



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



RISIKO BISNIS

DAN

CONTOH PRAKTIKNYA

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

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

RISIKO BISNIS

DAN

CONTOH PRAKTIKNYA



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 978-623-8642-87-8 (PDF)



9

786238

642878

RESIKO BISNIS DAN CONTOH PRAKTISNYA

Penulis :

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

ISBN : 978-623-8642-87-8

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 Yuniarto, S.Ds., M.Kom

Penebit :

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

Anggota IKAPI No: 279 / ALB / JTE / 2023

Redaksi :

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Distributor Tunggal :

Universitas STEKOM

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

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 kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya buku berjudul "***Risiko Bisnis dan Contoh Praktiknya***" kepada para pembaca yang ingin memperluas wawasan dan keterampilan mereka dalam memahami, menilai, dan mengelola risiko dalam dunia bisnis. Dalam era yang ditandai dengan ketidakpastian dan perubahan yang cepat, kemampuan untuk mengelola risiko secara strategis telah menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan organisasi.

Dalam dunia bisnis yang terus berkembang dan penuh tantangan, pemahaman yang mendalam tentang risiko menjadi semakin penting. Buku ini hadir sebagai panduan komprehensif untuk membantu Anda memahami, menganalisis, dan mengelola risiko dengan lebih efektif, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik di dalam organisasi.

Di setiap bab, kami berusaha menyajikan informasi yang relevan dan aplikatif. Bab 1 membuka diskusi dengan konteks dan penggunaan penilaian risiko, memberikan pemahaman tentang tantangan yang sering dihadapi dalam proses pengambilan keputusan. Dengan menyoroti penggerak utama penilaian risiko, kami berharap pembaca dapat melihat pentingnya pendekatan proaktif dalam mengelola ketidakpastian.

Melanjutkan ke Bab 2, kami menjelaskan tahapan utama dalam proses penilaian risiko umum. Dari identifikasi hingga pemantauan risiko, setiap langkah dirinci dengan jelas untuk memastikan bahwa pembaca dapat mengikuti proses tersebut dengan mudah. Kami percaya bahwa pemahaman yang baik tentang tahapan ini adalah kunci untuk mengimplementasikan manajemen risiko yang efektif. Bab 3 hingga Bab 5 membawa pembaca lebih dalam ke berbagai pendekatan untuk penilaian dan kuantifikasi risiko. Kami membahas tantangan organisasi dalam pemodelan risiko serta solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut. Dengan contoh nyata dan studi kasus, kami berharap pembaca dapat melihat bagaimana teori diterapkan dalam praktik.

Dalam Bab 6 hingga Bab 8, kami menjelaskan prinsip-prinsip metode simulasi dan desain model risiko. Pembaca akan diajak untuk memahami bagaimana statistik distribusi dapat digunakan untuk mengukur risiko secara lebih akurat, sehingga keputusan yang diambil menjadi lebih berbasis data. Selanjutnya, Bab 9 hingga Bab 13 menyajikan teknik-teknik praktis terkait pemilihan distribusi untuk model risiko, pembuatan sampel dari distribusi, serta penerapan alat-alat seperti Excel/VBA dalam simulasi. Dengan pendekatan hands-on ini, kami ingin memastikan bahwa pembaca tidak hanya memahami konsep-konsep teoritis tetapi juga mampu menerapkannya secara langsung di lapangan.

Kami berharap buku ini dapat menjadi sumber inspirasi dan referensi bagi para profesional, akademisi, dan mahasiswa di bidang manajemen risiko. Setiap bab dirancang untuk memberikan wawasan baru dan mendorong pembaca untuk berpikir kritis tentang bagaimana mereka dapat mengelola risiko dalam konteks bisnis mereka masing-masing.

Akhir kata, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini tidak hanya memberikan pengetahuan tetapi juga mendorong praktik manajemen risiko yang lebih baik dan berkelanjutan di masa depan. Selamat membaca!

Semarang, Maret 2025

Penulis

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

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
BAB 1 KONTEKS DAN PENGGUNAAN PENILAIAN RISIKO	1
1.1 Contoh Penilaian Risiko	1
1.2 Tantangan Umum Dalam Proses Pengambilan Keputusan	5
1.3 Penggerak Utama Penilaian Risiko Dalam Konteks Bisnis	14
1.4 Tujuan dan Kegunaan Penilaian Risiko Umum	20
BAB 2 TAHAPAN UTAMA PROSES PENILAIAN RISIKO UMUM	29
2.1 Tinjauan Umum Tahap Proses	29
2.2 Iterasi Proses	30
2.3 Identifikasi Risiko	31
2.4 Pemetaan Risiko	35
2.5 Prioritasi Risiko dan Kriteria Potensialnya	36
2.6 Tanggapan Risiko: Mitigasi dan Eksploitasi.....	43
2.7 Manajemen dan Pemantauan Proyek	45
BAB 3 PENDEKATAN UNTUK PENILAIAN DAN KUANTIFIKASI RISIKO	46
3.1 Pendekatan Informal Atau Intuitif	47
3.2 Register Risiko Tanpa Agregasi	47
3.3 Daftar Risiko Dengan Agregasi (Kuantitatif)	51
3.4 Pemodelan Risiko Lengkap	58
BAB 4 PEMODELAN RISIKO TERINTEGRASI DALAM PENDUKUNG KEPUTUSAN	60
4.1 Karakteristik Utama Model Lengkap	60
4.2 Tinjauan Umum Manfaat Pemodelan Risiko Penuh.....	62
4.3 Membuat Model Yang Lebih Akurat Dan Realistis	63
4.4 Menggunakan Rentang Hasil Untuk Meningkatkan Pengambilan Keputusan ...	77
4.5 Mendukung Asumsi yang Transparansi dan Mengurangi Bias	88
4.6 Memfasilitasi Kerja dan Komunikasi Kelompok	89
BAB 5 TANTANGAN ORGANISASI TERKAIT PEMODELAN RESIKO	91
5.1 Tantangan dan Solusi Dalam Manajmen Resiko	91
5.2 Mengapa Hasil Simulasi Tidak Selalu Realistis	93
5.3 Manfaat dan Keterbatasan Model Risiko	95
5.4 Bekerja Secara Efektif Dengan Proses dan Prosedur Yang Ditingkatkan	97
5.5 Proses Manajemen, Budaya dan Manajemen Perubahan	100
BAB 6 PRINSIP METODE SIMULASI	109
6.1 Aspek Utama Simulasi:Contoh Deskriptif.....	109
6.2 Simulasi Sebagai Alat Pemodelan Risiko	114
6.3 Analisis Sensitivitas dan Skenario	119
6.4 Analisis dan Pemodelan Optimasi	125
6.5 Metode Analitik dan Metode Numerik Lainnya	136
6.6 Penerapan Metode Simulasi	138

BAB 7	PRINSIP INTI DESAIN MODEL RISIKO	140
7.1	Perencanaan dan Komunikasi Model	141
7.2	Pemikiran Berbasis Sensitivitas Sebagai Alat Desain Model	149
7.3	Pemetaan Risiko dan Penyelarasan Proses	158
7.4	Hubungan Ketergantungan Umum.....	162
7.5	Bekerja Dengan Model Yang Ada	177
BAB 8	MENGUKUR RISIKO MENGGUNAKAN STATISTIK DISTRIBUSI	184
8.1	Mendefinisikan Risiko Secara Lebih Tepat.....	184
8.2	Proses Acak Dan Representasi Visualnya	187
8.3	Persentil.....	190
8.4	Ukuran Titik Pusat.....	193
8.5	Ukuran Rentang	197
8.6	Kecelakaan Dan Ketidaksimetrisan.....	202
8.7	Ukuran Risiko Lainnya.....	206
8.8	Mengukur Ketergantungan.....	210
BAB 9	PEMILIHAN DISTRIBUSI UNTUK PENGGUNAAN MODEL RISIKO.....	217
9.1	Deskripsi Distribusi Individual	217
9.2	Kerangka Kerja Untuk Pemilihan Dan Penggunaan Distribusi.....	259
9.3	Perkiraan Distribusi Satu Sama Lain	266
BAB 10	MEMBUAT SAMPEL DARI DISTRIBUSI.....	278
10.1	Fungsi Invers Yang Tersedia Secara Langsung	279
10.2	Fungsi Yang Memerlukan Metode Pencarian Dan Pencairan	283
10.3	Membandingkan Sampel Yang Dihitung	285
10.4	Membuat Fungsi Invers Yang Ditentukan Pengguna	286
10.5	Generalisasi Lainnya	293
BAB 11	MEMBUAT MODEL KETERGANTUNGAN ANTARA SUMBER RISIKO	297
11.1	Ketergantungan Parameter Dan Kausalitas Sebagian	297
11.2	Ketergantungan Antara Proses Sampel	309
11.3	Ketergantungan Dalam Deret Waktu	324
BAB 12	PENGGUNAAN EXCEL/VBA UNTUK PEMODELAN SIMULASI	332
12.1	Deskripsi Model Contoh Dan Rentang Ketidakpastian.....	332
12.2	Membuat Dan Mnejalankan Simulasi: Langkah-Langkah Utama.....	333
12.3	Analisis Hasil Dasar	340
12.4	Fitur Sederhana Lainnya	344
12.5	Umumkan Kemampuan Inti.....	345
12.6	Mengoptimalkan Struktur Dan Tata Letak Model	348
12.7	Contoh Menggunakan Template Simulasi	356
12.8	Penggunaan VBA Yang Mungkin Lainnya	359
BAB 13	PEMODELAN SIMULASI	371
13.1	Deskripsi Model Contoh Dan Rentang Ketidakpastian.....	371
13.2	Membuat Dan Menjalankan Simulasi: Langkah Utama dan Ikon Dasar	373
13.3	Kontrol Simulasi @RISK	383
13.4	Fitur Utama Lainnya	390
13.5	Bekerja Dengan Makro Dan Bahasa Makro @RISK	407

13.6 Aplikasi Dan Fitur Tambahan Yang Ada Didalamnya	418
13.7 Manfaat @RISK Dibandingkan Dengan Pendekatan Excel/VBA.....	422
Daftar Pustaka	424

BAB 1

KONTEKS DAN PENGGUNAAN PENILAIAN RISIKO

Bab ini memberikan pembahasan umum tentang penggunaan penilaian risiko. Kami mulai dengan menjelaskan beberapa contoh sederhana; contoh-contoh ini menunjukkan bahwa penilaian risiko adalah proses alami yang dilakukan oleh kebanyakan orang dalam situasi sehari-hari, meskipun secara informal dan sering kali secara implisit. Kami juga menyajikan beberapa contoh utama kegagalan manajemen risiko dalam konteks terkait bisnis.

Kami kemudian menjelaskan beberapa tantangan kontekstual dalam proses pengambilan keputusan, termasuk mencapai keseimbangan yang tepat antara pertimbangan rasional dan intuisi, serta adanya bias. Di bagian akhir bab ini, kami menyajikan pendorong utama perlunya pendekatan terstruktur, eksplisit, dan formal terhadap penilaian risiko dalam beberapa konteks, dan menyajikan penggunaan dan tujuan utama dari kegiatan tersebut.

1.1 CONTOH PENILAIAN RISIKO

Bagian ini menyajikan beberapa contoh sederhana penggunaan penilaian risiko dalam situasi sehari-hari. Dari sini, kami bermaksud untuk menarik beberapa kesimpulan umum, termasuk bahwa pelaksanaan penilaian risiko cukup alami bagi kebanyakan dari kita (dan bukan sesuatu yang tidak biasa, pada prinsipnya). Memang, dalam situasi yang cukup sederhana atau yang sering ditemui, prosesnya biasanya tersirat; rencana kita secara otomatis memasukkan beberapa elemen mitigasi risiko dan perencanaan kontinjensi berdasarkan pengalaman, tanpa kita sadari secara khusus.

Untuk situasi yang jarang dihadapi (atau di mana situasinya tidak sesuai dengan pola yang dikenal), prosesnya umumnya sedikit lebih eksplisit. Kami juga bermaksud untuk menunjukkan bahwa proses penilaian risiko baik eksplisit maupun implisit dapat mengakibatkan modifikasi pada rencana asli (kasus dasar) dalam beberapa kemungkinan cara:

- Ini mungkin tidak mengakibatkan perubahan pada rencana atau proyek yang mendasarinya, tetapi hanya pada adaptasi target atau tujuan untuk membuatnya lebih realistis atau dapat dicapai, seperti penambahan kontinjensi, baik itu waktu, sumber daya, atau anggaran tambahan.
- Dapat menyebabkan perubahan moderat terhadap rencana atau proyek awal, dengan mengarahkan seseorang untuk mencari tindakan guna menanggapi risiko, seperti tindakan mitigasi atau eksploitasi.
- Hal ini dapat mengakibatkan perubahan yang lebih mendasar pada proyek, seperti persyaratan untuk mengubah cakupannya atau mengubahnya secara besar-besaran, atau untuk mengembangkan kemungkinan struktural atau kontekstual yang sama sekali baru.

Kami juga menunjukkan bahwa hasil dari proses tersebut sering kali bergantung pada penilaian pribadi, bukan analisis dan kriteria yang kuat. Secara khusus, kami biasanya membuat

sejumlah penilaian dengan cara yang tidak eksplisit maupun formal, dan ini bergantung pada pengalaman, situasi pribadi, preferensi, dan bias kami. Meskipun, dalam situasi pribadi, kami sering kali memiliki keleluasaan mengenai pilihan keputusan atau tindakan mitigasi mana yang akan diterapkan, dan konsekuensinya ditanggung langsung oleh kami, dalam beberapa kasus, konsultasi dan kesepakatan dengan orang lain mungkin tetap diperlukan.

Contoh Manajemen Risiko Sehari-hari

Berikut ini menjelaskan beberapa contoh sederhana, yang masing-masing bertujuan untuk menunjukkan beberapa poin di atas. Saat berencana untuk menyeberang jalan, dalam keadaan normal, pertama-tama kita melihat ke setiap arah. Hal ini dapat dianggap sebagai perilaku mitigasi risiko yang telah ditanamkan dalam diri kita sejak usia muda, dan telah menjadi refleks alami: jelas bahwa manfaat dari melihat sangatlah penting jika dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk melakukannya; investasi kecil dalam waktu dan upaya dapat dengan mudah diimbangi oleh pengurangan risiko kecelakaan.

Namun, ketika keadaan sedikit berbeda dari biasanya (misalnya jalan sangat ramai, atau rambu lalu lintas rusak), seseorang cenderung mengambil tindakan pencegahan ekstra secara alami: seseorang mungkin melihat lebih cermat dari biasanya, atau berjalan lebih hati-hati. Dalam keadaan yang lebih tidak biasa (misalnya jika mempertimbangkan untuk menyeberang jalan raya multi-jalur yang sangat ramai), seseorang akan cenderung mencoba mengidentifikasi risiko secara eksplisit, dan untuk merenungkan lebih cermat lagi tentang kemungkinan tindakan mitigasi risiko: jika telah diramalkan sebelumnya bahwa seseorang mungkin menghadapi situasi seperti itu, seseorang mungkin telah mengenakan sepatu olahraga atau jaket berwarna yang memantulkan cahaya sebelum memulai perjalanan.

Jika tindakan pencegahan tersebut tidak dilakukan, dan waktu tersedia, seseorang dapat kembali ke rumah untuk berganti ke sepatu dan jaket yang sesuai. Seseorang bahkan mungkin ingin membangun jembatan, jika saja waktu dan uang memungkinkan! Namun, jika semua pendekatan mitigasi yang memungkinkan dinilai tidak memadai, tidak praktis, terlalu mahal atau terlalu menyita waktu, seseorang akan mempertimbangkan apakah akan membatalkan rencana untuk menyeberang, dan dengan demikian harus mengembangkan opsi yang sama sekali baru atau merevisi tujuan dan target seseorang.

Saat merencanakan perjalanan bisnis besar, seseorang dapat memesan tiket pesawat untuk tanggal yang dimaksud. Di sisi lain, seseorang sering kali secara alami mempertimbangkan (risiko) bahwa tanggal perjalanan mungkin perlu diubah, dan mempertimbangkannya dengan cara tertentu. Secara khusus, seseorang dapat mempertimbangkan berbagai kemungkinan opsi, masing-masing dengan biaya, manfaat, dan risiko yang berbeda:

- Beli (sekarang) tiket yang tidak fleksibel: Ini umumnya merupakan opsi termurah tetapi juga akan mengakibatkan seluruh investasi hilang jika perjalanan dijadwalkan ulang. Sebagai variasi, seseorang mungkin dapat membeli asuransi pembatalan perjalanan (sehingga sedikit meningkatkan biaya): memang, mungkin ada berbagai jenis asuransi yang tersedia, dengan harga yang berbeda, dengan tingkat penggantian yang berbeda, dan syarat dan ketentuan umum yang berbeda.

- Beli (sekarang) tiket yang sepenuhnya fleksibel: Ini umumnya akan menjadi pilihan yang lebih mahal daripada membeli tiket yang tidak fleksibel, tetapi setidaknya asuransi pembatalan perjalanan tidak diperlukan, dan biayanya akan tetap.
- Tunda pembelian tiket hingga tanggalnya ditetapkan dengan lebih pasti; pada saat itu, buatlah keputusan akhir apakah akan membeli tiket dengan tanggal tetap pada saat itu atau membeli tiket yang fleksibel, dan mungkin juga dengan asuransi pembatalan perjalanan.
- Seseorang dapat memikirkan serangkaian pilihan keputusan yang lebih luas yang sifatnya lebih struktural yang secara fundamental berbeda dengan tindakan yang direncanakan semula, dan yang tetap bertujuan untuk mencapai tujuan yang diinginkan; misalnya, seseorang dapat melakukan serangkaian konferensi video yang disertai dengan berbagi dokumen elektronik, alih-alih mengadakan rapat langsung.

