
- Memodifikasi item: Jika item akan dimodifikasi, masukkan detail yang diubah.
- Menghapus item: Jika item akan dihapus baik (i) menimpa sel yang sesuai di kolom A dan K dengan rincian item lain (lihat item yang tidak diinginkan 'MS Encarta Encyclopedia' pada Gambar 7.8), atau (ii) tinggalkan A , sel K kosong. Item yang sel A,K-nya kosong akan dihapus.
- Menambahkan item: Jika item akan ditambahkan, (i) masukkan detail item baru di kolomA danKatakhirdaftarsaatiniatau(ii)timpa sel item yang tidak diinginkan dengan detail item baru.

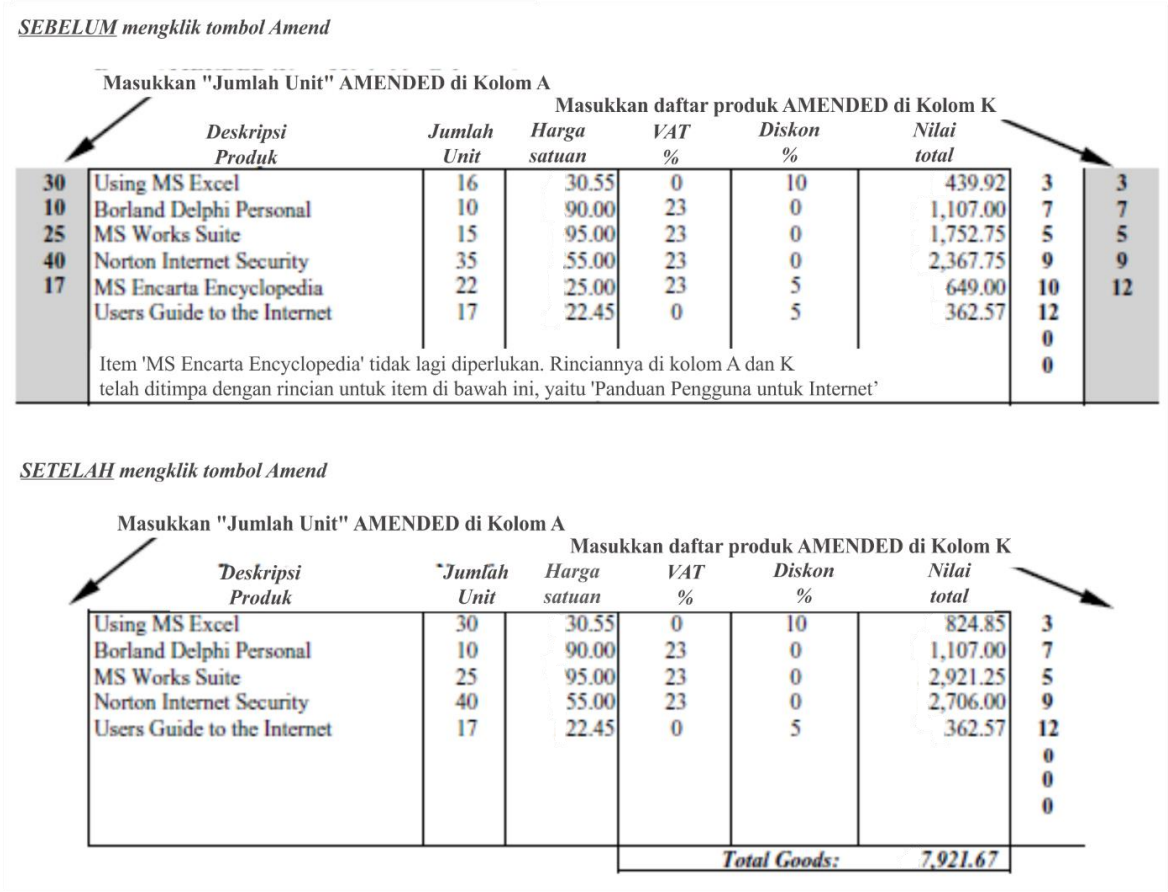
Dua diagram pada Gambar 7.8 menunjukkan bagian dari nomor pesanan pembelian 7120 (i) dengan nilai yang diubah dimasukkan dalam kolom A dan K SEBELUM tombol Ubah diklik (ii) SETELAH tombol Ubah diklik. Biasanya lebih mudah bereksperimen dengan aplikasi untuk melihat cara kerjanya, daripada membaca catatan penjelasan!

7.11 CETAK PESANAN PEMBELIAN

Lembar kerja Print Order adalah versi modifikasi dari lembar kerja AmendOrder. Oleh karena itu, tugas pertama yang harus dilakukan adalah menyalin lembar AmendOrder (Gambar 7.7) ke dalam Sheet7 dan mengganti nama lembar kerja baru ini dengan PrintOrder.

Langkah 1: Memodifikasi kotak daftar Seperti pada AmendOrder di bagian sebelumnya, langkah selanjutnya adalah memodifikasi objek di bagian atas lembar kerja.

- Hapus kotak daftar Produk sebagai berikut. Tempatkan kursor di kotak daftar dan klik tombol kanan mouse untuk mengaktifkan menu pintasan. Klik perintah Hapus.
- Pindahkan kotak daftar Amend Order ke tengah dan masukkan deskripsi 'Print Order =' di sel E2.
- Tempatkan kursor di kotak daftar Pesanan Cetak yang baru dibuat dan aktifkan menu pintasannya. Pilih opsi Kontrol Format....
- Kotak dialog Kontrol Format sekarang menampilkan: (i) Rentang Input: Basdata (ii) Tautan Sel: D2. Ubah isi Cell Link dari D2 menjadi F2 lalu klik OK.
- Hapus konten sel C2 dan D2, mis., Ubah Urutan=3.
- Atur ulang tombol seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.9, ganti nama tombol Ubah menjadi tombol Cetak.
- Terakhir, hapus detail AmendOrder dari rentang sel B22:I23, A26:A33, K26:K33, menggunakan perintah Edit|Clear|All. Lembar kerja PrintOrder sekarang akan terlihat seperti Gambar 7.9.



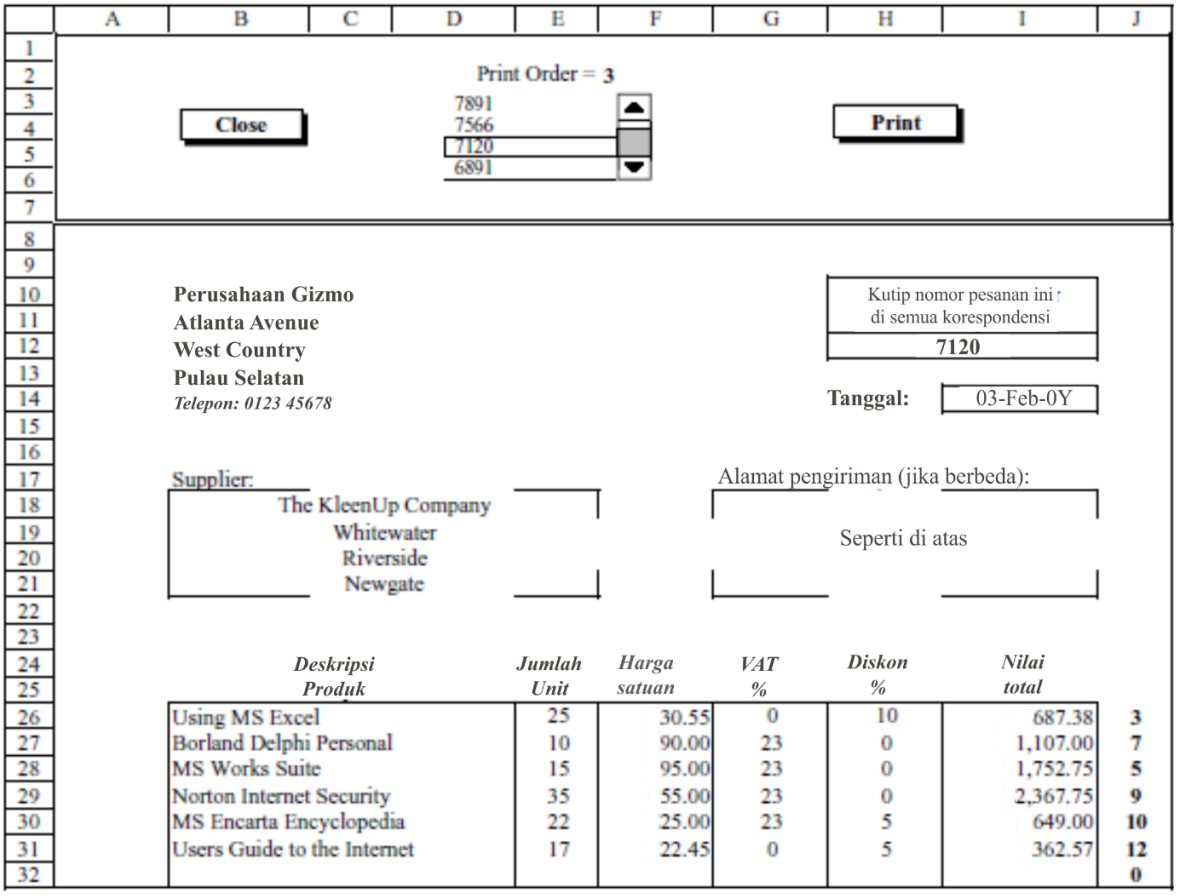
Gambar 7.8 Amandemen pesanan no. 7120: SEBELUM & SETELAH

Langkah 2: Membuat dua makro baru

Untuk melengkapi sistem POP, dua makro sederhana sekarang dibuat untuk (i) menampilkan layar PrintOrder dan (ii) untuk mencetak pesanan pembelian. Makro Print Purchase Order kemudian ditetapkan ke tombol Print di lembar kerja PrintOrder sementara makro Display PrintOrder ditetapkan ke tombol 'Cetak pesanan pembelian' di lembar kerja Judul.

Daftar Makro untuk Display PrintOrder

```
Sub Display PrintOrder()
‘
‘Display PrintOrder
‘Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap
‘
‘***Displays the ‘PrintOrder’ worksheet
‘
Sheets(“PrintOrder”).Select
With ActiveWindow
.DisplayVerticalScrollBar=True
End With
End Sub
```



Gambar 7.9 Lembar kerja PrintOrder.

Daftar Makro untuk Print PurchaseOrder

```
Sub Print PurchaseOrder()
‘
‘Print PurchaseOrder ‘Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap
‘
‘***Mencetak pesanan pembelian yang ditampilkan di “PrintOrder” worksheet
‘
Sheets(“PrintOrder”).Select
Range(“A8:I42”).Select
Selection.PrintOut Copies:=1
End Sub
```

7.12 MELINDUNGI APLIKASI POP DATABASE

Untuk mencegah sistem POP ditimpa secara tidak sengaja, lindungi setiap lembar kerja – dengan pengecualian penting dari lembar kerja Database – memastikan bahwa semua sel input pengguna pertama kali dibuka kuncinya! Ingat bahwa sel yang dilindungi tidak dapat

diubah. Karena lembar kerja Database berubah setiap kali pesanan baru dibuat atau pesanan yang sudah ada diubah, Database harus tetap tidak terlindungi. Jika diperlukan, lembar kerja Database dapat disembunyikan dari pandangan pengguna dengan menggunakan perintah Format|Sheet|Hide. Daftar lengkap dari sebelas makro yang digunakan dalam sistem Pemrosesan Pesanan Pembelian sekarang berikut.

Sub Maximise Screen()

```
‘
‘Maximise Screen Macro ‘Macro recorded 22-11-200X by Joe Soap
‘
‘***Maximises screen area dan kemudian menampilkan layar judul
‘
Sheets(“Title”).Select
Application.DisplayFullScreen=True
With ActiveWindow
.DisplayHeadings=False
.DisplayHorizontalScrollBar=False
.DisplayVerticalScrollBar=False
.DisplayWorkbookTabs=False
End With
Range(“A1”).Select
End Sub
‘
```

Sub Restore Screen Defaults()

```
‘Restore screen Defaults Macro
‘Macro recorded 22-11-20X by Joe Soap
‘
‘***Restores tampilan layar normal
‘***Command “Screen Updating” menyembunyikan aktivitas makro dari pengguna
Application.ScreenUpdating=False Application.DisplayFullScreen=False
With ActiveWindow
.DisplayHeadings=True
.DisplayHorizontalScrollBar=True
.DisplayVerticalScrollBar=True
.DisplayWorkbookTabs=True
End With
End Sub
‘
```

Sub Display OrderEntry()

```
‘Display OrderEntry Macro ‘Macro recorded 26-11-200X by Joe Soap
```

```
‘
‘***Menampilkan lembar kerja pesanan pembelian “OrderEntry”
‘
Sheets(“OrderEntry”).Select With ActiveWindow
.DisplayVerticalScrollBar=True
End With
End Sub
‘
```

Sub CopyData(X1, X2, Y1, Y2)

```
‘CopyData Macro( X1, X2, Y1, Y2)
‘Macro recorded 02-12-200X by Joe Soap
‘
‘Copy dan transposes cell range (X1:X2) ke range (Y1:Y2)
‘
‘***The “Screen Updating” fitur menyembunyikan tindakan makro dari pengguna
Application.ScreenUpdating=False
Range(X1, X2).Select
Selection.Copy
Range (Y1, Y2).Select
Selection.PasteSpecial Paste=x1All, Operation:=xlNone,
SkipBlanks:=False, Transpose:=True
Application.CutCopyMode=False
‘***Clear contents of cell range (X1:X2)
Range(X1, X2).ClearContents
End Sub
‘
```

Sub Copy OrderEntry()

```
‘Copy OrderEntry Macro ‘Macro recorded 02-12-200X by Joe Soap
‘
‘Mentransfer input user dari lembar OrderEntry ke lembar Database.
‘Baris 8 di worksheet OrderEntry dipilih secara sewenang-wenang sebagai sementara
‘transfer line (it is easier to move data as a single contiguous row)
‘
‘***copy Order number(cell H12), the Order date (cell I14), and
‘***Supplier code number (cell D2) ke cells B8,C8,D8
   CopyData X1:=“H12”, X2:=“H12”, Y1:=“B8”, Y2:=“B8”
   CopyData X1:=“I14”, X2:=“I14”, Y1:=“C8”, Y2:=“C8”
   CopyData X1:=“D2”, X2:=“D2”, Y1:=“D8”, Y2:=“D8”
‘***Copy dan transpose 8 nomor produk pertama (J26:J33) ke cells (E8:L8)
```

```
‘***Jumlah lini Produk dapat ditingkatkan menjadi 15 jika diinginkan
   CopyData X1:=“J26”, X2:=“J33”, Y1:=“E8”, Y2:=“L8”
‘***Copy and transpose the 8 “No. of Units Ordered” (E26:E33) into cells (M8:T8)
‘***Jika jumlah lini produk diubah, modifikasi juga dua baris CopyData
   CopyData X1:=“E26”, X2:=“E33”, Y1:=“M8”, Y2:=“T8”
‘***Transfer row 8 (“OrderEntry” sheet) to row 3 (“Database” worksheet)
   Range(“B8:T8”).CutSheets(“Database”).Range(“A3”)
‘***Insert Jika jumlah lini produk diubah, modifikasi juga dua baris CopyData
   Sheets(“Database”).Range(“A3”).EntireRow.Insert
End Sub
Sub Auto Open()
‘Auto Open Macro
‘***Secara otomatis menampilkan layar Judul ketika workbook PURCHASE terbuka
‘*** Fitur “Screen Updating” menyembunyikan tindakan makro dari user
‘
Application.ScreenUpdating=False
Maximise Screen
End Sub
‘
Sub Save Quit()
‘Save Quit Macro
‘Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap ‘
‘***Sebelum meninggalkan sistem POP, pulihkan layar Excel ke format aslinya Restore
Screen Defaults
‘***Dua baris berikut SAVE dan CLOSE buku kerja (untuk keluar sepenuhnya
‘***dari EXCEL, gunakan Application.Quit dari pada ActiveWorkbook.Close)
ActiveWorkbook.Save
ActiveWorkbook.Close
End Sub
‘
```

Sub Display AmendOrder()

```
‘Display AmendOrder Macro ‘Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap
‘
‘Displays the AMEND order worksheet “AmendOrder”
‘
Sheets(“AmendOrder”).Select
With ActiveWindow
.DisplayVerticalScrollBar=True
End With
```

```
End Sub
‘
```

Sub Display PrintOrder()

```
‘Display PrintOrder Macro ‘Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap
‘
‘Displays the “PrintOrder” worksheet
‘
Sheets(“PrintOrder”).Select
With ActiveWindow
.DisplayVerticalScrollBar=True
End With
End Sub
```

Sub Copy AmendOrder()

```
‘Copy AmendOrder Macro
‘Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap
‘
‘Copy user input dari lembar AmendOrder ke lembar Database.
‘Line 8 di worksheet AmendOrder dipilih secara sewenang-wenang sebagai sementara
‘transfer line (ini mempermudah transfer satu baris ke lembar lain)
‘
‘***Transpose dan transfer jumlah product (cells K26:K33) ke cells E8:L8
   CopyData X1:=“K26”, X2:=“K33”, Y1:=“E8”, Y2:=“L8”
‘***Transpose dan transfer the AMENDED “no. Pada unit ordered” (cells A26:A33)
‘***into cells M8:T8
   CopyData X1:=“A26”, X2:=“A33”, Y1:=“M8”, Y2:=“T8”
‘
‘***Transfer row 8 (“AmendOrder” sheet) ke “Database” worksheet.
‘***baris yang benar untuk diubah di ubah pada lembar“Database”, gunakan index amended order
‘***number (di cell D2 of “AmendOrder” sheet) ...(kolom yang benar adalah 4, i.e., D)
‘
   Range(“E8:T8”).Select
   Selection.Cut
   CorrectRow=Range(“D2”).Value+3
   Sheets(“Database”).Select
   Cells(CorrectRow, 4).Select
   ActiveSheet.Paste
‘
‘***Kembali ke worksheet ‘AmendOrder’
```

```
    Display AmendOrder
End Sub
‘
```

Sub Print PurchaseOrder()

```
‘Print PurchaseOrder Macro
‘Macro recorded 04-12-200X by Joe Soap
‘***Prints out purchase order yang ditampilkan di “PrintOrder” worksheet
‘
    Sheets(“PrintOrder”).Select
    Range(“A8:I42”).Select
    Selection.PrintOut Copies:=1
End Sub
```

7.13 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Fungsi Excel TRANSPOSE muncul untuk pertama kalinya dalam bab ini. Itu ditemukan di CopyData makro dan diaktifkan dengan menggunakan perintah Transpose: = True. Namun, fungsi TRANSPOSE tidak terbatas pada makro dan juga dapat diterapkan dengan berguna ke spreadsheet apa pun seperti yang dijelaskan di bawah ini. Fungsi TRANSPOSE ditemukan di bawah kategori fungsi 'Pencarian & Referensi'.

TRANSPOSE: TRANSPOSE (array) mengembalikan transpose array, yaitu, mengubah array kolom menjadi array baris dan sebaliknya. Fungsi TRANSPOSE harus dimasukkan sebagai rumus array. Rumus array digunakan untuk memanipulasi rentang sel, yang diperlakukan sebagai entitas tunggal. Ini berarti bahwa sel-sel individual dalam larik output (misalnya, F3:H3) tidak dapat diubah atau dihapus.

array = rentang sel yang akan ditransposisikan

Contoh 1:

Langkah 1: Pilih rentang output horizontal F3:H3 dengan menyorotnya.

Langkah 2: Ketik rumus berikut ke dalam bilah rumus di bagian atas layar, =TRANSPOSE(B4:B6). Perhatikan bahwa kedua larik harus berukuran sama – dalam contoh ini, setiap larik terdiri dari tiga sel.

Langkah 3: Masukkan rumus ke dalam sel pertama dari rentang yang dipilih (sel F3) dengan menekan tiga tombol Ctrl+Shift+Enter sekaligus. Tanda kurung kurawal kemudian akan muncul secara otomatis untuk menunjukkan bahwa rumus array telah dimasukkan ke dalam sel F3.

Contoh 2 : Transpose larik kolom C2:C4 ke dalam larik baris F6 : H6 seperti ditunjukkan pada Gambar 7.10.

Contoh 3: Untuk menghapus rumus larik, pilih seluruh larik, lalu gunakan tombol hapus. Coba hapus rumus array di sel F3:H3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Product	No. in	Product					
3		name	stock	price		Gizmo	Gadget	Widget	
4		Gizmo	10	10.00					
5		Gadget	25	12.50					
6		Widget	8	20.00		No. in stock		10	
7		Sprocket	40	4.50					
8									
9		Cells F3:H3 contain the array formula {=TRANSPOSE(B4:B6)}							
10		Cells F6:H6 contain the array formula {=TRANSPOSE(C2:C4)}							
11									
12		***Sample Figure***							

Figure 7.10 Gambar contoh

7.14 LATIHAN

1. Sistem POP saat ini mengasumsikan bahwa semua pemasok menjual semua produk. Hal ini tidak biasanya terjadi. Beberapa pemasok mungkin dipilih berdasarkan layanan dukungan purna jual mereka untuk produk tertentu, mungkin dikombinasikan dengan kisaran harga diskon yang sangat menarik. Pertimbangkan bagaimana tabel Pemasok dan sistem POP saat ini dapat dimodifikasi untuk memenuhi pemasok yang menjual produk tertentu. Misalnya, ketika Pemasok X dipilih dari daftar Pemasok di lembar kerja OrderEntry, hanya produk yang dijual pemasok X yang akan muncul di kotak daftar Produk.
2. Tabel Produk berisi beberapa informasi inventaris seperti jumlah barang yang ada dan barang yang dipesan. Bagaimana informasi pesanan pembelian saat ini yang disimpan di lembar kerja Database dapat digunakan untuk memperbarui detail inventaris tersebut di lembar kerja Produk?
3. Pesanan pembelian berisi alamat untuk 'Alamat pengiriman (jika berbeda)'. Saat ini, satu-satunya informasi yang muncul di sini adalah frasa 'Seperti Di Atas'. Tunjukkan bagaimana lembar kerja Database dapat mengakomodasi detail untuk Alamat Pengiriman (seperti gudang) yang berbeda dari alamat kantor pusat Perusahaan Gizmo di Atlanta Avenue, West County, South Island.
4. Tabel pemasok, produk, dan database berisi informasi yang telah disimpan tanpa urutan tertentu. Diskusikan bagaimana fungsi database Excel (lihat DataSort...Filter...Consolidate...etc.) dapat digunakan untuk mengurutkan data ke dalam beberapa urutan yang berarti, menggunakan, misalnya, nomor kode. Apakah ada manfaat untuk menyortir data dengan lebih dari satu kunci (indeks)?

5. Bagaimana sistem POP dapat dimodifikasi sehingga transaksi pesanan pembelian yang telah selesai sepenuhnya, yaitu semua barang yang diterima dan dibayar, dapat dihapus dari lembar kerja Database?
6. Mary Jones adalah pemilik bisnis listrik kecil. Dia baru saja dianugerahi kontrak dan ingin tahu suku cadang apa yang dia miliki dan harganya. Dia telah meminta Anda untuk merancang sistem pengambilan stok sederhana yang memungkinkan dia untuk melacak inventarisnya. Sistem akhir akan terlihat mirip dengan Gambar 7.11.

Latihan 7.6 - Sistem pencarian stok sederhana

Order No: EL6125

Part No.	Units	Cost/Unit	Value
3218	10	6.75	67.50
3223	12	21.00	252.00
3226	22	9.50	209.00
3230	12	17.35	208.20
		Total Order Value =	736.70

The Excel functions required for the model are:

(a) IF

(b) VLOOKUP

(c) SUMPRODUCT (d) SUM

DATABASE STOK

Part No.	Units	Cost/Unit
3216	45	12.50
3218	34	6.75
3220	22	25.00
3221	29	30.20
3223	81	21.00
3225	75	32.25
3226	37	9.50
3227	19	40.80
3229	22	50.00
3230	9	17.35
Total stock value =		**8,720.40**

7. Sistem pengambilan stok di Latihan 7.6 tidak memperhitungkan kehabisan stok. Ubah model Mary Jones untuk menyertakan

- opsi untuk memperbarui database stok untuk mencerminkan tingkat inventaris saat ini
- menyusun ulang level untuk setiap bagian dalam database stok (tambahkan kolom J katakanlah, ke database stok)
- pesan 'Pesan ulang sekarang!' untuk dicetak setiap kali 'tidak. nilai unit dalam sel H5:H13 berada di bawah nilai reorder yang sesuai dalam rentang sel J5:J13.

8. Konsolidasi data digunakan untuk meringkas data dari beberapa sumber. Mengonsolidasikan informasi dari berbagai sumber adalah tugas yang dapat ditangani Excel dengan mudah menggunakan perintah Data|Consolidate. Pertimbangkan bagaimana sistem POP dapat menggunakan konsolidasi data sebagai sarana untuk berinteraksi dengan buku kerja lain yang berisi informasi dari area terkait seperti akuntansi, penjualan, dan pengendalian inventaris.

BAGIAN 2
MODEL MANAJEMEN OPERASI
BAB 8
APLIKASI STATISTIKAL PADA QUALITY CONTROL

8.1 GAMBARAN

Di tempat pasar yang kompetitif saat ini, kualitas barang dan jasa merupakan faktor penentu keberhasilan. Dalam lingkungan manufaktur, fungsi kontrol kualitas (QC) memastikan bahwa semua produk memenuhi standar yang ditentukan oleh departemen desain teknik. Kualitas produk pada berbagai tahap produksi, bagaimanapun, tunduk pada sejumlah variabilitas. Tidak ada dua item yang akan identik dalam segala hal meskipun mereka sesuai dengan spesifikasinya. Secara tradisional, kontrol kualitas melibatkan pelaksanaan inspeksi untuk memastikan bahwa produk memenuhi persyaratan kualitas minimum. Pendekatan ini memiliki kelemahan dalam menentukan kualitas produk hanya ketika proses manufaktur selesai. Saat ini, kontrol kualitas melibatkan inspeksi berkelanjutan, yaitu, memantau kemajuan produk secara bertahap sepanjang siklus hidup manufakturnya, dan mengambil tindakan korektif jika diperlukan.

Pendukung manajemen mutu yang terkenal, W. Edwards Deming, menyatakan bahwa manajemen bertanggung jawab atas 85% masalah kualitas di lingkungan pabrik dengan pekerja hanya bertanggung jawab atas 15%. Dia menunjukkan bahwa pekerja tidak dapat memperluas kualitas di luar batas apa yang mampu dihasilkan oleh proses apa pun. Fungsi kontrol kualitas sekarang disebut sebagai manajemen kualitas total (TQM), menekankan pentingnya kualitas strategis untuk seluruh organisasi, bukan hanya lantai pabrik. TQM melibatkan proses perbaikan terus-menerus tanpa henti dengan tujuan mencapai kesempurnaan. Fakta bahwa kesempurnaan tidak pernah tercapai tidak relevan, penetapan dan pencapaian tujuan yang semakin tinggi adalah pembenaran yang cukup.

Dua pendekatan utama untuk pengendalian kualitas adalah (i) pengambilan sampel penerimaan dan (ii) pengendalian proses statistik. Istilah 'pengambilan sampel penerimaan' mengacu pada teknik statistik yang digunakan untuk menerima atau menolak sekumpulan item berdasarkan pengujian sampel atau inspeksi. Pendekatan tradisional untuk pengendalian kualitas ini melibatkan pemilihan sampel secara acak dari kumpulan item dan menerapkan berbagai tes untuk setiap item dalam sampel untuk melihat apakah itu berfungsi sebagaimana dimaksud. Manajer QC kemudian memperluas hasil pengujian sampel ke seluruh batch. Misalnya, jika 2% dari item sampel ditemukan rusak, manajer menyimpulkan bahwa 2% dari keseluruhan batch juga rusak.

Kontrol proses statistik (SPC) adalah penerapan teknik statistik untuk mengontrol proses. SPC digunakan untuk memastikan bahwa suatu proses memenuhi standar tertentu

dengan mengukur kinerjanya. Jika prosesnya adalah untuk menghasilkan produk yang berkualitas, kemampuannya harus secara berkala.

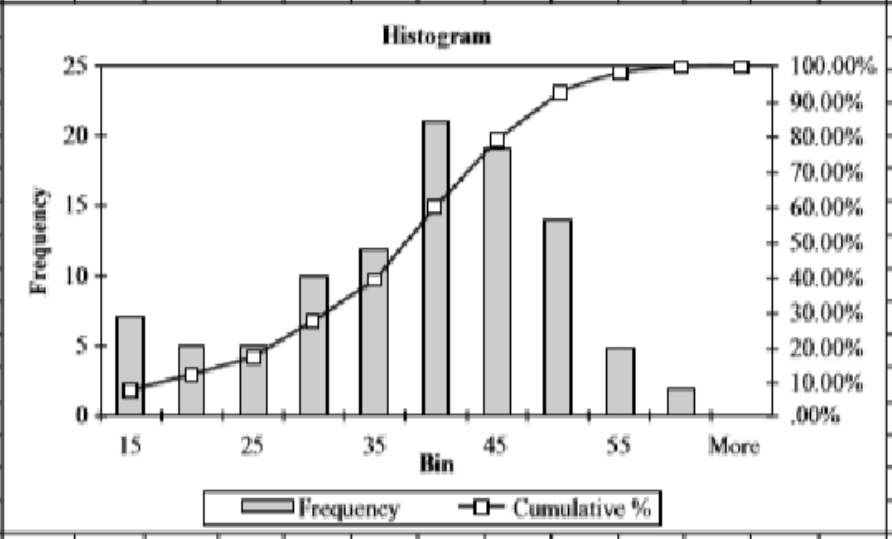
8.2 DISTRIBUSI PROBABILITAS

Probabilitas adalah peluang terjadinya sesuatu. Probabilitas dinyatakan sebagai pecahan atau desimal. Jika suatu peristiwa diberi probabilitas 0, ini berarti bahwa peristiwa tersebut tidak akan pernah terjadi. Jika peristiwa tersebut diberi peluang 1 maka itu akan selalu terjadi. Probabilitas klasik mendefinisikan probabilitas bahwa suatu peristiwa akan terjadi, mengingat bahwa masing-masing hasil memiliki kemungkinan yang sama, sebagai:

$$P(event) = \frac{Banyaknya\ cara\ kejadian\ tersebut\ dapat\ terjadi}{Total\ hasil\ yang\ mungkin}$$

Misalnya, berapa peluang munculnya angka 4 pada pelemparan dadu pertama? Karena jumlah total hasil yang mungkin adalah 6, dan banyaknya cara yang dapat dicapai 4 dengan satu lemparan adalah 1, jawabannya adalah P (kejadian)=1/6. Distribusi probabilitas memperluas konsep distribusi frekuensi ke dalam lingkungan yang tidak pasti di mana peristiwa dapat memiliki beberapa hasil yang mungkin.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	*Contoh 8.1 - Menggunakan fungsi histogram Excel untuk mendapatkan distribusi frekuensi*														
2															
3			38	24	12	36	41	40	45	41	40	47			
4			26	15	48	44	29	43	28	29	37	11	*User input*		
5			37	45	29	31	23	49	41	47	41	42	*cells are*		
6			59	40	40	45	37	55	47	42	28	38	*shaded*		
7			38	48	18	16	39	50	14	52	33	32			
8			51	13	49	21	44	31	43	34	49	48			
9			28	39	28	36	56	54	39	31	35	36			
10			32	20	54	25	39	44	25	42	50	41			
11			11	34	32	34	42	40	43	32	30	45			
12			20	29	14	19	38	46	46	39	40	47			
13			Minimum value =			11			Maximum value =			59			
14			Class width =			5			No. of classes =			10			
15															
16		Bin range =		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
17															
18				*Bin*			*Frequency*				*Cumulative %*				
19				15			7				7.00%				
20				20			5				12.00%				
21				25			5				17.00%				
22				30			10				27.00%				
23				35			12				39.00%				
24				40			21				60.00%				
25				45			19				79.00%				
26				50			14				93.00%				
27				55			5				98.00%				
28				60			2				100.00%				
29			More				0				100.00%				
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															



Gambar 8.1 Distribusi frekuensi dan histogram untuk Wheelie Company.

Distribusi probabilitas dapat berupa diskrit atau kontinu. Distribusi probabilitas diskrit menggambarkan contoh di mana variabel yang diinginkan hanya dapat mengambil sejumlah nilai yang dibatasi, misalnya, pelemparan dadu terbatas pada salah satu dari enam angka. Dalam distribusi probabilitas kontinu, variabel dapat mengambil nilai apa pun dalam rentang tertentu, misalnya, mengukur pertumbuhan selama periode waktu tertentu. Ada banyak distribusi probabilitas yang berbeda, baik diskrit maupun kontinu. Empat distribusi yang paling umum digunakan adalah:

1. Distribusi Binomial adalah distribusi diskrit yang digunakan untuk menggambarkan banyak aplikasi termasuk permainan peluang, kontrol kualitas produk, dan keuangan.
2. Distribusi Poisson adalah distribusi diskrit yang sering digunakan untuk menghitung jumlah kejadian suatu peristiwa dalam periode waktu tertentu, misalnya memprediksi jumlah kedatangan di fasilitas layanan seperti stasiun pengisian bahan bakar.
3. Distribusi Eksponensial adalah distribusi kontinu yang digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan suatu aktivitas. Ini banyak digunakan dalam model antrian (garis tunggu).
4. Distribusi Normal adalah distribusi kontinu yang menyediakan dasar untuk banyak keputusan statistik penting, misalnya teorema limit pusat. Ini berbentuk lonceng dan simetris dalam penampilan.

Probabilitas dapat bersifat individual atau kumulatif. Probabilitas kumulatif adalah jumlah dari semua probabilitas individu hingga dan termasuk probabilitas tertentu. Pertimbangkan situasi berikut: probabilitas penjualan 20, 18, 15 dan 10 item telah diperkirakan sebagai 0,1, 0,2, 0,3 dan 0,4. Probabilitas kumulatif penjualan 15 item atau lebih kemudian ditentukan menjadi 0,6, yaitu jumlah probabilitas penjualan 15,18 dan 20 item. Dinyatakan secara matematis, probabilitas penjualan 18 item atau lebih, yaitu, P(≥18) sama dengan P(18)+ P(20)=0.2+ 0.1=0.3.Sebaliknya, probabilitas penjualan kurang dari 18 item, P<18) adalah 1− P(≥18)= 1−0.3=0.7, yaitu, P(10)+ P(15).

Meskipun jumlah kelas merupakan parameter opsional saat menggunakan fungsi Histogram Excel, lebih baik untuk mendefinisikan satu set kelas yang sesuai, yang disebut 'bins' dalam terminologi Histogram. Rentang bin harus dalam urutan menaik. Excel menghitung jumlah titik data antara nomor bin saat ini, Bi, dan bin lebih tinggi yang bersebelahan, Bi+1. Suatu bilangan N dihitung dalam bin Bi+1 jika terletak pada rentang Bi < N Bi+1. Fungsi Histogram ditemukan di Excel's Analysis ToolPak yang diaktifkan dengan mengklik menu Tools di spreadsheet dan kemudian mengklik Analisis Data di daftar opsi. output ke Gambar 8.1 termasuk template rumus Tabel 8.1 dan rincian Histogram seperti yang diberikan di bawah ini.

Input Histogram Excel

INPUT	Rentang input	: Pilih (atau masukkan) rentang sel C3:L12
	Rentang bin	: D16:N16
	Label	: Klik OK dengan mouse
OUTPUT	Rentang output	: A18

Lapis lembar kerja baru :
Buku kerja baru :
Pareto (histogram terurut) :
Persentase kumulatif : Klik OK dengan mouse
Output grafik : Klik OK dengan mouse

Cell	Formula	Copied to
F13	MIN(C3:L12)	
L13	MAX(C3:L12)	
F14	ROUNDUP((L13–F13)/F14, 0)	
E16	D16 + $F14	F16:N16

Tabel 8.1 Distribusi frekuensi – rumus lembar kerja.

Output Histogram pada Gambar 8.1 telah diatur ulang agar lebih rapi. Kolom Frekuensi (sel G19:G29) berisi jumlah pengamatan yang masuk ke dalam setiap kelas atau bin seperti yang didefinisikan dalam kolom D. Misalnya, sel G19, G20, G21 menunjukkan bahwa 7, 5, 5 pengamatan terletak pada bin 11–15 , 16-20, 21-25 masing-masing. Kolom Kumulatif % menunjukkan persentase pengamatan yang kurang dari atau sama dengan nilai yang tercantum pada kolom D. Misalnya sel J21 berisi nilai 17% yang merupakan persentase pengamatan yang kurang dari atau sama dengan 25 (sel D21). Nilai kumulatif ini, ditampilkan sebagai kotak putih, juga telah diplot pada histogram menggunakan skala tangan kanan grafik.

CONTOH 8.2 Memeriksa barang inventaris yang cacat

Barbara Blair adalah manajer kendali mutu untuk Perusahaan Gizmo. Salah satu pekerjaannya adalah memeriksa inventaris untuk barang-barang yang cacat. Jika dia berpikir bahwa lebih dari 2% item dalam kumpulan 1000 gizmos rusak, maka dia menolak kumpulan itu. Dia biasanya mengambil sampel acak 50 item untuk checkout seluruh batch. Barbara telah memutuskan untuk menggunakan fungsi distribusi Binomial Excel BINOMDIST untuk mendapatkan jawaban (lihat sel batas ganda pada Gambar 8.2) sebagai berikut:

- probabilitas menemukan (i) satu barang cacat (ii) lebih dari satu barang cacat (iii) dari 1 hingga 3 barang cacat
- jumlah barang cacat yang diharapkan dalam sampel 50, mengingat 2% dari semua item batch rusak. (Catatan: istilah 'nilai yang diharapkan' sama dengan rata-rata sampel.)

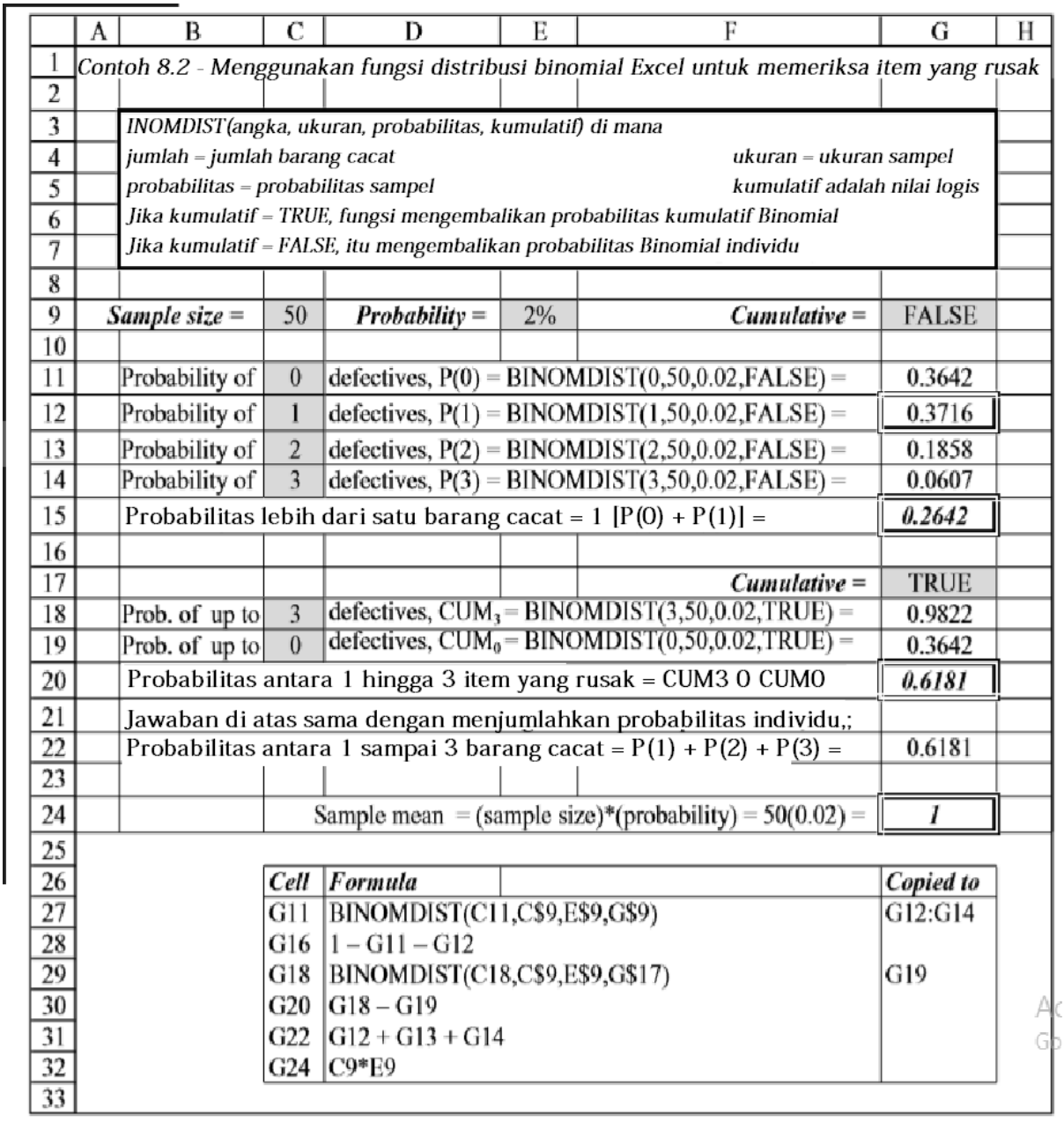
Barbara sekarang ingin menentukan nilai standar, N, yang dapat dia gunakan sebagai referensi untuk penolakan batch. Jika N atau lebih barang cacat ditemukan dalam sampel 50 item, maka batch tersebut dapat ditolak dengan setidaknya 90% keyakinan bahwa itu benar-benar rusak. Barbara telah memutuskan bahwa fungsi Poisson Excel lebih tepat daripada BINOMDIST untuk menemukan nilai yang dapat diterima untuk N. Jika Barbara setidaknya 90% yakin bahwa pengiriman benar-benar rusak, maka harus ada kurang dari 10% peluang untuk

menemukan N atau lebih cacat dalam batch. Jawabannya adalah N =3, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.3.

Distribusi Poisson dapat diterapkan pada situasi di mana jumlah hasil yang berhasil diketahui tetapi tidak jumlah kegagalan, atau sebaliknya. Kebalikannya berlaku dalam kasus Barbara karena dia tertarik pada hasil yang tidak berhasil, yaitu barang cacat. Fungsi Poisson dapat digunakan untuk menyelesaikan bagian masalah ini karena hanya memerlukan jumlah rata-rata (yaitu, rata-rata) cacat yang diketahui. Rata-rata sampel Barbara, yang didefinisikan sebagai (ukuran sampel) × (probabilitas), telah dihitung (=1) di bagian pertama latihan (lihat sel G24 pada Gambar 8.2).

CONTOH 8.3 Menghitung probabilitas dengan fungsi NORMDIST Excel

Umur komponen elektronik yang digunakan dalam produk X ditemukan terdistribusi normal dengan rata-rata 4.500 jam dan simpangan baku 1000 jam. Hitung probabilitas bahwa komponen akan bertahan antara 5.000 dan 6.000 jam. Jika penggunaan tahunan rata-rata produk X adalah 1500 jam, berapa probabilitas bahwa komponen tersebut akan bertahan selama lima tahun? Pelanggan dapat membeli garansi lima tahun untuk produk X dengan biaya tambahan sebesar Rp. 40. Jaminan tersebut memberikan penggantian komponen gratis jika terjadi kegagalan selama tiga tahun pertama, tetapi akan ada biaya tambahan sebesar Rp. 45 kepada pelanggan jika komponen harus diganti pada tahun keempat atau kelima. Berapa biaya penawaran ini bagi perusahaan, mengingat bahwa sebuah komponen berharga Rp. 80, dan dengan asumsi bahwa penggunaan rata-rata produk X adalah 1500 jam per tahun?



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	*Contoh 8.2 - Menggunakan fungsi distribusi binomial Excel untuk memeriksa item yang rusak*							
2								
3		*INOMDIST(angka, ukuran, probabilitas, kumulatif) di mana*						
4		*jumlah = jumlah barang cacat*				*ukuran = ukuran sampel*		
5		*probabilitas = probabilitas sampel*				*kumulatif adalah nilai logis*		
6		*Jika kumulatif = TRUE, fungsi mengembalikan probabilitas kumulatif Binomial*						
7		*Jika kumulatif = FALSE, itu mengembalikan probabilitas Binomial individu*						
8								
9		***Sample size =***	50	***Probability =***	2%	***Cumulative =***	FALSE	
10								
11		Probability of	0	defectives, P(0) = BINOMDIST(0,50,0.02,FALSE) =			0.3642	
12		Probability of	1	defectives, P(1) = BINOMDIST(1,50,0.02,FALSE) =			0.3716	
13		Probability of	2	defectives, P(2) = BINOMDIST(2,50,0.02,FALSE) =			0.1858	
14		Probability of	3	defectives, P(3) = BINOMDIST(3,50,0.02,FALSE) =			0.0607	
15		Probabilitas lebih dari satu barang cacat = 1 [P(0) + P(1)] =					***0.2642***	
16								
17						***Cumulative =***	TRUE	
18		Prob. of up to	3	defectives, CUM_3 = BINOMDIST(3,50,0.02,TRUE) =			0.9822	
19		Prob. of up to	0	defectives, CUM_0 = BINOMDIST(0,50,0.02,TRUE) =			0.3642	
20		Probabilitas antara 1 hingga 3 item yang rusak = CUM3 0 CUM0					***0.6181***	
21		Jawaban di atas sama dengan menjumlahkan probabilitas individu,;						
22		Probabilitas antara 1 sampai 3 barang cacat = P(1) + P(2) + P(3) =					0.6181	
23								
24			Sample mean = (sample size)*(probability) = 50(0.02) =				***1***	
25								

	Cell	***Formula***	***Copied to***
26			
27	G11	BINOMDIST(C11,C$9,E$9,G$9)	G12:G14
28	G16	1 – G11 – G12	
29	G18	BINOMDIST(C18,C$9,E$9,G$17)	G19
30	G20	G18 – G19	
31	G22	G12 + G13 + G14	
32	G24	C9*E9	
33			

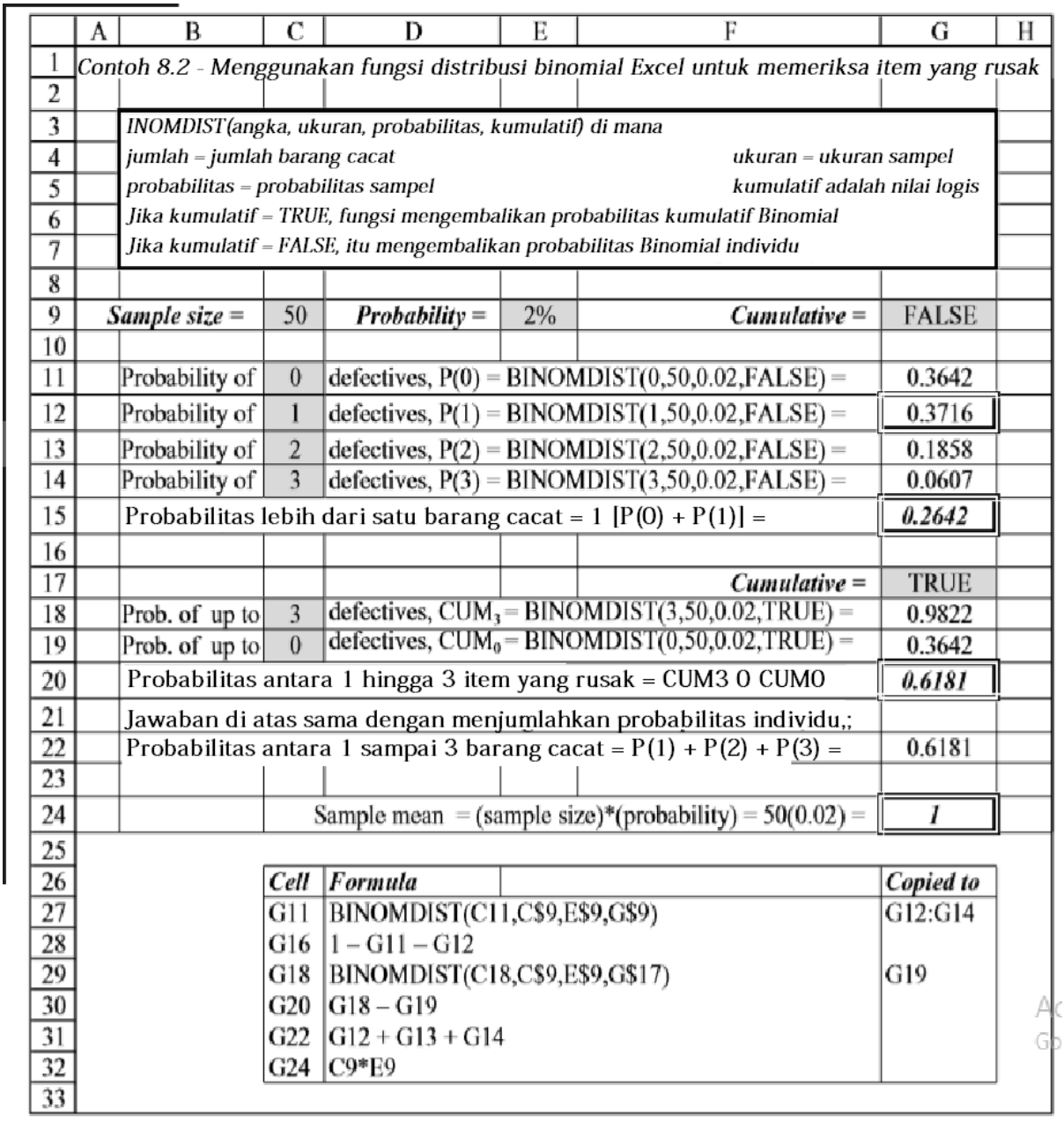
Gambar 8.2 Pengecekan barang inventaris yang cacat menggunakan BINOMDIST.

Jawabannya, seperti yang dihitung pada Gambar 8.4, adalah (i) 24,2% kemungkinan komponen akan bertahan antara 5000 dan 6000 jam (ii) 99,87% probabilitas komponen bertahan selama lima tahun (iii) perusahaan akan merugi Rp. 17,45 pada setiap penawaran jaminan.

8.3 SAMPLING PENERIMAAN

Sampling penerimaan biasanya digunakan untuk memantau kualitas bahan atau produk yang masuk. Sampel acak dipilih dari pengiriman barang. Item sampel kemudian

diperiksa dan diuji untuk melihat apakah mereka sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Kualitas sampel digunakan untuk menentukan apakah seluruh pengiriman harus diterima atau ditolak. Karena pengambilan sampel penerimaan juga dapat digunakan dalam pemeriksaan akhir barang jadi yang keluar, ini berlaku untuk tahap input/output dari siklus manufaktur. Kontrol proses statistik melengkapi siklus dengan memantau tahap tengah sistem 'input-proses-output'.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	*Contoh 8.2 - Menggunakan fungsi distribusi binomial Excel untuk memeriksa item yang rusak*							
2								
3		*INOMDIST(angka, ukuran, probabilitas, kumulatif) di mana*						
4		*jumlah = jumlah barang cacat*				*ukuran = ukuran sampel*		
5		*probabilitas = probabilitas sampel*				*kumulatif adalah nilai logis*		
6		*Jika kumulatif = TRUE, fungsi mengembalikan probabilitas kumulatif Binomial*						
7		*Jika kumulatif = FALSE, itu mengembalikan probabilitas Binomial individu*						
8								
9		***Sample size =***	50	***Probability =***	2%	***Cumulative =***	FALSE	
10								
11		Probability of	0	defectives, P(0) = BINOMDIST(0,50,0.02,FALSE) =			0.3642	
12		Probability of	1	defectives, P(1) = BINOMDIST(1,50,0.02,FALSE) =			0.3716	
13		Probability of	2	defectives, P(2) = BINOMDIST(2,50,0.02,FALSE) =			0.1858	
14		Probability of	3	defectives, P(3) = BINOMDIST(3,50,0.02,FALSE) =			0.0607	
15		Probabilitas lebih dari satu barang cacat = 1 [P(0) + P(1)] =					***0.2642***	
16								
17						***Cumulative =***	TRUE	
18		Prob. of up to	3	defectives, CUM_3 = BINOMDIST(3,50,0.02,TRUE) =			0.9822	
19		Prob. of up to	0	defectives, CUM_0 = BINOMDIST(0,50,0.02,TRUE) =			0.3642	
20		Probabilitas antara 1 hingga 3 item yang rusak = CUM3 0 CUM0					***0.6181***	
21		Jawaban di atas sama dengan menjumlahkan probabilitas individu,;						
22		Probabilitas antara 1 sampai 3 barang cacat = P(1) + P(2) + P(3) =					0.6181	
23								
24			Sample mean = (sample size)*(probability) = 50(0.02) =				***1***	
25								

26	***Cell***	***Formula***	***Copied to***
27	G11	BINOMDIST(C11,C$9,E$9,G$9)	G12:G14
28	G16	1 – G11 – G12	
29	G18	BINOMDIST(C18,C$9,E$9,G$17)	G19
30	G20	G18 – G19	
31	G22	G12 + G13 + G14	
32	G24	C9*E9	
33			

Gambar 8.3 Mencari nilai standar menggunakan fungsi Poisson.

Rencana pengambilan sampel hanyalah aturan keputusan yang menentukan (i) ukuran sampel acak n, dan (ii) jumlah cacat yang dapat diterima dalam sampel, biasanya

disebut 'nomor penerimaan' c. Jika sampel mengandung c atau lebih sedikit cacat, maka seluruh batch diterima. Sebaliknya, jika sampel mengandung lebih dari c cacat maka batch ditolak. Rencana pengambilan sampel tipikal dapat dinyatakan sebagai 'pilih sampel acak 50 item dan hitung jumlah barang cacat, c, dalam sampel. Jika c 3, terima pengiriman, jika tidak tolak'. Tujuan dari setiap rencana pengambilan sampel adalah untuk membantu pelanggan atau konsumen dalam memutuskan apakah suatu batch baik atau buruk.

Rencana pengambilan sampel melibatkan tingkat ketidakpastian, yaitu, ada risiko menemukan terlalu banyak atau terlalu sedikit barang cacat dalam sampel acak. Seorang pelanggan dapat menerima pengiriman karena sampel cukup beruntung untuk memasukkan sangat sedikit item yang rusak. Dalam situasi seperti itu, keputusan pelanggan untuk menerima batch yang buruk disebut 'risiko konsumen' (atau, dalam istilah statistik, kesalahan tipe II – lihat bagian selanjutnya 'Pengujian hipotesis – memeriksa klaim!'). Di sisi lain, jika sampel pelanggan cukup disayangkan mengandung terlalu banyak barang cacat, keputusan yang salah akan dibuat ketika menolak batch yang baik secara tidak perlu. Produsen produk kemudian harus mengganti pengiriman yang ditolak meskipun memenuhi standar yang ditentukan. Untuk alasan yang jelas, keputusan pelanggan untuk menolak batch yang baik disebut 'risiko produsen' (atau, dalam istilah statistik, kesalahan tipe I).

Kurva Karakteristik Operasi (OC)

Kurva karakteristik operasi (OC) adalah grafik yang menunjukkan fitur dari rencana pengambilan sampel tertentu dan risiko yang terkait. Setiap rencana pengambilan sampel memiliki kurva OC sendiri. Bentuk kurva OC tergantung terutama pada nilai-nilai yang diberikan kepada n dan c oleh rencana pengambilan sampel. Menetapkan nilai numerik untuk n dan c bukanlah tugas yang mudah dan sebagian besar tergantung pada penilaian dan pengalaman manajerial. Meningkatkan ukuran sampel, n, akan menurunkan risiko konsumen tetapi meningkatkan risiko produsen. Penurunan n memiliki efek sebaliknya, yaitu ukuran sampel yang kecil menguntungkan produsen. Umumnya, saat n meningkat dan c menurun, kurva akan diturunkan (lihat Gambar 8.5). Menurunkan kurva berarti bahwa kemungkinan penerimaan juga akan berkurang, yaitu persyaratan kualitas menjadi lebih ketat.

Untuk menginterpretasikan hasil kurva OC, perlu untuk menentukan persyaratan kinerja seperti yang didefinisikan oleh empat parameter berikut:

1. Tingkat kualitas yang dapat diterima (AQL) – mendefinisikan 'kualitas baik' dan penerimaan batch, misalnya, jika AQL=3 %, maka batch 500 item berkualitas baik harus berisi 15 item cacat atau kurang (0,03 ×500=15).
2. Persentase Toleransi Lot Cacat (LTPD) – mendefinisikan 'kualitas buruk' dan penolakan batch, misalnya, jika LTPD=5%, maka batch 500 item berkualitas buruk harus berisi 25 barang cacat atau lebih (0,05×500=25).
3. Risiko produsen – kemungkinan menolak batch yang baik seperti dijelaskan di atas. Risiko produsen biasanya ditandai dengan (alfa) dengan batas atas tipikal untuk α adalah 5%, yaitu, α= 0,05.

4. Risiko konsumen – kemungkinan menerima batch yang buruk seperti yang dijelaskan di atas. Risiko konsumen biasanya ditandai dengan (beta) dengan β batas atas tipikal untuk adalah 10%, yaitu, β= 0,1.

Kurva OC dapat diplot menggunakan distribusi Binomial atau Poisson. Distribusi Poisson lebih cocok untuk memecahkan masalah di mana ukuran sampel, n, besar (>20) dan probabilitas, p (dipilih secara acak yang cacat) kecil. Probabilitas, p, memiliki arti yang sama dengan persen cacat. Perhatikan bahwa mean Poisson didefinisikan sebagai (ukuran sampel)× (probabilitas)=np. Kurva OC memplot nilai 'persen cacat' di sepanjang sumbu x dan 'probabilitas menerima pengiriman' di sepanjang sumbu y.

CONTOH 8.4 Model kurva OC untuk rencana pengambilan sampel

Perusahaan Gizmo Perusahaan Gizmo baru-baru ini menerima sejumlah 5.000 komponen yang digunakan dalam pembuatan produknya. Manajemen telah menetapkan persen batas cacat masing-masing 2% dan 6% untuk penerimaan dan penolakan batch. Ini berarti bahwa sampel harus mengandung 2% atau kurang cacat agar seluruh kiriman dapat diterima, yaitu, AQL = 2%. Sebaliknya, jika sampel mengandung 6% atau lebih cacat, maka pengiriman akan ditolak, yaitu LTPD=6%.

Cell	Formula	Copied to
C11	POISSON(E$4, F11, TRUE)	C12:C20
E11	E$3*B11	E12:E20
F11	IF(B11 = G$3, 1–C11, "")	F12:F20
G11	IF(B11 = G$4, C11, "")	G12:G20

Tabel 8.2 Model kurva OC – rumus lembar kerja.

Contoh 8.4 - Model OC untuk rencana pengambilan sampel Perusahaan Gizmo

Input data	Sample size, n =	170	AQL =	2%	alpha =	5%	*User input cells are shaded*	
	c =	5	LTPD =	6%	beta =	10%		

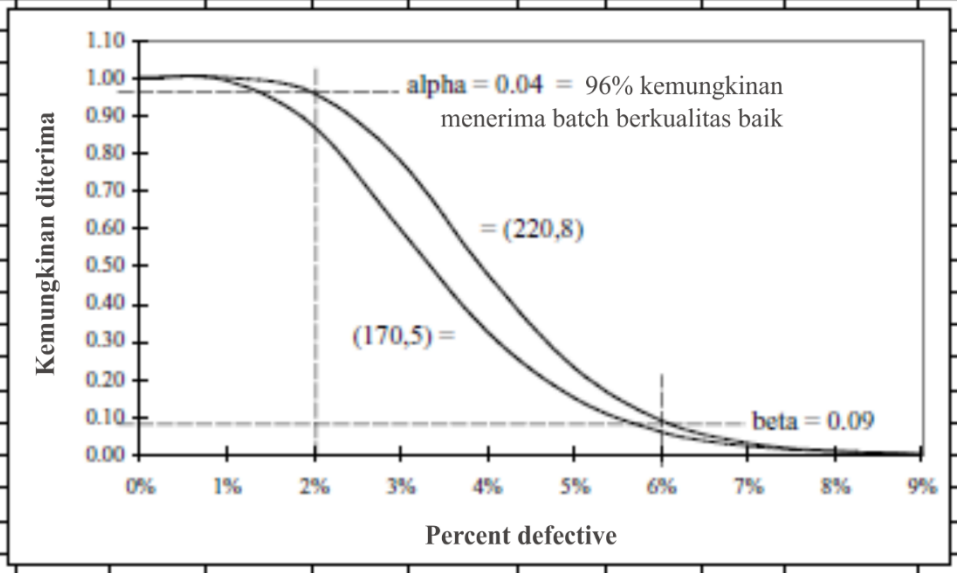
CUM_p = Distribusi Poisson Kumulatif

2nd = Rencana pengambilan sampel kedua dengan n = 220 dan c = 8

Tabel 'Percent defective'

%	CUM_p	*2nd*	Mean	*alpha*	*beta*
0.0%	1.00	1.00	0.00		
1.0%	0.99	1.00	1.70		
2.0%	0.87	0.96	3.40	13%	
3.0%	0.60	0.78	5.10		
4.0%	0.33	0.48	6.80		
5.0%	0.15	0.23	8.50		
6.0%	0.06	0.09	10.20		6%
7.0%	0.02	0.03	11.90		
8.0%	0.01	0.01	13.60		
9.0%	0.00	0.00	15.30		

Rencana sampling manajemen dengan n = 220, c = 8 memberikan alpha = 4% dan beta = 9%



Grafik dibuat menggunakan ChartWizard dengan (i) cell range B11:D20 sebagai input (ii) bagan XY (Scatter) dan (iii) Chart sub-type (baris 2, kolom 2)

Gambar 8.5 Model kurva OC untuk rencana pengambilan sampel Gizmo.

Perusahaan ingin menemukan rencana pengambilan sampel yang memberikan setidaknya 95% probabilitas menerima pengiriman yang baik tetapi hanya 10% kemungkinan menerima barang yang buruk, yaitu xα =5% dan x =10%. Manajer kendali mutu telah menyarankan rencana pengambilan sampel yang menetapkan ukuran sampel n = 170 dengan

nomor penerimaan, c 5. Namun, manajemen tidak yakin bahwa rencana ini akan memenuhi spesifikasi untuk penerimaan kualitas baik (α 5%) dan buruk (β 10%), dan telah menyarankan rencana lain dengan n =220 dan c 8.

Semua kurva OC dibuat dari tabel 'persen cacat'. Model Gambar 8.5, yang dibuat menggunakan templat rumus Tabel 8.2, berisi tabel '% cacat' (sel B11:B20) dengan nilai berkisar antara 0%–9%. Karena ukuran sampel yang diusulkan besar (>20) dan persentase cacatnya kecil (2%), distribusi Poisson digunakan untuk memplot kurva OC. Model telah menemukan bahwa rencana manajer pengendalian kualitas dengan n = 170, c = 5 menghasilkan nilai = 13% dan = 6%. Sementara berada dalam batas 10%, jauh di luar batas 5%. Namun, rencana pengambilan sampel manajemen (220,8) berada dalam probabilitas penerimaan untuk pengiriman berkualitas baik (α = 4%) dan buruk (= 9%). Grafik untuk rencana pengelolaan diperoleh dengan memasukkan nilai (n,c) yang sesuai ke dalam sel E3:E4 dan kemudian menyalin rentang sel C11:C20 ke D11:D20 dengan tangan.

CONTOH 8.5 Menggunakan kurva OC untuk menemukan nilai AQL dan LTPD yang dapat diterima

FerdiFlint telah mencatat rincian item cacat dalam batch produk P terbaru. Dia selalu mengambil ukuran sampel 200 item dan menolak lot jika ditemukan lebih dari 5 produk cacat. Setelah menetapkan risiko konsumen dan produsen pada 10%, ia telah memutuskan untuk memplot kurva karakteristik operasi (OC) menggunakan tabel 'Persen Cacat' berikut:

$Jumlah\ rata-rata\ barang\ cacat$	1	2	4	6	10	18
$\%barang\ cacat$	0.5	1	2	3	5	9

Ferdi ingin menggunakan kurvanya untuk menemukan nilai yang dapat diterima untuk mengukur kualitas baik (AQL) dan buruk (LTPD). Risiko produsen 10% setara dengan probabilitas 90% untuk hanya menerima barang berkualitas baik. Risiko 10% konsumen sama dengan kemungkinan 10% menerima barang berkualitas buruk. Menggunakan kurva OC pada Gambar 8.6 untuk membaca nilai 'persen cacat' memberikan AQL = 1,5% dan LTPD = 4,8%.

8.4 ESTIMASI – GAMBAR KESIMPULAN DARI SAMPEL

Inferensi statistik, biasanya disingkat inferensi, adalah proses di mana kesimpulan dicapai berdasarkan pemeriksaan hanya sebagian dari total data yang tersedia. Contoh tipikal inferensi adalah jajak pendapat yang digunakan untuk memprediksi pola pemungutan suara penduduk suatu negara selama pemilihan. Inferensi statistik dapat dibagi menjadi dua bidang utama, estimasi statistik dan pengujian hipotesis. Bagian ini membahas estimasi, yaitu menarik kesimpulan dari sampel populasi.

Kebanyakan orang pada suatu waktu atau lainnya telah membeli sekotak korek api yang berisi label tulisan 'isi 100 kira-kira'. Jika ada yang repot-repot menghitung jumlah korek api dalam sampel acak enam kotak, kemungkinan besar mereka akan menemukan bahwa isinya bervariasi dari, katakanlah 98 hingga 102. Akan sangat tidak biasa, jika tidak unik, jika setiap kotak berisi nomor yang sama. pertandingan. Menempatkan pengamatan ini ke dalam

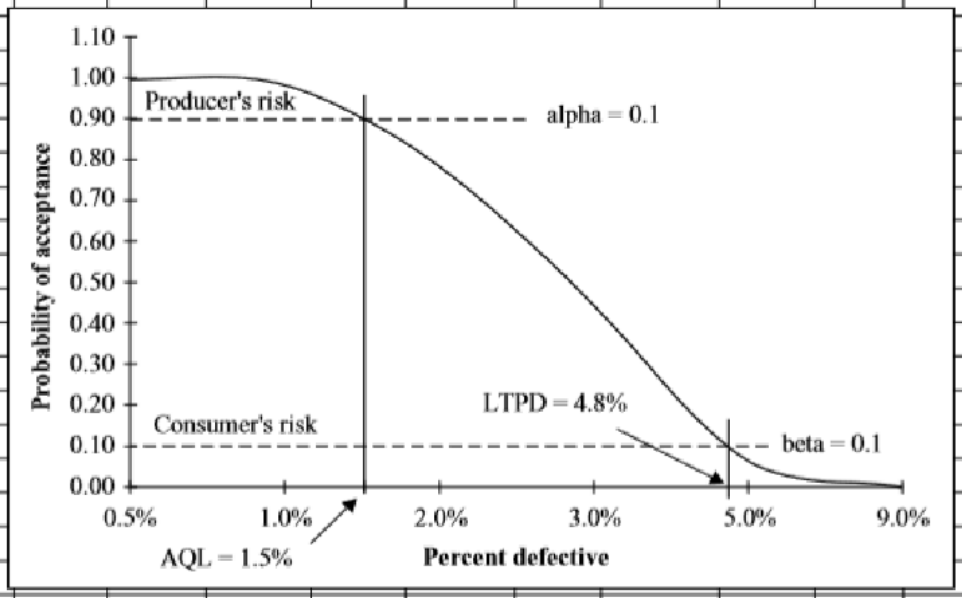
istilah statistik: ketika mean dihitung dari sampel, nilai yang dihasilkan, X, tergantung pada sampel mana (dari banyak sampel yang mungkin dapat dipilih) yang diamati.

Selisih antara mean populasi, , dan mean sampel, X, disebut kesalahan sampling. Dua sampel dari populasi yang sama cenderung memiliki nilai sampel yang berbeda dan oleh karena itu dapat menghasilkan kesimpulan yang berbeda. Karena sampel acak dipilih secara kebetulan saja, ada tingkat ketidakpastian yang melekat pada kesalahan pengambilan sampel. Konsep 'batas keyakinan' diperkenalkan untuk mencerminkan ketidakpastian ini.

Batas keyakinan menentukan interval di mana manajer dapat yakin bahwa kesimpulan apa pun yang diambil dari data pengambilan sampel akan benar untuk x% dari waktu. Nilai paling umum yang diberikan untuk x adalah 95% dan 99%. Perlu dicatat bahwa istilah 'batas keyakinan' dan 'tingkat signifikansi' saling melengkapi, yang satu merupakan kebalikan dari yang lain. Dengan demikian, frasa 'ada keyakinan 95% bahwa kesalahan pengambilan sampel bukan karena kebetulan' dapat dinyatakan kembali sebagai 'kesalahan pengambilan sampel signifikan pada tingkat 5%'. Demikian pula, batas kepercayaan 99% memiliki arti yang sama dengan tingkat signifikansi 1%. Umumnya, batas kepercayaan digunakan ketika membahas estimasi statistik sementara tingkat signifikansi dikaitkan dengan pengujian hipotesis.

Dalam manajemen operasi, pengujian kontrol kualitas sangat bergantung pada estimasi statistik untuk menerima atau menolak output produksi. Seorang manajer kontrol kualitas akan mengambil sampel produk secara acak dan jika dia menemukan bahwa jumlah item yang cacat terlalu tinggi, batch tersebut akan ditolak. Tugasnya kemudian melakukan penyesuaian pada proses produksi untuk menghilangkan (atau setidaknya mengurangi) tingkat kekurangan. Satu-satunya cara praktis untuk mengurangi ukuran kesalahan pengambilan sampel tanpa mengurangi tingkat kepercayaan adalah dengan meningkatkan ukuran sampel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	*Contoh 8.5 - Model OC untuk masalah Fred Flint*										
2											
3		**Input**	Sample size, n =		200	AQL =	?	alpha =	10%		
4		**data**	c =		5	LTPD =	?	beta =	10%		
5											
6			**'Percent defective' Table**								
7			Mean	%	CUM_p	***alpha***	***beta***		*User input cells*		
8			1	0.5%	1.00	0%	100%		*are shaded*		
9			2	1.0%	0.98	2%	98%				
10			4	2.0%	0.79	21%	79%				
11			6	3.0%	0.45	55%	45%		The graph uses cell		
12			10	5.0%	0.07	93%	7%		range D8:E13 as input		
13			18	9.0%	0.00	100%	0%		to ChartWizard		
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33			***Cell***	***Formula***				***Copied to***			
34			E8	POISSON(E$4,C8,TRUE)				E9:E13			
35			F8	1 – E8				F9:F13			
36			G8	E8				G9:G13			
37											



Gambar 8.6 Menggunakan kurva OC untuk mencari nilai AQL dan LTPD.