Saat merencanakan proyek pembangunan atau renovasi besar (misalnya, apartemen lama yang baru saja dibeli), seseorang dapat memperkirakan anggaran dasar untuk pekerjaan tersebut dan kemudian menambahkan beberapa kontinjensi untuk mengatasi masalah yang tidak terduga: ini dapat mencakup biaya material atau tenaga kerja yang mungkin lebih tinggi dari yang diharapkan, atau asbes akan ditemukan di rongga dinding atau langit-langit yang saat ini tersembunyi (atau tidak dapat diakses), atau struktur pendukung tidak akan sekuat yang diharapkan, dan seterusnya.

Proses ini akan menghasilkan angka yang direvisi yang mungkin cukup untuk menutupi total biaya proyek bahkan ketika beberapa risiko terwujud. Jika anggaran yang direvisi ini dicakup oleh dana yang tersedia, seseorang mungkin akan melanjutkan proyek seperti yang semula direncanakan. Namun, jika anggaran yang direvisi ini melebihi dana yang tersedia, seseorang mungkin harus mengembangkan opsi keputusan lebih lanjut, seperti:

- Melanjutkan proyek seperti yang direncanakan semula dan "berharap yang terbaik" (sementara mungkin mencari tindakan mitigasi lain yang memungkinkan, seperti meminjam uang dari anggota keluarga jika diperlukan, dan menerima penyewa untuk membayar pinjaman lebih cepat).
- Mengubah cakupan proyek (misalnya menggunakan finishing yang lebih murah).
- Merestrukturisasi proyek menjadi beberapa fase (misalnya menunda renovasi kamar mandi cadangan selama beberapa tahun hingga lebih banyak dana tersedia).
- Membatalkan proyek sepenuhnya.

Ketika berencana untuk bepergian dari rumah ke bandara, jika seseorang telah melakukan perjalanan seperti itu berkali-kali, seseorang akan tahu dari pengalaman berapa banyak waktu perjalanan yang harus disediakan: rencana kasus dasar ini secara implisit sudah memperhitungkan sampai batas tertentu bahwa mungkin ada kejadian tak terduga yang dapat terjadi di tengah perjalanan. Dengan kata lain, rencana dasar akan memiliki beberapa kemungkinan (waktu) yang sudah ditetapkan.

Di sisi lain, jika perjalanannya baru (misalnya seseorang baru saja pindah ke daerah tersebut), seseorang dapat melakukan penelitian eksplisit untuk memperkirakan waktu perjalanan dasar, dan kemudian mungkin menambahkan beberapa waktu kemungkinan

tambahan juga. Ketika merencanakan perjalanan yang akan dilakukan dengan orang lain, waktu kemungkinan yang diinginkan setiap orang biasanya akan berbeda dengan yang lain: masing-masing akan memiliki toleransi yang berbeda terhadap risiko, dengan biaya yang mereka rasakan akibat waktu tunggu yang berlebihan (misalnya di bandara) dan implikasi bagi mereka jika ketinggalan pesawat yang berbeda. Tentu saja, secara umum, proses informal ini bisa sangat berharga; bahkan proses ini mungkin sering kali cukup untuk memastikan bahwa keputusan yang memadai diambil. Dalam kasus lain, proses ini tidak akan cukup.

Kegagalan Manajemen Risiko yang Menonjol

Jelas, baik di sektor publik maupun swasta, terdapat banyak proyek yang mengalami penundaan tak terduga atau pembengkakan biaya yang signifikan, terutama dalam penyelesaian proyek infrastruktur, transportasi, dan konstruksi utama. Salah satu contoh (hanya dipilih sebagaimana yang muncul di media umum sekitar waktu penulisan teks ini) adalah proyek pembangunan trem di Edinburgh (Skotlandia), yang menelan biaya sekitar £400 juta saat diumumkan pada tahun 2003, tetapi meningkat menjadi sekitar £800 juta pada tanggal penyelesaian proyek pada tahun 2014. Faktanya, mungkin adil untuk mengatakan bahwa sebagian besar kegagalan (dan banyak keberhasilan) manajemen risiko dalam konteks bisnis tidak dapat diamati secara publik, karena berbagai alasan, termasuk:

- Kegagalan tersebut berukuran tidak memengaruhi kinerja bisnis agregat secara signifikan (meskipun jumlah yang terkait mungkin substansial menurut standar individu biasa), dan kerugiannya diserap dalam anggaran umum. □ Risiko-risiko tersebut tidak didiskusikan secara terbuka, dan kegagalannya tidak diselidiki secara objektif (dan hasilnya pun tidak dipublikasikan).
- Sulit untuk menunjukkan bahwa risiko yang benar-benar terjadi dapat dan seharusnya dikurangi lebih awal: dengan kata lain, untuk membedakan manfaat dari tinjauan ke belakang dari apa yang seharusnya sudah diketahui secara wajar di awal proses.

Namun, terkadang ada kasus-kasus besar yang cukup besar dan penting bagi masyarakat sehingga penyebabnya telah diselidiki secara terperinci; beberapa di antaranya dibahas secara singkat di bawah ini:

- Krisis Keuangan. Krisis keuangan di awal abad ke-21 menyebabkan dibentuknya Komisi Penyelidikan Krisis Keuangan, yang perannya adalah untuk menetapkan penyebab krisis di Amerika Serikat. Meskipun laporannya, yang diterbitkan pada bulan Januari 2012, mencapai ratusan halaman, beberapa kesimpulan utamanya adalah:
- “... krisis keuangan ini dapat dihindari ... akibat dari tindakan dan kelambanan manusia, bukan karena alam atau model komputer yang tidak terkendali. Para pemimpin keuangan dan pengurus publik sistem keuangan kita mengabaikan peringatan, dan gagal mempertanyakan, memahami, dan mengelola risiko yang terus berkembang.”
- “Meskipun banyak orang berpendapat ... bahwa krisis tidak dapat diramalkan ... ada tanda-tanda peringatan. Tragisnya, tanda-tanda tersebut diabaikan atau diabaikan.”
- “Kegagalan dramatis tata kelola perusahaan dan manajemen risiko di banyak lembaga keuangan yang penting secara sistemik merupakan penyebab utama krisis ini ...”
- Tumpahan Minyak Deepwater Horizon. Pada bulan April 2010, sumur minyak Macondo

yang sedang dibor di Teluk Meksiko mengalami ledakan hebat, yang menewaskan 12 orang, dan mengakibatkan tumpahnya jutaan barel minyak mentah. Hal ini mengganggu perekonomian wilayah tersebut, merusak perikanan dan habitat, dan menyebabkan BP harus membayar sejumlah besar kompensasi dan ganti rugi. Sebuah komisi dibentuk oleh Presiden Obama untuk menyelidiki bencana tersebut, penyebab dan dampaknya, dan merekomendasikan tindakan yang diperlukan untuk meminimalkan risiko tersebut di masa mendatang. Laporan kepada Presiden, yang diterbitkan pada bulan Januari 2012, terdiri dari beberapa ratus halaman. Beberapa kesimpulan utama meliputi:

- “Kerugian ... seharusnya dapat dicegah.”
- “Penyebab langsungnya ... serangkaian kesalahan yang dapat diidentifikasi ... yang mengungkap ... kegagalan sistematis dalam manajemen risiko.” □ “Tidak ada satu pun [keputusan] ... dalam Gambar 4.10 [Contoh Keputusan yang Meningkatkan Risiko di Macondo sekaligus Berpotensi Menghemat Waktu] yang tampaknya telah melalui analisis risiko, tinjauan sejawat, atau proses manajemen perubahan yang komprehensif dan sistematis.”
- Pesawat Ulang Alik Columbia. Pada tanggal 1 Februari 2003, pesawat ulang alik Columbia hancur saat kembali ke Bumi, menewaskan tujuh astronot di dalamnya. Badan Investigasi Kecelakaan melaporkan pada bulan Agustus 2003, dan menunjukkan bahwa sepotong besar busa jatuh dari tangki eksternal pesawat ulang alik saat memasuki kembali atmosfer, yang menembus sayap pesawat antariksa. Laporan tersebut juga mencatat bahwa:
 - Masalah tersebut ... sudah diketahui dan telah menyebabkan kerusakan pada penerbangan sebelumnya; manajemen menganggapnya sebagai risiko yang dapat diterima.
 - “... kecelakaan itu mungkin bukan peristiwa yang tidak biasa dan acak, tetapi lebih mungkin berakar... dalam sejarah dan ... budaya NASA.”
 - “Ciri-ciri budaya dan praktik organisasi yang merugikan keselamatan dibiarkan berkembang, termasuk ... ketergantungan pada keberhasilan masa lalu sebagai pengganti rekayasa yang baik
 - ... [dan] ... hambatan organisasi yang mencegah komunikasi yang efektif dan menghambat perbedaan pendapat profesional.”

1.2 TANTANGAN UMUM DALAM PROSES PENGAMBILAN KEPUTUSAN

Bagian ini membahas beberapa tantangan umum atau kontekstual dalam proses pengambilan keputusan, termasuk mencapai keseimbangan yang tepat antara pertimbangan rasional dan intuisi, serta kemungkinan adanya berbagai bias.

Menyeimbangkan Intuisi dengan Rasionalitas

Kebanyakan keputusan dibuat berdasarkan kombinasi intuisi dan pertimbangan rasional, dengan berbagai tingkat keseimbangan di antara keduanya. Pendekatan intuitif biasanya dicirikan, didorong, atau didominasi oleh:

- Perasaan, pengalaman, dan bias.
- Pengambilan keputusan cepat dengan bias untuk memperkuat kesimpulan awal dan menolak narasi tandingan.
- Mengabaikan atau mengabaikan item yang rumit atau tidak dipahami dengan baik.
- Sedikit pemikiran (formal) tentang risiko, ketidakpastian, dan hal-hal yang tidak diketahui.
- Sedikit proses pengambilan keputusan (formal) atau prosedur tata kelola.
- Kurangnya transparansi dalam kriteria keputusan dan pentingnya berbagai item.
- Mencari masukan hanya dari sekelompok kecil orang, bukan dari kelompok yang beragam.

Dalam kondisi terbaiknya, pengambilan keputusan intuitif dapat menjadi kuat dan efektif, misalnya investasi rendah namun menghasilkan keputusan yang baik (umumnya). Memang, pembenaran untuk pendekatan tersebut dapat dibuat menggunakan kerangka kerja pengenalan pola yaitu, pembuat keputusan (biasanya secara tidak sadar) memandang situasi tertentu yang dihadapi sebagai sesuatu yang serupa (atau identik untuk tujuan pengambilan keputusan) dengan situasi lain yang telah dialami berkali-kali sebelumnya. Dengan demikian, pendekatan tersebut paling tepat jika jenis situasi tertentu sering dihadapi, atau jika konsekuensi dari keputusan yang buruk tidak signifikan (atau dapat dibalik), atau dalam situasi darurat yang memerlukan keputusan yang sangat cepat. Contohnya meliputi:

- Merencanakan jam berapa berangkat kerja di pagi hari, yang mungkin berdasarkan pengalaman bertahun-tahun (tidak terdokumentasi) menggunakan rute yang sama.
- Pengemudi berpengalaman yang tidak terlalu menyadari kondisi jalan yang sering dilaluinya, tetapi tetap membuat keputusan implisit yang konstan.

Tentu saja, pendekatan yang didorong oleh intuisi dapat memiliki bentuk yang lebih ekstrem: sebuah artikel di *The New York Times* tanggal 20 Oktober 2013 (Ketika CEO Merangkul Ilmu Gaib) melaporkan penggunaan peramal secara luas oleh para eksekutif Korea Selatan yang menghadapi keputusan penting. Pendekatan rasional dapat dikontraskan dengan pendekatan intuitif, dan dicirikan oleh:

- Tidak bergantung pada bias pribadi.
- Sangat bergantung pada analisis, model, dan kerangka kerja.
- Berpikir secara objektif, holistik, dan matang.
- Mengkritik diri sendiri: upaya berkelanjutan untuk mencari kekurangan dan kemungkinan perbaikan dalam proses dan analisis. □ Keterbukaan terhadap tinjauan dan diskusi independen.
- Proses formal dan tata kelola keputusan.
- Menetapkan tujuan dan menciptakan tingkat transparansi yang lebih tinggi ke dalam kriteria keputusan yang eksplisit.
- Keinginan untuk mempertimbangkan semua faktor yang mungkin relevan, untuk menggabungkan sudut pandang alternatif, kebutuhan pemangku kepentingan yang berbeda, dan untuk mendapatkan masukan yang beragam dari berbagai sumber.
- Secara eksplisit mencari lebih banyak informasi, berbagai masukan yang beragam, dan

pengumpulan data atau penilaian ahli.

- Keterbukaan untuk menggunakan alat dan teknik alternatif jika mungkin sesuai.
- Kemauan untuk berinvestasi lebih banyak dalam waktu, proses, alat, dan komunikasi.
- Mengungkap, menantang, mengatasi, atau meminimalkan bias yang sering muncul dalam situasi di mana refleksi atau analisis yang dilakukan tidak memadai.
- (Biasanya) dengan beberapa kuantifikasi dan prioritas.
- (Idealnya) dengan pertimbangan yang tepat tentang faktor-faktor yang dapat menyebabkan tujuan menjadi terganggu (risiko dan ketidakpastian).

Banyak keputusan dibuat berdasarkan kombinasi intuisi dan pertimbangan rasional; penilaian risiko yang diformalkan dengan jelas pada prinsipnya berkaitan dengan peningkatan masukan rasional ke dalam proses tersebut. Pendekatan intuitif mungkin kurang dapat diandalkan untuk keputusan yang berkaitan dengan investasi besar atau dengan implikasi jangka panjang; tampaknya logis bahwa tidak ada tim manajemen yang benar-benar telah memiliki pengalaman yang sangat signifikan dengan sejumlah besar proyek yang sangat mirip atau identik selama siklus hidup penuh mereka. Di sisi lain, mungkin adil untuk mengatakan bahwa intuisi umumnya merupakan kekuatan dominan dalam hal bagaimana keputusan dibuat dalam praktik:

- Suatu tindakan yang "terasa" salah bagi pembuat keputusan (tetapi tampaknya didukung oleh analisis rasional) tidak mungkin diterima. Demikian pula, suatu tindakan yang "terasa benar" bagi pembuat keputusan akan jarang ditolak, bahkan jika analisis akan merekomendasikan untuk melakukannya; sebaliknya, dalam setiap kasus, seseorang akan selalu mencari faktor-faktor yang dinilai secara keliru (atau dihilangkan) dari pendekatan rasional. Ini mungkin termasuk kriteria keputusan penting yang diabaikan, atau item lain yang tidak diketahui oleh tim yang melakukan analisis, tetapi relevan dari sudut pandang pembuat keputusan.
- Dalam kebanyakan situasi bisnis, hampir selalu ada beberapa karakteristik yang sama dari satu proyek ke proyek lainnya (jika tidak, perusahaan mungkin menyimpang dari kompetensi intinya), dan karenanya proses intuitif memiliki beberapa peran. Akibatnya, bahkan ketika penggunaan pendekatan rasional tampaknya tepat (misalnya investasi besar, proyek perluasan atau restrukturisasi), pendekatan tersebut mungkin tidak menerima prioritas dan perhatian yang layak.
- Pendekatan rasional lebih rumit untuk diterapkan, memerlukan tingkat disiplin yang lebih tinggi, waktu ekstra, dan kemungkinan investasi lainnya; proses intuitif membutuhkan lebih sedikit usaha, dan sesuai dengan preferensi pribadi banyak orang untuk komunikasi verbal dan tindakan cepat. Dalam konteks ini, beberapa kutipan terkenal muncul dalam pikiran: "Pendapat adalah media antara pengetahuan dan ketidaktahuan" (Plato), dan "Terlalu sering kita menikmati kenyamanan pendapat tanpa ketidaknyamanan pikiran" (John F. Kennedy). □ Seberapa pun banyaknya analisis rasional yang telah dilakukan, penilaian manajemen (atau intuisi) biasanya tetap perlu memainkan peran penting dalam banyak keputusan: sangat sedikit situasi yang dapat dipahami dengan sempurna, dengan semua faktor atau risiko diidentifikasi dan

ditangkap dengan benar. Misalnya, beberapa faktor kualitatif mungkin tidak terwakili dalam istilah umum yang diperlukan untuk model kuantitatif (yaitu biasanya dalam istilah keuangan). Selain itu, dan minimal, akan selalu ada beberapa "hal yang tidak diketahui" yang perlu diperhatikan oleh para pembuat keputusan.