CONTOH 8.6 Menentukan batas kepercayaan dengan fungsi CONFIDENCE Excel

Umur yang diharapkan dari suatu komponen yang terbuang dengan menggunakan sampel sebanyak 100 unit. Hasil berikut diperoleh:

$Umur\ Komponenr\ (jam)$	< 85	< 90	< 95	< 100	< 105	< 110	≥ 110
$Jumlah\ Komponen$	3	10	17	39	18	9	4

Berdasarkan sampel ini, Perusahaan ABC ingin menentukan batas kepercayaan 95% untuk umur rata-rata komponen. Jika umur komponen terdistribusi secara normal, apakah

perusahaan harus menerima pesanan dalam jumlah besar dari pelanggan tetap yang mengharuskan semua komponen bertahan setidaknya selama 90 jam?

Karena data komponen dikelompokkan ke dalam kelas, rumus Excel biasa tidak berlaku. Model Gambar 8.7 menggunakan rumus standar untuk mean dan standar deviasi dari tabel frekuensi yang dikelompokkan.

$$Grup\ data:\ Mean, X = \left(\sum_{i=1}^{C} F_i M_i\right)/N$$

$$dan\ Variasi, \qquad \sigma^2 = \left\{\sum_{i=1}^{C} Fi\,(M_i - X)^2\right\}$$

di mana:

X = mean sampel

C = jumlah kelas

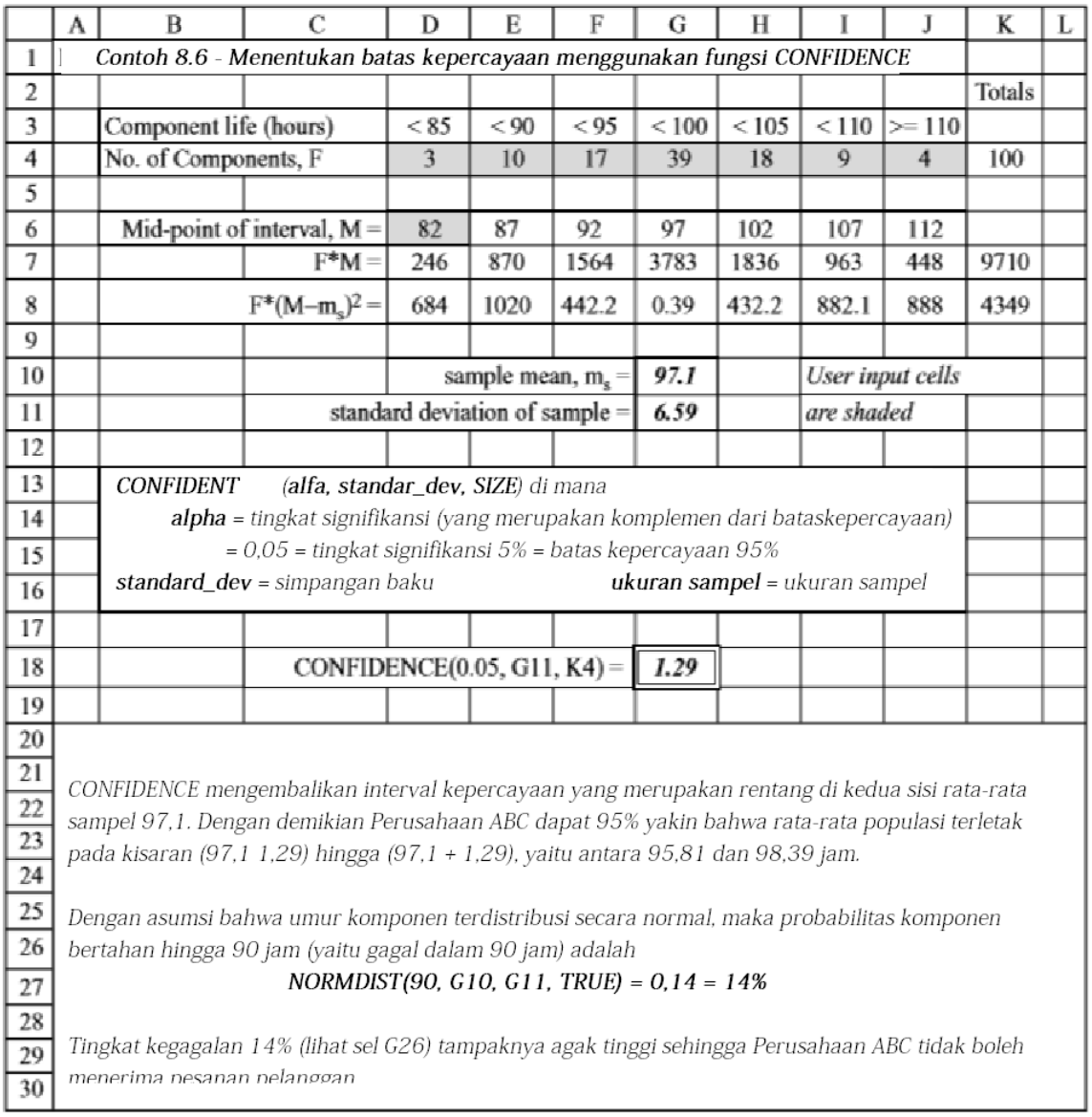
N = ukuran sampel

Mi = titik tengah kelas ke-i

Fi =frekuensi kelas ke-i

Σ = 'jumlah'

σ = simpangan baku, yaitu, akar kuadrat dari varians



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		*Contoh 8.6 - Menentukan batas kepercayaan menggunakan fungsi CONFIDENCE*										
2											Totals	
3		Component life (hours)		< 85	< 90	< 95	< 100	< 105	< 110	>= 110		
4		No. of Components, F		3	10	17	39	18	9	4	100	
5												
6		Mid-point of interval, M =		82	87	92	97	102	107	112		
7			F*M =	246	870	1564	3783	1836	963	448	9710	
8			$F*(M-m_s)^2$ =	684	1020	442.2	0.39	432.2	882.1	888	4349	
9												
10						sample mean, m_s =	**97.1**		*User input cells*			
11						standard deviation of sample =	**6.59**		*are shaded*			
12												
13		*CONFIDENT (alfa, standar_dev, SIZE) di mana*										
14		***alpha** = tingkat signifikansi (yang merupakan komplemen dari bataskepercayaan)*										
15		*= 0,05 = tingkat signifikansi 5% = batas kepercayaan 95%*										
16		***standard_dev** = simpangan baku*					***ukuran sampel** = ukuran sampel*					
17												
18						CONFIDENCE(0.05, G11, K4) =	***1.29***					
19												
20												
21		*CONFIDENCE mengembalikan interval kepercayaan yang merupakan rentang di kedua sisi rata-rata*										
22		*sampel 97,1. Dengan demikian Perusahaan ABC dapat 95% yakin bahwa rata-rata populasi terletak*										
23		*pada kisaran (97,1 1,29) hingga (97,1 + 1,29), yaitu antara 95,81 dan 98,39 jam.*										
24												
25		*Dengan asumsi bahwa umur komponen terdistribusi secara normal, maka probabilitas komponen*										
26		*bertahan hingga 90 jam (yaitu gagal dalam 90 jam) adalah*										
27		***NORMDIST(90, G10, G11, TRUE) = 0,14 = 14%***										
28												
29		*Tingkat kegagalan 14% (lihat sel G26) tampaknya agak tinggi sehingga Perusahaan ABC tidak boleh*										
30		*menerima pesanan pelanggan*										

Gambar 8.7 Menggunakan fungsi CONFIDENCE Excel untuk menentukan batas kepercayaan.

Model Gambar 8.7 telah menemukan (i) mean sampel = 97,1, standar deviasi = 6,59(ii)batas kepercayaan 95% adalah (95,81, 98,39) (iii) karena tingkat kegagalan komponen tinggi (14%, lihat sel H26), pesanan pelanggan seharusnya tidak dia terima. Template Tabel 8.3 digunakan untuk membangun model Gambar 8.7.

Cell	Formula	Copied to
C11	POISSON(E$4, F11, TRUE)	C12:C20
E11	E$3*B11	E12:E20
F11	IF(B11 = G$3, 1–C11, "")	F12:F20
G11	IF(B11 = G$4, C11, "")	G12:G20

Tabel 8.3 Batas keyakinan – rumus lembar kerja.

8.5 UJI HIPOTESIS – MEMERIKSA KLAIM!

Adalah umum bagi bisnis untuk membuat klaim tentang produk mereka. Misalnya, produsen widget dapat mengklaim bahwa hanya 2% dari produknya yang rusak. Ketika klaim atau hipotesis semacam itu dibuat, manajer harus dapat mendukung klaim mereka. Untuk memeriksa pernyataan pabrikan, tidak layak untuk menguji setiap widget sehingga sampel acak biasanya dipilih. Tujuan uji hipotesis adalah menggunakan informasi sampel untuk memutuskan apakah klaim tersebut harus dikonfirmasi atau disangkal. Tetapi pertanyaan kunci dalam pengujian hipotesis adalah, bagaimana pengambil keputusan memutuskan apakah informasi sampel itu sendiri dapat diandalkan? Seperti yang terlihat pada bagian sebelumnya, kesimpulan yang berbeda dapat ditarik dari sampel yang berbeda. Saat memeriksa klaim, hanya ada empat hasil:

- Terima hipotesis yang BENAR – keputusan yang BENAR
- JANGAN menerima hipotesis SALAH – keputusan yang BENAR
- JANGAN menerima hipotesis yang BENAR – keputusan yang SALAH, yang disebut kesalahan TIPE I
- Terima hipotesis SALAH – keputusan SALAH, disebut kesalahan TIPE II

Kesalahan hanya dapat berupa Tipe I atau Tipe II – tidak keduanya. Kesalahan dibagi menjadi dua jenis karena ada situasi di mana, jika kesalahan harus dibuat, lebih baik satu jenis kesalahan dibuat daripada yang lain. Misalnya, konsekuensi dari kesalahan Tipe I untuk klaim bahwa 'rumah terbakar!' bisa menjadi bencana, yang tidak terjadi jika kesalahan Tipe II dibuat. Ketika sampel diambil untuk memeriksa suatu klaim, ada kemungkinan rata-rata sampel, X, tidak mendukung klaim tersebut. Misalnya, sampel acak widget mungkin menunjukkan tingkat kerusakan sebesar 4%, yang bertentangan dengan klaim produsen sebesar 2%. Perbedaannya bisa karena (i) klaim pabrikan salah atau (ii) sampel adalah sampel 'nakal' dan tidak mewakili situasi yang sebenarnya. Penting untuk dapat memeriksa mana dari dua kemungkinan ini yang paling mungkin. Pengujian hipotesis akan menunjukkan apakah sampel tersebut memang sampel 'nakal' atau benar-benar representatif, dalam hal ini perbedaan tersebut dikatakan signifikan secara statistik.

Uji hipotesis terdiri dari dua jenis, satu sisi dan dua sisi. Tes satu arah hanya tertarik pada satu arah, baik batas bawah atau batas atas interval kepercayaan. Tes satu arah yang khas memeriksa apakah suatu klaim memenuhi standar minimum atau maksimum, yaitu, zona penolakan hanya terjadi di satu ekor distribusi pengambilan sampel, lihat contoh MeadowSweet Creameries di bawah ini. Di sisi lain, uji dua sisi menggunakan batas interval atas dan bawah, yaitu, pemeriksaan dilakukan di kedua arah untuk memastikan bahwa klaim berada dalam interval kepercayaan. Dalam hal ini, zona penolakan terjadi di kedua ekor distribusi sampling. Misalnya, seorang manajer produksi akan menggunakan uji dua sisi untuk memeriksa keakuratan peralatan perkakas. Untuk melewati spesifikasi kontrol kualitas, item perkakas harus berada dalam batas atas dan bawah yang ditentukan oleh toleransi peralatan.

STUDI KASUS 8.1 Menggunakan pengujian hipotesis untuk memeriksa klaim

Meadow Sweet Creameries menggunakan mesin untuk mengisi karton satu liter susu mereka. Beberapa pelanggan mengeluh bahwa karton mereka tidak berisi satu liter penuh. Meadow Sweet khawatir bahwa mesin pengisi mereka mungkin tidak berfungsi dengan benar sehingga mereka mengambil sampel acak sebanyak 200 karton. Volume rata-rata dari 200 karton adalah 1,05 liter dengan simpangan baku 0,15 liter. Meadow Sweet ingin mengklaim bahwa semua karton mereka mengandung setidaknya satu liter susu. Karena perusahaan hanya tertarik untuk menetapkan standar minimum, uji hipotesis akan dilakukan satu arah dengan zona penolakan di sebelah kiri. Mereka telah memutuskan untuk melakukan uji signifikansi pada tingkat 5%. Langkah pertama adalah menyatakan kembali masalah Meadow Sweet Creameries sebagai dua hipotesis:

1. Karton rata-rata diisi dengan satu liter atau lebih (mesin beroperasi dengan benar).
2. Karton rata-rata diisi kurang dari satu liter (mesin rusak). Hipotesis pertama disebut 'hipotesis nol', ditulis sebagai H_0, dan hanya menegaskan klaim MeadowSweet Creameries. Hipotesis kedua dikenal sebagai 'hipotesis alternatif' dan ditulis sebagai H_1. Kedua hipotesis ini biasanya ditampilkan sebagai

   Hipotesis nol, H_0: $\mu \geq 1$ liter dimana μ = mean populasi

   Hipotesis alternatif, H_1: $\mu < 1$ liter

Hipotesis nol akan diuji dan jika terbukti benar, H1 ditolak. Sebaliknya, jika H0 terbukti salah, maka H_1 diterima dan klaim MeadowSweet ditolak. Solusi pada Gambar 8.8 menunjukkan bahwa batas kepercayaan adalah (0,979, 1,021). Karena rata-rata sampel 1,05 liter jauh di atas batas bawah 0,979 liter, maka klaim MeadowSweet diterima.

Cell	Formula	Copied to
K4	SUM(D4:J4)	
E6	D6 + 5	F6:J6
D7	D4*D6	E7:J7
K7	SUM(D7:J7)	K8
D8	D4*(D6–$G10)^2	E8:J8
G10	K7/K4	
G11	SQRT(K8/K4)	
G18	CONFIDENCE(0.05, G11, K4)	
G26	NORMDIST(90, G10, G1, TRUE)	

Tabel 8.4 Contoh pembacaan waktu

8.6 ANALISIS VARIANSI (ANOVA)

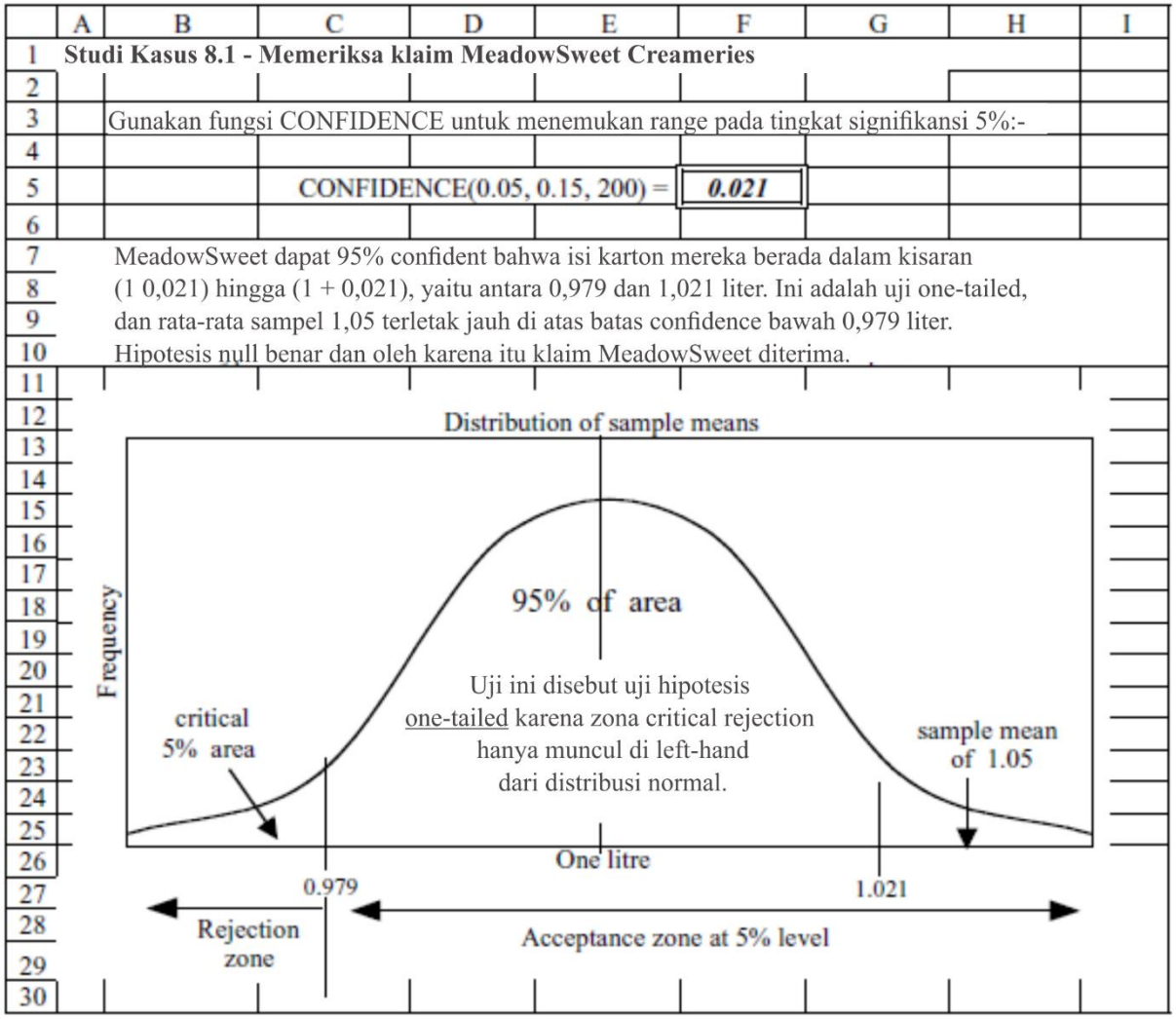
Manajer sering dihadapkan pada masalah membandingkan data yang dikumpulkan dari tiga atau lebih populasi. Misalnya, pertimbangkan seorang manajer produksi yang harus membuat keputusan pembelian di antara tiga mesin. Dia mungkin ingin memastikan apakah ada perbedaan yang signifikan di antara peralatan, meskipun semua pemasok membuat klaim yang sama untuk produk khusus mereka. Karena pengujian hipotesis adalah teknik statistik

yang berguna, manajer harus dapat memperluas prosedur pengujian hipotesis ke lebih dari dua populasi. Analisis varians (ANOVA) memungkinkan ekstensi ini.

Dengan menggunakan ANOVA, manajer dapat menentukan apakah data sampel berasal dari populasi yang sama atau populasi yang berbeda. ANOVA memungkinkan manajer untuk memisahkan data ke dalam kategori dan melihat apakah pemisahan ini menjelaskan beberapa variasi dalam data sampel. Kemampuan untuk menguji hubungan yang signifikan antara data sampel yang termasuk dalam kategori yang berbeda membuat ANOVA menjadi alat pengambilan keputusan yang kuat. Untuk menggunakan ANOVA, tiga kondisi harus dipenuhi:

1. Sampel harus sampel acak independen.
2. Sampel harus dipilih dari populasi yang berdistribusi normal.
3. Populasi harus memiliki varians yang sama (yaitu, $\sigma^2 1 = \sigma^2 2 = \sigma^2 3 ... = \sigma^2$ di mana 2 = varians).

Catatan: Varians, yang dapat dihitung menggunakan fungsi VAR Excel, adalah ukuran dispersi data dan didefinisikan sebagai rata-rata perbedaan kuadrat antara N pengukuran individu, X_i, dan mean μ, yaitu varians $\sigma^2 = \{ \sum X_i - \mu)^2 / N$.



Gambar 8.8 Memeriksa klaim MeadowSweet Creameries (lanjutan).

STUDI KASUS 8.2 Menggunakan ANOVA untuk memeriksa proses pengisian karton

MeadowSweet Creameries telah mempelajari hasil uji hipotesis terbaru mengenai jumlah susu yang terkandung dalam karton satu liter mereka. Sementara mereka merasa senang bahwa klaim mereka telah diterima, hasil tes telah menimbulkan masalah lain. Manajemen sekarang khawatir bahwa karton mengandung terlalu banyak susu daripada terlalu sedikit! Sampel 200 karton menunjukkan bahwa rata-rata, satu karton berisi 1,05 liter yang jauh di atas batas atas interval kepercayaan 1,021 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.8. Mungkin mesin pengisi karton rusak dan perlu diganti.

Manajer produksi MeadowSweet, Willie Wong, telah menghubungi tiga pemasok peralatan untuk mendapatkan informasi tentang mesin pengisi karton mereka. Pemasok bersedia menyediakan peralatan mereka dalam uji coba sehingga MeadowSweet dapat mengevaluasi produk mereka dengan lebih baik. Setelah memasang ketiga mesin tersebut, Willie menemukan bahwa kemampuan mereka hampir sama kecuali satu detail penting –

proses pengisian – yang sangat bervariasi. Dia telah mencatat enam sampel pembacaan waktu (dalam detik) yang diambil oleh setiap mesin untuk mengisi sepuluh karton, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8.4. Delapan belas waktu sampel tabel menunjukkan tiga sumber variasi utama:

1. Semua waktu yang tercatat dalam tabel tidak sama. Jadi variasi ada di semua delapan belas nilai sampel. Variasi ini disebut variasi total.
2. Untuk setiap mesin, enam waktu yang dicatat tidak sama. Dengan demikian ada variasi dengan data sampel masing-masing mesin. Variasi ini disebut variasi dalam kelompok (atau variasi dalam sampel).
3. Sarana untuk ketiga mesin tersebut tidak semuanya sama, sehingga terdapat variasi antar mesin. Variasi ini disebut variasi antar kelompok (atau variasi antar sampel).

Ketiga sumber variasi ini dapat digabungkan menjadi satu persamaan, yang mendefinisikan prinsip dasar ANOVA satu arah:

variasi total = variasi dalam kelompok + variasi antar kelompok

yaitu, $TV = WGV+BGV$

Memodifikasi dan menerapkan rumus varians (σ^2) ke tabel sampel dua dimensi Willie Wong di atas, variasi total (TV) diberikan oleh persamaan:

$$TV = \sum_{i=1}^{K}\sum_{j=1}^{N}(X_{ij} - \mu_T)^2$$

Demikian juga, dua persamaan lebih lanjut dapat diturunkan untuk variasi dalam kelompok (WGV) dan variasi antarkelompok (BGV) seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

$$WGV = \sum_{i=1}^{K}\sum_{j=1}^{N}(X_{ij} - \mu_i)^2 \qquad BGV = \sum_{i=1}^{K}(\mu_i - \mu_T)^2$$

Memasukkan data MeadowSweet Creameries ke dalam persamaan ini menghasilkan hasil seperti yang ditunjukkan di bawah ini. Nilai-nilai ini juga telah dihitung dengan model analisis ANOVA pada Gambar 8.9 (lihat sel C35:C38).

$TV = (14.8-15.82)^2 +(17.2-15.82)^2 +(14.9-15.82)^2 +...(14.4-15.82)^2 = 18.025$

$BGV = 6[(\mu_1 -15.82)^2 +(\mu_2 -15.82)^2 +(\mu_3 -15.82)^2] = 8.67$

$WGV = TV-BGV=18.025-8.67=9.355$

WillieWong ingin mengetahui apakah ada perbedaan antara waktu pengisian rata-rata mesin. Dia hanya memiliki data sampel yang dicatat dalam tabelnya yang menjadi dasar keputusan. Dia akan mengajukan hipotesis nol H_0, yang menyatakan bahwa waktu pengisian rata-rata untuk ketiga mesin adalah sama. Hipotesis nol H_0 ini akan diuji menggunakan fungsi ANOVA Excel. Jika ternyata benar, maka hipotesis alternatif H1, yaitu bahwa waktu pengisian rata-rata tidak sama, akan ditolak. Siapkan hipotesis nol H_0 yang akan diuji, yaitu, semua cara adalah sama.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

H_1 : Tidak semua rata-rata sama

Dua parameter penting dihitung dengan ANOVA – nilai F yang dihitung (disebut hanya 'F') dan nilai F kritis (disingkat menjadi 'Fcrit'). Jika nilai F hitung lebih besar dari nilai F kritis, maka hipotesis nol H0 ditolak, sebaliknya diterima. Aturan keputusannya adalah

Jika $F > F_{crit}$ tolak H_0 sebaliknya, terima H_0

Pertama, masukkan tabel Willie Wong ke dalam spreadsheet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.9. Selanjutnya, aktifkan Excel's Analysis ToolPak dengan menggunakan perintah Tools|Data Analysis, dan pilih 'Anova: Single Factor' dari daftar opsi. Isi kotak dialog ANOVA seperti pada Gambar 8.9 untuk mendapatkan jawaban 'F' (sel F35) dan 'F crit' (sel H35). Berdasarkan nilai yang dihitung, F(=6,95) terlihat lebih besar dari Fcrit (=3,68) sehingga hipotesis nol ditolak. Oleh karena itu Willie Wong dapat menyimpulkan bahwa memang ada perbedaan yang signifikan dalam rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh setiap mesin untuk mengisi sepuluh karton. (Catatan: manfaat nyata ANOVA terlihat ketika ukuran sampel jauh lebih besar daripada yang digunakan dalam situasi Meadow Sweet Creameries.)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	*Studi Kasus 8.2 - Menggunakan ANOVA untuk memeriksa proses pengisian karton*								
2									
3		Sample	Machine 1	Machine 2	Machine 3				
4		1	14.8	17.1	15.1		*Sel input*		
5		2	17.2	15.8	15.7		*pengguna diarsir*		
6		3	14.9	18.1	14.5				
7		4	16.1	15.7	15.2				
8		5	15.6	16.9	14.9				
9		6	16.3	16.4	14.4				
10		Mean =	15.82	16.67	14.97				
11		Total sample mean =		15.82					
12									
13	*[1] Klik menu Tools kemudian Data_Analysis untuk mengaktifkan Analysis ToolPak*								
14	*[2] Pilih opsi 'Anova: Single Factor' dan isi kotak dialog sebagai berikut:*								
15									
16		*INPUT*	*Rentang Input: Sorot (atau masukkan) rentang C3:E9*						
17			*Dikelompokkan berdasarkan: Kolom*						
18			*Label di Baris Pertama: Klik OK dengan mouse Alfa: Masukkan tingkat*						
19									
20									
21		*Signifikansi yang diperlukan (biarkan 5%)*							
22		*OUTPUT Output Range: Klik OK dengan mouse Masukkan sel output yang sesuai, mis. B24*							
23									
24		Anova: Single Factor							
25									
26		SUMMARY							
27		*Groups*	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*			
28		Column 1	6	94.9	15.8167	0.8297			
29		Column 2	6	100.0	16.6667	0.8107			
30		Column 3	6	89.8	14.9667	0.2307			
31									
32									
33		ANOVA							
34		*Source of Variation*	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*	
35		Between Groups	8.67	2	4.335	***6.9508***	0.0073	***3.6823***	
36		Within Groups	9.355	15	0.62367				
37									
38		Total	18.025	17					
39									
40		Using the decision rule: Reject the null hypothesis H_0 if $F > F_{\alpha}$							

Gambar 8.9 Menggunakan ANOVA untuk memeriksa proses pengisian karton.

8.7 KONTROL PROSES STATISTIK

Pada bagian sebelumnya, pengambilan sampel penerimaan berfokus pada penerimaan input (misalnya, bahan mentah) dan output, yaitu barang jadi. Kontrol proses statistik (SPC), bagaimanapun, diterapkan pada suatu proses selama operasi manufaktur, yaitu, tahap tengah penting dari siklus hidup 'input-process-output'. Proses adalah urutan langkah

yang menggambarkan suatu aktivitas dari awal hingga penyelesaian. SPC menggunakan teknik statistik untuk mengukur kinerja proses dan dengan demikian memastikan bahwa proses tersebut memenuhi standar yang ditentukan. Dua orang yang paling dekat hubungannya dengan pengendalian kualitas adalah Walter Shewhart dan Edwards Demming.

Shewhart memelopori penggunaan awal metode kontrol statistik pada tahun 1920 dan dihormati dengan memiliki diagram kontrol yang dinamai menurut namanya. Dia adalah orang pertama yang membedakan antara penyebab variasi yang alami (atau acak) dan yang dapat ditentukan (atau tidak acak). Variasi alami terjadi secara acak dalam hampir setiap proses manufaktur dan diterima sebagai bagian dari perilaku normal sistem. Variasi ini disebabkan oleh perubahan lingkungan produksi seperti suhu dan kelembaban, getaran lantai, pelumas, dan lain-lain. Selama variasi acak tetap dalam batas yang ditentukan, proses 'terkendali' dan kualitas tidak akan terpengaruh. Namun, jika variasi keluar dari batas yang ditentukan, prosesnya 'di luar kendali' dan alasan fluktuasi harus ditentukan.

Variasi yang dapat ditentukan tidak melekat pada proses dan dapat ditelusuri ke penyebab tertentu - maka nama 'dapat ditugaskan'. Variasi non-acak ini disebabkan oleh faktor-faktor yang dapat diidentifikasi seperti keausan mesin, ketidaksejajaran proses, keterampilan operator yang buruk, material yang tidak tepat, dan lain-lain. Tujuan utama SPC adalah untuk memastikan bahwa proses 'beroperasi dalam kendali statistik', yaitu, satu-satunya sumber variasi proses adalah karena penyebab alami. Tindakan korektif hanya boleh diterapkan pada penyebab non-acak yang asli. Untuk secara keliru menafsirkan variasi yang terjadi secara alami sebagai penyebab yang dapat ditetapkan, dapat menyebabkan koreksi yang berlebihan dari proses dan bahkan variasi yang lebih besar. Diagram kontrol (atau Shewhart) membantu manajemen untuk memantau suatu proses, dan dengan demikian menentukan perbedaan antara variasi alami dan yang dapat ditentukan.

Bagan Kontrol

Bagan kendali, yang merupakan sarana utama pengendalian proses, memastikan bahwa pola proses diinterpretasikan dengan benar. Dengan memantau perilaku proses selama periode waktu tertentu, setiap penyimpangan dari batas yang telah ditentukan - biasanya disebut sebagai batas kendali atas dan bawah - dapat menunjukkan bahwa proses menyimpang dari kendali. Untuk menentukan batas kontrol tersebut, manajemen harus memiliki pemahaman yang masuk akal tentang bagaimana proses sebenarnya bekerja. Dalam banyak situasi, perusahaan mungkin tidak mengetahui apa yang mampu dilakukan oleh proses tersebut. Oleh karena itu harus melakukan 'studi kemampuan' untuk menentukan batas toleransi, yang mewakili variasi alami proses.

Langkah pertama dalam studi kapabilitas adalah mengambil data sampel, yaitu memilih dan mengukur unit output yang representatif. Unit sampel diukur menurut beberapa karakteristik produk yang penting, misalnya diameter, tekanan, kekuatan, berat, dan lain-lain. Karena variasi alami dan dapat ditentukan, tidak mungkin mendeteksi pergeseran atau tren menggunakan titik data individual. Oleh karena itu, data sampel menggunakan rata-rata

sampel mini, yang mungkin mengandung lima atau enam titik data. Ukuran statistik terkenal dari lokasi pusat (rata-rata atau rata-rata) dan penyebaran (standar deviasi) kemudian digunakan untuk merekam pergerakan atau pergeseran karakteristik selama interval waktu.

Diagram kontrol dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu (i) variabel dan (ii) diagram kontrol atribut. Bagan kendali variabel memplot karakteristik spesifik (tekanan, kekuatan, berat) di sepanjang sumbu Y dan berbagai nomor sampel di sepanjang sumbu X. Grafik variabel yang paling umum adalah grafik X dan R. Bagan kendali atribut bergantung pada item yang diklasifikasikan sebagai cacat atau tidak cacat. Bagan kendali atribut melibatkan penghitungan jumlah barang cacat yang terjadi dalam katakanlah, batch tertentu, daripada mengukur beberapa karakteristik produk seperti dalam bagan variabel. Dua jenis utama dari atribut grafik adalah p-chart, yang menghitung persentase cacat dalam sampel yang diambil, dan c-chart yang menghitung jumlah cacat dalam sampel. Sampel untuk bagan kendali atribut biasanya lebih besar daripada sampel untuk bagan variabel dengan setidaknya faktor 10, misalnya 50 hingga 100 unit atau lebih.

Diagram Kontrol Variabel: X-chart dan R-chart

X-chart memplot rata-rata setiap sampel yang menunjukkan variasi antar sampel sedangkan R-chart menunjukkan variasi dalam sampel. Dalam bagan R, huruf 'R' adalah singkatan dari istilah statistik, rentang, yang merupakan ukuran penyebaran paling sederhana dalam satu set data. Range adalah selisih antara nilai terbesar dan terkecil dalam sampel. Kedua bagan sering digunakan bersama untuk memberikan pandangan yang lebih jelas tentang pola perilaku suatu proses.

Dasar teoretis untuk grafik X dan R adalah 'teorema limit pusat' yang terkenal, yang dapat dinyatakan secara umum sebagai: Jika sampel acak berukuran n diambil dari populasi apa pun dengan mean dan standar deviasi σ, maka distribusi sampling akan mengikuti kurva normal dengan rata-rata μ dan standar deviasi $\sigma/\sqrt{n}$. Sementara nilai umum untuk n adalah 30, banyak prosedur kontrol kualitas menggunakan ukuran sampel yang jauh lebih kecil dari n = 4 atau 5. Dalam istilah yang lebih sederhana, bagan kontrol tipikal menetapkan batas kontrol yang berada dalam 3 standar deviasi rata-rata rata-rata sampel, yaitu,

Batas kendali atas (UCL) = $x + 3\sigma$

Batas kendali bawah (LCL) = $x\ 3\sigma$

di mana x = rata-rata rata-rata sampel. Pilihan ±3 standar deviasi berhubungan dengan batas keyakinan yang dibahas sebelumnya dalam bab ini. Jika proses hanya memiliki variasi acak, maka seorang manajer dapat 99% yakin bahwa rata-rata sampel akan berada dalam ±3σ (3-sigma). Demikian pula, bagi seorang manajer untuk menjadi 95% percaya diri membutuhkan rata-rata sampel berada dalam ± 2σ dari rata-rata rata-rata sampel. Pertimbangkan studi kasus MeadowSweet.

CONTOH 8.7 Menggunakan X- dan R-chart untuk memeriksa proses pengisian karton

Manajer produksi, Willie Wong, telah memutuskan untuk menggunakan diagram kendali untuk memeriksa mesin pengisi karton milik MeadowSweet Creameries untuk

memastikan bahwa mesin itu rusak dan harus diganti. Dia ingin 99% yakin bahwa mesin tidak 'di luar kendali'. Setelah mengumpulkan dua puluh sampel berukuran n = 10, Willie kemudian menghitung waktu rata-rata (dalam detik) yang diambil oleh mesin untuk mengisi setiap batch seringkali karton. Tabel berikut berisi waktu rata-rata (rata-rata) untuk 20 sampel

$Sampel$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 $hingga$ 10	1.72	1.58	1.62	1.83	1.91	1.65	1.77	1.57	1.85	1.64
11 $hingga$ 20	1.92	1.71	1.57	1.69	1.59	1.85	1.90	1.63	1.75	1.74

Dari tabel, rata-rata dari dua puluh mean, X adalah (1,72+1,58+1,62+...1,75+ 1,74)/20=1,725 dan standar deviasi untuk dua puluh nilai, , adalah 0,119. Oleh karena itu, batas kendali atas dan bawah untuk grafik-X adalah

Batas kendali atas (UCL) = $1.725+3*0.119=2.082$

Batas kendali bawah (LCL) = $1.725+3*0.119=1.368$

Grafik X yang dihasilkan pada Gambar 8.10 menunjukkan bahwa terdapat variasi yang cukup besar baik di atas maupun di bawah nilai rata-rata dari nilai rata-rata 1,725. Namun, semua variasi berada dalam batas kendali bawah dan atas (1.367, 2.082). Berdasarkan plot X, Willie Wong dapat menyimpulkan dengan kepastian 99% bahwa tidak ada pergeseran – bertahap atau tiba-tiba – dalam proses pengisian karton. Bahkan dengan kepastian yang berkurang sebesar 95% (yaitu, jumlah standar deviasi = 2), tidak ada data titik di luar batas kendali. Willie Wong menyadari bahwa X-chart hanya menunjukkan bahwa proses terus menghasilkan output rata-rata. Ini tidak menunjukkan apakah ada perubahan dalam output individu dari tingkat 'normal'.

Willie telah memutuskan untuk menggunakan R-chart untuk mendeteksi perubahan individual dalam data. Dia kemudian akan dapat mengevaluasi variasi dalam sampel, yaitu, untuk melihat bagaimana rentang setiap sampel bervariasi. Rentang sampel hanyalah perbedaan antara nilai terbesar dan terkecil dalam sampel. Untuk menghitung rentang sampel, pengukuran individu untuk setiap karton dalam sampel harus diperiksa. Tabel Willie Wong di atas, yang berisi rata-rata sampel 10 karton, harus diperluas untuk menampilkan data masing-masing item. Tabel di bawah ini menunjukkan nilai asli untuk setiap karton dalam dua sampel pertama. Informasi ini digunakan untuk mengilustrasikan bagaimana rentang sampel, R, diturunkan.

Tabel 8.5 Faktor untuk menghitung batas bagan kendali (Hak Cipta ASTM. Dicetak ulang dengan izin)

		Factors of *R*-chart	
Sample size *n*	**$\overline{X}$-chart factor A_2**	**Lower limit D_3**	**Upper limit D_4**
2	1.880	0	3.267
3	1.023	0	2.575
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.114
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777
15	0.223	0.348	1.652
20	0.180	0.414	1.586
25	0.153	0.459	1.541

Sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average
1	1.69	1.68	1.75	1.79	1.68	1.72	1.81	1.61	1.79	1.68	1.72
2	1.61	1.55	1.59	1.59	1.52	1.60	1.54	1.60	1.57	1.63	1.58

Nilai terbesar dan terkecil di setiap sampel 10 karton digarisbawahi. Jadi kisaran untuk sampel pertama, R1 = 1.81−1.61=0.20, dan juga R2 = 1.63−1.52=0.11. Rangkaian lengkap rentang Ri untuk 20 sampel telah dihitung dengan cara yang sama untuk memberikan tabel rentang berikut.

Samples	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}
1 to 10	0.20	0.11	0.15	0.21	0.23	0.09	0.17	0.19	0.12	0.33
11 to 20	0.12	0.22	0.17	0.29	0.19	0.15	0.09	0.13	0.30	0.14

R-chart membutuhkan dua faktor yang dapat ditemukan dari tabel nilai peta kendali yang telah ditentukan seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 8.5. Dua faktor-disebut D_3 dan D_4-diperlukan untuk menemukan batas kontrol untuk grafik-R dan bervariasi, tergantung pada ukuran sampel. Nilai yang terkandung dalam Tabel 8.5 diturunkan untuk batas kepercayaan 99%, yaitu ±3 standar deviasi. Batas kendali atas dan bawah untuk grafik-R dapat dihitung dari dua persamaan berikut:

Batas kendali atas (UCL)= D_4R Batas kendali bawah (LCL)= D_3R

di mana R = rata-rata rentang sampel. Untuk situasi Willie Wong, R ditemukan dari tabel rentang, yaitu, R = (0.2+0.11+0.15+0.21+...+0.30+0.14)/20=0.18. Karena setiap sampel terdiri dari 10 karton, nilai D_3, D_4 pada Tabel 8.5, yang sesuai untuk ukuran sampel 10, adalah

D_3 =0.223 dan D_4 =1.777.Batas kendali untuk diagram R UCL=1.777*0.18= 0.32 dan LCL=0.223*0.18=0.04.

Model R-chart pada Gambar 8.11 menunjukkan titik data di luar batas atas dan pola osilasi yang meningkat, yang menunjukkan bahwa proses mulai menyimpang dari kendali. Penyebab variasi ini harus ditentukan dan, jika mungkin, dikoreksi. Willie Wong mungkin masih harus membeli mesin pengisi baru!

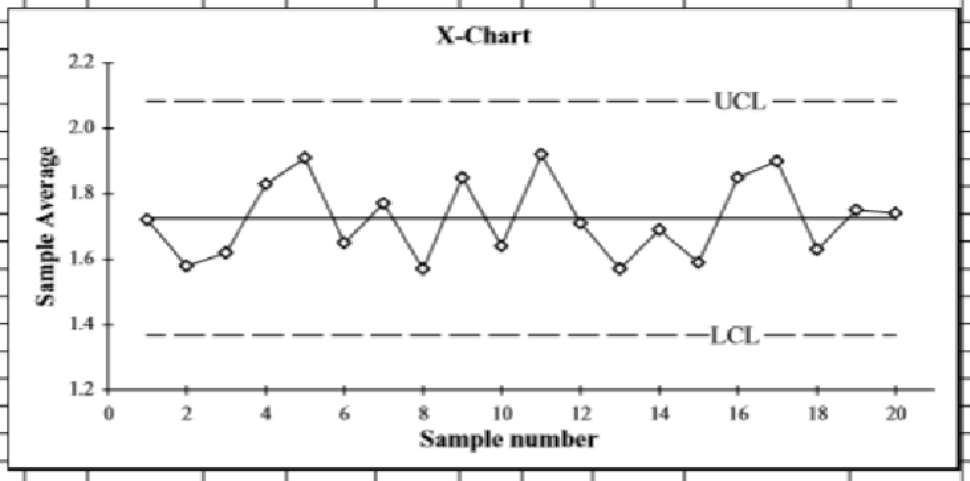
Contoh 8.7 - Menggunakan diagram X untuk memeriksa mesin pengisi MeadowSweet

Sample	Average	UCL	LCL	X_M
1	1.72	2.08	1.37	1.72
2	1.58	2.08	1.37	1.72
3	1.62	2.08	1.37	1.72
4	1.83	2.08	1.37	1.72
5	1.91	2.08	1.37	1.72
6	1.65	2.08	1.37	1.72
7	1.77	2.08	1.37	1.72
8	1.57	2.08	1.37	1.72
9	1.85	2.08	1.37	1.72
10	1.64	2.08	1.37	1.72
11	1.92	2.08	1.37	1.72
12	1.71	2.08	1.37	1.72
13	1.57	2.08	1.37	1.72
14	1.69	2.08	1.37	1.72
15	1.59	2.08	1.37	1.72
16	1.85	2.08	1.37	1.72
17	1.90	2.08	1.37	1.72
18	1.63	2.08	1.37	1.72
19	1.75	2.08	1.37	1.72
20	1.74	2.08	1.37	1.72

Sel input pengguna diarsir

Mean of the means, X_M =	1.725
Standard deviation =	0.119
No. of standard deviations =	3
Upper control limit (UCL) =	2.082
Lower control limit (LCL) =	1.367

Cell	*Formula*	*Copied to*
D4	K$9	D5:D23
E4	K$10	E5:E23
F5	K$5	F5:F23
K5	AVERAGE(C4:C23)	
K6	STDEV(C4:C23)	
K9	K5 + K8*K6	
K10	K5 – K8*K6	



Grafik dibuat menggunakan ChartWizard dengan (i) rentang sel B4:F23 sebagai input (ii) bagan sebar XY dan (iii) sub-tipe Bagan (baris 3, kolom 1)

Gambar 8.10 Menggunakan diagram X kontrol untuk memeriksa proses pengisian karton.

Membangun dan Menafsirkan Diagram Kontrol Variabel

Langkah-langkah berikut menunjukkan bagaimana membangun dan menginterpretasikan grafik kendali X dan R:

1. Kumpulkan sejumlah (20 hingga 30) sampel berukuran n = 4 atau 5 yang diambil pada interval waktu yang teratur.
2. Hitung rata-rata, X dan jangkauan, R untuk masing-masing sampel kecil ini.
3. Hitung rata-rata keseluruhan, X, yaitu rata-rata rata-rata dan rentang keseluruhan, R, yaitu rata-rata rentang sampel.
4. Pilih batas kepercayaan, biasanya 99%, dan hitung batas kendali atas dan bawah.
5. Plot grafik kendali X dan R dan tentukan apakah ada titik data yang berada di luar batas kendali. Selidiki alasan mengapa suatu titik berada di luar batas kendali.
6. Periksa apakah titik-titik data menunjukkan pola apa pun – baik sebagai tren yang meningkat, menurun, atau berosilasi – yang mungkin menunjukkan bahwa proses tersebut lepas kendali.
7. Kumpulkan sampel lebih lanjut dan, jika perlu, ulangi langkah di atas.

Bagan Kontrol Atribut: bagan-p dan bagan-c

Bagan kendali atribut biasanya digunakan ketika tidak ada karakteristik yang jelas untuk diukur. Dalam situasi ini, karakteristik atribut didefinisikan dalam hal apakah produk tersebut cacat atau tidak. Ukurannya kemudian menjadi tugas sederhana untuk menghitung berapa banyak barang cacat yang terjadi dalam sampel tertentu. Dua jenis utama bagan kendali atribut adalah bagan-p yang mengukur persentase cacat dalam sampel dan bagan-c yang menghitung jumlah barang cacat dalam sampel.

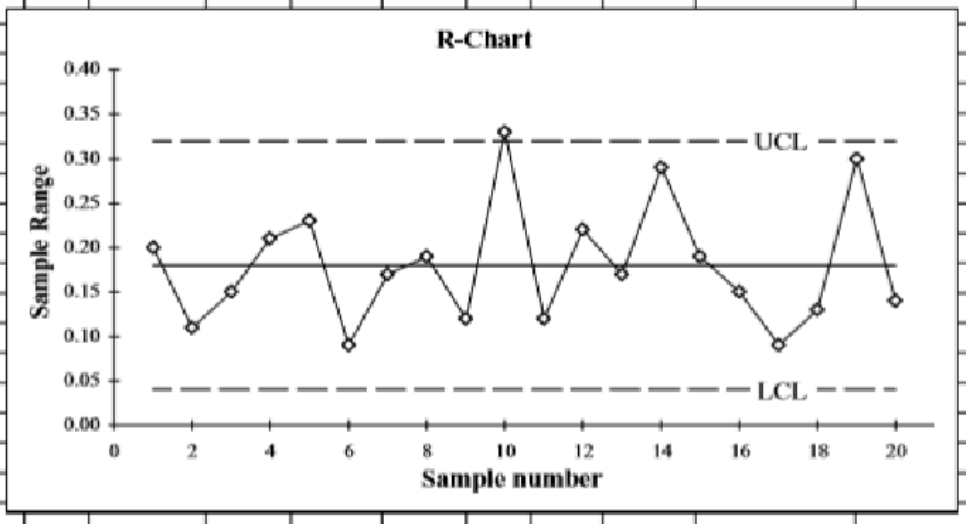
Contoh 8.7 - Model R-chart untuk mesin pengisi MeadowSweet

Sample	Range, R_i	UCL	LCL	X_M
1	0.20	0.32	0.04	0.18
2	0.11	0.32	0.04	0.18
3	0.15	0.32	0.04	0.18
4	0.21	0.32	0.04	0.18
5	0.23	0.32	0.04	0.18
6	0.09	0.32	0.04	0.18
7	0.17	0.32	0.04	0.18
8	0.19	0.32	0.04	0.18
9	0.12	0.32	0.04	0.18
10	0.33	0.32	0.04	0.18
11	0.12	0.32	0.04	0.18
12	0.22	0.32	0.04	0.18
13	0.17	0.32	0.04	0.18
14	0.29	0.32	0.04	0.18
15	0.19	0.32	0.04	0.18
16	0.15	0.32	0.04	0.18
17	0.09	0.32	0.04	0.18
18	0.13	0.32	0.04	0.18
19	0.30	0.32	0.04	0.18
20	0.14	0.32	0.04	0.18

yang diarsir adalah inout sel pengguna

Mean of the ranges, R_M =	0.180
For a sample size of 10,	
Table value, D_3 =	0.223
Table value, D_4 =	1.777
Upper control limit (UCL) =	0.320
Lower control limit (LCL) =	0.040

Cell	*Formula*	*Copied to*
D4	K$11	D5:D23
E4	K$12	E5:E23
F4	K$6	F5:F23
K6	AVERAGE(C4:C23)	
K11	K6*K9	
K12	K6*K8	



Grafik dibuat menggunakan ChartWizard dengan (i) rentang sel B4:F23 sebagai input (ii) bagan sebar XY dan (iii) sub-tipe Bagan (baris 3, kolom 1)

Gambar 8.11 Model R-chart untuk proses pengisian karton MeadowSweet.

Bagan atribut mengasumsikan bahwa suatu produk hanya dapat memiliki satu dari dua keadaan – baik atau buruk, sukses atau gagal, penerimaan atau penolakan. Setiap proses yang hanya memiliki dua kemungkinan hasil disebut proses Bernoulli. Dua distribusi probabilitas yang digunakan untuk memodelkan proses Bernoulli adalah distribusi Poisson dan Binomial. Distribusi Binomial umumnya dikaitkan dengan proses Bernoulli. Dalam kondisi tertentu, bagaimanapun, distribusi Poisson lebih tepat. Jika ukuran sampel besar atau tidak

diketahui, dan kemungkinan menemukan barang cacat sangat kecil, maka distribusi Poisson harus digunakan sebagai pengganti distribusi Binomial. Distribusi Binomial lebih cocok untuk situasi diagram-p sedangkan distribusi Poisson digunakan untuk diagram-c.

Prosedur untuk menghitung batas kendali untuk diagram-p mirip dengan diagram-X. Untuk menetapkan batas kendali yang berada dalam ±3 standar deviasi dari rata-rata rata-rata sampel, persamaan yang sama diterapkan lagi, yaitu,

Batas kendali atas (UCL) = $p+3\sigma$

Batas kendali bawah (LCL) = $p-3\sigma$

di mana:

p = rata-rata proporsi barang cacat

$\sigma = \sqrt{p(1-p)/n}$ (n = ukuran sampel)

Day	Production	Defectives
1	1020	39
2	1076	33
3	988	45
4	1205	39
5	1092	36
6	1145	41
7	1086	50
8	1220	38
9	1176	43
10	1112	35
11	1105	42
12	1007	38
13	1201	36
14	1075	42
15	1121	40
16	1185	50
17	1130	39
18	1083	45
19	1112	41
20	1214	46

Tabel 8.6 Detail produksi sproket

Persamaan untuk σ adalah simpangan baku dari distribusi Binomial. Pilihan ±3 standar deviasi (disebut 3-sigma) digunakan ketika seorang manajer ingin 99% yakin bahwa rata-rata sampel berada dalam batas kendali. Demikian pula, bagi seorang manajer untuk menjadi 95% percaya diri mengharuskan rata-rata sampel berada dalam ± 2σ dari rata-rata rata-rata sampel.

CONTOH 8.8 Menggunakan diagram-p untuk memantau tingkat kerusakan

TheAcmeCompany baru-baru ini melakukan pemeriksaan proses produksi untuk sprocket. Selama sebulan terakhir, pemeriksaan harian dilakukan pada jumlah sprocket yang diproduksi serta jumlah item yang rusak. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 8.6.

TheAcmeCompany telah memutuskan untuk membuat p-chart dari data di atas untuk menentukan apakah tingkat cacat berada pada tingkat yang dapat diterima. Diagram-p cocok untuk situasi khusus ini karena tingkat produksi dan cacat diketahui untuk setiap sampel. Ukuran sampel untuk situasi ini semuanya berbeda, sama dengan jumlah harian sproket yang diproduksi. Ukuran sampel rata-rata ditemukan dengan menjumlahkan semua nilai produksi harian dan membaginya dengan jumlah hari, yaitu, n =22,353/20=1117,65.

p-chartofGambar 8.12 tidak menunjukkan sesuatu yang tidak biasa. Semua titik data berada dalam batas kontrol dan didistribusikan secara merata di sekitar rata-rata persen cacat sebesar 3,66%. Karena tidak ada pola yang terlihat, Perusahaan Acme dapat menyimpulkan bahwa proses produksi 'beroperasi dalam kendali statistik'. Perlu dicatat bahwa ukuran sampel untuk bagan kontrol atribut jauh lebih besar daripada untuk bagan variabel – dalam contoh ini dengan faktor 100.

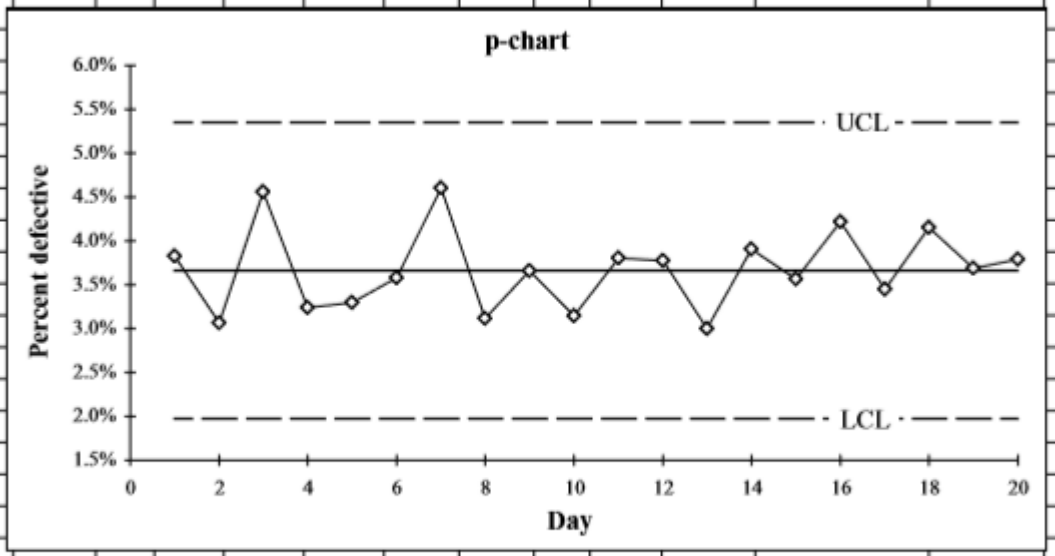
Contoh 8.8 - Menggunakan diagram-p untuk memeriksa tingkat barang cacat

Prod.	Def.	Day	%	UCL	LCL	P_M
1020	39	1	3.8%	0.05	0.02	0.04
1076	33	2	3.1%	0.05	0.02	0.04
988	45	3	4.6%	0.05	0.02	0.04
1205	39	4	3.2%	0.05	0.02	0.04
1092	36	5	3.3%	0.05	0.02	0.04
1145	41	6	3.6%	0.05	0.02	0.04
1086	50	7	4.6%	0.05	0.02	0.04
1220	38	8	3.1%	0.05	0.02	0.04
1176	43	9	3.7%	0.05	0.02	0.04
1112	35	10	3.1%	0.05	0.02	0.04
1105	42	11	3.8%	0.05	0.02	0.04
1007	38	12	3.8%	0.05	0.02	0.04
1201	36	13	3.0%	0.05	0.02	0.04
1075	42	14	3.9%	0.05	0.02	0.04
1121	40	15	3.6%	0.05	0.02	0.04
1185	50	16	4.2%	0.05	0.02	0.04
1130	39	17	3.5%	0.05	0.02	0.04
1083	45	18	4.2%	0.05	0.02	0.04
1112	41	19	3.7%	0.05	0.02	0.04
1214	46	20	3.8%	0.05	0.02	0.04

Prod. = No. of sprockets produced
Def. = No. of defectives
% = Percent defective

Percent-defective mean, P_M =	3.66%
Sample average =	1117.65
$Sigma_p$ =	0.0056
Upper control limit (UCL) =	0.053
Lower control limit (LCL) =	0.020

Cell	*Formula*	*Copied to*
E4	C4/B4	E5:E23
F4	M$10	F5:F23
G4	M$11	G5:G23
H4	M$7	H5:H23
M7	SUM(C4:C23)/SUM(B4:B23)	
M8	SUM(B4:B23)/20	
M9	SQRT(M7*(1–M7)/M8)	
M10	M7 + 3*M9	
M11	M7 – 3*M9	



Grafik dibuat menggunakan ChartWizard dengan (i) rentang sel D4:H23 sebagai input (ii) bagan sebar XY dan (iii) subtipe Bagan (baris 3, kolom 1)

Gambar 8.12 Menggunakan diagram-p untuk memeriksa tingkat kerusakan.

Bloggs Engineering prihatin dengan jumlah kerusakan peralatan yang terjadi di divisi produksinya selama beberapa bulan terakhir. Manajemen telah memutuskan bahwa mereka ingin 95% yakin bahwa kerusakan tidak terlalu tinggi. Perusahaan telah mencatat rincian

kerusakan peralatan selama sepuluh minggu terakhir seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8.7. Karena jumlah informasi yang terbatas, distribusi Poisson sesuai untuk situasi ini. Untuk distribusi Poisson, simpangan baku, σ, sama dengan akar kuadrat dari tema. Prosedur untuk menghitung batas kendali untuk diagram-c mirip dengan diagram-p. Karena Bloggs Engineering hanya ingin 95% yakin bahwa situasi semakin tidak terkendali, batas kontrol diagram-c ditetapkan pada ±2σ alih-alih nilai kepastian 99%c normal dari ±3 standar deviasi. Persamaan biasa dimodifikasi seperti yang ditunjukkan:

$$\textit{Batas kendali atas (UCL)} = c+2\sigma$$

$$\textit{Batas kendali bawah (LCL)} = c-2\sigma$$

di mana :

c = rata-rata kerusakan

dan cσ =√c

Tema perincian,c =(3+1+2+2...5+4+10)/10=4.4dan simpangan baku =√4.4=2.10. Oleh karena itu, batas kendalinya adalah UCL=4.4+2*2.1=8.6 dan LCL = 4.4 2*2.1 = 0.2. Jika model memiliki nilai negatif untuk batas kontrol bawah, LCL diatur ke nol karena tidak mungkin memiliki jumlah kerusakan negatif. C-chart pada Gambar 8.13 menunjukkan bahwa dua titik berada di luar batas kendali atas, menegaskan kekhawatiran perusahaan bahwa kerusakan peralatan menjadi terlalu sering. Akankah situasinya berubah, jika Bloggs Engineering ingin 99% yakin bahwa prosesnya terkendali? Jalankan model c-chart dengan ±3 standar deviasi alih-alih nilai 2-sigma.

Tabel 8.7 Rincian kerusakan peralatan

Week	Breakdowns
1	3
2	1
3	2
4	2
5	7
6	1
7	9
8	5
9	4
10	10

8.8 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Model yang dikembangkan dalam bab ini memperkenalkan empat fungsi Excel untuk pertama kalinya, yang masing-masing dijelaskan di bawah ini. Pengguna harus ingat bahwa fasilitas bantuan online yang komprehensif juga disediakan oleh Excel.

1. **CONFIDENCE CONFIDENCE (alpha, standar dev, size)**

   mengembalikan interval kepercayaan untuk mean populasi. Interval kepercayaan adalah rentang di kedua sisi rata-rata sampel. Misalnya, jika seorang komuter naik bus ke tempat kerja setiap hari, maka dia dapat memprediksi, dengan tingkat keyakinan tertentu, waktu paling awal dan paling lambat kapan bus akan tiba.

   alpha = tingkat signifikansi yang digunakan untuk menghitung tingkat kepercayaan. Tingkat signifikansi adalah pelengkap dari tingkat kepercayaan. Misalnya, nilai alpha 0,05 menunjukkan tingkat kepercayaan 95%.

   Standar.dev = simpangan baku populasi, yang diasumsikan diketahui.

   Ukuran = ukuran sampel.

   Contoh: Seorang komuter telah mengamati selama 50 perjalanan terakhir bahwa waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan perjalanan ke tempat kerja adalah 30 menit dengan standar deviasi 2,5. Komuter dapat 95% yakin bahwa waktu rata-rata terletak pada interval 30 ± PERCAYA DIRI (0,05, 2,5, 50) = 30±0,693, yaitu antara 29,3 dan 30,7 menit.

2. **MAX MAX (array)**

   mengembalikan angka terbesar dalam array.

   Contoh: MAX(D4:D7) pada Gambar 8.14 mengembalikan nilai 20.00.

3. **NORMDIST NORMDIST (x, mean, standar dev, kumulatif**)

   mengembalikan distribusi kumulatif normal untuk mean dan standar deviasi yang diberikan. Distribusi simetris berbentuk lonceng ini banyak digunakan dalam aplikasi statistik.

   x = nilai distribusi yang dibutuhkan.

   mean = mean aritmatika dari distribusi.

   standar dev = standar deviasi distribusi.

   kumulatif = nilai logika yang dapat disetel sama dengan TRUE untuk memberikan probabilitas eksponensial kumulatif, atau disetel ke FALSE untuk memberikan probabilitas eksponensial individual.

   Contoh: Umur suatu komponen mengikuti distribusi normal dengan rata-rata 800 jam dan simpangan baku 70 jam. Proporsi komponen yang akan gagal sebelum 900 jam adalah NORMDIST (900, 800, 70, TRUE)=0.9234=92.34%.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Product name	No. in stock	Product price		Year	Cash flow	
3								
4		Gizmo	10	10.00		1	1	
5		Gadget	25	12.50		2	4	
6		Widget	8	20.00		3	8	
7		Sprocket	40	4.50		4	16	
8						5		
9	***Sample Figure***							

Gambar 8.14 Contoh gambar.

4. **NORMINV NORMINV (probabilitas, mean, standar dev)**

   mengembalikan kebalikan dari distribusi kumulatif normal untuk mean dan standar deviasi yang diberikan.

   probabilitas = probabilitas yang diperlukan distribusi normal.

   mean = mean aritmatika dari distribusi.

   standar dev = standar deviasi distribusi.

   Contoh: Masa pakai komponen terdistribusi normal dengan rata-rata 800 jam dan standar deviasi 70 jam. Temukan masa pakai rata-rata yang akan memastikan bahwa nomoretan10% komponen gagal sebelum 800 jam. Jawaban=NORMINV (0,9, 800, 70)=889,7 jam.

8.9 LATIHAN

1. Ferditelah menyetujui rencana pengambilan sampel dengan produsen komponen X. Rencana pengambilan sampel menentukan nilai ,β masing-masing 5% dan 10% dan (n,c) nilai (100, 2). Ferdi sekarang ingin menentukan nilai untuk mengukur kualitas baik dan buruk. Dia telah memutuskan untuk memplot kurva karakteristik operasi (OC), dari mana dia dapat menghitung nilai yang dapat diterima untuk AQL (kualitas baik) dan LTPD (kualitas buruk).

   (Jawaban: AQL=0,8% dan LTPD=5,3%.)
2. Rencana pengambilan sampel untuk produksi batch menyatakan: 'pilih sampel acak dari 30 item dan hitung jumlah barang cacat, c, dalam sampel. Jika c 2, terima batch, jika tidak tolak'. Plot kurva karakteristik operasi (OC) untuk rencana ini. Apa risiko konsumen menerima batch yang mengandung 15% cacat?

   (Jawaban: Risiko konsumen=17,5%)
3. Perusahaan EverLite memproduksi bola lampu listrik. Sebuah batch 2000 lampu ditemukan memiliki umur rata-rata 1000 jam dan standar deviasi 75 jam.

Menggunakan fungsi distribusi normal ExcelNORMDIST, hitung berapa banyak bohlam yang akan gagal (i) sebelum 900 jam (ii) antara 950 dan 1000 jam (iii) dengan masa pakai rata-rata yang sama, berapa standar deviasi yang harus dimiliki untuk memastikan bahwa tidak lebih dari 20% bohlam gagal sebelum 915 jam?

(Jawaban: (i) 182 (ii) 495 (iii) standar deviasi=101.)

4. Fiona memperkirakan bahwa, rata-rata, dia dapat melayani lima pelanggan per jam di restoran FineFood miliknya. Menggunakan fungsi distribusi Poisson Excel, temukan probabilitas bahwa, dalam satu jam, Fiona akan melayani (i) lebih dari 8 pelanggan (ii) antara 3 dan 6 pelanggan (iii) kurang dari 3 pelanggan dalam setengah jam.

   (Jawaban: (i) 0,0681 (ii) 0,6375 (iii) 0,5438.)

5. GreenFingers Garden Center telah memesan 50kg kantong pupuk rumput. Sebuah sampel acak dari delapan kantong diambil dan ditemukan bahwa rata-rata sampel adalah 49,1kg dengan standar deviasi 1,6kg. GreenFingers ingin menguji apakah berat rata-rata tas secara signifikan kurang dari berat yang ditentukan yaitu 50kg. Gunakan fungsi Keyakinan Excel untuk memeriksa situasi, dengan mengambil tingkat signifikansi 5%. Jika ukuran sampel digandakan, apakah situasinya akan berbeda?

   (Jawaban: Tas dapat diterima; jika sampel=16, maka tas TIDAK dapat diterima!)

6. Perusahaan KleenUp telah memutuskan untuk melakukan analisis biaya operasional armada mobilnya. Diambil sampel acak sebanyak 12 mobil yang dapat dibagi menjadi tiga jenis. Biaya operasi untuk dua belas mobil dalam pence per mil ditunjukkan pada Tabel 8.8.

Tabel 8.8 Biaya Operasi 12 mobil

Type 1	Type 2	Type 3
13.3	12.4	13.9
14.3	13.4	15.5
13.6	13.1	14.7
12.8		14.5
14.0		

Lakukan analisis varians pada data di atas menggunakan fungsi Anova Excel – ambil tingkat signifikansi 1%. Apakah data tabel memberikan bukti bahwa biaya operasi per mil untuk ketiga jenis mobil berbeda?

(Jawaban: Misalkan H0 = 'biaya operasi per mil untuk 3 jenis mobil adalah sama'; karena F (7.236) < Fcrit(8.0215), H0 diterima.)

7. MeadowSweet Creameries menjual wadah katering susu 10 liter seharga Rp. 4 setiap. Karena masalah baru-baru ini dengan mesin pengisian, jumlah susu di setiap wadah

bervariasi dari rata-rata 10 liter. Volume terdistribusi normal dengan simpangan baku 0,2 liter. Setelah meyakinkan pelanggan bahwa hanya satu dari setiap seratus kontainer akan berisi kurang dari 10 liter, MeadowSweet sekarang harus menemukan volume kontainer rata-rata yang akan memenuhi jaminan ini. Selanjutnya, perusahaan memiliki opsi untuk membeli suku cadang baru untuk mesin pengisi yang akan mengurangi standar deviasi menjadi 0,15 liter. MeadowSweet ragu-ragu apakah komponen baru ini, seharga Rp. 5000, bermanfaat karena hanya bertahan untuk 100.000 pengisian kontainer. Perusahaan telah meminta saran kepada manajer produksi Willie Wong mengenai kedua masalah tersebut. (Petunjuk: gunakan fungsi NORMINV – lihat fungsi akhir bab untuk detail NORMINV.)

(Jawaban: (i) 10,465 liter (ii) Total penghematan = Rp. 4,653. Karena suku cadang berharga Rp. 5000, itu tidak berguna.)

8. Barbara Blair, yang merupakan manajer kendali mutu untuk Perusahaan Gizmo, menggunakan ukuran sampel dua puluh item saat memeriksa batch produksi komponen elektronik. Selama beberapa bulan terakhir, total 20 barang cacat telah ditemukan dalam dua ratus sampel acak. Barbara ingin 95% yakin bahwa proses beroperasi dalam kondisi normal. Oleh karena itu, dia telah membuat diagram-p menggunakan data sampel ini dan rumus standar di mana = p(1− p)/n dan p=jumlah rata-rata barang cacat. Setelah memplot rincian lima sampel terakhir yang mengandung 3, 5, 2, 0, dan 6 cacat pada diagram-pnya, kesimpulan apa yang harus diambil Barbara tentang proses produksi?

   (Jawaban: Karena dua dari rata-rata sampel berada di luar batas kendali atas, Barbara dapat menyimpulkan bahwa proses di luar kendali. Tren osilasi juga menegaskan pandangan ini.)

9. Meadow Sweet Creameries menyadari masalah dengan mesin pengisi. Perusahaan telah menyimpan catatan karton susu satu liter yang telah ditolak karena kandungan volume rendah. Tabel 8.9 berisi catatan harian untuk bulan lalu, yang menunjukkan (i) jumlah total karton yang diisi, dan (ii) jumlah karton yang ditolak, dan (ii)

Tabel 8.9 diagram-p

Day	Total	Rejects
1	8042	349
2	7944	297
3	7848	277
4	8101	360
5	7932	451
6	7545	364
7	8290	482
8	7887	289
9	8003	363
10	7798	475
11	8135	358
12	7937	481
13	7712	476
14	8075	362
15	7191	360
16	8189	417
17	7633	397
18	8108	421
19	7762	455
20	7941	387

MeadowSweet telah memutuskan untuk membuat bagan-p untuk memeriksa apakah tingkat karton yang ditolak telah mencapai tingkat yang tidak dapat diterima. Perusahaan ingin 99% yakin bahwa proses pengisian tidak lepas kendali.

(Jawaban: Sistemnya jelas di luar kendali. Pola osilasi menunjukkan banyak nilai di atas dan di bawah batas kendali. Berdasarkan diagram-p ini, MeadowSweet sangat membutuhkan mesin pengisi baru!)

10. Perusahaan EverLite telah mengumpulkan informasi tentang umur rata-rata (dalam jam) bola lampu listrik mereka. Tabel 8.10 menunjukkan rincian untuk mini-sampel lima bola lampu, termasuk rata-rata umur dan jangkauan untuk setiap mini-sampel. Perusahaan ingin melihat bagaimana kinerja proses manufaktur mereka dan telah meminta Anda untuk membuat diagram kontrol untuk rata-rata (X) dan rentang (R). Setelah memeriksa hasilnya, saran apa yang dapat Anda berikan kepada Perusahaan EverLite?