Jadi, idealnya analisis rasional yang kuat dan objektif akan membantu mengembangkan dan menginformasikan intuisi pembuat keputusan (terutama pada tahap awal proses pengambilan keputusan), dan juga untuk mendukung dan memperkuatnya (pada tahap selanjutnya). Jika ada ketidaksesuaian antara intuisi pembuat keputusan tertentu dan hasil analisis rasional, pertama-tama, seseorang dapat mencari area di mana analisis rasional tidak lengkap atau didasarkan pada asumsi yang salah: mungkin ada faktor-faktor yang penting bagi pembuat keputusan yang tidak disadari oleh tim yang digerakkan oleh analitik; idealnya hal ini akan dimasukkan sejauh mungkin dalam analisis rasional yang direvisi dan lebih kuat.

Di sisi lain, mungkin ada kasus di mana bahkan setelah faktor-faktor tersebut dimasukkan, pendekatan rasional dan intuitif berbeda dalam rekomendasinya. Hal ini dapat menyebabkan seseorang dapat menunjukkan bahwa intuisi asli tidak benar dan juga kepada pendorongnya; tentu saja, secara umum dalam kasus seperti itu, mungkin ada putaran komunikasi tambahan yang diperlukan dengan pembuat keputusan untuk menjelaskan masalah yang relevan. Dengan kata lain, analisis yang benar-benar rasional dan objektif harus selaras dengan intuisi, dan dapat berfungsi untuk mengubah pemahaman dan menghasilkan intuisi lebih lanjut secara paralel.

Kehadiran Bias

Pentingnya pengambilan keputusan intuitif, ditambah dengan adanya potensi bias, akan menciptakan lebih banyak tantangan bagi penerapan pendekatan rasional dan disiplin untuk penilaian risiko. Bias dapat dianggap sebagai yang:

- Motivasional atau politis. Ini adalah tempat seseorang memiliki beberapa insentif untuk secara sengaja membiaskan suatu proses, serangkaian hasil atau asumsi yang digunakan.
- Kognitif. Ini adalah bias yang melekat pada jiwa manusia, dan sering diyakini muncul karena alasan evolusi.
- Struktural. Ini adalah situasi di mana jenis pendekatan tertentu secara inheren menciptakan bias dalam hasil, sebagai akibat dari metodologi dan alat yang digunakan.

Bias motivasional atau politis umum terjadi dalam banyak situasi pengambilan keputusan di dunia nyata, yang sering kali mengakibatkan skenario optimistis disajikan sebagai kasus dasar, atau risiko diabaikan, karena berbagai alasan. Manfaat dan biaya mungkin tidak memiliki dampak yang tidak setara atau asimetris pada berbagai entitas atau orang. Misalnya, implementasi proyek dapat memungkinkan (atau mengharuskan) satu departemen untuk berkembang secara signifikan, tetapi mungkin mengharuskan departemen lain untuk direstrukturisasi. "Ketidaktahuan adalah kebahagiaan."

Dalam beberapa kasus, mungkin ada kurangnya kemauan untuk mempertimbangkan keberadaan risiko. Tentu saja ada konteks di mana keengganan ini dapat dibenarkan (dalam hal melayani kebaikan umum): ini biasanya berlaku di mana stabilitas fundamental suatu

sistem bergantung pada kepercayaan orang lain dan kredibilitas tindakan, dan terutama di mana kurangnya kepercayaan dapat menjadi merugikan atau memuaskan diri sendiri. Dalam kasus seperti itu, pengakuan bahwa risiko tertentu ada dapat menjadi tabu atau tidak membantu. Regulator perbankan mungkin enggan mengungkapkan lembaga mana yang paling berisiko bangkrut jika terjadi penurunan ekonomi yang parah.

Hilangnya kepercayaan yang mungkin terjadi dapat menyebabkan penarikan dana secara besar-besaran dari bank, dalam siklus yang terjadi dengan sendirinya (di mana deposan menarik uang mereka karena dianggap melemah, yang kemudian melemahkan lembaga dalam kenyataannya, dan juga dapat berdampak pada lembaga lain). Bank sentral (seperti Bank Sentral Eropa) mungkin tidak mau mengakui secara terbuka bahwa risiko tertentu memang ada (misalnya, risiko pecahnya mata uang, atau satu negara meninggalkan zona euro). Secara umum, beberapa potensi peristiwa kredit (atau pembiayaan ulang) mungkin terjadi dengan sendirinya.

Misalnya, rumor (meskipun awalnya salah) bahwa suatu perusahaan tidak memiliki cukup dana jangka pendek untuk membayar pemasoknya dapat menyebabkan bank tidak mau meminjamkan uang kepada perusahaan tersebut, sehingga berpotensi mengubah rumor tersebut menjadi kenyataan. Seorang pilot yang perlu melakukan pendaratan darurat pada pesawat terbang pasti akan berusaha meyakinkan penumpang dan awak bahwa ini adalah prosedur yang telah dilatih dengan baik, dan tidak berfokus pada risiko yang akan terjadi. Kepanikan apa pun dalam diri penumpang pada akhirnya dapat merugikan dan menghambat persiapan evakuasi pesawat, misalnya.

Akuntabilitas dan insentif. Dalam beberapa kasus, mungkin ada manfaat (atau manfaat yang dirasakan) bagi pihak tertentu dengan meremehkan atau mengabaikan risiko. Dalam negosiasi (baik tentang kontrak, merger dan akuisisi atau dengan pemasok), peningkatan informasi dan transparansi umum yang terkait dengan pengakuan adanya risiko tertentu dapat merugikan (bagi pihak yang melakukannya). Banyak perusahaan yang tercatat di bursa diharuskan untuk membuat pengungkapan risiko dalam pengajuan mereka kepada regulator pasar saham.

Umumnya, perusahaan enggan memberikan informasi lebih rinci daripada yang diamanatkan, agar tidak dianggap memiliki bisnis yang lebih berisiko daripada pesaing; orang yang pertama kali melakukan pengungkapan tersebut dapat berakhir dengan penurunan harga saham yang signifikan. Oleh karena itu, pengungkapan tersebut biasanya dilakukan pada tingkat yang sangat tinggi, bersifat agak legalistik dan umumnya tidak memungkinkan analisis eksternal untuk benar-benar memahami atau memodelkan risiko dalam bisnis dalam praktik. Jangan khawatir, berbahagialah (atau “Kita terlalu sibuk untuk (pastinya) menghabiskan waktu mempertimbangkan hal-hal yang mungkin tidak akan pernah terjadi!” atau “Anda selalu pesimis!”).

Dengan cara yang sama dengan konsep “ketidaktahuan adalah kebahagiaan”, karena risiko yang teridentifikasi hanya potensial, dan mungkin tidak akan pernah terjadi, sering kali ada dorongan untuk menyangkal bahwa risiko tersebut ada, atau bahwa risiko tersebut tidak material, atau untuk bersikeras bahwa risiko tersebut dapat ditangani secara ad hoc saat

muncul. Secara khusus, karena waktu implementasi dan faktor-faktor lain, sering kali akuntabilitas hanya dipertimbangkan pada titik waktu yang jauh di kemudian hari (mungkin beberapa tahun); pada saat itu orang yang benar-benar bertanggung jawab umumnya telah pindah ke peran yang berbeda, dipromosikan, atau pensiun.

Selain itu, para pembela posisi tersebut akan dapat membangun argumen bahwa kejadian buruk tersebut tidak dapat diramalkan, atau merupakan tanggung jawab orang lain, atau disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan di lingkungan eksternal, dan seterusnya. Dengan demikian, sering kali dianggap lebih bermanfaat untuk menyangkal keberadaan suatu masalah, atau mengklaim bahwa masalah apa pun akan dapat diselesaikan saat muncul. Seorang manajer senior atau politisi mungkin bersikeras bahwa suatu proyek masih berjalan sesuai rencana meskipun ada beberapa indikasi yang bertentangan, meskipun realitas hasil yang buruk tersebut kemungkinan besar baru akan terlihat dalam beberapa tahun atau dekade.

Seorang manajer mungkin tidak mengakui bahwa ada kemungkinan target jangka panjang tidak tercapai atau tujuan tidak tercapai (hingga hal-hal tersebut terjadi). Seorang manajer proyek mungkin tidak ingin menerima adanya risiko proyek yang terlambat diselesaikan, atau melebihi anggaran, atau tidak mencapai tujuannya (hingga peristiwa yang memicunya benar-benar terjadi). Manajemen mungkin tidak ingin menyatakan bahwa karena memburuknya kondisi bisnis, ada risiko karyawan akan diberhentikan (hingga hal itu benar-benar terjadi). Perusahaan jasa yang menawarkan kontrak melawan pesaing mapan mungkin mengklaim bahwa mereka dapat memberikan tingkat layanan yang jauh lebih unggul dengan biaya yang lebih rendah (secara implisit mengabaikan risiko bahwa hal ini mungkin tidak dapat dicapai).

Setelah bisnis diamankan, maka hal-hal yang "tidak terduga" mulai terjadi, yang pada saat itu sudah terlambat untuk membatalkan pemberian kontrak. Kecuali jika kontrak yang dinegosiasikan memiliki perjanjian tingkat layanan yang jelas dan elemen klausul penalti yang memadai untuk mengkompensasi tidak terpenuhinya janji, taktik "menawar rendah" yang disengaja oleh pemasok potensial mungkin rasional; di sisi lain, jika seseorang mengajukan tawaran rendah dan secara kontrak diwajibkan untuk mematuhi angka tersebut, maka serangkaian kesulitan yang signifikan dapat muncul, sehingga taktik semacam itu mungkin tidak masuk akal.

Sering kali terdapat klausul dalam kontrak yang hanya berlaku dalam keadaan luar biasa (seperti jika ganti rugi konsekuensial dapat dituntut jika salah satu pihak dalam kontrak memberikan kinerja yang jauh di bawah harapan). Selama negosiasi kontrak, salah satu pihak dalam kontrak mungkin bersikeras bahwa klausul tersebut harus tetap ada dalam kontrak, sambil mempertahankan bahwa klausul itu tidak akan pernah diberlakukan, karena keadaan seperti itu tidak dapat terjadi. Contoh-contoh spesifik yang berkaitan dengan beberapa poin di atas (dan terjadi selama buku ini masih dalam tahap awal penulisannya) dapat diamati dalam kaitannya dengan Olimpiade 2012 di London.

Olimpiade tersebut diselenggarakan dengan biaya sekitar £9 miliar. Perkiraan biaya awal yang diajukan kepada Komite Olimpiade Internasional adalah sekitar £2 miliar, saat

London dan Paris bersaing untuk menjadi tuan rumah Olimpiade. Tak lama setelah Olimpiade diberikan kepada London pada bulan Juli 2005, perkiraan anggaran direvisi mendekati £10 miliar, yang mengakibatkan (setelah Olimpiade) banyak laporan media yang menyatakan bahwa Olimpiade tersebut "diselenggarakan sesuai anggaran". Beberapa perubahan anggaran dinyatakan karena kebutuhan keamanan yang meningkat menyusul serangan teroris besar yang terjadi di London tak lama setelah tawaran diberikan (yang menewaskan lebih dari 50 orang).

Tentu saja, orang dapat memperdebatkan alasan tersebut dalam konteks poin-poin di atas. Misalnya, potensi ancaman teroris sudah cukup jelas setelah pengeboman kereta api Madrid pada 11 Maret 2004 (yang menewaskan hampir 200 orang), invasi Irak pada tahun 2003, dan serangan di Amerika Serikat pada 11 September 2001, untuk menyebutkan beberapa contoh; keamanan juga menjadi perhatian yang sangat terlihat selama Olimpiade Athena 2004. Pengamat eksternal mungkin berhipotesis bahwa mungkin kombinasi faktor masing-masing memainkan peran sampai batas tertentu, termasuk potensi bahwa tawaran awal bias ke bawah, atau bahwa anggaran biaya awal telah diperkirakan sangat tidak akurat.

Dalam kasus apa pun, orang dapat melihat kesulitan yang terkait dengan penugasan tanggung jawab definitif dalam retrospektif, dan karenanya tantangan dalam memastikan bahwa keputusan yang tepat diambil sejak awal. Sebuah perusahaan swasta telah dikontrak oleh pemerintah Inggris untuk menyediakan staf keamanan untuk Olimpiade; ini memerlukan perekrutan dan pelatihan sejumlah besar staf. Meskipun tampaknya telah memberikan jaminan berulang kali bahwa proses perekrutan staf berjalan sesuai rencana selama berbulan-bulan, pada menit terakhir (dalam minggu-minggu dan hari-hari sebelum Olimpiade) diumumkan bahwa ada kekurangan yang signifikan dalam staf yang dibutuhkan, sehingga beberapa ribu tentara dari Angkatan Bersenjata Inggris diminta untuk turun tangan.

Seorang pengamat eksternal mungkin berhipotesis bahwa perusahaan swasta (secara implisit melalui tindakannya) tidak melihat manfaat bersih untuk menerima atau mengomunikasikan adanya risiko tidak terkirim hingga masalah tersebut pada dasarnya tidak dapat dipecahkan dengan cara normal. Bias kognitif adalah bias yang sering dianggap sebagai akibat dari naluri evolusi manusia untuk mengklasifikasikan situasi ke dalam pola yang diamati sebelumnya, yang menyediakan mekanisme untuk membuat keputusan cepat (kebanyakan benar) dalam situasi yang kompleks atau penting. Bias ini meliputi:

- Optimisme. Sifat optimisme dianggap oleh banyak ahli sebagai naluri bertahan hidup manusia yang penting, dan umumnya melekat dalam banyak proses individu dan kelompok.
- Bias untuk bertindak. Penghargaan manajemen (baik eksplisit maupun implisit) sering kali didasarkan pada kemampuan untuk memecahkan masalah yang muncul; yang jauh lebih jarang adalah menciptakan penghargaan di sekitar kurangnya tindakan, atau untuk mengambil tindakan pencegahan. Bias untuk bertindak daripada pencegahan (dalam banyak budaya manajemen) dapat menyebabkan kurangnya pertimbangan risiko, yang bagaimanapun juga, hanyalah potensi dan belum nyata.
- Pengaruh dan terlalu percaya diri. Ini mengacu pada keyakinan bahwa kita memiliki

kemampuan untuk memengaruhi peristiwa yang sebenarnya berada di luar kendali kita (yaitu yang pada dasarnya acak). Hal ini dapat menyebabkan seseorang melebih-lebihkan kemampuan mereka untuk memprediksi masa depan dan menjelaskan masa lalu, atau kurangnya pertimbangan tentang konsekuensi dan efek sampingnya. Hasil yang buruk akan disalahkan pada nasib buruk, sedangkan hasil yang baik akan dikaitkan dengan keterampilan:

1. Contoh sederhananya adalah ketika seseorang mengocok dadu dengan sangat keras untuk mencoba mencapai angka tertentu.
2. Orang mungkin membuat keputusan cepat tentang situasi yang tampaknya sudah dikenal, sedangkan pada kenyataannya beberapa aspek mungkin baru dan menimbulkan risiko yang signifikan.
3. Dapat dikatakan, manusia cukup mampu menilai dampak dari, dan mengelola, risiko individual, tetapi jauh kurang efektif dalam menilai dampak dan kombinasinya ketika terdapat beberapa risiko atau saling ketergantungan di antara risiko tersebut, atau ketika perilaku keluaran sistem (atau model) bersifat non-linier karena nilai masukannya diubah.

Penjangkaran dan konfirmasi. Ini berarti bahwa informasi pertama yang diberikan kepada seseorang (betapapun menyesatkannya) cenderung berfungsi sebagai titik acuan, dengan sikap masa depan yang bias ke titik tersebut. Informasi baru disaring secara selektif untuk cenderung mencoba memperkuat jangkar dan diabaikan atau disalahartikan jika informasi tersebut tidak sesuai dengan jangkar yang sudah ada sebelumnya.

Seseorang juga dapat menduga bahwa banyak sistem pendidikan (terutama di tahun-tahun awal dan menengah) menekankan pengembangan kemampuan siswa untuk membuat hipotesis dan kemudian mempertahankannya dengan logika dan fakta, dengan paling banter hanya fokus sekunder pada pengembangan pikiran ingin tahu yang menanyakan mengapa analisis atau hipotesis mungkin salah. Bias konfirmasi menggambarkan bahwa biasanya ada lebih banyak fokus pada menemukan data yang mengonfirmasi suatu pandangan daripada menemukan data untuk membantah atau mempertanyakannya.

Framing. Ini berarti membuat keputusan yang berbeda berdasarkan informasi yang sama, tergantung pada bagaimana situasi disajikan. Biasanya, ada perilaku yang berbeda ketika menghadapi keuntungan dibandingkan ketika menghadapi kerugian (seseorang lebih sering mencari risiko ketika mencoba menghindari kerugian, dan menghindari risiko ketika khawatir dengan kemungkinan keuntungan): Konsumen umumnya lebih cenderung membeli barang yang harganya turun dari Rp. 500.000 menjadi Rp. 400.000 (yaitu, untuk "menghemat" Rp. 100.000), daripada membeli barang yang sama jika harganya selalu dipatok Rp. 400.000.

Investor dapat memutuskan untuk menahan (daripada menjual) beberapa saham setelah nilainya turun drastis, dengan harapan harga saham akan pulih. Namun, ketika diberi pilihan terpisah untuk membeli saham tambahan, investor sering kali tidak melakukannya. Dihadapkan pada keputusan untuk melanjutkan atau meninggalkan proyek berisiko (setelah beberapa investasi signifikan telah dilakukan), keputusan yang berbeda dapat dihasilkan tergantung pada apakah pilihan tersebut disajikan sebagai: "Mari kita terus berinvestasi,

dengan kemungkinan tidak ada pengembalian" (yang lebih mungkin mengakibatkan proyek ditolak) atau "Kita harus menghindari situasi di mana investasi awal terbuang sia-sia" (yang lebih mungkin mengakibatkan keputusan untuk melanjutkan).

Efek pemingkaian juga berlaku dalam kaitannya dengan unit yang digunakan untuk menyajikan masalah. Misalnya, karena kecenderungan untuk berpikir atau bernegosiasi dalam bentuk bulat, hasil yang berbeda dapat dicapai jika seseorang mengubah mata uang atau unit analisis (misalnya dari \$ menjadi £ atau €, atau dari angka absolut menjadi persentase). Ketidaklengkapan. Data historis pada dasarnya tidak lengkap, karena hanya mencerminkan satu kemungkinan hasil dari berbagai kemungkinan yang dapat terjadi. Konsekuensinya adalah (karena tidak mengamati rangkaian lengkap kemungkinan hasil) seseorang berasumsi bahwa variabilitas (atau risiko) lebih rendah daripada yang sebenarnya.

Kasus khusus dari hal ini (kesalahan pengambilan sampel) adalah bias kebertahanan (yaitu, "pemenang" diamati tetapi "pecundang" tidak). Misalnya untuk indeks saham, di mana saham yang berkinerja buruk dikeluarkan dari indeks untuk digantikan oleh saham yang berkinerja baik, kinerja indeks tersebut dilebih-lebihkan dibandingkan dengan kinerja sebenarnya (yang seharusnya menggunakan keranjang saham asli yang membentuk indeks, beberapa di antaranya mungkin sekarang tidak berharga). Demikian pula, peristiwa yang benar-benar dahsyat yang dapat memusnahkan umat manusia belum terjadi.

Secara umum, mungkin ada kegagalan untuk mempertimbangkan kemungkinan ekstrem atau situasi yang tidak pernah terjadi (tetapi dapat terjadi dalam kenyataan), khususnya yang terkait dengan peristiwa dengan probabilitas rendah dan berdampak besar. Setelah mengatakan hal itu (seperti yang dibahas dalam Bab 2), pertimbangan dan penyertaan dalam analisis peristiwa yang benar-benar langka (terutama yang, pada prinsipnya, hadir dalam konteks proyek apa pun, seperti asteroid yang menghancurkan kehidupan di planet ini) mungkin secara umum tidak relevan untuk dimasukkan dalam penilaian risiko proyek dan bisnis, atau untuk pengambilan keputusan manajemen.

Berpikir kelompok. Kelompok yang berfungsi dengan baik, pada prinsipnya, harus mampu menggunakan keragaman keterampilan dan pengalamannya untuk menciptakan hasil yang lebih baik daripada yang dapat dilakukan oleh sebagian besar individu. Namun, sangat sering, kombinasi karakter yang dominan, struktur hierarkis, keengganan untuk menciptakan konflik, atau kurangnya insentif untuk tidak setuju atau mengajukan keberatan, justru dapat menghasilkan hasil yang lebih buruk daripada jika keputusan diserahkan kepada individu yang cukup kompeten. Fakta bahwa kegagalan individu sering dihukum, sedangkan kegagalan kolektif biasanya tidak, memberikan insentif besar bagi individu untuk "mengikuti kelompok" atau beralih ke "keamanan dalam jumlah" (beberapa berpendapat ini memberikan sebagian penjelasan untuk "gelembung" dan harga yang terlalu tinggi/rendah di pasar keuangan, bahkan dalam jangka waktu yang cukup lama).

Bias struktural adalah ketika jenis pendekatan tertentu secara inheren menciptakan bias dalam hasil, terlepas dari faktor psikologis atau motivasi. Contoh penting adalah model statis yang diisi dengan nilai-nilai yang paling mungkin yang, secara umum, tidak akan menunjukkan nilai yang paling mungkin dari rentang keluaran yang sebenarnya ("kekeliruan

yang paling mungkin", seperti yang dibahas dalam Bab 4). Faktor pendorong utama untuk ini termasuk distribusi ketidakpastian yang tidak simetris, logika model non-linier atau adanya risiko peristiwa mendasar yang dikecualikan dari asumsi dasar. Adanya bias semacam itu merupakan alasan yang sangat penting untuk menggunakan pemodelan risiko; mengutip kata-kata Einstein, "suatu masalah tidak dapat diselesaikan dalam kerangka kerja yang menciptakannya", dan memang penggunaan teknik risiko probabilistik merupakan alat utama untuk mengatasi beberapa keterbatasan ini.

1.3 PENGGERAK UTAMA PENILAIAN RISIKO DALAM KONTEKS BISNIS

Secara umum, penilaian risiko akan berguna jika terdapat tingkat investasi yang signifikan (misalnya komitmen yang tidak dapat dibatalkan dalam bentuk uang, waktu, sumber daya, atau reputasi), dan jika terdapat ketidakpastian yang melekat (seperti yang biasanya terjadi dalam situasi masa depan). Lebih khusus lagi, penggerak utama perlunya penilaian risiko yang diformalkan dalam konteks bisnis meliputi:

- Kompleksitas proyek-proyek umum.
- Ukuran dan skala keputusan, dalam hal komitmen keuangan dan sumber daya lainnya.
- Untuk memberikan dukungan terhadap prosedur yang diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengesahkan tindakan mitigasi, atau untuk mengubah struktur proyek, dan untuk menetapkan tanggung jawab untuk melaksanakan tindakan yang diperlukan.
- Persyaratan tata kelola perusahaan, baik dalam pengertian formal yang berkaitan dengan pedoman atau peraturan tertentu, maupun dalam pengertian mengoptimalkan manajemen eksekutif dan pengambilan keputusan, yaitu untuk membuat keputusan yang terbaik yang dapat dibuat, tidak hanya memadai, dan menciptakan beberapa keunggulan kompetitif.
- Kebutuhan yang sering untuk mendukung keputusan dengan analisis yang terukur.
- Kebutuhan untuk dapat mencerminkan toleransi risiko dalam pengambilan keputusan dan dalam desain portofolio bisnis, dan untuk dapat membandingkan proyek dengan profil risiko yang berbeda.

Hal ini dibahas satu per satu di bawah ini.

Kompleksitas

Jelas, seiring proyek menjadi lebih kompleks, potensinya meningkat karena proses penilaian risiko informal atau intuitif menjadi tidak memadai, dengan risiko yang diabaikan atau diremehkan. Di sisi lain, dalam beberapa kasus, kesadaran intuitif bahwa seseorang mungkin meremehkan risiko dapat jika tidak ada proses yang lebih formal dikompensasi secara berlebihan dengan perencanaan dengan kontingensi atau pesimisme yang berlebihan; ini juga dapat merugikan (dibahas lebih lanjut dalam Bab 4 dan 5). Gagasan kompleksitas dapat mengambil beberapa bentuk:

- Kompleksitas teknis, atau tingkat pengetahuan spesialis yang dibutuhkan. Sebuah proyek bisnis sering kali melibatkan masalah yang bersifat teknis yang tidak dapat sepenuhnya dipahami, ditangani, atau dikurangi tanpa melibatkan para ahli.

- Kompleksitas organisasi. Sifat lintas fungsi dari banyak proyek bisnis berarti bahwa seseorang harus bergantung pada masukan dari berbagai macam orang dengan keahlian yang berbeda. Dalam beberapa kasus, mungkin juga ada sumber daya pihak ketiga, kontraktor, mitra, atau departemen pemerintah yang terlibat.
- Interaksi. Bahkan jika risiko individual diidentifikasi dan dikelola dengan cukup baik menggunakan pendekatan informal, kemungkinan dampak sejumlah besar risiko pada metrik agregat utama keberhasilan proyek (biaya, waktu, kualitas, dll.) sulit diperkirakan dengan metode intuitif murni; hal ini bahkan lebih terjadi ketika ada saling ketergantungan di antara mereka, seperti dampak berantai pada tugas proyek lainnya jika satu aktivitas tertentu tertunda. Interaksi semacam itu dapat dengan mudah diabaikan, tetapi bahkan jika diidentifikasi keberadaannya dapat mempersulit pengembangan pemahaman tentang dampak agregat risiko, dan untuk menilai nilai berbagai tindakan mitigasi dengan benar. Proses formal dan alat yang tepat dapat membantu mengatasi masalah tersebut dengan cara yang lebih kuat dan transparan.
- Kurangnya pengalaman sebelumnya dengan elemen kunci tertentu. Semakin banyak pengalaman dengan situasi serupa yang sudah dimiliki seseorang, semakin rendah tingkat kerumitannya: jika semua elemen proyek pada dasarnya identik dengan yang ada di banyak proyek lain yang sudah dilaksanakan, maka pengalaman sebelumnya akan sangat berharga dalam merancang proyek dan mengoptimalkan profil risikonya. Di sisi lain, jika suatu proyek memiliki komponen yang tidak standar (misalnya dalam hal teknis, produk, geografis, hukum, peraturan, lingkungan, sumber daya tim, atau persyaratan keterlibatan untuk serangkaian departemen organisasi yang lebih luas dari biasanya), maka ada kemungkinan lebih tinggi bahwa proyek tersebut mengandung risiko yang mungkin diabaikan atau diremehkan. Bahkan jika ada pengalaman sebelumnya, ketergantungan yang berlebihan padanya dapat menimbulkan jebakan karena waktu dan tempat berbeda, dan keadaan kontekstual cenderung berubah dalam beberapa hal.
- Fakta bahwa risiko tidak terwujud dalam proyek sebelumnya tidak berarti bahwa risiko tersebut (item yang sama atau serupa) tidak dapat terjadi dalam proyek serupa saat ini.
- Mudah untuk meremehkan faktor-faktor baru yang mungkin terlibat, kecuali jika pertimbangan yang tepat diberikan untuk mencoba mengidentifikasinya. Misalnya, sebuah perusahaan mungkin telah berhasil meluncurkan produk baru di satu negara Eropa dan kemudian menemukan bahwa peluncurannya di negara lain gagal karena persyaratan budaya, hukum, atau peraturan setempat yang dapat diantisipasi dan dikurangi dengan penilaian yang lebih formal, termasuk penelitian dan pengumpulan informasi.

Skala

Dalam praktiknya, proyek yang lebih besar biasanya lebih rumit (atau berisiko) daripada proyek yang lebih kecil, meskipun hal ini tidak perlu terjadi, setidaknya secara teori. Selain itu, jika proyek tersebut besar (meskipun tampaknya sederhana, seperti pelaksanaan

proyek konstruksi besar menggunakan templat prafabrikasi), maka konsekuensi dari terwujudnya risiko yang tidak terduga mungkin terlalu besar untuk diserap dalam anggaran yang tersedia, sedangkan risiko serupa dalam proyek yang lebih kecil dapat diserap tanpa perhatian yang tidak semestinya. Dalam pengertian ini, tentu saja, konsep skala bersifat relatif, tergantung pada konteks dan organisasi yang bersangkutan.

Wewenang dan Tanggung Jawab untuk Mengidentifikasi dan Melaksanakan Tindakan Tanggap Risiko

Tindakan untuk menanggapi risiko dapat mencakup perubahan pada cakupan, struktur, hasil, jadwal, anggaran, target, dan tujuan proyek. Dalam banyak situasi pribadi, individu yang bersangkutan dapat membuat keputusan yang terkait dengan topik tersebut tanpa merujuk kepada orang lain. Sebaliknya, dalam organisasi dan bisnis (dan dalam beberapa situasi pribadi) tindakan semacam itu hampir selalu memerlukan otorisasi dari orang lain, biasanya dari manajemen yang lebih senior.

Selain itu, kolaborator proyek dalam organisasi, serta pihak ketiga (lembaga eksternal, kontraktor, dll.), juga dapat terpengaruh oleh perubahan apa pun. Oleh karena itu, komunikasi, negosiasi, dan koordinasi yang signifikan sering kali diperlukan. Memang, bahkan tindakan risiko yang cukup sederhana atau masuk akal mungkin memerlukan analisis yang signifikan untuk menyiapkan dasar bagi proses otorisasi formal. Konteks tertentu di mana hal ini kemungkinan besar terjadi meliputi:

- Jika manfaat tindakan respons risiko bersifat "eksternal" atau sangat asimetris, seperti ketika biaya mitigasi risiko ditanggung oleh satu departemen, tetapi manfaatnya dapat diperoleh oleh departemen atau proyek lain.
- Jika perubahan diperlukan pada proses organisasi, anggaran, target, jadwal, kualitas atau indikator kinerja lainnya, atau pada hubungan kontraktual atau lainnya dengan pihak ketiga. □ Jika identifikasi risiko berpotensi mengungkap isu yang bersifat politis atau motivasional, misalnya jika ditemukan masalah yang seharusnya sudah ditangani dalam pekerjaan normal, atau jika kurangnya kemampuan atau kompetensi keahlian akan disorot.

Dalam konteks seperti itu, proses penilaian risiko yang diformalkan akan mendukung aktivitas tim proyek dengan menciptakan ketahanan dalam analisis, dalam penilaian trade-off biaya-manfaat, dan akan meningkatkan objektivitas dan transparansi.

Pedoman Tata Kelola Perusahaan

Ada peningkatan persyaratan agar keputusan dalam bisnis didukung oleh proses tata kelola formal, khususnya di perusahaan yang tercatat di bursa (terdaftar), di mana manajemen pada akhirnya bertanggung jawab kepada pemegang saham, dan bukan kepada diri mereka sendiri. Seseorang dapat memikirkan masalah tata kelola dalam dua kategori:

- Persyaratan dan pedoman tata kelola yang diamanatkan.
- Proses yang meningkatkan efektivitas organisasi umum dan keunggulan kompetitif (lihat nanti).

Deskripsi lengkap pedoman tata kelola yang dipublikasikan berada di luar cakupan teks ini: fokusnya biasanya pada kerangka kerja dan proses terstruktur untuk mengelola risiko

(terutama risiko operasional) dan kurang pada detail masalah pemodelan dan tantangan terkait. Di sini, kami hanya menyoroti beberapa contoh dari berbagai konteks; pembaca yang tertarik tidak diragukan lagi dapat dengan mudah menemukan yang lain melalui internet umum atau pencarian lainnya:

- Kode Gabungan Inggris tentang Tata Kelola Perusahaan. Ini menetapkan standar praktik yang baik terkait dengan kepemimpinan dan efektivitas Dewan, remunerasi, akuntabilitas, dan hubungan dengan pemegang saham. Perusahaan terdaftar tertentu diharuskan menjelaskan dalam laporan tahunan dan akun mereka bagaimana mereka telah menerapkan Kode. Kode tersebut mencakup hal-hal berikut (edisi Juni 2010):
- “Setiap perusahaan harus dipimpin oleh Dewan yang efektif, yang secara kolektif bertanggung jawab atas keberhasilan perusahaan ... Peran Dewan adalah untuk memberikan kepemimpinan kewirausahaan dalam kerangka pengendalian yang bijaksana dan efektif yang memungkinkan risiko dinilai dan dikelola ...”
- “Dewan harus diberikan informasi dalam bentuk dan kualitas yang tepat waktu agar dapat melaksanakan tugasnya. Semua direktur harus ... secara teratur memperbarui dan menyegarkan keterampilan dan pengetahuan mereka.”
- “Dewan bertanggung jawab untuk menentukan sifat dan tingkat risiko signifikan yang bersedia diambilnya dalam mencapai tujuan strategisnya. Dewan harus menjaga manajemen risiko dan sistem pengendalian internal yang baik.”
- Dewan Tata Kelola Perusahaan Bursa Efek Australia menerbitkan Prinsip dan Rekomendasi Tata Kelola Perusahaan (atau Prinsip), yang Prinsip 7-nya menyangkut pengakuan dan pengelolaan risiko. Bagian-bagian terpilih (edisi ke-2, 2010) menyatakan
 1. “Manajemen risiko adalah budaya, proses, dan struktur yang diarahkan untuk memanfaatkan peluang potensial sambil mengelola potensi dampak buruk.”
 2. “Perusahaan harus menetapkan kebijakan untuk pengawasan dan pengelolaan risiko bisnis material dan mengungkapkan ringkasan kebijakan tersebut.”
 3. “Dewan Direksi harus meminta manajemen untuk merancang dan menerapkan manajemen risiko dan sistem pengendalian internal untuk mengelola risiko bisnis material perusahaan dan melaporkan kepadanya apakah risiko tersebut dikelola secara efektif. Dewan Direksi harus mengungkapkan bahwa manajemen telah melaporkan ... efektivitas manajemen perusahaan atas risiko bisnis materialnya.”
 4. Undang-Undang Sarbanes–Oxley (2002) mengharuskan manajemen untuk mengesahkan keakuratan informasi keuangan perusahaan yang terdaftar di bursa saham AS. Pedoman tersebut mencakup masalah yang berkaitan dengan penilaian risiko dan pengendalian internal, bukan pengambilan keputusan manajemen.
 5. Sejumlah organisasi lain telah memberikan pedoman, rekomendasi, dan standar yang berkaitan dengan penilaian risiko dan metodenya. Beberapa contohnya meliputi: Organisasi Internasional untuk Standardisasi (ISO) telah menerbitkan Manajemen Risiko ISO 31000. Prinsip dan Pedoman dan Manajemen Risiko 31010 Teknik Penilaian Risiko. British Standards Institution (BSI) telah menerbitkan

Manajemen Risiko BS 31200:2012: Kode praktik dan panduan untuk penerapan BS ISO 31000, dan karya lainnya.