Tabel 8.10 rincian untuk mini-sampel lima bola lampu

Sample	Mean ($\bar{X}$)	Range (R)
1	1232	59
2	1178	61
3	1096	84
4	1211	97
5	1050	73
6	1244	64
7	1190	40
8	1078	58
9	1101	77
10	1079	51
11	1095	58
12	1137	81
13	1221	76
14	1201	62
15	1191	60
16	1189	57
17	1236	49
18	1098	55
19	1262	71
20	1115	69

(Jawaban: Sistem beroperasi dengan baik di dalam batas kontrol untuk grafik X dan R. Setiap kumpulan data dikelompokkan di sekitar rata-ratanya masing-masing, menunjukkan bahwa Perusahaan EverLite tidak perlu khawatir dengan proses pembuatannya.)

BAB 9
MODEL KONTROL INVENTARIS

9.1 GAMBARAN

Bisnis hanya dapat memprediksi apa yang akan dibeli pelanggan dan kapan mereka akan membelinya. Untuk mengatasi ketidakpastian tersebut, stok disimpan untuk memastikan bahwa permintaan yang diantisipasi dapat dipenuhi. Oleh karena itu, stockholding dapat dilihat sebagai penyangga antara penawaran dan permintaan. Misalnya, bahan mentah seperti batu bara dan bahan bakar harus dijadwalkan dan ditimbun untuk produksi listrik, sementara bank harus mempertahankan persediaan kas pada tingkat tertentu untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Jenis utama persediaan adalah (i) bahan mentah (ii) barang dalam proses (juga disebut barang dalam proses atau WIP) yang mewakili sebagian produk jadi (iii) barang jadi, yaitu produk jadi yang siap dikirim.

Sebagian besar perusahaan menghargai bahwa modal dapat diikat dengan sia-sia dalam inventaris yang menumpuk debu. Misalnya, tidak ekonomis untuk menyimpan suatu barang ketika biaya menyimpannya lebih besar daripada keuntungan yang diperoleh dari menjualnya. Dalam situasi seperti itu, perusahaan dapat mengadopsi kebijakan pemesanan kembali yang memungkinkan terjadinya kekurangan yang direncanakan, dengan permintaan pelanggan dipenuhi setelah pesanan dilakukan. Kebijakan back-order mengasumsikan bahwa pelanggan bersedia menunggu pengiriman, yaitu strategi untuk persediaan negatif. Model komputer sekarang digunakan untuk mengurangi tingkat persediaan dengan memberikan perkiraan yang lebih akurat tentang kuantitas dan waktu transaksi persediaan.

Di masa lalu, persediaan sering kelebihan stok 'untuk berjaga-jaga' ada yang tidak beres, yaitu, barang dipesan berlebihan untuk melindungi dari kinerja produksi yang buruk akibat kualitas yang tidak dapat diandalkan. Beberapa industri sekarang menganggap inventaris sebagai barang mewah yang mahal, dan telah meminta pemasok mereka untuk mengirimkan komponen hanya saat dibutuhkan. Pendekatan 'just-in-time' (JIT) ini dilihat sebagai cara untuk menghilangkan pemborosan, menyinkronkan proses manufaktur, dan mengurangi biaya penyimpanan persediaan. JIT telah diadopsi oleh produsen mobil, tetapi itu berarti bahwa setiap gangguan dalam pasokan komponen tunggal dapat menghentikan jalur produksi. Oleh karena itu, keandalan pemasok merupakan faktor kunci dalam sistem JIT.

Tujuan utama dari pengendalian persediaan adalah untuk memastikan bahwa jumlah yang tepat dari item yang tepat dipesan pada waktu yang tepat. Tapi apa yang merupakan item yang tepat, waktu yang tepat, dan jumlah yang tepat? Pertanyaan dasar yang harus ditanyakan adalah

- Barang apa yang harus dipesan?
- Kapan harus memesan?

- Berapa banyak yang harus dipesan?

Pertanyaan pertama berfokus pada pentingnya memastikan bahwa hanya item yang relevan yang dipesan. Alasan untuk menahan item stok adalah (i) untuk memungkinkan proses produksi beroperasi dengan lancar dan efisien (ii) untuk memanfaatkan diskon kuantitas (iii) untuk melindungi dari kemungkinan kekurangan di masa depan (iv) untuk menyerap fluktuasi musiman dalam permintaan dan penawaran (v) untuk melindungi dari inflasi dan perubahan harga. Karena menyimpan stok mahal, prosedur seperti analisis biaya manfaat, harus dilakukan untuk memastikan bahwa persediaan dapat dibenarkan secara ekonomi. Misalnya, menyimpan komponen untuk komputer mikro yang sudah usang tidak praktis.

Dua pendekatan yang paling umum untuk pertanyaan kedua mengenai waktu pesanan adalah (i) sistem kuantitas tetap, dan (ii) sistem tinjauan periode tetap atau periodik. Dalam sistem kuantitas tetap, jumlah konstan yang sama dipesan setiap waktu. Setiap variasi permintaan diatasi dengan mengubah waktu antar pesanan. Dalam sistem tinjauan periodik, pesanan ditempatkan pada interval tetap terlepas dari ukuran stok. Setiap variasi dalam permintaan diatasi dengan mengubah ukuran pesanan. Sistem tinjauan periodik kadang-kadang disebut sistem kuantitas pesanan periodik (POQ).

Pertanyaan ketiga berfokus pada jumlah pesanan, yaitu, berapa banyak yang harus dipesan? Model matematika yang paling terkenal untuk menentukan ukuran pesanan yang optimal dengan meminimalkan biaya adalah metode 'jumlah pesanan ekonomis' (EOQ). Perhatikan bahwa istilah 'jumlah pesanan', 'ukuran lot', dan 'ukuran batch' adalah sinonim dan digunakan secara bergantian. Dasar yang mendasari semua model pengendalian persediaan diringkas oleh dua pertanyaan terakhir di atas, yaitu, berapa banyak dan kapan?

9.2 DAFTAR ISTILAH INVENTARISASI

Ada banyak istilah yang digunakan dalam pengendalian persediaan yang, jika tidak didefinisikan dengan benar, dapat menyebabkan kebingungan. Misalnya istilah 'kontrol stok' dan 'kontrol inventaris' sering digunakan untuk arti yang sama. Sebenarnya, stok terdiri dari barang fisik dan material yang disimpan untuk digunakan di masa depan oleh suatu organisasi, sedangkan inventaris adalah daftar semua item yang disimpan dalam stok. Untuk menghilangkan ambiguitas, daftar istilah dasar yang digunakan dalam pengendalian persediaan sekarang diberikan. Lima istilah pertama di bawah ini mendefinisikan berbagai biaya yang terlibat dalam memegang saham.

Biaya satuan adalah harga yang dibebankan oleh pemasok untuk satu unit barang.

Biaya pemesanan (atau penyiapan) Biaya pemesanan mencakup biaya yang timbul dari persiapan dan pengiriman pesanan, pengecekan barang saat pengiriman, dan aktivitas pendukung administrasi lainnya. Biaya setup mengacu pada biaya mempersiapkan mesin atau proses untuk pembuatan pesanan.

Memegang (atau membawa) biaya biaya memegang satu unit item dalam persediaan untuk satu periode waktu. Biaya penyimpanan tipikal akan dinyatakan sebagai, katakanlah, Rp. 20

per unit per tahun. Biaya penyimpanan juga dapat dinyatakan sebagai persentase dari biaya unit item tersebut. Biaya penyimpanan meliputi bunga atas persediaan yang dikapitalisasi, asuransi, biaya penyimpanan (sewa, penerangan, pemanasan, pendinginan, dan lain-lain.), kerusakan dan keusangan persediaan.

Biaya kekurangan (atau kehabisan stok) kehabisan stok dapat terbukti mahal. Produksi pabrik dapat terhenti karena kekurangan satu komponen atau kurangnya suku cadang untuk peralatan mesin yang rusak. Toko dapat kehilangan bisnis jika mereka tidak dapat memasok barang saat dibutuhkan, yaitu, pelanggan tidak dapat menunggu barang yang kehabisan stok yang dipenuhi dengan melakukan pemesanan kembali.

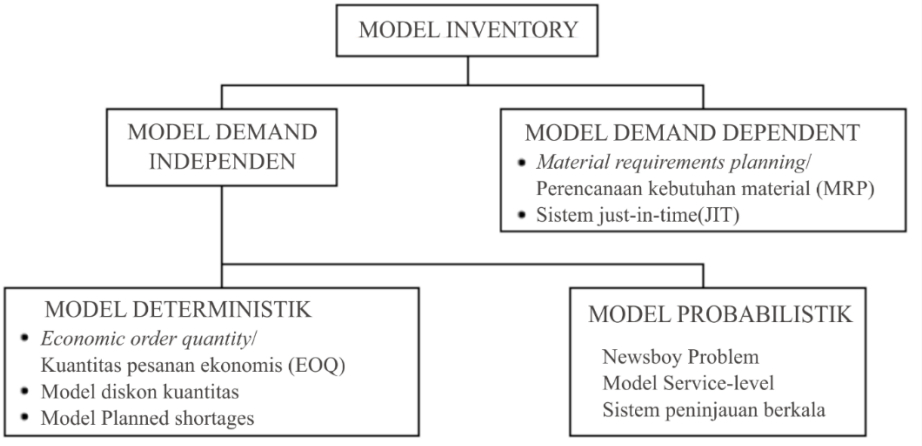
Diskon Beberapa pemasok menawarkan diskon ketika barang dibeli dalam jumlah besar. Membeli dalam jumlah besar akan menyebabkan biaya penyimpanan yang lebih tinggi tetapi kenaikannya mungkin sebanding dengan penghematan pada harga pembelian.

Istilah dasar lain yang digunakan dalam pengendalian persediaan adalah:

Lead time merupakan waktu antara menempatkan pesanan dan mendapatkan item dalam stok siap untuk digunakan. Lead time biasanya diambil sebagai nilai konstan, misalnya dua minggu. Namun, harus diingat bahwa lead time melibatkan banyak kegiatan yang dapat menimbulkan ketidakpastian seperti persiapan pesanan, produksi barang, pengemasan, transportasi, pengecekan pada saat kedatangan, dan lain-lain. Dalam praktiknya, ketidakpastian ada di hampir semua sistem persediaan.

Permintaan adalah jumlah unit yang akan dipasok dari stok dalam periode waktu tertentu, misalnya sepuluh unit per minggu. Perkiraan tingkat permintaan selama lead time merupakan faktor penting dalam sistem pengendalian persediaan.

Stok yang dialokasikan merupakan stok yang telah disisihkan untuk memenuhi pesanan sampai saat stok dapat dikirim. Meskipun persediaan yang dialokasikan mungkin ada secara fisik di ruang penyimpanan, itu tidak boleh dimasukkan sebagai 'dalam persediaan' (yaitu, di tangan) karena telah dialokasikan!



Gambar 9.1 Jenis model persediaan.

Jumlah pesanan (atau pemesanan ulang) yaitu, 'Berapa banyak yang harus dipesan untuk meminimalkan biaya total?' Ketika pesanan dilakukan dan stok diisi ulang, jumlah yang akan dipesan dapat dihitung menggunakan persamaan kuantitas pesanan ekonomi klasik (EOQ). EOQ adalah yang paling terkenal dari beberapa teknik yang bertujuan untuk menurunkan kuantitas pesanan yang optimal.

Tingkat pemesanan ulang (atau titik pemesanan) yaitu, 'Kapan pesanan harus dilakukan?' Waktu tunggu item akan memengaruhi waktu penempatan pesanan. Tingkat pemesanan ulang adalah tingkat minimum yang boleh dicapai oleh stok yang ada sebelum pesanan baru dilakukan. Ketika pesanan ditempatkan, stok yang ada harus menutupi permintaan sampai pesanan tiba.

Waktu siklus waktu yang dibutuhkan antara dua pesanan berturut-turut. Waktu siklus, Ta, dapat ditemukan untuk tahun tersebut dengan membagi jumlah pesanan Q dengan permintaan tahunan D, yaitu, Ta (dalam minggu) = 52*Q/D. Safety (minimum atau buffer) menyediakan persediaan cadangan barang-barang yang disimpan untuk digunakan dalam keadaan darurat, yaitu untuk melindungi dari ketidakpastian.

Stok maksimum tingkat stok yang dipilih sebagai jumlah maksimum yang diinginkan, yang kemudian digunakan sebagai indikator untuk menunjukkan kapan stok naik terlalu tinggi.

9.3 KARAKTERISTIK MODEL PERSEDIAAN

Model persediaan memiliki dua karakteristik utama, keduanya terkait dengan permintaan produk. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.1, permintaan dapat (i) independen atau dependen (ii) deterministik atau probabilistik.

- Model permintaan independen mengasumsikan bahwa permintaan suatu barang tidak tergantung pada permintaan barang lain. Inventaris permintaan independen biasanya terdiri dari barang jadi, yang permintaannya didasarkan pada faktor lingkungan yang tidak pasti seperti prakiraan penjualan, tren konsumen, dan lain-lain. Model tersebut menggunakan teknik matematis untuk menghubungkan prakiraan permintaan, ukuran pesanan, dan biaya.
- Model permintaan dependen mengasumsikan bahwa permintaan suatu barang bergantung pada rencana produksi atau jadwal operasi yang ada. Misalnya, permintaan roda di pabrik perakitan mobil berhubungan langsung dengan jumlah mobil yang diproduksi. Bahan mentah, komponen, dan subassemblies yang digunakan dalam produksi barang jadi memiliki permintaan yang bergantung.
- Model deterministik adalah model di mana permintaan akan suatu item diasumsikan konstan dan seragam, yaitu, nilai variabel diketahui dengan tepat.
- Model probabilistik adalah model di mana permintaan akan suatu barang bervariasi, yaitu, ada tingkat ketidakpastian yang melekat pada variabel permintaan. Permintaan produk (barang) kemudian ditentukan oleh distribusi probabilitas.

9.4 MODEL DETERMINISTIK

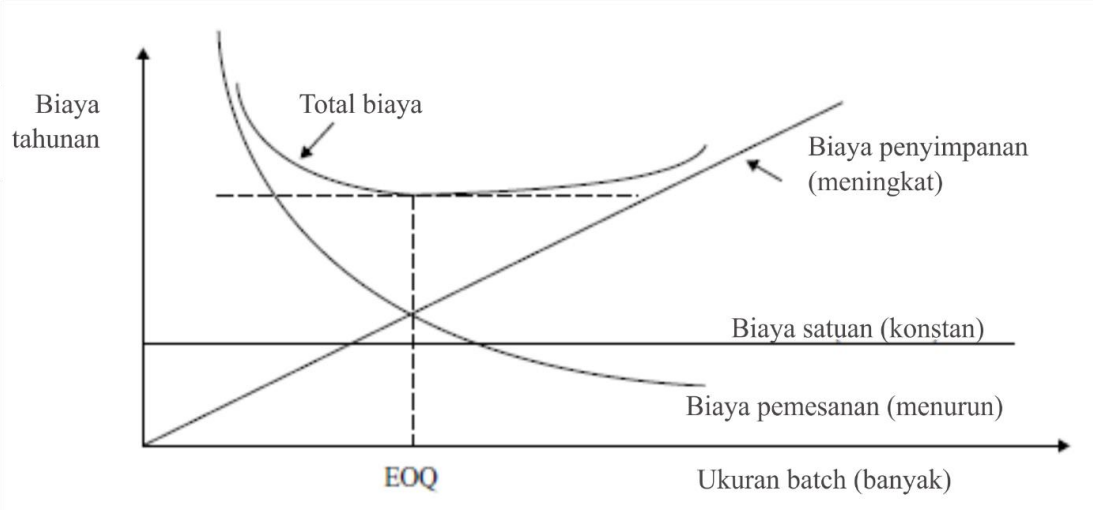
Model Kuantitas Pesanan Ekonomi (EOQ)

Model kuantitas pesanan ekonomis (EOQ) adalah model tertua dan paling terkenal untuk menemukan ukuran pesanan optimal yang meminimalkan biaya. Dua biaya dasar yang terlibat dalam pengelolaan persediaan adalah (i) biaya pemesanan, dan (ii) biaya penyimpanan. Sayangnya, kedua biaya ini saling merugikan, yaitu, ada konflik kepentingan! Biaya pemesanan tidak berbeda dengan jumlah pesanan. Jadi, setiap tahun, dengan meningkatnya jumlah pesanan, lebih sedikit pesanan yang perlu dilakukan dan biaya pemesanan menurun. Di sisi lain, ketika jumlah pesanan meningkat, jumlah stok yang ditahan juga meningkat yang pada gilirannya menyebabkan peningkatan biaya penyimpanan. Biaya unit tetap konstan terlepas dari ukuran batch dan karena itu merupakan biaya tetap. Situasi ini ditunjukkan pada Gambar 9.2. Tujuan dari kebanyakan model persediaan adalah untuk meminimalkan total biaya. Dalam model EOQ, ukuran pesanan optimal mewakili titik minimum pada kurva biaya total (TC) di mana biaya total diberikan oleh persamaan

biaya total = biaya pemesanan + biaya penyimpanan + biaya pembelian

Dalam persamaan biaya total di atas, biaya pembelian adalah tetap sedangkan biaya pemesanan dan biaya penyimpanan adalah variabel. Model EOQ mengasumsikan bahwa kondisi berikut terpenuhi:

- Permintaan tahunan diketahui dan terjadi pada tingkat yang konstan.
- Satu item dianggap.
- Semua biaya diketahui secara pasti dan tidak bervariasi. Tidak ada penundaan dalam menerima dan menggunakan pesanan, yaitu, pengisian ulang seketika.
- Tidak ada kekurangan (stockouts) yang diperbolehkan.



Gambar 9.2 Biaya Unit Tetap Konstan Terlepas Dari Ukuran Batch

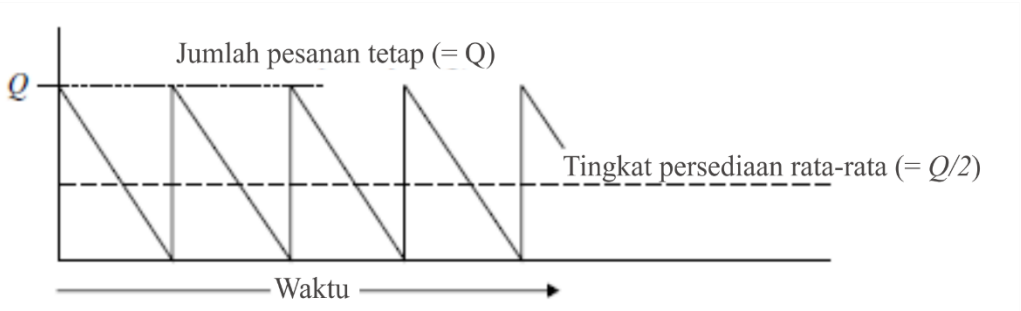
CONTOH 9.1 Setiap pesanan yang dilakukan sepanjang tahun akan selalu dengan jumlah tetap Q. Karena model EOQ tidak mengizinkan kekurangan, jumlah Q diasumsikan tiba setiap kali

jumlah yang ada mencapai nol. Karena tingkat permintaan dianggap konstan, persediaan di tangan akan mengikuti pola gigi gergaji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.3. Perhatikan bahwa tingkat persediaan rata-rata adalah Q/2. Persamaan dasar EOQ, yang ditemukan dengan menggunakan kalkulus, adalah

$$Q_0 = \sqrt{2DS/H}$$

di mana:

Q_0 = jumlah pesanan optimal
S = biaya pemesanan untuk setiap pesanan
D = permintaan tahunan untuk barang tersebut
H = biaya penyimpanan per unit per tahun



Gambar 9.3 Persediaan Di Tangan Akan Mengikuti Pola Gigi Gergaji

Menggunakan definisi di atas, biaya pemesanan tahunan = DS/Q0, biaya penyimpanan tahunan = HQ0/2 dan biaya pembelian tahunan = DC dimana C = biaya per unit. Total biaya tahunan TC untuk membeli dan menyimpan suatu barang sekarang dapat ditulis secara matematis sebagai:

$$TC=DS/Q_0 +HQ_0/2+ DC$$

Template rumus Tabel 9.1 digunakan untuk membangun model EOQ yang ditunjukkan pada Gambar 9.4. Karena biaya pembelian tahunan biasanya jauh lebih besar daripada dua biaya lainnya, maka biaya ini dihilangkan saat memplot grafik EOQ. Biaya tahunan (mewakili sumbu y pada Gambar 9.4) hanya mencakup dua suku pertama dari persamaan di atas, yaitu, biaya pemesanan dan penyimpanan.

9.5 MODEL JUMLAH PESANAN PRODUKSI

Dalam model EOQ yang dijelaskan di atas, seluruh pesanan inventaris ditempatkan pada waktu yang tepat, instan, dan menaikkan level stok secara bergantian. Situasi ini tipikal pedagang grosir yang beroperasi dengan persediaan besar, jumlah besar, dan perputaran besar. Namun dalam lingkungan manufaktur, situasinya agak berbeda. Jika tingkat produksi perusahaan lebih besar dari permintaan pelanggannya, perusahaan dapat memenuhi kebutuhan persediaan pelanggannya secara berkelanjutan, sementara juga membangun persediaan dari kelebihan stok. Ketika persediaan surplus ini menjadi cukup besar untuk memenuhi permintaan pelanggan untuk jangka waktu yang wajar, produksi barang dapat

berhenti sampai semua kelebihan persediaan habis. Di sisi lain, jika tingkat produksi turun di bawah permintaan pelanggan, tidak akan ada kelebihan barang, dan beberapa pesanan pelanggan mungkin tidak terpenuhi sepenuhnya. Model kuantitas pesanan produksi (PROQ) hanya berbeda dari model EOQ dalam hal pengisian ulang tidak seketika, jika tidak, kondisi yang sama berlaku, yaitu,

- Satu item dianggap.
- Semua biaya diketahui secara pasti dan tidak bervariasi.
- Tidak ada kekurangan (stockouts) yang diperbolehkan.

Persamaan dasar PROQ, yang diperoleh dengan menyamakan biaya setup (pemesanan) dengan biaya penyimpanan dan penyelesaian untuk Q0, adalah

$$Q_0 = \sqrt{2DS/H} * \sqrt{P/(P - D)}$$

di mana:

Q_0 = jumlah pesanan optimal
S = biaya setup (pemesanan)
P = tingkat produksi tahunan
D = permintaan tahunan untuk barang tersebut
H = biaya penyimpanan per unit per tahun

Tabel 9.1 Economic order quantity (EOQ) – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
F3	INT(D13/4)	
F7	F3	
F8	F7 + F$3	F9:F14
G7	0.5*F7*D$10	G8:G14
H7	D$4*D$5/F7	H8:H14
I7	G7 + H7	I8:I14
D10	IF(D9 = "",D8, D6*D9)	
C11	IF(D10 = 0,"Holding cost cannot be zero!", "")	
D13	SQRT(2*D4*D5/D10)	
D14	D4/D13	
D15	D4*D5/D13 + 0.5*D10*D13 + D4*D6	

Persamaan PROQ sangat mirip dengan EOQ, satu-satunya perbedaan adalah faktor √P/(P D).

Karena Q = PR dimana R adalah waktu produksi, maka waktu produksi optimal, $R_0 = Q_0/P$. Dengan menggunakan definisi waktu siklus, T = Q/D, waktu siklus optimal, T0, juga dapat ditemukan, yaitu, $T_0 = Q_0/D$. Hanya ada satu biaya setup produksi. Menurunkan elemen biaya penyimpanan dari formula biaya total diperumit oleh fakta bahwa tingkat stok maksimum tidak pernah tercapai karena unit terus menerus dipindahkan untuk memenuhi permintaan

(lihat Waters, Bab 4). Dalam model PROQ, tingkat stok maksimum sama dengan Q_0*(P – D)/P. Jika C = biaya satuan, maka persamaan biaya total PROQ dapat ditulis sebagai:

$$TC=DS/Q_0 +HQ*_0(P - D)/2P + DC$$

yang sangat mirip dengan persamaan biaya total untuk model EOQ. Satu-satunya perbedaan adalah istilah ekstra (P – D)/Pin elemen biaya penyimpanan, yang disebabkan oleh Q_0 digantikan oleh Q_0* (P – D)/P.

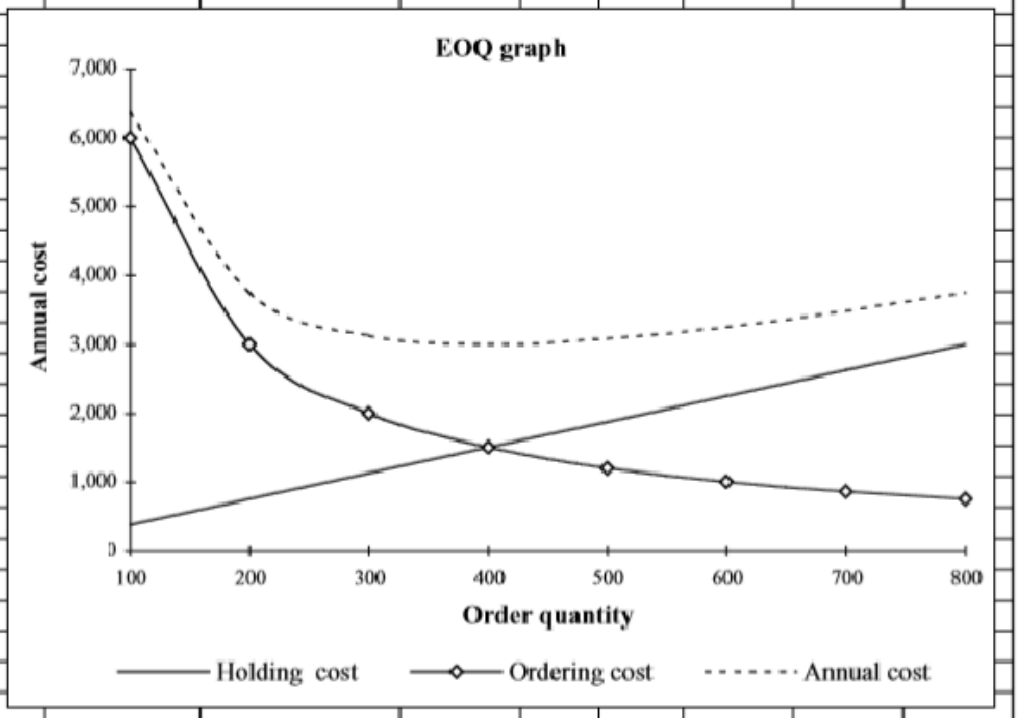
CONTOH 9.2

Perusahaan Gizmo memproduksi gizmos dengan permintaan tahunan 2100 unit. Alat ini diproduksi pada tingkat 2.500 unit per tahun. Biaya unit untuk alat adalah Rp. 30, biaya pemasangan adalah Rp. 450, dan biaya penyimpanan tahunan adalah 20% dari nilainya. Dengan menggunakan templat rumus yang disediakan di bagian bawah Gambar 9.5, buat model PROQ, dan karenanya temukan ukuran batch yang optimal, waktu siklus, dan total biaya untuk alat (lihat sel E12:E18).

Model Diskon Kuantitas

Banyak pemasok menawarkan diskon untuk pesanan besar dan ini harus diperhitungkan saat menghitung jumlah pesanan ekonomis. Jika ukuran batch ditingkatkan dengan jumlah minimum yang diperlukan untuk memenuhi syarat untuk diskon, penghematan yang dicapai dapat membatalkan kenaikan biaya penyimpanan dan pemesanan. Model EOQ mengasumsikan bahwa semua biaya adalah tetap sedangkan model diskon kuantitas memungkinkan biaya bervariasi. Model variasi biaya yang paling umum mempertimbangkan biaya unit yang didiskon, yaitu, biaya pesanan dapat bervariasi dengan ukuran kuantitas pesanan. Namun, biaya pesanan juga dapat bervariasi karena biaya pengiriman tambahan yang dikeluarkan karena ukuran pesanan, yaitu, pesanan besar mungkin memerlukan dua pengiriman, bukan satu! Dalam situasi lain, manfaat diskon kuantitas dapat dibatalkan karena ruang penyimpanan yang memadai. Pengaruh diskon kuantitas dalam biaya per unit sekarang dipertimbangkan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		***Input***	*Cells are shaded*			100			
4		Annual Demand		12,000		<-------- Graph Table --------->			
5		Ordering Cost		50.00		Order	Holding	Ordering	Annual
6		Unit Cost		25.00		size	cost	cost	cost
7		Unit holding cost per year (two options)				100	375	6,000	6,375
8						200	750	3,000	3,750
9				30.0%		300	1,125	2,000	3,125
10		Unit holding cost per year =		7.50		400	1,500	1,500	3,000
11						500	1,875	1,200	3,075
12		***Output***				600	2,250	1,000	3,250
13			EOQ	400.00		700	2,625	857	3,482
14			No. of Orders/Year	30.0		800	3,000	750	3,750
15			Total cost	303,000			Plot cell range F5:I14		
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									



Gambar 9.4 Model Economic Order Quantity (EOQ).

Tabel 9.2 Berisi Economic Order Quantity (EOQ).

Order	Quantity	Discount	Unit cost
1	0–999	0%	10
2	1000–1999	20%	8
3	2000 and over	40%	5

CONTOH 9.3 Model deterministik untuk diskon kuantitas

Perusahaan Wheelie memiliki permintaan tahunan untuk 1500 ban untuk sepeda balap. Biaya pemesanan adalah Rp. 80 dan biaya penyimpanan tahunan adalah 30% dari biaya unit. Biaya unit akan bervariasi, tergantung pada ukuran pesanan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.2. Temukan kuantitas pesanan optimal yang akan meminimalkan biaya total.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3		*Input*	*Permintaan Tahunan*		2,100		
4			*Biaya Pengaturan*		450.00		
5			*Biaya Satuan*		30.00	*User input*	
6			*Tingkat produksi tahunan Biaya*		2,500	*cells are*	
7			*penyimpanan unit per tahun (dua opsi)*			*shaded*	
8			*(i) dalam Rp. per tahun*				
9			*(ii) sebagai % dari biaya unit*		20.0%		
10				=	6.00		
11							
12		*Output*	PROQ		1403.12		
13			Production run time, R_o (in weeks)		29.18		
14			Optimal cycle time, T_0 (in weeks)		34.74		
15			Maximum inventory level		224.5		
16			Annual holding cost		673		
17			Annual setup cost		673		
18			Total cost		64,347		
19							
20							

Cell	*Formula*	*Copied to*
E10	IF (E9="",E8,E5*E9)	
E11	IF(E10=0,"Holding cost cannot be zero!","")	
E12	SQRT(2*E3*E4/E10)*SQRT(E6/(E6 – E3))	
E13	52*E12/E6	
E14	52*E12/E3	
E15	E12*(E6 – E3)/E6	
E16	0.5*E10*E15	
E17	E3*E4/E12	
E18	E16 + E17 + E3*E5	

Gambar 9.5 Model Production Order Quantity (PROQ).

Mengambil keuntungan dari diskon terbesar tidak selalu memberikan biaya terendah. Hal ini disebabkan oleh kenyataan bahwa biaya penyimpanan dan biaya pembelian saling bertentangan. Ketika ukuran pesanan ditingkatkan untuk memanfaatkan diskon, biaya

pembelian pesanan akan turun tetapi biaya penyimpanannya akan naik. Pertimbangkan persamaan dasar EOQ

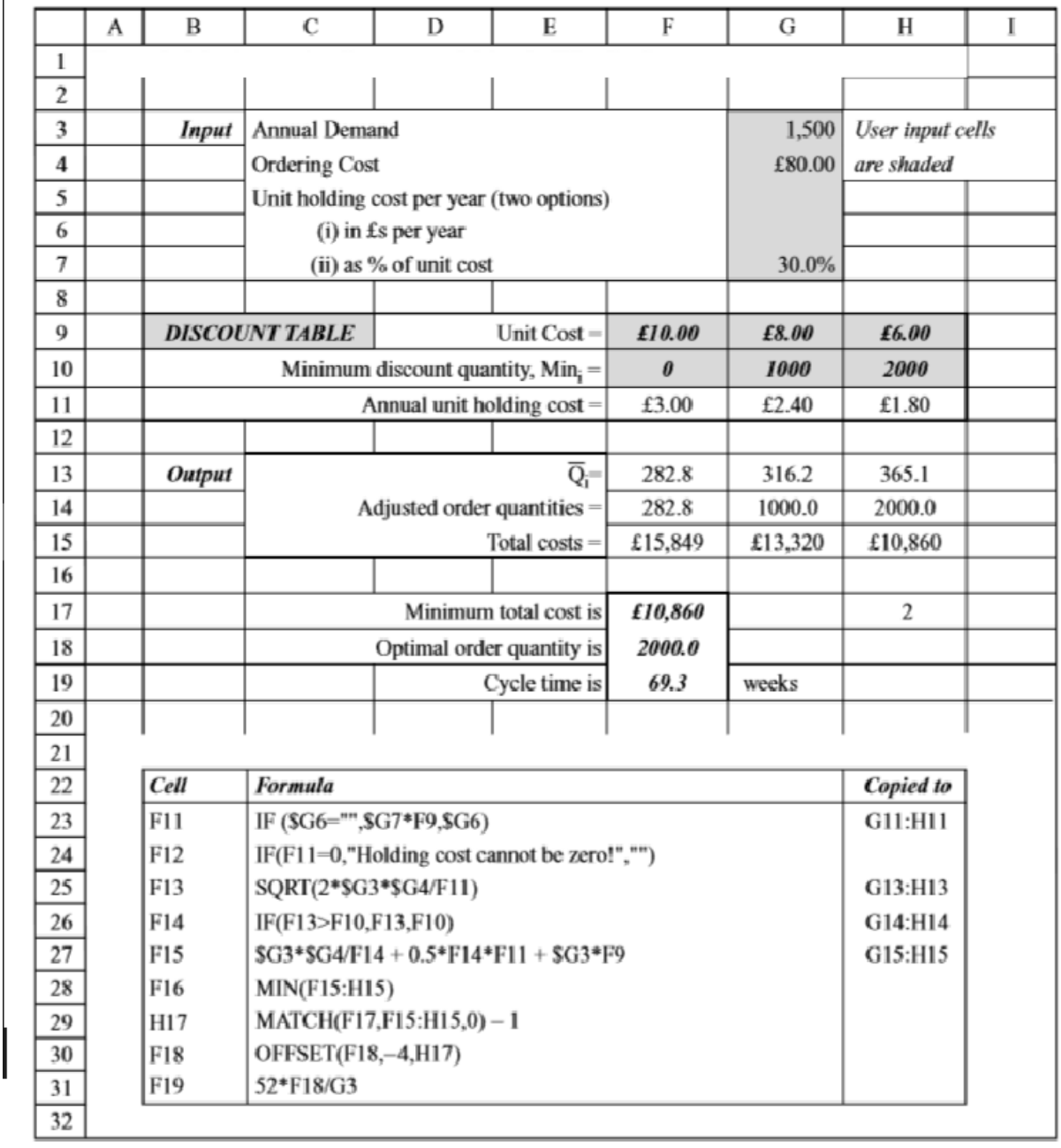
$$Q = \sqrt{2DS/H}$$

dimana:

Q = jumlah pesanan optimal
S = biaya pemesanan untuk setiap pesanan
D = permintaan tahunan untuk barang tersebut
H = biaya penyimpanan, dinyatakan sebagai % dari biaya unit, C

Biaya penyimpanan, H, untuk setiap item didasarkan pada biaya unitnya, yang bervariasi dalam model diskon kuantitas. Oleh karena itu, biaya penyimpanan tidak dapat dinyatakan sebagai nilai tetap, seperti yang sering terjadi. Sebaliknya, itu harus dinyatakan sebagai persentase dari biaya per unit, seperti yang diberikan dalam contoh ini. Gunakan templat rumus yang diberikan di bagian bawah Gambar 9.6 untuk menyiapkan model inventaris untuk diskon kuantitas seperti yang ditunjukkan dan dengan demikian memecahkan masalah Perusahaan Wheelie. Model Gambar 9.6 menggunakan empat langkah berikut untuk menemukan ukuran pesanan optimal, waktu siklus, dan total biaya minimum.

- Dari Tabel Diskon pada Gambar 9.6 (baris 9-11), hitung I_i untuk setiap biaya unit diskon, i=1, 3 (lihat sel F13:H13).
- Jika Q_i >Mini lalu masukkan Qi jika tidak, masukkan Mini di mana Mini adalah nilai minimum untuk memenuhi syarat untuk mendapatkan diskon, mis., Min2 =1000. Nilai-nilai ini mewakili jumlah pesanan yang disesuaikan dan disimpan dalam rentang sel F14:H14.
- Gunakan persamaan biaya total, TC = DS/Q + QH/2 + DC untuk menghitung biaya total, Ti untuk setiap kuantitas pesanan yang disesuaikan (lihat sel F15:H15).
- Pilih total biaya minimum, T3, yaitu sel H15. Kuantitas pesanan yang disesuaikan yang sesuai dari 2000 (sel H14) adalah ukuran pesanan yang optimal.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		***Input***	Annual Demand				1,500	*User input cells*	
4			Ordering Cost				£80.00	*are shaded*	
5			Unit holding cost per year (two options)						
6			(i) in £s per year						
7			(ii) as % of unit cost				30.0%		
8									
9		***DISCOUNT TABLE***			Unit Cost =	***£10.00***	***£8.00***	***£6.00***	
10					Minimum discount quantity, Min_i =	***0***	***1000***	***2000***	
11					Annual unit holding cost =	£3.00	£2.40	£1.80	
12									
13		***Output***			$\overline{Q}_i$=	282.8	316.2	365.1	
14					Adjusted order quantities =	282.8	1000.0	2000.0	
15					Total costs =	£15,849	£13,320	£10,860	
16									
17					Minimum total cost is	***£10,860***		2	
18					Optimal order quantity is	***2000.0***			
19					Cycle time is	***69.3***	weeks		
20									
21									

	Cell	***Formula***	***Copied to***
22			
23	F11	IF ($G6="",$G7*F9,$G6)	G11:H11
24	F12	IF(F11=0,"Holding cost cannot be zero!","")	
25	F13	SQRT(2*$G3*$G4/F11)	G13:H13
26	F14	IF(F13>F10,F13,F10)	G14:H14
27	F15	$G3*$G4/F14 + 0.5*F14*F11 + $G3*F9	G15:H15
28	F16	MIN(F15:H15)	
29	H17	MATCH(F17,F15:H15,0) – 1	
30	F18	OFFSET(F18,–4,H17)	
31	F19	52*F18/G3	
32			

Gambar 9.6 Model diskon kuantitas untuk Wheelie Company.

Seorang produsen batu kapur untuk keperluan pertanian, memasok koperasi petani dengan 3 ton kapur per hari. Setiap truk dapat mengirimkan hingga 10 ton kapur. Untuk pengiriman apa pun, biayanya adalah Rp. 80 untuk muatan truk pertama dan Rp. 50 untuk muatan truk berikutnya. Satu ton kapur berharga Rp. 100 dengan biaya penyimpanan Rp. 1,50 per hari. Apa cara termurah untuk memenuhi kebutuhan harian koperasi?

Biaya biasanya meningkat karena ukuran pesanan pengiriman meningkat. Misalnya, pengiriman 30 ton kapur yang membutuhkan beberapa truk bermuatan akan lebih mahal

daripada pengiriman tunggal 10 ton. Dalam situasi ini, biaya per unit adalah tetap tetapi biaya pemesanan ulang bervariasi, tergantung pada jumlah pengiriman yang diperlukan. Contoh 9.4 dapat dianggap sebagai aplikasi diskon 'terbalik'. Tabel diskon 'biaya unit' sebelumnya pada Gambar 9.6 sekarang digantikan oleh tabel 'biaya pengiriman' yang meningkat. Perhatikan bahwa persamaan dalam langkah 2 di atas dibalik, yaitu, untuk menemukan jumlah pesanan yang disesuaikan, pertidaksamaannya sekarang adalah Qi < Maxi. Ketika ketidaksetaraan ini terpenuhi, yaitu, Q3 < Max3, Tabel Pengiriman Gambar 9.7 selesai.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		*Contoh 9.4 - Model biaya pengiriman untuk koperasi petani*							
2									
3		***Input***	***Permintaan Tahunan***				3.0	*User input cells*	
4			***Biaya Pengaturan***				100.00	*are shaded*	
5			***Biaya Satuan***						
6			***Tingkat produksi tahunan Biaya penyimpanan unit per tahun (dua opsi)***				1.50		
7			***(i) dalam Rp. per tahun***						
8			***(ii) sebagai % dari biaya unit***						
9		***DELIVERY TABLE***		Reorder Cost =		***80.00***	***130.00***	***180.00***	
10				Maximum delivery quantity, Max_i =		***10***	***20***	***30***	
11				Daily unit holding cost =		1.50	1.50	1.50	
12									
13		***Output***		$\overline{Q}_i$ =		17.9	22.8	26.8	
14				Adjusted order quantities =		10.0	20.0	26.8	
15				Total costs =		332	335	340	
16									
17				Minimum total cost is		***£332***		0	
18				Optimal order quantity is		***10.0***			
19				Cycle time is		***3.3***	days		
20									

Cell	***Formula***	***Copied to***
F13	SQRT(2*$G3*$F9/F11)	G13:H13
F14	IF(F13<F10,F13,F10)	G14:H14
F15	$G3*F9/F14 + 0.5*F14*F11 + $G3*$G4	G15:H15
F19	F18/G3	

Gambar 9.7 Model biaya pengiriman untuk koperasi petani.

Model Inventaris dengan Kekurangan yang Direncanakan

Model EOQ dasar tidak mengizinkan kekurangan yang disengaja. Banyak kekurangan atau kehabisan persediaan dapat ditangani dengan pemesanan kembali, yaitu memenuhi

pesanan yang belum diselesaikan dengan mengirimkan pesanan (terlambat) setelah pelanggan melakukan pemesanan. Pendekatan semacam itu masuk akal di mana barang-barang mahal dan/atau besar, misalnya, mobil. Besarnya pemesanan kembali sangat bergantung pada rasio antara biaya penyimpanan, H, dan biaya kekurangan, B. Jika H sama dengan B, maka ukuran pemesanan kembali sama dengan tingkat persediaan maksimum, M. Jika H lebih besar (atau lebih kecil) dari B, maka ukuran back-order juga menjadi proporsional lebih besar (atau lebih kecil). Jika back-order tidak dikenakan penalti yang terlalu tinggi, ada baiknya memodifikasi model EOQ dengan menambahkan faktor back-order ke total biaya variabel seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$Q_0 = \sqrt{2DS/H} * \sqrt{(B + H)/B}$$

di mana:

Q_0 = jumlah pesanan optimal
S = biaya pemesanan untuk setiap pesanan
B = biaya kekurangan per unit per tahun
D = permintaan tahunan untuk barang tersebut
H = biaya penyimpanan per unit per tahun C=Biaya unit

Tingkat stok maksimum, M, dihitung dari rumus M = BQ0/(B + H) dan ukuran pesanan-belakang adalah Q0 M (lihat Waters, Bab 4). Total biaya ditemukan dari persamaan:

Biaya total = Biaya pemesanan + Biaya penyimpanan + Biaya kekurangan + Biaya pembelian

yaitu, TC = DS/Q0 + HM2/2Q0 + B(Q0 M)2/2Q0 +DC

CONTOH 9.5 Model inventaris dengan kekurangan yang direncanakan

The Perusahaan Springbed memiliki permintaan tahunan sebesar 12.000 unit untuk produk X dengan biaya Rp. 25. Biaya pemesanan adalah Rp. 50 dan biaya penyimpanan tahunan untuk satu item adalah 30% dari harga pembelian produk. Perusahaan Springbed ingin mengurangi biaya persediaan dengan mengadopsi kebijakan back-order yang memungkinkan kekurangan terjadi. Biaya kekurangan tahunan per unit adalah Rp. 4. Bangun model untuk menemukan ukuran pemesanan yang optimal, ukuran pemesanan kembali yang optimal, waktu siklus, dan biaya total. Gunakan template rumus yang disediakan pada Gambar 9.8 untuk membuat model EOQ dengan kekurangan yang direncanakan.

9.6 MODEL INVENTARISASI DENGAN KENDALA

Semua model yang telah dikembangkan selama ini berlaku untuk satu produk. Dalam praktiknya, asumsi bahwa fasilitas produksi akan berada di antara manufaktur satu batch untuk satu produk dan produk berikutnya, adalah tidak realistis. Dalam lingkungan manufaktur yang khas, beberapa produk biasanya akan dibuat dalam batch pada lini produksi yang sama, yaitu, beberapa item akan bersaing untuk sumber daya langka yang sama. Karena keterbatasan sumber daya, masalah multi-item ini melibatkan kendala pada ruang penyimpanan, investasi dalam stok, ketersediaan mesin, kapasitas dan frekuensi pengiriman, dan lain-lain. Model demonstrasi berikut menunjukkan aplikasi inventaris kompleks yang

dapat diselesaikan dengan menggunakan teknik pemrograman linier dan non-linier. Masalah inventaris yang melibatkan kendala paling baik diselesaikan menggunakan program Excel.

Tabel 9.3 Model Inventasisasi Dengan Kendala

Item	Annual demand	Unit cost	Space per unit (cubic metres)
Widget	10,000	£18	0.3
Gadget	8,000	£15	0.2
P	3,000	£10	0.15

CONTOH 9.6 Model beberapa produk dengan batasan ruang penyimpanan

Perusahaan Acme baru-baru ini menambahkan produk baru P ke stok widget dan gadgetnya. Permintaan tahunan yang diharapkan untuk setiap item diberikan pada Tabel 9.3.Karena kapasitas gudang terbatas 600 meter kubik, Acme harus mengurangi tingkat persediaan widget dan gadget saat ini untuk mengakomodasi produk P.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3		*Input*	*Permintaan Tahunan*		12,000			
4			*Biaya Pengaturan*		50.00	*User input cells*		
5			*Biaya Satuan*		25.00	*are shaded*		
6			*Tingkat produksi tahunan*		2,500			
7			*Biaya penyimpanan unit per tahun (dua opsi)*					
8			*(i) dalam Rp. per tahun*		30.0%			
9			*(ii) sebagai % dari biaya unit*		4.00			
10			*Biaya penyimpanan unit per tahun–*		7.50			
11								
12								
13		*Output*	Optimal order size, Q_o		678.2			
14			Maximum stock level		235.9			
15			Back-order size		442.3			
16			No. of orders/year		17.7			
17			Cycle time		2.9	weeks		
18			Annual cost.....					
19			Setup/ordering cost		884.65			
20			Holding cost		307.70			
21			Shortage cost		576.95			
22			Purchase cost		300,000			
23			Total cost		301,769			
24								
25								

	Cell	*Formula*	*Copied to*
26			
27	E10	IF (E8="",E7,E8*E5)	
28	E11	IF(E10=0,"Enter a value in either cell E7 or E8!","")	
29	E13	SQRT(2*E3*E4*(E9 + E10)/(E9*E10))	
30	E14	E9*E13/(E9 + E10)	
31	E15	E13 – E14	
32	E16	E3/E13	
33	E17	52/E16	
34	E19	E3*E4/E13	
35	E20	0.5*E10*E14*E14/E13	
36	E21	E9*(E13 – E14)^2/(2*E13)	
37	E22	E3*E5	
38	E23	SUM(E19:E22)	
39			

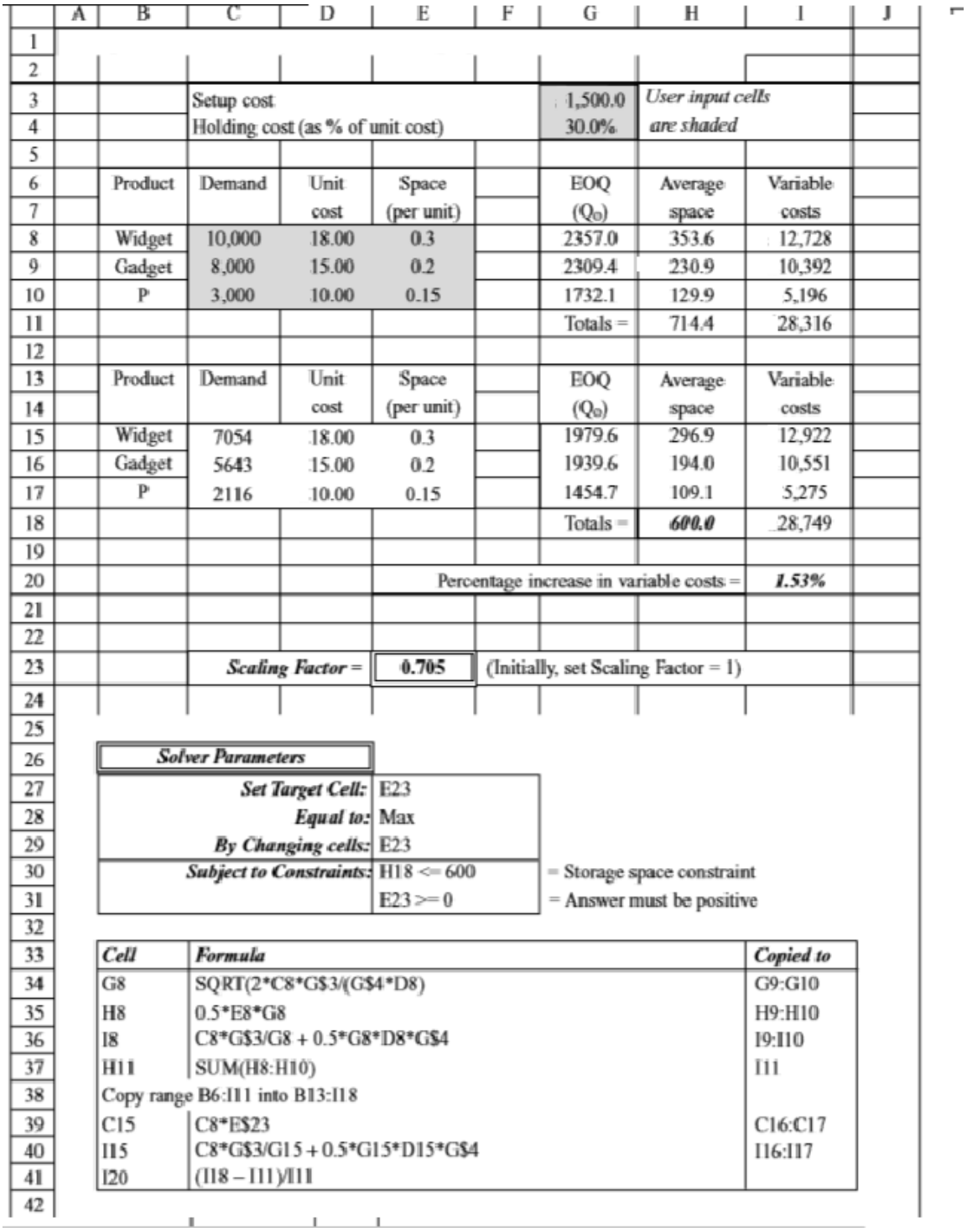
Gambar 9.8 Model deterministik dengan kekurangan yang direncanakan.

Perusahaan ingin mengetahui faktor apa permintaan harus dikurangi jika permintaan rasio antara ketiga produk harus dipertahankan. Ini juga ingin mengetahui bagaimana biaya variabel akan dipengaruhi oleh perubahan tingkat persediaan ini. Biaya penyiapan dan

penyimpanan tahunan, yang sama untuk ketiga item, masing-masing adalah Rp. 1500 dan 30% dari biaya unit. Detail produk, termasuk ruang penyimpanan yang dibutuhkan untuk setiap item, diberikan pada Tabel 9.3. Langkah-langkah berikut digunakan untuk membuat model produk ganda pada Gambar 9.9.

- Hitung kebutuhan ruang rata-rata untuk permintaan saat ini. Karena tingkat persediaan rata-rata adalah Q0/2, ruang rata-rata diberikan oleh S*Q0/2 di mana Q0 adalah persamaan dasar EOQ dan S adalah ruang yang dibutuhkan untuk satu item (lihat sel H8:H10).
- Masukkan rumus seperti yang diberikan dalam template Gambar 9.9–salin rentang selB6:I11 turun ke B13:I18 dan ubah rentang sel C15:C17 dan I15:I17 seperti yang ditunjukkan.
- Buat faktor penskalaan dan awalnya atur itu sama dengan 1,0 (lihat sel E23).
- Terakhir, aktifkan Solver Excel, masukkan parameter Solver seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.9 dan selesaikan.

Model telah menemukan bahwa faktor penskalaan optimal sebesar 0,705(70,5%) sepenuhnya menggunakan ruang gudang yang tersedia sebesar 600 meter kubik (lihat sel H18). Tingkat persediaan telah dikurangi menjadi 7054 widget, 5643 gadget, dan 2.116 unit produk P (sel C15:C17). Biaya variabel meningkat 1,53% (lihat sel I20).



3			Setup cost				1,500.0	*User input cells*	
4			Holding cost (as % of unit cost)				30.0%	*are shaded*	
6		Product	Demand	Unit cost	Space (per unit)		EOQ (Q_0)	Average space	Variable costs
8		Widget	10,000	18.00	0.3		2357.0	353.6	12,728
9		Gadget	8,000	15.00	0.2		2309.4	230.9	10,392
10		P	3,000	10.00	0.15		1732.1	129.9	5,196
11							Totals =	714.4	28,316
13		Product	Demand	Unit cost	Space (per unit)		EOQ (Q_0)	Average space	Variable costs
15		Widget	7054	18.00	0.3		1979.6	296.9	12,922
16		Gadget	5643	15.00	0.2		1939.6	194.0	10,551
17		P	2116	10.00	0.15		1454.7	109.1	5,275
18							Totals =	***600.0***	28,749
20					Percentage increase in variable costs =				***1.53%***
23			***Scaling Factor*** =		**0.705**		(Initially, set Scaling Factor = 1)		

Solver Parameters		
Set Target Cell:	E23	
Equal to:	Max	
By Changing cells:	E23	
Subject to Constraints:	H18 <= 600	= Storage space constraint
	E23 >= 0	= Answer must be positive

Cell	***Formula***	***Copied to***
G8	SQRT(2*C8*G$3/(G$4*D8)	G9:G10
H8	0.5*E8*G8	H9:H10
I8	C8*G$3/G8 + 0.5*G8*D8*G$4	I9:I10
H11	SUM(H8:H10)	I11
Copy range B6:I11 into B13:I18		
C15	C8*E$23	C16:C17
I15	C8*G$3/G15 + 0.5*G15*D15*G$4	I16:I17
I20	(I18 – I11)/I11	

Gambar 9.9 Model beberapa produk dengan batasan ruang penyimpanan.

9.7 MODEL PROBABILISTIK

Dalam pengambilan keputusan bisnis, ada tiga kelas masalah keputusan, yaitu (i) keputusan di bawah kepastian (ii) keputusan di bawah risiko, dan (iii) keputusan di bawah ketidakpastian. Dalam aplikasi persediaan yang dipertimbangkan sejauh ini, diasumsikan

bahwa permintaan masa depan adalah konstan dan seragam, yaitu, permintaan diketahui dengan pasti. Semua model deterministik seperti model EOQ dan PROQ melibatkan 'keputusan di bawah kepastian'. Kelas ketiga dari masalah keputusan - keputusan di bawah ketidakpastian - bergerak ke bidang dugaan di mana sangat sedikit, jika ada, informasi yang ada untuk mendasarkan keputusan. Contoh tipikal adalah memilih angka untuk memenangkan lotre nasional.

Namun, dalam beberapa situasi, ada kekurangan kepastian (yaitu, risiko) yang melekat pada peristiwa di masa depan. Misalnya, tingkat keraguan dikaitkan dengan hasil banyak acara olahraga. 'Keputusan di bawah risiko' seperti itu dibuat setiap minggu oleh para pembalap yang mendukung kuda untuk memenangkan balapan berdasarkan penampilan terakhir. Sementara hasilnya tidak diketahui dengan pasti, keputusannya adalah keputusan berdasarkan informasi, berdasarkan analisis peristiwa sebelumnya.

Sementara 'keputusan di bawah risiko' dapat memiliki lebih dari satu hasil, diasumsikan bahwa pengambil keputusan memiliki beberapa pengetahuan tentang bagaimana hal-hal akan berubah, yaitu, dia mengetahui kemungkinan peristiwa yang terjadi. Karena ada elemen ketidakpastian yang terkait dengan permintaan pelanggan, pengiriman pesanan, biaya persediaan, dan lain-lain. ., model probabilistik – juga disebut stokastik – digunakan untuk memecahkan keputusan inventaris yang melibatkan risiko. Contoh klasik model analisis ariskan adalah 'masalah Newsboy' yang sekarang diteliti.

Masalah Newsboy – Model Probabilistik dengan Permintaan Diskrit

Masalah tukang koran melibatkan tukang koran yang menjual koran di sudut jalan. Si tukang koran harus menemukan jumlah koran yang tepat untuk dibeli dari pemasoknya untuk memaksimalkan keuntungan. Jika dia membeli terlalu banyak, si tukang koran akan memiliki persediaan yang tidak berharga di penghujung hari. Jika dia memesan terlalu sedikit, maka dia akan kehabisan koran dan kehilangan uang karena dia kehilangan kesempatan untuk menjual lebih banyak koran. Masalah tukang koran dapat diselesaikan dengan menggunakan analisis probabilitas (yaitu, risiko).

CONTOH 9.7

Toko Buku Bill akan segera memesan buku harian tahun depan. Setiap buku harian berharga Rp. 3 dan dijual seharga Rp. 5. Pada akhir Januari, Bill dapat mengembalikan buku harian yang tidak terjual ke pencetak dan mengklaim pengembalian dana sebesar Rp. 0,75 per buku harian. Pada tahun-tahun sebelumnya, permintaan buku harian menunjukkan pola probabilitas sebagai berikut:

No. of diaries sold	10	20	30	40	50	60	70	80
Probability	0.05	0.1	0.15	0.2	0.2	0.15	0.1	0.05

Bill ingin tahu berapa banyak buku harian yang harus dia beli untuk memaksimalkan keuntungannya.

Misal kuantitas optimal = Q_0 harga jual satuan = S

biaya satuan = C permintaan produk = D nilai sisa = V

Pi adalah probabilitas yang terkait dengan permintaan Di, misalnya, P3 = 0,15, P7 = 0,1, dan lain-lain. Dan CUMi adalah probabilitas kumulatif untuk permintaan Di. Probabilitas kumulatif penjualan, katakanlah 60 buku harian atau lebih, adalah jumlah dari semua probabilitas penjualan 60, 70 dan 80 buku harian, yaitu.

$$CUM_6 = P(\geq 60) = P_6 + P_7 + P_8 = 0.15 + 0.1 + 0.05 = 0.3$$

Laba yang diharapkan untuk permintaan Di didefinisikan sebagai EP dan diberikan oleh persamaan berikut:

*Laba yang Diharapkan = Harga Jual * {Penjualan yang Diharapkan} − Biaya yang Diharapkan + Nilai Sisa yang Diharapkan*

$$misalnya, EPi = \left\{ S * \sum_{j=1}^{i} Dj * Pj + D * CUMi + 1 \right\} - C * Di + V * (Di - Ekpektasi\ penjualan)$$

Karena kuantitas pesanan optimal Q0 akan memaksimalkan keuntungan yang diharapkan EP (lihat Perairan, Bab 5), EPi dihitung untuk setiap permintaan Di.

Bill telah memutuskan untuk membuat model untuk masalah newsboy menggunakan template rumus yang disediakan pada Gambar 9.10. Untuk menyederhanakan persamaan untuk keuntungan yang diharapkan, EPi, rumus telah dibagi menjadi dua bagian. Penjualan yang diharapkan, yang merupakan bagian di dalam tanda kurung kurawal, terdapat di sel F11:F18, sedangkan sisa rumus laba yang diharapkan ada di sel G11:G18. Model telah menemukan bahwa keuntungan maksimum Rp. 59 diperoleh ketika permintaan untuk buku harian adalah 40, yaitu, $Q_0 = 40$.

Model Probabilistik dengan Kekurangan

Masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan versi modifikasi dari masalah newsboy (lihat Waters, Bab 5). Jumlah probabilitas, SUMi, dalam model ini didefinisikan sebagai:

SUMi = P1 + P2 + P3 +...+ Pi di mana Pi adalah probabilitas yang terkait dengan permintaan Di

Nilai optimal, Di, sekarang ditemukan ketika pertidaksamaan berikut dipenuhi:

SUMi−1 (biaya kekurangan)/(biaya kekurangan+biaya penyimpanan)≤SUMi

CONTOH 9.8

Perusahaan KleenUp sedang meninjau kebijakannya tentang mobil yang digunakan oleh tenaga penjualannya. Perusahaan secara teratur menambah armada mobilnya sendiri dengan menyewa kendaraan tambahan dari perusahaan leasing lokal dengan biaya Rp. 40 per mobil per hari. Biaya bagi perusahaan untuk menyewakan terlalu sedikit mobil adalah Rp. 500 per mobil per hari – pendapatan rata-rata yang hilang ketika seorang tenaga penjualan tidak

dapat mengunjungi pelanggan. Jika terlalu banyak mobil yang disewa maka Perusahaan KleenUp masih harus membayar perusahaan leasing untuk mobil yang tidak terpakai. Catatan masa lalu telah diperiksa dan tabel data penggunaan mobil berikut dihasilkan.

No. of cars hired	3	4	5	6	7	8	9	10
Usage probability	0.40	0.25	0.13	0.11	0.05	0.04	0.01	0.01

KleenUp ingin menemukan jumlah mobil yang optimal untuk disewa yang akan menyeimbangkan biaya kelebihan pasokan dan kekurangan. Salin model newsboy Gambar 9.10 dan modifikasi menggunakan template rumus yang disediakan di bagian bawah Gambar 9.11. Model telah menemukan jawaban optimal dari tujuh mobi

Contoh 9.7 - Masalah tukang koran: model probabilistik dengan permintaan diskrit

Input	Unit cost, C =	3.00	
	Selling price, S =	5.00	*User input cells are shaded*
	Scrap value, V =	0.75	

Output		<- Probabilities ->		<-- Expected -->	
		Indiv.	Cumul.	profit, EP_i	
	Demand, D_i	P_i	CUM_i	Sales	Profit
1	10	0.05	1	10	20
2	20	0.1	0.95	19.5	38
3	30	0.15	0.85	28	52
4	40	0.2	0.7	35	59
5	50	0.2	0.5	40	58
6	60	0.15	0.3	43	48
7	70	0.1	0.15	44.5	32
8	80	0.05	0.05	45	11

Optimal demand, Q_o =	*40*	*Maximum profit =*	*59*	4

Cell	*Formula*	*Copied to*
E11	SUM(D11:D$18)	E12:E18
F11	SUMPRODUCT(C$11:C11,D$11:D11) + C11*E12	F12:F17
F18	SUMPRODUCT(C$11:C18,D$11:D18)	
G11	E$4*F11 – E$3*C11 + E$5*(C11 – F11)	G12:G18
I18	MATCH(H20,G11:G18,0)	
D20	OFFSET(C10,I18,0)	
H20	MAX(G11:G18)	

Gambar 9.10 Masalah newsboy – model probabilistik dengan permintaan diskrit.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Contoh 9.8 - Model probabilistik dengan kekurangan								
2									
3		***Input***		Holding cost, H =	40.00	*All users input cells*			
4				Shortage cost, B =	500.00	*are shaded*			
5				B/(B + H) =	0.93				
6									
7									
8		***Output***		<- Probabilities ->					
9				Indiv.	Sum				
10			Demand, D_i	P_i	SUM_i				
11		1	3	0.4	0.4				
12		2	4	0.25	0.65				
13		3	5	0.13	0.78				
14		4	6	0.11	0.89				
15		5	7	0.05	0.94	= Optimal amount			
16		6	8	0.04	0.98				
17		7	9	0.01	0.99				
18		8	10	0.01	1				
19									
20									

	Cell	***Formula***	***Copied to***
21			
22	E5	E4/(E4 + E3)	
23	E11	SUM(D$11:D11)	E12:E18
24	F11	IF(E11>=H$5),"= Optimal amount","")	
25	F12	IF(AND(E11<H$5,E12>=H$5),"= Optimal amount","")	F13:F18
26			

Gambar 9.11 Model probabilistik dengan kekurangan.

Model Tingkat Layanan

Model probabilistik yang dipertimbangkan dalam bagian di atas memiliki (i) permintaan terpisah, yaitu permintaan dipilih dari tabel nilai tertentu, dan (ii) waktu tunggu nol, yaitu waktu yang dibutuhkan antara pemesanan dan penerimaan barang diasumsikan seketika. . Model tingkat layanan mengasumsikan bahwa (i) permintaan adalah variabel dan dapat ditentukan oleh distribusi probabilitas, dan (ii) waktu tunggu tidak nol, yaitu, pengisian tidak instan dan dapat tetap atau variabel.

Karena permintaan dalam model tingkat layanan bersifat probabilistik dan tidak pasti, kemungkinan kehabisan stok atau kekurangan akan meningkat. 'Tingkat layanan' hanyalah perkiraan probabilitas untuk kehabisan stok yang bersedia ditoleransi oleh manajemen. Misalnya, jika manajemen meminta tingkat layanan 95%, ini berarti mereka hanya bersedia

menerima 5% kemungkinan kehabisan stok. Oleh karena itu, tingkat layanan dapat dianggap sebagai pelengkap dari kemungkinan kehabisan persediaan.

Susun Ulang Level dan Stok Pengaman

Sistem tingkat layanan memelihara catatan terkini tentang tingkat persediaan setiap item secara berkelanjutan. Ketika jumlah yang ada turun di bawah tingkat yang telah ditentukan - disebut tingkat pemesanan ulang atau titik pemesanan - jumlah tetap, misalnya, jumlah EOQ, dipesan. Tingkat pemesanan ulang didefinisikan sebagai tingkat persediaan di mana pesanan pengisian harus dilakukan. Ketika pemesanan ulang dibuat, harus ada stok yang cukup untuk menutupi permintaan sampai pesanan tiba. Juga harus ada sejumlah kelebihan stok – yang disebut stok pengaman – untuk melindungi dari kekurangan yang disebabkan oleh permintaan tinggi yang tidak terduga atau pengiriman yang terlambat.

Tingkat pemesanan ulang, R_L, dapat ditemukan dengan mengalikan permintaan rata-rata, D_A, dengan lead time, L_t, dan kemudian menambahkan persediaan pengaman, S_s, di mana D_A dan L_t dinyatakan dalam satuan waktu yang sama, yaitu,

Tingkat pemesanan ulang = (permintaan rata-rata) × (waktu tunggu) + stok pengaman

yaitu, $R_L = D_A * L_t + S_s$ (D_A, L_t dinyatakan dalam satuan waktu yang sama)

Misalnya, jika permintaan tahunan untuk suatu barang adalah 5200, waktu tunggunya adalah dua minggu, dan persediaan pengaman adalah 15, maka tingkat pemesanan ulang diberikan oleh (5200/52) × 2 + 15 = 215 unit. Segera setelah tingkat stok barang turun menjadi 215 unit, pesanan (EOQ) harus dilakukan.

Permintaan Terdistribusi Normal

Jika permintaan selama lead time, Lt, diasumsikan kontinu dan terdistribusi normal, maka fungsi statistik Excel NORMSINV dapat digunakan. NORMSINV(slpercent) menghitung kebalikan dari distribusi normal kumulatif standar pada persentase tingkat layanan 'slpercent'. Mengingat bahwa 'sigma' atau adalah standar deviasi dari permintaan terdistribusi normal, maka rumus untuk persediaan pengaman diberikan oleh

$$S_s = NORMSINV(persen) * \sigma * \sqrt{Lt}$$

CONTOH 9.9 Model tingkat layanan dengan permintaan variabel/waktu tunggu tetap

Perusahaan Wheelie memiliki permintaan ban yang terdistribusi normal dengan rata-rata 500 unit per minggu dan standar deviasi 60 unit per minggu. Lead time konstan pada lima minggu. Sebuah ban berharga Rp. 10 dengan biaya penyimpanan tahunan sebesar 30% dari biaya unit. Biaya pemesanan ulang adalah Rp. 100 untuk setiap pemesanan. Hitung dan kebijakan pemesanan yang akan memberikan tingkat layanan Perusahaan Roda sebesar 95%. Dalam model tingkat layanan, persediaan pengaman harus dimiliki karena permintaan tidak pasti, yaitu diwakili oleh fungsi probabilitas statistik. Penting bahwa semua data output diberikan dalam satuan waktu yang konsisten, misalnya, bulan, minggu, hari, dan lain-lain. Dengan menggunakan template rumus yang diberikan pada Gambar 9.12, atur modelnya dan dengan demikian tunjukkan bahwa kebijakan pemesanan ideal Wheelie adalah memesan 1317 ban setiap kali tingkat stok turun menjadi 2721 unit (lihat sel D13, D14).

CONTOH 9.10 Model tingkat layanan dengan permintaan tetap/waktu tunggu variabel

Dalam banyak situasi, pemasok tidak dapat menjamin pesanan akan selalu tepat waktu, yaitu, waktu tunggu tidak pasti. Pengiriman pesanan dapat tertunda oleh kejadian umum seperti kerusakan kendaraan, lalu lintas padat, kekurangan bahan baku, dan lain-lain. Dalam model tingkat layanan ini, tujuannya adalah untuk memastikan bahwa tidak ada kekurangan yang terjadi. Tujuan ini dapat dicapai dengan memastikan bahwa titik pemesanan ulang (atau tingkat) lebih besar dari waktu tunggu. tuntutan. Permintaan lead-time ditemukan hanya dengan mengalikan lead-time dengan permintaan yang diharapkan. Pada model Wheelie Company sebelumnya, waktu tunggu adalah lima minggu dan permintaan mingguan yang diharapkan adalah 500 unit. Oleh karena itu, lead-timedemandis dihitung sebagai 5 × 500 = 2500 item (perhatikan bahwa kedua nilai harus dalam unit waktu yang sama – dalam hal ini, minggu).

Contoh ini menggunakan input dasar yang sama seperti model sebelumnya pada Gambar 9.12. Perbedaan utama antara kedua model adalah bahwa waktu tunggu – dan bukan permintaan – sekarang bervariasi. Demandi tetap pada 500 unit per minggu, sedangkan lead time terdistribusi secara normal dengan rata-rata lima minggu dan standar deviasi satu minggu. Untuk membangun model Gambar 9.13, pertama-tama buat salinan model tingkat layanan sebelumnya (Gambar 9.12). Langkah selanjutnya adalah memodifikasi spreadsheet, menggunakan template rumus yang disediakan yang ditunjukkan pada Gambar 9.13. Jawaban yang dihasilkan oleh model baru ini menunjukkan waktu tunggu 6,6 minggu dan tingkat pemesanan 3322 unit. Kedua nilai ini meningkat jika dibandingkan dengan angka model sebelumnya masing-masing lima minggu dan 2721.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Contoh 9.9 - Model tingkat layanan dengan permintaan variabel/fixed lead-time										
2											
3		***Input - must be in consistent time units***									
4			Time (day, week, month, year)		week		***Demand is normally-distributed***				
5			Ordering/Setup Cost		100.00					Mean =	500
6			Unit Cost		10.00					Standard deviation =	60
7			Holding cost (two options)							Service Level %, S_L =	95%
8			(i) in Rp per year							Lead Time, L_1 =	5 week
9			(ii) as % of unit cost		30.0%						
10			Unit holding cost per	week	0.058		52				
11											
12		***Output***									
13		Reorder level/point, R		2721.0		Holding cost of saftey stock				13	
14		Order quantity, Q		1316.6		Holding cost of normal stock				38	
15		Safety stock		221.0		Ordering/setup costs				38	
16						**Total costs per week**				89	
17											
18											

	Cell	*Formula*	*Copied to*
19			
20	D8	E4	D10, K8, H16
21	E10	IF(E9="",E8/G10,E9*E6/G10)	
22	G10	IF(E4="day",365,IF(E4="week",52,IF(E4="month",12,1)))	
23	E11	IF(E10=0,"Enter a value in either cell E8 or E9!","")	
24	D13	J5*J8 + D15	
25	D14	SQRT(2*J5*E5/E10)	
26	D15	ROUNDUP(NORMSINV(J7)*J6*SQRT(J8),0)	
27	J13	D15*E10	
28	J14	D14*E10/2	
29	J15	IF(D14=0,"",E5*J5/D14)	
30	J16	SUM(J13:J15)	
31			

Gambar 9.12 Model tingkat layanan dengan permintaan variabel/waktu tunggu tetap.

Model Tinjauan Berkala

Semua model persediaan yang dikembangkan sejauh ini dapat diklasifikasikan sebagai sistem kuantitas pesanan tetap, yaitu, pesanan dengan ukuran tetap ditempatkan ketika setiap persediaan menurun ke tingkat tertentu. Setiap variasi permintaan dengan mengubah siklus pesanan, yaitu waktu antara pesanan. Dalam banyak situasi dunia nyata, pendekatan periode tetap – biasanya disebut sebagai sistem tinjauan periodik. digunakan di mana pesanan diganti pada interval reguler, misalnya setiap bulan. Jumlah stok yang dipesan akan bervariasi untuk setiap pesanan dan akan tergantung pada jumlah stok yang ada. Pendekatan periode tetap ini sering digunakan di supermarket, di mana stok ditinjau secara berkala, misalnya, pada akhir setiap minggu, dan barang kemudian dipesan untuk menggantikan barang yang terjual.

Keuntungan dari sistem tinjauan berkala adalah bahwa penghitungan fisik dari persediaan yang ada hanya dilakukan sekali – pada akhir periode yang diberikan tepat sebelum pesanan berikutnya ditempatkan. Ini berarti bahwa tidak diperlukan penyesuaian tingkat persediaan setelah setiap item terjual. Namun, karena tidak ada akun tingkat barang yang disimpan selama waktu antara pesanan, ada kemungkinan kekurangan persediaan. Dengan demikian, sistem periode tetap memiliki kelemahan karena harus mempertahankan tingkat persediaan pengaman yang lebih tinggi daripada pendekatan pesanan tetap.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	**Contoh 9.10 - Model tingkat layanan dengan permintaan tetap/variabel lead-time**										
2											
3			***Input - must be in consistent time units***								
4			Time (day, week, month, year)		week		***Lead-time normally-distributed***				
5			Demand		500				Mean =	5	
6			Ordering/Setup Cost		100.00				Standard deviation =	1	
7			Unit Cost		10.00				Service Level %, S_L =	95%	
8			Holding cost (two options)								
9			(i) in Rp per year				*User input cells are shaded*				
10			(ii) as % of unit cost		30.0%						
11			Unit holding cost per	week	0.058		52				
12											
13		***Output***									
14		Lead time		6.6	week		Holding cost of normal stock			38	
15		Reorder level/point, R		3322.4			Ordering/setup costs			38	
16		Order quantity, Q		1316.6			**Total costs per week**			76	
17											
18											

	Cell	***Formula***	***Copied to***
19			
20	D14	J5 + NORMSINV(J7)*J6	
21	E14	E4	
22	D15	E5*D14	
23	D16	SQRT(2*E5*E6/E11)	
24	J14	D16*E11/2	
25	J15	E6*E5/D16	
26	J16	SUM(J14:J15)	
27			

Gambar 9.13 Model tingkat layanan dengan permintaan tetap/waktu tunggu variabel.

CONTOH 9.11 Model tinjauan berkala

Suatu komponen elektronika memiliki permintaan yang terdistribusi normal rata-rata 40 unit per hari dengan standar deviasi 15 unit per hari. Biaya komponen Rp. 10 dan biaya penyimpanan tahunan diperkirakan Rp. 20. Biaya setup adalah Rp. 50 per pesanan. Stok diperiksa setiap 16 hari dan lead time konstan pada 8 hari. Jelaskan kebijakan pemesanan yang memberikan tingkat layanan 95%, mengingat ada 60 unit yang tersedia pada saat pemesanan

ulang. Bagaimana kebijakan pemesanan ini akan terpengaruh jika tingkat layanan ditingkatkan menjadi 99%?

Untuk membuat model tinjauan periodik, pertama-tama buat salinan Gambar 9.12 dan kemudian ubah bagian input seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.14. Gunakan template spreadsheet untuk memasukkan formula yang benar. Perhatikan bahwa biaya penyimpanan tahunan sebesar Rp. 20 telah secara otomatis diubah menjadi Rp. 0,055 per hari untuk menjaga konsistensi dalam unit input (yaitu, hari). Model telah menemukan jawaban berikut: (i) untuk tingkat layanan 95%, pesanan untuk 1021 item harus dilakukan ketika tingkat stok turun menjadi 1081. Jumlah surplus 121 harus dipertahankan sebagai stok pengaman dengan biaya penyimpanan harian sebesar Rp. 6.63. (ii) untuk tingkat layanan 99%, pesanan untuk 1071 item harus dilakukan ketika tingkat stok turun menjadi 1131. Stok pengaman 171 harus dipertahankan dengan biaya penyimpanan harian sebesar Rp. 9,37.

CONTOH 9.12 Model multi-periode dengan beberapa kendala

Perusahaan ABC memiliki permintaan tahunan sebesar 3600 unit untuk sebuah produk dengan biaya pemesanan Rp. 5. Biaya penyimpanan produk adalah 20% dari biaya unit. Perusahaan beroperasi dengan kebijakan peninjauan berkala dengan pesanan ditempatkan pada akhir setiap bulan. Diskon kuantitas tersedia untuk pesanan 270 item atau lebih, dengan biaya per unit Rp. 2. Perusahaan ABC memiliki ruang penyimpanan yang cukup untuk maksimum 360 item. Ini memiliki dua prioritas, yaitu (i) kekurangan tidak diperbolehkan, dan (ii) kelebihan stok harus diminimalkan. Perusahaan telah memutuskan untuk membuat model pemrograman linier untuk memecahkan masalahnya.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Contoh 9.11 - Model tinjauan periodik (yaitu periode tetap)										
2											
3			***Input - must be in consistent time units***				***Demand is normally-distributed***				
4			Time (day, week, month, year)		day		Mean =			40	
5			Ordering/Setup Cost		50.00		Standard deviation =			15	
6			Unit Cost		10.00		Service Level %, S_L =			95%	
7			Holding cost (two options)				Lead Time, L_t =			8	day
8			(i) in £s per year		20.00		Review Period =			16	day
9			(ii) as % of unit cost				Stock On-hand =			60	
10			Unit holding cost per	day	0.055		365				
11											
12		***Output***									
13		Reorder level/point, R		1081.0		Holding cost of safety stock				£6.63	
14		Order quantity, Q		1021.0		Holding cost of normal stock				27.97	
15		Safety stock		121.0		Ordering/setup costs				1.96	
16						**Total costs per day**				36.56	
17											
18											

	Cell	Formula	Copied to
19			
20	D13	J4*(J7 + J8) + D15	
21	D14	D13 – J9	
22	D15	ROUNDUP(NORMSINV(J6)*J5*SQRT(J7+J8),0)	
23			

Gambar 9.14 Model tinjauan periodik (periode tetap).

Cell	Formula	Copied to
I6	SQRT(2*F4*F5/F10)	
I8	12*I6/F4	
I9	F4*F5/I6 + 0.5*F10*I6 + F4*F6	
F10	IF(F9 = "", F8, F6*F9)	
F11	IF(F10 = 0,"Enter a value in either cell F8 or F9!"," ")	
F14	SUM(E$14:E14 – SUM(D$14:D14)	F15:F25
G14	F$5 F14*F$10/12 E14*F$6	G15:G25
D26	SUM(D14:D25)	G26
F27	SUM(F14:F25)	

Solver parameters		
Set target cell:	F27	
Equal to:	Min	
By changing cells:	E14:E25	
Subject to constraints:	E14:E25 ≥ 270	= *Batasan diskon kuantitas*
	E14:E25 ≤ 360	= *Batasan ruang penyimpanan*
	E14:E25 = int(eger)	= *Jawaban harus bilangan bulat*
	F14:F25 ≥ 0	= *Tidak diperbolehkan kehabisan stok*

Tabel 9.4 Model multi-periode dengan batasan-rumus lembar kerja dan parameter Solver.

Model Gambar 9.15 telah menemukan jawaban yang memberikan surplus tahunan sebesar 420 item (lihat sel F27) dengan total biaya Rp. 7274. Menarik untuk membandingkan total biaya ini dengan nilai EOQ sebesar Rp. 7320 (sel I9). Kedua nilai tersebut hampir sama, menunjukkan bahwa ada sedikit perbedaan antara metode kuantitas tetap dan periode tetap dalam kasus ini. Template rumus dan parameter Solver untuk model diberikan pada Tabel 9.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Contoh 9.12 - Model multi-periode dengan beberapa kendala									
2										
3		***Input***		*User input cells are shaded*						
4		Annual demand				3,600				
5		Ordering cost				5.00		***Output***		
6		Unit cost				2.00		EOQ	300.00	
7		Unit holding cost per year (two options)						Cycle time		
8		(i) in Rp per year						(in months)	1.0	
9		(ii) as % of unit cost				20.0%		Total cost	7,320	
10				Unit holding cost per year		0.40				
11										
12				Monthly	Order	Ending	Cost per			
13			Month	Demand	Quantity	Inventory	Period			
14			1	240	***270***	30	546			
15			2	270	***330***	90	668			
16			3	450	***360***	0	725			
17			4	210	***270***	60	547			
18			5	240	***270***	90	548			
19			6	300	***270***	60	547			
20			7	330	***330***	60	667			
21			8	420	***360***	0	725			
22			9	240	***270***	30	546			
23			10	330	***300***	0	605			
24			11	300	***300***	0	605			
25			12	270	***270***	0	545			
26		Annual demand =		3,600			7,274	= Annual cost		
27		***Objective: Minimise surplus stock =***				***420***				
28										
29	**Catatan:** Aktifkan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog Solver Option									

Gambar 9.15 Model multi periode dengan beberapa kendala.

9.8 KONTROL PERSEDIAAN: PENDEKATAN SIMULASI

Model simulasi tidak menemukan solusi optimal seperti dalam pemrograman linier tetapi meniru perilaku situasi dunia nyata. output model simulasi dipelajari selama beberapa periode waktu dan keputusan dibuat, berdasarkan hasil yang masuk akal. Banyak model pengendalian persediaan tidak dapat secara akurat diwakili oleh persamaan matematis. Dalam praktiknya, baik permintaan produk maupun waktu tunggu pemesanan ulang seringkali sangat tidak terduga sehingga simulasi adalah satu-satunya solusi.

CONTOH 9.13 Model simulasi untuk pengendalian persediaan

Ferdi bertanggung jawab atas persediaan di Perusahaan Batuan Dasar. Dia ingin dapat menjamin tingkat layanan yang tinggi, katakanlah setidaknya 98%, untuk produk P. Ini

berarti Ferdi harus menemukan kebijakan yang akan memastikan bahwa selalu ada stok yang cukup untuk memenuhi pola permintaan variabel, seperti serta ketidakpastian yang terkait dengan waktu pengiriman.

Kebijakan Ferdi saat ini adalah memesan 30 unit produk P setiap kali persediaan di tangan turun ke tingkat pemesanan ulang 15 unit atau kurang. Setelah mempelajari catatan penjualan untuk produk P selama enam bulan terakhir, Ferdi sekarang telah menghasilkan tabel data berikut untuk (i) permintaan, dan (ii) waktu tunggu:

Permintaan untuk produk P	0	1	2	3	4	5	6
Probabilitas	0.03	0.05	0.13	0.25	0.22	0.20	0.12
Waktu antara (hari)	1	2	3				
Probabilitas	0.20	0.50	0.30				

Untuk kejelasan, model inventaris Gambar 9.16 berisi data simulasi hanya empat belas hari. Nilai ini dapat diperpanjang tanpa batas dengan menyalin rumus di baris 31 ke bawah lembar kerja. Dalam model simulasi, angka acak digunakan untuk menghasilkan (i) permintaan produk (lihat kolom E pada Tabel Output), dan (ii) waktu tunggu (kolom K). Perhatikan bahwa rumus di kolom K secara bersamaan menghasilkan angka acak dan waktu tunggu yang sesuai.

Lost sales terjadi ketika persediaan tidak mencukupi untuk memenuhi permintaan. Tingkat layanan, dinyatakan sebagai persentase, didefinisikan sebagai:

Tingkat layanan=1−(penjualan yang hilang)/(total permintaan)

Misalnya, jika total permintaan mandi 60 dan penjualan hilang 2, maka tingkat layanan=1−2/60=96,7%. Tabel 9.5 digunakan untuk membuat model simulasi Gambar 9.16. Delapan langkah berikut menunjukkan cara kerja model simulasi:

1. Persediaan awal 30 (= jumlah pesanan) untuk hari 1 secara otomatis dimasukkan ke dalam sel D18.
2. Hitung persediaan akhir untuk setiap hari. Persediaan akhir hanyalah persediaan awal dikurangi permintaan, yaitu, dalam tabel output Gambar 9.16, kolom G=kolom D – kolom F.
3. Setiap kali persediaan akhir sama dengan atau kurang dari titik pemesanan ulang Ferdisebesar 15, pesanan baru untuk 30 item ditempatkan. Semua pesanan dicatat di kolom J di tabel Output.
4. Untuk mencegah timbulnya pesanan berlebih, penting untuk melacak persediaan yang ada dan penerimaan terjadwal. Kolom 'tingkat baru' H mencegah pembuatan pesanan surplus dengan menambahkan setiap penerimaan terjadwal ke persediaan akhir. Misalnya, entri level baru hari 5 (sel H22) adalah 43, yaitu, persediaan akhir (13) ditambah penerimaan terjadwal (30).

5. Simulasikan waktu tunggu pesanan baru (lihat kolom K). Misalnya, model persediaan Gambar 9.16 menunjukkan bahwa pesanan dilakukan pada hari ke-4 dengan waktu tunggu 3 hari.
6. Hari penerimaan (lihat kolom L) memperhitungkan waktu tunggu. Kolom L menunjukkan kapan barang benar-benar diterima. Meskipun pesanan baru telah dilakukan pada hari ke-4, pesanan tersebut memiliki waktu tunggu tiga hari dan tidak akan tiba sampai hari penerimaan ke-8 (lihat sel L21). Pesanan yang 'tertunda' seperti itu disebut resi terjadwal karena meskipun sudah dipesan, belum diterima.
7. Kolom I berisi penjualan yang hilang. Penjualan yang hilang terjadi ketika ada persediaan di tangan yang cukup untuk memenuhi permintaan, yaitu, (persediaan awal – permintaan) adalah negatif.
8. Terakhir, persentase tingkat layanan dihitung dengan menjumlahkan permintaan (kolom F) dan penjualan yang hilang (kolom I) dan kemudian menggunakan persamaan tingkat layanan yang didefinisikan di atas.

Ferdidapat memeriksa sensitivitas tingkat layanan model dengan berulang kali mengubah titik pemesanan ulang dan jumlah pemesanan (sel J11, J12). Sel-sel ini awalnya ditetapkan ke tingkat kebijakan Ferdi saat ini masing-masing 15 dan 30. Ternyata, Ferdi telah memilih dengan bijak dan tingkat layanan saat ini adalah 100%–bahkan dengan beberapa set angka acak yang baru dibuat. Untuk menghasilkan angka acak baru, cukup tekan tombol kalkulasi ulang F9 berulang kali.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Contoh 9.13 - Sebuah model simulasi untuk pengendalian persediaan											
2												
3		**Demand table**					**Lead-time table**					
4		<-- Limits -->		Dem-			<-- Limits -->		No. of			
5		Lower	Upper	and	P_i		Lower	Upper	days	P_i		
6		0	0.03	0	0.03		0	0.20	1	0.20	*User input*	
7		0.03	0.08	1	0.05		0.20	0.70	2	0.50	*cells are*	
8		0.08	0.21	2	0.13		0.70	1.00	3	0.30	*shaded*	
9		0.21	0.46	3	0.25					1.00		
10		0.46	0.68	4	0.22							
11		0.68	0.88	5	0.20			Reorder level =		**15**		
12		0.88	1.00	6	0.12			Order quantity =		**30**		
13					1.00							
14												
15		**Output table**										
16			Units	Begin.	RAND	Dem-	Ending	New	Lost		Lead	Recpt.
17		Day	Recvd.	Invntry.	No.	and	Invntry.	Level	sales	Order?	time	Day
18		1		30	0.25	3	27	27	0	No		
19		2	0	27	0.85	5	22	22	0	No		
20		3	0	22	0.75	5	17	17	0	No		
21		4	0	17	0.31	3	14	14	0	Yes	3	8
22		5	0	14	0.03	1	13	43	0	No		
23		6	0	13	0.46	4	9	39	0	No		
24		7	0	9	0.91	6	3	33	0	No		
25		8	30	33	0.82	5	28	28	0	No		
26		9	0	28	0.55	4	24	24	0	No		
27		10	0	24	0.84	5	19	19	0	No		
28		11	0	19	0.74	5	14	14	0	Yes	2	14
29		12	0	14	0.12	2	12	42	0	No		
30		13	0	12	0.02	0	12	42	0	No		
31		14	30	42	0.43	3	39	39	0	No		
32						51			0			
33												
34					***Service Level =***		***100.0%***					
35												

Gambar 9.16 Model simulasi pengendalian persediaan.

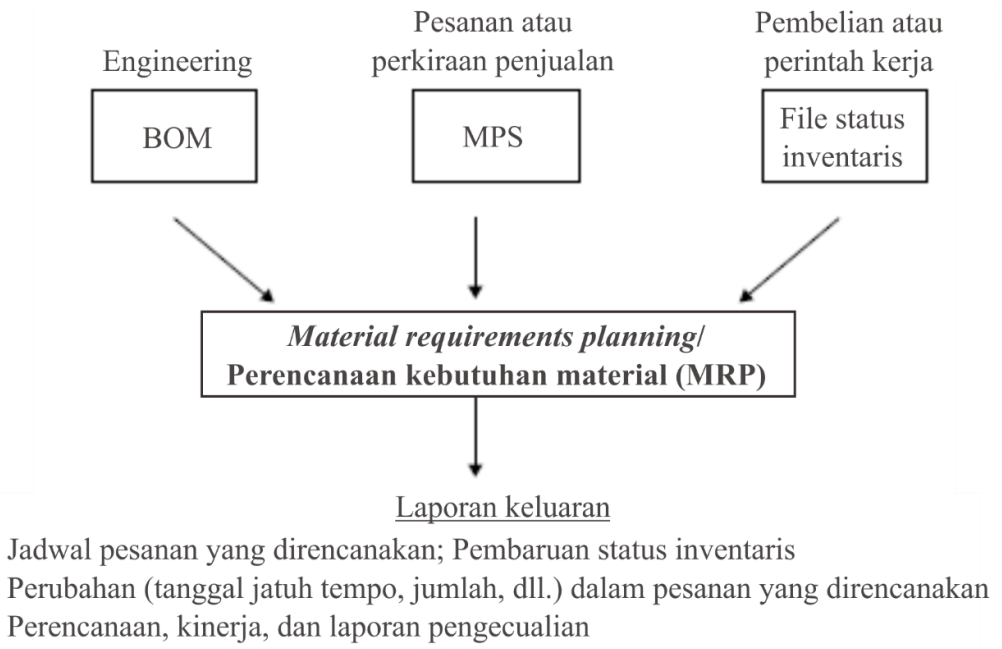
9.9 PERENCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL

Dalam situasi manufaktur, biasanya ada persediaan suku cadang (atau bahan mentah) yang digunakan semata-mata dalam produksi produk jadi, yaitu, barang akhir. Karena tidak ada permintaan dari luar untuk persediaan ini, tidak ada gunanya menyimpannya sampai dibutuhkan untuk produksi. Masalah penjadwalan kedatangan persediaan tersebut untuk memenuhi tenggat waktu produksi dikenal sebagai perencanaan kebutuhan material (MRP). MRP merupakan alat yang penting karena kompleksitas rakitan produk yang terdiri dari banyak sub-rakitan, komponen, dan sub-komponen. MRP diklasifikasikan sebagai model permintaan dependen karena hubungan antara sub-komponen, sub-rakitan, dan lain-lain.,

adalah tetap dan jadwal produk jadi juga diketahui. Oleh karena itu, setelah manajemen dapat membuat perkiraan permintaan produk akhir, jumlah komponen yang dibutuhkan dapat dihitung karena saling ketergantungan dari semua item. Misalnya, jika Perusahaan Mobil ABC memproduksi dua mobil per minggu, maka manajer operasi mengetahui semua persyaratan – sampai ke paku keling terakhir!

Cell	Formula	Copied to
C6	E6	
B7	C6	B8:B12
C7	C6 + E7	C8:C12
H6	J6	
G7	H6	G8
H7	H6 + J7	H8
J9	SUM(J6:J8)	
E13	SUM(E6:E12)	
C19	COUNTIF($L$18:L18, B19)*$J$12	C20:C31
D18	J12	
D19	D18 + C19 – F18	D20:D31
E18	RAND()	E19:E31
F18	VLOOKUP(E18, B$6:D$12, 3)	F19:F31
G18	IF(D18 – F18) > 0, D18 – F18, 0)	G19:G31
H18	G18	
H19	H18 – F19 + IF(J18 = "Yes", J$12, 0)	H20:H31
I18	IF(D18 – F18) < 0, F18 – D18, 0)	I19:I31
J18	IF(H18 > $J$11,"No","Yes")	J19:J31
K18	IF(J18 ="No", "",VLOOKUP(RAND(),G$6:J$8, 3))	K19:K31
L18	IF(K18 ="", "",K18 + B18 + 1)	L19:L31
F32	SUM(F18:F31)	I32
G34	1 – I32/F32	

Tabel 9.5 Model simulasi inventaris – rumus lembar kerja.



Gambar 9.17 Struktur dasar sistem MRP

Sistem MRP memiliki tiga input utama – jadwal produksi induk (MPS), tagihan bahan baku (BOM) dan file status persediaan – seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.17. MPS menentukan persyaratan kotor untuk item akhir ke sistem MRP. Persyaratan kotor tidak memperhitungkan persediaan apa pun yang ada atau sedang dipesan. Spreadsheet MRP menggunakan BOM untuk 'meledak' permintaan item akhir menjadi persyaratan suku cadang dan material dengan memproses semua detail BOM yang relevan secara level demi level. Kebutuhan bersih kemudian dihitung dengan menyesuaikan persediaan 'di tangan' dan penerimaan terjadwal seperti yang ditunjukkan dalam file status persediaan. Persamaan dasar untuk kebutuhan bersih adalah

Persyaratan bersih = persyaratan kotor di tangan− kuitansi terjadwal

Misalnya, pertimbangkan mesin mobil. Persyaratan bersih sama dengan jumlah total yang dibutuhkan untuk perakitan mobil akhir dikurangi yang ada dalam persediaan dan yang dipesan dari subkontraktor.

Daftar Istilah MRP

Master production schedule/Jadwal produksi induk (MPS) yaitu, apa yang akan dibuat dan kapan. MPS memformalkan rencana produksi dan menerjemahkannya ke dalam persyaratan item akhir tertentu selama jangka waktu perencanaan pendek hingga menengah, misalnya periode 8 minggu. Ini daftar jumlah item akhir yang harus siap untuk pengiriman pada tanggal tertentu, biasanya akhir minggu tertentu.

Bill of material (BOM) yaitu, cara membuat produk. ABOM adalah daftar semua bahan, komponen (suku cadang) dan subassemblies yang diperlukan untuk membuat satu produk (yaitu, item akhir). BOM menyediakan pohon struktur produk (PST). Pohon struktur ini menunjukkan bagaimana berbagai bagian, sub-komponen, dan lain-lain., cocok bersama untuk membentuk produk akhir.

Inventory status file/File status inventaris (ISF) yaitu, apa yang ada dalam stok. ISF memberikan informasi terkini tentang setiap item. Ini berisi rincian seperti nomor identifikasi, kuantitas di tangan, tingkat persediaan pengaman, kuantitas yang dialokasikan, lead time.

Lead time yaitu, berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan item. Setiap perakitan produk, sub-perakitan, komponen, dan lain-lain., memiliki lead time sendiri, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk membeli, memproduksi, atau merakit suatu barang.

In-Hand/Available mengacu pada jumlah barang yang diharapkan akan tersedia pada akhir periode tertentu. Jika item tersebut adalah barang jadi, penerimaan dari produksi yang direncanakan tidak termasuk.

Gross requirements/Kebutuhan kotor adalah jumlah total bahan, komponen, subassemblies atau barang jadi yang dibutuhkan pada akhir periode tertentu. Persyaratan kotor berasal dari jadwal produksi induk (untuk item akhir) atau dari kebutuhan gabungan item lainnya.

Scheduledreceipts/Kuitansi terjadwal (atau pesanan terbuka) mengacu pada seni/bahan stop yang sudah dipesan dari pemasok dan jatuh tempo untuk pengiriman dalam periode tertentu.

Penerimaan pesanan yang direncanakan mengacu pada suku cadang / bahan yang akan dipesan dari pemasok selama periode tertentu.

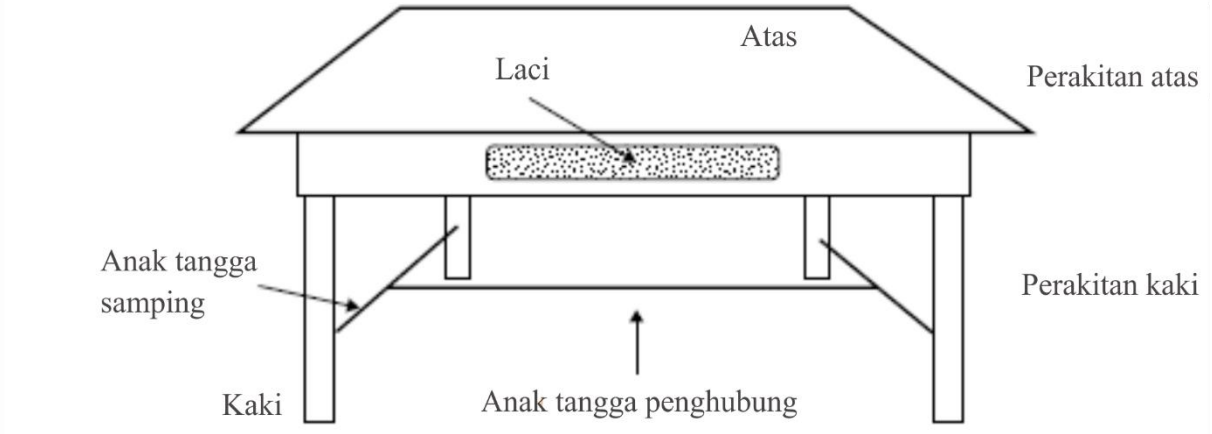
Rilis pesanan yang direncanakan mengacu pada rencana (yaitu, jumlah dan waktu) memulai pembelian suku cadang/bahan. Waktu rencana disesuaikan untuk menjaga waktu tenggang untuk memastikan bahwa barang akan diterima sesuai jadwal.

STUDI KASUS 9.1 Model perencanaan kebutuhan material (MRP)

Fine Furniture memproduksi perabot dapur. Salah satu produknya adalah meja pinus seperti terlihat pada Gambar 9.18 di bawah ini. Manajer produksi ingin mengembangkan rencana MRP untuk memenuhi jadwal pesanan pelanggan berikut.

Saat ini, ada lima puluh meja di tangan, serta 50 rakitan atas, 180 alas meja, 200 laci, 100 rakitan kaki, 250 kaki, 50 anak tangga samping, dan 110 anak tangga penghubung. Penerimaan terjadwal dari 100 rakitan atas dan 100 kaki jatuh tempo di minggu 2. Manajer ingin persediaan menjadi nol pada akhir minggu 5. Ukuran lot ditentukan dengan menggunakan pendekatan lot-for-lot (LFL) tradisional untuk memesan secara tepat apa yang dibutuhkan dalam setiap periode, yaitu item 'ukuran slot sama dengan persyaratan bersihnya (lihat bagian 'metode penentuan ukuran lot').

Akhir minggu	3	4	5
Jumlah tabel yang dibutuhkan	180	180	100



Gambar 9.18 Rakitan meja dapur.

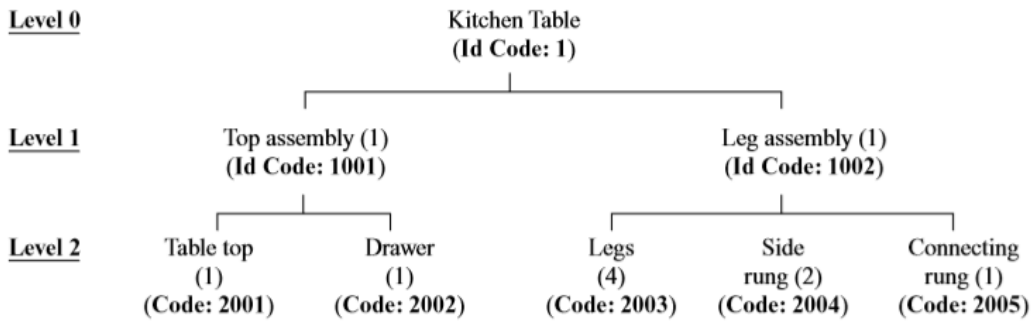
Bill of Materials (BOM)

Dua metode umum untuk menggambarkan BOM adalah pohon struktur produk (PST), dan tabel BOM. Keduanya menggambarkan hubungan induk-komponen secara hierarkis, menunjukkan komponen apa yang diperlukan untuk setiap rakitan induk tingkat yang lebih

tinggi. Pohon struktur produk untuk meja dapur ditunjukkan pada Gambar 9.19. Level 0 adalah level tertinggi, yang berisi produk akhir, sedangkan level 2 adalah level terendah untuk contoh ini (jelas mungkin ada banyak level yang lebih rendah, tergantung pada kompleksitas struktur produk). Angka-angka dalam tanda kurung di bawah menunjukkan berapa banyak unit komponen tertentu yang diperlukan untuk membuat item tepat di atasnya. Misalnya, satu rakitan atas dan satu rakitan kaki diperlukan untuk membuat satu meja.

Saat menetapkan kode ke komponen, praktik yang diterima secara luas adalah menetapkan nilai 1–999 untuk item akhir level-0, nilai 1000–1999 untuk komponen level-1, nilai 2000–2999 untuk komponen level-2, 3000–3999 untuk level -3 bagian, dan lain-lain. Dalam struktur struktur produk, item akhir (meja dapur) memiliki Kode Id 1 sedangkan item level-2 (laci) memiliki Kode Id 2002. Ketika komponen yang sama muncul dalam dua atau lebih banyak produk, kemudian dikodekan pada tingkat terendah di mana ia digunakan (untuk rincian tentang pengkodean tingkat rendah, lihat Heizer dan Render, Bab 14).

Untuk menyederhanakan entri data ke dalam model spreadsheet, tabel BOM biasanya digunakan. Tabel BOM untuk contoh dapur ditampilkan pada Tabel 9.6. Penempatan item dalam tabel BOM sangat penting. Item selalu ditempatkan langsung di bawah induknya, misalnya, dua item level-2 memiliki 'Perakitan Atas' sebagai induknya dan dengan demikian berada tepat di bawah 'Perakitan Teratas' dalam tabel. Tabel BOM juga berisi rincian waktu tunggu (dalam setiap bagian) dari setiap bagian dalam stok.



Gambar 9.19 Pohon struktur produk (PST) untuk meja dapur.

Tabel 9.6 Bill of material (BOM) untuk meja dapur.

Part description	BOM level	Id. code	No. of units	Lead time	On hand
Table	0	1	1	1	50
Top assembly	1	1001	1	2	50
Table top	2	2001	1	1	180
Drawer	2	2002	1	1	200
Leg assembly	1	1002	1	1	100
Legs	2	2003	4	1	250
Side rung	2	2004	2	1	50
Connecting rung	2	2005	1	1	110

Spreadsheet MRP pada Gambar 9.20 berisi satu rentang sel bernama B6:H13 yang disebut BOM. Area bernama ini berisi semua rincian Tabel 9.6 dengan satu tambahan, kolom H, yang berisi nomor baris dari rencana pelepasan pesanan (POR) untuk orang tua yang relevan. Poin-poin berikut menjelaskan logika di balik kehadiran kolom terakhir ini.

- Aturan lot-for-lot (LFL) untuk pemesanan digunakan dalam masalah meja dapur.
- Persyaratan kotor untuk item akhir (meja dapur) diperoleh dari Jadwal Produksi Induk (lihat baris 20 pada Gambar 9.20).
- Persyaratan kotor untuk item tingkat rendah lainnya ditemukan dengan mengalikan jumlah unit yang diperlukan (seperti yang tercantum dalam tabel BOM) dengan POR induk item tersebut. Oleh karena itu, tautan harus ada antara setiap komponen dan induknya. Misalnya, item level-1 akan memiliki POR item akhir level-0 (meja dapur) sebagai persyaratan kotornya. Demikian pula, semua item level-2 akan memiliki POR dari induk level-1 sebagai persyaratan kotornya. Perhatikan bahwa nilai di kolom H (sel H7:H13) adalah yang terakhir dimasukkan oleh pengguna! Nilai default 25 awalnya dimasukkan dalam kolom untuk setiap item.

Langkah 1: Membangun model MRP

Sebuah taglance, spreadsheet MRP mungkin tampak agak rumit. Faktanya, sebagian besar lembar kerja dicapai dengan menyalin sel individu dan rentang sel. Area kunci spreadsheet MRP adalah rentang sel B17:K25 yang sekarang diperiksa lebih detail.

Input pengguna - (i) rincian tabel BOM di baris 6–13, (ii) jadwal produksi induk (MPS) di baris 20, dan (iii) setiap penerimaan barang terjadwal di baris 21 (serta baris 31, 41, 51, dan lain-lain).

$$di\ tangan\ n = di\ tangan_{0\text{-}1} + kuitansi_{n-1} - persyaratan\ kotor_{n-1}$$

di mana penerimaan mencakup penerimaan yang dijadwalkan dan direncanakan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
47		4										
48		***Drawer***				***Lead Time =***		***1***				
49		Week Number	Overdue	1	2	3	4	5	6	7	8	
50		Gross Requirements		160	100	0	0	0	0	0	0	
51		Scheduled Receipts		0	0	0	0	0	0	0	0	
52		On Hand		200	40	0	0	0	0	0	0	
53		Net Requirements		0	60	0	0	0	0	0	0	
54		Planned Order Receipts		0	60	0	0	0	0	0	0	
55		Planned Order Releases	0	60	0	0	0	0	0	0	0	
56												
57		5										
58		***Leg Assembly***				***Lead Time =***		***1***				
59		Week Number	Overdue	1	2	3	4	5	6	7	8	
60		Gross Requirements		0	130	180	180	0	0	0	0	
61		Scheduled Receipts		0	0	0	0	0	0	0	0	
62		On Hand		100	100	0	0	0	0	0	0	
63		Net Requirements		0	30	180	100	0	0	0	0	
64		Planned Order Receipts		0	30	180	100	0	0	0	0	
65		Planned Order Releases	0	30	180	100	0	0	0	0	0	
66												
67		6										
68		***Legs***				***Lead Time =***		***1***				
69		Week Number	Overdue	1	2	3	4	5	6	7	8	
70		Gross Requirements		120	720	400	0	0	0	0	0	
71		Scheduled Receipts		0	100	0	0	0	0	0	0	
72		On Hand		250	130	0	0	0	0	0	0	
73		Net Requirements		0	490	400	0	0	0	0	0	
74		Planned Order Receipts		0	490	400	0	0	0	0	0	
75		Planned Order Releases	0	490	400	0	0	0	0	0	0	
76												
77		7										
78		***Side Rung***				***Lead Time =***		***1***				
79		Week Number	Overdue	1	2	3	4	5	6	7	8	
80		Gross Requirements		60	360	200	0	0	0	0	0	
81		Scheduled Receipts	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
82		On Hand		50	0	0	0	0	0	0	0	
83		Net Requirements		10	360	200	0	0	0	0	0	
84		Planned Order Receipts		10	360	200	0	0	0	0	0	
85		Planned Order Releases	10	360	200	0	0	0	0	0	0	
86												
87		8										
88		***Connecting Rung***				***Lead Time =***		***1***				
89		Week Number	Overdue	1	2	3	4	5	6	7	8	
90		Gross Requirements		30	180	100	0	0	0	0	0	
91		Scheduled Receipts		0	0	0	0	0	0	0	0	
92		On Hand		110	80	0	0	0	0	0	0	
93		Net Requirements		0	100	100	0	0	0	0	0	
94		Planned Order Receipts		0	100	100	0	0	0	0	0	
95		Planned Order Releases	0	100	100	0	0	0	0	0	0	
96												

gambar 9.20 model MRP untuk contoh meja dapur.

Tabel 9.7 Perencanaan kebutuhan bahan – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
B17	INT(ROW(B17)/10)	
B18	INDEX(BOM, B17, 1)	
H18	INDEX(BOM, B17, 5)	
C21	IF(AND(COLUMN(D23) – 4 < H18, D23 <> 0), D23,"")	
C22	IF(AND(COLUMN(E23) – 4 < H18, E23 <> 0), E23,"")	
C23	IF(AND(COLUMN(F23) – 4 < H18, F23 <> 0), F23,"")	
C24	IF(AND(COLUMN(G23) – 4 < H18, G23 <> 0), G23,"")	
C25	SUM(C21:C24)	
D22	INDEX(BOM, $B17, 6)	
E22	IF(D21 + D22 + D24 – D20 < 0, 0, D21 + D22 + D24 – D20)	F22:K22
D23	IF(D22 + D21 > D20,0, D20 – D21 – D22)	E23:K23
D24	D23	E24:K24
D25	OFFSET(D25, –1, $H18)	E25:K25

Persyaratan bersih Sel D23 berisi pernyataan kondisional berikut untuk menghitung persyaratan bersih suatu item.

JIKA (persyaratan bersih) > 0 MAKA (persyaratan bersih) LAINNYA 0

dimana(persyaratan bersih)=(persyaratan kotor)−(ditangan)−(penerimaan terjadwal). Jika ada persediaan yang cukup (baik sebagai barang yang ada di tangan atau barang tanda terima yang dijadwalkan) untuk memenuhi kebutuhan kotor, maka kebutuhan bersihnya adalah nol.

Peluncuran pesanan yang direncanakan (POR) POR harus disesuaikan untuk menjaga offset waktu tunggu sehingga barang akan diterima sesuai jadwal, yaitu harus sesuai dengan penerimaan pesanan yang direncanakan. Fungsi OFFSET Excel sangat cocok untuk situasi ini.

Item yang lewat jatuh tempo Kolom 'terlambat' di awal cakrawala perencanaan saat ini digunakan untuk menyoroti kekurangan yang disebabkan oleh waktu tunggu yang diproyeksikan mundur ke cakrawala perencanaan sebelumnya, yaitu, minggu0,–1,–2, dan lain-lain. Model dapat menangani waktu tunggu hingga empat minggu/ periode. Spreadsheet memeriksa masing-masing dari empat kolom pertama (D hingga G) dari baris persyaratan bersih (baris 23, 33, 43 ...) untuk dua kriteria (i) apakah kolom tersebut termasuk dalam offset waktu tunggu item? (ii) apakah ada persyaratan bersih untuk minggu ini? Hanya jika kedua kriteria terpenuhi, nilai akan muncul di 'kolom lewat waktu', jika tidak maka akan dikosongkan.

Kolom terlambat hanya digunakan untuk menyoroti kekurangan yang mungkin diabaikan pada awal cakrawala perencanaan saat ini. Persyaratan luar biasa seperti itu biasanya dapat ditemukan dengan membandingkan 'penerimaan pesanan yang direncanakan' dengan 'rilis pesanan yang direncanakan'. Situasi ini paling baik diilustrasikan dengan melihat contoh meja dapur.

Item yang lewat jatuh tempo terjadi pada tingkat 'side-rung', yang memiliki waktu tunggu satu minggu. Hanya ada 50 anak tangga samping (sel D82) untuk memenuhi

persyaratan kotor 60 (sel D80). Jadi, ada kebutuhan bersih 10 item dalam minggu pertama dari horizon perencanaan saat ini. Musim gugur yang singkat ini harus dipenuhi dari cakrawala perencanaan sebelumnya, yaitu minggu 0! Jumlah ini muncul dua kali di kolom C yang lewat jatuh tempo, di sel C81 dan sekali lagi di sel C85 'total lewat jatuh tempo'. Dalam hal ini ada satu jumlah yang terlambat karena lead time item hanya satu minggu. Namun, jika waktu tunggu lebih lama, katakanlah 3 atau 4 minggu, POR dapat diperpanjang selama beberapa minggu dari cakrawala perencanaan sebelumnya.

Gunakan template rumus Tabel 9.7 untuk membuat bagian awal model MRP pada Gambar 9.20 (sampai baris 26). Ingatlah untuk memberi nama rentang sel B6:H13 sebagai BOM. Kemudian ikuti instruksi pada Langkah 2 untuk menyelesaikan model.

Tabel 9.8 Perencanaan kebutuhan bahan – rumus lembar kerja (lanjutan)

Cell	Formula	Copied to
B30	"Gross requirements"	
D30	INDEX(BOM, $B27, 4)*OFFSET(D30, INDEX(BOM, $B27, 7)–ROW(D30), 0)	E30:K30

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Contoh 9.14 - Sebuah model untuk metode part period balancing (PPB)											
2												
3		**Input**				Ordering (or setup) cost =		200		*User input cells*		
4						Unit holding cost =		1.00		*are shaded*		
5						Economic part period (EPP) =		200				
6												
7				<---------- Net requirements, REQ_P for each period P ---------->								
8		REQ_P		150	100	150	0	50	75	100	25	20
9		***Period, P***		***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***
10												
11		Weighted REQ_i		0	100	300	0	200	375	600	175	160
12		CUM_i		0	100	400	400	600	975	1575	1750	1910
13		$(CUM_i - EPP)/EPP$		–1.0	–0.5	1.0	1.0	2.0	3.9	6.9	7.8	8.6
14		0.5		1.0	0.5	1.0	1.0	2.0	3.9	6.9	7.8	8.6
15		**Order Data =**		150	100							
16		0		***Answer: Place an order for***				***250***	***units in period***		***1***	
17		New Factor, NF_i		0	0	1	2	3	4	5	6	7
18												
19		Weighted REQ_i		–150	–100	0	0	100	225	400	125	120
20		CUM_i		0	0	0	0	100	325	725	850	970
21		$(CUM_i - EPP)/EPP$		–1.0	–1.0	–1.0	–1.0	–0.5	0.6	2.6	3.3	3.9
22		0.5		1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6	2.6	3.3	3.9
23		**Order Data =**				150	0	50				
24		2		***Answer: Place an order for***				***200***	***units in period***		***3***	
25		New Factor, NF_i		0	0	0	0	0	1	2	3	4
26												
27		Weighted REQ_i		–150	–100	–150	–1	–50	0	100	50	60
28		CUM_i		0	0	0	0	0	0	100	150	210
29		$(CUM_i - EPP)/EPP$		–1.0	–1.0	–1.0	–1.0	–1.0	–1.0	–0.5	–0.3	0.1
30		0.1		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.3	0.1
31		**Order Data =**							75	100	25	20
32		5		***Answer: Place an order for***				***220***	***units in period***		***6***	
33		New Factor, NF_i		0	0	0	0	0	0	0	0	0
34												
35												
36		Salin cell range B11:L17 berulang kali ke bawah spreadsheet, letakkan kursor di cell B19,										
37		B27…. hingga baris 'New Factor, NFi' hanya berisi nol (mis. lihat baris 33 di atas).										
38												

Gambar 9.21 Langah ke 2 Model MRP

Langkah 2: Memodifikasi dan menyalin rentang sel

Setelah menyelesaikan langkah pertama di atas (i) salin rentang sel B17:K26 ke dalam rentang sel B27:K36, dan kemudian (ii) ubah baris 30 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.8. Akhirnya, yang harus dilakukan sekarang hanyalah menyalin rentang sel B27:K36 yang dimodifikasi ke bawah lembar kerja untuk setiap bagian yang tersisa, yaitu, enam kali untuk contoh meja dapur. Ketika langkah terakhir ini telah selesai, jangan lupa untuk mengisi nilai POR yang benar di sel H7:H13 dari tabel BOM. Nilai POR ditemukan dengan mempelajari

pohon struktur produk untuk menentukan hubungan induk-komponen yang benar. Spreadsheet MRP sekarang telah selesai dan dapat digunakan kembali untuk masalah lain dengan memasukkan detail baru di sel berikut:

- Detail tabel BOM (sel B6:G13)
- jadwal produksi induk (sel D20:K20)
- Nilai baris POR dari pohon struktur produk (sel H7:H13)
- penerimaan terjadwal (jika ada) (baris 31, 41, 51, dan seterusnya.).

9.10 METODE LOT-SIZE

Lot-sizing adalah istilah yang digunakan dalam perencanaan kebutuhan material untuk menentukan jumlah pesanan ekonomis atau ukuran batch. Lima metode yang paling umum digunakan adalah:

1. Kuantitas pesanan ekonomis – metode tertua dan paling terkenal
2. Kuantitas pesanan tetap – dalam pendekatan kuantitas pesanan tetap (FOQ), pesanan dengan ukuran tetap ditempatkan setiap kali stok turun ke tingkat tertentu. Ukuran lot dapat dipengaruhi oleh alasan ekonomi, misalnya, FOQ 500 dapat dipilih karena tingkat diskon kuantitas adalah 500 unit.
3. Kuantitas pesanan periode – metode kuantitas pesanan periode (POQ) menghasilkan kuantitas pesanan yang berbeda untuk setiap pesanan yang diterbitkan. Misalnya, pertimbangkan persyaratan bersih berikut selama dua belas bulan: 15,26, 0, 12, 0, 23, 8, 15, 35, 0, 0, dan 32. POQ tiga bulan hanya meringkas bersih (bukan nol) persyaratan untuk bulan 1, 2, 4 (= 53), bulan 6, 7, 8 (= 46), dan bulan 9, 12 (=67). Pesanan untuk jumlah 53, 46, dan 67 kemudian ditempatkan di bulan 1, 6, dan 9. Karena beberapa bulan tidak memiliki persyaratan, periode tidak harus memiliki durasi yang sama. Metode POQ tidak boleh dikacaukan dengan sistem tinjauan periodik interval tetap yang dibahas sebelumnya.
4. Lot-for-lot – kebijakan lot-for-lot (LFL) mewakili cara MRP tradisional untuk memesan dengan tepat apa yang dibutuhkan dalam setiap periode, yaitu, ukuran lot sama dengan persyaratan bersih.
5. Penyeimbangan sebagian periode – metode penyeimbangan sebagian periode (PPB) menggunakan rasio biaya pemesanan terhadap biaya penyimpanan untuk memperoleh nomor periode sebagian yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengumpulkan persyaratan. Sebuah model sekarang dikembangkan untuk algoritma PPB.

CONTOH 9.14 Sebuah model untuk metode part-period balancing (PPB)

Metode part-period balancing (PPB) adalah kebijakan lot-sizing di mana jumlah pesanan bervariasi sesuai dengan perbandingan antara biaya penyimpanan dan biaya pemesanan. Metode PPB menggunakan rasio antara biaya pemesanan (atau penyiapan) dengan biaya penyimpanan untuk memperoleh periode bagian ekonomi (EPP), yaitu,

EPP=(biaya pemesanan atau setup)/(biaya penyimpanan)

PPB menggunakan rasio EPP untuk mencapai keseimbangan antara biaya setup dan biaya penyimpanan. Persyaratan produk diakumulasikan selama beberapa periode hingga nilai akumulasi sedekat mungkin dengan nilai EPP. Model PPB pada Gambar 9.21 dikembangkan menggunakan lima langkah berikut.

1. Untuk setiap periode P, bobot kebutuhan bersihnya, REQP, dengan (P – 1). Misalnya pada Gambar 9.21, persyaratan tertimbang untuk periode 2, WREQ2 =(2−1)×REQ2 =1×100=100 (lihat sel E11). Demikian pula, WREQ3 =(3−1)×REQ3 =2×150=300 (sel F11), dan lain-lain.
2. Akumulasi persyaratan tertimbang WREQi yaitu, CUMi = WREQi untuk i =1, 2, 3...
3. Hitung rasio proporsional yang didefinisikan sebagai (CUMi EPP)/EPP untuk setiap i =1, 2, 3...
4. Akumulasi kebutuhan REQi sampai nilai ABS(CUMi EPP)/EPP terkecil tercapai. Urutan bagian-periode pertama sekarang telah ditemukan (lihat baris 16 dari model spreadsheet). Nilai ABS(CUMi EPP)/EPP terkecil adalah 0,5 (lihat sel E14), dan jumlah kumulatifnya adalah REQ1+REQ2 =150+100=250.
5. Ulangi empat langkah di atas hingga semua periode diberi urutan paruh periode.

Tabel 9.9 Penyeimbangan periode bagian (PPB) – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
H5	INT(H3/H4)	
D11	IF(AND(D$8 = 0, D9 = 0), –1, D$8*(D9 – 1))	E11:L11
D12	IF(D11<0, 0, D11)	
E12	IF(E11<0, 0, E11 + D12)	F12:L12
D13	(D12 – $H$5)/$H$5	E13:L13
B14	MIN(D14:L14)	
D14	ABS(D13)	E14:L14
D15	IF(AND(D17 = 0, D11>= 0), D$8,"")	E15:L15
B16	COUNTIF(D11:L11, "<0")	
H16	SUM(D15:L15)	
K16	B16 + 1	
D17	IF(D13 > $B14, C17 + 1, 0)	E17:L17

9.11 PENDEKATAN JUST-IN-TIME (JIT) UNTUK MANAJEMEN PERSEDIAAN

Sistem just-in-time (JIT) mirip dengan perencanaan kebutuhan material karena hanya dapat beroperasi dalam situasi 'permintaan yang bergantung'. Tujuan utama dari sistem just-in-time adalah untuk meminimalkan pemborosan. Biaya penyimpanan persediaan dapat sangat dikurangi dengan memastikan bahwa bahan baku dan komponen yang digunakan dalam pembuatan produk akhir tiba tepat pada saat dibutuhkan.

- Implementasi sistem JIT sangat kompleks dan luas, dilihat tidak hanya sebagai seperangkat aturan manufaktur tetapi juga sebagai filosofi yang membutuhkan komitmen dan disiplin organisasi. Sementara komputer dapat memberikan kontribusi yang signifikan untuk manufaktur JIT, keberhasilan implementasi sistem JIT jauh melampaui mekanisasi operasi rutin. Agar berfungsi dengan baik, kegiatan berikut juga harus dilakukan. Identifikasi kebutuhan pelanggan dalam hal kualitas, kuantitas, dan waktu, yaitu, apa, berapa, dan kapan?
- Dapatkan jumlah bahan yang tepat yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan produksi saat ini, yaitu, semua waktu tunggu adalah nol!
- Lakukan pengukuran kerja dan studi waktu untuk menyinkronkan alur kerja, yaitu, mengurangi pemborosan waktu dan pemborosan gerak sebanyak mungkin.
- Memastikan bahwa segala sesuatu yang dibuat dibutuhkan oleh pelanggan, yaitu tidak ada persediaan barang jadi.
- Pastikan bahwa ada kontrol kualitas total, yaitu, tidak ada bahan/komponen yang cacat diterima dan tidak ada produk akhir yang cacat yang diproduksi.

9.12 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Model yang dikembangkan dalam bab ini memperkenalkan empat fungsi Excel untuk pertama kalinya, yang masing-masing dijelaskan di bawah ini. Pengguna harus ingat bahwa fasilitas bantuan online yang komprehensif juga disediakan oleh Excel.

1. **COLUMN COLUMN (reference)** mengembalikan nomor kolom dari referensi yang diberikan. Di manareferensi adalah rentang sel, COLUMN mengembalikan nomor kolom awal dari rentang bernama.
   Reference = sel atau rentang sel yang memerlukan nomor kolom.
   Contoh: COLUMN(B3) mengembalikan nilai 2; COLUMN(D5:F9) mengembalikan nilai 4.
2. **INDEX INDEX (LookupRange, rowNo, colNo)** mengembalikan konten sel yang diberikan oleh (rowNo, colNo) dalam rentang sel.
   LookupRange = rentang sel yang mendefinisikan tabel pencarian
   rowNo = nomor baris dalam LookupRange
   colNo = nomor kolom dalam LookupRange
   Contoh: INDEX(B4:D7, 2, 3) pada Gambar 9.22 mengembalikan nilai Rp. 12,50 (yaitu, isi sel D5 dalam rentang sel pencarian B4:D7).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Product	No. in	Product		Year	Cash	
3		name	stock	price			flow	
4		Gizmo	10	10.00		1	1	
5		Gadget	25	12.50		2	4	
6		Widget	9	20.00		3	8	
7		Sprocket	40	4.50		4	16	
8						5		
9	***Sample Figure***							

Gambar 9.22 Contoh gambar.

3. **NORMSINV NORMSINV (probabilitas)** mengembalikan kebalikan dari distribusi kumulatif normal untuk probabilitas tertentu. Distribusi memiliki rata-rata nol dan simpangan baku satu.
   probabilitas = probabilitas yang diperlukan kebalikan dari distribusi kumulatif normal.
   Contoh: NORMSINV(0.95) mengembalikan nilai 1.6449.
4. **ROW ROW (referensi)** mengembalikan nomor baris dari referensi yang diberikan. Di mana referensi adalah rentang sel, ROW mengembalikan nomor baris awal dari rentang bernama.
   Reference = sel atau rentang sel yang membutuhkan nomor baris.
   Contoh: ROW(B3) mengembalikan nilai 3; ROW(D5:F9) mengembalikan nilai 5.

9.13 LATIHAN

1. Perusahaan ABC memiliki permintaan tahunan sebesar 1200 unit untuk suatu produk dengan biaya pemesanan rata-rata Rp. 9 per pesanan dan biaya penyimpanan Rp. 0,10 per unit per tahun. Bantu ABC untuk menemukan kuantitas pesanan ekonomis (EOQ) untuk produk tersebut. Apa yang akan menjadi EOQ jika pemasok menawarkan jadwal penetapan harga berikut: biaya unit Rp. 0,50 untuk pesanan di bawah 500; Biaya unit Rp. 0,45 untuk pesanan 500 dan lebih?
   (Jawaban: (i) EOQ=465 dengan total biaya Rp. 646,48 (ii) EOQ=500 dengan total biaya Rp. 586,60.)
2. Perusahaan Acme menemukan bahwa ia dapat memproduksi widget seharga Rp. 5,50 masing-masing pada tingkat 60 unit per hari. Permintaan tahunan adalah 6500, yaitu sekitar 25 unit per hari. Biaya penyiapan Acme untuk produksi widget adalah Rp. 180 per putaran, dan biaya penyimpanan tahunannya adalah 18% dari biaya unit. Gunakan model PROQ untuk menemukan (i) ukuran lot produksi (ii) tingkat persediaan maksimum, dan (iii) panjang setiap proses produksi.

(Jawaban: (i) 2013 (ii) 1174,2 (iii) 6,71 minggu.)

3. Biaya produksi untuk majalah bulanan GardeningTodaya adalah Rp. 0,90 perunit dengan harga jual Rp. 1,20. Permintaan bulanan untuk majalah telah dihitung sebagai berikut:

Jumlah majalah yang habis terjual	500	600	700	800	900	1000
Probabilitas	0.1	0.15	0.2	0.25	0.2	0.1

   Jika salinan yang tidak terjual memiliki nilai sisa Rp. 0,50, berapa banyak salinan Gardening Today yang harus diproduksi setiap bulan untuk memaksimalkan keuntungan?

   (Jawaban: 700 eksemplar – memberikan keuntungan maksimum Rp. 186.)

4. Perusahaan Produk Baru memiliki permintaan tahunan untuk produk sebesar 4000 dengan biaya pemasangan Rp. 500 dan biaya penyimpanan 10% dari biaya per unit. Biaya produk adalah Rp. 10 tetapi perusahaan menawarkan diskon 3% dan 7% untuk biaya unit untuk pesanan 1000 dan lebih, dan 2500 dan lebih. Temukan ukuran optimal yang akan meminimalkan total biaya.

   (Jawaban: 2500 memberikan biaya minimum Rp. 39,163.)

5. Bloggs Engineering memproduksi produk dengan biaya per unit sebesar Rp. 30. Permintaan rata-rata 280 unit per minggu. Lead time adalah dua minggu dan permintaan selama lead time terdistribusi secara normal dengan standar deviasi 60 unit. Bloggs Engineering memperkirakan biaya pemesanannya sebesar Rp. 8 per pesanan, biaya penyimpanan sebesar Rp. 1 per unit per minggu, dan biaya kehabisan persediaan sebesar Rp. 2,00 per unit. Temukan (i) jumlah pesanan yang optimal dan ukuran pemesanan kembali ketika kekurangan yang direncanakan diperbolehkan (abaikan detail waktu tunggu) (ii) jumlah pesanan, Q, dan tingkat pemesanan ulang, R, ketika waktu tunggu yang berkelanjutan disertakan dengan layanan -tingkat kebutuhan 95%.

   (Jawaban:(i)Kuantitas pesanan optimal=82dengan ukuran pesanan balik=27,3(yaitu,28)(ii)Kuantitas pesanan optimal, Q=67 dan tingkat pemesanan ulang, R=700.)

6. Perusahaan Ajax menjual dua produk, widget dan gadget. Perusahaan menyimpan barang-barang tersebut di gudang dengan kapasitas 350 meter kubik (m3). Apa kebijakan pemesanan terbaik untuk Perusahaan Ajax, mengingat widget menyumbang Rp. 25 dan gadget Rp. 20 untuk keuntungan perusahaan? Untuk memenuhi permintaan sepenuhnya, berapa banyak ruang penyimpanan yang perlu ditambah, dan berapa peningkatan laba yang sesuai? Rincian inventaris diberikan dalam tabel di bawah ini.

	Permintaan Tahunan	Biaya penyimpanan (Rp'000)	Biaya pemesanan (Rp'000)	Persyaratan penyimpanan
Widget	5000	Rp. 10	Rp. 120	1.5 m^3
Gadget	4000	Rp. 10	Rp. 200	1.0m^3

(Petunjuk: ini adalah masalah inventaris dengan kendala. Selesaikan menggunakan SOLVER.)

(Jawaban: (i) Setiap pesanan terdiri dari 240 widget dan 340 gadget yang memberikan total keuntungan Rp. 12.799 (ii) Untuk memenuhi permintaan, PerusahaanAjax membutuhkan total ruang penyimpanan sebesar 412m3 untuk meningkatkan keuntungan sebesar Rp. 2272.)

7. Permintaan mingguan untuk suatu produk didistribusikan secara normal dengan rata-rata 200 dan standar deviasi 30. Waktu tunggu produk adalah satu minggu dan pesanan dapat diproduksi dengan sedikit atau tanpa biaya tambahan. Produk ini berharga Rp. 300 dan biaya penyimpanannya per unit per bulan adalah Rp. 8. Dengan menggunakan model periode tetap, hitung (i) jumlah pesanan untuk tingkat layanan yang dibutuhkan sebesar 98%. Bagaimana jawaban ini akan terpengaruh jika (ii) biaya pemesanan adalah Rp. 100 (iii) waktu tunggu ditingkatkan menjadi dua minggu? (Catatan: periode peninjauan dan stok yang ada adalah nol.)

   (Jawaban: (i) Jumlah pesanan adalah 262 dengan biaya mingguan sebesar Rp. 386 (ii) Biaya mingguan meningkat menjadi Rp. 462,34 (iii) Jumlah pesanan=488.)

8. MeadowSweet Creameries baru-baru ini mengalami masalah dengan kelebihan stok yang mengakibatkan pembusukan produk. Mereka telah mengumpulkan data historis untuk menentukan jumlah ideal yang harus diproduksi. Overstocking biaya perusahaan Rp. 2 per kotak melalui biaya membawa dan pembusukan. Di sisi lain, kekurangan stok menghasilkan keuntungan yang hilang sebesar Rp. 2,40 per kotak.

Permintaan bulanan	500	600	700	800	900	1000
Probabilitas	0.1	0.2	0.3	0.3	0.05	0.05

   (Jawaban: 700 kotak.)

9. Perusahaan Springbed memiliki permintaan tahunan sebesar 7.500 unit untuk produknya P dengan harga Rp. 20. Perusahaan Springbed memperkirakan biaya pemesanannya sebesar Rp. 50 per pesanan, biaya penyimpanan sebesar Rp. 10 per unit per tahun, dan biaya kehabisan persediaan sebesar Rp. 15 untuk setiap penjualan yang hilang. Ferdiingin menemukan kebijakan pemesanan optimal yang mencakup (i) ukuran pesanan (ii) waktu siklus (iii) tingkat persediaan maksimum.

   (Jawaban: (i) 354 (ii) 2,5 minggu (iii) 212.)

10. Joseph's Blog adalah pemilik Micros Unlimited, yang menggunakan berbagai komponen untuk membuat produk utamanya, sebuah komputer mikro. Bagian utama mikro adalah monitor warna, CPU, dan keyboard. Rakitan CPU mencakup motherboard, drive disk, dan drive CD-ROM. Detail Micros Unlimited current inventory dan component lead time (LT) adalah: 60 micros (LT = 1), 100 keyboard (LT = 1), 60 CPU Assembly (LT = 2), 50 monitor (LT = 2), 100 motherboard (LT = 1), dan 90 dari masing-masing jenis penggerak (LT = l). Joe harus memenuhi jadwal pesanan seperti yang ditunjukkan.

Minggu	1	2	3	4	5	6
Mikro		40	80	90	80	

(i) Buat pohon struktur produk untuk mikro Joe (ii) siapkan tabel BOM, dan (iii) gunakan model MRP (dengan metode ukuran lot-untuk-banyak) untuk mengidentifikasi persyaratan Joe.

(Jawaban: Tabel BOM adalah Tabel 9.10.)

Tabel 9.10 Tabel BOM

Part description	BOM level	Id. code	No. of units	Lead time	On-hand	POR row
Microprocessor	0	1	1	1	60	
Monitor	1	1001	1	2	50	25
Keyboard	1	1002	1	1	100	25
CPU Assembly	1	1003	1	2	60	25
Motherboard	2	2001	1	1	100	55
Disk drive	2	2002	1	1	90	55
CD-ROM drive	2	2003	1	1	90	55

11. Perusahaan Gizmo harus memenuhi jadwal persyaratan berikut untuk produknya. Biaya pemesanan adalah Rp. 50 per pesanan dan biaya penyimpanan adalah Rp. 0,70 per unit per minggu. Gunakan model part period balancing (PPB) untuk menemukan jadwal pemesanan terencana yang dapat diterima.

Minggu	1	2	3	4	5	6	7	8
Jumlah unit	40	30	20	30	25	30	20	25

(Jawaban: 90 unit di minggu 1; 85 unit di minggu 4; 45 unit di minggu 7.)

12. GreenFingers Garden Center menjual mesin pemotong rumput. Karena permintaan untuk mesin pemotong rumput bersifat musiman, Garden Center telah memutuskan untuk memeriksa data penjualan selama lima belas bulan terakhir untuk mendapatkan gambaran yang lebih baik tentang pola permintaan. Ditemukan bahwa permintaan mingguan bervariasi sesuai dengan tabel probabilitas berikut.

Minggu	0	1	2	3	4	5
Jumlah unit	12	9	9	15	12	3
Probabilitas	0.2	0.15	0.15	0.25	0.2	0.05

Kebijakan persediaan saat ini adalah memesan sepuluh mesin pemotong rumput setiap kali persediaan yang ada turun ke tingkat pemesanan ulang lima atau kurang. Saat melakukan pemesanan, bisa ada penundaan 1-3 minggu. Setelah memeriksa tanggal pengiriman untuk 30 pesanan terakhir, Pusat telah menghasilkan tabel waktu tunggu berikut.

Minggu	1	2	3
Jumlah unit	6	18	6
Probabilitas	0.2	0.6	0.2

Dengan menggunakan model simulasi inventaris, simulasikan penjualan GreenFingers selama periode 20 minggu, dan dengan demikian temukan (i) rata-rata inventaris akhir per minggu (ii) penjualan yang hilang selama periode 20 minggu, dan (iii) jumlah pesanan yang dilakukan selama periode 20 minggu (iv) tingkat layanan.

(Jawaban: Karena sifat fungsi RAND Excel yang mudah berubah, jawaban mungkin tidak sama dengan yang sekarang diberikan (i) 4,5 unit/minggu (ii) 6 unit (iii) 5 pesanan (iv) 87,0%.)

BAB 10
MODEL UNTUK OPERASI PRODUK

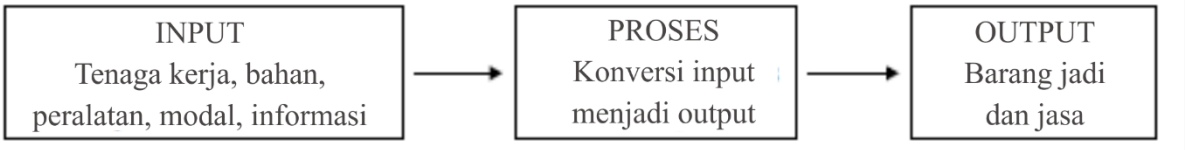
10.1 PANDANGAN

Manajer sering kali harus membuat keputusan tentang cara terbaik untuk mengalokasikan sumber daya yang langka di antara aktivitas yang bersaing. Sumber daya yang terbatas seperti mesin, waktu, bahan, tenaga kerja, dan uang digunakan untuk memproduksi berbagai produk, atau menyediakan layanan seperti rencana investasi dan strategi periklanan. Biasanya, ada banyak cara berbeda untuk menghasilkan produk atau layanan ini. Masalah manajemen salah dalam menemukan cara terbaik, mengingat keterbatasan sumber daya. Operasi produksi adalah proses dimana input diubah menjadi output seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.1.

Operasi produksi melibatkan spektrum yang luas, mulai dari keputusan awal tentang tempat terbaik untuk membangun perusahaan (yaitu, perencanaan lokasi fasilitas) hingga tahap akhir distribusi ketika barang jadi dikirim ke pelanggan. Di antara batas luar ini, aktivitas penting lainnya terjadi:

- perencanaan logistik dan sistem antrian
- perencanaan dan penjadwalan produksi
- pembelian bahan dan pengendalian persediaan
- jaminan dan kontrol kualitas
- manajemen proyek.

Keputusan pengendalian operasional memastikan bahwa tugas-tugas tertentu dilakukan secara efektif dan efisien. Efisiensi berarti bahwa sumber daya input digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan output yang optimal (yaitu, maksimum). Sederhananya, efisiensi adalah 'melakukan hal yang benar'. Efektivitas adalah ukuran seberapa baik sistem produksi menjalankan fungsinya. Menjadi efektif menyiratkan bahwa manajemen adalah 'melakukan hal yang benar'.



Gambar 10.1 Operasi produksi

10.2 MODEL LOGISTIK

Aspek utama dari operasi produksi adalah fungsi logistik yang menyediakan pandangan terintegrasi dari pasokan bahan dan distribusi produk. Logistik terutama berkaitan

dengan penanganan, penyimpanan, dan pergerakan bahan ke fasilitas manufaktur dan produk ke pasar. Dalam mengelola logistik, beberapa isu penting muncul.

- Bagaimana seharusnya struktur sistem distribusi – terpusat atau terdesentralisasi?
- Bagaimana tata letak gudang dan penyimpanan dapat dioptimalkan untuk memaksimalkan ruang sambil meminimalkan biaya penanganan material?
- Lokasi geografis mana yang memberikan manfaat terbaik bagi organisasi?
- Berapa banyak persediaan yang harus disimpan di setiap lokasi?
- Moda transportasi apa yang sebaiknya digunakan?

Aspek utama perencanaan logistik melibatkan dua area penting yaitu perencanaan lokasi fasilitas dan tata letak operasi. Tujuan dari 'perencanaan lokasi fasilitas' adalah untuk menemukan situs yang paling bermanfaat bagi perusahaan. Analisis lokasi mencakup evaluasi yang cermat terhadap faktor pasar seperti ketersediaan tenaga kerja, kedekatan dengan bahan baku dan pelanggan, insentif pemerintah, rute akses bermutu tinggi, peraturan lingkungan, dan lain-lain. Karena biaya banyak sumber daya input ditentukan oleh lokasi organisasi, efisiensi dan efektivitas operasi produksi sangat bergantung pada pilihan lokasi.

Tata letak operasi adalah konfigurasi fisik dari proses, peralatan, dan bahan yang memfasilitasi aliran bahan dan personel di dalam dan di antara area kerja. Misalnya, masuk akal untuk mengelompokkan mesin serupa bersama sehingga pekerjaan diarahkan ke satu area kerja tertentu daripada tersebar di semua tempat. Tata letak yang buruk menyebabkan antrian kemacetan dengan mengganggu aliran fisik bahan, dan akibatnya menambah biaya tambahan untuk kegiatan produksi. Keputusan tata letak melibatkan analisis antrian dalam hal panjang antrian, waktu tunggu rata-rata, dan biaya antrian.