6. Institut Manajemen Risiko (IRM), Asosiasi Manajer Asuransi dan Risiko (AIRMIC), Alarm (Asosiasi Manajemen Risiko Publik), Federasi Asosiasi Manajemen Risiko Eropa (FERMA), dan Komite Organisasi Sponsor (COSO) masing-masing secara teratur menerbitkan dokumen, seperti Manajemen Risiko Perusahaan COSO Kerangka Terpadu. Masing-masing memberikan panduan tentang proses dan pengendalian manajemen risiko. PRMIA (Asosiasi Internasional Manajer Risiko Profesional) juga menerbitkan sejumlah topik serupa.

Efektivitas Umum Organisasi dan Penciptaan Keunggulan Kompetitif

Tentu saja, organisasi tidak akan berhasil hanya dengan mengikuti pedoman yang diamanatkan: yang terpenting adalah kemampuan untuk menciptakan, mengidentifikasi, dan memanfaatkan peluang yang selaras dengan strategi, menciptakan nilai, dan memiliki beberapa diferensiasi kompetitif. Menurut teori keuangan, di pasar yang efisien, risiko yang lebih tinggi harus dikaitkan dengan pengembalian yang lebih tinggi hanya jika risiko tersebut tidak dapat dikurangi secara ekonomis secara efisien atau didiversifikasi: pengambilan risiko itu sendiri tidak dihargai.

Berbeda dengan banyak situasi pribadi (yang biasanya cukup untuk membuat keputusan yang "cukup baik"), organisasi yang terpapar pada tingkat persaingan yang tinggi perlu berkinerja dengan standar yang lebih unggul, dan menciptakan peluang, menyusun proyek, dan membuat keputusan yang (hampir) merupakan keputusan terbaik yang tersedia. Penilaian risiko yang diformalkan dapat mendukung efektivitas di area ini dengan beberapa cara:

- Mendukung pertimbangan berbagai pilihan keputusan.
- Membantu memastikan bahwa peluang yang dipertimbangkan bersifat kreatif dan terstruktur secara optimal.
- Memastikan bahwa keputusan didukung oleh analisis dan data rasional yang kuat, dan transparan.
- Memastikan adanya trade-off yang lebih transparan dan toleransi risiko yang sesuai dalam pengambilan keputusan.
- Mengurangi bias dalam analisis dan pengambilan keputusan.
- Memastikan bahwa risiko pelaksanaan proyek dipertimbangkan dengan tepat dalam proses evaluasi keputusan, serta dalam proyek implementasi terperinci

Persyaratan Kuantifikasi

Bisnis hampir selalu mengharuskan keputusan penting didukung dengan analisis kuantitatif yang cukup terperinci. Penilaian risiko dapat digunakan untuk mendukung hal ini dengan berbagai cara:

- Mencerminkan kenyataan bahwa situasi tersebut secara inheren mengandung risiko dan ketidakpastian.
- Menyediakan proses terstruktur untuk memastikan bahwa semua faktor relevan disertakan dalam analisis dan model kuantitatif.

- Memahami berbagai kemungkinan hasil, dan menghasilkan pemahaman tentang seberapa besar kemungkinan kasus tertentu (misalnya "dasar") akan tercapai, dan modifikasi apa yang diperlukan (misalnya untuk target, penyertaan kontinjensi, penerapan langkah-langkah respons risiko, atau pengembangan opsi struktural baru).
- Meningkatkan kemampuan untuk membandingkan proyek dengan profil risiko yang berbeda, dan untuk mendukung pengembangan portofolio bisnis yang optimal.
- Memungkinkan toleransi risiko dibuat eksplisit, tercermin dalam pengambilan keputusan dan dilakukan dengan cara yang selaras dengan tujuan organisasi (lihat di bawah untuk pembahasan lebih lanjut).
- Meningkatkan transparansi, mengurangi bias dan mendukung tercapainya keseimbangan yang tepat antara intuisi dan rasionalitas dalam pengambilan keputusan.

Merefleksikan Toleransi Risiko dalam Keputusan dan Desain Bisnis

Pengambilan keputusan yang kuat dalam konteks bisnis memerlukan pertimbangan toleransi risiko:

- Tata kelola perusahaan. Tuntutan pemegang saham untuk pengambilan risiko yang tepat (untuk menciptakan imbalan bagi investor ekuitas dengan mengambil risiko yang tepat) perlu tercermin dalam pengambilan keputusan dan pemilihan proyek: secara teori (dan praktik), beberapa perusahaan harus lebih berani mengambil risiko daripada yang lain, tetapi tampaknya sulit bagi perusahaan untuk mengelola profil risikonya dengan tepat tanpa mengetahui dan mengukur (secara kuantitatif) seberapa besar risiko yang diambil. Sebaliknya, sangat sering, proses tersebut tetap intuitif, tidak transparan dan sulit dipahami, dan cenderung tidak optimal.
- Konsistensi. Tanpa pertimbangan formal toleransi risiko, keputusan yang akan diotorisasi pada satu kesempatan mungkin tidak diotorisasi pada kesempatan lain. Jadi, dalam satu contoh proyek yang berisiko tinggi/imbalan tinggi mungkin lebih disukai daripada proyek yang berisiko rendah/imbalan rendah, sedangkan dalam keadaan serupa pada kesempatan lain yang terjadi adalah sebaliknya. Hal ini mungkin disebabkan oleh penyajian atau penyusunan keputusan, atau ketidakkonsistenan jangka pendek dan optimisme atau pesimisme yang berfluktuasi yang terjadi dalam perilaku sehari-hari ketika proses formal tidak diterapkan.
- Optimalisasi portofolio bisnis. Sebagian besar bisnis dapat dianggap sebagai portofolio komponen (misalnya pelanggan, geografi, proyek, atau produk). Dengan demikian, terdapat aspek optimalisasi pada desain bisnis dan pilihan strategis yang tepat, dengan portofolio optimal yang terdiri dari kombinasi komponen dengan profil yang berbeda, sehingga beberapa elemen seimbang dengan yang lain.

Mengingat faktor-faktor pendorong ini, penerapan proses analisis risiko formal dalam banyak situasi bisnis kemungkinan akan menciptakan manfaat yang signifikan dalam hal kualitas keputusan akhir.

1.4 TUJUAN DAN KEGUNAAN PENILAIAN RISIKO UMUM

Proses dan alat penilaian risiko sudah banyak digunakan dalam beberapa konteks bisnis. Aplikasi yang umum mencakup perencanaan dan peramalan umum (misalnya pendapatan dan belanja modal, kebutuhan pembiayaan), estimasi biaya dan perencanaan kontinjensi, ketidakpastian jadwal proyek, penataan dan pengoptimalan portofolio, penilaian fleksibilitas yang terkait dengan kemampuan menanggapi hasil yang tidak pasti atau memperoleh informasi tambahan (seperti analisis opsi riil), dan pengambilan keputusan umum dalam ketidakpastian.

Aplikasi semacam itu berlaku untuk hampir semua sektor; contoh utama meliputi minyak, gas, energi, sumber daya, konstruksi, farmasi, asuransi, reasuransi, dan keuangan. Tentu saja, penilaian risiko formal jauh lebih dari sekadar "mengharapkan yang tidak terduga" dengan mengidentifikasi kemungkinan faktor risiko sebelumnya. Pada akhirnya, tujuan keseluruhannya adalah untuk meningkatkan kinerja organisasi melalui desain, pemilihan, pengambilan keputusan, dan manajemen proyek yang unggul.

Secara khusus, peran penting penilaian risiko adalah untuk mendukung pengembangan dan pilihan konteks optimal untuk beroperasi (beroperasi dalam konteks struktural terbaik, dan memitigasi serta menanggapi risiko di dalamnya dengan cara terbaik), dan untuk mendukung evaluasi keputusan akhir dalam konteks tersebut dengan mempertimbangkan ketidakpastian residual dan toleransi risiko pembuat keputusan. Hal ini dapat dicapai melalui tujuan yang lebih spesifik, yang umumnya memiliki beberapa bentuk:

- Mengadaptasi dan meningkatkan desain dan struktur rencana dengan mengelola, memitigasi, atau memanfaatkan ketidakpastian.
- Mencapai struktur proyek yang optimal dan mitigasi risiko yang efisien secara ekonomi.
- Meningkatkan pengambilan keputusan terkait evaluasi proyek, tujuan dan penetapan target, perencanaan kontinjensi, dan refleksi toleransi risiko dalam proses pengambilan keputusan.
- Mengelola pelaksanaan dan implementasi proyek secara efektif.
- Membangun, memilih, dan mengoptimalkan portofolio bisnis.
- Mendukung penciptaan opsi strategis dan perencanaan perusahaan.

Menyesuaikan dan Memperbaiki Desain dan Struktur Rencana dan Proyek

Mungkin peran utama penilaian risiko adalah untuk meningkatkan serangkaian rencana (asli) tertentu agar mencakup mitigasi, manajemen, atau tindakan respons risiko:

- Identifikasi risiko, dan pemahaman tentang interaksi, ketergantungan, dan kemungkinan signifikansinya, mendorong identifikasi dan pengembangan tindakan respons yang memungkinkan.
- Dengan cara ini, rencana ditingkatkan, baik untuk mengurangi risiko yang merugikan maupun memanfaatkan keuntungan (seperti fleksibilitas operasional atau strategis), dengan tindakan tersebut, dan dampaknya, biaya, dan manfaatnya, dimasukkan dalam rencana yang direvisi.

Banyak manfaat sering kali dapat dicapai bahkan ketika proses tersebut hanya bersifat kualitatif, karena risiko individu utama biasanya akan diidentifikasi, dan beberapa

pertimbangan tentang tindakan respons risiko yang memungkinkan akan dilakukan. Namun, pendekatan kuantitatif akan memberikan serangkaian manfaat yang jauh lebih besar, seperti yang dibahas nanti dalam teks.

Mencapai Mitigasi Risiko Optimal dalam Rencana yang Direvisi

Saat mempertimbangkan struktur proyek atau rencana, umumnya ada banyak kemungkinan tindakan respons risiko yang tersedia. Beberapa item risiko lebih dapat dikendalikan (atau dieksploitasi) daripada yang lain, dan biaya untuk melakukannya akan berbeda untuk masing-masing. Misalnya, variasi harga minyak mungkin pada dasarnya tidak dapat dikendalikan (mungkin ada kemungkinan untuk melakukan lindung nilai atau terlibat dalam kontrak berjangka dalam jangka pendek, tetapi dalam jangka menengah dampaknya terhadap bisnis biasanya sebagian besar tidak dapat dikendalikan).

Secara umum, seseorang dapat memprioritaskan dan menerapkan tindakan dalam beberapa urutan yang didorong oleh analisis biaya-manfaat masing-masing, dan setelah menerapkan beberapa di antaranya, seseorang akan tiba pada titik di mana penggunaan tindakan lebih lanjut tidak efisien secara ekonomi. Misalnya, risiko kecelakaan saat menyeberang jalan berkurang dengan cepat jika langkah-langkah berbiaya rendah diterapkan (seperti melihat ke segala arah, atau mungkin mengenakan sepatu lari atau pakaian reflektif), tetapi dalam banyak kasus tidak akan efisien secara ekonomi, atau praktis, untuk menghilangkan risiko sepenuhnya (dengan membangun jembatan).

Pengurangan risiko marjinal yang akan dicapai dengan langkah tersebut tidak dapat dibenarkan oleh peningkatan biaya marjinal yang diperlukan untuk menerapkannya. Mungkin juga ada interaksi antara langkah-langkah tersebut, sehingga mungkin ada beberapa langkah yang masuk akal (secara ekonomi) secara terpisah, tetapi tidak masuk akal dalam konteks yang lebih luas dari serangkaian langkah. Memang, apakah langkah tertentu masuk akal mungkin bergantung pada langkah lain mana yang diterapkan terlebih dahulu. Lebih jauh, dalam praktiknya, tindakan respons risiko juga dapat memengaruhi beberapa metrik (atau item baris dalam model), sehingga pembuatan trade-off yang tepat di antara mereka mungkin tidak sepele.

Jadi, meskipun pilihan langkah-langkah untuk diterapkan dapat dianggap sebagai masalah optimasi kuantitatif, penggunaan pendekatan tersebut dalam konteks ini biasanya dibatasi oleh pertimbangan praktis; campuran penilaian, pertimbangan pragmatis, dan beberapa analisis kuantitatif dasar biasanya cukup untuk menemukan campuran ukuran yang (hampir) optimal.

Mengevaluasi Proyek, Menetapkan Sasaran, dan Merefleksikan Toleransi Risiko dalam Pengambilan Keputusan

Setelah struktur "risiko yang dioptimalkan" ditemukan, masih ada risiko residual secara umum; beberapa risiko tidak akan efektif secara ekonomi untuk dihilangkan, bahkan jika hal itu memungkinkan. Seseorang masih terpapar pada hasil yang berpotensi merugikan, sehingga hasil akhirnya mungkin tidak memuaskan (tentu saja, peluang hasil yang memuaskan harus meningkat sebagai hasil dari aktivitas penilaian risiko). Namun demikian, masih relevan secara mendasar untuk memahami tingkat risiko residual (atau yang tidak dapat dikendalikan) yang

tersisa setelah semua ukuran (atau keputusan) yang bermanfaat telah diterapkan: kisaran kemungkinan hasil akan membantu menentukan apakah akan melanjutkan atau tidak dengan keputusan tertentu, atau untuk menginformasikan proses modifikasi target dan pengaturan kontinjensi.

Misalnya, sebelum keputusan dibuat, seseorang biasanya ingin mengetahui hasil rata-rata, serta 10% kasus terbaik atau terburuk untuk metrik utama (seperti penjualan, biaya, arus kas). Oleh karena itu, toleransi risiko ikut berperan saat keputusan akhir dibuat: satu orang mungkin menolak keputusan yang memiliki peluang 10% untuk hasil yang sangat buruk (bahkan jika semua hasil lainnya akan sangat menguntungkan), sedangkan orang lain mungkin memilih untuk melanjutkan, agar secara umum memperoleh manfaat dari hasil yang sebagian besar positif.

Mengelola Proyek Secara Efektif

Penilaian risiko juga memiliki peran penting dalam manajemen dan pelaksanaan proyek. Misalnya, seseorang mungkin ingin menganalisis potensi risiko yang berkaitan dengan jadwal, potensi keterlambatan, item biaya tertentu, atau pengiriman sesuai spesifikasi. Sampai batas tertentu, aktivitas tersebut merupakan kelanjutan dari aktivitas yang mungkin telah dimulai pada desain dan konsepsi proyek: pertimbangan risiko yang berkaitan dengan pelaksanaan proyek idealnya tercermin pada tahap awal konsepsi dan desain dasar; proyek yang diperkirakan lebih rumit untuk dilaksanakan daripada yang lain harus dievaluasi dengan kurang baik.

Namun, dalam praktiknya tidak mungkin untuk sepenuhnya memperhitungkan semua risiko pelaksanaan proyek pada tahap awal konsepsi proyek. Sangat sering, setelah otorisasi, prosedur perencanaan yang jauh lebih rinci dilakukan sebelum (atau sebagai bagian dari) implementasi: item seperti perencanaan teknis terperinci, memperoleh penawaran dari beberapa pemasok untuk semua item yang dialihdayakan, melakukan negosiasi kontraktor, merencanakan sumber daya internal, dan membuat keputusan pertukaran sumber daya benar-benar hanya dapat dilakukan setelah keputusan untuk melanjutkan telah dibuat.

Dalam kurun waktu antara otorisasi dan penerapan keputusan, lingkungan eksternal mungkin telah berubah (seperti perubahan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah, atau kejadian risiko lain yang muncul, yang mengubah tindakan terbaik yang mungkin dilakukan di masa mendatang). Sering kali mungkin ada beberapa perubahan pada cakupan, atau perubahan lain yang mungkin telah terjadi. Proyek mungkin secara inheren mengandung fase (atau gerbang keputusan), di mana aktivitas mendatang dalam proyek mungkin perlu disesuaikan saat proyek berlangsung; contohnya termasuk proyek eksplorasi, penilaian, dan pengembangan di sektor minyak, gas, dan sumber daya, serta dalam pengembangan farmasi.