CONTOH 10.1 Model lokasi fasilitas

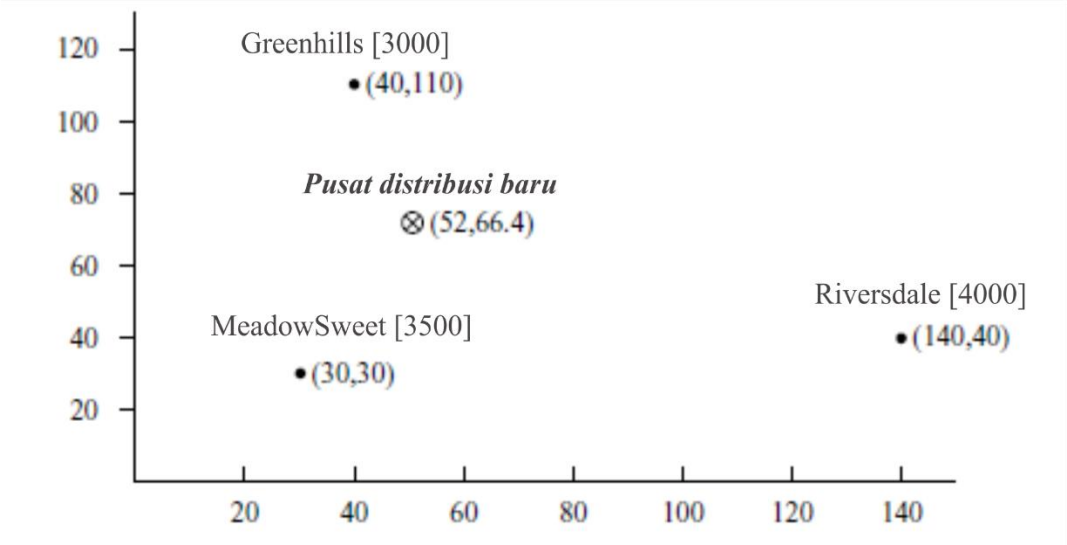
Ada banyak faktor, baik kualitatif maupun kuantitatif, yang harus dipertimbangkan ketika memilih lokasi, misalnya biaya distribusi, ketersediaan sumber daya, jarak dari pelabuhan, dan lain-lain. Metode weighteddistance (WD) adalah teknik matematis untuk menemukan lokasi optimal (X_0, Y_0) yang akan meminimalkan biaya distribusi. Ini menggunakan persamaan geometri koordinat standar untuk jarak, d, antara dua titik (x_1, y_1) dan (x_2, y_2), yaitu,

$$jarak, d = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Metode jarak tertimbang yang menggabungkan faktor pembobotan ke dalam persamaan di atas. Sebuah peta standar diubah menjadi grafik (x, y) dengan menempatkan kotak di atas area yang dipertimbangkan. Kemudian menghitung jarak tertimbang, wdi, setiap lokasi i, dari lokasi optimal (X_0, Y_0), menggunakan persamaan garis lurus berbobot berikut

$$jarak\ tertimbang\ wd_i = w_i\sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}$$

di mana wi adalah faktor pembobot, berdasarkan volume barang yang dipindahkan ke/dari lokasi i, dan (x_i, y_i) adalah koordinat lokasi i.



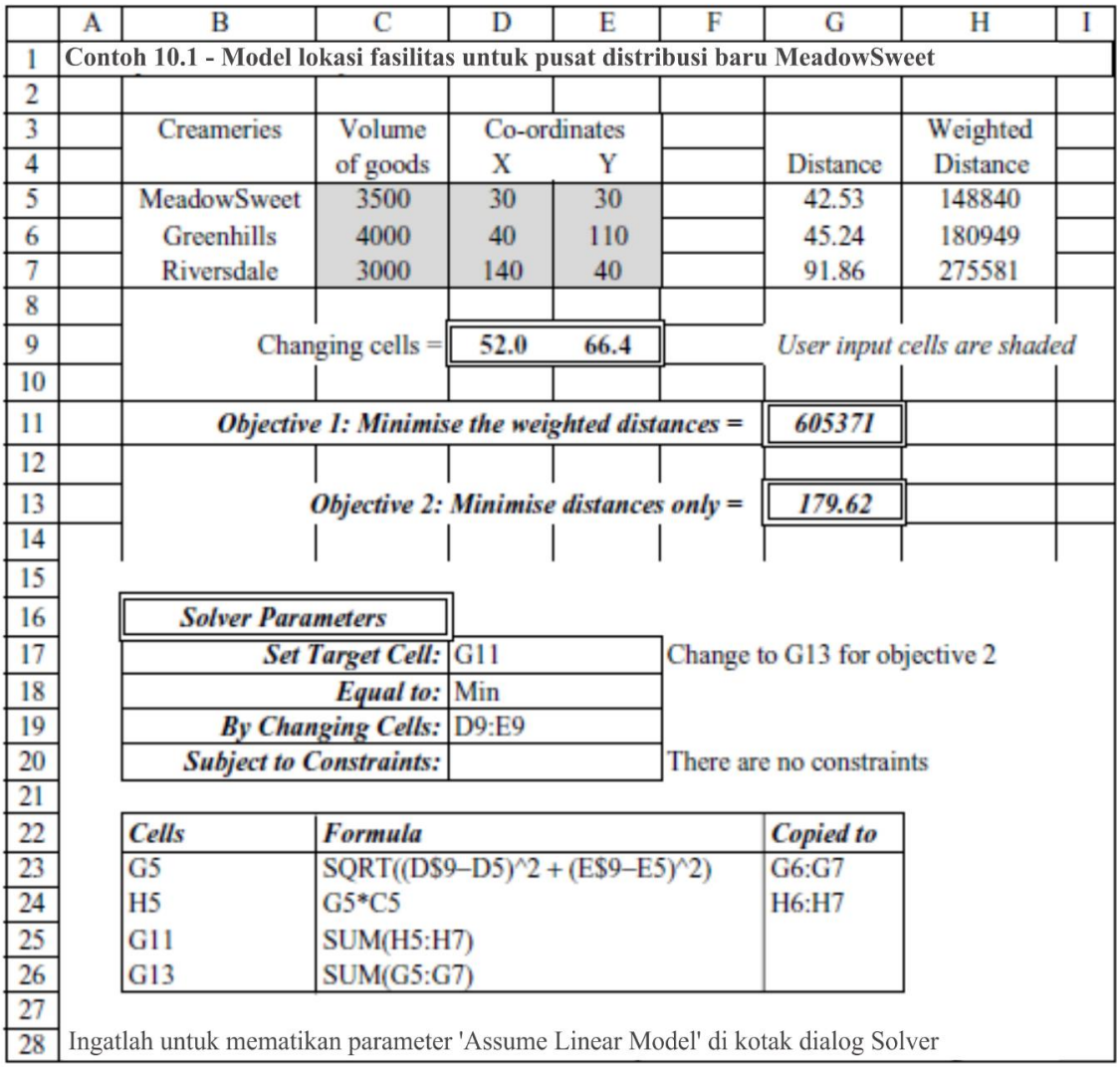
Gambar 10.2 Grafik (x, y) yang menunjukkan lokasi terbaik untuk pusat baru.

Meadowsweet Creameries saat ini sedang merencanakan pusat distribusi baru untuk produk susu mereka. Mereka sudah memiliki dua pabrik produksi yang berlokasi di Greenhills dan Riversdale dan ingin mencari lokasi terbaik untuk fasilitas gudang baru. Diagram (x, y) pada Gambar 10.2 menunjukkan lokasi Meadowsweet dan dua anak perusahaannya, dengan data persediaan barang ditampilkan dalam tanda kurung siku. Solver Excel dapat digunakan untuk mencari nilai optimal X_0, Y_0 yang akan meminimalkan total jarak $\sum wd_i$. Model lokasi fasilitas pada Gambar 10.3 telah menemukan lokasi optimal (52, 66,4) yang kemudian ditempatkan pada (x, y) diagram untuk tujuan klarifikasi.

Faktor pembobotan, w_i, harus divariasikan untuk melihat seberapa sensitif lokasi optimal terhadap perubahan volume barang. Juga disarankan untuk menemukan lokasi terbaik ketika jarak adalah satu-satunya pertimbangan, dengan menghilangkan faktor pembobot, wi. Dalam situasi ini, Tujuan 2 pada Gambar 10.3 telah menemukan bahwa lokasi terbaik adalah (56,2, 58.6) yang dekat dengan jawaban sebelumnya (52, 66,4).

Model Transportasi dan Penugasan

Sebuah metode yang sangat berguna dalam perencanaan lokasi fasilitas adalah metode transportasi (atau distribusi) dari program linier. Masalah transportasi melibatkan sejumlah sumber pasokan (misalnya, gudang) dan sejumlah tujuan (misalnya, toko ritel). Tujuannya adalah untuk meminimalkan biaya transportasi yang terlibat dalam memindahkan bahan atau produk dari gudang ke pabrik atau toko. Oleh karena itu, masalah transportasi berkaitan dengan pemilihan rute dengan biaya minimum dalam jaringan distribusi produk antara sumber dan tujuan. Sumber dapat berupa pabrik, gudang, bandara, atau titik lain dari mana barang dapat dikirim. Destinasi adalah tempat-tempat yang menerima barang. Judul 'transportasi' agak menyesatkan karena teknik transportasi dapat diterapkan ke area lain seperti pengendalian persediaan, analisis arus kas, dan masalah penjadwalan produksi.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Contoh 10.1 - Model lokasi fasilitas untuk pusat distribusi baru MeadowSweet								
2									
3		Creameries	Volume	Co-ordinates				Weighted	
4			of goods	X	Y		Distance	Distance	
5		MeadowSweet	3500	30	30		42.53	148840	
6		Greenhills	4000	40	110		45.24	180949	
7		Riversdale	3000	140	40		91.86	275581	
8									
9		Changing cells =		52.0	66.4		User input cells are shaded		
10									
11		Objective 1: Minimise the weighted distances =					605371		
12									
13		Objective 2: Minimise distances only =					179.62		
14									
15									
16		Solver Parameters							
17		Set Target Cell:	G11	Change to G13 for objective 2					
18		Equal to:	Min						
19		By Changing Cells:	D9:E9						
20		Subject to Constraints:		There are no constraints					
21									
22		Cells	Formula				Copied to		
23		G5	SQRT((D$9–D5)^2 + (E$9–E5)^2)				G6:G7		
24		H5	G5*C5				H6:H7		
25		G11	SUM(H5:H7)						
26		G13	SUM(G5:G7)						
27									
28	Ingatlah untuk mematikan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog Solver								

Gambar 10.3 Model lokasi fasilitas untuk MeadowSweet Creameries.

Kasus khusus dari masalah transportasi, yang dikenal sebagai 'metode penugasan', melibatkan penugasan orang atau mesin untuk tugas yang berbeda berdasarkan satu-ke-satu. Dalam situasi ini, hanya satu sumber yang salah ditugaskan ke setiap tujuan yang berbeda. Masalah transportasi dan penugasan termasuk dalam kelas yang lebih luas dari masalah pemrograman linier (LP) yang dikenal sebagai masalah aliran jaringan. Masalah transportasi yang khas sekarang dipertimbangkan.

CONTOH 10.2 Model transportasi

Produsen batu kapur untuk keperluan pertanian memiliki tiga tambang kapur yang memasok lima gudang. Kapasitas produksi mingguan (dalam ton) dan biaya transportasi per ton dari setiap tambang ke setiap gudang disajikan pada Tabel 10.1. Gudang (1 sampai 5) membutuhkan kapur setiap minggu dalam jumlah berikut: 80, 90, 100, 70, 60 ton masing-

masing. Siapkan latihan sebagai model LP dan kemudian gunakan Solver Excel untuk menemukan total biaya transportasi minimum yang memenuhi persyaratan setiap gudang.

Tabel 10.1 Model Transportasi

		Biaya per ton ke penyimpañan (Rp.)				
Kueri	*Kapasitas Produksi*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	200	5	1	6	3	1
2	100	2	3	4	5	4
3	150	4	2	3	2	3

Jawaban pada Gambar 10.4 menunjukkan bahwa biaya transportasi minimum Rp. 770 (lihat sel I23) diperoleh ketika tambang 1 mengirimkan 90, 20, dan 60 ton ke gudang 2, 4, dan 5 masing-masing; quarry 2 mengirimkan 80 ton ke gudang 1; dan quarry 3 mengirimkan 100, 50 ke gudang 3 dan 4. Sebagian besar situasi transportasi, termasuk masalah penugasan, melibatkan pengaturan dan perkalian dua matriks. Matriks hanyalah rentang sel, dengan notasi xij mewakili nilai elemen matriks pada baris i, kolom j. Karena fungsi SUMPRODUCT Excel biasanya digunakan dalam masalah transportasi dan penugasan, adalah praktik yang baik untuk memberi nama matriks. (Catatan: Untuk memberi nama matriks, pertama-tama pilih rentang sel yang diperlukan, lalu gunakan perintah Insert|Name|Define.)

Biarkan matriks (3 × 5), bernama 'matriks biaya', mewakili tabel biaya transportasi sebagaimana didefinisikan dalam sel C6:G8 pada Gambar 10.4, dan biarkan matriks (3 × 5) bernama 'matriks solusi' (sel C14: G16) berisi jawaban yang diperlukan x_{ij} (i =1 sampai 3;j =1, 5). Tujuannya adalah untuk meminimalkan biaya transportasi, yaitu meminimalkan fungsi tujuan, Z (dalam Rp. s) di mana

$$Z_{ij} = (\text{matriks biaya})ij \times (\text{matriks solusi})ij \text{ untuk semua } = 1,3;\ j = 1,5$$

$$= SUMPRODUCT(\text{matriks biaya, matriks solusi})$$

CONTOH 10.3 Model transportasi tidak seimbang

Dalam masalah transportasi produsen batu kapur sebelumnya, permintaan lebih sedikit daripada pasokan. Persyaratan mingguan gudang adalah 400 ton batu kapur sedangkan tambang dapat memasok 450 ton di antaranya. Solver Excel dapat menyelesaikan aplikasi transportasi di mana permintaan kurang dari atau sama dengan pasokan. Tapi apa yang terjadi ketika total permintaan melebihi total pasokan? Model Gambar 10.4 tidak akan menemukan solusi yang layak karena tidak mungkin untuk memenuhi permintaan ketika pasokan tidak mencukupi.

Kunci untuk memecahkan model transportasi yang tidak seimbang di mana permintaan melebihi pasokan adalah dengan menciptakan sumber pasokan fiktif atau dummy yang kapasitasnya akan sama persis dengan jumlah kekurangannya. Perhatikan contoh berikut.

ABC Transportation mengoperasikan layanan peti kemas antara tujuh depot. Di akhir sebagian besar akhir pekan, 24 gerbong mereka terletak sebagai berikut:

Depo	D1	D2	D3
Jumlah gerbong di depot	4	12	8

Contoh 10.2 - Model transportasi untuk produsen batu kapur

<-------- Warehouses --------->

Transport costs per tonne (in £'s)

Quarry	1	2	3	4	5
1	5	1	6	3	1
2	2	3	4	5	4
3	4	2	3	2	3

cost_matrix = C6:G8

User input cells are shaded

<- Weekly Transportation Schedule ->

Quarry	1	2	3	4	5	Production capacity Used	Available
1	0	90	0	20	60	170	200
2	80	0	0	0	0	80	100
3	0	0	100	50	0	150	150

solution_matrix = C14:G16

Warehouses requirements						
Required	80	90	100	70	60	← Constraints
Actual	80	90	100	70	60	

Objective: Minimise transportation costs = *£770*

Solver Parameters		
Set Target Cell:	I23	
Equal to:	Min	
By Changing cells:	solution_matrix	
Subject to Constraints:	I14:I16 <= J14:J16	– Production capacity
	C21:G21 >= C20:G20	– Warehouse requirements
	solution_matrix >= 0	– Answers must be positive

Cell	*Formula*	*Copied to*
I14	SUM(C14:G14)	I15:I16
C21	SUM(C14:C16)	D21:G21
I23	SUMPRODUCT(cost_matrix,solution_matrix)	

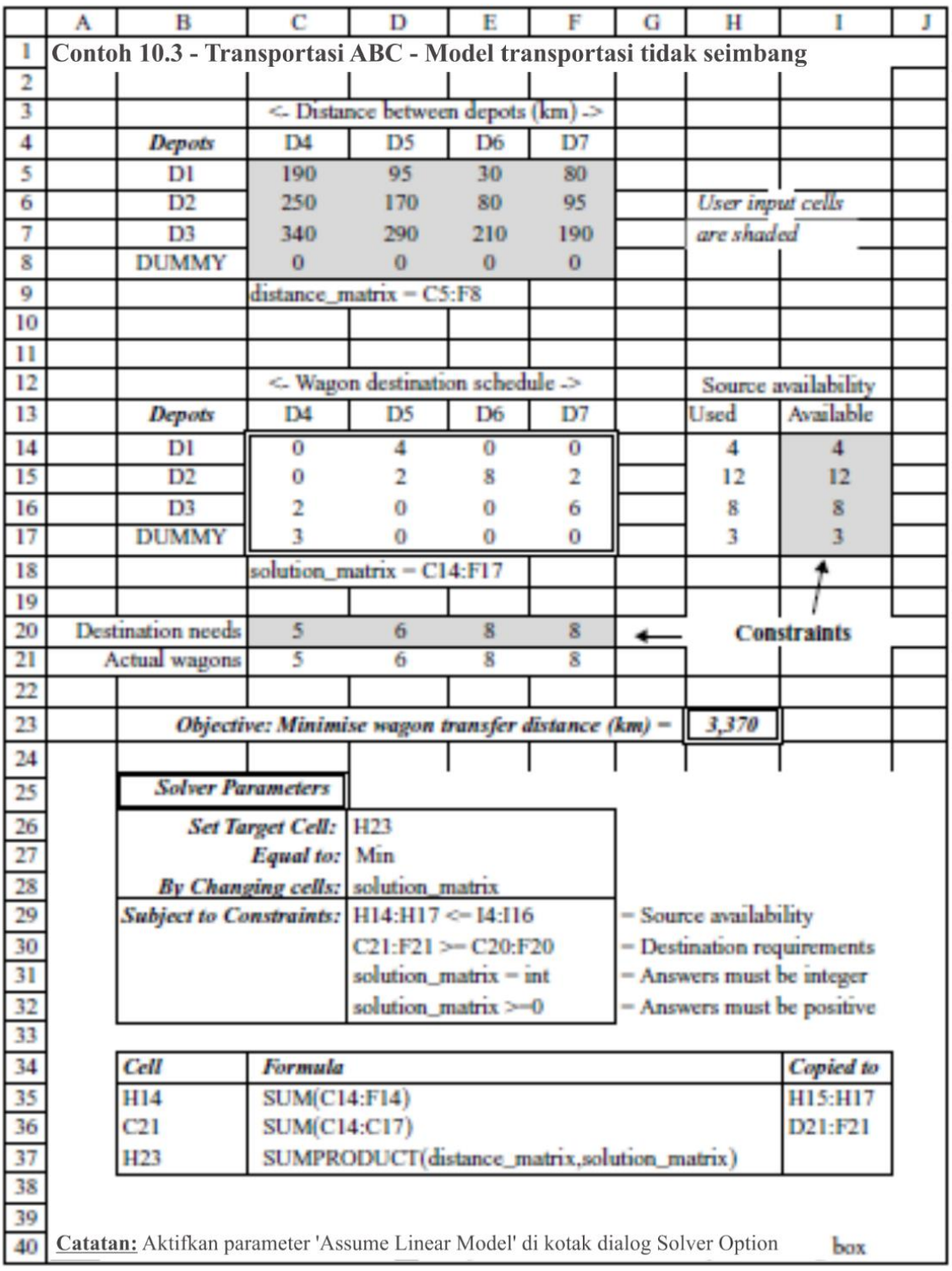
Catatan: Aktifkan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog Solver Option

Gambar 10.4 Model transportasi untuk produsen batu kapur

Tabel 10.2 Tabel Model transportasi

Depots	D4	D5	D6	D7
D1	190	95	30	80
D2	250	170	80	95
D3	340	290	210	190

Untuk tahap operasi berikutnya, ABC ingin memiliki lima gerbong di depot D4, enam di depot D5, dan delapan gerbong di kedua depot D6 dan D7 tetapi sayangnya mereka tidak memiliki 27 gerbong! Jarak (dalam kilometer) antara berbagai depot diberikan pada Tabel 10.2. Prioritas utama perusahaan adalah meminimalkan total biaya yang diperlukan untuk memindahkan gerbong dari lokasi saat ini ke tujuan yang diinginkan. Karena biaya dapat disamakan dengan jarak, masalah dapat dirumuskan sebagai masalah transportasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.5.



Contoh 10.3 - Transportasi ABC - Model transportasi tidak seimbang

<- Distance between depots (km) ->

Depots	D4	D5	D6	D7
D1	190	95	30	80
D2	250	170	80	95
D3	340	290	210	190
DUMMY	0	0	0	0

distance_matrix = C5:F8

User input cells are shaded

<- Wagon destination schedule ->

Depots	D4	D5	D6	D7	Source availability: Used	Available
D1	0	4	0	0	4	4
D2	0	2	8	2	12	12
D3	2	0	0	6	8	8
DUMMY	3	0	0	0	3	3

solution_matrix = C14:F17

	D4	D5	D6	D7	
Destination needs	5	6	8	8	← Constraints
Actual wagons	5	6	8	8	

Objective: Minimise wagon transfer distance (km) = **3,370**

Solver Parameters		
Set Target Cell:	H23	
Equal to:	Min	
By Changing cells:	solution_matrix	
Subject to Constraints:	H14:H17 <= I4:I16	= Source availability
	C21:F21 >= C20:F20	= Destination requirements
	solution_matrix = int	= Answers must be integer
	solution_matrix >=0	= Answers must be positive

Cell	***Formula***	***Copied to***
H14	SUM(C14:F14)	H15:H17
C21	SUM(C14:C17)	D21:F21
H23	SUMPRODUCT(distance_matrix,solution_matrix)	

Catatan: Aktifkan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog Solver Option box

Gambar 10.5 Transportasi ABC – model transportasi yang tidak seimbang.

Sebuah sumber dummy diperkenalkan untuk menutupi kekurangan 3 gerbong, dengan jarak nol yang ditetapkan antara sumber dummy dan semua tujuan lainnya. Jawabannya menunjukkan bahwa gerobak dummy yang tidak ada semuanya dikirim ke depot

D4 (lihat sel C17). Jika ABCTransportation mensyaratkan bahwa harus ada jumlah minimum gerbong di setiap tujuan, maka batasan tambahan dapat ditambahkan untuk memenuhi permintaan tersebut.

CONTOH 10.4 Model penugasan

Masalah penugasan adalah kasus khusus dari masalah transportasi yang dibahas di atas. Masalah penugasan melibatkan penugasan produk ke mesin, tenaga penjualan ke area, kendaraan ke rute, dan lain-lain. Kriteria utama adalah bahwa proses penugasan harus beroperasi pada basis satu-ke-satu, yaitu, setiap mesin atau orang harus ditugaskan secara eksklusif untuk satu dan hanya satu tugas. Tujuannya adalah untuk mengalokasikan, katakanlah, pekerjaan ke mesin untuk meminimalkan total waktu (atau biaya) yang diambil untuk pekerjaan tersebut. Aspek penting dari setiap masalah penugasan adalah bahwa jumlah baris dan kolom harus selalu sama. Pembatasan ini tidak berlaku untuk situasi transportasi. Poin penting lainnya yang perlu diperhatikan adalah bahwa setiap solusi tugas hanya berisi bilangan bulat 1 dalam satu baris atau kolom, dengan semua nilai lainnya menjadi nol. Perhatikan contoh berikut.

Produk Baru Perusahaan telah menerima pesanan untuk pembuatan enam produk. Perusahaan ini memiliki enam mesin perakitan yang masing-masing beroperasi pada tingkat kecepatan yang berbeda. Tabel 10.3 memberikan waktu yang diperlukan (dalam jam) untuk memproduksi salah satu dari enam produk pada salah satu dari enam mesin.

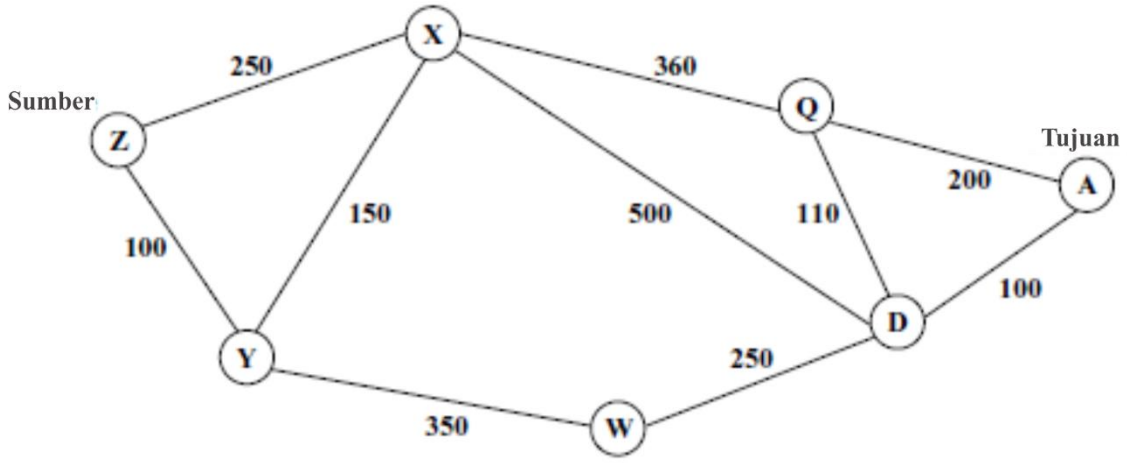
Tabel 10.3 Memberikan Waktu Yang Diperlukan

	Machines					
Product	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	7	6	2	8	5	5
2	6	8	4	5	4	6
3	9	9	8	12	10	6
4	1	3	1	2	1	1
5	16	18	10	14	19	12
6	12	14	12	18	20	24

Perusahaan ingin menentukan penugasan – satu produk ke mesin – yang akan meminimalkan total waktu produksi. Jawaban pada Gambar 10.6 menunjukkan bahwa waktu produksi minimum 40 jam dicapai dengan menetapkan produk P1, P2, P3, P4, P5, dan P6 masing-masing ke mesin M2, M4, M6, M5, M3, dan M1. (Catatan: karena hanya satu produk yang dapat ditetapkan ke satu mesin, alokasi produk untuk setiap produk adalah 1, dan kapasitas mesin **untuk setiap mesin juga 1.)**

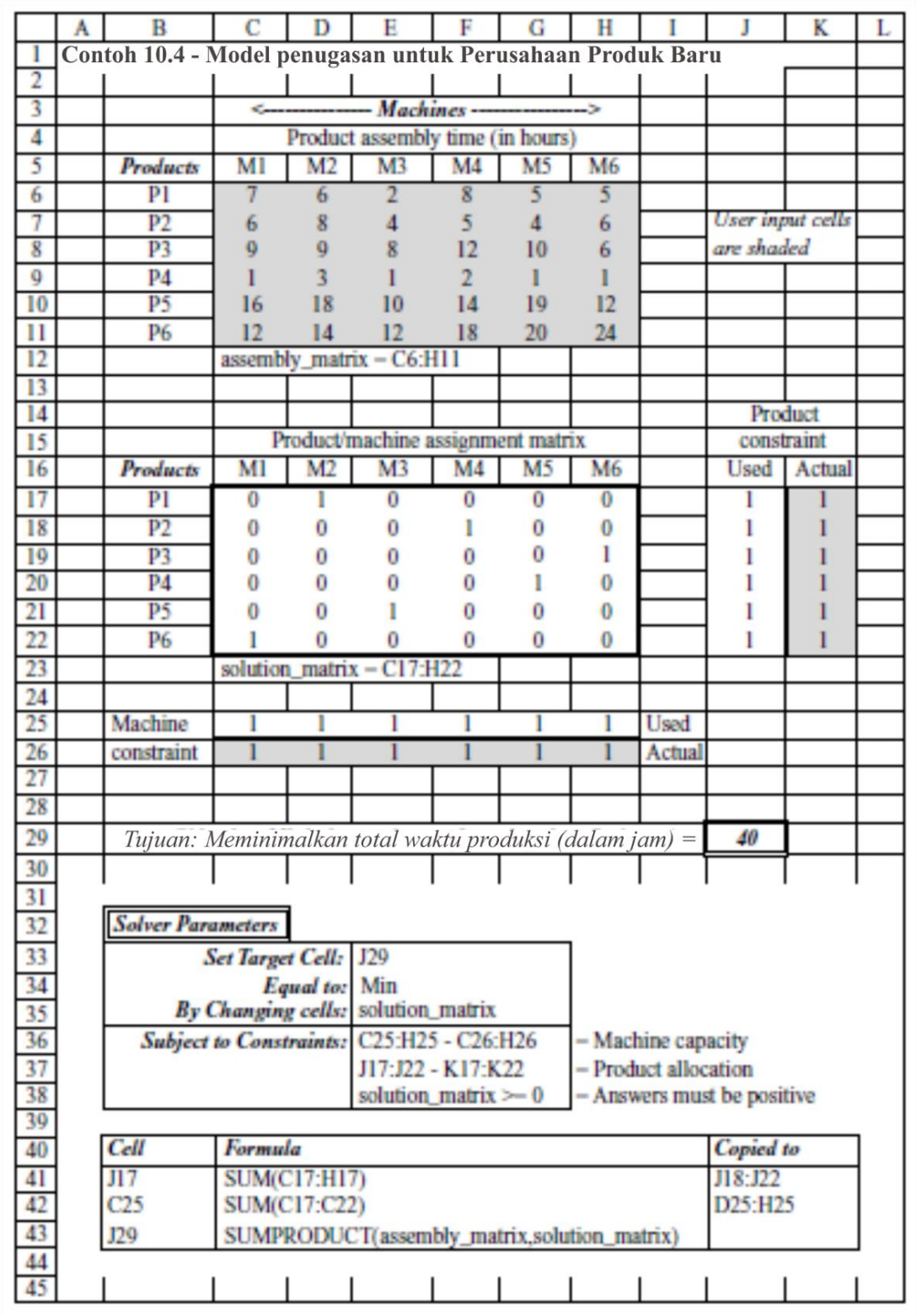
10.3 APLIKASI ALIRAN JARINGAN LAINNYA

Masalah transportasi dan penugasan adalah bagian dari kelas yang lebih besar dari aplikasi pemrograman linier khusus (LP) yang disebut masalah aliran jaringan. Termasuk dalam kategori ini adalah masalah transhipment, aplikasi travelling salesman, pohon merentang minimal, arus maksimal, dan situasi rute terpendek. Dalam banyak kasus, ada titik persimpangan geografis seperti gudang, pabrik, stasiun pompa, dan lain-lain., yang dapat dihubungkan dengan beberapa cara berbeda. Pengambil keputusan ingin menemukan cara yang paling ekonomis untuk menghubungkan titik persimpangan yang berbeda, biasanya disebut sebagai node, yaitu, analisis jaringan harus dilakukan.



Gambar 10.7 Mencari rute terpendek dari depot Z ke depot A.

Jaringan terdiri dari titik (node) dan garis (disebut busur) yang menghubungkan pasangan node. Contoh sehari-hari yang khas dari jaringan adalah peta jalan di mana jalan mewakili busur dan kota adalah simpulnya. Pada Gambar 10.7, node diperlihatkan sebagai huruf, dan jarak (bukan skala) antara node ditulis sepanjang setiap busur, misalnya jarak ZX adalah 250 km. Contoh jaringan lainnya termasuk pipa distribusi air yang terhubung ke stasiun pompa, telekomunikasi dan Internet. Rute, atau jalur, antara dua node adalah setiap urutan busur yang menghubungkan dua node.



Contoh 10.4 - Model penugasan untuk Perusahaan Produk Baru

<---------- *Machines* ---------->

Product assembly time (in hours)

Products	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	7	6	2	8	5	5
P2	6	8	4	5	4	6
P3	9	9	8	12	10	6
P4	1	3	1	2	1	1
P5	16	18	10	14	19	12
P6	12	14	12	18	20	24

assembly_matrix = C6:H11

User input cells are shaded

Product/machine assignment matrix

Products	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Product constraint: Used	Product constraint: Actual
P1	0	1	0	0	0	0	1	1
P2	0	0	0	1	0	0	1	1
P3	0	0	0	0	0	1	1	1
P4	0	0	0	0	1	0	1	1
P5	0	0	1	0	0	0	1	1
P6	1	0	0	0	0	0	1	1

solution_matrix = C17:H22

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Machine constraint	1	1	1	1	1	1	Used
	1	1	1	1	1	1	Actual

Tujuan: Meminimalkan total waktu produksi (dalam jam) = ***40***

Solver Parameters

Set Target Cell:	J29	
Equal to:	Min	
By Changing cells:	solution_matrix	
Subject to Constraints:	C25:H25 - C26:H26	= Machine capacity
	J17:J22 - K17:K22	= Product allocation
	solution_matrix >= 0	= Answers must be positive

Cell	*Formula*	*Copied to*
J17	SUM(C17:H17)	J18:J22
C25	SUM(C17:C22)	D25:H25
J29	SUMPRODUCT(assembly_matrix,solution_matrix)	

Gambar 10.6 Model Penugasan untuk Perusahaan Produk Baru.

Dalam aplikasi aliran jaringan, ada satu variabel, xij, yang terkait dengan setiap busur (i,j) dalam jaringan. Variabel xij ini mewakili aliran dari node i ke node j. Aturan dasar

keseimbangan aliran berlaku untuk setiap node dalam jaringan, yaitu, aliran masuk – aliran keluar = penawaran atau permintaan. Misalnya, dalam sistem distribusi air kota, reservoir adalah simpul pasokan sedangkan setiap rumah tangga mewakili simpul permintaan. Ketika simpul tersebut bukan merupakan titik penawaran atau titik permintaan (yaitu, penawaran = permintaan = 0), maka persamaan neraca aliran disederhanakan menjadi aliran masuk = aliran keluar. Batasan ini menyatakan bahwa apa pun yang mengalir ke dalam simpul juga harus mengalir keluar dari simpul yang sama. Node yang bukan merupakan node demand atau supply sering disebut node 'trans shipment'.

Setiap unit yang mengalir dari simpul i ke j dalam jaringan dikenakan biaya, cij, yang mewakili biaya transportasi, jarak, kapasitas, dan lain-lain. Tujuannya adalah untuk menemukan total biaya, jarak, kapasitas, dan lain-lain. Untuk setiap (i, j) busur dalam jaringan yang terdiri dari n simpul dan m busur, misalkan cij adalah biaya terkait dan xij (i = j) menjadi variabel aliran. Tujuan LP adalah untuk meminimalkan total biaya, Ct, yaitu,

$$Minimise\ C_t = \sum_i \sum_{j \neq i} c_{ij} x_{ij} \qquad untuk\ semua\ x_{ij}\ \geq 0$$

$$tunduk\ pada\ kendala \sum_j x_{ij}\ - \sum_k x_{ki} = R_i$$

untuk setiap node dalam jaringan. Ri mewakili arus masuk/keluar/dari simpul. Jika Ri > 0, maka simpul i disebut simpul permintaan, tujuan, atau simpul akhir; jika Ri < 0, maka node i adalah supply, source, ataustartnode; dan jika Ri =0, maka node i adalah node transhipment. Karena total permintaan harus sama dengan total penawaran, maka:

$$\sum_{i=1} = R_i = 0$$

CONTOH 10.5 Model rute terpendek

Harry van Heineken adalah direktur pelaksana ABC Transportation yang mengoperasikan layanan peti kemas antara tujuh depo. Pada akhir minggu yang berat, Harry menemukan dirinya di depot Z, beberapa kilometer dari kantor pusat perusahaannya di lokasi A. Dia dapat melakukan perjalanan kembali melalui berbagai rute seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.7. Karena ini adalah awal dari akhir pekan liburan bank, dia ingin pulang secepat mungkin, yaitu, dia ingin menemukan rute terpendek. Dalam setiap masalah rute terpendek, pembuat keputusan mencoba untuk menemukan jalur terpendek dari sumber ke tujuan melalui jaringan penghubung, misalnya, perjalanan udara atau jasa pengiriman kurir. Aplikasi rute terpendek juga dapat diterapkan untuk masalah minimisasi biaya seperti analisis penggantian peralatan.

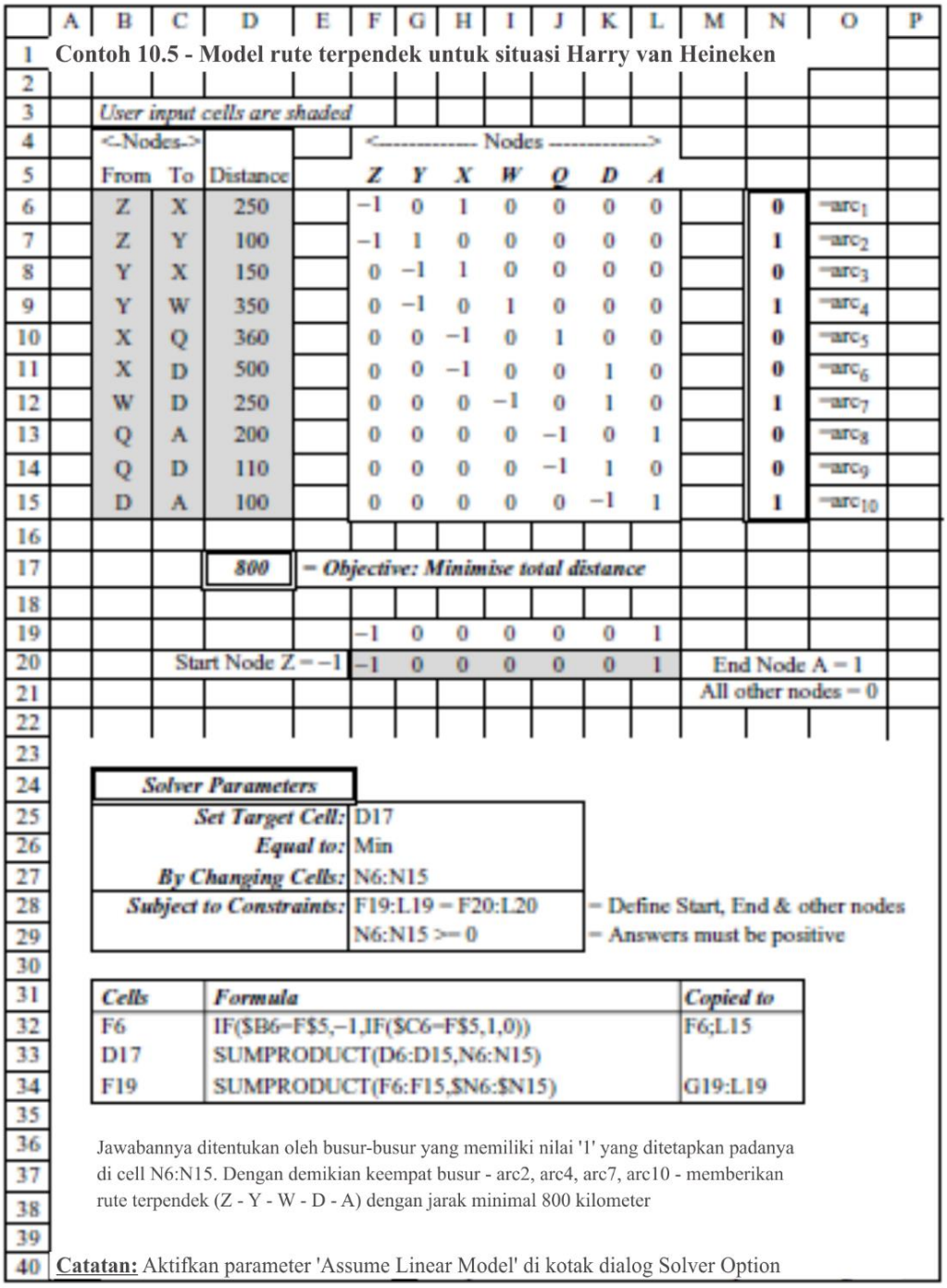
Biarkan matriks (m × n) mewakili semua busur dalam jaringan, di mana m adalah jumlah busur dan n adalah jumlah simpul. Dalam model 'rute terpendek' dari Gambar 10.8, jaringan dijelaskan oleh matriks (10 × 7) yang ditunjukkan pada rentang sel F6: L15. Setiap simpul dalam matriks dapat mengambil salah satu dari tiga nilai, (i) node awal memiliki nilai -1, (ii) node akhir diberi nilai 1, dan (iii) semua node lainnya adalah nol. Setiap baris matriks

mendefinisikan sebuah busur, misalnya, busur ZX diwakili oleh baris F6:L6, di mana simpul awal Z adalah -1(sel F6), simpul akhirXis1(selH6), dan semua simpul lainnya adalah 0.
Penempatan node dalam daftar node (sel B6:C15) adalah penting. Pengguna harus mulai dari node sumber – node Z dalam contoh ini – dan bekerja secara sistematis menuju node tujuan A. Pada Gambar 10.8, jarak dalam sel D6:D15 mewakili biaya busur cij sedangkan rute terpendek xij diberi nilai1 dalam sel N6:N15. Model telah menemukan bahwa rute Z–Y–W–D–A adalah jarak terpendek antara lokasi Z dan A dengan nilai minimum 800 km.

Masalah rute terpendek di atas bukanlah masalah travelling salesman terkenal yang melibatkan salesman mengunjungi setiap kota di itinerary-nya. Masalah travelling salesman adalah masalah tur terpendek (loop) – bukan rute terpendek –. Ini harus diperlakukan sebagai masalah penugasan di mana setiap kota yang akan dikunjungi mewakili sumber dan tujuan, yaitu, kota muncul di sepanjang horizontal dan tepi vertikal dari matriks penugasan. Karena mengunjungi kota yang sama dua kali tidak diperbolehkan, sel diagonal diberi nilai yang sangat besar untuk menjadikannya alternatif yang tidak menarik. untuk penjual keliling. Ini kemudian menjadi masalah branchand-bound (B & B) yang melibatkan iterasi, di mana masalah penugasan yang dimodifikasi diselesaikan secara berurutan dan solusi mereka dianalisis sampai tur optimal, yaitu loop, ditemukan. (Sebagai contoh, lihat Latihan 10.6 di akhir bab ini.)

Masalah Aliran Maksimal

Algoritma rute terpendek menemukan rute terpendek dari node awal ke node tujuan dalam jaringan. Metode aliran maksimal menemukan aliran maksimum dari satu node suplai (sumber) ke satu node permintaan (sink). , air, gas, dan lain-lain. Perhatikan bahwa kedua algoritme jaringan ini harus hanya memiliki satu simpul suplai (mulai) dan satu simpul permintaan (tujuan).



Contoh 10.5 - Model rute terpendek untuk situasi Harry van Heineken

User input cells are shaded

<-Nodes-> From	To	Distance	Z	Y	X	W	Q	D	A		
Z	X	250	−1	0	1	0	0	0	0	0	=arc1
Z	Y	100	−1	1	0	0	0	0	0	1	=arc2
Y	X	150	0	−1	1	0	0	0	0	0	=arc3
Y	W	350	0	−1	0	1	0	0	0	1	=arc4
X	Q	360	0	0	−1	0	1	0	0	0	=arc5
X	D	500	0	0	−1	0	0	1	0	0	=arc6
W	D	250	0	0	0	−1	0	1	0	1	=arc7
Q	A	200	0	0	0	0	−1	0	1	0	=arc8
Q	D	110	0	0	0	0	−1	1	0	0	=arc9
D	A	100	0	0	0	0	0	−1	1	1	=arc10

800 = *Objective: Minimise total distance*

			−1	0	0	0	0	0	1
Start Node Z = −1			−1	0	0	0	0	0	1

End Node A = 1
All other nodes = 0

Solver Parameters

Set Target Cell:	D17
Equal to:	Min
By Changing Cells:	N6:N15
Subject to Constraints:	F19:L19 = F20:L20 — Define Start, End & other nodes
	N6:N15 >= 0 — Answers must be positive

Cells	*Formula*	*Copied to*
F6	IF($B6=F$5,−1,IF($C6=F$5,1,0))	F6;L15
D17	SUMPRODUCT(D6:D15,N6:N15)	
F19	SUMPRODUCT(F6:F15,$N6:$N15)	G19:L19

Jawabannya ditentukan oleh busur-busur yang memiliki nilai '1' yang ditetapkan padanya di cell N6:N15. Dengan demikian keempat busur - arc2, arc4, arc7, arc10 - memberikan rute terpendek (Z - Y - W - D - A) dengan jarak minimal 800 kilometer

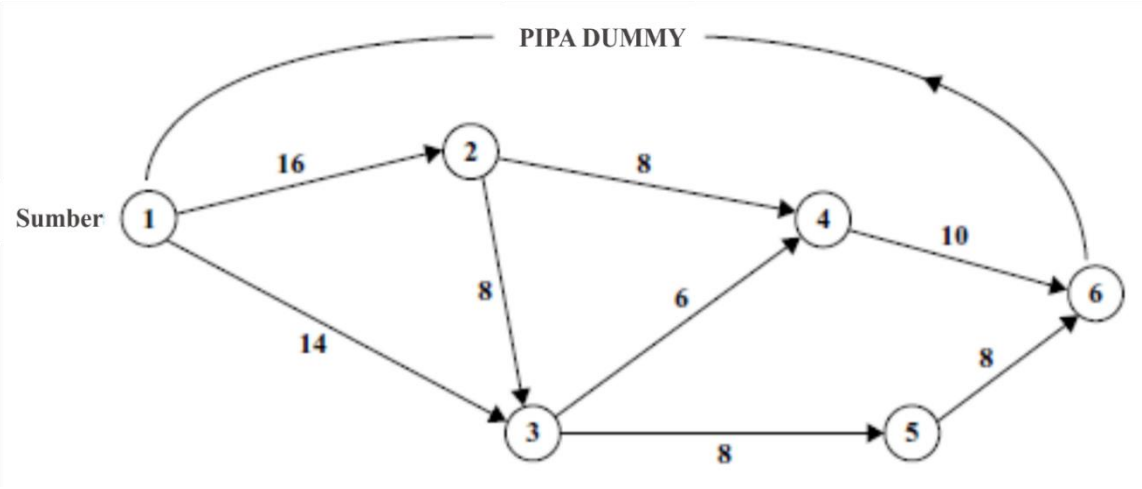
Catatan: Aktifkan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog Solver Option

Gambar 10.8 Model rute terpendek.

CONTOH 10.6

Perusahaan Gas Negara memiliki jaringan pipa yang digunakan untuk memompa gas bumi dari lokasi eksplorasi utamanya (terletak di sumber 1) ke beberapa fasilitas penyimpanan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.9. Jumlah gas yang mengalir di sepanjang pipa ditentukan oleh diameter pipa yang berbeda dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Perusahaan

ingin mengetahui jumlah maksimum gas yang dapat dipompa ke fasilitas penyimpanan yang terletak di node 6, mengingat kapasitas maksimum (dalam 1000 meter kubik/jam) dari setiap pipa. Berapa aliran maksimum ke fasilitas 6 jika pipa 2–4 harus ditutup sementara untuk perbaikan?



Gambar 10.9 Jaringan pipa Perusahaan Gas Negara.

Trik untuk memecahkan masalah ini adalah dengan memperkenalkan pipa tiruan yang menghubungkan node 1 dan 6, dan kemudian menetapkan kapasitas yang sangat besar untuk itu. Dengan memaksimalkan aliran di pipa dummy, aliran melalui jaringan juga dimaksimalkan! Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa apa yang mengalir ke setiap node juga harus mengalir keluar dari node yang sama. Jawaban pada Gambar 10.10 ditentukan oleh kapasitas pipa yang membawa gas ke fasilitas penyimpanan 6, yaitu pipa 4–6 dan 5–6 yang memiliki kapasitas gabungan sebesar 18 ribu meter kubik/jam (tcm/jam). Ketika pipa 2–4 ditutup untuk perbaikan, aliran maksimum ditentukan oleh kapasitas sisa pipa aliran 3-4 dan 3-5, yaitu 14 tcm/jam. Perhatikan bahwa pola aliran pipa tidak unik.

Model Transshipment

Dalam algoritma shortest-route dan maximal-flow, setiap node dapat menjadi (i) supply node (ii) demand node atau (iii) tidak keduanya. Dalam model transhipment, sebuah node baru diperkenalkan, yang disebut node transhipment, yang keduanya dapat menerima dari dan mengirim ke node lain dalam jaringan. Sebuah node transhipment dapat memiliki salah satu penawaran atau permintaan, tetapi tidak keduanya. Kata 'transship' berarti pemindahan dari satu lokasi ke lokasi lain, yaitu untuk mengirimkan barang dalam perjalanan. Misalnya, jika barang dikirim dari lokasi A ke D, maka masuk akal untuk mengirimkan barang ke B dan C jika kebetulan sedang dalam perjalanan ke tujuan D.

Simpul setan barang dilambangkan dengan angka positif atau negatif, tergantung apakah itu permintaan dan node (positif) atau pemasok (negatif). Pasokan harus tetap sama atau melebihi permintaan. Model transhipment – sering disebut model jaringan – merupakan

versi umum dari beberapa model sebelumnya, yaitu model transportasi, model penugasan, dan masalah rute terpendek. Masalah aliran maksimal juga terkait erat.

CONTOH 10.7 Model transhipment

Ruth Radetsky adalah manajer distribusi untuk Distributor SuperSteel. Tugasnya adalah memastikan bahwa balok baja didistribusikan semurah mungkin ke empat lokasi konstruksi T, S, Y, dan Z seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.11. SuperSteel memiliki dua gudang, dengan gudang utama W1 memasok gudang kecil W2. Nilai penawaran dan permintaan ditulis di samping setiap node. Biaya pengiriman bervariasi di setiap rute, dengan biaya pengiriman satu balok antar lokasi (simpul) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.4. Gudang W2 adalah simpul pengiriman sejak menerima pasokan balok dari W1 dan kemudian mendistribusikannya ke lokasi lain. Demikian pula, situs T, Y dan Z juga node transhipment.

Contoh 10.6 - Model aliran maksimal untuk Perusahaan Gas Negara

	<-Nodes->		Pipe	<----------Nodes---------->								
	From	To	Capacity	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*			
5	1	2	16.0	–1	1	0	0	0	0	**4.0**	=arc_1	
6	1	3	14.0	–1	0	1	0	0	0	**14.0**	=arc_2	
7	2	4	8.0	0	–1	0	1	0	0	**4.0**	=arc_3	
8	2	3	8.0	0	–1	1	0	0	0	**0.0**	=arc_4	
9	3	4	6.0	0	0	–1	1	0	0	**6.0**	=arc_5	
10	3	5	8.0	0	0	–1	0	1	0	**8.0**	=arc_6	
11	4	6	10.0	0	0	0	–1	0	1	**10.0**	=arc_7	
12	5	6	8.0	0	0	0	0	–1	1	**8.0**	=arc_8	
13	6	1	999.0	1	0	0	0	0	–1	**18.0**	=dummy pipe	
15				0	0	0	0	0	0			

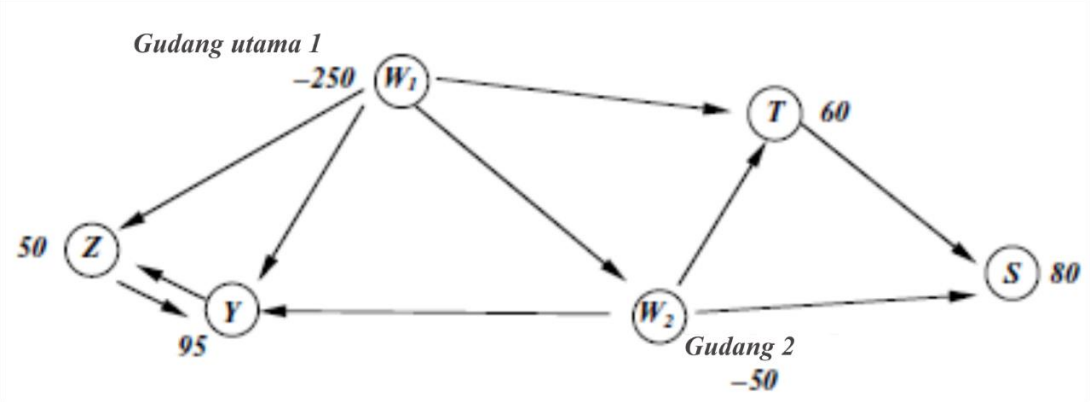
18.0 *= Objective: Maximise flow*

Solver Parameters		
Set Target Cell:	D17	
Equal to:	Max	
By Changing Cells:	M5:M13	
Subject to Constraints:	F15:K15 = 0	= Balancing inflows and outflows
	M5:M13 <= D5:D13	= Pipe capacity constraints
	M5:M13 >= 0	= Answers must be positive

Cells	***Formula***	***Copied to***
F5	IF($B5=F$4,–1,IF($C5=F$4,1,0)	F5:K13
F15	SUMPRODUCT(F5:F13,$M5:$M13)	G15:K15
D17	M13	

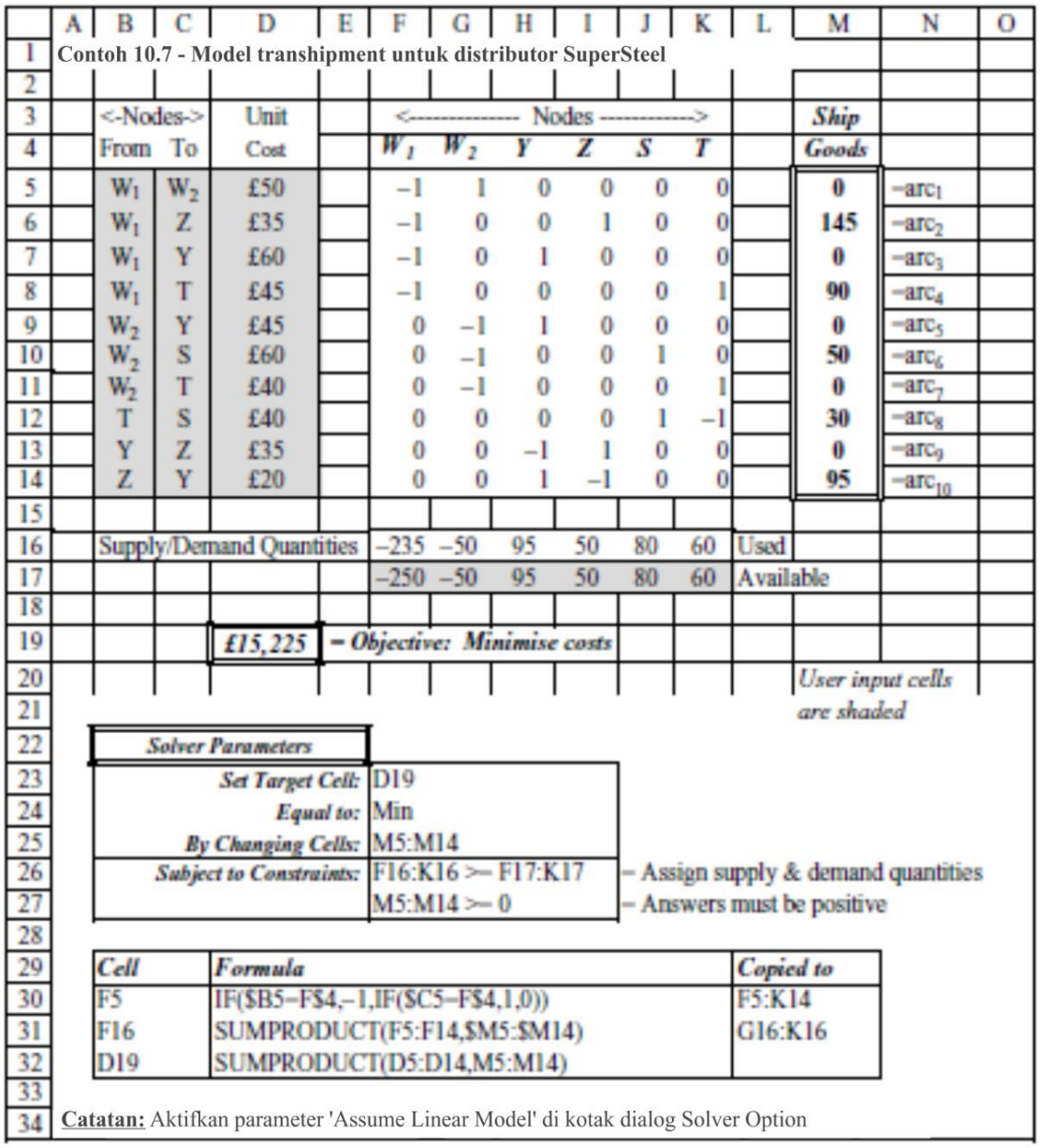
Catatan: Aktifkan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog Solver Option

Gambar 10.10 Model Aliran Maksimal Perusahaan Gas Negara.



Gambar 10.11 Detail jaringan distribusi SuperSteel.

Jawaban untuk model transhipment ditunjukkan pada Gambar 10.12.Cara termurah untuk mengirimkan balok baja terdapat dalam sel M5:M14 di mana busur1 =W1 sampai W2, busur2 =W1 sampai Z, busur3 =W1 sampaiY,dan lain-lain.Untuk tujuan klarifikasi,nilai-nilai ini mungkin ditumpangkan pada diagram jaringan pada Gambar 10.11.



Contoh 10.7 - Model transhipment untuk distributor SuperSteel

<-Nodes-> From	To	Unit Cost	W1	W2	Y	Z	S	T	Ship Goods	
W1	W2	£50	–1	1	0	0	0	0	0	–arc1
W1	Z	£35	–1	0	0	1	0	0	145	–arc2
W1	Y	£60	–1	0	1	0	0	0	0	–arc3
W1	T	£45	–1	0	0	0	0	1	90	–arc4
W2	Y	£45	0	–1	1	0	0	0	0	–arc5
W2	S	£60	0	–1	0	0	1	0	50	–arc6
W2	T	£40	0	–1	0	0	0	1	0	–arc7
T	S	£40	0	0	0	0	1	–1	30	–arc8
Y	Z	£35	0	0	–1	1	0	0	0	–arc9
Z	Y	£20	0	0	1	–1	0	0	95	–arc10
Supply/Demand Quantities			–235	–50	95	50	80	60	Used	
			–250	–50	95	50	80	60	Available	

£15,225 = Objective: Minimise costs

User input cells are shaded

Solver Parameters	
Set Target Cell:	D19
Equal to:	Min
By Changing Cells:	M5:M14
Subject to Constraints:	F16:K16 >= F17:K17 – Assign supply & demand quantities
	M5:M14 >= 0 – Answers must be positive

Cell	Formula	Copied to
F5	IF($B5=F$4,–1,IF($C5=F$4,1,0))	F5:K14
F16	SUMPRODUCT(F5:F14,$M5:$M14)	G16:K16
D19	SUMPRODUCT(D5:D14,M5:M14)	

Catatan: Aktifkan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog Solver Option

Gambar 10.12 Model transhipment untuk distributor SuperSteel.

Tabel 10.4 Biaya pengiriman untuk jaringan SuperSteel

From:	To: T	S	Y	Z	W_2
Warehouse W_1	45		60	35	50
Warehouse W_2	40	60	45		
Site T		40			
Site Y				35	
Site Z			20		

10.4 PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PRODUKSI

Tujuan perencanaan produksi dapat dinyatakan secara sederhana sebagai: menentukan produk mana yang akan diproduksi, kapan harus diproduksi, dan berapa banyak yang harus diproduksi. Namun, tugas untuk mencapai tujuan ini tidak sesederhana itu. Volume dan waktu output produk harus sesuai dengan kendala sumber daya tenaga kerja dan ketersediaan bahan, kapasitas mesin dan daya saing biaya. Agar rencana produksi menjadi efektif, ia harus memenuhi kewajiban permintaannya tepat waktu dan dengan biaya rendah. Sementara perencanaan produksi berkaitan dengan menentukan tingkat output, perencanaan kapasitas menetapkan apakah ada sumber daya yang cukup untuk memenuhi output yang direncanakan. Jika kapasitas produksi kurang dari kebutuhan output, maka rencana produksi tidak layak.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Contoh 10.8 - Model penjadwalan produksi untuk Perusahaan Gizmo									
2										
3		**Input**	On-hand stock			5				
4		(per 1000	Normal labour costs			300		*User input cells*		
5		items)	Overtime labour costs			380		*are shaded*		
6			Holding costs per month			20				
7										
8			NT_1 = Normal shift in month 1, etc							
9			OT_2 = Overtime shift in month 2, etc							
10										
11			<------- *Monthly production costs* ------->							
12		*Shifts*	Month 1	Month 2	Month 3	Month 4				
13		On-hand stock		20	40	60				
14		NT_1	300	320	340	360				
15		OT_1	380	400	420	440				
16		NT_2	9,999	300	320	340				
17		OT_2	9,999	380	400	420				
18		NT_3	9,999	9,999	300	320				
19		OT_3	9,999	9,999	380	400				
20		NT_4	9,999	9,999	9,999	300				
21		OT_4	9,999	9,999	9,999	380				
22			cost_matrix = C13:F21							
23										
24								Production capacity		
25		*Shifts*	Month 1	Month 2	Month 3	Month 4		Used	Available	
26		On-hand stock	5	0	0	0		5	5	
27		NT_1	0	2	2	0		4	4	
28		OT_1	0	0	0	0		0	3	
29		NT_2	0	4	0	0		4	4	
30		OT_2	0	0	0	0		0	3	
31		NT_3	0	0	4	0		4	4	
32		OT_3	0	0	3	0		3	3	
33		NT_4	0	0	0	4		4	4	
34		OT_4	0	0	0	1		1	3	
35			solution_matrix = C26:F34							
36										
37		Product demand ('000s)								
38		Demand	5	6	9	5	←	**Constraints**		
39		Actual	5	6	9	5				
40										
41			***Objective: Minimise holding costs =***			***£6,440***				
42										
43	Catatan: Aktifkan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog SOLVER Option									

Gambar 10.13 Model penjadwalan produksi untuk Perusahaan Gizmo.

Sangat sedikit organisasi yang menghasilkan satu produk dengan tingkat permintaan yang tetap. Istilah 'perencanaan kapasitas agregat' digunakan ketika manajemen harus

memutuskan cara terbaik untuk mengalokasikan sumber daya untuk memenuhi prakiraan permintaan variabel. Situasi menjadi lebih rumit jika perusahaan memproduksi beberapa produk, yang semuanya bersaing untuk sumber daya langka yang sama.

Rencana agregat menggabungkan sumber daya yang sesuai ke dalam istilah umum, atau keseluruhan. Ini menerjemahkan rencana output ke dalam persyaratan sumber daya, memberikan indikasi umum tentang berapa banyak kapasitas sumber daya yang dibutuhkan untuk memenuhi setiap pesanan. Jika perusahaan tidak memiliki kapasitas keseluruhan untuk memenuhi permintaan pelanggannya, perusahaan dapat mengatasi situasi ini dengan beberapa cara. Staf paruh waktu tambahan dapat dipekerjakan, lembur atau shift tambahan dapat dijadwalkan, atau perusahaan dapat mensubkontrakkan dengan organisasi lain untuk mengisi kekurangan tersebut.

Sementara rencana output menentukan produk apa yang dibutuhkan, spesifikasi umum ini harus diubah menjadi operasi praktis yang dapat diimplementasikan di lantai toko. Pesanan pelanggan awalnya dikumpulkan untuk menentukan apakah ada sumber daya yang cukup tersedia. Penjadwalan terperinci, biasanya disebut sebagai penjadwalan produksi induk (MPS), kemudian menyempurnakan keseluruhan persyaratan perencanaan agregat menjadi rincian pesanan khusus tentang kapasitas, permintaan, dan ketersediaan bahan. Tanggal mulai dan selesai untuk setiap pesanan pelanggan ditentukan. Kemajuan pesanan kemudian dilacak melalui berbagai proses manufaktur untuk memastikan bahwa pesanan selesai tepat waktu.

CONTOH 10.8 Model penjadwalan produksi

Proyeksi penjualan ('000s) untuk produk utama Perusahaan Gizmo selama empat bulan ke depan ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Bulan	1	2	3	4
Permintaan (‘000)	5	6	9	5

Gizmo memiliki kapasitas produksi 4.000 item per bulan yang dapat diperpanjang hingga 7.000 item per bulan dengan memanfaatkan waktu lembur. Namun, lembur menambahkan Rp. 80 ke biaya normal untuk memproduksi 1000 item. Persediaan barang jadi dapat disimpan tanpa batas waktu tetapi menimbulkan biaya penyimpanan bulanan sebesar Rp. 20 per 1000 unit.Biaya tenaga kerja normal adalah Rp. 300 per 1000 item. Perusahaan Gizmo saat ini memiliki 5000 item dalam stok. Perusahaan ingin menemukan jadwal produksi yang akan meminimalkan total biaya produksi lembur dan penyimpanan persediaan selama empat bulan ke depan.

Parameter Pemecah		
Tetapkan Cell Target:	F41	
Sama dengan:	Min	
Dengan Mengubah Cell:	solution_matrix	
Subject to Constraints:	H26:H34 <= I26:I34	= Kapasitas produksi
	C39:F39 = C38:F38	= Permintaan produk bulanan
	solution_matrix >= 0	= Jawaban harus positif

Cell	*Formula*	*Copied to*
H26	SUM(C26:F26)	H27:H34
C39	SUM(C26:C34)	D39:F39
F41	SUMPRODUCT(cost_matrix,solution_matrix)	

Gambar 10.14 Parameter Solver dan rumus untuk model penjadwalan produksi.

Metode transportasi program linier dapat digunakan dalam perencanaan agregat dan penjadwalan produksi untuk mengalokasikan sumber daya untuk memenuhi perkiraan penjualan. Oleh karena itu, Perusahaan Gizmo memutuskan untuk mengatur masalah tersebut sebagai model transportasi dan menyelesaikannya menggunakan Excel's Solver. Sumber pasokan sekarang adalah stok bulanan dan shift kerja, baik reguler maupun lembur. Tujuan adalah perkiraan penjualan bulanan. Kendala pasokan adalah 5000 (persediaan saat ini), 4000 (shift biasa), dan 3000 (shift lembur). Persyaratan lembur untuk setiap bulan, yang dimasukkan pengguna ke rentang sel C13:F21 pada Gambar 10.13, dihitung dari persamaan berikut,

$$Lembur = Permintaan - Inventaris\ di\ tangan - Kapasitas\ produksi\ reguler$$

Untuk memastikan bahwa produksi mengikuti pola bulanan yang logis, masukkan nilai yang sangat besar (misalnya, 9999) di mana pun yang sesuai. Misalnya, bulan1hanya dapat menggunakan barang yang diproduksi di bulan pertama sementara bulan2 hanya dapat menggunakan barang yang diproduksi dalam dua bulan pertama, dan lain-lain. Perhatikan bahwa biaya penyimpanan untuk bulan 1 adalah nol dan kemudian meningkat sebesar Rp. 20 untuk setiap bulan berikutnya. Model penjadwalan produksi Gambar 10.13 memperoleh biaya minimum Rp. 6440. Semua shift reguler digunakan sepenuhnya. Perhatikan bahwa proses produksi bulan pertama yang tidak terpakai sebanyak 4000 telah dibawa ke bulan kedua dan ketiga (lihat sel D27 dan E27). Untuk memenuhi permintaan bulanan, lembur diperlukan di bulan 3 dan 4, di mana 3000 dan 1000 item tambahan diproduksi masing-masing. Rumus model dan parameter Solver diberikan pada Gambar 10.14.

CONTOH 10.9 Model perencanaan agregat

Departemen penjualan Bloggs Engineering memperkirakan bahwa permintaan (dalam ratusan) untuk sproketnya selama empat bulan ke depan adalah 5, 9, 10, dan 7. Karena

penjualan sproket tunduk pada fluktuasi permintaan, perusahaan mengalami kesulitan dalam memenuhi pesanan pelanggan selama periode puncak. Dalam upaya mengatasi kekurangan tenaga kerja, Bloggs Engineering mempekerjakan pekerja sementara setiap bulan dengan biaya Rp. 770 per orang. Ada empat minggu kerja di setiap bulan. Empat karyawan penuh waktu perusahaan bekerja 35 jam seminggu dengan tarif gaji Rp. 7 per jam. Setiap karyawan penuh waktu memiliki pilihan untuk bekerja lembur hingga lima jam setiap minggu dengan tarif Rp. 12 per jam.

Bloggs Engineering saat ini memiliki stok 300 sprocket dengan biaya penyimpanan Rp. 15 per bulan untuk setiap seratus sprocket. Untuk membuat satu sproket membutuhkan satu jam tenaga kerja dan Rp. 1,50 bahan mentah. Perusahaan dihadapkan pada masalah (i) memperkirakan jumlah pekerja sementara yang akan dipekerjakan dan (ii) menekan biaya produksi seminimal mungkin. Bloggs Engineering telah memutuskan untuk mengembangkan model perencanaan agregat untuk menemukan jadwal produksi yang layak yang dapat membantu mengurangi kekurangan tenaga kerja dan biaya produksi. Kemudian akan menggunakan Excel's Solver untuk menemukan jawaban atas masalah pemrograman linier (LP) ini. Langkah pertama adalah membagi model menjadi tiga area yang berbeda, memberikan rincian bulanan untuk (i) kebutuhan sumber daya tenaga kerja (ii) jadwal produksi dan (iii) biaya produksi.

1. Detail sumber daya tenaga kerja (dalam jam)
   Total jam penuh waktu = (Jumlah karyawan tetap)×(jam mingguan)×(Jumlah minggu per bulan) = 4×35×4 =560 jam
   Lembur maksimum = (Jumlah karyawan penuh waktu) ×(jam lembur)×(jumlah minggu per bulan) =4×5×4=80 jam
   Jika t = jumlah pekerja tidak tetap yang dipekerjakan untuk bulan i, maka
   Total jam kerja sementara = (Jumlah pekerja tidak tetap)×(jam mingguan)×(jumlah minggu per bulan) = t_i×35×4=140ti jam
   Total jam kerja = 560+140t_i + h_i di mana h_i = total jam kerja lembur di bulan i
2. Rincian jadwal produksi (per 100 unit)
   Kapasitas produksi =(Total jam kerja)/(Jumlah jam yang dibutuhkan untuk membuat 100 sprocket) = (560+140ti +hi)/100
   Permintaan bulanan =5, 9, 10, dan 7 sebagai disediakan oleh departemen penjualan
   Stok yang ada = Stok saat ini+produksi saat ini−permintaan saat ini (Catatan: batasan yang diperlukan adalah bahwa stok yang ada tidak boleh negatif)
3. Biaya produksi (per 100 unit)
   Penuh-waktu: shift reguler =Rp. 7×560 jam=Rp. 3920
   Penuh-waktu: shift lembur =Rp. 12×hi jam di mana hi=jam lembur bekerja di bulan i
   Pekerja sementara =Rp. 770×ti dimana t = tidak. pekerja yang direkrut untuk bulan i

Cell	Formula	Copied to
D16	4*35*$F3	E16:G16
D18	4*$F3*$F6	E18:G18
D21	4*35*D20	E21:G21
D22	D16 + D17 + D21	E22:G22
D26	D22/$F8	E26:G26
D28	F10 + D25 – D27	
E28	D28 + E25 – E27	F28:G28
D31	$F4*D16	F31:G31
D32	$F5*D17	F32:G32
D33	$F7*D20	F33:G33
D34	$F9*D25	F34:G34
D35	$F11*D28	E35:G35
D36	SUM(D31:D35)	E36:G36
F38	SUM(D36:G36)	

Tabel 10.5 Perencanaan agregat – rumus lembar kerja.

Biaya bahan baku = Rp. 150×produksi sprocket saat ini
Biaya penyimpanan =Rp. 15×stok di tangan (awalnya stok di tangan=3)
Template formula untuk model agregat diberikan pada Tabel 10.5.

Model agregat Gambar 10.16 menunjukkan bahwa Bloggs Engineering harus mempekerjakan tiga pekerja sementara di bulan ketiga dan satu pekerja tidak tetap di bulan 4 (lihat baris 20) jika pesanan pelanggan harus dipenuhi. Tidak ada karyawan tetap yang ditawarkan lembur. Ini tidak mengherankan karena perusahaan harus membayar Rp. 12 per jam untuk lembur dibandingkan dengan tarif pekerja sementara sebesar Rp. 5,50 per jam (Rp. 770/{4 × 35}). Total biaya produksi minimum adalah Rp. 23.017. Pengguna harus melakukan beberapa analisis 'bagaimana jika' pada model untuk memastikan dalam keadaan apa lembur mungkin merupakan pilihan yang layak. Parameter Solver untuk model perencanaan agregat diberikan pada Gambar 10.15.

Parameter Pemecah

Tetapkan Cell Target:	F38	
Sama dengan:	Min	
Dengan Mengubah Cell:	D17:G17, D20:G20, D25:G25	
Subject to Constraints:	D17:G17 ≤ D18:G18	= Overtime limit maksimum
	D25:G25 ≤ D26:G26	= Kapasitas produksi maksimum
	D28:G28 ≥ 0	= On-hand tidak boleh negatif
	D20:G20 = int(eger)	= Pekerja harus bilangan bulat!
	D17:G17 ≥ 0	= Jawaban harus positif
	D20:G20 ≥ 0	= Jawaban harus positif
	D25:G25 ≥ 0	= Jawaban harus positif

Gambar 10.15 Parameter pemecah untuk model perencanaan agregat.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Contoh 10.9 - Model perencanaan agregat untuk Bloggs Engineering**							
2								
3		**Input**	Jumlah karyawan penuh waktu			4		
4		**details**	Karyawan penuh waktu: upah per jam			7		
5			Karyawan penuh waktu: upah lembur			12		
6			Jam lembur maksimum per minggu			5	*User input cells*	
7			Gaji bulanan untuk pekerja sementara			770	*are shaded*	
8			Jam produksi untuk 100 sprocket			100		
9			Biaya bahan baku untuk 100 sprocket			150		
10			Stok saat ini ('00s)			3		
11			Biaya penyimpanan per bulan (per 100)			15		
12								
13				Month 1	Month 2	Month 3	Month 4	
14	►	**Labour resource details (in hours)**						
15				<--------- *Full-time employee details* -------->				
16		Total monthly hours		560	560	560	560	
17		Overtime hours		*0*	*0*	*0*	*0*	
18		Maximum overtime hours		80	80	80	80	
19				<--------- *Temporary worker details*--------->				
20		Number available		*0*	*0*	*3*	*1*	
21		Total monthly hours		0	0	420	140	
22		Total labour hours		560	560	980	700	
23								
24	►	**Production schedule (in '00s)**						
25		Sprocket production		*5.6*	*5.6*	*9.8*	*7.0*	
26		Production capacity		5.6	5.6	9.8	7.0	
27		Sprocket demand		*5.0*	*9.0*	*10.0*	*7.0*	
28		On-hand stock		3.6	0.2	0.0	0.0	
29								
30	►	**Production costs (per 100)**						
31		Full-time: regular shift		3,920	3,920	3,920	3,920	
32		Full-time: overtime shift		0	0	0	0	
33		Temporary worker costs		0	0	2,310	770	
34		Raw materials costs		840	840	1,470	1,050	
35		Holding costs		54	3	0	0	
36		***Totals***		***4,814***	***4,763***	***7,700***	***5,740***	
37								
38			***Objective: Minimise total costs =***			***23,017***		
39								
40								
41	Catatan: Aktifkan parameter 'Assume Linear Model' di kotak dialog SOLVER Option							
42								

Gambar 10.16 Model perencanaan agregat untuk Bloggs Engineering.

CONTOH 10.10 Model perencanaan kapasitas

Perusahaan Acme memproduksi dua produk – widget dan gadget – yang menggunakan tujuh komponen elektronik dalam konstruksinya. Namun, perusahaan tidak memiliki kapasitas produksi atau keahlian teknis yang memadai untuk memproduksi semua komponen di pabriknya sendiri. Oleh karena itu, perusahaan harus membeli kekurangannya dari pemasok luar. Perusahaan dibatasi untuk jumlah jam maksimum masing-masing 210, 210, 120, dan 180 untuk permesinan, perakitan, pengujian, dan pengawasan teknis. Tabel 10.6 di bawah ini memberikan rincian masing-masing dari tujuh komponen, termasuk kebutuhan sumber daya, jumlah unit yang dibutuhkan, biaya variabel dan biaya pembelian yang harus dibayarkan kepada pemasok luar.

Tabel 10.6 Rincian perencanaan kapasitas.

Component no.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Persyaratan sumber daya (jam) Pemesinan	4	2	1	3	1	0	2
perakitan	1	1	3	0	4	2	1
Pengujian	0	0	2	3	2	2	1
Pengawasan teknis	1	1	3	2	2	3	1
Biaya variabel, Vi	25	25	50	25	50	45	20
Harga beli, Pi	55	70	85	50	120	95	50
Jumlah unit yang dibutuhkan	30	15	50	25	20	15	20

Masalah yang dihadapi Perusahaan Acme menunjukkan banyak, jika ada, dari komponen-komponen ini yang harus dibeli dari pemasok luar? Perusahaan telah memutuskan untuk membuat model program linier dan kemudian menggunakan Solver untuk menemukan solusi yang layak. Perhatikan bahwa penghematan perusahaan untuk setiap komponen manufaktur di rumah ditemukan dari persamaan: Tabungan Satuan=Harga Pembelian− Biaya variabel. Model kapasitas Gambar 10.17 telah menemukan bahwa Perusahaan Acme harus membeli dalam 3, 39, dan 25 unit komponen C1, C3 dan C4 masing-masing dengan biaya total (dikurangi biaya variabel) sebesar Rp. 2.080 (lihat sel D16).

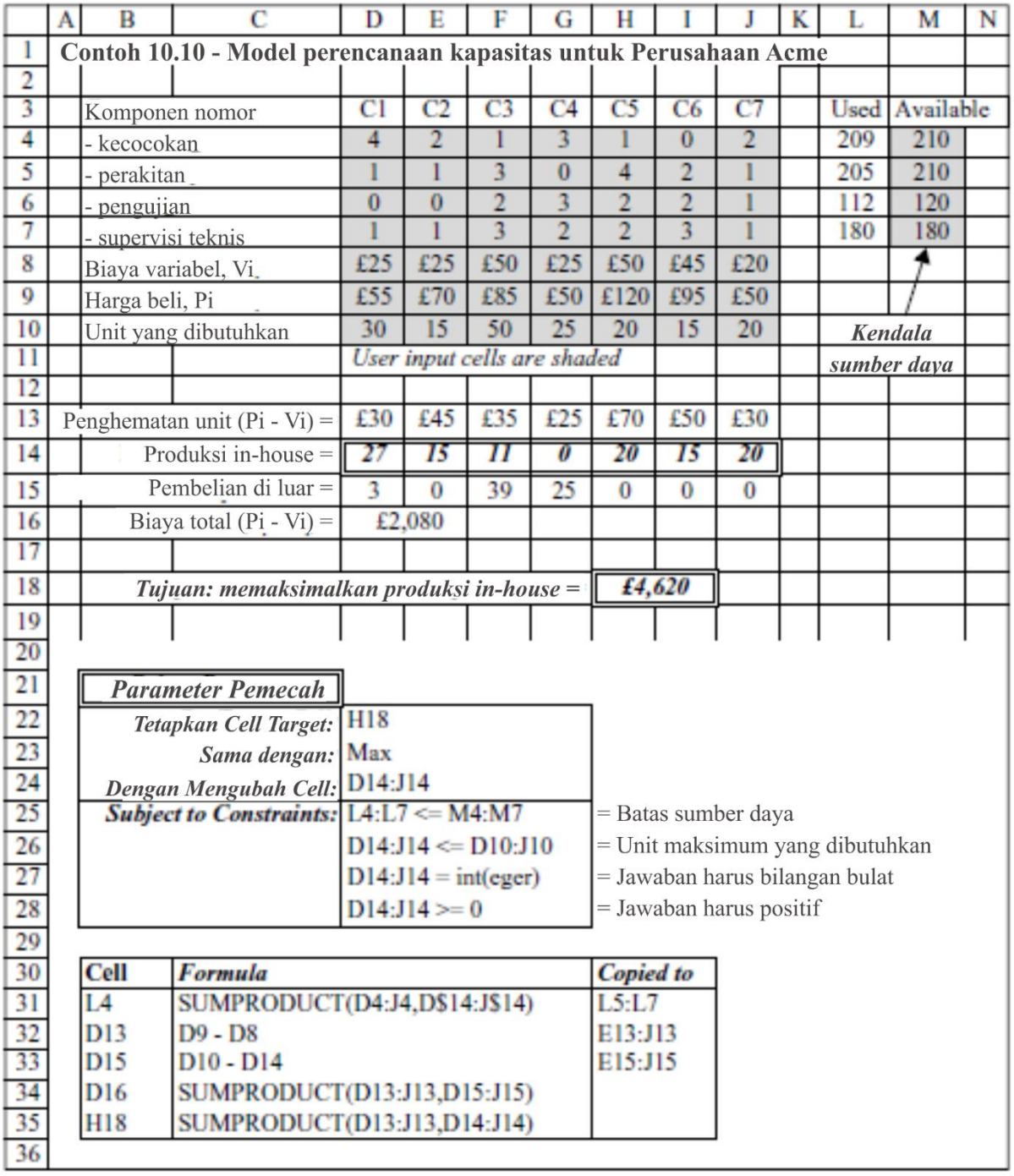
CONTOH 10.11 Model perencanaan produksi dengan back-order

Ferditelah menggunakan model peramalannya untuk menentukan penjualan produk P selama enam bulan ke depan. Model tersebut telah menghasilkan angka-angka berikut: 6000, 4000, 5500, 5200, 4000, dan 3500. Ferdi saat ini memiliki 400 item dalam stok. Produk P melibatkan (i) biaya penyimpanan yang tinggi dan (ii) biaya produksi variabel. Biaya penyimpanan bulanan satu item adalah 15% dari biaya produksi unit bulanan. Karena faktor-faktor ini, Perusahaan Batuan Dasar beroperasi dengan kebijakan pemesanan kembali untuk produk P. Kebijakan pemesanan kembali memungkinkan terjadinya kekurangan yang direncanakan dengan permintaan pelanggan lebih lambat dari yang diminta. Kebijakan

pemesanan mundur mengasumsikan bahwa pelanggan bersiap untuk menunggu pengiriman tanpa membatalkan pesanan. Perusahaan membebankan biaya kekurangan sebesar Rp. 4,50 untuk setiap item persediaan negatif. Biaya kekurangan ini mencakup administrasi tambahan, kehilangan niat baik, beberapa kehilangan pesanan di masa depan, dan lain-lain.

The Perusahaan Springbed telah memperkirakan bahwa biaya produksi unit selama enam bulan ke depan akan menjadi Rp. 5, Rp. 5,25, Rp. 5,50, Rp. 5,75, Rp. 5,65, dan Rp. 5,60. Perusahaan dapat memproduksi hingga 5000 unit produk P setiap bulannya. Karena back-order dapat diterima, stok di tangan diperbolehkan negatif selama lima bulan pertama. Namun, untuk memastikan bahwa semua permintaan terpenuhi selama jangka waktu perencanaan enam bulan, stok yang ada pada akhir bulan keenam harus nol atau positif (yaitu, sel H20 0 pada Gambar 10.18). Perusahaan Springbed ingin menentukan jadwal produksi yang akan meminimalkan total biaya produksi, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan selama enam bulan ke depan.

Dalam model back-order ini, Solver menggunakan dua set sel yang berubah untuk menemukan (i) jadwal produksi yang optimal (sel C14:H14), dan (ii) keseimbangan optimal antara kelebihan stok dan kekurangan stok (sel C17:H18). Stok yang tersisa (baris 19) didefinisikan sebagai stok yang ada (baris 17) dikurangi kekurangan (baris 18). Stok yang tersisa ini harus sama dengan persediaan akhir (baris 20) yang diperoleh dengan menambahkan jumlah yang diproduksi (baris 14) ke stok saat ini (sel G3) dikurangi perkiraan penjualan (baris 10). Model telah menemukan total biaya minimum Rp. 155.955 dengan kekurangan stok yang terjadi di bulan 1, 3, dan 4. Parameter solver terdapat dalam model Gambar 10.18, sedangkan template rumus diberikan pada Tabel 10.7.



Contoh 10.10 - Model perencanaan kapasitas untuk Perusahaan Acme

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Used	Available
Komponen nomor									
- kecocokan	4	2	1	3	1	0	2	209	210
- perakitan	1	1	3	0	4	2	1	205	210
- pengujian	0	0	2	3	2	2	1	112	120
- supervisi teknis	1	1	3	2	2	3	1	180	180
Biaya variabel, Vi	£25	£25	£50	£25	£50	£45	£20		
Harga beli, Pi	£55	£70	£85	£50	£120	£95	£50		
Unit yang dibutuhkan	30	15	50	25	20	15	20		

Kendala sumber daya

User input cells are shaded

Penghematan unit (Pi - Vi) =	£30	£45	£35	£25	£70	£50	£30
Produksi in-house =	*27*	*15*	*11*	*0*	*20*	*15*	*20*
Pembelian di luar =	3	0	39	25	0	0	0
Biaya total (Pi - Vi) =	£2,080						

Tujuan: memaksimalkan produksi in-house = ***£4,620***

Parameter Pemecah

Tetapkan Cell Target:	H18	
Sama dengan:	Max	
Dengan Mengubah Cell:	D14:J14	
Subject to Constraints:	L4:L7 <= M4:M7	= Batas sumber daya
	D14:J14 <= D10:J10	= Unit maksimum yang dibutuhkan
	D14:J14 = int(eger)	= Jawaban harus bilangan bulat
	D14:J14 >= 0	= Jawaban harus positif

Cell	***Formula***	***Copied to***
L4	SUMPRODUCT(D4:J4,D$14:J$14)	L5:L7
D13	D9 - D8	E13:J13
D15	D10 - D14	E15:J15
D16	SUMPRODUCT(D13:J13,D15:J15)	
H18	SUMPRODUCT(D13:J13,D14:J14)	

Gambar 10.17 Model perencanaan kapasitas untuk Perusahaan Acme.

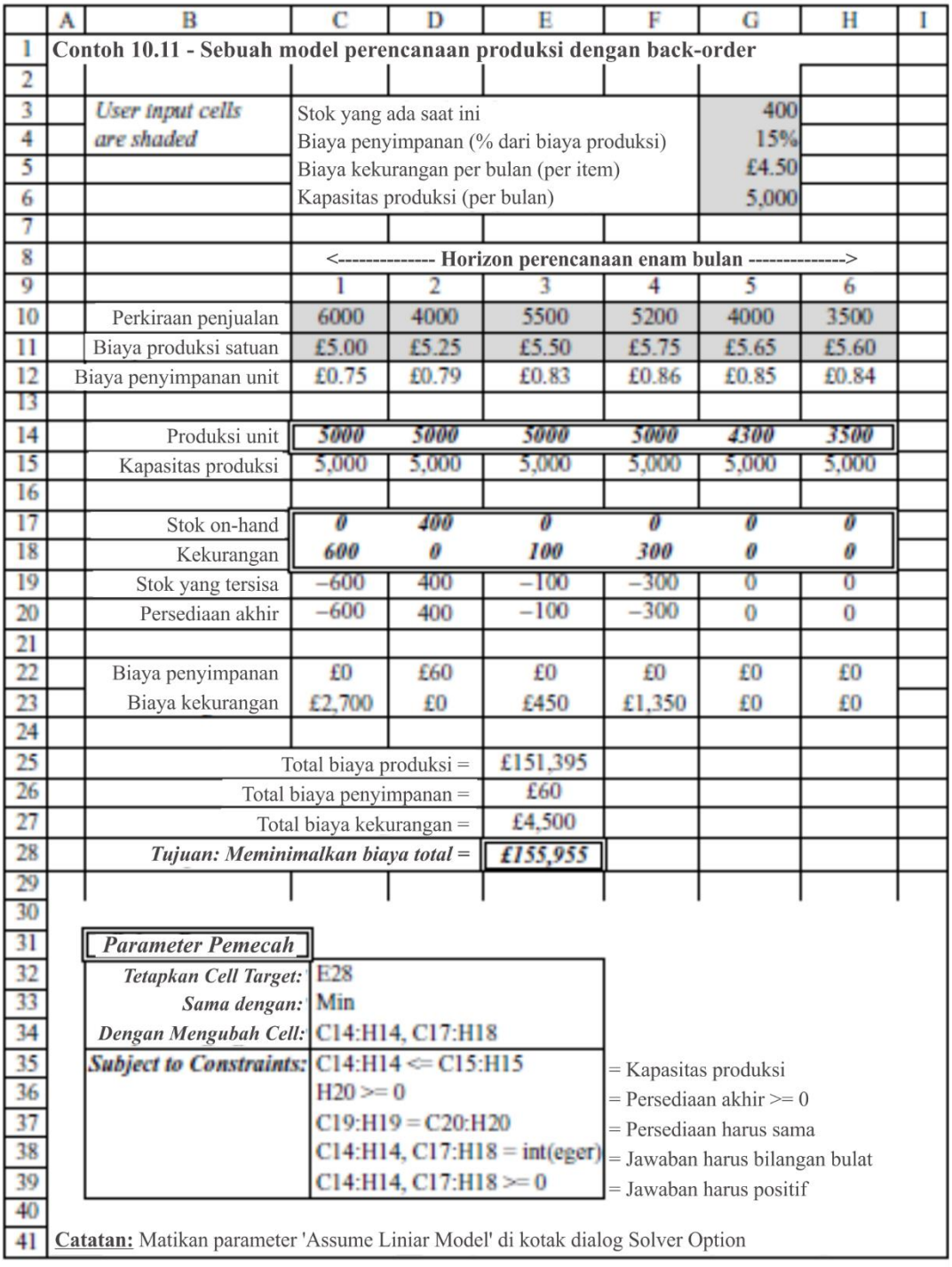
Urutan Pekerjaan

Aspek penting dari penjadwalan produksi adalah urutan pekerjaan. Sementara penjadwalan mengalokasikan jobstore pusat kerja yang relevan, urutan pekerjaan menentukan urutan pekerjaan yang akan dilakukan. Masalah urutan paling sederhana melibatkan penentuan urutan pekerjaan yang akan diproses pada fasilitas tunggal. Haruskah

pekerjaan ditugaskan berdasarkan siapa yang datang pertama, dilayani pertama kali, atau mungkin berdasarkan prioritas dengan pekerjaan yang paling mendesak diberikan preferensi? Waktu total untuk memproses semua pekerjaan tidak akan berubah terlepas dari tempatnya dalam antrian. Namun, urutan pekerjaan yang berbeda dapat mempengaruhi kecepatan pengiriman dan keandalan serta kepuasan pelanggan.

Tabel 10.7 Model produksi dengan back-order – formula lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
C12	$G4*C11	D12:H12
C15	$G6	D15:H15
C19	C17 – C18	D19:H19
C20	G3 + C14 – C10	
D20	C20 + D14 – D10	E20:H20
C22	$G4*C17	D22:H22
C23	$G5*C18	D23:H23
E25	SUMPRODUCT(C11:H11, C14:H14)	
E26	SUM(C22:H22)	E27
E28	SUM(E25:E27)	



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Contoh 10.11 - Sebuah model perencanaan produksi dengan back-order**								
2									
3		*User input cells*	Stok yang ada saat ini				400		
4		*are shaded*	Biaya penyimpanan (% dari biaya produksi)				15%		
5			Biaya kekurangan per bulan (per item)				£4.50		
6			Kapasitas produksi (per bulan)				5,000		
7									
8			<---------- **Horizon perencanaan enam bulan** ---------->						
9			1	2	3	4	5	6	
10		Perkiraan penjualan	6000	4000	5500	5200	4000	3500	
11		Biaya produksi satuan	£5.00	£5.25	£5.50	£5.75	£5.65	£5.60	
12		Biaya penyimpanan unit	£0.75	£0.79	£0.83	£0.86	£0.85	£0.84	
13									
14		Produksi unit	***5000***	***5000***	***5000***	***5000***	***4300***	***3500***	
15		Kapasitas produksi	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	
16									
17		Stok on-hand	***0***	***400***	***0***	***0***	***0***	***0***	
18		Kekurangan	***600***	***0***	***100***	***300***	***0***	***0***	
19		Stok yang tersisa	−600	400	−100	−300	0	0	
20		Persediaan akhir	−600	400	−100	−300	0	0	
21									
22		Biaya penyimpanan	£0	£60	£0	£0	£0	£0	
23		Biaya kekurangan	£2,700	£0	£450	£1,350	£0	£0	
24									
25				Total biaya produksi =	£151,395				
26				Total biaya penyimpanan =	£60				
27				Total biaya kekurangan =	£4,500				
28				***Tujuan: Meminimalkan biaya total =***	***£155,955***				
29									
30									
31		***Parameter Pemecah***							
32			***Tetapkan Cell Target:***	E28					
33			***Sama dengan:***	Min					
34			***Dengan Mengubah Cell:***	C14:H14, C17:H18					
35			***Subject to Constraints:***	C14:H14 <= C15:H15	= Kapasitas produksi				
36				H20 >= 0	= Persediaan akhir >= 0				
37				C19:H19 = C20:H20	= Persediaan harus sama				
38				C14:H14, C17:H18 = int(eger)	= Jawaban harus bilangan bulat				
39				C14:H14, C17:H18 >= 0	= Jawaban harus positif				
40									
41		**Catatan:** Matikan parameter 'Assume Liniar Model' di kotak dialog Solver Option							

Gambar 10.18 Model perencanaan produksi dengan back-order.

Contoh 10.12 Urutan pekerjaan melalui satu fasilitas

Today's date = 5 *User input cells are shaded*

	(Job duration)			*Completion*	*Job*	*Time*
Job	*Processing Time*	*Due Date*	*CR*	*Time*	*Lateness*	*Remaining*
A	8	10	0.63	8	0	5
B	4	7	0.50	12	5	2
C	11	16	1.00	23	7	11
D	6	14	1.50	29	15	9
E	12	20	1.25	41	21	15
			Averages:	22.6	9.6	
			Utilisation =	36.3%	4	= No. of late jobs
		Average number of jobs in system =		2.76		

Langkah-langkah berikut digunakan untuk menemukan urutan pekerjaan yang benar:
[1] Sorot cell range B7:E11 (terdapat di dalam batas double-line)
[2] Aktifkan fasilitas Sortir Excel dengan mengklik tab Data|Sort
[3] Klik panah pada kotak 'Short By' dan, dari daftar drop-down
pilih judul yang relevan untuk aturan yang diperlukan. Pastikan bahwa opsi default,
mis."Ascending", diaktifkan untuk empat aturan pertama. Terakhir, klik "OK".

[4] * **FIFO Rule** - Click 'Job'.
* **SPT Rule** - Click 'Processing Time'.
* **EDD Rule** - Click 'Due Date'.
* **CR Rule** - Click 'CR'.
* **LPT Rule** - Click 'Processing Time' & 'Descending' option.

SUMMARY		Average Completion Time	Average Job Lateness	Average No. of Jobs in System	No. of late jobs	Utilisation (%)
Rule	Job Sequence					
FIFO	A, B, C, D, E	22.6	9.6	2.76	4	36.3
SPT	B, D, A, C, E	20.4	8.4	2.49	3	40.2
EDD	B, A, D, C, E	20.8	8.0	2.54	4	39.4
CR	B, A, C, E, D	23.0	10.2	2.80	4	35.7
LPT	E, C, A, D, B	28.8	17.0	3.51	4	28.5

Cell	*Formula*	*Copied to*
E7	H7/C7	E8:E11
F7	C7	
F8	F7 + C8	F9:F11
G7	IF(F7 – D7 < 0, 0, F7 – D7)	G8:G11
H7	D7 – D$3	H8:H11
F12	AVERAGE(F7:F11)	G12
F13	SUM(C7:C11)/SUM(F7:F11)	
G13	COUNTIF(G7:G11, ">0")	
F14	1/F13	

Gambar 10.19 Urutan pekerjaan melalui satu fasilitas.

Waktu penyelesaian (atau aliran) pekerjaan adalah waktu yang dibutuhkan pekerjaan untuk mengalir melalui sistem; waktu pemrosesan atau 'durasi' adalah lama waktu yang dibutuhkan untuk memproses suatu pekerjaan. 'Tanggal jatuh tempo' pekerjaan adalah tanggal pengiriman yang diperlukan ke pelanggan, sedangkan 'keterlambatan' didefinisikan sebagai tanggal penyelesaian aktual pekerjaan dikurangi tanggal jatuh tempo. Karena keterlambatan tidak bisa negatif, pekerjaan yang selesai lebih cepat dari jadwal diberi nilai keterlambatan nol. 'Utilisasi' adalah rasio (total waktu pemrosesan pekerjaan) dengan (total waktu aliran). 'Jumlah rata-rata pekerjaan dalam sistem' adalah kebalikan dari pemanfaatan. Proses memprioritaskan pekerjaan biasanya dibuat atas dasar seperangkat 'aturan prioritas'. Aturan prioritas yang paling umum (diberikan di bawah) hanya memerlukan rincian durasi pekerjaan dan tanggal jatuh tempo:

- **FIFO: First-in, First-out**. Pekerjaan pertama yang tiba di area kerja adalah pekerjaan pertama yang diproses.
- **SPT: :Shortestprocessingtime./Waktu pemrosesan terpendek.** Pekerjaan terpendek diselesaikan terlebih dahulu dengan pekerjaan terpanjang ditempatkan terakhir dalam antrian.
- **EDD: Earliest due date/Tanggal jatuh tempo paling awal.** Pekerjaan dengan tanggal jatuh tempo paling awal diproses terlebih dahulu. Aturan ini biasanya meningkatkan keandalan pengiriman tetapi beberapa pekerjaan mungkin harus menunggu lama.
- **LPT: Longest processing time/Waktu pemrosesan terlama.** Pekerjaan yang lebih panjang seringkali lebih besar dan lebih penting dan karena itu harus diselesaikan terlebih dahulu.
- **CR: Criticalratio/Rasio Kritis**.Pekerjaan dengan rasio kritis terkecil diselesaikan terlebih dahulu.Rasio kritis adalah (waktu yang tersisa sampai pekerjaan yang dibutuhkan) dibagi dengan (waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan), mis.

$$CR = \frac{Waktu\ yang\ tersisa}{Pekerjaan\ yang\ tersisa} = \frac{Tanggal\ jatuh\ tempo - tanggal\ hari\ ini}{waktu\ pemrosesan\ yang\ tersisa}$$

Jika CR > 1.0, pekerjaan di depan jadwal; jika CR < 1.0, maka pekerjaan berada di belakang jadwal; jika CR = 1.0, pekerjaan sesuai jadwal.

Tabel 10.8 Urutan pekerjaan melalui satu fasilitas.

Job	A	B	C	D	E
Processing Time (days)	8	4	11	6	12
Due Date (days)	10	7	16	14	20

CONTOH 10.12 Urutan pekerjaan melalui satu fasilitas

Bloggs Engineering ingin menentukan urutan pemrosesan untuk lima pekerjaan – A, B, C, D, dan E–menggunakan lima aturan prioritas di atas. Hari ini adalah tanggal 5 dari jadwal

produksi bulan ini. Waktu pemrosesan standar dan tanggal jatuh tempo untuk setiap pekerjaan diberikan pada Tabel 10.8. Solusi untuk semua lima aturan prioritas mudah ditemukan dengan menggunakan fasilitas SORT Excel seperti yang dijelaskan pada Gambar 10.19 (baris 16-27). Solusi terbaik dicapai dengan aturan prioritas SPT (lihat tabel ringkasan pada baris 29-37).

CONTOH 10.13 Aturan Johnson untuk urutan pekerjaan pada dua fasilitas

Contoh sebelumnya mengurutkan pekerjaan melalui fasilitas tunggal seperti mesin atau pusat kerja. Aturan Johnson, yang dikembangkan oleh S. M. Johnson pada tahun 1954, memperluas masalah pengurutan untuk mencakup situasi dua fasilitas. Pekerjaan harus melewati setiap fasilitas dalam urutan yang sama. Aturan menemukan urutan pekerjaan yang benar yang akan meminimalkan total waktu pemrosesan untuk semua pekerjaan. Aturan Johnson melibatkan empat langkah berikut:

- Buat daftar waktu yang diperlukan untuk memproses setiap pekerjaan di setiap fasilitas.
- Pilih pekerjaan, Js, dengan waktu tersingkat untuk kedua fasilitas. Jika Js terjadi pada fasilitas pertama, Js ditempatkan pertama dalam antrian. Jika Js terjadi pada fasilitas kedua, Js ditempatkan terakhir dalam antrian. Jika dua pekerjaan memiliki waktu tersingkat yang sama, maka pilihan sewenang-wenang dibuat.
- Hapus pekerjaan Js dari daftar.
- Ulangi langkah 1-3 sampai semua pekerjaan telah diurutkan.

Perusahaan Produk Baru memiliki lima pekerjaan mendesak – A, B, C, D, dan E – yang memerlukan penggunaan dua mesin yang berbeda. Waktu untuk memproses setiap pekerjaan pada setiap mesin diberikan pada Tabel 10.9. Perusahaan ingin menemukan cara tercepat untuk memproses pekerjaan. Program Visual Basic telah ditulis untuk mensimulasikan empat aturan Johnson. Jawabannya (lihat Gambar 10.20) termasuk urutan pekerjaan yang benar (sel C15:C21), waktu urutan total (sel G25), dan waktu idle total (sel G24) di mana waktu idle total didefinisikan sebagai jumlah waktu di mana kedua fasilitas tetap tidak digunakan. Model dapat menangani hingga tujuh pekerjaan tetapi jumlah ini dapat diperpanjang dengan mudah jika diinginkan. Daftar program VBA untuk aturan Johnson diberikan di bawah ini.

Tabel 10.9 Aturan Johnson.

Job	A	B	C	D	E
Machine 1 (hours)	6	4	12	6	10
Machine 2 (hours)	3	8	5	11	6

Daftar Makro untuk Aturan Johnson

```
Sub Johnson()
‘
‘*** Detail input untuk fasilitas 1 & 2 disalin ke sementara “named” arrays
‘*** “Fac1” & “Fac2”. Urutan pekerjaan yang benar disimpan dalam jangkauan “List”, i.e.
‘***cells B15:B21. Program saat ini dapat menangani hingga 7 pekerjaan, i.e. Njobs=7.
‘
Dim COUNT1 Sebagai Bilangan Bulat, COUNT2 Sebagai Bilangan Bulat, POSI Sebagai Bilangan Bulat
Sheets(“Fig. 10.20”).Select
Names.Add “Fac1”, “=H4:H10”
Names.Add “Fac2”, “=I4:I10”
Names.Add “List”, “=B15:B21”
Range(“E4:E10”).Copy Range(“Fac1”)
Range(“F4:F10”).Copy Range(“Fac2”)
Range(“List”).ClearContents
COUNT2=Application.Count(Range(“Fac1”))
Max1=Application.Max(Range(“Fac1”))
Max2=Application.Max(Range(“Fac2”))
Maxx=Application.Max(Max1, Max2)+10
COUNT1=1 Njobs=COUNT2
For K=1 To Njobs
    Min1=Application.Min(Range(“Fac1”))
    Min2=Application.Min(Range(“Fac2”))
    If Min1 < Min2 Then
    POSI=Application.Match(Min1,
    Range(“Fac1”), 0)
    Range(“List”).Item(COUNT1)=POSI
    Range(“Fac2”).Item(POSI)=Maxx
    Range(“Fac1”).Item(POSI)=Maxx
    COUNT1=COUNT1+1
Else
    POSI=Application.Match(Min2,
    Range(“Fac2”), 0)
    Range(“List”).Item(COUNT2)=POSI
    Range(“Fac2”).Item(POSI)=Maxx
    Range(“Fac1”).Item(POSI)=Maxx
    COUNT2=COUNT2−1
```

```
End If
Next K
        Range("Fac1").Clear
        Range("Fac2").Clear
End Sub
```

Contoh 10.13 - Aturan Johnson untuk mengurutkan N Pekerjaan pada 2 fasilitas

	Job	Facility 1	Facility 2
1	A	6	3
2	B	4	8
3	C	12	5
4	D	6	11
5	E	10	6
6			
7			

User input cells are shaded

Correct Job Sequence		Sequencing Times		Idle Time	
2	B	4			4
4	D	6	8	−2	
5	E	10	11	−1	
3	C	12	6	6	
1	A	6	5	1	
			3		3

4	= Intermediate Idle Time
11	= Total Idle Time

Total sequencing time = **41**

Cell	*Formula*	*Copied to*
C15	IF(B15="","", OFFSET(D$3,B15,0))	C16:C21
E15	IF(C15="","",VLOOKUP(C15,D$4:F$10,2))	E16:E21
H15	E15	
F16	IF(C15="","",VLOOKUP(C15,D$4:F$10,3))	F17:F22
G16	IF(E16="","",E16 – F16)	G17:G22
H16	IF(E16="",F16,"")	H17:H22
G23	SUM(G16:G22)	
G24	G23 + SUM(H15:H22)	
G25	IF(E15="","",E15 + SUM(F16:F22) + IF(G23>0,G23,0))	

Catatan: Spreadsheet ini menggunakan program VBA yang disebut 'Johnson'.
[1] Untuk menjalankan model, klik Tools|Macro|Macros... untuk membuka kotak daftar Macro.
[2] Selanjutnya, klik pada mckro 'Johnson' dan terakhir klik tombol 'Run'.

Gambar 10.20 Aturan Johnson untuk mengurutkan N pekerjaan pada dua fasilitas.

10.5 MODEL ANTRIAN

Antrian atau antrian adalah hal yang biasa dalam kehidupan sehari-hari. Antrian terjadi karena fasilitas yang dibutuhkan tidak tersedia untuk menyediakan layanan, misalnya mesin rusak atau kasir supermarket sedang sibuk. Banyak situasi antrian dapat disimulasikan menggunakan model matematika yang kemudian digunakan untuk memprediksi pola perilaku yang sebenarnya. Tujuan utama dalam model antrian adalah untuk menyeimbangkan biaya penyediaan layanan terhadap biaya yang terkait dengan menunggu layanan. Misalnya, haruskah toko mempekerjakan petugas kasir tambahan untuk mengurangi antrian? Jika antrian terlalu panjang, pelanggan dapat pergi tanpa membeli apa pun karena kualitas layanannya buruk.

Antrian disebabkan oleh keterlambatan yang pada akhirnya dapat menyebabkan hilangnya pendapatan. Sementara antrian dalam praktiknya dapat dihilangkan, harus ada trade-off biaya-manfaat antara biaya penyediaan fasilitas tambahan dan manfaat – baik kualitatif maupun kuantitatif – yang akan terjadi. Antrian terdiri dari item diskrit (atau berbeda) seperti orang, mobil, atau komponen. Teori antrian berkaitan dengan analisis matematis antrian atau sistem antrian. Tujuan dari analisis tersebut adalah untuk mengetahui karakteristik penting dari antrian seperti jumlah item dalam antrian, waktu tunggu rata-rata, dan persentase waktu fasilitas layanan sibuk. Karakteristik antrian sederhana ditunjukkan pada Tabel 10.10.

Tiga komponen utama dari sistem antrian adalah penduduk, antrian, dan fasilitas pelayanan. Populasi adalah sumber input, misalnya, pelanggan, panggilan telepon, lalu lintas penerbangan, dan lain-lain. Populasi terbatas adalah populasi di mana jumlah pelanggan potensial terbatas, misalnya, jumlah orang yang memiliki mobil Rolls-Royce. Di sisi lain, jumlah lalu lintas yang tiba di bundaran yang sibuk dapat dianggap tidak terbatas, yaitu, ada populasi yang tidak terbatas.

Panjang antrian tidak hanya bergantung pada pola kedatangan tetapi juga pada kendala fisik seperti ruang penyimpanan atau ruang untuk menunggu pelanggan. Jika antrian telah mencapai batas kapasitasnya maka kedatangan tidak dapat masuk ke sistem, misalnya ruang tunggu yang penuh di ruang operasi dokter. Komponen ketiga, yaitu fasilitas layanan, adalah tipikal dari setiap situasi belanja. Misalnya, toko kelontong kecil, yang hanya memiliki satu loket yang melayani, akan mengoperasikan fasilitas first-come, first-served (FIFO) dengan kecepatan konstan. Di sisi lain, supermarket besar biasanya menyediakan fasilitas checkout multi-server dimana beberapa pelanggan dapat dilayani pada waktu yang sama.

Tabel 10.10 Karakteristik Antrian Sederhana

Komponen	Karakteristik	Detail
Populasi	Jalur kedatangan	Terjadwal atau acak
	Kapasitas sistem	Terbatas atau tak terbatas
	Perilaku antrian	Balking (menolak masuk antrian – terlalu lama)

		Reneging (meninggalkan antrian sebelum dilayani) Jockeying (beralih dari satu antrian ke antrian lainnya)
Antrian	Panjang antriam	Terbatas atau tak terbatas
Fasilitas Layanan	Struktur	Single atau multiserver
	Kecepatan pelayanan	Konstan atau acak
	Ketertiban antrian	Biasanya (i) first in first out (FIFO), (ii) last in first out (LIFO) atau (iii) random

Setiap sistem antrian memerlukan sejumlah waktu tertentu untuk mencapai tingkat operasi normal, seperti halnya mobil yang berakselerasi ke kecepatan jelajahnya. Karena perilaku antrian selama fase transien awal tidak benar-benar mewakili karakteristik jangka panjangnya, sebagian besar model antrian mengabaikan fase transien ini dan mengasumsikan situasi keadaan tunak. Secara umum, diasumsikan bahwa sistem telah beroperasi cukup lama untuk menjadi pola operasi yang teratur.

STUDI KASUS 10.1 Masalah antrian satu server

MeadowSweet Creameries menggunakan anak perusahaan Greenhills mereka sebagai titik distribusi untuk produk susu mereka. Sayangnya, Greenhill hanya memiliki satu ruang muat dan baru-baru ini ada keluhan mengenai fasilitas pemuatan. Tiga puluh dua van tiba selama setiap delapan jam sehari dengan rata-rata lima van dimuat dalam satu jam. Pengiriman van telah tertunda karena sumber daya yang tidak memadai dan telah disarankan agar operasi dapat dipercepat jika truk forklift dan pengemudi kedua tersedia. Sementara sumber daya tambahan tersebut memang akan mengurangi, jika tidak menghilangkan, penundaan, mereka hanya diperlukan secara berkala dan akan menganggur ketika tidak ada van yang akan dimuat. Dilema MeadowSweet adalah apakah manfaat dari fasilitas pemuatan yang ditingkatkan lebih besar daripada biaya tambahan untuk mempekerjakan lebih banyak peralatan dan personel.

Antrian, yang merupakan proses yang disarankan, memiliki dua teknik analisis utama (i) mengasumsikan bahwa karakteristik antrian dapat secara realistis diwakili oleh rumus yang diturunkan dari nilai rata-rata, dan (ii) menggunakan teknik simulasi. Isi dari tiga bagian berikutnya diuraikan di bawah ini.

Model server tunggal. Bagian ini melihat teknik matematika di balik teori antrian. Ini menunjukkan fungsi statistik Excel – POISSON dan EXPONDIST – dapat digunakan untuk memecahkan masalah Meadow Sweet Creameries. Jika pengguna tidak tertarik dengan matematika di balik model antrian, maka mereka harus melompat ke bagian berikutnya.

Model multi server. Bagian selanjutnya mendapatkan model spreadsheet Excel menggunakan rumus matematika standar. Model ini merupakan perpanjangan dari model server tunggal. Ini

digunakan untuk mengevaluasi tiga opsi yang dipertimbangkan oleh MeadowSweet Creameries.

Model simulasi. Bagian ketiga mengembangkan model simulasi untuk studi kasus MeadowSweet Creameries yang digunakan pada dua bagian sebelumnya. Kemudian dilakukan perbandingan antara hasil yang diperoleh dengan metode simulasi dan statistik.

Model server tunggal: melihat dari dekat rumus statistik Model server tunggal mengharuskan kondisi berikut dipenuhi sebelum model dapat diselesaikan:

- Populasi
    - Pola kedatangan : Acak, diwakili oleh distribusi eksponensial
    - Kapasitas sistem: Tak Terbatas
    - Perilaku antrian: Tidak menolak, mengingkari, atau berebut
- Antre
    - Kapasitas antrian : Tidak terbatas
- Melayani
    - Struktur: Server tunggal (yaitu, antrian tunggal)
- fasilitas
    - Kecepatan layanan: Acak
    - Disiplin antrian : First in first out (FIFO)

MeadowSweet Creameries telah mengumpulkan informasi tentang kedatangan truk dan tarif layanan dan yakin bahwa model antrian dapat dikembangkan. Tingkat kedatangan van pengiriman diketahui 32 van selama setiap delapan jam sehari sementara penelitian menunjukkan bahwa rata-rata lima van dapat dimuat selama satu jam. Notasi standar untuk tarif kedatangan dan pelayanan dalam teori antrian adalah

λ = tingkat kedatangan yaitu, jumlah rata-rata kedatangan dalam interval waktu tertentu, T

μ = tingkat layanan yaitu, jumlah rata-rata layanan dalam interval waktu tertentu, T

Karena 32 van tiba dalam delapan jam sehari, maka laju kedatangan per jam, , adalah empat van. Tarif pelayanan , yaitu jumlah van yang dapat dimuat dalam satu jam, adalah lima. Jika van dapat dijadwalkan tiba dengan kecepatan tetap 4 atau 5 per jam, MeadowSweet tidak akan memiliki masalah. Namun, karena kedatangan van bersifat acak, hal ini tidak terjadi. Perbedaan antara tingkat kedatangan dan pola kedatangan harus dibuat dengan jelas. Sementara 32 van rata-rata tiba di Greenhills, pola persaingan mereka secara acak, yaitu, mereka tidak tiba pada waktu yang tetap. Dalam konteks ketidakpastian statistik, istilah 'rata-rata', 'rata-rata' dan 'diharapkan' memiliki arti yang sama dan sering digunakan secara bergantian. Ketika pola kedatangan acak, jumlah kedatangan yang diharapkan, x, selama periode waktu yang singkat, T, dapat diwakili oleh distribusi probabilitas Poisson, P(x), sebagai berikut

$$P(x)= \lambda^x e^{-\lambda}/x! \text{ untuk } x =0,1,2,3,...$$

dimana x! mewakili x faktorial, yaitu x(x – 1)(x – 2)...3.2.1, dan e = 2.71828 (basis logaritma natural). Perhatikan kasus khusus ketika x =0, yaitu, faktorial (0) sama dengan 1.
Karena λ=4, peluang bahwa x mobil akan tiba dalam satu jam adalah $P(x)=4^x e^{-4}/x!$. Ekspresi ini kemudian dapat digunakan untuk menghitung probabilitas bahwa 0, 1, 2, 3..., van akan tiba di Greenhillsduringan dalam satu jam. Hasil yang sama dapat diperoleh lebih mudah dengan menggunakan fungsi Poisson statistik Excel seperti yang ditunjukkan pada kolom dua Tabel 10.11 di bawah ini. Parameter fungsi Poisson(x, mean, kumulatif) adalah x = jumlah kedatangan van, mean = λ = 4, dan kumulatif adalah nilai logika yang dapat disetel ke 'true' untuk memberikan probabilitas Poisson kumulatif atau 'false ' untuk memberikan distribusi Poisson normal.

Bagian pertama dari Tabel 10.11 berisi probabilitas kedatangan x van dalam satu jam untuk x=0,1,2...5.Misalnya,probabilitas 0,1,2, dan seterusnya.van tiba dalam satu jam adalah 0,0183, 0,0733,0,1465, dan seterusnya.Bagian kedua pada Tabel 10.11 memberikan probabilitas kumulatif, angka-angka dari semua dan termasuk probabilitas tertentu. Sebagai contoh, probabilitas kumulatif dari tiga van ditemukan dengan menjumlahkan probabilitas individu dari 0, 1, 2, dan 3 van yang tiba dalam satu jam. Demikian juga, probabilitas bahwa tidak lebih dari empat van akan tiba dalam satu jam adalah 62,9%. Probabilitas kedatangan lebih dari lima van=1 – (probabilitas kedatangan tidak lebih dari lima van)=1 – 0,7851=0,2149=21,5%.

Tabel 10.11 Probabilitas Poisson individu dan kumulatif.

	Individual probability		**Cumulative probability**	
	POISSON (x, 4, FALSE)		POISSON (x, 4, TRUE)	
$x=0$	0.0183	(1.8%)	0.0183	(1.8%)
$x=1$	0.0733	(7.3%)	0.0916	(9.2%)
$x=2$	0.1465	(14.6%)	0.2381	(23.8%)
$x=3$	0.1954	(19.5%)	0.4335	(43.4%)
$x=4$	0.1954	(19.5%)	0.6288	(62.9%)
$x=5$	0.1563	(15.6%)	0.7851	(78.5%)

Waktu yang dihabiskan pelanggan untuk menunggu dalam antrian disebut waktu antrian dan waktu yang dihabiskan pelanggan untuk dilayani disebut waktu layanan. Kedua waktu itu berbeda dan tidak tumpang tindih. Waktu yang dihabiskan 'dalam sistem' didefinisikan sebagai jumlah waktu antrian dan waktu layanan. Waktu layanan dapat berupa konstan atau acak. Di mana waktu layanan menampilkan perilaku acak, mereka paling baik dijelaskan oleh distribusi probabilitas eksponensial.

Distribusi eksponensial merupakan elemen penting dalam teori antrian karena memberikan representasi yang sangat baik dari situasi dunia nyata. Jika waktu pelayanan

dilambangkan dengan t, maka probabilitas menyelesaikan pemuatan sebuah van dalam periode waktu tertentu, T, diberikan oleh distribusi eksponensial kumulatif

$$P(t \le T)=1-e^{-\mu T}$$

MeadowSweetCreameries telah mengamati bahwa lima van dapat dimuat dalam satu jam, yaitu, μ=5.Nilai distribusi kumulatif dapat ditemukan dengan menggunakan fungsi distribusi eksponensial Excel EXPONDIST(x, mu, kumulatif) di mana x = waktu yang ditentukan T, mu =μ, distribusi kumulatif adalah 'nilai eksponensial kumulatif' untuk diberikan. Waktu pelayanan, ti, pada waktu tertentu yang berbeda, Ti, (1.0, 0.75, 0.5, 0.35...jam) diberikan pada Tabel 10.12.

Tabel 10.12 menunjukkan bahwa van hampir selalu (99,3%) dimuat dalam satu jam atau kurang (t1 1,0). Ada probabilitas 91,8% bahwa van akan dimuat dalam waktu setengah jam (t3 0,5) dan probabilitas 52,8% bahwa van akan dimuat dalam sembilan menit atau kurang (t6 0,15), dan lain-lain. Nilai Ti telah dipilih secara sewenang-wenang dan dapat diperpanjang atau dimodifikasi jika diperlukan. Pada tahap ini, perlu diperkenalkan lagi beberapa definisi teori antrian (lihat Wilkes, Bab 7), yang semuanya didasarkan pada tingkat kedatangan (λ) dan layanan (μ) yang ditunjukkan pada Tabel 10.13.

Beberapa aspek rumus pada Tabel 10.13 perlu diklarifikasi. Faktor penting dalam teori antrian adalah pemanfaatan layanan (traficintensity) ρ, yang harus selalu kurang dari 1. Karena ρ=λ/μ, persyaratan ini berarti bahwa tingkat layanan μharus lebih besar dari tingkat kedatangan λ, jika tidak, panjang antrian akan terus bertambah tanpa batas. antrian' mengacu pada jumlah van yang menunggu untuk dimuat; sementara 'dalam sistem' mengacu pada jumlah van yang dimuat dan mereka yang menunggu dalam antrean untuk dimuat. Data MeadowSweet sekarang dapat dihitung.

ρ	= λ/μ =4/5=0.8	= 80%
P_0	= 1−ρ =1 – 0.8=0.2	= 20%
λ/(μ−λ)	= 4/(5−4)	= 4 van
$\lambda^2/\mu(\mu-\lambda)$	= 4^2/5(5−4)=16/5	= 3.2 van
1/(μ−λ)	= 1/(5−4)	= 1 jam
λ/μ(μ−λ)	= 4/5(5−4)=0.8 hours	= 48 menit
1/μ =1/5	= 0.2 hours	= 12 menit

Meringkas rincian di atas memberikan MeadowSweet Creameries beberapa informasi yang berguna.

- Fasilitas layanan (yaitu, pengemudi forklift dan truk tunggal) sibuk 80% dari waktu.
- Jumlah rata-rata van dalam sistem adalah empat.
- Ada rata-rata 3,2 van dalam antrian menunggu untuk dimuat.
- Waktu rata-rata yang dihabiskan sebuah van dalam sistem adalah satu jam.
- Waktu tunggu rata-rata untuk setiap van adalah 48 menit.
- Waktu pemuatan rata-rata untuk setiap van adalah 12 menit.

Tabel 10.12 Menurunkan probabilitas waktu layanan menggunakan fungsi EXPONDIST.

		Cumulative probability	
T_i (in hours)	Service times t_i	EXPONDIST (T, 5, TRUE)	
$T_1 = 1$ hour	$P\ (t_1 \leq 1.0)$	0.99326	(99.3%)
$T_2 = 0.75$	$P\ (t_2 \leq 0.75)$	0.97648	(97.6%)
$T_3 = 0.5$	$P\ (t_3 \leq 0.5)$	0.91792	(91.8%)
$T_4 = 0.35$	$P\ (t_4 \leq 0.35)$	0.82623	(82.6%)
$T_5 = 0.25$	$P\ (t_5 \leq 0.25)$	0.71350	(71.4%)
$T_6 = 0.15$	$P\ (t_6 \leq 0.15)$	0.52763	(52.8%)
$T_7 = 0.1$	$P\ (t_7 \leq 0.10)$	0.39347	(39.3%)
$T_8 = 0.05$	$P\ (t_8 \leq 0.05)$	0.22120	(22.1%)

Tabel 10.13 Beberapa Aspek Rumus

Rumus	Deskripsi
$\rho = \lambda/\mu$	Faktor pemanfaatan atau intensitas lalu lintas, yaitu persentase waktu sibuknya fasilitas pelayanan
$P_x = \rho^x(1-\rho)$	Probabilitas bahwa ada x pelanggan dalam sistem
$P_0 = 1-\rho$	Probabilitas sistem dalam keadaan idle, yaitu tidak ada pelanggan
ρ^x	Probabilitas bahwa setidaknya ada x pelanggan dalam sistem
$\lambda/(\mu-\lambda)$	Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem (antrian+layanan)
$\lambda^2/\mu(\mu-\lambda)$	Jumlah rata-rata pelanggan dalam antrian menunggu layanan
$\mu/(\mu-\lambda)$	Jumlah rata-rata pelanggan dalam antrian (tidak termasuk antrian nol)
$\lambda/\mu\ (\mu-\lambda)$	Waktu antrian rata-rata
$1/(\mu-\lambda)$	Waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem (antrian+waktu layanan)
$1/\mu$	Waktu layanan rata-rata

Menambahkan sumber daya tambahan

Tahap selanjutnya adalah melihat bagaimana angka-angka ini terpengaruh ketika sumber daya tambahan, yaitu truk forklift kedua dan pengemudi, tersedia. Tingkat kedatangan van, λ= 4, tidak akan berubah tetapi tarif layanan,μ, akan menjadi dua kali lipat menjadi sepuluh van per jam. Namun, dari pengalaman sebelumnya yang diperoleh di anak perusahaan mereka yang lain, Riversdale, MeadowSweet tahu bahwa tidak praktis untuk hanya menggandakan tarif layanan. Karena hanya ada satu ruang muat (yaitu, hanya satu server), kedua forklift tidak dapat beroperasi secara bersamaan. Angka yang lebih realistis untuk adalah 8. Substitusi nilai ini pada μhubungan di atas, menghasilkan data berikut:

ρ	= λ/μ =4/8=0.5	= 50%
P_0	=1−ρ =1−0.5=0.5	= 50%
λ/(μ−λ)	=4/(8−4)	= 1 van
$\lambda^2/\mu(\mu-\lambda)$	=42/8(8−4)=16/32	= 0.5 van
1/(μ−λ)	=1/(8−4)=0.25 hour	= 15 menit
λ/μ(μ−λ)	=4/8(8−4)=1/8 hours	= 7.5 menit

1/μ =1/8 =0. 125 hours = 7.5 menit

Kedua set data diringkas dalam Tabel 10.14 dan analisis biaya-manfaat akhir diperoleh dengan menambahkan beberapa angka biaya ke sumber daya tambahan.

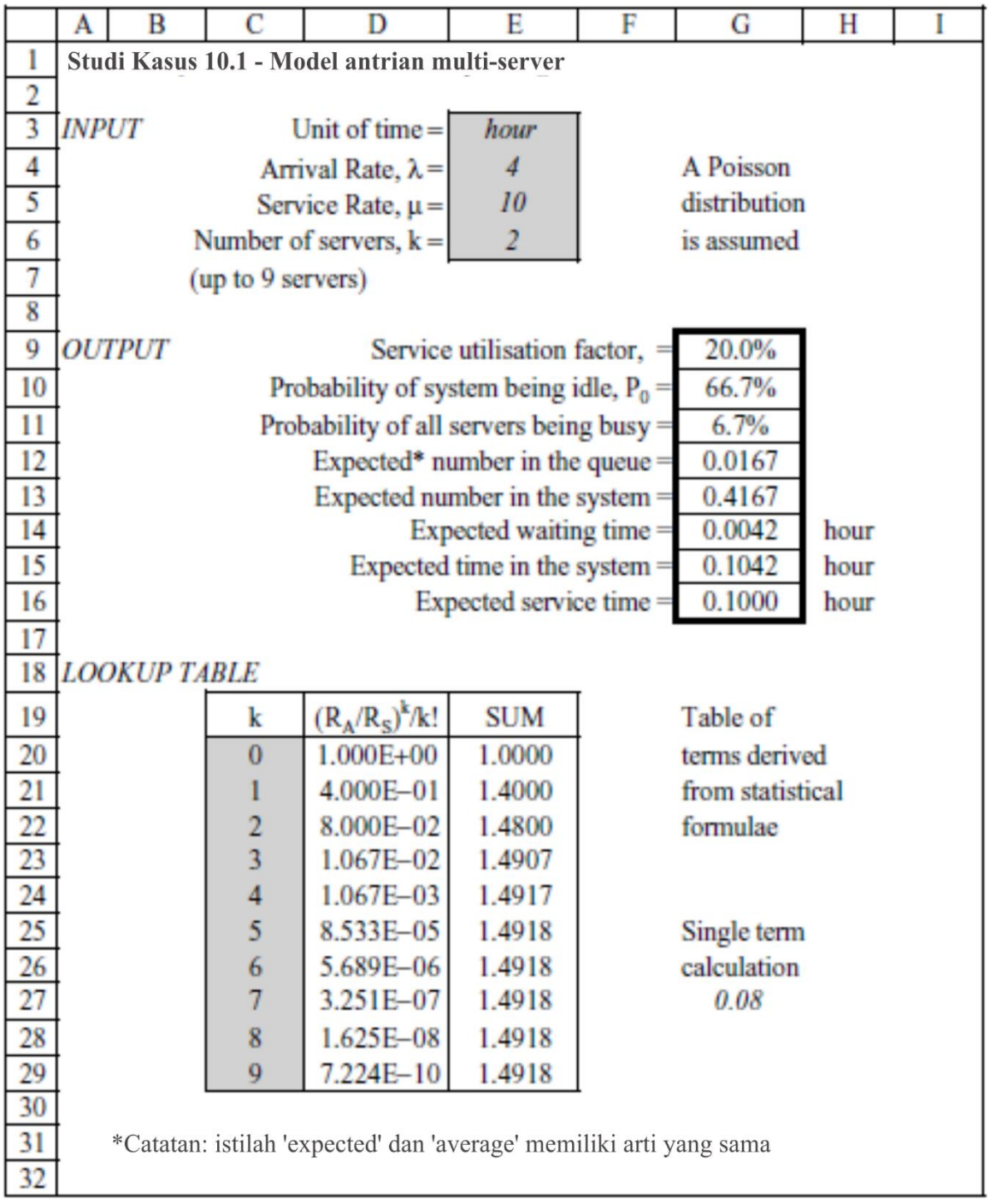
Akuntan MeadowSweet telah menyediakan biaya operasi berikut (termasuk tenaga kerja): biaya van Rp. 30 per jam dan truk forklift biaya Rp. 15 per jam. Dari Tabel 10.14, jelas bahwa pengurangan waktu rata-rata yang dihabiskan setiap van dalam sistem adalah (60 – 15) = 45 menit = 0,75 jam. Ketika biaya operasi diterapkan, ada penghematan 0,75× Rp. 30 = Rp. 22,50 per jam. Jumlah ini berkurang menjadi penghematan bersih sebesar Rp. 7,50 per jam setelah biaya forklift tambahan sebesar Rp. 15 disertakan. Berdasarkan angka-angka ini, tampaknya akan bermanfaat untuk menyewa truk forklift lain dan mempekerjakan operator kedua. Namun, harus juga dicatat bahwa waktu luang sistem meningkat dari 20% menjadi 50%, yaitu, dua pengemudi forklift tidak akan melakukan apa pun selama separuh waktu! Analisis lebih lanjut juga dapat menunjukkan apakah ada manfaat yang diperoleh dengan membeli daripada menyewa forklift kedua.

Model multi-server: membangun model spreadsheet

'Dalam model satu server, ada satu antrian dan fasilitas layanan selesai, misalnya, mobil menunggu dalam antrean untuk menggunakan fasilitas cuci mobil yang mudah. Dalam model antrian multi-server atau multi-saluran ada dua atau lebih server atau fasilitas layanan yang tersedia untuk melayani satu antrian, misalnya, antrian mobil dalam antrian untuk menggunakan dua (atau lebih) fasilitas cuci mobil. dari satu antrian (panjang) ke antrian lain (lebih pendek). Model yang dikembangkan di sini mengasumsikan antrian tunggal dengan fasilitas multi-layanan.

Tabel 10.14 model antrian multi-server

Ringkasan	Situasi tertentu	Dengan sumber ekstra
Jumlah van yang dimuat per jam, μ	5	8
Faktor pemanfaatan layanan, ρ	0.8	0.5
Probabilitas sistem dalam keadaan idle	0.2	0.5
Jumlah rata-rata van dalam sistem	4	1
Jumlah rata-rata van dalam antrian	3.2	0.5
Waktu rata-rata yang dihabiskan sebuah van dalam sistem	60 menit	15 menit
Waktu tunggu rata-rata untuk setiap van	48 menit	75 menit
Waktu pemuatan rata-rata untuk setiap va	12 menit	75 menit



Studi Kasus 10.1 - Model antrian multi-server

INPUT

Unit of time =	*hour*
Arrival Rate, λ =	*4*
Service Rate, μ =	*10*
Number of servers, k =	*2*

(up to 9 servers)

A Poisson distribution is assumed

OUTPUT

Service utilisation factor, =	20.0%	
Probability of system being idle, P_0 =	66.7%	
Probability of all servers being busy =	6.7%	
Expected* number in the queue =	0.0167	
Expected number in the system =	0.4167	
Expected waiting time =	0.0042	hour
Expected time in the system =	0.1042	hour
Expected service time =	0.1000	hour

LOOKUP TABLE

k	$(R_A/R_S)^k/k!$	SUM
0	1.000E+00	1.0000
1	4.000E–01	1.4000
2	8.000E–02	1.4800
3	1.067E–02	1.4907
4	1.067E–03	1.4917
5	8.533E–05	1.4918
6	5.689E–06	1.4918
7	3.251E–07	1.4918
8	1.625E–08	1.4918
9	7.224E–10	1.4918

Table of terms derived from statistical formulae

Single term calculation

0.08

*Catatan: istilah 'expected' dan 'average' memiliki arti yang sama

Gambar 10.21 Model antrian multi-server.

Rumus untuk model multi-server adalah ekstensi dari yang sudah digunakan dalam model server tunggal. Meskipun formula baru ini mungkin tampak agak rumit, mereka cukup sederhana untuk diatur pada Gambar 10.21, seperti yang dapat dilihat dari template formula model. λ didefinisikan sebagai tingkat kedatangan, adalah tingkat layanan, dan k adalah jumlah server. Kumpulan rumus baru (lihat Wilkes, Bab 7) untuk model multi-server diberikan

pada Tabel 10.15 di mana ρ adalah faktor pemanfaatan atau intensitas lalu lintas, yaitu persentase waktu fasilitas layanan sibuk. P_0 adalah probabilitas sistem dalam keadaan idle, yaitu tidak ada pelanggan yang dilayani.

Di bagian server tunggal di atas, Meadow Sweet Creameries memeriksa opsi untuk menyewa truk forklift kedua dan operator tambahan dalam upaya meningkatkan fasilitas pemuatan di anak perusahaan Greenhills mereka. Jika alternatif lain seperti fasilitas multi-layanan disertakan, maka MeadowSweet harus mempertimbangkan pembangunan ruang muat kedua yang akan melipatgandakan tingkat layanan dari tingkat sebelumnya lima van menjadi sepuluh van per jam. Dalam model multi-server, faktor pemanfaatan layanan adalah λ/kμ, yang harus selalu lebih kecil dari 1. Persyaratan ini berarti bahwa tingkat layanan maksimum kμ harus lebih besar dari tingkat kedatangan λ, di mana k adalah jumlah server . Model multi-server sekarang dikembangkan menggunakan Tabel 10.16.

Tabel 10.15 Rumus untuk model multi-server.

$\rho = \frac{\lambda}{k\mu}$	$P_0 = 1/((\lambda/\mu)^k/[k!(1-\rho)] + \sum_{n=0}^{k-1} (\lambda/\mu)^n/n!)$
$P_k = P_0(\lambda/\mu)^k/[k!(1-\rho)]$	Pk adalah peluang terdapat k atau lebih pelanggan dalam sistem.
$\rho P_0(\lambda/\mu)^k/[k!(1-\rho)^2]$	Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian menunggu layanan.
$\rho P_0(\lambda/\mu)^k/[k!(1-\rho)^2] + \lambda/\mu$	Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem (antrian+layanan).
$\rho P_0(\lambda/\mu)^k/[k!(1-\rho)^2\lambda]$	Waktu rata-rata seorang pelanggan dalam antrian.
$\rho P_0(\lambda/\mu)^k/[k!(1-\rho)^2\lambda] + 1/\mu$	Waktu rata-rata pelanggan berada dalam sistem (waktu antrian+layanan).
$1/\mu$	Waktu layanan rata-rata.

Tiga nilai input pengguna untuk opsi multi-server MeadowSweet adalah: tingkat kedatangan λ = 4 van van per jam, service rate μ=10vansloadedperhour,and k =2,thenumberofloadingbays. Memasukkan nilai-nilai ini ke dalam model antrian multi-server menghasilkan hasil (dalam jam) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.21. Perlu dicatat bahwa jawaban untuk situasi server tunggal sebelumnya di mana (i) λ=4, μ=5, k =1, dan (ii) λ=4, μ=8, k =1 juga dapat ditemukan dengan mengganti nilai-nilai ini ke dalam model multi-server. Ringkasan akhir untuk ketiga opsi diberikan pada Tabel 10.17.

Tampaknya opsi 2 menawarkan kemungkinan terbaik untuk kesulitan memuat MeadowSweet. Sementara opsi 3 praktis menghilangkan antrean (0,02 van dalam antrian), ada tingkat penggunaan layanan yang rendah (20%) serta probabilitas tinggi (66,7%) bahwa operator tidak akan melakukan apa-apa! Ketika angka-angka ini digabungkan dengan biaya pembangunan ruang muat lain, opsi 3 tampaknya tidak cocok untuk volume lalu lintas saat ini.

Tabel 10.16 Model antrian multi-server – rumus lembar kerja.

Cell	Formula	Copied to
E8	IF(E4/(E5*E6) <1,"","Utilisation factor must be less than 1")	
G9	E4/(E5*E6)	
G10	1/(VLOOKUP(E6–1, C20:E29, 3) + G27/(1–G9))	
G11	G27*G10/(1–G9)	
G12	G9*(E4/E5)^E6*G10/(FACT(E6)*(1–G9)^2)	
G13	G12 + E4/E5	
G14	G12/E4	
G15	G14 + G16	
G16	1/E5	
H14	E$3	H15:H16
D20	(E$4/E$5)^C20/FACT(C20)	D21:D29
E20	D20	
E21	E20 + D21	E22:E29
G27	VLOOKUP(E6, C20:E29, 2)	

Tabel 10.17 Ringkasan akhir

Final summary	Option 1 $\lambda = 4, \mu = 5, k = 1$	Option 2 $\lambda = 4, \mu = 8, k = 1$	Option 3 $\lambda = 4, \mu = 10, k = 2$
Pemanfaatan layanan (%)	80%	50%	20%
Waktu tunggu rata-rata untuk setiap van	48 min.	7.5 min.	0.25 min.
Jumlah rata-rata van dalam sistem	4	1	0.42
Jumlah rata-rata van dalam antrian	3.2	0.5	0.02
Waktu pemuatan rata-rata untuk setiap van	60 min.	15 min.	6.25 min.
Probabilitas sistem kosong	12 min.	7.5 min.	6 min.
	20%	50%	66.7%

Model simulasi antrian: memprediksi pola perilaku

Banyak situasi dunia nyata, termasuk antrian, mengandung begitu banyak variabel yang tidak diketahui sehingga tidak mungkin untuk menyelesaikannya secara analitis, misalnya, mencoba memprediksi secara akurat kapan pelanggan akan bergabung dalam antrian. Dalam kasus seperti itu, pendekatan terbaik untuk mensimulasikan atau meniru proses dengan mengembangkan model dan kemudian mempelajari perilakunya. waktu antara kedatangan pelanggan di fasilitas layanan.

Pendekatan antrian yang digunakan dalam Contoh Manis Padang Rumput tergantung pada asumsi string yang dibuat tentang karakteristik model. Dalam praktiknya, asumsi ini

seringkali tidak realistis. Misalnya, jika pola kedatangan (λ) dan waktu pelayanan (μ) tidak diukur dengan benar, maka kesimpulan model mungkin tidak valid. Karena model simulasi lebih mewakili dunia nyata, model ini sangat populer di kalangan manajer bisnis. Namun, simulasi banyak sistem antrian sangat kompleks dan memerlukan penggunaan paket perangkat lunak simulasi tujuan khusus seperti GPSS, SIMSCRIPT, atau SIMFACTORY.

Model simulasi untuk masalah antrian MeadowSweet

Tiga puluh dua van pengiriman tiba di Greenhills setiap hari. Karena hanya ada satu ruang muat, rata-rata hanya lima van yang dapat dimuat selama satu jam. Oleh karena itu, MeadowSweet memutuskan untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat tentang pola kedatangan. Ia telah meminta seorang karyawan di Greenhills untuk mencatat jumlah van yang tiba setiap jam selama delapan jam sehari. Catatan pola persaingan untuk 32 mobil telah disimpan selama beberapa hari. Hasilnya dirangkum dalam tabel di bawah ini. Persentase (atau probabilitas) untuk setiap grup van dapat dengan mudah dihitung, misalnya, probabilitas nol van = 0/80 = 0,0, satu van 5/80 = 0,06, dua van=15/80=0,19, dan lain-lain.