Membangun, Memilih, dan Mengoptimalkan Portofolio Bisnis dan Proyek

Sebagian besar bisnis merupakan portofolio aktivitas atau elemen lain dalam beberapa hal. Misalnya, pendapatan penjualan adalah jumlah dari berbagai lini produk, wilayah, unit bisnis, pelanggan, geografi, proyek, atau aset. Secara umum, komponen-komponen penyusun biasanya memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal implikasinya terhadap metrik bisnis utama, seperti tingkat pertumbuhan, persyaratan investasi modal, jangka waktu penyelesaian

proyek, biaya, arus kas, laba atas modal, dll. (serta risiko terkaitnya):

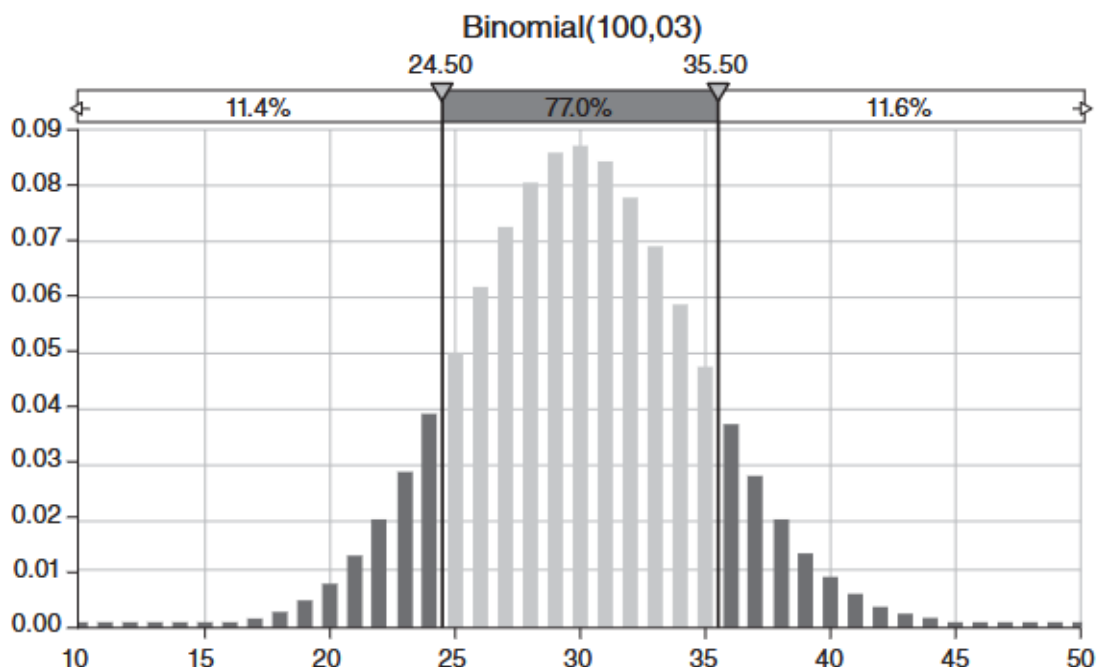
- Proyek yang matang (atau produk yang mungkin menghasilkan aliran pendapatan atau arus kas yang cukup dapat diandalkan) mungkin memerlukan sedikit investasi atau aktivitas pengembangan yang sedang berlangsung.
- Proyek yang saat ini dalam tahap implementasi mungkin memerlukan sejumlah besar investasi tunai: meskipun belum menghasilkan pendapatan, proyek-proyek ini mungkin berisiko sedang, dalam arti bahwa pendapatan dan arus kas di masa mendatang mungkin tidak pasti, tergantung pada faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan, atau kelebihan biaya belanja modal, atau penundaan implementasi.
- Proyek dalam penelitian atau pengembangan tahap awal mungkin saat ini memerlukan investasi yang cukup kecil, tetapi keberhasilan atau kegagalannya (dan jangka waktu terkait) mungkin penting bagi kinerja jangka menengah atau kelangsungan hidup bisnis jangka panjang; dalam hal itu, proyek-proyek ini mungkin dianggap sangat berisiko. □ Mungkin juga ada usaha patungan yang sudah ada, kemungkinan akuisisi potensial, dan sebagainya; masing-masing akan memiliki profil risiko spesifiknya sendiri untuk metrik utama.

Selain itu, akan ada beberapa masalah yang penting di tingkat perusahaan (atau agregat), meskipun masalah tersebut mungkin kurang relevan di tingkat proyek individual. Misalnya:

- Umumnya, masalah yang berkaitan dengan arus kas perusahaan, pembiayaan, struktur utang dan ekuitas, perbendaharaan dan pajak harus ditangani di tingkat perusahaan, meskipun posisi perusahaan secara agregat didorong oleh proyek-proyek individual.
- Meskipun proyek-proyek individual dalam serangkaian proyek investasi mungkin tampak masuk akal secara mandiri (misalnya, masing-masing mungkin memiliki nilai sekarang bersih yang sangat positif, yang dihasilkan dari beberapa investasi awal dan kemudian serangkaian arus kas positif), secara agregat, persyaratan investasi untuk keseluruhan rangkaian proyek mungkin terlalu tinggi untuk memungkinkan semuanya dilaksanakan secara bersamaan. Mungkin juga ada kendala nonfinansial terhadap pelaksanaan simultan mereka, seperti keahlian teknis atau sumber daya material.
- Memiliki portofolio proyek "berisiko tinggi/imbal hasil tinggi" mungkin dapat diterima, meskipun jika dilihat secara terpisah masing-masing proyek kemungkinan akan dinilai terlalu berisiko. Misalnya, proyek dengan peluang keberhasilan 30% (menciptakan keuntungan bersih sebesar \$100 juta), dan peluang kegagalan 70% (menciptakan kerugian bersih sebesar \$10 juta), akan memiliki keuntungan bersih rata-rata positif (tertimbang) sebesar \$23 juta (yaitu $0,3 \times 100 - 0,7 \times 10$). Secara mandiri, seseorang mungkin ingin menghindari kemungkinan kerugian sebesar \$10 juta; namun, sebagai bagian dari portofolio, proyek tersebut mungkin dapat diterima:
- Sebagai bagian dari portofolio campuran proyek-proyek penghasil uang tunai yang stabil (yang arus kasnya dapat digunakan untuk menutupi investasi proyek-proyek yang lebih baru, atau biaya tambahan yang timbul dari kejadian-kejadian yang tidak terduga), proyek tunggal juga dapat diterima.
- Jika proyek dibagi dengan para mitra, untuk mengurangi investasi efektif dan risiko

kerugian, seseorang masih dapat memperoleh sebagian keuntungan dari sifat positif rata-rata proyek tersebut sambil mengurangi kerugian negatif secara proporsional.

- Portofolio besar proyek-proyek yang serupa tetapi independen akan menguntungkan tidak hanya secara rata-rata, tetapi juga dalam hampir semua kasus. Misalnya, dengan 100 proyek semacam itu, sangat mungkin bahwa hasil yang mendekati rata-rata akan diamati dalam banyak kasus, yaitu mendekati 30 keberhasilan dan 70 kegagalan. Karena manfaat keberhasilan dengan mudah lebih besar daripada biaya kegagalan, portofolio semacam itu akan menarik secara umum, karena keberhasilan pada tingkat portofolio hampir terjamin (dengan ketentuan bahwa ada pembiayaan yang tersedia untuk menutupi kegagalan awal). Gambar 1.1 menunjukkan distribusi jumlah proyek yang berhasil, seperti dalam 77% kasus jumlah keberhasilannya berada antara 25 dan 35 inklusif (rincian analisis tersebut dibahas kemudian dalam teks).



Gambar 1.1 Jumlah Proyek Yang Berhasil Dari 100, Masing-Masing Dengan Probabilitas Keberhasilan Sebesar 30%

Penilaian risiko (dan analisis ketidakpastian) dapat memiliki sejumlah aplikasi dalam konstruksi, adaptasi, dan pengoptimalan portofolio proyek, untuk membantu memastikan bahwa pertumbuhan bisnis atau tujuan lain terpenuhi. Mengidentifikasi, untuk setiap portofolio yang diasumsikan, seberapa besar kemungkinan tujuan dan target perusahaan akan tercapai dengan portofolio tersebut. Mengidentifikasi apakah diperlukan proyek baru atau aktivitas yang berbeda; hal ini terkait dengan pengembangan opsi strategis, yang dibahas secara terpisah di bawah ini.

- Memahami tingkat "diversifikasi alami" di dalamnya: misalnya, di mana proyek yang menghasilkan uang tunai dapat mencakup pembiayaan investasi utama, sehingga panggilan baru untuk pembiayaan tidak diperlukan di tingkat perusahaan.

- Memahami tingkat ketidakpastian residual dalam portofolio, untuk memastikannya sesuai dan sejalan dengan toleransi risiko. Misalnya, investor ekuitas umumnya memperkirakan bahwa bisnis akan mengambil beberapa tingkat risiko, tetapi risiko yang sesuai dengan posisi strategisnya dan yang sejalan dengan harapan yang wajar untuk bisnis semacam itu.

Pastikan kesamaan di seluruh elemen portofolio dievaluasi dengan benar. Risiko umum dapat terkait dengan teknologi, nilai tukar, rezim regulasi, tingkat harga, biaya input, dan sebagainya. Risiko yang umum untuk semua proyek atau unit bisnis mungkin penting di tingkat perusahaan tetapi mungkin hanya tampak memiliki kepentingan sedang di tingkat proyek atau unit bisnis. Secara umum, ketergantungan antara elemen portofolio perlu ditangkap dengan benar untuk menghindari diversifikasi portofolio yang berlebihan atau tidak memadai. Optimalkan kontinjensi proyek dalam konteks perusahaan.

Kontinjensi proyek individual, jika ditambahkan di tingkat perusahaan, dapat menjadi terlalu tinggi (atau terlalu rendah), tergantung pada tingkat kontinjensi yang direncanakan untuk setiap komponen (lihat Bab 4). Masalah menyeimbangkan jumlah kontinjensi yang harus dipegang pada tingkat item individual versus pada tingkat organisasi agregat mungkin merupakan salah satu masalah yang paling menantang dalam praktik, dan memiliki implikasi untuk desain organisasi (misalnya masalah sentralisasi dan desentralisasi), proses otorisasi, dan manajemen proyek. Miliki kerangka kerja untuk membandingkan dan mengevaluasi proyek dengan profil risiko yang berbeda.

Misalnya, jelas lebih berisiko untuk mengebor minyak di dasar laut area baru yang belum dieksplorasi, di mana airnya dalam dan memerlukan rekayasa dan teknologi yang rumit, daripada melakukannya di perairan dangkal menggunakan teknologi yang ada: yang pertama mungkin berisiko lebih tinggi dengan potensi imbalan yang lebih tinggi, dan yang terakhir mungkin memiliki risiko lebih rendah dengan kemungkinan imbalan yang lebih rendah. Satu keputusan mungkin lebih disukai daripada yang lain, tergantung pada konteks dan kriteria yang digunakan: opsi risiko yang lebih tinggi mungkin cocok dalam portofolio besar proyek yang matang, di mana seseorang mungkin bertujuan untuk menggunakan proyek baru untuk mencapai tujuan pertumbuhan.

Pilihan dengan biaya dan risiko yang lebih rendah mungkin lebih tepat jika kegagalan proyek yang lebih besar (dengan potensi imbalan yang lebih tinggi) dapat menyebabkan kebangkrutan perusahaan, atau jika profil risiko atau toleransi perusahaan (atau pemegang sahamnya) sedemikian rupa sehingga tidak bersedia mengambil risiko tersebut karena alasan lain. Penilaian risiko menyediakan kerangka kerja untuk memperkirakan dampak dari setiap pilihan keputusan dan kemungkinan hasilnya, sehingga seseorang dapat membuat penilaian yang lebih tepat dan tepat tentang pilihan mana yang terbaik (daripada mungkin hanya mengandalkan firasat, intuisi, atau penyederhanaan yang kurang optimal).

Sebagai agen pemegang saham, manajemen harus memahami profil risiko perusahaan dan bertindak sesuai dengannya: dengan demikian, paparan risiko residual, ekspektasi risiko pemegang saham, dan toleransi risiko perusahaan semuanya harus dipertimbangkan dalam proses evaluasi proyek, pemilihan, dan konstruksi portofolio. Suatu proyek harus dievaluasi

tidak hanya berdasarkan manfaat individualnya, tetapi juga berdasarkan kesesuaiannya dalam portofolio bisnis, dan berdasarkan kontribusi dan dampaknya terhadap risiko agregat di tingkat perusahaan.

Mendukung Penciptaan Opsi Strategis dan Perencanaan Perusahaan

Secara umum, proses pengembangan strategi dan penciptaan opsi strategis biasanya perlu ditangani dengan menggunakan pendekatan yang terbuka dan kreatif. "Perubahan konteks" yang diperlukan untuk secara proaktif memahami, menghasilkan, atau mengidentifikasi opsi struktural atau strategis baru biasanya memiliki sifat yang berbeda dengan proses penilaian risiko yang lebih reaktif (di mana umumnya kerangka pertimbangan telah dipersempit sampai batas tertentu). Namun demikian, penilaian risiko memiliki beberapa kegunaan yang berharga dalam pengembangan strategi dan perencanaan perusahaan:

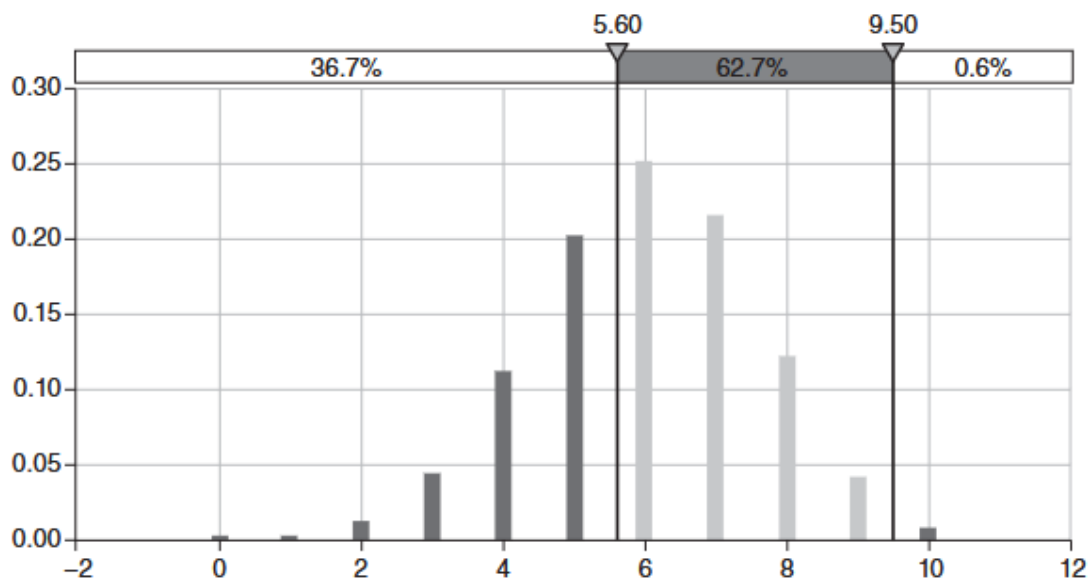
- Untuk menilai berbagai kemungkinan hasil (risiko agregat) dalam portofolio proyek bisnis.
- Menetapkan target perusahaan dan unit bisnis serta menilai kemungkinan pencapaiannya.
- Memastikan, sebelum memilih opsi strategis akhir, bahwa masing-masing opsi telah dioptimalkan risikonya untuk konteksnya sendiri. Misalnya, beberapa opsi mungkin memiliki fleksibilitas inheren yang tidak ada pada opsi lain, dan karenanya perbandingan yang adil antara opsi strategis perlu mempertimbangkan dengan tepat nilai yang terkait dengan fleksibilitas ini (ini adalah topik analisis opsi nyata, yang contohnya diberikan nanti dalam teks).
- Menilai kemungkinan bahwa bisnis saat ini dan inisiatif strategis yang telah direncanakan akan cukup (atau tidak) untuk memenuhi tujuan perusahaan. Ini dapat mengidentifikasi apakah proyek strategis, tingkat tinggi, atau struktural lebih lanjut mungkin diperlukan untuk meningkatkan kemungkinan tercapainya tujuan.

Sebagai contoh poin terakhir, saat menggunakan asumsi kasus dasar pada tingkat keberhasilan proyek, rencana dasar untuk meningkatkan pendapatan dalam jangka menengah melalui pengembangan produk baru mungkin tampak cukup untuk memenuhi tujuan pertumbuhan. Namun, jika risiko kegagalan atau potensi keterlambatan dalam proses pengembangan produk baru dipertimbangkan dengan baik, maka rencana dasar tersebut, pada kenyataannya, dapat terbukti tidak memadai dalam banyak kasus.

Dengan demikian, perusahaan mungkin tertarik untuk mempertimbangkan penambahan produk tambahan ke portofolionya, atau menambahkan proyek baru yang kemungkinan besar dapat diselesaikan dalam jangka pendek, atau untuk mengejar akuisisi, kemitraan, atau peluang lainnya. Pertimbangan kemungkinan tersebut melalui pemodelan kuantitatif, pada kenyataannya, dapat cukup mudah diimplementasikan pada tingkat tinggi (misalnya menggunakan angka ringkasan untuk setiap elemen utama portofolio, seperti arus kas) sekaligus memiliki implikasi besar bagi struktur bisnis dan aktivitas perencanaan perusahaan yang sesuai.

Sebagai contoh numerik yang spesifik, dengan asumsi bahwa perusahaan

membutuhkan enam proyek yang berhasil untuk memenuhi target bisnisnya, yang masing-masing memiliki peluang keberhasilan sebesar 60%, maka rencana awal mungkin adalah melakukan 10 proyek ($6/60\%$). Ini mungkin tampak sebagai dasar yang logis untuk mendasarkan rencana sumber daya dan membuat perkiraan kinerja masa depan. Namun, portofolio seperti itu hanya akan berhasil secara rata-rata. Gambar 1.2 menunjukkan distribusi jumlah proyek yang berhasil; khususnya, ada peluang 36,7% untuk lima atau kurang keberhasilan, yaitu target tidak akan terpenuhi.