Jumlah van yang datang	0	1	2	3	4	5	6
Jumlah Interval	0	5	15	20	20	15	6
Probabilitas	0.0	0.06	0.19	0.25	0.25	0.19	0.06

Model simulasi Gambar 10.22 telah menemukan bahwa rata-rata 3,85 van tiba setiap jam. Nilai ini sangat dekat dengan tingkat kedatangan rata-rata MeadowSweet dari λ= 4. Karena model telah mensimulasikan jumlah interval per jam yang kecil (hanya 20), jawaban yang lebih realistis akan diperoleh dengan menggunakan angka yang jauh lebih besar, katakanlah setidaknya 320 (yaitu, 8 minggu). Jika MeadowSweet juga telah mencatat data waktu yang dibutuhkan untuk memuat setiap van, maka tabel probabilitas lain untuk waktu layanan dapat ditambahkan ke model simulasi (lihat Contoh 2.8 di Bab 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	**Studi Kasus 10.1 - Model simulasi untuk MeadowSweet Creameries**											
2												
3		**'Van arrivals' table**						**Random van arrivals**				
4		<-- Limits -->		Van				Inter-	RAND	No. of	See	
5		Lower	Upper	Nos.	Freq.	P_i		val	no.	Vans	note A	
6		0	0.00	0	0	0.00		1	0.03	1	0	
7		0.00	0.06	1	5	0.06		2	0.22	2	0	
8		0.06	0.25	2	15	0.19		3	0.05	1	0	
9		0.25	0.50	3	20	0.25		4	0.80	5	0	
10		0.50	0.75	4	20	0.25		5	0.38	3	0	
11		0.75	0.94	5	15	0.19		6	0.28	3	0	
12		0.94	1.00	6	5	0.06		7	0.77	5	0	
13					80	1.00		8	0.38	3	0	
14		*User input cells are shaded*						9	0.84	5	0	
15								10	0.39	3	0	
16								11	0.73	4	0	
17		***Rata-rata jumlah mobil van yang dapat***						12	0.08	2	0	
18		***dimuat dalam satu jam adalah 5***						13	0.94	6	1	
19								14	0.32	3	0	
20								15	0.87	5	0	
21		***Catatan A :*** *Ceell K6:K25 berisi jumlah*						16	0.84	5	0	
22		*van yang menunggu untuk dimuat*						17	0.65	4	0	
23		*setiap jam*						18	0.94	6	1	
24								19	0.96	6	1	
25								20	0.80	5	0	
26				Rata-rata jumlah van yang tiba setiap jam =						***3.85***		
27			Rata-rata jumlah van yang menunggu untuk dimuat setiap jam =								***0.15***	
28												
29		Terus tekan tombol kalkulasi ulang F9 untuk menghasilkan angka acak baru										
30												
31		**Cell**	***Formula***						***Copied to***			
32		E13	SUM(E6:E12)						F13			
33		F6	E6/E$13						F7:F12			
34		C6	F6									
35		B7	C6						B8:B12			
36		C7	C6 + F7						C8:C12			
37		I6	RAND()						I7:I25			
38		J6	VLOOKUP(I6,B$6:D$12,3)						J7:J25			
39		K6	IF(J6<=5,0,J6-5)						K7:K25			
40		J26	SUM(J6:J25)/H25									
41		K27	SUM(K6:K25)/H25									
42												
43	***Perhatikan bahwa model hanya berisi data untuk interval DUA PULUH jam pada baris 6-25.***											
44	***Dalam praktiknya, jumlah interval yang jauh lebih besar (320 interval = 8 minggu)***											
45	***akan disimulasikan.***											

Gambar 10.19 Model simulasi masalah antrian MeadowSweet.

10.6 FUNGSI EXCEL YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBANGUNAN MODEL

Model yang dikembangkan dalam bab ini memperkenalkan tiga fungsi Excel untuk pertama kalinya, yang masing-masing dijelaskan di bawah ini. Pengguna harus ingat bahwa fasilitas bantuan online yang komprehensif juga disediakan oleh Excel.

1. **EXPONDIST: EXPONDIST (nilai, lambda, kumulatif)** mengembalikan distribusi probabilitas eksponensial. EXPONDIST banyak digunakan dalam model antrian atau waitingline untuk menentukan lamanya waktu antar kedatangan di fasilitas layanan seperti supermarket check-out.

   nilai = nilai yang memerlukan probabilitas eksponensial.

   lambda = mean dari distribusi eksponensial.

   Kumulatif = nilai logika yang dapat disetel sama dengan TRUE untuk memberikan probabilitas eksponensial kumulatif, atau disetel ke FALSE untuk memberikan probabilitas eksponensial individual.

   Contoh: Pelanggan tiba di stasiun pengisian bahan bakar dengan tarif 25 per jam. Jika seorang pelanggan baru saja tiba, berapa probabilitas bahwa pelanggan berikutnya akan tiba dalam waktu 6 menit (0,1 jam)? Jawabannya adalah EXPONDIST(0.1, 25, TRUE)=0.9179, yaitu 91.8%.
2. **FACT: FSCT (angka)** mengembalikan faktorial dari suatu angka. Faktorial N didefinisikan sebagai 1.2.3.4.5...(N–1).N.

   Perhatikan konvensi khusus untuk Faktorial 0=FACT(0)=1.

   Contoh: Faktorial 4 (biasanya ditulis 4!) sama dengan 1.2.3.4=24 dan 5!= 1.2.3.4.5=120.
3. **POISSON: POISSON (X, mean, kumulatif)** mengembalikan distribusi probabilitas Poisson. Distribusi Poisson memiliki berbagai aplikasi. Ini sangat berguna ketika jumlah hasil yang berhasil diketahui tetapi bukan jumlah kegagalan. Contoh tipikal adalah memprediksi jumlah kedatangan di fasilitas layanan dalam, katakanlah, periode 15 menit, mengingat jumlah rata-rata kedatangan per jam.

   X = jumlah keberhasilan.

   mean = jumlah keberhasilan yang diharapkan atau rata-rata.

   Kumulatif = nilai logika yang dapat disetel sama dengan TRUE untuk memberikan probabilitas Poisson kumulatif dari X atau lebih sedikit keberhasilan, atau diatur ke FALSE untuk memberikan probabilitas tepat X keberhasilan.

   Contoh:Pelanggan tiba di fasilitas transportasi makanan cepat saji rata-rata 30 per jam. Berapa probabilitas bahwa (i) tepat 33 (ii) 33 atau lebih sedikit pelanggan akan tiba dalam satu jam berikutnya? Jawabannya adalah (i) POISSON(33, 30, SALAH) = 0,0599 = 6,0%, dan (ii) POISSON(33, 30, TRUE)=0,7444=74,4%.

10.7 LATIHAN

1. The Perusahaan Springbed telah memperkenalkan tambahan baru untuk rangkaian produknya. Perusahaan akan memproduksi barang baru di tiga pabriknya, P1, P2 dan P3 yang memiliki kapasitas produksi tahunan 1500, 2000, dan 1000 dengan biaya

produksi unit masing-masing Rp. 4, Rp. 3, dan Rp. 2. Produk akan didistribusikan melalui dua gudang perusahaan W1 dan W2 yang melibatkan biaya penanganan unit masing-masing sebesar Rp. 3 dan Rp. 4. Permintaan pelanggan terkonsentrasi di tiga pusat perbelanjaan utama yang terletak di S1, S2 dan S3 dengan perkiraan kebutuhan tahunan masing-masing 1000, 1200, dan 900. Biaya transportasi unit (dalam Rp.) dari pabrik ke gudang dan biaya pengiriman unit dari gudang ke pelanggan ditunjukkan pada tabel berikut.

	P1	P2	P3
W1	9	7	12
W2	5	6	4

S1	S2	S3
4	5	9
5	3	8

Bloggs Engineering menghasilkan sebuah item yang membutuhkan empat proses berbeda dalam pembuatannya. Perusahaan baru-baru ini melakukan latihan kerja-studi untuk mengukur kinerja lima karyawan mereka. Ini telah menyusun Tabel 10.18 yang menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan setiap pekerja untuk melakukan pekerjaan tertentu (dalam jam). Blog Teknik sekarang ingin menentukan karyawan mana yang harus ditugaskan ke berbagai proses untuk meminimalkan total waktu manufaktur. (Perhatikan bahwa ini adalah masalah penugasan yang tidak seimbang.)

(Jawaban: Waktu minimum 30 jam dengan karyawan E1 ditugaskan ke pekerjaan J2, E2 tidak ditugaskan, E3, E4, E5 ditugaskan ke J1, J3, dan J4.)

2. Tabel berikut memberikan koordinat peta dan jumlah barang yang dikirim secara teratur ke enam pelanggan utama Produk Peralatan Dapur. Peralatan dapur ingin memusatkan operasi distribusinya dan ingin mengetahui lokasi terbaik untuk gudang baru. Dengan menggunakan model lokasi fasilitas, selesaikan masalah Peralatan Dapur. Apa lokasi baru jika hanya jarak yang dipertimbangkan, yaitu faktor bobot 'barang yang dikirim' dihilangkan?

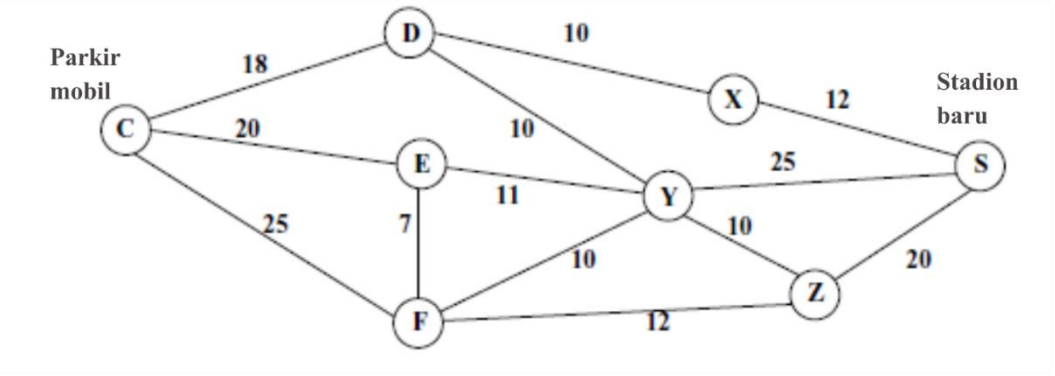
Tabel 10.18 Jawaban no 2

Employee	Job-1	Job-2	Job-3	Job-4
1	10	9	13	10
2	12	10	8	10
3	9	13	16	14
4	11	6	5	11
5	8	13	11	7

(Jawaban 1: (2.2,7.1) Jawaban 2: (2.4,7.6).)

3. Peta pada Gambar 10.23 menunjukkan bagian dari jaringan jalan untuk Kota Trendy, dengan nilai arus pejalan kaki maksimum (dalam 1000 detik). Sebuah stadion sepak bola baru, dengan kapasitas yang ditingkatkan, sedang direncanakan untuk

menggantikan stand lama. Karena ini adalah masalah jaringan, Anda telah memutuskan untuk menggunakan teknik aliran maksimal.



(Jawaban: Arus maksimum=51melalui CD(18), CE(11), CF(22), DX(10), DY(8), FE(0), EY(11), FY(10), FZ(12), YZ(8), YS(21), XS(10), ZS(20).)

4. MeadowSweet Creameries memproses dan mendistribusikan berbagai produk susu ke seluruh wilayah barat daya.Produk MeadowSweet yang paling populer–yogurt–diproses oleh dua pabrik krim yang lebih kecil di Greenhills dan Riversdale dan kemudian diangkut ke supermarket melalui berbagai rute. Angka mingguan pasokan yogurt dan permintaan supermarket disajikan pada Tabel 10.19 di bawah ini, demikian pula biaya transportasi (per 100 unit) untuk setiap rute. Dengan menggunakan model transhipment, temukan pola distribusi termurah untuk mengangkut yogurt ke enam supermarket. Jika produksi di Riversdale dikurangi menjadi 3000 unit, bagaimana pola distribusi yang paling murah?

Tabel 10.19 Angka mingguan pasokan yogurt dan permintaan supermarket

		Supermarket requirements					
Creamery	Supply	1	2	3	4	5	6
Greenhills	3000	1100	650	850	1000	950	1000
Riversdale	4000						
FROM:	TO:	1	2	3	4	5	6
Greenhills (GH)		20	25	20			
Riversdale (RV)					12	10	15
Supermarket 2		12		10		15	
Supermarket 5		12	12		7		8
Supermarket 6			10	4			

(Jawaban 1: Rp. 894 melalui GH-1(1100), GH-3(450), RV-4(1000), RV-5(1600), RV-6(1400), 5-2(650), 6 -3(400).Jawaban2: Rp. 916viaGH-1(1100),GH-2(600),GH-3(850),RV-4(1000),RV-5(1000),RV-6(1000) ,5-2(50).)

5. Perusahaan Batuan Dasar ingin menentukan jadwal produksi dan distribusi yang optimum. (Petunjuk: Pertama-tama buat tabel untuk menentukan cara paling murah untuk memasok pusat perbelanjaan Si dari pabrik Pi.)
   (Jawaban: Pabrik P1 memasok 1100 unit ke pusat perbelanjaan S2, pabrik P2 memasok 1000 unit ke S1, dan P3 memasok 100 unit ke S2 dan juga 900 unit ke S3.)
6. Joseph adalah perwakilan penjualan senior untuk Perusahaan KleenUp. Dia memiliki lima pelanggan utama di wilayah penjualannya, jarak antara setiap kota pelanggan ditunjukkan pada Tabel 10.20. Merlene selalu memulai rencana perjalanannya dari kantor pusat di HQ, mengunjungi setiap pelanggan hanya sekali dan kemudian kembali ke kantor pusat, yaitu, rencana perjalanannya membentuk lingkaran atau tur. Dia ingin mengetahui cara terbaik untuk mengunjungi pelanggan untuk meminimalkan total jarak yang ditempuh. Ini adalah langkah pertama dalam memecahkan masalah 'penjual keliling' yang terkenal dan harus diperlakukan sebagai masalah penugasan (menetapkan nilai yang sangat besar misalnya, 999, ke sel diagonal). Perhatikan bahwa dij tidak harus sama dengan dji dimana dij adalah jarak antara kota i dan kota j.

Tabel 10.20 jarak antara setiap kota pelanggan

From:	To:	HQ	A	B	C	D	E
HQ		–	27	33	39	35	55
A		35	–	49	26	66	57
B		34	35	–	32	76	99
C		35	33	35	–	79	77
D		36	71	80	83	–	27
E		57	62	99	79	29	–

(Jawaban: Solusinya adalah 178, menghasilkan 2 sub-tur terpisah HQ-A-C-B-HQ dan D-E-D. Coba gunakan solusi awal ini untuk membuat masalah penugasan baru dengan tujuan mencapai satu tur!)

7. Perusahaan Acme memproduksi dua produk, widget dan gadget. Penjualan yang diharapkan untuk tiga bulan ke depan adalah: widget, 3000, 3500, 3000; gadgets, 2500, 2000, 3000. Perusahaan memiliki kapasitas produksi bulanan 4000 unit yang dapat ditingkatkan menjadi 5000 unit dengan memanfaatkan lembur. Namun, lembur, menambahkan Rp. 2,50 ke biaya produksi normal setiap item. Biaya penyimpanan unit bulanan adalah Rp. 0,20 dan Rp. 0,30 untuk sebuah widget dan gadget masing-masing. Perusahaan saat ini memiliki 2000 widget dan 1500 gadget dalam stok. Perusahaan Acme ingin menemukan jadwal produksi yang akan meminimalkan biaya total (yaitu, biaya produksi dan penyimpanan lembur).
   (Petunjuk: Tetapkan nilai apa pun untuk biaya produksi normal, katakanlah, Rp. 1,00 per unit. Kemudian selesaikan sebagai masalah transportasi.)

Month	1	2	3
Widgets – on-hand		1000	1000
Normal production	3000	2000	1000
Overtime	–	500	1000
Gadgets – on-hand	1500		
Normal production	1000	2000	3000
Overtime	–	–	–

(Jawaban: Total biaya minimum adalah Rp. 17.850; Tabel 10.21 menunjukkan jadwal produksi.)

8. LeisureWorldUnlimitedmanufacturespatiofurniture.Perusahaan ini memiliki tiga produk: lounge, kursi, dan meja piknik. Dibutuhkan satu jam untuk menghasilkan satu ruang, 30 menit untuk kursi, dan satu setengah jam untuk tempat yang nyaman. Selain itu, dibutuhkan 6 unit bahan untuk kursi, 8,5 unit untuk sebuah meja, dan 11 unit untuk kursi. LeisureWorld memiliki 150 jam kerja dan 850 unit material yang tersedia untuk periode produksi mendatang. Keuntungan kursi, ruang santai, dan meja masing-masing adalah Rp. 20, Rp. 30, dan Rp. 40. Perusahaan telah memprioritaskan tiga tujuan produksinya sebagai berikut:
   - Raih keuntungan sekitar Rp. 3,000
   - Menghasilkan sekitar 50 lounge
   - Gunakan jam kerja sebanyak mungkin

   Merumuskan Kebutuhan Dunia Rekreasi sebagai pemrograman tujuan (GP) masalah dan memecahkan menggunakan Solver (Petunjuk: Baca kembali contoh GP dari 6.7. Perhatikan bahwa batasan sumber daya tenaga kerja tidak diperlukan karena sudah disertakan sebagai tujuan 3.)

   (*Jawaban: LeisureWorld harus membuat 52 lounge dan 37 meja untuk memperoleh keuntungan sebesar Rp. 3,040. Sasaran 1 dan 2 tercapai sementara Sasaran 3 kurang tercapai sebesar 28,33% dengan menggunakan 108 jam kerja.)*
9. Bill Brown adalah pemilik Bill's Barbecues, yang memproduksi barbekyu. Karena cuaca baik yang berkepanjangan, ada permintaan tak terduga untuk produk Bill. Untuk memenuhi peningkatan permintaan ini, Bill telah memutuskan bahwa ia harus menambah tingkat produksi normalnya sebesar 60 unit per bulan dengan produksi lembur. Bill telah memperkirakan permintaan untuk empat bulan ke depan menjadi 100, 90, 80, dan 70. Biaya produksi unitnya untuk setiap barbekyu adalah Rp. 50 untuk bahan mentah dan Rp. 40 tenaga kerja. Lembur akan meningkatkan produksi bulanan menjadi 85 barbekyu tetapi juga akan menambah Rp. 20 lagi untuk biaya tenaga kerja per unit. Perusahaan saat ini memiliki stok 30 barbekyu yang dikenakan biaya penyimpanan bulanan sebesar Rp. 3 per unit. Bill ingin merencanakan jadwal produksi yang layak untuk empat bulan ke depan yang akan memenuhi permintaan tepat waktu

sambil meminimalkan biaya produk. Siapkan masalah Bill sebagai model perencanaan agregat dan selesaikan dengan menggunakan Excel's Solver.

(Jawaban: Biaya produksi minimum Rp. 29.315 untuk empat bulan ke depan, dengan produksi lembur 15, 25, 20, 10 dalam bulan 1 hingga 4.)

10. Joe Murphy memiliki perusahaan kecil yang mengkhususkan diri dalam renovasi rumah. Joe memiliki lima pekerjaan yang harus diselesaikan selama bulan Juli, hari ini menjadi 1 Juli. Joe, bagaimanapun, ragu-ragu tentang urutan pekerjaan yang harus dilakukan. Dia telah memutuskan untuk menggunakan fasilitas SORT Excel dan beberapa aturan pengurutan (FIFO, SPT, EDD, CR, dan lain-lain.) untuk membantu mendapatkan gambaran situasi yang lebih jelas. Dia akan menggunakan tabel berikut yang memberikan rincian pekerjaan tentang (i) tanggal penyelesaian (jatuh tempo) yang dibutuhkan pelanggan, dan (ii) durasi (dalam hari):

Pekerjaan	A	B	C	D	E
Jatuh Tempo	10	16	30	5	23
Durasi	4	7	10	3	5

(Jawaban: Aturan prioritas EDD (tanggal jatuh tempo paling awal) memberikan urutan pekerjaan D, A, B, E, C tanpa pekerjaan yang terlambat dan rata-rata keterlambatan pekerjaan nol hari.)

11. Perusahaan Acme memiliki tujuh pekerjaan mendesak yang membutuhkan penggunaan dua fasilitas serial. Gunakan Aturan Johnson untuk menemukan cara paling efisien untuk mengurutkan tujuh pekerjaan. Waktu (dalam menit) untuk memproses setiap pekerjaan di setiap fasilitas ditunjukkan pada tabel berikut.

Pekerjaan	A	B	C	D	E	F	G
Fasilitas 1	7	11	4	14	17	20	12
Fasilitas 2	13	16	9	12	8	15	5

(Jawaban: Urutan pekerjaan yang benar adalah C, A, B, F, D, E, G memberikan waktu urutan 90 menit dengan total waktu idle 17 menit.)

12. Manajemen di Perusahaan Gizmo telah memperhatikan bahwa karyawan tampaknya terlalu terlambat ketika mengambil suku cadang dari toko pusat mereka. Sebuah studi 100 jam telah dilakukan dan jumlah kedatangan selama setiap jam dicatat seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Jumlah Kedatangan	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Jumlah Jam	1	7	13	20	22	16	11	7	3

- Hitung tingkat kedatangan rata-rata per jam, , selama periode 100 jam yang diamati.
- Toko suku cadang hanya memiliki satu asisten yang mampu melayani enam orang dalam satu jam. Menggunakan model antrian multi-server, bantu Gizmo

untuk mengetahui apakah kualitas layanan dapat ditingkatkan dengan mempekerjakan lebih banyak staf di toko pusat mereka. Berapa banyak (jika ada) lebih banyak staf yang dapat diterima, dan mengapa?

(*Jawaban: (1) = 4; (2) Satu asisten tambahan. Saat ini, satu server memberikan 'waktu tunggu dalam sistem' selama 30 menit dengan probabilitas 33,3% untuk menganggur. Dua asisten memberikan 'waktu tunggu dalam sistem' dari 11,25 menit dengan kemungkinan 50% menganggur. Gizmo harus mengurangi waktu tunggu dari 30 menjadi 11,25 menit, saat menggunakan waktu menganggur untuk memeriksa tingkat stok.)*

13. Ferdi Bloggs, pemilik Ferdi's Fresh Fish Shop, berencana untuk membuka fasilitas drive-in fish-n'-chips di samping restorannya yang populer. Setelah mempelajari fasilitas drive-in serupa, Ferdi memperkirakan bahwa pelanggan akan tiba pada interval waktu berikut (yaitu, waktu antar kedatangan):

Waktu kedatangan (menit)	1	2	3	4	5
Probabilitas	0.18	0.26	0.23	0.19	0.14

Dia bermaksud untuk memiliki satu palka melayani yang dapat melayani pelanggan (hingga maksimum 4) dengan tarif sebagai berikut:

Waktu pelayanan (menit)	1	2	3	4
Probabilitas	0.10	0.30	0.40	0.20

Ferdi prihatin tentang waktu tunggu rata-rata untuk pelanggan. Dia tahu bahwa pelanggan tidak akan menunggu lebih dari tujuh menit untuk dilayani dan dia ingin tahu berapa banyak pelanggan yang bisa dia hilangkan karena penundaan yang berlebihan. Gunakan metode Monte Carlo untuk mensimulasikan fasilitas drive-in untuk 20 mobil dan temukan (i) waktu tunggu rata-rata (ii) jumlah pelanggan yang hilang. (Catatan: Jika waktu pelayanan dimulai (berakhir) untuk pelanggan J ditentukan sebagai TB_J (TE_J), maka $_{TBJ+1}$ = max (TE_J, TA_{J+1}) dimana waktu kedatangan untuk pelanggan J, $TA_J = TA_1 + TA_2 + TA_3 + TAJ$ dan waktu tunggu = $TB_J – TA_J$) .

(Jawaban: Karena sifat sensitif dari generator angka acak ExcelRAND(),nilai simulasi akan berbeda untuk setiap model individu.)

14. Perusahaan Pencucian Mobil Cepat baru-baru ini membeli mesin waxing baru dan sekarang dapat menawarkan kepada pelanggannya dua pilihan (i) program cuci mobil standar 4 menit (ii) baru 6 menit 'cuci ' n ' lilin '. Pengamatan waktu kedatangan pelanggan telah menghasilkan tabel antar kedatangan sebagai berikut:

Waktu kedatangan (menit)	1	3	5	7	9
Probabilitas	0.08	0.20	0.27	0.29	0.16

Jika diasumsikan bahwa seperempat dari semua pelanggan akan memilih fasilitas wash-n'-wax, gunakan metode Monte Carlo untuk mensimulasikan operasi pencucian

mobil lebih dari 20 pelanggan. Oleh karena itu, carilah waktu tunggu rata-rata untuk setiap fasilitas.

(Jawaban: Karena sifat sensitif dari generator angka acak ExcelRAND(),nilai simulasi akan berbeda untuk setiap model individu)

BAB 11
MANAJEMEN PROYEK

11.1 PANDANGAN

Proyek adalah aspek berkelanjutan dari kegiatan produksi dan dapat berkisar dari membawa produk baru ke pasar hingga membangun rig minyak lepas pantai. Sementara sebagian besar proyek adalah peristiwa satu kali yang unik, ada beberapa yang bersifat siklus yang melibatkan kegiatan berkala seperti pemeliharaan pabrik. Proyek skala besar terdiri dari banyak pekerjaan yang harus diselesaikan, beberapa di tanah paralel lainnya secara berurutan oleh berbagai individu atau kelompok. Ketika ada sejumlah besar pekerjaan yang saling terkait, kontrol proyek dapat menjadi setiap kompleks. Dalam keadaan ini, biasanya disarankan untuk memecah proyek menjadi komponen logis yang lebih kecil, biasanya disebut sebagai tugas atau kegiatan.

Karena pengeluaran yang cukup besar terlibat, sebuah proyek harus dikelola dengan hati-hati untuk memastikan bahwa itu selesai tepat waktu. Manajemen proyek terdiri dari fungsi penting (i) perencanaan (ii) penjadwalan dan (iii) pengendalian kegiatan proyek. Fase awal perencanaan proyek melibatkan penetapan tujuan dan kriteria kinerja (biasanya diukur dari segi biaya dan waktu), mengidentifikasi kebutuhan sumber daya, dan menetapkan area tanggung jawab.

Fase praktis pengendalian proyek pada dasarnya adalah perbandingan antara apa yang sebenarnya telah selesai dengan apa yang direncanakan di awal. Daripada membiarkan proyek diselesaikan tanpa pemeriksaan kontrol, manajemen menunjuk aktivitas perantara tertentu yang dianggap sangat relevan, yang disebut tonggak, di mana kemajuan akan dievaluasi. Kontrol proyek menggunakan tonggak pencapaian secara berkala untuk meninjau kemajuan proyek. Jika pemeriksaan tonggak menunjukkan bahwa proyek terlambat, maka tindakan korektif harus diambil untuk mengembalikan proyek ke jalurnya.

Penjadwalan proyek berfokus pada kegiatan yang membentuk proyek. Jadwal menunjukkan kapan setiap aktivitas dimulai dan berakhir dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas, yaitu durasi aktivitas. Penjadwalan juga menunjukkan bagaimana setiap aktivitas terkait dengan aktivitas lainnya dalam proyek. Karena proyek sering memiliki tenggat waktu yang penting untuk dipenuhi, penjadwalan merupakan aspek penting dari manajemen proyek. Dimana ada sejumlah besar kegiatan yang saling terkait, waktu dan koordinasi menjadi sangat kompleks. Saat ini, manajer proyek menggunakan perangkat lunak komputer untuk membantu mereka mengidentifikasi aktivitas yang harus diselesaikan tepat waktu untuk menghindari penundaan keseluruhan proyek.

11.2 TEKNIK MANAJEMEN PROYEK

Istilah 'analisis jaringan' sering digunakan untuk menggambarkan berbagai teknik matematis yang telah dikembangkan untuk perencanaan dan pengendalian proyek besar. Tujuan utama metode manajemen proyek tersebut adalah untuk memantau kemajuan proyek, dan untuk mengidentifikasi tugas-tugas kritis yang dapat secara serius menunda penyelesaian proyek. Analisis jaringan membantu manajemen untuk menjawab pertanyaan seperti

- Kapan proyek akan selesai?
- Apa kegiatan kritis, yaitu tugas, yang jika ditunda, akan menunda keseluruhan proyek?
- Bagaimana keseluruhan proyek terpengaruh jika aktivitas kritis tertunda?
- Bagaimana keterkaitan antar kegiatan?

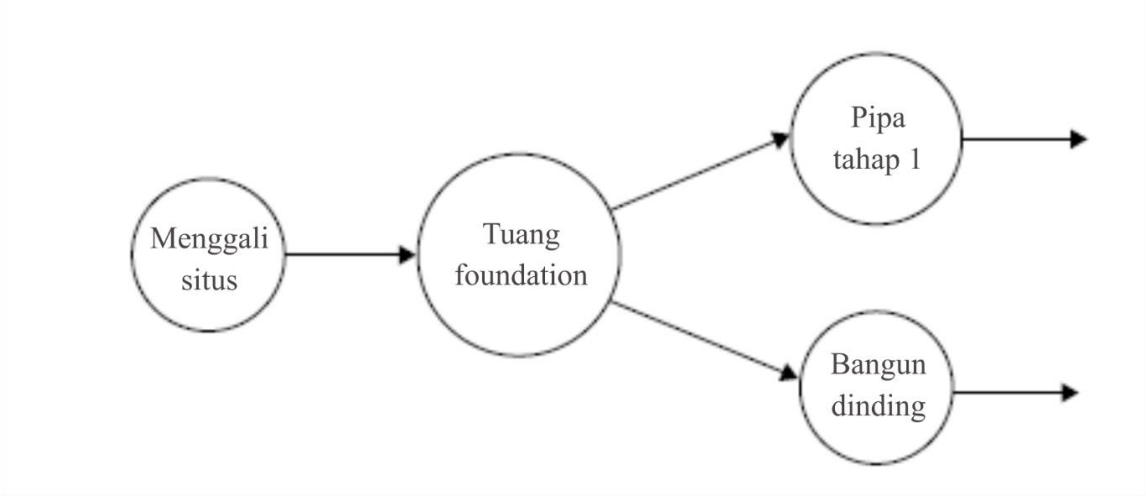
Dua teknik yang paling umum digunakan adalah metode jalur kritis (CPM) dan evaluasi proyek dan teknik peninjauan (PERT). Kedua teknik ini sangat mirip, perbedaan utamanya adalah asumsi mengenai akurasi perkiraan durasi untuk setiap tugas. PERT menekankan ketidakpastian dalam memperkirakan waktu tugas aktivitas sementara CPM dapat diprediksi secara akurat. Metode CPM adalah pendekatan penjadwalan yang digunakan di hampir semua perangkat lunak manajemen proyek saat ini, termasuk Microsoft Project.

Model CPM dan PERT menggunakan jaringan untuk menggambarkan hubungan antar proyek secara grafis. Sebuah jaringan terdiri dari simpul-simpul dan busur, juga disebut panah. Gambar 11.1 menunjukkan fitur-fitur utama dari jaringan parsial. Sebuah node mewakili tugas proyek (yaitu, aktivitas) dan digambarkan sebagai lingkaran dalam jaringan. Busur ditampilkan sebagai panah dan mendefinisikan keterkaitan antar node, menunjukkan aktivitas apa yang harus diakhiri sebelum aktivitas lain dapat dimulai.

11.3 JARINGAN PROYEK

Ada dua cara untuk merepresentasikan jaringan proyek.

1. Jaringan aktivitas-on-arc (AOA) di mana busur mewakili aktivitas proyek dan node adalah awal dan akhir dari aktivitas tersebut. Node awal dan akhir disebut 'event'. Kadang-kadang jaringan dapat berisi dua aktivitas yang memiliki node awal dan akhir yang sama.



Gambar 11.1 Jaringan parsial node dan busur.

Masalah ini diatasi dengan menyisipkan aktivitas dummy yang memiliki waktu durasi nol dan menggunakan nol sumber tetapi yang hubungan prioritasnya harus dipenuhi. Jaringan AOA juga disebut sebagai jaringan proyek berbasis aktivitas atau diagram panah.

2. Jaringan Activity-on-node (AON) di mana node mewakili aktivitas dan busur (yaitu, panah) menunjukkan hubungan yang diutamakan antara aktivitas (lihat Gambar 11.1). Karena setiap aktivitas didefinisikan secara unik dalam jaringan AON, node dummy hanya diperlukan jika jaringan tidak memiliki node awal (atau akhir) yang unik. Untuk alasan ini, lebih mudah menggunakan notasi AON saat mengembangkan model komputer. Jaringan AON terkadang disebut jaringan proyek berbasis peristiwa atau diagram prioritas. Semua jaringan activity-on-arc (AOA) dapat diubah menjadi diagram prioritas AON seperti yang ditunjukkan pada contoh berikut.

CONTOH 11.1 Mengubah jaringan AOA menjadi diagram prioritas

AON Perhatikan tabel activity-on-arrow(AOA) berikut yang mencakup aktivitas adummy(3,6):

Aktivitas	(1,2)	(2,3)	(2,4)	(3,6)	(4,6)	(3,5)	(5,7)	(6,7)
Waktu (Hari)	2	4	3	0	3	1	2	5

Langkah 1:

Buat sketsa diagram panah AOA.

Jaringan AOA berisi delapan aktivitas, termasuk aktivitas dummy seperti yang ditunjukkan oleh garis putus-putus pada Gambar 11.2. Aktivitas dummy ini menunjukkan bahwa aktivitas(2,3) harus diselesaikan sebelum aktivitas (6, 7) dapat dimulai.

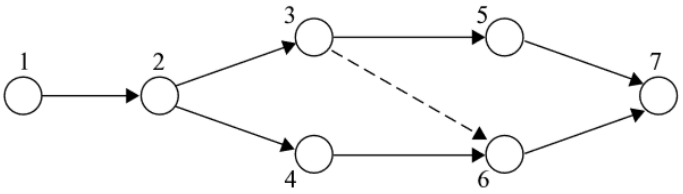
Langkah 2:

Buatlah diagram prioritas AON.

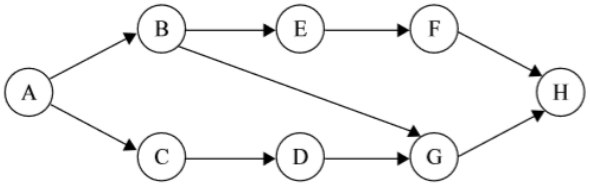
Alokasikan huruf ke busur AOA, kecuali aktivitas edummy(3,6), seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.Diagram prioritas AON berisi delapan aktivitas, termasuk simpul akhir adummyH

dengan durasi nol.Aktivitas AOAdummy(3,6) telah digantikan oleh panah prioritas AON BG pada Gambar 11.3.

Konvensi AON	A	B	C		D	E	F	G
Aktivitas	(1,2)	(2,3)	(2,4)	(3,6)	(4,6)	(3,5)	(5,7)	(6,7)
Waktu (Hari)	2	4	3	0	3	1	2	5



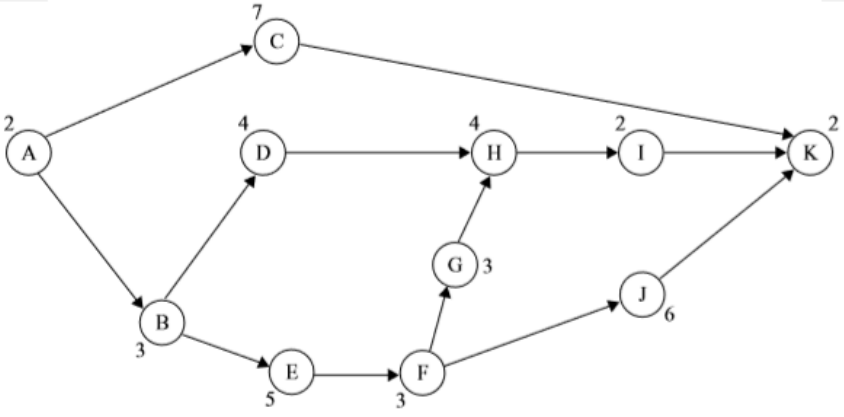
Gambar 11.2 Jaringan AOA.



Gambar 11.3 Panah Prioritas AON BG

STUDI KASUS 11.1 Membangun jaringan AON

STEKOM Big Corporation baru-baru ini memenangkan kontrak untuk membangun gudang besar. Untuk semua proyek, perusahaan menggunakan (i) konvensi aktivitas di simpul (AON) untuk menggambar jaringannya, dan (ii) teknik CPM untuk analisis jaringan. Langkah pertama Korporasi dalam mengembangkan jaringan AON adalah menentukan semua aktivitas spesifik yang membentuk proyek gudang, bersama dengan perkiraan waktu penyelesaian untuk setiap aktivitas. Huruf atau angka dapat digunakan untuk mendefinisikan aktivitas (mis., Node); dalam contoh ini huruf telah digunakan. Gambar 11.4 menunjukkan bagaimana Tabel 11.1 dapat disajikan sebagai jaringan AON.



Gambar 11.4 Jaringan AON dengan waktu aktivitas.

Metode jalur kritis (BPS)

Jalur melalui jaringan adalah urutan aktivitas yang menghubungkan node awal ke node akhir, misalnya, pada Gambar 11.4, node A–B–E–F–J–K membentuk jalur; demikian juga node A–C–K membentuk jalur lain. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas individu dalam jaringan harus diperkirakan. Suatu kegiatan dianggap kritis jika keterlambatan dalam memulai atau menyelesaikannya menyebabkan keseluruhan proyek tertunda.

Metode jalur kritis (CPM) – juga disebut analisis jalur kritis (CPA) – mengidentifikasi jalur kritis proyek, yaitu, jalur terpanjang melalui jaringan yang berisi aktivitas kritis proyek. Panjang jalur kritis mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua aktivitas di jalur kritis, dan memberikan waktu tersingkat di mana proyek dapat diselesaikan. Jaringan mungkin memiliki lebih dari satu jalur kritis. Teknik CPM menggunakan konsep forward dan backward pass untuk mengidentifikasi jalur kritis proyek.

Simbol Aktivitas	Deskripsi Aktivitas	Aktivitas Sebelumnya	Waktu penyelesaian (minggu)
A	Penggalian situs	–	2
B	Yayasan	A	3
C	Utilitas bawah tanah	A	7
D	Pipa: panggung	B	4
E	Pembingkaian	B	5
F	Atap	E	3
G	pekerjaan listrik	F	3
H	Dinding bagian dalam	D, G	4
I	Pipa: panggung	H	2
J	Penyelesaian eksterior	F	6
K	Lansekap	C, I, J	2

Forward Pass

The 'forward pass' adalah teknik untuk menentukan waktu paling awal bahwa setiap aktivitas dalam jaringan dapat dimulai dan selesai. Dimulai dengan aktivitas atau simpul awal proyek, teknik ini bergerak secara sistematis dari simpul ke simpul dalam arah maju menuju simpul akhir proyek, maka nama 'maju' berlalu. Waktu mulai paling awal (EST) pertama kali ditentukan untuk setiap aktivitas, dan kemudian digunakan untuk menemukan (i) waktu selesai paling awal (EFT), dan (ii) waktu paling awal proyek itu sendiri dapat selesai. Pass depan melibatkan empat aturan berikut:

- EST untuk node awal proyek adalah nol.
- Tidak ada aktivitas yang dapat dimulai sampai semua aktivitas sebelumnya selesai.
- Setelah nilai EST aktivitas diketahui, nilai EFT-nya ditemukan dari persamaan EFT = EST+T di mana T adalah durasi aktivitas.

- EST untuk aktivitas yang meninggalkan node mana pun sama dengan EFT terbesar dari semua aktivitas yang memasuki node yang sama.

Keempat aturan ini sekarang diterapkan pada jaringan gudang Gambar 11.4.

Node A:

Aturan 1: Karena A adalah node awal, ESTA =0

Aturan 3: EFTA =ESTA +TA =0+2=2 di mana TA adalah durasi aktivitas A yaitu, untuk aktivitas A, (EST, EFT)=(0, 2)

Karena aturan 2 terpenuhi, simpul B sekarang dapat diperiksa.

Node B:

Aturan 4: ESTB = EFTA = 2

Aturan 3: EFTB =ESTB +TB =2+3=5 yaitu, untuk aktivitas B, (EST, EFT)=(2, 5)

Karena aturan 2 terpenuhi, simpul C sekarang dapat diperiksa.

Node C:

Aturan 4: ESTC = EFTA = 2

Aturan 3: EFTC =ESTC +TC =2+7=9 yaitu, untuk aktivitas C, (EST, EFT)=(2, 9)

Karena aturan 2 terpenuhi, simpul D sekarang dapat diperiksa.

Node D:

Aturan 4: ESTD = EFTB = 5

Aturan 3: EFTD =ESTD +TD =5+4=9 yaitu, untuk aktivitas D, (EST, EFT)=(5, 9)

.....

..... dan lain-lain.

Node H memiliki dua node sebelumnya D dan G

Node H:

Aturan 4: ESTH =maksimum dari (EFTD, EFTG)=(9,16)=16

Aturan 3: EFTH =ESTH +TH =16+4=20 yaitu, untuk aktivitas H, (EST,EFT)=(16, 20)

.....

..... dan lain-lain.

Node K adalah node akhir (akhir) dan memiliki tiga node sebelumnya C, I dan J

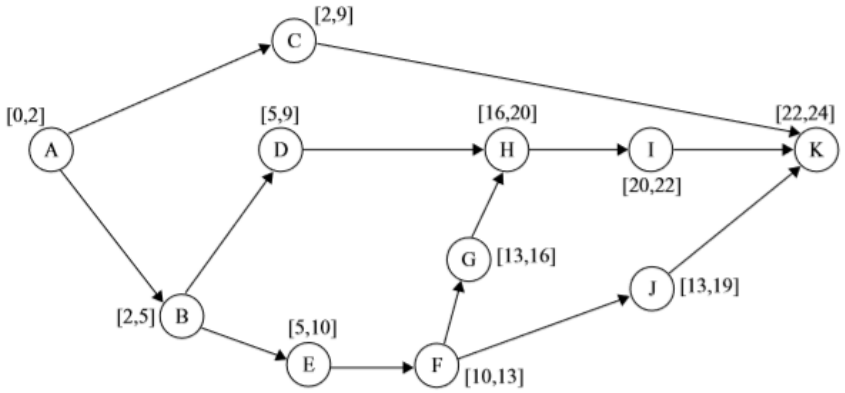
Node K:

Aturan 4: ESTK =maksimum dari (EFTC, EFTI, EFTJ)=(9,22,19)=22

Aturan 3: EFTK =ESTK +TK =22+2=24

yaitu, EFTK = waktu selesai paling awal untuk keseluruhan proyek, yaitu 24 minggu.

Pada akhir lintasan maju, waktu mulai dan selesai paling awal untuk setiap aktivitas telah ditemukan. Pada Gambar 11.5, nilai (EST, EFT) ditunjukkan dalam tanda kurung siku. Tabel lengkap nilai (EST, EFT) diberikan pada Tabel 11.2.



Gambar 11.5 Jaringan gudang dengan waktu mulai dan selesai paling awal (EST, EFT).

Table 11.2 (EST, EFT) values derived from the forward pass.

Activity	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
EST	0	2	2	5	5	10	13	16	20	13	22
EFT	2	5	9	9	10	13	16	20	22	19	24

Backward Pass

'Jalan mundur' mirip dengan umpan maju kecuali yang beroperasi dalam arah yang berlawanan. Dimulai dengan aktivitas atau simpul akhir proyek, teknik bergerak secara sistematis dari simpul ke simpul dalam arah mundur menuju simpul awal proyek. Teknik 'backward pass' digunakan untuk menentukan waktu terakhir setiap aktivitas dalam jaringan dapat dimulai dan diselesaikan tanpa menunda keseluruhan proyek. Waktu selesai terakhir (LFT) pertama kali ditentukan untuk setiap aktivitas, dan kemudian digunakan untuk menemukan (i) waktu mulai terakhir (LST), dan (ii) aktivitas kritis yang harus dimulai dan selesai tepat waktu. membalikkan.

- LFT untuk node akhir proyek sama dengan EFT-nya (ditemukan oleh forward pass).
- Tidak ada aktivitas yang dapat dimulai sampai semua aktivitas berikutnya selesai.
- Setelah nilai LFT aktivitas diketahui, nilai LST-nya ditemukan dari persamaan LST = LFT – T di mana T adalah durasi aktivitas. 4. LFT untuk aktivitas yang memasuki node mana pun sama dengan LST terkecil dari semua aktivitas yang meninggalkan node yang sama.

Empat aturan 'backward pass' sekarang diterapkan ke jaringan gudang Gambar 11.4.

Node K:

Aturan 1: Karena K adalah simpul akhir, LFTK =EFTK =24

Aturan 3: LSTK =LFTK – TK =24 – 2=22 dimana TK adalah durasi aktivitas K yaitu, untuk aktivitas K, (LFT, LST)=(24, 22)

Karena aturan 2 terpenuhi, simpul J sekarang dapat diperiksa.

Node J:

Aturan 4: LFtJ =LSTK =22

Aturan 3: LSTJ =LFTJ TJ =22−6=16 yaitu, untuk aktivitas J, (LFT, LST)=(22, 16)

Karena aturan 2 terpenuhi, simpul I sekarang dapat diperiksa.

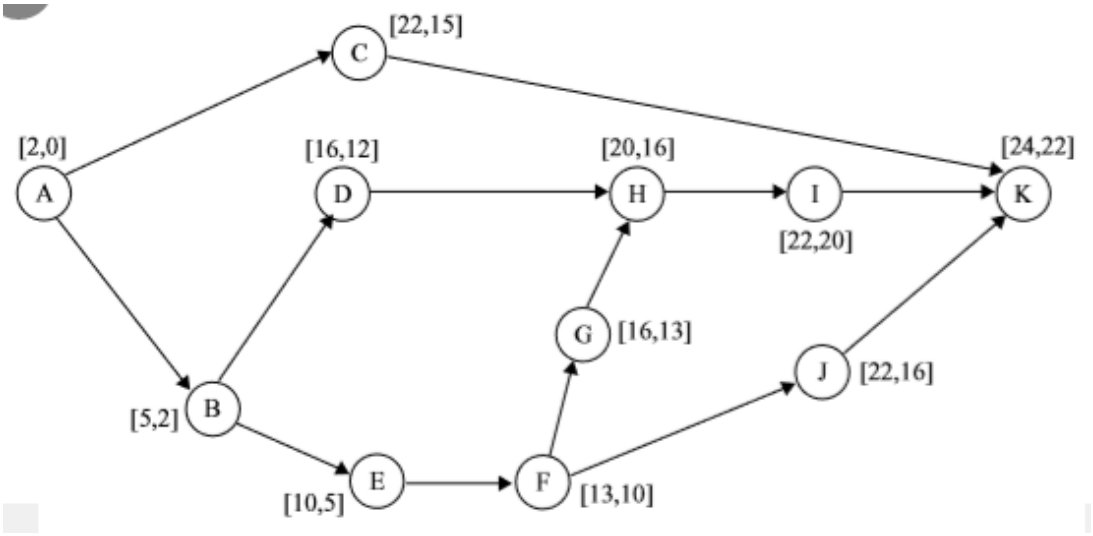
Node I:

Aturan 4: LFTI = LSTK = 22

Aturan 3: LSTI =LFTI TI =22−2=20 yaitu, untuk kegiatan I, (LFT, LST)=(22, 20)

.....

..... dan lain-lain.



Gambar 11.6 Jaringan gudang dengan waktu selesai dan mulai terbaru (LFT, LST).

Node F memiliki dua node berturut-turut G dan J.

Node F:

Aturan 4: LFTF =minimum dari (LSTG, LSTJ)=(13, 16)=13

Aturan 3: LSTF =LFTF TF =13−3=10 yaitu, untuk aktivitas F, (LFT, LST)=(13, 10)

.....

..... dan lain-lain.

Node A adalah node awal dan memiliki dua node berturut-turut B dan C.

Node A:

Aturan 4: LFTA =minimum (LSTB, LSTC)=(2, 15)=2

Aturan 3: LSTA =LFTA – TA =2–2=0 yaitu, LSTA =waktu mulai terakhir untuk keseluruhan proyek, yaitu nol minggu!

Pada akhir lintasan mundur, waktu selesai dan mulai terakhir untuk setiap aktivitas telah ditemukan. Pada Gambar 11.6, nilai (LFT,LST) ditampilkan dalam kurung persegi. Tabel lengkap nilai (LFT, LST) diberikan pada Tabel 11.3.

Float dan Critical Activities

Float (atau kekurangan) adalah jumlah waktu dimana suatu kegiatan dapat ditunda tanpa mempengaruhi penyelesaian proyek. Kegiatan yang tidak kritis memiliki waktu luang,

yaitu mengapung. Namun, aktivitas kritis tidak memiliki slack, yaitu floatnya nol. Float, Fi, untuk aktivitas i dapat ditemukan dari salah satu dari dua rumus

Fi =LSTi - ESTi atau Fi =LFTi - EFTi.

Oleh karena itu, float suatu aktivitas didefinisikan sebagai perbedaan antara (i) waktu mulai paling awal standarnya atau (ii) waktu selesai paling akhir dan paling awal. Persamaan Fi = LSTi− ESTi digunakan untuk menurunkan nilai (LST, EST) yang ditunjukkan pada Tabel 11.4. Nilai EST dan LST masing-masing ditemukan di Tabel 11.2 dan 11.3. Aktivitas C, Dan J memiliki nilai masing-masing 13,7, dan 3 minggu. Karena node lainnya tidak memiliki float, maka node tersebut kritis. Oleh karena itu jalur kritis adalah A–B–E–F–G–H–I–K memberikan total waktu proyek 24 minggu untuk penyelesaian, yaitu, nilai yang sama dengan EFT_K.

Tabel 11.3 (LFT, LST) nilai yang diturunkan dari back pass.

Activity	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
LFT	2	5	22	16	10	13	16	20	22	22	24
LST	0	2	15	12	5	10	13	16	20	16	22

Tabel 11.4 Aktivitas kendur dan kritis

Activity	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
EST	0	2	2	5	5	10	13	16	20	13	22
LST	0	2	15	12	5	10	13	16	20	16	22
Float	0	0	13	7	0	0	0	0	0	3	0

Mengembangkan Model BPS

Model CPM sekarang dikembangkan untuk proyek STEKOM Big Warehouse Corporation menggunakan Solver Excel. Kriteria utama yang digunakan adalah rumus float Fi =LSTi – ESTi yang telah dibahas pada bagian sebelumnya. Situasi ini membutuhkan model pemrograman linier (LP) yang relatif sederhana yang menggunakan Solver Excel dua kali untuk menemukan dua set waktu aktivitas yang

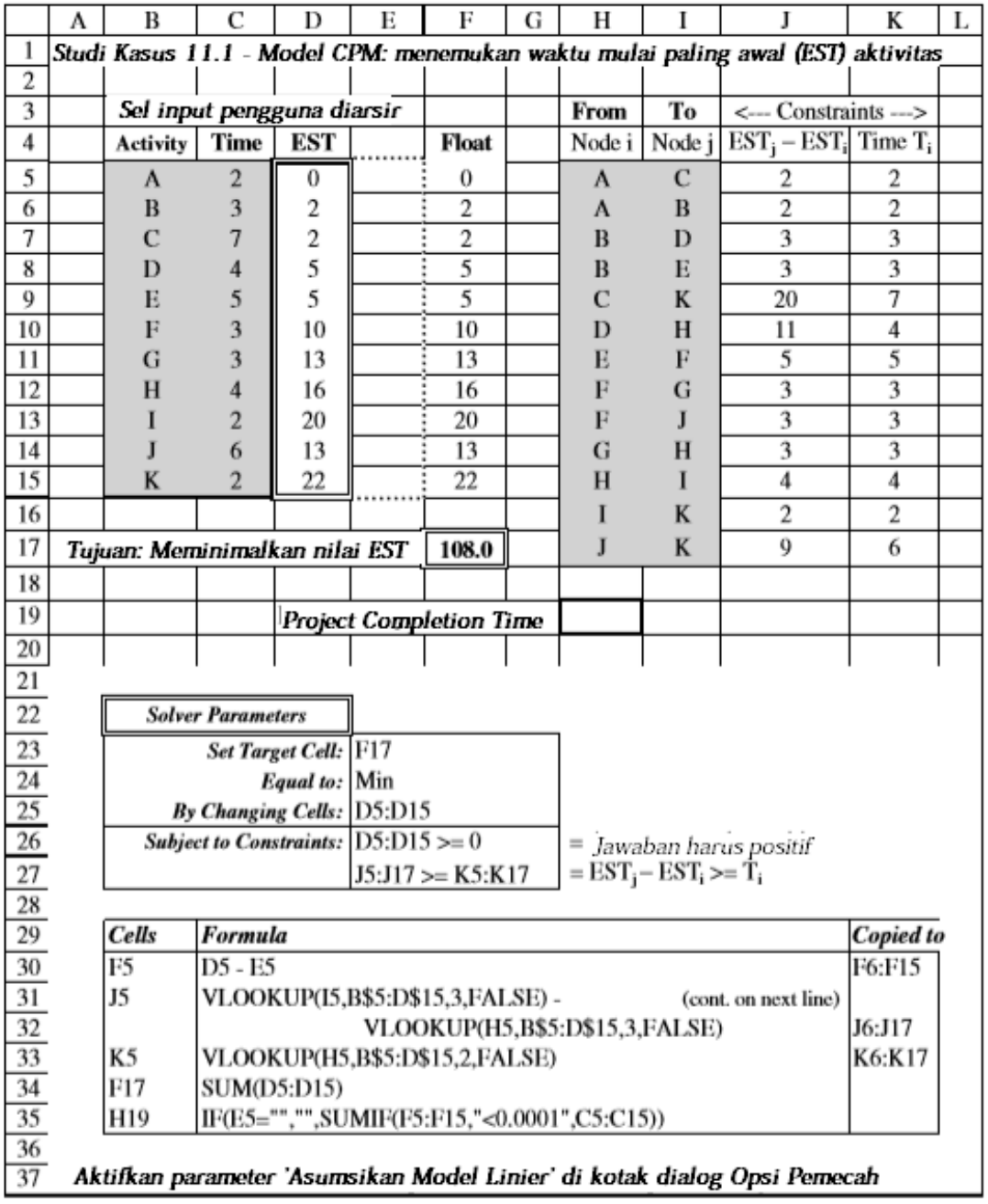
- meminimalkan jumlah nilai EST yang tunduk pada batasan ESTj – ESTi Ti untuk semua busur (i, j);
- memaksimalkan jumlah nilai LST yang tunduk pada kendala LSTj – LSTi Ti untuk semua busur (i, j). Sebelum menjalankan Solver untuk memaksimalkan nilai LST, batasan tambahan harus ditambahkan karena Rule1(BackwardPass), yaitu,LSTK harus sama denganESTK di mana node Kisthefinish (sel E15=D15 pada Gambar 11.8).

Meskipun model CPM dapat dibuat dalam satu spreadsheet, model ini telah dibagi menjadi dua bagian untuk presentasi yang lebih jelas. Gambar 11.7 menunjukkan cara meminimalkan

nilai EST, sedangkan Gambar 11.8 adalah versi yang sedikit dimodifikasi di mana satu-satunya perubahan yang diperlukan adalah

- di kotak 'Solver Parameters', (i) ubah 'Min' menjadi 'Max' (ii) tambahkan batasan ekstra, E15 = D15
- salin nilai EST (sel D5:D15 pada Gambar 11.7) ke dalam rentang sel E5:E15.

Jalur kritis, ABEFGHIK, mudah ditemukan dengan memilih aktivitas-aktivitas yang memiliki nilai nol pada kolom ‘float’ (F5:F15) pada Gambar 11.8. Karena kesalahan pembulatan, nilai yang dihitung tidak akan benar-benar nol, sehingga setiap float yang kurang dari 0,0001 dianggap nol. Durasi jalur kritis adalah waktu tersingkat di mana proyek dapat diselesaikan, yaitu, 24 minggu (sel H19).



Studi Kasus 11.1 - Model CPM: menemukan waktu mulai paling awal (EST) aktivitas

Sel input pengguna diarsir

Activity	Time	EST	Float
A	2	0	0
B	3	2	2
C	7	2	2
D	4	5	5
E	5	5	5
F	3	10	10
G	3	13	13
H	4	16	16
I	2	20	20
J	6	13	13
K	2	22	22

Tujuan: Meminimalkan nilai EST **108.0**

Project Completion Time

From Node i	To Node j	<--- Constraints ---> $EST_j - EST_i$	Time T_i
A	C	2	2
A	B	2	2
B	D	3	3
B	E	3	3
C	K	20	7
D	H	11	4
E	F	5	5
F	G	3	3
F	J	3	3
G	H	3	3
H	I	4	4
I	K	2	2
J	K	9	6

Solver Parameters

Set Target Cell:	F17
Equal to:	Min
By Changing Cells:	D5:D15
Subject to Constraints:	D5:D15 >= 0
	J5:J17 >= K5:K17

= *Jawaban harus positif*

= $EST_j - EST_i >= T_i$

Cells	*Formula*	*Copied to*
F5	D5 - E5	F6:F15
J5	VLOOKUP(I5,B$5:D$15,3,FALSE) - VLOOKUP(H5,B$5:D$15,3,FALSE) (cont. on next line)	J6:J17
K5	VLOOKUP(H5,B$5:D$15,2,FALSE)	K6:K17
F17	SUM(D5:D15)	
H19	IF(E5="","",SUMIF(F5:F15,"<0.0001",C5:C15))	

Aktifkan parameter 'Asumsikan Model Linier' di kotak dialog Opsi Pemecah

Gambar 11.7 Model CPM: Langkah 1 - menemukan nilai EST jaringan.

Bagan Gantt

Bagan Gantt - juga disebut bagan batang - dibuat oleh Henry Gantt pada awal abad terakhir. Sampai kedatangan teknik analisis jaringan pada 1950-an, grafik Gantt adalah alat utama untuk perencanaan dan pengendalian proyek. Karena diagram batang mudah dibuat dan diinterpretasikan, diagram batang masih digunakan secara luas – paling tidak, untuk dampak visualnya yang kuat, terutama ketika pandangan keseluruhan tentang kemajuan

proyek diperlukan. Keterkaitan antara aktivitas proyek dapat lebih mudah dipahami jika ditampilkan pada diagram batang. Bagan Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	*Studi Kasus 11.1 - Model CPM: menemukan waktu mulai terbaru (LST) aktivitas*											
2												
3		*Sel input pengguna diarsir*						From	To	<--- Constraints --->		
4		Activity	Time	LST	EST	Float		Node i	Node j	$LST_j - LST_i$	Time T_i	
5		A	2	0	0	0		A	C	15	2	
6		B	3	2	2	0		A	B	2	2	
7		C	7	15	2	13		B	D	10	3	
8		D	4	12	5	7		B	E	3	3	
9		E	5	5	5	0		C	K	7	7	
10		F	3	10	10	0		D	H	4	4	
11		G	3	13	13	0		E	F	5	5	
12		H	4	16	16	0		F	G	3	3	
13		I	2	20	20	0		F	J	6	3	
14		J	6	16	13	3		G	H	3	3	
15		K	2	22	22	0		H	I	4	4	
16								I	K	2	2	
17	*Tujuan: Memaksimalkan nilai LST*					131.0		J	K	6	6	
18												
19				*Waktu Penyelesaian Proyek*		24						
20												
21												
22		*Solver Parameters*										
23		*Set Target Cell:*	F17									
24		*Equal to:*	Max	◀ *(Changed!)*								
25		*By Changing Cells:*	D5:D15									
26		*Subject to Constraints:*	D5:D15 >= 0	= *Tujuan: Memaksimalkan nilai LST*								
27			J5:J17 >= K5:K17	$= LST_j - LST_i >= T_i$								
28			E15 = D15	◀ *(Added!)*								
29												

Gambar 11.8 Model CPM: Langkah 2 - menemukan nilai LST dan float jaringan.

Wizard menyediakan cara yang mudah digunakan untuk membuat diagram batang. Petunjuk untuk membuat diagram Gantt untuk proyek STEKOM Big Warehouse diberikan di bawah ini.

- Salin ESTcells(E5:E15) dan Timecells(C5:C15) dari model CPM Gambar11.8 ke dalam lembar terpisah (lihat Gambar 11.9). Langkah ini diperlukan karena tidak ada deskripsi aktivitas pada Gambar 11.8. Masukkan deskripsi aktivitas ke dalam sel B5:B15 pada Gambar 11.9.
- Pilih rentang sel B5:D15 sebagai input dan kemudian klik tombol Chart Wizard (dengan kolom berwarna) di toolbar standar.

- Dari kotak dialog Langkah 1 Chart Wizard, pilih tipe grafik 'Bar' dan sub-tipe grafik (ditunjukkan pada baris 1, kolom 2). Klik tombol 'berikutnya' dua kali untuk melanjutkan ke Langkah 3.
- Kotak dialog Langkah 3 menyajikan opsi bagan. Klik pada tab 'Judul' dan masukkan judul untuk Bagan dan sumbu y (perhatikan bahwa sumbu y sekarang horizontal, yaitu sumbu x-y telah dibalik). Selanjutnya, klik pada tab 'Gridlines'. Klik 'Garis Kisi Utama' di panel sumbu x dan, jika belum diaktifkan, klik juga 'Garis Kisi Utama' di panel sumbu y
- Lanjutkan ke Langkah 4 (langkah Wizard Bagan terakhir) dan pastikan tombol 'Sebagai objek di:' diaktifkan. Keluar dari Chart Wizard dengan mengklik tombol 'Selesai'.
- Seret bagan ke rentang selA19:I37seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.9.Klik dua kali di sisi kiri bilah mana pun (bagian paling dekat dengan sumbu vertikal) untuk mengaktifkan kotak dialog 'FormatDataSeries'. Pilih tab 'Pola' dan klik 'Tidak Ada' di panel 'Perbatasan' dan 'Area'. Jika perlu, format ulang teks dan angka grafik (lihat Lampiran).

Sumber daya, biaya, dan waktu mogok

Sebuah aspek penting dari manajemen proyek berkaitan dengan analisis biaya yang melibatkan alokasi sumber daya dan penjadwalan biaya. Tujuan utama dari analisis biaya proyek adalah untuk menentukan bagaimana biaya akan berubah ketika durasi proyek bervariasi. Analisis semacam itu sangat penting di mana klausa penalti dan/atau bonus beroperasi. Manajer proyek harus menentukan apakah layak menggunakan sumber daya tambahan untuk mengumpulkan pembayaran bonus dengan menyelesaikan proyek sebelum tanggal yang disepakati – atau menghindari hukuman jika proyek melebihi batas. Penjadwalan biaya terendah – juga disebut 'menghancurkan jaringan' – mencari cara termurah untuk mengurangi durasi proyek secara keseluruhan.

Model CPM pada Gambar 11.8 menemukan jalur kritis untuk proyek STEKOM Big Warehouse Corporation, menggunakan waktu aktivitas tetap. Diasumsikan bahwa tidak mungkin untuk mengurangi waktu durasi aktivitas. Namun, dalam banyak situasi, tugas dapat dipercepat dengan menggunakan sumber daya tambahan – yang pada gilirannya akan melibatkan biaya tambahan. Misalnya, untuk mengatakan bahwa dibutuhkan 2 jam untuk menyelesaikan suatu pekerjaan adalah pernyataan yang tidak lengkap tanpa menyebutkan bahwa tiga orang terlibat! Jika empat orang dialokasikan untuk tugas yang sama, bukan tiga, maka pekerjaan itu akan selesai dalam waktu yang lebih singkat, yaitu 1,5 jam. Ketika menghadapi hukuman yang mahal, mungkin lebih ekonomis untuk mengalokasikan sumber daya tambahan untuk memastikan bahwa pekerjaan selesai tepat waktu.

Sumber daya normal aktivitas mewakili jumlah waktu, sumber daya, dan biaya standar atau biasa yang diperlukan untuk menyelesaikan aktivitas. Karena durasi tugas berkurang, tenaga kerja ekstra, bahan, dan overhead akan diperlukan. Oleh karena itu, memperpendek atau menghentikan waktu penyelesaian suatu aktivitas akan melibatkan biaya tambahan, yang disebut 'biaya macet'. Waktu crash suatu aktivitas didefinisikan sebagai

waktu sesingkat mungkin untuk penyelesaian aktivitas. Dua tujuan utama crash dalam manajemen proyek adalah untuk:

- meminimalkan waktu penyelesaian proyek (cari durasi terpendek)
- meminimalkan biaya proyek (menemukan biaya terendah).

Model kerusakan untuk meminimalkan durasi proyek

Waktu penyelesaian proyek dapat dikurangi hanya dengan menggunakan lebih banyak sumber daya yang pada gilirannya akan meningkatkan biaya. Model CPM sekarang dikembangkan untuk menemukan cara terbaik untuk memperpendek (menghancurkan) seluruh proyek, yaitu untuk meminimalkan durasi proyek. Langkah pertama adalah mencari tahu sumber daya apa yang tersedia dan berapa biaya tambahannya. Setelah berdiskusi dengan sub-kontraktor, rincian waktu normal, biaya normal, waktu crash, dan biaya crash untuk setiap aktivitas dimasukkan ke dalam model STEKOM Big Corporation (Tabel 11.5). Untuk memungkinkan fleksibilitas yang lebih besar, waktu durasi aktivitas model telah diubah dari minggu hari (asumsikan seminggu 5 hari).

Studi Kasus 11.1 - Membuat Gantt chart untuk proyek MightyBig Warehouse

Activity Description	EST	Time
Yayasan penggalian situs	0	2
Utiltas bawah tanah	2	3
Pipa: Tahap 1	2	7
Pembingkalan	5	4
Atap	5	5
pekerjaan listrik	10	3
Dinding bagian dalam	13	3
Pipa: tahap 2	16	4
Finishing eksterior	20	2
Lanskap	13	6
	22	2

Steps

1 Salin nilai EST dan Waktu dari Gambar 11.5 ke dalam sel C5:D15

2 Masukkan deskripsi aktiyitas di B5:B15, dengan Format/Sel/Perataan/Kanan

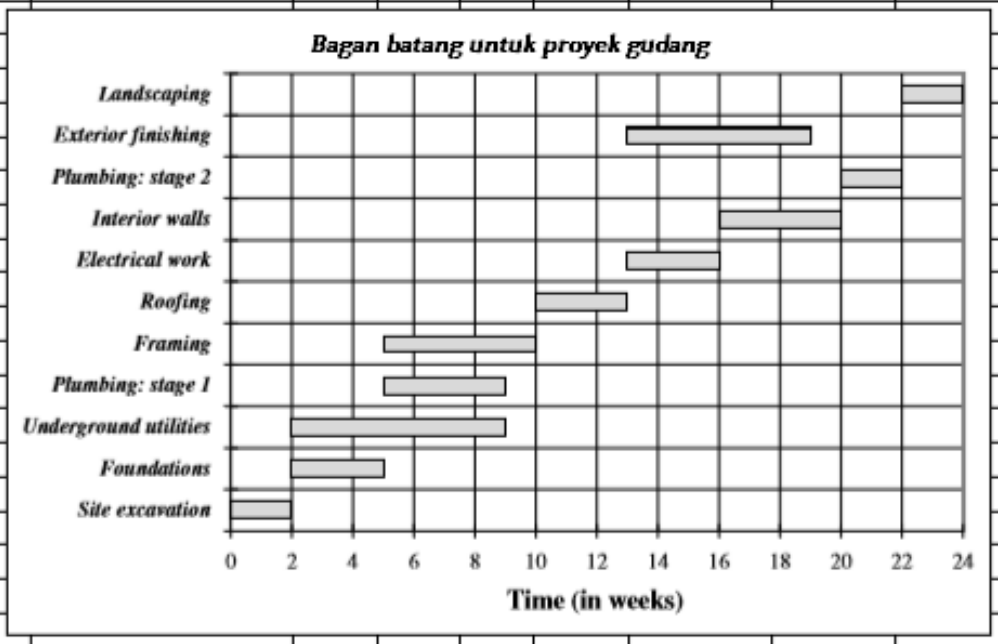
3 Gunakan ChartWizard dengan (i) input sebagai rentang sel B5:D15 (ii) tipe grafik 'Bar' dan sub tipe (baris 1, kolom 2)

4 Klik tombol 'berikutnya' dua kali untuk melanjutkan ke Langkah 3.

- Masukkan judul untuk Bagan dan sumbu Y (Catatan: Sumbu Y horizontal!)

Klik pada tab Legenda dan kemudian kosongkan kotak 'Show legend'.

Klik pada tab 'Cridlines'; klik berikutnya di kotak sumbu X (Garis kisi utama).



The Final Steps!

5 A19:I37. 6

6 Klik dua kali di sisi kiri bilah mana pun untuk mengaktifkan kotak dialog 'Format Data Series'. Pilih tab 'Pola' dan klik kotak 'Tidak Ada' untuk opsi 'Perbatasan' dan 'Area'. Bagan Gantt sekarang harus lengkap.

Gambar 11.9 Diagram batang untuk proyek STEKOM Big Warehouse Corporation.

Tabel 11.5 model STEKOM Big Corporation

Waktu aktivitas Normal (Hari)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Biaya Waktu	10	15	35	20	25	15	15	20	10	30	10
(Rp. '000)	2	3	10	6	12	9	6	7	3	5	3
Crash Time (hari) (yaitu waktu tersingkat di mana suatu aktivitas dapat diselesaikan)											
Aktivitas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Crash time	5	10	25	15	17	10	9	10	5	20	6
Crash cost	3	4	13.5	8	16	10.5	9	11	4.5	7.5	4.5

Model crash (lihat Gambar 11.10) untuk proyek gudang diatur sebagai latihan pemrograman linier (LP) untuk diselesaikan menggunakan Solver. Tujuan LP adalah meminimalkan waktu penyelesaian proyek dengan meminimalkan crash EFT untuk aktivitas K – aktivitas terakhir dalam proyek. Waktu normal Aktivitas K didefinisikan sebagai T_K, waktu crashnya sebagai TCK, dan waktu mulai paling awal sebagai EST_K. Fungsi tujuan LP, Z, kemudian diberikan oleh $Z = T_K + EST_K – TC_K$. Tiga area input model disorot sebagai rentang berbayang – semua sel lainnya diturunkan dari rumus seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.6. Perhatikan bahwa area input pengguna di kedua model CPM (normal dan crash) ditentukan oleh jumlah node dan busur dalam jaringan.

Model crash pada Gambar 11.10, yang diselesaikan dengan menggunakan detail pada Gambar 11.11, telah mengurangi durasi proyek dari 24 minggu (yaitu, 120 hari) menjadi 72 hari dengan total biaya crash sebesar Rp. 19,000. Waktu penyelesaian proyek sebesar 72 ditemukan dengan memeriksa detail untuk aktivitas terakhir K. Sel C16 berisi durasi normal untuk aktivitas K, yaitu, T_K =10 ; sel C32 berisi waktu mulai paling awal K, EST_K =66; sel D32 berisi waktu crash K, TC_K =4. Menggunakan persamaan fungsi tujuan, $Z = T_K+EST_K – TCK$ menghasilkan Z =10+66−4=72. Biaya kecelakaan ditemukan dengan menghitung biaya setiap hari kecelakaan tambahan. Misalnya, durasi aktivitas A dikurangi dari 10 hari menjadi 5 hari dengan biaya mogok sebesar 5×Rp. 200 (sel D22×sel I6), yaitu, Rp. 1000. Penghitungan serupa dapat diterapkan pada aktivitas lain yang telah memanfaatkan hari mogok yang tersedia.

Model kerusakan untuk meminimalkan biaya proyek

Tujuan meminimalkan biaya untuk sebuah proyek melibatkan dua situasi 'biaya terendah':

- Kasus 1: Memenuhi tenggat waktu proyek dengan meminimalkan biaya crash untuk menghindari penalti yang berlebihan
- Kasus 2: Mempersingkat durasi proyek dengan meminimalkan biaya proyek untuk memanfaatkan pembayaran bonus

Tujuan ini dapat dicapai dengan memodifikasi model crash. Pertama, buat salinan Gambar 11.10 dan kemudian masukkan detailnya di baris 35–44 menggunakan templat rumus yang disediakan di Gambar 11.13.

Situasi 1: memenuhi tenggat waktu proyek

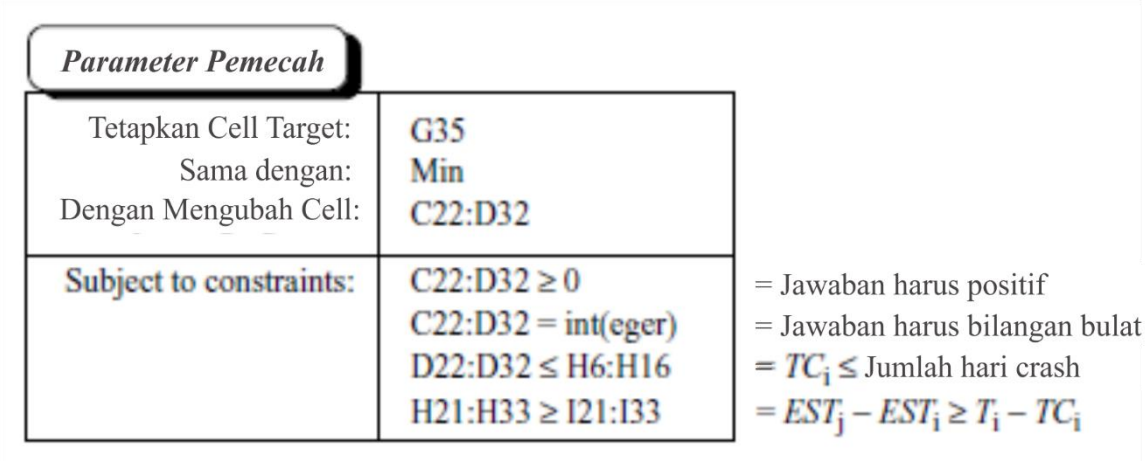
Sebagai contoh, pertimbangkan situasi di mana gudang sekarang harus diselesaikan dalam waktu 22 minggu (yaitu, 110 hari) daripada 24 minggu asli. Dalam kondisi baru ini, proyek Besar Perkasa sekarang berjalan di belakang jadwal dua minggu (10 hari), dan jaringan harus 'rusak' untuk menghindari melewati hukuman. Jawaban pada Gambar 11.13 menunjukkan bahwa tenggat waktu baru 110 hari dapat dipenuhi dengan menghentikan aktivitas A dan B masing-masing lima hari dengan biaya kerusakan tambahan sebesar Rp. 2000 (sel H40), memberikan total biaya proyek sebesar Rp. 68,000 (sel H43). Hasil diperoleh dengan membuat dua perubahan sederhana (ditunjukkan oleh panah pada Gambar 11.12) ke bagian Parameter Solver pada Gambar 11.11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		***Studi Kasus 11.1 - Model crash untuk meminimalkan waktu penyelesaian proyek***									
2											
3			***<-- Normal -->***			***<-------- Crash Details --------->***					
4			***Time***	***Activity***		***Min.***	***Activity***	***Crash days***	***Cost***		
5		***Activity***	***T_i***	***Cost***		***Time***	***Cost***	***available***	***per day***		
6		A	10	2,000		5	3,000	5	200		
7		B	15	3,000		10	4,000	5	200		
8		C	35	10,000		25	13,500	10	350		
9		D	20	6,000		15	8,000	5	400		
10		E	25	12,000		17	16,000	8	500		
11		F	15	9,000		10	10,500	5	300		
12		G	15	6,000		9	9,000	6	500		
13		H	20	7,000		10	11,000	10	400		
14		I	10	3,000		5	4,500	5	300		
15		J	30	5,000		20	7,500	10	250		
16		K	10	3,000		6	4,500	4	375		
17		Normal project cost =		£66,000							
18											
19			***Start***	***Crash***		***From***	***To***	***<-- Constraints-->***			
20			***Time***	***Time***		Node i	Node j	EST_j–EST_i	T_i–TC_i		
21		***Activity***	***EST_i***	***TC_i***		A	C	31	5		
22		A	0	5		A	B	5	5		
23		B	5	5		B	D	26	10		
24		C	31	0		B	E	10	10		
25		D	31	0		C	K	35	35		
26		E	15	8		D	H	20	20		
27		F	32	5		E	F	17	17		
28		G	42	6		F	G	10	10		
29		H	51	10		F	J	10	10		
30		I	61	5		G	H	9	9		
31		J	42	6		H	I	10	10		
32		K	66	4		I	K	5	5		
33						J	K	24	24		
34											
35		***Objective 1: Minimise project duration =***					72	days			
36				Total Crash Costs =			19,000				
37				Normal Project Cost =			66,000				
38				Total Project Cost =			85,000				
39											
40											
41	**Catatan: Aktifkan 'Asumsikan Model Linier' di kotak dialog Opsi Pemecah.**										
42	**Area USER INPUT ditampilkan sebagai rentang sel yang diarsir**										

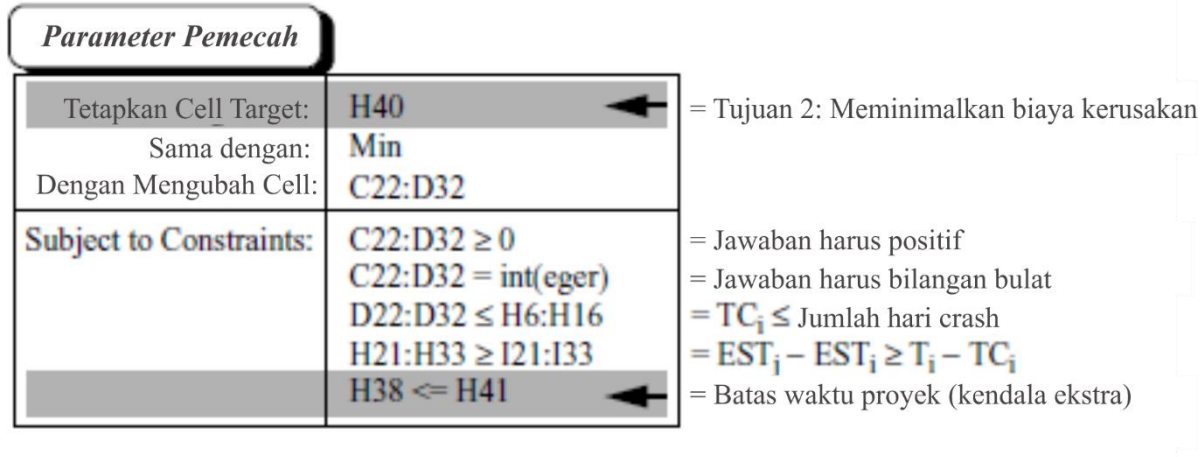
Gambar 11.10 Model kerusakan untuk meminimalkan durasi proyek.

Tabel 11.6 Model crash CPM – rumus lembar kerja

Cell	Formula	Copied to
H6	C6–F6	H7:H16
I6	IF(H6 = 0, 0, (G6–D6)/H6)	I7:I16
D17	SUM(D6:D16)	
H21	VLOOKUP(G21, B$22:D$32, 2, FALSE) (cont. on next line) –VLOOKUP(F21, B$22:D$32, 2, FALSE)	H22:H33
I21	VLOOKUP(F2l, B$6:C$16, 2, FALSE) (cont. on next line) –VLOOKUP(F21, B$22:D$32, 3, FALSE)	I22:I33
B22	B6	B23:B32
G35	C16 + C32 – D32	
G36	SUMPRODUCT(D$22:D$32, I$6:I$16)	
G37	D17	
G38	G36 + G37	



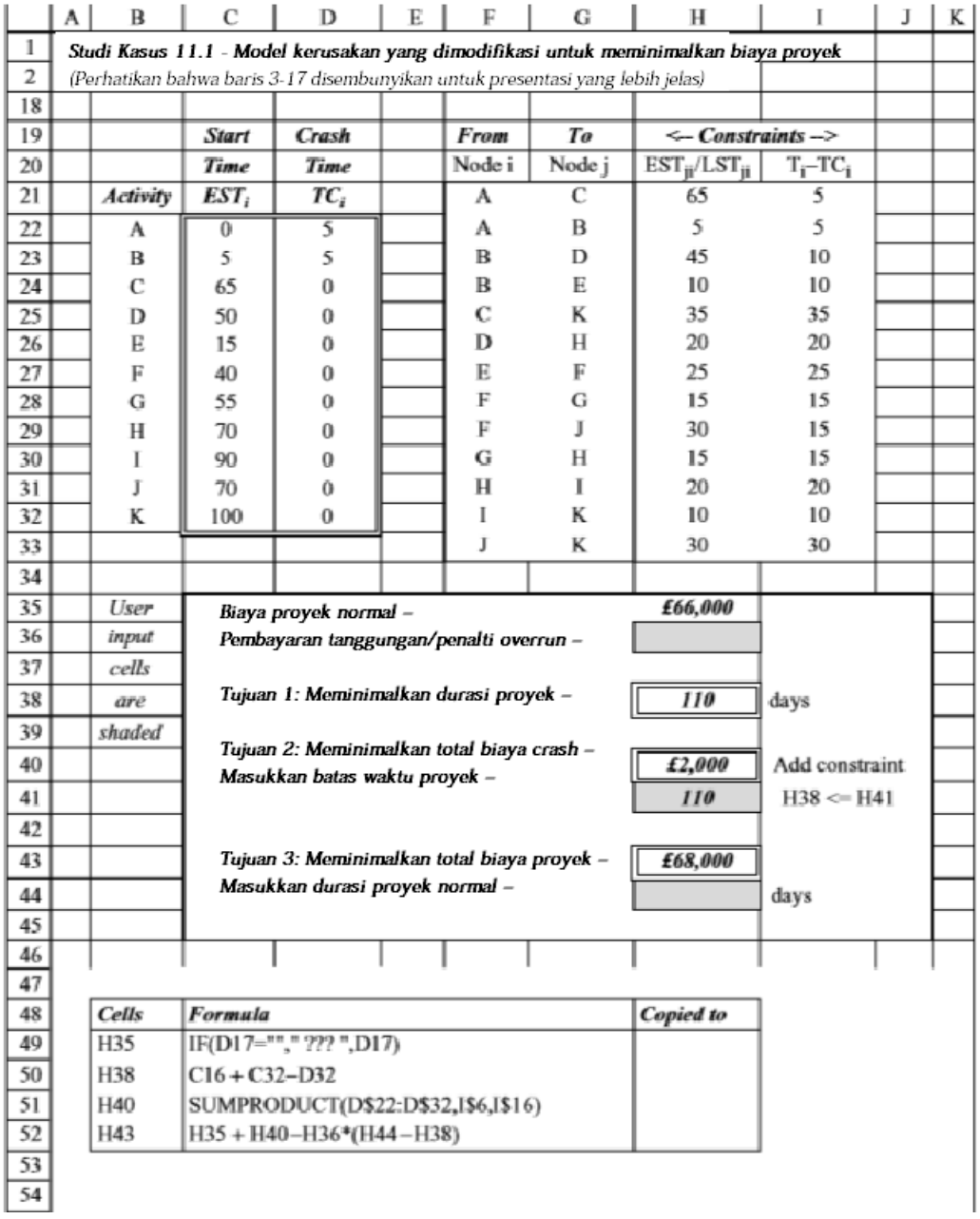
Gambar 11.11 Parameter pemecah untuk model 'crash' Gambar 11.10.



Gambar 11.12 Parameter pemecah untuk model kecelakaan yang dimodifikasi dari Gambar 11.13.

Situasi 2: memanfaatkan pembayaran bonus

STEKOM Big Corporation baru-baru ini diberitahu oleh klien mereka bahwa gudang diperlukan lebih awal dari yang disepakati sebelumnya. Skema bonus sekarang sedang ditawarkan dimana perusahaan dapat mengumpulkan Rp. 500 untuk setiap hari bahwa proyek 'hancur' berada di bawah durasi normal 120 hari. STEKOM Big sekarang harus memutuskan apakah pembayaran bonus ini lebih besar daripada biaya tambahan untuk menghentikan proyek. Rincian pembayaran bonus (sel H36) dan durasi normal proyek (sel H44) harus dimasukkan ke dalam Gambar 11.14 oleh pengguna.



Studi Kasus 11.1 - Model kerusakan yang dimodifikasi untuk meminimalkan biaya proyek

(Perhatikan bahwa baris 3-17 disembunyikan untuk presentasi yang lebih jelas)

Activity	Start Time EST_i	Crash Time TC_i
A	0	5
B	5	5
C	65	0
D	50	0
E	15	0
F	40	0
G	55	0
H	70	0
I	90	0
J	70	0
K	100	0

From Node i	To Node j	<-- Constraints --> EST_{ji}/LST_{ji}	$T_i - TC_i$
A	C	65	5
A	B	5	5
B	D	45	10
B	E	10	10
C	K	35	35
D	H	20	20
E	F	25	25
F	G	15	15
F	J	30	15
G	H	15	15
H	I	20	20
I	K	10	10
J	K	30	30

User input cells are shaded

Biaya proyek normal –	£66,000	
Pembayaran tanggungan/penalti overrun –		
Tujuan 1: Meminimalkan durasi proyek –	110	days
Tujuan 2: Meminimalkan total biaya crash –	£2,000	Add constraint
Masukkan batas waktu proyek –	110	H38 <= H41
Tujuan 3: Meminimalkan total biaya proyek –	£68,000	
Masukkan durasi proyek normal –		days

Cells	Formula	Copied to
H35	IF(D17="","???",D17)	
H38	C16+C32-D32	
H40	SUMPRODUCT(D$22:D$32,I$6,I$16)	
H43	H35+H40-H36*(H44-H38)	

Gambar 11.13 Model kecelakaan yang dimodifikasi untuk meminimalkan biaya proyek.

Jawaban untuk situasi ini ditunjukkan pada Gambar 11.14 di mana sel target sekarang adalah sel H43, yaitu meminimalkan total biaya proyek. Biaya terendah Rp. 59.500, yang berada di bawah biaya normal Rp. 66.000, diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut (lihat rumus di sel H43).

Biaya proyek = Biaya normal + Biaya kerusakan − (Pembayaran bonus) × (Durasi normal – Durasi kerusakan)

Durasi crash proyek untuk model 'biaya terendah' adalah 86 hari. Ketika hari crash dalam rentang sel D22:D32 diperiksa, dapat dilihat bahwa pengurangan 34 hari dalam durasi normal proyek dicapai dengan aktivitas mogok A (5 hari), B (5), F (5), H (10), I (5) dan K (4 hari). PERT dan PERT/Biaya

Metode CPM mengasumsikan bahwa durasi setiap aktivitas diketahui dan kemudian berupaya mengoptimalkan alokasi sumber daya dan penjadwalan pekerjaan. Di sisi lain, PERT menekankan peran ketidakpastian dalam menentukan durasi aktivitas dan oleh karena itu dapat dipertimbangkan sebagai versi probabilistik CPM (lihat Wilkes, Bab 5). Dalam PERT, setiap durasi aktivitas adalah variabel acak yang dijelaskan oleh distribusi beta probabilistik. Diperlukan tiga perkiraan waktu penyelesaian setiap tugas. Untuk aktivitas i, mereka digambarkan sebagai

a_i = perkiraan waktu optimis

b_i =perkiraan waktu pesimis

m_i = perkiraan waktu yang paling mungkin

Ketiga nilai ini digabungkan untuk menghasilkan (i) durasi yang diharapkan (yaitu, rata-rata) untuk setiap aktivitas, Ti, dan (ii) standar deviasi, i, dari waktu penyelesaian setiap aktivitas. Memperhatikan bahwa i adalah akar kuadrat dari varians, Vi, PERT menggunakan dua persamaan berikut:

$$Ti = (a_i + 4m_i + 6b_i)/6 \text{ dan } V_i = (b_i - a_i)2/36$$

Harus diingat bahwa PERT membuat beberapa asumsi yang tidak mungkin – paling tidak adalah persyaratan bahwa kondisi tertentu (agak tidak realistis) harus dipenuhi sebelum dapat digunakan. Misalnya, diasumsikan bahwa waktu penyelesaian tugas tidak tergantung satu sama lain, yang kemungkinan besar tidak terjadi. Misalnya, dalam proyek pergudangan, waktu aktivitas atap tergantung pada penyelesaian aktivitas rangka, dan pekerjaan listrik biasanya ditempatkan di antara fase dinding interior.

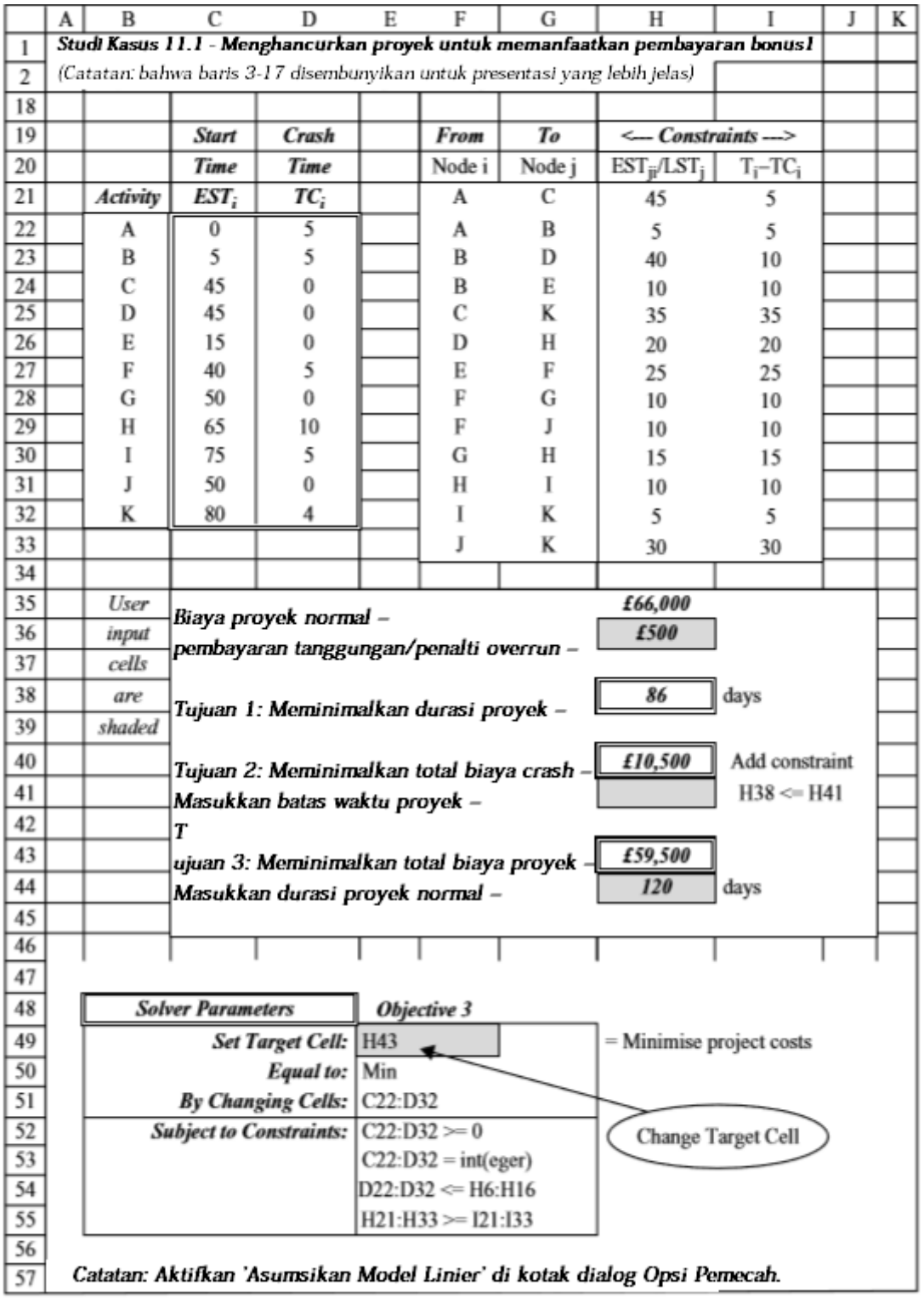
Tabel 11.7 Perkiraan waktu PERT untuk proyek STEKOM Big Warehouse.

Deskripsi Aktivitas	Simbol Aktivitas	Aktivitas Sebelumnya	Estimasi Waktu (Hari)		
			a_i	m_i	b_i
A	Penggalian situs-Yayasan	–	7	10	14
B		A	10	15	20
C	Utilitas bawah tanah	A	30	35	42
D	Pipa: panggung	B	16	20	25
E	Pembingkaian	B	21	25	30
F	Atap	E	12	15	24
G	pekerjaan listrik	F	12	15	18
H	H Dinding interior	D, G	15	20	24
I	Pipa: panggung	H	7	10	12
J	Penyelesaian eksterior	F	27	30	36
K	Lansekap	C, I, J	8	10	12

Masalah lain adalah kurangnya fokus PERT pada aktivitas yang benar-benar kritis. Aktivitas non-kritis, yaitu aktivitas yang tidak berada pada jalur kritis, dapat menimbulkan masalah. Jika aktivitas tidak kritis tersebut memiliki varians yang lebih besar daripada aktivitas kritis, aktivitas tersebut akan menampilkan tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi. Meskipun mereka saat ini tidak kritis, mereka bisa menjadi begitu, dan mungkin menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek, yaitu, mereka mungkin menjadi lebih 'kritis' daripada aktivitas kritis itu sendiri!

Analisis PERT untuk STEKOM Big Corporation

STEKOM Big Corporation telah memutuskan untuk memeriksa perhitungan CPM dengan menggunakan analisis PERT untuk proyek gudangnya. Oleh karena itu telah dikumpulkan (ai, mi, bi) perkiraan untuk durasi masing-masing kegiatan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.7.



Studi Kasus 11.1 - Menghancurkan proyek untuk memanfaatkan pembayaran bonus!

(Catatan: bahwa baris 3-17 disembunyikan untuk presentasi yang lebih jelas)

Activity	Start Time EST_i	Crash Time TC_i
A	0	5
B	5	5
C	45	0
D	45	0
E	15	0
F	40	5
G	50	0
H	65	10
I	75	5
J	50	0
K	80	4

From Node i	To Node j	<— Constraints —> EST_{ji}/LST_j	$T_i–TC_i$
A	C	45	5
A	B	5	5
B	D	40	10
B	E	10	10
C	K	35	35
D	H	20	20
E	F	25	25
F	G	10	10
F	J	10	10
G	H	15	15
H	I	10	10
I	K	5	5
J	K	30	30

User input cells are shaded

Biaya proyek normal – £66,000

pembayaran tanggungan/penalti overrun – £500

Tujuan 1: Meminimalkan durasi proyek – 86 days

Tujuan 2: Meminimalkan total biaya crash – £10,500 Add constraint H38 <= H41

Masukkan batas waktu proyek –

T

ujuan 3: Meminimalkan total biaya proyek – £59,500

Masukkan durasi proyek normal – 120 days

Solver Parameters	Objective 3
Set Target Cell:	H43
Equal to:	Min
By Changing Cells:	C22:D32
Subject to Constraints:	C22:D32 >= 0 C22:D32 = int(eger) D22:D32 <= H6:H16 H21:H33 >= I21:I33

= Minimise project costs

Change Target Cell

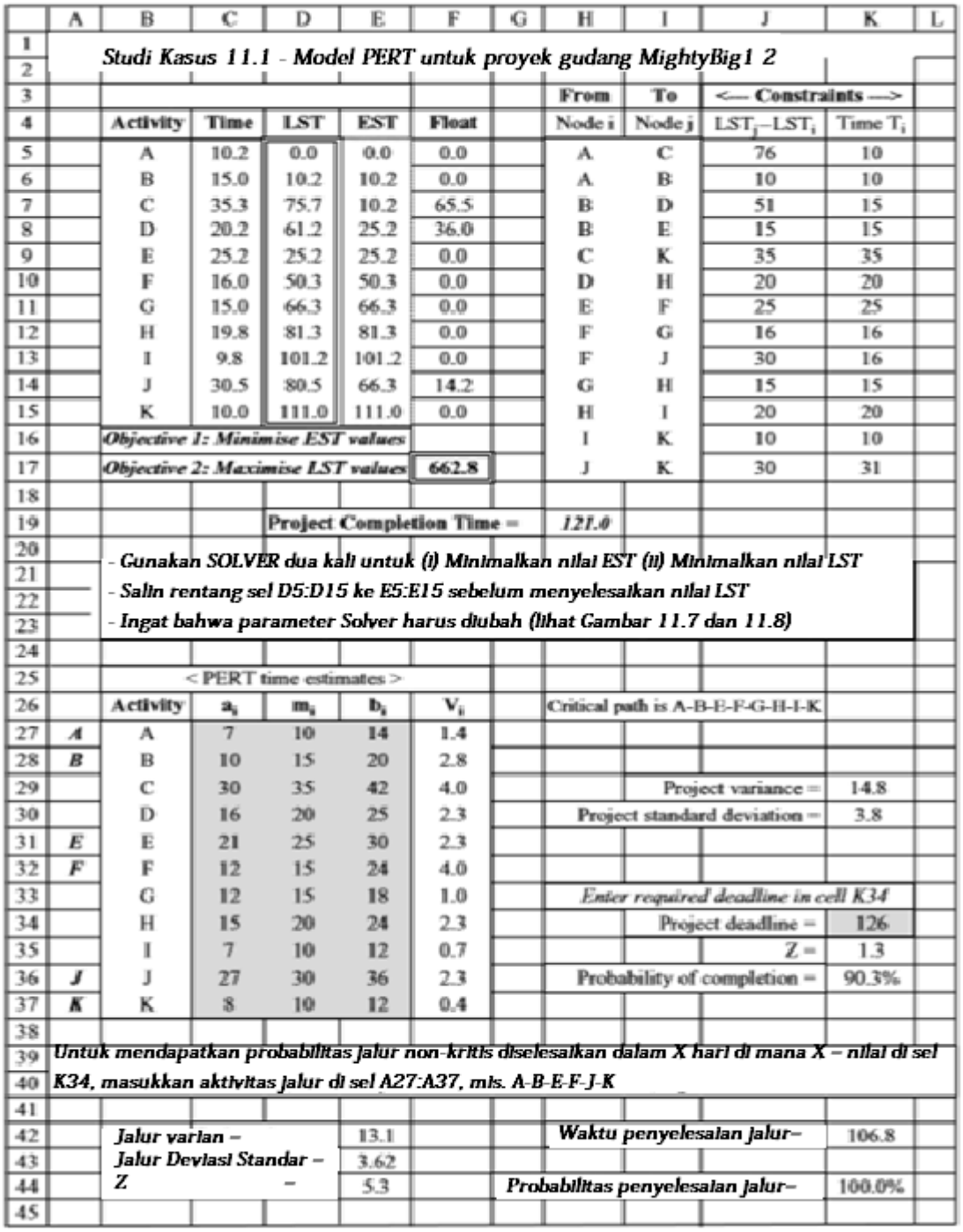
Catatan: Aktifkan 'Asumsikan Model Linier' di kotak dialog Opsi Pemecah.

Gambar 11.14 Menghancurkan proyek untuk memanfaatkan pembayaran bonus.

Mengembangkan model PERT

Model APERT dapat dibangun dari model CPM asli Gambar 11.8. Petunjuk berikut menunjukkan bagaimana model PERT Gambar 11.15 dikembangkan.

- Salin model CPM Gambar 11.8 dan modifikasi menggunakan Tabel 11.8 untuk memasukkan (a, m, b) perkiraan waktu (lihat sel C27:E37 pada Gambar 11.15). Perhatikan bahwa Gambar 11.8 menggabungkan fase 'Langkah 1' dari Gambar 11.7.
- Hitung durasi setiap aktivitas Ti menggunakan rumus $T_i = (a_i + 4m_i + 6b_i)/6$.
- Jalankan model CPM seperti sebelum menggunakan T_i yang baru dihitung dan tentukan jalur kritisnya.
- Waktu penyelesaian proyek yang diharapkan, µp, didefinisikan sebagai jumlah durasi kegiatan kritis, yaitu, $\mu p = \sum T_i$ untuk semua durasi T_i pada jalur kritis.
- Varians proyek, σ_p^2, didefinisikan sebagai jumlah varians sepanjang jalur kritis, yaitu, $p\sigma_p^2 = \sum Vi$ untuk semua varians Vi pada jalur kritis di mana $Vi = (bi - ai)^2/36$.
- Durasi proyek diasumsikan terdistribusi normal dengan mean p dan variansσ_p^2.



Studi Kasus 11.1 - Model PERT untuk proyek gudang MightyBig1 2

Activity	Time	LST	EST	Float	From Node i	To Node j	<— Constraints —> $LST_j - LST_i$	Time T_i
A	10.2	0.0	0.0	0.0	A	C	76	10
B	15.0	10.2	10.2	0.0	A	B	10	10
C	35.3	75.7	10.2	65.5	B	D	51	15
D	20.2	61.2	25.2	36.0	B	E	15	15
E	25.2	25.2	25.2	0.0	C	K	35	35
F	16.0	50.3	50.3	0.0	D	H	20	20
G	15.0	66.3	66.3	0.0	E	F	25	25
H	19.8	81.3	81.3	0.0	F	G	16	16
I	9.8	101.2	101.2	0.0	F	J	30	16
J	30.5	80.5	66.3	14.2	G	H	15	15
K	10.0	111.0	111.0	0.0	H	I	20	20
Objective 1: Minimise EST values					I	K	10	10
Objective 2: Maximise LST values				662.8	J	K	30	31

Project Completion Time = *121.0*

- *Gunakan SOLVER dua kali untuk (i) Minimalkan nilai EST (ii) Minimalkan nilai LST*
- *Salin rentang sel D5:D15 ke E5:E15 sebelum menyelesaikan nilai LST*
- *Ingat bahwa parameter Solver harus diubah (lihat Gambar 11.7 dan 11.8)*

< PERT time estimates >

	Activity	a_i	m_i	b_i	V_i
A	A	7	10	14	1.4
B	B	10	15	20	2.8
	C	30	35	42	4.0
	D	16	20	25	2.3
E	E	21	25	30	2.3
F	F	12	15	24	4.0
	G	12	15	18	1.0
	H	15	20	24	2.3
	I	7	10	12	0.7
J	J	27	30	36	2.3
K	K	8	10	12	0.4

Critical path is A-B-E-F-G-H-I-K

Project variance = 14.8

Project standard deviation = 3.8

Enter required deadline in cell K34

Project deadline = 126

Z = 1.3

Probability of completion = 90.3%

Untuk mendapatkan probabilitas jalur non-kritis diselesaikan dalam X hari di mana X = nilai di sel K34, masukkan aktivitas jalur di sel A27:A37, mis. A-B-E-F-J-K

Jalur varian = 13.1

Jalur Deviasi Standar = 3.62

Z = 5.3

Waktu penyelesaian jalur = 106.8

Probabilitas penyelesaian jalur = 100.0%

Gambar 11.15 Model PERT untuk proyek STEKOM Big Warehouse.

Karena kesalahan pembulatan, nilai float dari aktivitas kritis tidak akan benar-benar nol. Dengan demikian, diasumsikan bahwa setiap nilai float yang kurang dari 0,0001 dapat dianggap nol. Rincian Gambar 11.15 menunjukkan waktu penyelesaian rata-rata proyek 121 hari (sel H19) dengan varians 14,8 hari (sel K29). Hasil ini berarti ada 50% peluang proyek

selesai dalam 121 hari. Probabilitas penyelesaian proyek gudang atau sebelum 126 hari adalah 90,3% (lihat sel K36). Dengan mengubah nilai tenggat waktu proyek secara berulang (sel K34), gambaran yang lebih jelas dapat diperoleh tentang waktu selesai maksimum dan minimum. Perlu diperhatikan bahwa waktu penyelesaian proyek untuk metode CPM dan PERT hanya berbeda satu hari, yaitu masing-masing 120 dan 121 hari.

Salah satu kritik terhadap PERT adalah bahwa kemungkinan penyelesaian proyek didasarkan pada standar deviasi jalur kritis. Namun, kemungkinan penyelesaian sepanjang jalur nonkritis mungkin lebih pendek. Model PERT memungkinkan kemungkinan penyelesaian jalur non-kritis seperti yang ditunjukkan pada baris 39-44. Dalam contoh ini, semua jalur non-kritis memiliki probabilitas penyelesaian 100%.

Proyek gudang berisi tiga jalur non-kritis: A–C–K, A–B–D–H–I–K, dan A–B–E–F–J–K. Karena jalur dalam contoh ini sangat pendek, mudah untuk melihat apakah sebuah jalur berisi aktivitas yang mungkin menjadi kritis dan dengan demikian mengubah status non-kritis jalur tersebut. Namun, dalam jaringan yang lebih besar, disarankan untuk menghitung waktu dan varians untuk semua jalur tidak kritis saat ini dengan cara yang sama seperti yang dilakukan untuk jalur kritis. Aktivitas C memiliki varians yang besar (lihat sel F29=4.0) tetapi tidak dapat mempengaruhi durasi proyek secara keseluruhan karena hanya muncul sekali dalam jalur yang sangat pendek, yaitu, A–C–K. Jika ada beberapa kegiatan seperti itu di jalur non-kritis yang lebih panjang, hasilnya bisa sangat berbeda. Tabel 11.8 berisi formula tambahan yang dibutuhkan untuk melengkapi Gambar 11.15.

PERT/biaya merupakan kepanjangan dari PERT yang memasukkan pertimbangan biaya dalam analisisnya dan hampir identik dengan crashing proyek CPM. Biaya setiap aktivitas diasumsikan sebagai fungsi linier dari durasi aktivitas. Seperti penjadwalan biaya CPM, waktu crash diperkenalkan, dan tujuannya adalah untuk menemukan solusi biaya minimum untuk memenuhi tenggat waktu yang ditentukan. PERT/biaya berfokus pada aktivitas yang (i) berada di jalur kritis, dan (ii) paling murah dari aktivitas kritis. Prosedur pemrograman linier yang sama yang digunakan dalam model crash CPM pada Gambar 11.10 dapat diterapkan untuk crash model PERT, satu-satunya perbedaan adalah waktu durasi aktivitas.

Tabel 11.8 Model PERT – formula lembar kerja tambahan.

Cell	Formula	Copied to
C5	(C27 + 4*D27 + E27)/6	C6:C15
B27	B5	B28:B37
F27	(E27 – C27)^2/36	F28:F37
K29	SUMIF(F5:F15," <0.0001", F27:F37)	
K30	SQRT(K29)	
K35	(K34 – H19)/K30	
K36	NORMSDIST(K35)	
E42	SUMIF(A27:A37,"<>", F27:F37)	
K42	SUMIF(A27:A37,"<>", C5:C15)	
E43	SQRT(E42)	
E44	IF(E43 = 0, "", (K34 – K42)/E43)	
K44	IF(E44 = 0, "", "", NORMSDIST(E44))	

Baik CPM maupun PERT adalah proses dinamis yang melibatkan pembaruan terus-menerus dan penyesuaian ulang data input proyek. Seiring kemajuan proyek, detail perkiraan diganti dengan angka sebenarnya. Seluruh proyek dianalisis ulang dan target diselaraskan kembali. Misalnya, mungkin bermanfaat untuk mengalihkan sumber daya dari aktivitas non-kritis ke jalur kritis dalam upaya mengurangi waktu penyelesaiannya. Pembatasan batasan juga dapat diterapkan untuk memastikan bahwa kegiatan (i) dimulai selambat/secepat mungkin (ii) mulai/selesai tidak lebih awal/lebih lambat dari waktu yang ditentukan (iii) dimulai tidak lebih awal/lebih lambat dari tanggal tertentu.

11.4 MODEL SIMULASI UNTUK MANAJEMEN PROYEK

Keterbatasan metode CPM adalah asumsinya bahwa semua waktu durasi aktivitas diketahui. Dalam situasi dunia nyata, faktor eksternal seperti keterlambatan pengiriman material, cuaca buruk, dan sebagainya dapat secara serius menunda penyelesaian proyek. Pendekatan PERT mengakui adanya ketidakpastian dan menggunakan distribusi probabilitas untuk mengatasi ketidakpastian yang melekat pada waktu aktivitas. PERT bergantung pada pengalaman masa lalu seorang manajer proyek untuk memperoleh tiga perkiraan waktu untuk setiap aktivitas yang kemudian diterapkan pada distribusi beta.

Dalam situasi di mana ada banyak variabel yang tidak diketahui, teknik simulasi dapat diterapkan. Simulasi sangat berguna untuk menganalisis masalah yang mengandung unsur ketidakpastian, terutama jika beberapa atau semua variabel dapat direpresentasikan dengan distribusi probabilitas. Fleksibilitas terbesar untuk waktu aktivitas disediakan oleh distribusi individu yang didasarkan pada peristiwa sebelumnya. Empat langkah berikut menguraikan pendekatan simulasi untuk manajemen proyek.

1. Identifikasi semua jalur melalui jaringan.
2. Menetapkan distribusi probabilitas untuk semua aktivitas proyek.
3. Gunakan generator angka acak RAND() Excel untuk menghasilkan waktu aktivitas.
4. Rekam detail simulasi dan analisis hasilnya.

Langkah 1:

Dengan memeriksa jaringan AON untuk proyek STEKOM Big Corporation (Gambar 11.16) empat jalur dapat diidentifikasi:

(i) A–C–K (ii) A–B–D–H–I–K (iii) A–B–E–F–J–K (iv) A–B–E–F–G–H –Aku–K

Langkah 2:

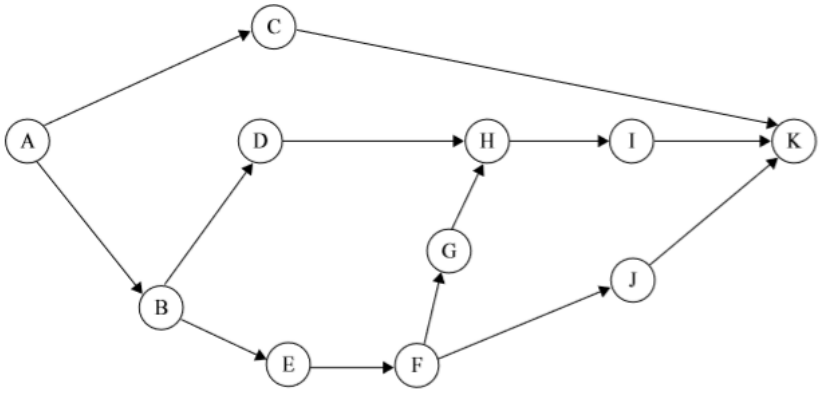
Ada sebelas distribusi probabilitas yang mewakili kemungkinan durasi waktu (dalam hari) untuk setiap aktivitas dalam proyek. Distribusi aktivitas yang ditunjukkan pada Gambar 11.17 telah diinterpolasi dari perkiraan waktu PERT pada Tabel 11.7.

Langkah 3:

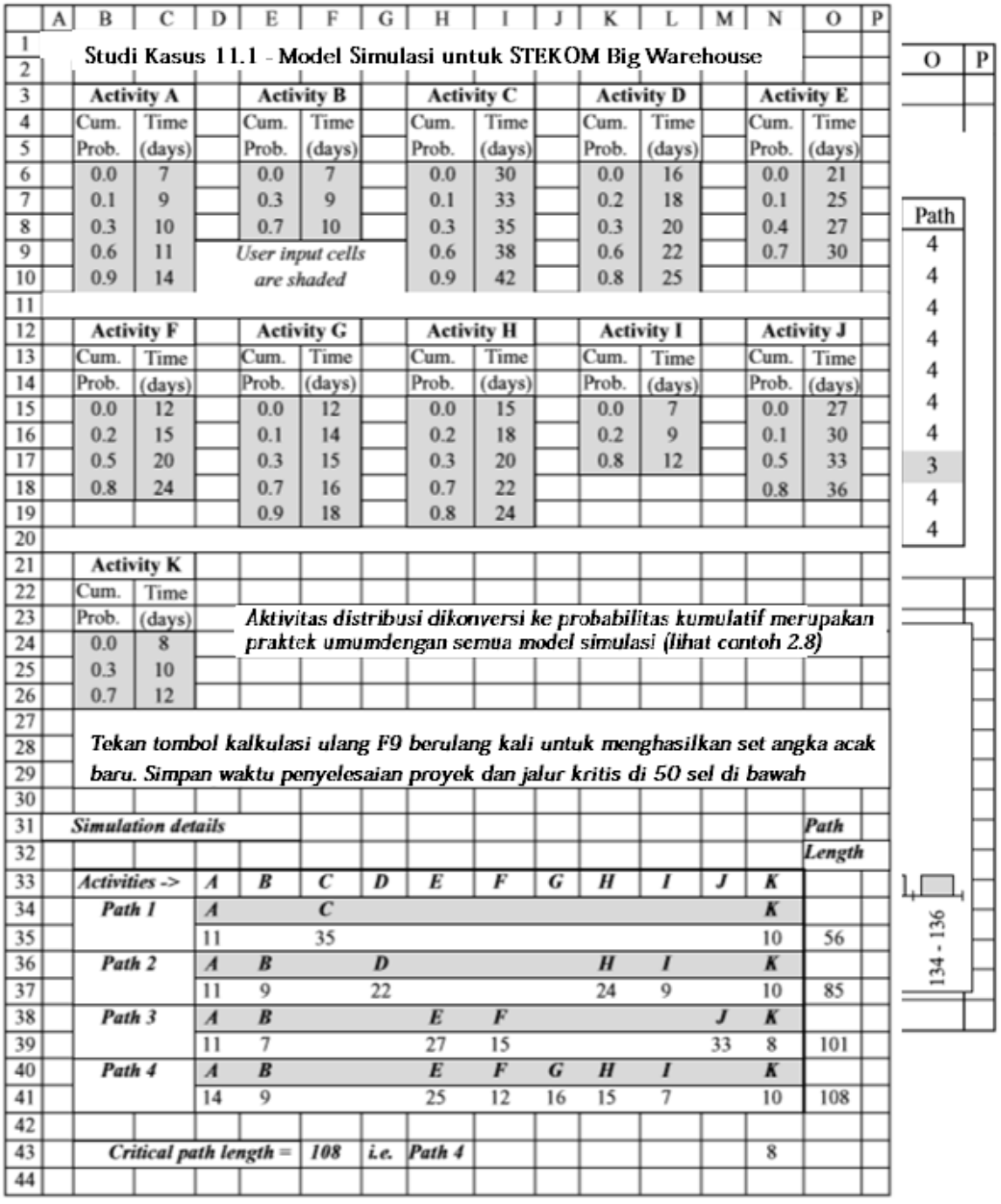
Dalam model simulasi proyek Gambar 11.18, masing-masing distribusi di atas diberi nama sebagai TaskA, TaskB, TaskC, dan lain-lain menggunakan Excel Insert|Name|Define perintah. Misalnya, rentang sel B6:C10 dinamai TaskA, rentang sel E6:F8 dinamai TaskB, dan

lain-lain. Angka acak kemudian dibuat untuk setiap aktivitas di setiap jalur, menggunakan fungsi RAND() Excel. Lima langkah berikut digunakan untuk membuat 'Detail simulasi' model seperti yang ditunjukkan dalam rentang sel B34:O41:

1. Masukkan rumus=IF(D34,””,””, VLOOKUP(RAND(), TaskA,2)) ke dalam sel D35.
2. Salin rumus ini ke dalam sel E35:N35, ubah huruf 'X' pada parameter 'TaskX' sebagaimana mestinya, misal rumus di sel E35, F35, G35, dan lain-lain akan berisi TaskB, TaskC, TaskD, dan lain-lain. Ulangi sampai sel N35 yang akan berisi rumus =IF(N34,””,””, VLOOKUP(RAND(),TaskK,2)).
3. Masukkan rumus=SUM(D35:N35) ke dalam sel O35.
4. Salin rentang sel B34:O35 ke dalam rentang B36:O37, B38:O39, B40:O41.
5. Masukkan jalur yang sesuai ke dalam baris 34, 36, 38 dan 40. Misalnya baris 34, yang menentukan jalur 1, masing-masing berisi huruf A, C dan K dalam sel D34, F34, dan N34.



Gambar 11.16 Jaringan AON untuk proyek STEKOM Big Warehouse Corporation.



Studi Kasus 11.1 - Model Simulasi untuk STEKOM Big Warehouse

Activity A		Activity B		Activity C		Activity D		Activity E	
Cum. Prob.	Time (days)	Cum. Prob.	Time (days)	Cum. Prob.	Time (days)	Cum. Prob.	Time (days)	Cum. Prob.	Time (days)
0.0	7	0.0	7	0.0	30	0.0	16	0.0	21
0.1	9	0.3	9	0.1	33	0.2	18	0.1	25
0.3	10	0.7	10	0.3	35	0.3	20	0.4	27
0.6	11	*User input cells*		0.6	38	0.6	22	0.7	30
0.9	14	*are shaded*		0.9	42	0.8	25		

Activity F		Activity G		Activity H		Activity I		Activity J	
Cum. Prob.	Time (days)	Cum. Prob.	Time (days)	Cum. Prob.	Time (days)	Cum. Prob.	Time (days)	Cum. Prob.	Time (days)
0.0	12	0.0	12	0.0	15	0.0	7	0.0	27
0.2	15	0.1	14	0.2	18	0.2	9	0.1	30
0.5	20	0.3	15	0.3	20	0.8	12	0.5	33
0.8	24	0.7	16	0.7	22			0.8	36
		0.9	18	0.8	24				

Activity K	
Cum. Prob.	Time (days)
0.0	8
0.3	10
0.7	12

Aktivitas distribusi dikonversi ke probabilitas kumulatif merupakan praktek umumdengan semua model simulasi (lihat contoh 2.8)

Tekan tombol kalkulasi ulang F9 berulang kali untuk menghasilkan set angka acak baru. Simpan waktu penyelesaian proyek dan jalur kritis di 50 sel di bawah

Simulation details												*Path Length*
Activities ->	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*I*	*J*	*K*	
Path 1	*A*		*C*								*K*	
	11		35								10	56
Path 2	*A*	*B*		*D*				*H*	*I*		*K*	
	11	9		22				24	9		10	85
Path 3	*A*	*B*			*E*	*F*				*J*	*K*	
	11	7			27	15				33	8	101
Path 4	*A*	*B*			*E*	*F*	*G*	*H*	*I*		*K*	
	14	9			25	12	16	15	7		10	108
Critical path length =			*108*	*i.e.*	*Path 4*						8	

O
Path
4
4
4
4
4
4
4
3
4
4

134 - 136

Gambar 11.17 Distribusi probabilitas untuk setiap aktivitas proyek.

Langkah ini diselesaikan dengan memasukkan tiga rumus berikut ke dalam baris 43 dari Gambar 11.18.

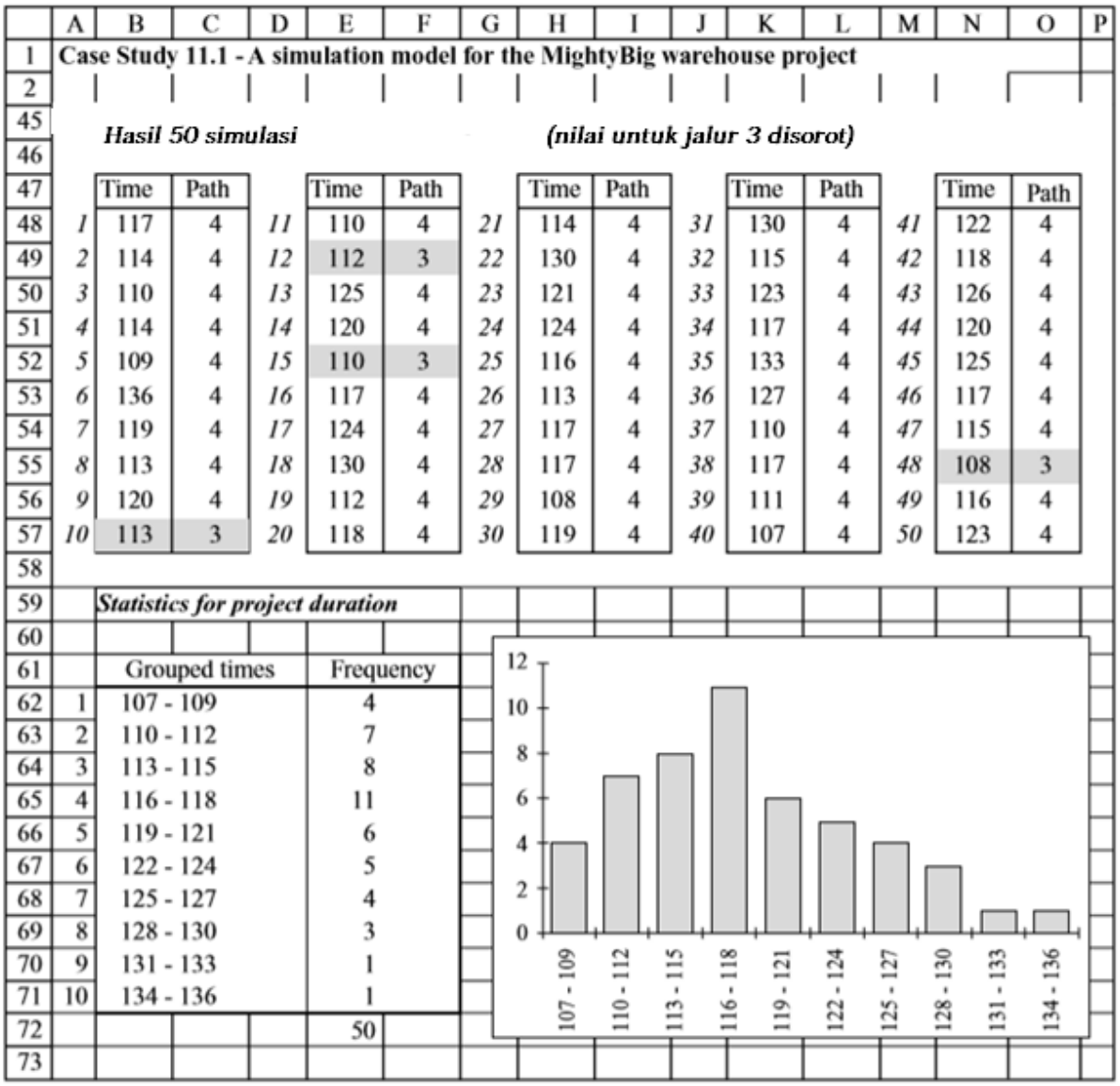
Sel F43:=MAX(O34:O41)

Sel N43:=MATCH(F43, O34:O41, 0)

Sel H43:=OFFSET(H40, N43–8, –6)

Langkah 4:

Kunci F9 kalkulasi ulang digunakan untuk membuat 50 simulasi seperti yang ditunjukkan pada baris 48-57 dari Gambar 11.18. Praktiknya, jumlah simulasi yang lebih besar (>100) akan dihasilkan. Output memberikan rincian durasi proyek (dalam hari) dan jalur kritis (seperti yang didefinisikan pada langkah 1) untuk setiap simulasi. Model simulasi menunjukkan bahwa jalur 3 juga menjadi kritis, meskipun skalanya jauh lebih kecil (8%) dari jalur 4 (92%). Jalur 4 berisi semua aktivitas di jalur 3 kecuali aktivitas J, yang memiliki durasi sangat panjang dan mungkin menjadi kritis pada tahap tertentu.



Case Study 11.1 - A simulation model for the MightyBig warehouse project

Hasil 50 simulasi *(nilai untuk jalur 3 disorot)*

	Time	Path		Time	Path		Time	Path		Time	Path		Time	Path
1	117	4	*11*	110	4	*21*	114	4	*31*	130	4	*41*	122	4
2	114	4	*12*	112	3	*22*	130	4	*32*	115	4	*42*	118	4
3	110	4	*13*	125	4	*23*	121	4	*33*	123	4	*43*	126	4
4	114	4	*14*	120	4	*24*	124	4	*34*	117	4	*44*	120	4
5	109	4	*15*	110	3	*25*	116	4	*35*	133	4	*45*	125	4
6	136	4	*16*	117	4	*26*	113	4	*36*	127	4	*46*	117	4
7	119	4	*17*	124	4	*27*	117	4	*37*	110	4	*47*	115	4
8	113	4	*18*	130	4	*28*	117	4	*38*	117	4	*48*	108	3
9	120	4	*19*	112	4	*29*	108	4	*39*	111	4	*49*	116	4
10	113	3	*20*	118	4	*30*	119	4	*40*	107	4	*50*	123	4

Statistics for project duration

	Grouped times	Frequency
1	107 - 109	4
2	110 - 112	7
3	113 - 115	8
4	116 - 118	11
5	119 - 121	6
6	122 - 124	5
7	125 - 127	4
8	128 - 130	3
9	131 - 133	1
10	134 - 136	1
		50

Gambar 11.18 Model simulasi untuk proyek STEKOM Big Warehouse.

Waktu penyelesaian proyek diperiksa di bagian statistik. Jangka waktu durasi hanya selama lima minggu, berkisar antara 107 hingga 136 hari dengan waktu penyelesaian yang

paling mungkin terjadi antara 116 hingga 118 hari. Waktu ini lebih pendek dari perkiraan sebelumnya 120-121 hari, mencerminkan fleksibilitas yang lebih besar yang diberikan oleh distribusi probabilitas individu untuk setiap aktivitas.

11.5 LATIHAN

1. Sebuah proyek yang akan dimulai terdiri dari Activity-on-node (AON) Tabel 11.9. Aktivitas D dan F tidak dapat dikurangi (crash). Aktivitas A, B, E, dan H hanya dapat dikurangi satu hari, sedangkan aktivitas C dan G dapat dikurangi masing-masing 2 dan 5 hari. Menggunakan kedua model CPM (normal dan crash), temukan:
    - jalur kritis menggunakan waktu normal, total waktu yang dibutuhkan, dan total biaya penyelesaian proyek
    - biaya minimum untuk menyelesaikan proyek dalam 16 hari.

    Tabel 11.9 Sebuah proyek yang akan dimulai terdiri dari Activity-on-node (AON)

Activity	Preceding activity	Duration (days)	Normal cost per day	Crash cost per day
A	–	3	180	60
B	A	2	100	20
C	A	5	280	30
D	B, C	2	80	–
E	D	3	90	40
F	E	4	75	–
G	A	10	300	70
H	F, G	3	150	90

    (Jawaban: (i) A–C–D–E–F–H, 20 hari, Rp. 6320 (ii) Biaya kerusakan minimum Rp. 160 – dengan mengurangi aktivitas A, C dan E masing-masing sebesar 1, 2, dan 1 hari , memberikan total biaya proyek sebesar Rp. 6.480)
2. STEKOM Big Corporation telah mendapatkan kontrak untuk membangun pabrik manufaktur baru. Activity-on-arrow (AOA) Tabel 11.10 memberikan data kegiatan yang terlibat dalam konstruksi pabrik.

    Total biaya penyelesaian proyek dalam waktu normal adalah Rp. 2 juta, tidak termasuk biaya overhead situs yang Rp. 8000 per minggu. Korporasi ingin mengubah jaringan AOA seperti yang ditunjukkan di bawah ini menjadi diagram prioritas (AON) dan karenanya temukan:
    - jalur kritis menggunakan waktu normal, durasi proyek, dan total biaya penyelesaian proyek
    - waktu tersingkat di mana proyek dapat diselesaikan dan biaya yang terkait
    - biaya terendah yang proyek dapat diselesaikan dan waktu yang sesuai.

Tabel 11.10 Activity-on-arrow (AOA)

Aktivitas	Waktu normal (minggu)	Waktu terpendek (minggu)	Biaya pengurangan (minggu)
1–2	6	4	7000
1–3	8	4	8000
1–4	5	3	3000
2–4	6	3	5000
2–5	5	3	4000
3–6	10	8	15,000
4–6	8	5	6000
5–6	6	6	–

(Petunjuk: Alokasikan huruf untuk setiap aktivitas, misalnya, A (1–2), B (1–3), dan lain-lain., dan tambahkan dua aktivitas dummy, X dan Y, untuk simpul awal dan akhir – lihat Contoh 11.1. Perlakukan biaya overhead sebagai denda kelebihan dan, ketika memperoleh biaya terendah (tujuan 3), biarkan durasi proyek normal (sel H44) kosong) *(Jawaban: (i) X–A–D–G–Y, 20 minggu, Rp. 2,16 juta (ii) 13 minggu dengan biaya kerusakan Rp. 96.000 dan total biaya proyek Rp. 2,2 juta (iii) biaya kerusakan terendah adalah Rp. 10.000 (mengurangi aktivitas D sebanyak dua minggu) memberikan total biaya proyek sebesar Rp. 2.154 juta dengan durasi proyek 18 minggu.)*

3. Perusahaan Acme telah memutuskan untuk memproduksi versi baru dari gadgetnya. Ini telah menyusun daftar berbagai kegiatan yang diperlukan dalam desain dan pembuatan gadget baru. Proyek ini akan dikenakan biaya overhead yang sedang berlangsung sebesar Rp. 200 per hari. Tabel 11.11 menunjukkan durasi (dalam hari) dan biaya durasi terkait untuk waktu penyelesaian normal dan crash.

Tabel 11.11 menunjukkan durasi (dalam hari) dan biaya durasi

Aktivitas	Aktivitas Sebelumnya	←Normal →		←Crashed →	
		Duration	Cost	Duration	Cost
A – Hitung perkiraan biaya	–	2	300	1	600
B – Setuju perkiraan	A	1	–	–	–
C – Beli bahan	B	4	150	2	350
D – Siapkan gambar desain	B	6	350	2	1050
E – Bangun bagian baru	D	3	600	1	1100
F – Merakit gadget	C, E	3	150	1	450
G – Alat uji	F	4	400	1	800
H – Evaluasi hasil tes	D	2	50	1	150
I – Desain kemasan baru	D	3	250	2	450
J – Pembuatan kemasan	H, I	8	500	4	850
K – Perakitan akhir	G, J	2	400	1	600
L – Pemeriksaan terakhir	K	2	100	1	250

(i) Temukan durasi normal proyek, total biaya proyek, dan jalur kritis jaringan.

(ii) Temukan biaya terendah proyek dan durasi yang sesuai.

(iii) Untuk memenuhi persyaratan jaminan kualitas, gadget mungkin harus diuji dua kali, menambahkan empat hari lagi ke durasi aktivitas G. Bagaimana proyek akan terpengaruh?

(iv) Apa waktu tersingkat di mana proyek dapat diselesaikan dan biaya yang terkait?

(v) Bagaimana pengaruh biaya penyelesaian jika proyek harus diselesaikan dalam waktu 20 hari?

(Petunjuk: Perlakukan biaya overhead sebagai denda kelebihan dan, ketika memperoleh biaya terendah (tujuan 3), biarkan durasi proyek normal (sel H44) kosong.) *(Jawaban: (i) 24 hari; Rp. 8050; A–B–D–I–J–K–L (ii) Rp. 7788 dengan durasi proyek 18 hari (iii) Penundaan 4 hari untuk aktivitas G akan meningkat durasi proyek hingga 27 hari dengan jalur kritis baru A–B–D–E– F–G–K–L (iv) 12 hari, dengan biaya crash sebesar Rp. 2850 dan total biaya proyek sebesar Rp. 8500. waktu dapat dicapai dengan merusak jaringan dalam beberapa cara berbeda, biaya terkait dapat bervariasi (v) Untuk menyelesaikan dalam 20 hari, biaya kerusakan=Rp. 588 dan total biaya proyek=Rp. 7838.)*

4. Murphy Builders telah dikontrak untuk menyelesaikan gedung baru dan telah mengembangkan jaringan PERT berikut untuk membantu mereka dalam menganalisis proyek. Nilai (Ti, Vi) mengacu pada durasi rata-rata (dalam minggu), Ti, dan varians, Vi,

Aktivitas	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Aktifitas yang mendahului	-	A	A	A	B	B,C	D	G	E,F,H
(T_i, V_i) nilai	-	(2,2)	(4,3)	(5,1)	(6,2)	(9,5)	(4,1)	(8,3)	(3,1)
	-								

untuk aktivitas PERT.

Pembangun Murphy ingin menemukan

(i) jalur kritis jaringan dan durasi yang diharapkan

(ii) probabilitas bahwa proyek akan selesai dalam 27 minggu, dengan asumsi bahwa jalur kritis terdistribusi secara normal

(iii) probabilitas bahwa jalur non-kritis akan selesai pada 27 minggu. Periksa apakah salah satu dari jalur non-kritis ini memiliki probabilitas yang lebih kecil daripada jalur kritis.

(iv) Perusahaan memiliki opsi untuk memperpendek aktivitas A, B, F atau G selama satu minggu. Ia ingin tahu yang mana dari keempat aktivitas ini yang akan mogok. (Memperpendek suatu aktivitas akan mengurangi Ti satu minggu tetapi tidak akan memengaruhi Vi)

(Jawaban: (i) A–D–G–H–I, 24 minggu (ii) 87,2% kemungkinan penyelesaian dalam 27 minggu (iii) Jalur A–B–E–I (100%), A–C–F –I (84,1%), A–B–F–I (98,7%), A–D–G–H–I

(87,2%).Jalur 'non-kritis' A–C–F–I memiliki probabilitas penyelesaian daripada jalur kritis.(iv) Sekarang ada dua kemungkinan jalur kritis (A–C–F–I dan A–D–G–H–I), jadi aktivitas A harus dipersingkat karena itu adalah satu-satunya aktivitas di kedua jalur.)

5. Sebuah proyek terdiri dari enam aktivitas yang durasinya diwakili oleh distribusi probabilitas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.12. Dengan menggunakan empat langkah standar untuk simulasi proyek, buat empat jalur jaringan dan lakukan lima puluh simulasi. Catat detail untuk setiap jalur dan tentukan jalur mana yang kritis. Hitung persentase waktu setiap aktivitas berada di jalur terpanjang. Berapa durasi proyek yang diharapkan?

   (Jawaban:(i)Persentase waktu yang menunjukkan empat jalur sebagai kritis ditampilkan dalam kurung: A–B–D–F (16%), A–C–E–F (34%), A–B–E–F (6%), A–C–D– F (44%) (ii) Memulai dan menyelesaikan aktivitas A,F berada pada jalur kritis (100%), aktivitas B (22%), C(78%), D(60%), dan E (40%) (iii) Durasi proyek yang diharapkan adalah 25 minggu.)

Tabel 11.12 Sebuah proyek terdiri dari enam aktivitas yang durasinya diwakili oleh distribusi probabilitas

	←.....Time (in weeks).....→							Preceding
Activity	3	4	5	6	7	8	9	activities
A		01	0.3	0.3	0.2	0.1		–
B	0.4	0.3	0.2	0.1				A
C			0.1	0.4	0.3	0.1	0.1	A
D		0.1	0.5	0.3	0.1			B,C
E	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1			B,C
F			0.2	0.3	0.4	0.1		D,E

6. Perusahaan Bangunan Brookside baru-baru ini ditawari kontrak untuk membangun stasiun layanan. Rincian proyek, termasuk kebutuhan sumber daya aktivitas, ditunjukkan pada Tabel 11.13. Brookside sudah terlibat dalam dua proyek konstruksi lain dan hanya mampu mengalokasikan sejumlah pekerja tetap untuk pekerjaan bengkel yang harus diselesaikan dalam waktu lima belas minggu. Perusahaan telah memutuskan untuk membuat jadwal kerja berdasarkan tanggal mulai paling awal. Setelah menggambar Gantt chart, Brookside sekarang ingin Anda melihat apakah ada slack yang cukup dalam jaringan yang memungkinkan jumlah minimum pekerja untuk ditugaskan ke proyek.

Tabel 11.13 Rincian proyek, termasuk kebutuhan sumber daya aktivitas

Aktivitas	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Aktivitas Sebelumnya	–	A	A	B	B	C	C	E,F	G,H
Durasi (minggu)	1	4	7	3	3	2	2	2	3
Pekerja(per-minggu)	6	3	4	2	3	7	5	2	5

(Petunjuk: Perkenalkan simpul akhir dummy J.)

(Jawaban: Durasi proyek adalah 15 minggu dengan jalur kritis A–C–F–H–I–J. Bagan Gantt menunjukkan bahwa mengapung untuk kegiatan D (7 minggu) dan G (2 minggu) dapat digunakan untuk memberikan minimal 7 pekerja. Minggu 2-15 membutuhkan 7 pekerja sedangkan minggu pertama hanya membutuhkan 6 pekerja.)

DAFTAR PUSTAKA

Heizer, J. And Render, B. (2003) Operations Management (7 thedn), Prentice Hall, New Jersey.

Lucey, T. (2005) Management Information Systems (9th edn), Thomson Learning, London.

Groebner, D., Shannon, P. etal. (2001) Business Statistics : A Decision-Making Approach (5th edn), Prentice Hall, New Jersey.

Urry, S. (1991) Introduction to Operational Research, Longman Scientific & Technical, Essex.

Winston, W. (2003) Operations Research: Applications and Algorithms (4th edn), Duxbury Press, California.

Carlberg, C. (2001) Business Analysis with EXCEL (2 nd edn), Que Corporation, Indian a polis.

Diacogiannis, G. (1994) Financial Management: A Modelling Approach Using Spreadsheets, McGraw-Hill, UK.

Jackson, M. (1988) Advanced Spreadsheet Modelling with Lotus 1-2-3, John Wiley & Sons, Ltd, UK.

Ragsdale, C. (2004) Spreadsheet Modeling and Decision Analysis (4th edn), Thomson South Western, USA.

Benninga, S. (2000) Financial Modeling (2nd edn), The MIT Press, Massachusetts.

Diacogiannis, G. (1994) Financial Management: A Modelling Approach Using Spreadsheets, McGraw-Hill, UK.

Elton, E., Gruber, M., et al. (2002) Modern Portfolio Theory and Investment Analysis (6th edn), John Wiley & Sons Inc., New York.

Jackson, M., and Staunton, M. (2001) Advanced Modelling in Finance using Excel and VBA, John Wiley & Sons, Ltd, UK.

Heizer, J. and Render, B. (2003) Production & Operations Management (7th edn), Prentice Hall, New Jersey.

Jackson, M. (1988) Advanced Spreadsheet Modelling with Lotus 1-2-3, John Wiley & Sons, Ltd, UK.

Ragsdale, C. (2004) Spreadsheet Modeling and Decision Analysis (4th edn), Thomson South Western, USA. Urry, S. (1991) Introduction to Operational Research, Longman Scientific&Technical,Essex.

Wilkes, F. (1980) Elements of Operational Research, McGraw-Hill, UK. Winston, W. (2003) Operations Research: Applications and Algorithms (4th edn), Duxbury Press, California.

Groebner, D., Shannon, P. et al.(2001) Business Statistics: A Decision-Making Approach (5th edn), Prentice Hall, New Jersey.

Levine, D., Stephan, D. Et al. (2002) Statistics for Managers Using Microsoft Excel, (3rd edn), Prentice-Hall, New Jersey.

Ragsdale, C. (2004) Spreadsheet Modeling and Decision Analysis (4th edn), Thomson SouthWestern, USA.

Walkenbach, J. (2004) Excel 2003 Power Programming with VBA, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

Groebner, D., and Shannon, P. et al. (2001) Business Statistics: A Decision-Making Approach (5th edn), Prentice Hall, New Jersey.

Heizer, J. and Render, B. (2003) Production & Operations Management (7th edn), Prentice Hall, New Jersey.

Levine, D., Stephen, D. et al. (2002) Statistics for Managers Using Microsoft Excel (3rd edn), Prentice-Hall, New Jersey.

Heizer, J. and Render, B. (2003) Production & Operations Management (7th edn), Prentice Hall, New Jersey.

Waters, C.D. (2003) Inventory Control and Management (2nd edn), John Wiley & Sons, Ltd, UK.

Heizer, J. and Render, B. (2003) Production & Operations Management (7th edn), Prentice Hall, New Jersey.

Ragsdale, C. (2004) Spreadsheet Modeling and Decision Analysis (4th edn), Thomson South Western, USA.

Slack, N., Chambers, S. et al. (2004) Operations Management (4th edn), Pearson Education, UK.

Urry, S. (1991) Introduction to Operational Research, Longman Scientific & Technical, Essex.

Wilkes, F. (1980) Elements of Operational Research, McGraw-Hill, UK.

Winston, W. and Albright, S. (2000) Practical Management Science: Spreadsheet Modeling and Applications (2nd edn), Duxbury Press, California.

Heizer, J. and Render, B. (2003) Production & Operations Management (7th edn), Prentice Hall, New Jersey.

Ragsdale, C. (2004) Spreadsheet Modeling and Decision Analysis (4th edn), Thomson SouthWestern, USA.

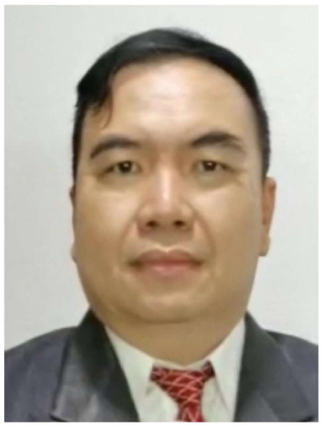
Wilkes, F. (1980) Elements of Operational Research, McGraw-Hill, UK.

Winston, W. and Albright, S. (2000) Practical Management Science: Spreadsheet Modeling and Applications (2nd edn), Duxbury Press, California.

MANAJEMEN DAN OPERASIONAL BISNIS dengan Excel

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

BIO DATA PENULIS



Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas (UNDIP) Semarang dan dari Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga (UKSW) Diponegoro Disiplin ilmu itu antara lain teknik elektro, komputer, manajemen dan ilmu sosiologi. Penulis memiliki pengalaman kerja pada industri elektronik dan sertifikasi keahlian dalam bidang Jaringan Internet, Telekomunikasi, Artificial Intelligence, Internet Of Things (IoT), Augmented Reality (AR), Technopreneurship, Internet Marketing dan bidang pengolahan dan analisa data (komputer statistik).

Penulis adalah pendiri dari Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM) dan juga seorang dosen yang memiliki Jabatan Fungsional Akademik Lektor Kepala (Associate Professor) yang telah menghasilkan puluhan Buku Ajar ber ISBN, HAKI dari beberapa karya cipta dan Hak Paten pada produk IPTEK. Penulis juga terlibat dalam berbagai organisasi profesi dan industri yang terkait dengan dunia usaha dan industri, khususnya dalam pengembangan sumber daya manusia yang unggul untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja secara nyata.

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :

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

ISBN 978-623-5734-07-1 (PDF)

9 786235 734071