Gambar 1.2 Jumlah Proyek Yang Berhasil Dari 10 Proyek, Masing-Masing Dengan Probabilitas Keberhasilan Sebesar 60%

Jika seseorang menginginkan peluang untuk memenuhi target (enam keberhasilan atau lebih) menjadi 90% (peluang kegagalan 10%), maka jumlah proyek perlu ditingkatkan menjadi sekitar 13. Hal ini dapat dilihat dari tabel di bawah pada Gambar 1.3, yang menunjukkan analisis sensitivitas dari kemungkinan memiliki enam atau lebih keberhasilan tergantung pada jumlah proyek yang terlibat (sekali lagi, konsep statistik terperinci dibahas nanti dalam teks).

	A	B	C	D
1				
2		Initial Plan		
3		No. Successes Required	6	
4		P(Success)	60%	
5		Estimated Number of Projects	10	=ROUNDUP(C3/C4,0)
6		Prob (Number of successes is less than required)	36.7%	=BINOMDIST(C\$3-1,C5,C\$4,1)
7				
8		Revised Plan		
9		Number of Projects	10	
10		Prob (Number of successes is less than required)	36.7%	=BINOMDIST(C\$3-1,C9,C\$4,1)
11		Prob (Number of successes is sufficient)	63.3%	=1-C10
12				
13		P(Six or More i.e. Success) Sensitivity Analysis to Number of Projects	63.30%	
14		10	63.30%	
15		11	75.30%	
16		12	84.20%	
17		13	90.20%	
18		14	94.20%	
19		15	96.60%	

Gambar 1.3 Jumlah Proyek Yang Diperlukan Untuk Memiliki Enam Keberhasilan, Di Mana Masing-Masing Memiliki Probabilitas Keberhasilan 60%

Gambar 1.3. Perhatikan bahwa asumsi bahwa setiap proyek akan memiliki probabilitas keberhasilan yang sama mungkin tidak realistis dalam banyak kasus praktis; ini memberikan satu alasan untuk menggunakan metode simulasi untuk melakukan perhitungan analog, karena solusi analitik yang tepat menjadi lebih sulit ditemukan dalam kasus probabilitas yang tidak sama.

BAB 2

TAHAPAN UTAMA PROSES PENILAIAN RISIKO UMUM

Dalam bab ini, penulis menguraikan tahapan proses penilaian risiko, yang berlaku baik dengan pendekatan kualitatif maupun kuantitatif. Secara khusus, kami menguraikan beberapa cara untuk memasukkan struktur ke dalam proses identifikasi risiko, kriteria yang perlu dipertimbangkan pada tahap penentuan prioritas, dan sifat iteratif dari proses tersebut. Dalam Bab 3, kami membahas implikasi pendekatan kualitatif atau kuantitatif tertentu pada proses umum ini, dan dalam Bab 7 kami membahas isu-isu yang terkait dengan penyelarasan proses dengan aktivitas pemodelan risiko.

2.1 TINJAUAN UMUM TAHAP PROSES

Tahapan umum dari proses penilaian risiko adalah identifikasi. Ini melibatkan identifikasi dan analisis risiko dan ketidakpastian utama. Aspek inti adalah bahwa semua risiko utama diidentifikasi, dan didefinisikan dengan presisi yang diperlukan untuk melakukan aktivitas lebih lanjut. Pemetaan. Pemetaan risiko melibatkan penggambaran risiko dan dampaknya dengan cara yang memungkinkannya tercermin dalam model kuantitatif. Ini adalah langkah proses yang pada dasarnya tidak diperlukan saat menggunakan pendekatan kualitatif untuk penilaian risiko. Ini dapat dianggap sebagai bagian dari identifikasi risiko, karena untuk menghasilkan daftar risiko yang didefinisikan dengan akurasi yang memadai untuk dimasukkan dalam model kuantitatif seseorang mungkin harus terlebih dahulu memetakan sifat risiko secara terperinci.

Prioritas. Beberapa risiko mungkin perlu diprioritaskan untuk menyoroti keputusan yang diperlukan, untuk memfasilitasi komunikasi umum, untuk mencerminkan trade-off biaya-manfaat dari tindakan mitigasi risiko, atau karena keterbatasan sumber daya (di antara alasan lainnya). Prioritas dapat dianggap sebagai bagian dari identifikasi risiko; finalisasi serangkaian risiko yang teridentifikasi mungkin memerlukan beberapa prioritas yang telah dilakukan, seperti mengecualikan risiko yang dianggap tidak layak untuk dipertimbangkan lebih lanjut. Mitigasi dan respons. Ini melibatkan pengadaptasian rencana awal untuk mengelola, mengurangi, dan/atau mengeksplorasi risiko.

Umumnya, aktivitas akan menghasilkan serangkaian tindakan respons risiko, tetapi juga dapat mengakibatkan target disetel ulang atau dimodifikasi. Mungkin juga ada risiko atau efek samping baru yang diakibatkan oleh tindakan mitigasi atau respons awal. Hal ini juga dapat menyoroti perlunya pilihan keputusan struktural alternatif (berbeda secara kontekstual); dengan kata lain, untuk perubahan besar dalam konteks di mana seseorang memilih untuk bertindak, sehingga berbagai pilihan strategis dan keputusan dipertimbangkan. Prioritas tindakan tersebut juga merupakan area utama yang perlu dipertimbangkan pada tahap ini. Pemilihan keputusan.

Pemilihan untuk penerapan rencana atau pilihan keputusan final yang dimodifikasi biasanya melibatkan analisis risiko dan ketidakpastian yang tersisa (yaitu risiko residual yang

tidak dapat dikelola atau yang tidak dapat dilakukan dengan cara yang efisien secara ekonomi). Pilihan akhir yang dipilih harus memiliki profil risiko residual yang sejalan dengan toleransi risiko para pengambil keputusan. Pemantauan, pengelolaan, dan pengendalian pelaksanaan proyek (dan risiko di dalamnya). Ini umumnya akan mencakup pemutakhiran penilaian risiko secara berkelanjutan, atau sebagaimana sesuai dengan konteksnya.

2.2 ITERASI PROSES

Dalam praktiknya, penilaian risiko bukanlah proses yang sepenuhnya "linier", tetapi merupakan proses yang berulang. Dengan kata lain, seseorang tidak dapat langsung berpindah dari satu tahap ke tahap lainnya tanpa kembali ke tahap yang dapat dianggap telah selesai. Sifat berulang dari proses ini disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, mungkin ada interaksi yang melekat antara langkah-langkah proses:

- **Identifikasi dan mitigasi.** Umumnya, seseorang akan memitigasi risiko hanya setelah mengidentifikasinya secara eksplisit. Namun, banyak rencana dasar memiliki tindakan mitigasi yang masuk akal secara implisit, bahkan sebelum identifikasi risiko formal dilakukan. Selain itu, tindakan mitigasi atau tindakan respons risiko dapat menimbulkan risiko atau ketidakpastian baru, karena efek samping yang perlu dinilai, diidentifikasi, dan mungkin dimitigasi: misalnya, tindakan untuk beralih ke teknologi alternatif atau melibatkan pihak ketiga tambahan dapat menimbulkan risiko baru.
- **Identifikasi dan prioritas.** Umumnya, seseorang hanya dapat memprioritaskan risiko setelah risiko tersebut diidentifikasi secara eksplisit. Di sisi lain, daftar akhir risiko teridentifikasi yang akan digunakan untuk komunikasi umum dan perencanaan proyek dapat mengecualikan beberapa item dengan probabilitas sangat rendah, atau item yang bersifat kontekstual dan umum untuk semua proyek. Dengan demikian, identifikasi risiko hanya dapat diselesaikan dengan beberapa gagasan tentang prioritas yang telah dilakukan.
- **Prioritas dan mitigasi.** Umumnya, seseorang dapat mengembangkan tindakan mitigasi menurut risiko yang dianggap paling penting. Di sisi lain, pendekatan utama untuk memprioritaskan risiko didasarkan pada efektivitas tindakan mitigasi mereka, bukan risiko itu sendiri. Dengan demikian, seseorang mungkin harus mengembangkan tindakan mitigasi sebelum tahap prioritas.

Kedua, proses itu sendiri biasanya mengharuskan beberapa ide perlu dipertimbangkan secara paralel, dan seringkali lebih kreatif, dan kurang mekanis atau ditentukan secara ketat, daripada yang mungkin diyakini atau diinginkan sebagian orang pada awalnya sifat risiko dan ketidakpastian mungkin rumit, memerlukan keahlian teknis tertentu atau masukan lintas fungsi untuk mengidentifikasi dan menanggapi. Selain itu, tim penilaian risiko lintas fungsi mungkin tidak memiliki anggaran, atau otorisasi relevan lainnya untuk menerapkan langkah-langkah respons risiko, sehingga proses analisis risiko mungkin diperlukan untuk memunculkan masalah untuk eskalasi ke tingkat yang lebih tinggi.

Latihan pengumpulan dan analisis data terpisah mungkin diperlukan untuk menilai sifat dan dampak risiko, tingkatnya, dan saling ketergantungannya. Misalnya, berbagai produk

mungkin memiliki harga atau biaya yang terkait dengan beberapa faktor umum (seperti harga minyak); analisis data historis aktual akan diperlukan untuk mengkalibrasi model risiko dengan benar dengan data yang valid. Ketiga, setelah hasil disajikan, wawasan baru selalu dikembangkan atau pertanyaan diajukan tentang item tertentu; hal ini dapat mengakibatkan penilaian tambahan yang sering kali perlu dilakukan.

Risiko residual yang terkait dengan rencana dasar mungkin tidak sejalan dengan toleransi risiko para pengambil keputusan, yang mungkin memiliki pandangan tentang apa yang dapat diterima yang berbeda dengan pandangan individu atau kelompok yang melakukan analisis (para pengambil keputusan mungkin juga memiliki toleransi risiko yang berbeda satu sama lain, terkadang dengan manajemen yang lebih senior yang bersedia mengambil lebih banyak risiko). Mungkin ada kebutuhan untuk memikirkan kembali tujuan fundamental atau menetapkan ulang target, sehingga tindakan yang direncanakan semula mungkin perlu direvisi (misalnya melakukan akuisisi alih-alih menggunakan metode organik untuk mencapai tujuan pertumbuhan).

Jelas, dalam konteks mendukung keputusan tertentu pada titik waktu tertentu, proses manajemen risiko tidak dapat berlangsung selamanya, dan akan berhenti ketika titik telah tercapai di mana mitigasi risiko lebih lanjut tidak efektif secara ekonomi. Secara umum, pada setiap iterasi proses, seseorang harus mendekati keputusan akhir, yang akan diambil berdasarkan evaluasi keputusan dan risiko residual. Pada tahap yang sangat awal, tujuan keseluruhan dan "kerangka" harus ditetapkan, dengan tujuan mengembangkan serangkaian opsi yang memungkinkan untuk mencapai tujuan ini. Penilaian risiko dapat membantu mengembangkan beberapa opsi strategis pada tahap ini, dan untuk memahami risiko dalam setiap opsi.

Setelah keputusan dasar dipilih, penilaian risiko dapat membantu dengan opsi desain terperinci, termasuk langkah-langkah respons risiko (beberapa di antaranya mungkin dalam rencana dasar, sementara yang lain merupakan hasil dari proses formal dan mungkin memerlukan otorisasi khusus). Selama iterasi langkah ini, seseorang mungkin perlu menganalisis secara lebih mendalam (mungkin secara kuantitatif) langkah-langkah mitigasi risiko mana yang layak diterapkan, dan seterusnya. Terakhir, analisis dampak potensial risiko yang tersisa setelah semua tindakan yang masuk akal telah diambil (misalnya, "rencana yang dioptimalkan untuk risiko") harus mendukung pengambilan keputusan akhir. Secara teori, proses tersebut mungkin perlu diatur ulang pada titik ini (misalnya, jika ternyata, setelah semua pertimbangan dan tindakan mitigasi, tindakan yang direncanakan, pada kenyataannya, terlalu berisiko atau tidak tepat dalam beberapa hal).

2.3 IDENTIFIKASI RISIKO

Pada dasarnya, tujuan dari proses identifikasi risiko bersifat langsung, yaitu menjawab pertanyaan: "Faktor-faktor apa yang menyebabkan hasil dari situasi tersebut bervariasi (atau berbeda dengan rencana dasar)?"

Pentingnya Langkah Identifikasi Risiko yang Kuat

Identifikasi risiko merupakan dasar dari segala bentuk analisis risiko (baik kualitatif

maupun kuantitatif): jelas bahwa penghilangan risiko penting akan secara signifikan mengurangi nilai dari setiap penilaian. Oleh karena itu, proses identifikasi harus dilakukan dengan cara yang menyeluruh, dan seobjektif dan seakurat mungkin. Biasanya diperlukan keterlibatan sekelompok besar pakar, dengan tingkat keterlibatan tersebut lebih luas dalam proses penilaian risiko dibandingkan ketika proses pemikiran analisis sensitivitas tradisional digunakan: sedangkan pemikiran yang terkait dengan sensitivitas menimbulkan pertanyaan "Bagaimana jika?", penilaian risiko juga menanyakan "Mengapa?" Faktor-faktor yang menyebabkan variasi dalam kuantitas tertentu (seperti dalam harga penjualan yang diasumsikan atau volume produksi).

Mungkin sangat beragam, identifikasi mereka mungkin memerlukan masukan terperinci dari staf pemasaran, spesialis teknis, pakar operasi, perwakilan sumber daya manusia, ekonom makro, dan sebagainya. Aktivitas lintas fungsi juga sering kali mengungkap aspek-aspek situasi yang belum dipikirkan, atau belum diberi prioritas yang memadai; mereka juga lebih mungkin mengidentifikasi kesamaan, pendorong yang mendasari, dan ketergantungan antara risiko. Misalnya, keterlambatan dalam suatu proyek, atau perubahan nilai tukar, dapat memengaruhi sejumlah item berbeda yang mungkin bukan risiko utama dalam setiap area (dan karenanya diabaikan atau diprioritaskan ulang oleh penilaian risiko individual), tetapi dapat menjadi signifikan ketika dipertimbangkan secara kolektif.

Aktivitas semacam itu juga dapat membantu menjelaskan area-area tempat orang mungkin membuat asumsi yang berbeda, dan secara umum akan menciptakan pemahaman yang lebih baik tentang suatu situasi, membantu komunikasi dan pembangunan konsensus, serta mengidentifikasi langkah-langkah tindakan tambahan yang mungkin perlu diambil. Namun demikian, diskusi kelompok memerlukan investasi waktu yang signifikan dan tidak selalu sekreatif atau produktif seperti yang diharapkan.

Beberapa masalah yang menghambat fungsi kelompok yang efektif meliputi dominasi sejumlah kecil peserta, kepekaan untuk mengutarakan beberapa masalah di depan umum, dan kurangnya kesabaran kelompok untuk menangani masalah yang memerlukan penjelasan terperinci atau kesulitan dalam membahas hipotesis yang bersaing dalam suatu kelompok. Oleh karena itu, suatu proses yang produktif biasanya memerlukan serangkaian diskusi satu lawan satu (bahkan jika diskusi ini dilakukan dengan sekelompok pakar dari fungsi yang berbeda), serta kerja kelompok. Dengan demikian, peserta dapat terlibat dalam penggunaan berbagai format, termasuk:

- Diskusi dan komunikasi satu lawan satu.
- Lokakarya yang ditujukan untuk masalah-masalah tertentu.
- Lokakarya yang ditujukan untuk masalah-masalah perusahaan, holistik dan lintas fungsi, dan untuk saling ketergantungan atau proses perubahan yang diperlukan untuk menerapkan langkah-langkah mitigasi dan respons.

Membawa Struktur ke dalam Proses

Selain penggunaan berbagai format, sering kali bermanfaat untuk memiliki beberapa struktur dan disiplin dalam proses itu sendiri. Secara khusus, untuk memastikan bahwa prosesnya selengkap mungkin, sering kali ada baiknya untuk memiliki serangkaian pertanyaan

yang dapat didiskusikan (biasanya dimulai dengan pertanyaan yang sifatnya cukup terbuka, dan kemudian kembali ke bentuk daftar atau pendekatan yang lebih spesifik), seperti:

- Pertanyaan umum, misalnya:
- Faktor apa yang menyebabkan hasil berbeda dari yang diharapkan?
- Skenario apa yang mungkin terjadi?
- Apa kasus terburuk (dan terbaik), dan faktor apa yang menyebabkan hal ini terjadi?
- Dapatkah kasus sentral terjadi karena beberapa faktor memiliki nilai rendah dan beberapa memiliki nilai tinggi? Faktor apa sajakah ini?
- Faktor atau pendorong apa yang mungkin terlupakan dalam analisis kasus dasar?
- Mengapa asumsi kita mungkin salah ... atau mengapa analisis ini mungkin masih belum memadai atau belum mengidentifikasi risiko yang relevan?
- Tidak adakah yang dapat memikirkan alasan lain mengapa hasilnya mungkin berbeda ... atau di mana keadaan bisa lebih baik atau lebih buruk dari yang diharapkan?

Daftar periksa, misalnya:

- Apa saja risiko strategis, finansial, dan operasional yang ada?
- Apa saja ketidakpastian yang ada?
- Apa saja risiko yang memengaruhi pendapatan, biaya, investasi, arus kas, atau persyaratan pembiayaan (seperti yang berkaitan dengan harga, volume, masing-masing item biaya, dll.)?
- Apa saja risiko komersial, produk/layanan, operasional, atau kompetitif yang ada?
- Apa saja risiko hukum, teknis, regulasi, reputasi, dan lingkungan?
- Apa saja risiko dalam kapabilitas manajemen, etika, mitra, proses, sumber daya, dan pemasok?
- Apakah model finansial awal telah dibangun? Item baris mana di dalamnya yang tidak pasti atau berisiko? Proses ini dapat menyoroti risiko yang secara implisit telah dipertimbangkan oleh pemodel, tetapi tidak secara eksplisit oleh proses formal, dan memberikan informasi tentang bagaimana model tersebut mungkin perlu disesuaikan untuk memasukkan risiko yang teridentifikasi.

Bekerja dari hal-hal yang spesifik ke prinsip-prinsip umum dan kembali ke hal-hal yang spesifik. Dengan kata lain, risiko yang teridentifikasi dapat dikaitkan dengan kategori risiko, sehingga risiko lain mungkin ada dalam risiko yang mungkin belum teridentifikasi pada tahap proses saat ini. Misalnya, potensi tidak tersedianya internet di hotel tertentu dapat dianggap sebagai bagian dari kategori "komunikasi yang terputus", yang dapat mengarah pada identifikasi item lain yang belum dipertimbangkan.

Proses pemikiran ini dapat mengarah pada risiko, ketergantungan, dan tindakan mitigasi lebih lanjut yang diidentifikasi dan diterapkan. Penggunaannya yang berulang, dimulai dengan item atau kategori yang berbeda, sering kali dapat menghasilkan daftar risiko yang panjang, yang dapat dipertimbangkan secara individual atau mungkin dikelompokkan ke dalam kategori risiko untuk tujuan analisis lebih lanjut, dan untuk menghindari penghitungan ganda.

Pendekatan yang didorong oleh penghargaan. Setelah pendekatan lain telah habis,

seseorang dapat menghabiskan beberapa menit (bekerja secara individual atau dalam subkelompok) untuk mengidentifikasi setidaknya, katakanlah, tiga hingga lima ide baru tentang mengapa hasilnya bisa berbeda. Hadiah kecil dapat diberikan kepada orang atau kelompok yang menghasilkan ide terbaik (dalam hal kepentingan keseluruhan atau kontribusi umum terhadap diskusi, atau sebagaimana dinilai oleh seluruh kelompok).

Studi kasus dan sumber eksternal lainnya. Ini melibatkan pengamatan terhadap pembelajaran langsung atau analogi yang lebih umum yang dapat diambil dari proyek, standar, atau contoh publik yang dipublikasikan sebelumnya tentang bisnis atau proyek yang telah menjadi subjek analisis risiko yang ekstensif atau tempat munculnya masalah besar. Teknik kreativitas formal. Jika dilakukan secara menyeluruh, langkah-langkah di atas umumnya memadai untuk memastikan bahwa identifikasi risiko telah cukup lengkap. Dalam kasus yang sangat penting, atau jika ada keyakinan bahwa prosesnya tidak lengkap karena suatu alasan, seseorang dapat menggunakan teknik curah pendapat formal atau peningkatan kreativitas, atau melibatkan konsultan eksternal spesialis untuk memfasilitasi proses dan isinya.

Membedakan Variabilitas dari Risiko Keputusan

Proses identifikasi risiko sering kali bertindak sebagai gudang "penampung semua" untuk berbagai area yang menjadi perhatian dalam suatu bisnis, dan khususnya sering kali mengidentifikasi item yang merupakan "risiko keputusan", yaitu dalam kendali organisasi secara keseluruhan, tetapi di mana suatu kelompok kerja merasa bahwa ada kemungkinan keputusan yang salah dapat diambil: contoh tipikal adalah "ada risiko bahwa manajemen mungkin tidak mengesahkan solusi teknis yang direkomendasikan".

Ini bukanlah risiko tradisional (yang memiliki variabilitas terkait meskipun tidak ada keputusan yang diambil), dan pencantumannya dalam suatu proses dapat menyebabkan ambiguitas atau kontroversi; risiko tersebut berpotensi sangat penting bagi keberhasilan keseluruhan suatu proyek, tetapi sepenuhnya dapat dikendalikan oleh organisasi. Tantangan dalam situasi seperti itu adalah:

- Untuk memastikan bahwa item tersebut tidak diabaikan. Forum terstruktur dari tim penilaian risiko lintas fungsi mungkin merupakan satu-satunya forum di mana masalah tersebut dapat diidentifikasi dan dimunculkan dalam organisasi; jika diabaikan dalam forum tersebut, maka hal tersebut mungkin tidak dipertimbangkan sama sekali, meskipun penting. Fokus alami pada isu risiko (dalam proses penilaian risiko) tidak boleh merugikan keseluruhan proses pengambilan keputusan.
- Untuk menemukan mekanisme untuk membandingkan dengan item risiko tradisional, di mana terdapat komponen ketidakpastian atau variabilitas.

Dari perspektif pemodelan, kebutuhan untuk membedakan antara item yang dapat dikendalikan dan tidak dapat dikendalikan muncul sampai tingkat tertentu baik dalam pemodelan statis tradisional maupun pemodelan risiko. Namun, ada kepentingan tambahan dalam konteks pemodelan risiko, karena alat yang diperlukan untuk menangani setiap isu berbeda (lihat Bab 6 dan 7).

Membedakan Isu Bisnis dari Risiko

Dengan cara yang sama seperti variabel yang dapat dikendalikan atau risiko keputusan,

sering terjadi ambiguitas di sekitar item yang merupakan isu bisnis, tetapi muncul dalam proses identifikasi risiko: biasanya, risiko terkait dengan gagasan bahwa isu bisnis mungkin tidak sepenuhnya berhasil ditangani atau diselesaikan, bukan dengan keberadaan isu itu sendiri. Sebagai contoh, tinjauan strategi untuk perusahaan berbasis proyek dapat mengidentifikasi bahwa "risiko bisnis utama" adalah bahwa "tingkat konversi terlalu rendah" (yaitu persentase transaksi yang ditutup relatif terhadap jumlah tawaran yang diajukan; sehingga banyak pekerjaan yang dilakukan dalam mengajukan tawaran yang tidak berhasil).

Beberapa inisiatif dapat dikembangkan untuk mengatasi hal ini, misalnya untuk memberikan pelatihan tambahan kepada tenaga penjualan baru, untuk menerapkan proses yang lebih sistematis untuk melacak aktivitas pesaing, dan sebagainya. Dengan demikian, tingkat konversi yang terlalu rendah merupakan masalah bisnis, sementara risikonya adalah bahwa inisiatif ini mungkin tidak cukup untuk meningkatkan tingkat konversi ke tingkat yang diperlukan (dengan pendorong risiko adalah keberhasilan atau tidaknya setiap inisiatif individu, misalnya).

Mengenai risiko keputusan, penting agar masalah bisnis tidak diabaikan atau dikesampingkan oleh proses identifikasi risiko (karena masalah tersebut mungkin merupakan pertimbangan valid yang perlu ditangani, bahkan mungkin sebagai bagian dari situasi keseluruhan yang salah satu elemen pendukungnya adalah penilaian risiko). Penting juga agar ada kejelasan dalam proses (baik untuk tujuan pemodelan maupun komunikasi) tentang aspek mana yang dirujuk; mudah timbul kebingungan.

Identifikasi Risiko dalam Pendekatan Kuantitatif: Pertimbangan Tambahan

Aktivitas di atas biasanya cukup untuk mengidentifikasi serangkaian risiko yang memadai untuk penilaian risiko kualitatif. Ketika pendekatan kuantitatif digunakan, seseorang hampir selalu diminta untuk meningkatkan aktivitas tersebut guna memperhitungkan berbagai masalah spesifik tambahan (seperti yang dibahas dalam Bab 3).

2.4 PEMETAAN RISIKO

Pemetaan risiko melibatkan penggambaran sifat risiko atau ketidakpastian dengan cara yang memungkinkan pencantumannya dalam model kuantitatif. Dengan demikian, pemetaan risiko merupakan fondasi inti dari pemodelan risiko kuantitatif. Bagian ini memberikan gambaran umum tentang tujuan utamanya dan beberapa tantangannya; Pembahasan aspek dan isu yang lebih rinci muncul kemudian dalam teks.

Tujuan Utama

Pemetaan risiko umumnya merupakan bagian yang paling menantang dari proses pemodelan risiko, karena memerlukan integrasi banyak komponen dasar, seperti:

- Menetapkan sifat risiko dan dampaknya (misalnya, apakah peristiwa risiko atau variabilitas atau ketidakpastian umum, serta kerangka waktu terjadinya atau durasinya), termasuk bahwa ketergantungan dipahami dan dicatat dengan tepat.
- Memastikan bahwa risiko dan dampak didefinisikan secara tepat, dinyatakan dalam istilah umum dan dengan penghitungan ganda dan tumpang tindih dihilangkan.
- Mengadaptasi model untuk mencerminkan dampak risiko, mungkin memerlukan item

baris tambahan, membuat rumus yang dinamis dan fleksibel, dan mencatat ketergantungan antara risiko dan antara dampak.

- Menggunakan distribusi dan data yang tepat, dengan perkiraan atau estimasi yang sesuai dibuat jika perlu.
- Menyelaraskan aktivitas pemodelan risiko dengan penilaian risiko umum dan proses pengambilan keputusan.

Masalah-masalah ini dibahas secara rinci di bagian selanjutnya, khususnya di Bab 7, 9, dan 11.

Tantangan

Meskipun penting dalam pemodelan kuantitatif, pemetaan risiko merupakan langkah proses yang sering kali dilakukan secara tidak memadai. Untuk penilaian kualitatif, langkah tersebut pada dasarnya tidak diperlukan; oleh karena itu, langkah tersebut mungkin tidak dipahami dengan baik, atau tidak diberi perhatian yang cukup, terutama ketika proses kualitatif digunakan sebagai langkah pertama dalam keseluruhan proses yang selanjutnya menggunakan teknik kuantitatif.

Pemetaan risiko sering kali diabaikan (atau hampir tidak disebutkan) dalam banyak kerangka kerja standar, yang cenderung berfokus pada masalah manajemen risiko (seperti identifikasi dan mitigasi risiko) dan cenderung bersifat kualitatif (atau semi-kuantitatif), daripada berfokus pada agregasi risiko atau pemodelan risiko penuh. Dengan demikian, banyak peserta proses (bahkan mereka yang berpengalaman dan banyak membaca tentang manajemen risiko operasional) tidak akan terbiasa dengan berbagai konsep dan proses serta persyaratan spesifik yang jauh lebih kaya yang terkait dengan pemetaan risiko dan pemodelan kuantitatif.

Proses pemetaan risiko yang terlalu sederhana dapat menyebabkan seseorang secara tidak sengaja tertarik ke dalam kerangka kerja yang terlalu sempit untuk menangkap sifat sebenarnya dari ketidakpastian. Misalnya, pemetaan yang tersirat dalam banyak kerangka kerja adalah pemetaan yang memperlakukan semua item sebagai risiko operasional atau risiko jenis kejadian (misalnya dengan probabilitas terjadinya dan dampak terhadap terjadinya), dan yang tidak memiliki interaksi (atau terbatas) dengan variabel lain, atau komponen waktu.

Asumsi semacam itu mungkin tidak memiliki dasar yang kuat dalam kenyataan untuk banyak item yang memiliki ketidakpastian umum (seperti fluktuasi harga atau volume), sehingga model yang dibangun di atas dasar tersebut dapat merepresentasikan situasi sebenarnya dengan sangat buruk; memang, seorang pemodel mungkin menganggap pembangunan model semacam itu agak tidak memuaskan dan membuat frustrasi, karena mereka mencoba untuk "memaksa pasak persegi ke lubang bundar". Informasi yang diperlukan bersifat lebih rinci daripada penilaian kualitatif; mungkin sulit untuk mempertahankan perhatian sekelompok peserta, untuk menjelaskan konsep tambahan, dan untuk memastikan bahwa hasil yang sesuai dihasilkan dari proses kelompok.

2.5 PRIORITASI RISIKO DAN KRITERIA POTENSIALNYA

Prioritas risiko lebih halus daripada yang umumnya dipertimbangkan. Di satu sisi, seperti dalam banyak bentuk aktivitas, memprioritaskan item tampaknya masuk akal. Di sisi

lain, orang dapat mempertanyakan alasan perlunya melakukannya. Misalnya, mengabaikan risiko yang dapat dengan mudah dikurangi hanya karena "kecil" tampaknya tidak masuk akal. Demikian pula, risiko yang mudah ditangani pada umumnya harus ditanggapi, bahkan jika komunikasi terperinci tentang item tersebut belum dilakukan dengan manajemen. Lebih mendasar lagi, dapat dikatakan tidak mungkin (atau bahkan masuk akal) untuk memprioritaskan risiko; sebaliknya, tindakan mitigasi (atau respons)lah yang memerlukan prioritas.

Dengan demikian, pilihan dan penerapan kriteria prioritas yang tepat dapat lebih menantang daripada yang mungkin terlihat pertama kali, dan akan sering bergantung pada konteks dan tujuan, dengan satu risiko mungkin lebih penting (atau memiliki prioritas lebih tinggi) menurut satu kriteria, tetapi kurang penting menurut kriteria lain. Di bagian ini, kami membahas pendekatan, tujuan, dan kriteria potensial yang dapat digunakan dalam penentuan prioritas risiko, serta area tempat potensi jebakan atau kesalahpahaman dapat muncul.

Inklusi/Eksklusi

Sampai batas tertentu, seseorang dapat berpendapat bahwa risiko tidak boleh diprioritaskan sama sekali; setiap risiko harus ditangani dengan cara yang tepat untuk item tersebut. Pada prinsipnya, pengecualian risiko apa pun tidak dapat dianggap sebagai praktik yang baik. Pertama, hal itu akan mengakibatkan pernyataan risiko yang lebih rendah. Kedua, jika tindakan respons risiko potensial tersedia dan akan bermanfaat (setelah memperhitungkan biayanya), maka tampaknya masuk akal untuk menerapkannya, betapa pun kecilnya risiko yang mendasarinya. Argumen ini akan mendukung prinsip untuk tidak mengecualikan risiko yang telah diidentifikasi.

Di sisi lain, karena penting untuk mengidentifikasi semua risiko yang relevan setelah mungkin, proses untuk melakukannya mungkin paling efektif ketika dilakukan dengan cara yang tidak menghakimi: terutama pada tahap awal, pembuatan penilaian langsung tentang pentingnya ide-ide yang dihasilkan dapat menghambat kemauan peserta untuk memunculkan masalah potensial (dan menyediakan forum yang diakui untuk item-item tersebut untuk dibatalkan), yang umumnya akan menghambat sifat kreatif keseluruhan dari proses yang sering diperlukan pada tahap ini.

Jadi, jika ide-ide dicatat (tetapi tidak dinilai) saat awalnya dihasilkan, maka sangat mungkin diperlukan beberapa pasca-pemrosesan dari hasil awal ini. Aktivitas pasca-pemrosesan tersebut dapat melibatkan pengelompokan risiko ke dalam kategori dengan pendorong dasar yang sama, atau menghilangkan penghitungan ganda dan tumpang tindih, dan seterusnya. Ini secara implisit berarti bahwa beberapa risiko yang awalnya diidentifikasi tidak lagi dikejar sebagai item eksplisit yang terpisah (namun, ini tidak sama dengan mengecualikannya).

Fokus Komunikasi

Beberapa hal mungkin perlu ditekankan (atau dikurangi penekanannya) untuk memfokuskan komunikasi dengan manajemen dan staf lain, dengan penekanan tersebut (dan tingkat detail) yang disesuaikan menurut audiens:

- Penerapan langkah-langkah respons risiko memerlukan otorisasi, khususnya jika ada

implikasi untuk anggaran, cakupan proyek, hasil akhir, jadwal, atau implikasi untuk unit organisasi lain, pihak ketiga, atau negosiasi ulang beberapa hal jika diperlukan.

- Untuk mengomunikasikan hal-hal yang telah dimitigasi atau yang sudah ada rencana untuk melakukannya, serta tentang hal-hal yang tersisa.
- Untuk mengomunikasikan risiko yang akan menyebabkan variasi paling besar dalam hasil, terlepas dari apakah risiko tersebut dapat dikendalikan melalui langkah-langkah mitigasi risiko atau tidak.
- Untuk mengalihkan perhatian dari hal-hal yang secara alami dapat menarik perhatian, tetapi mungkin tidak relevan dengan diskusi tertentu. Misalnya, seseorang mungkin ingin mengurangi penekanan pada item yang besar tetapi rentang kemungkinan variasinya kecil (termasuk kasus-kasus di mana kemungkinan mitigasi lebih lanjut terbatas); seseorang mungkin ingin fokus pada item yang merupakan kontributor yang lebih besar terhadap profil risiko keseluruhan atau yang dapat dipengaruhi, dan pada keputusan yang diperlukan terkait dengan tindakan tersebut.

Tentu saja, risiko yang tidak dianggap sebagai item prioritas dari perspektif komunikasi tidak dapat diabaikan: tim proyek harus tetap berencana untuk menanggapi item risiko individual, bahkan untuk risiko yang aktivitas komunikasinya tidak sesuai. Penggunaan kategori risiko merupakan pendekatan penting dalam hal ini (baik dalam konteks komunikasi keluaran proses, dan dengan model risiko kuantitatif).

Misalnya, risiko yang dianggap sebagai prioritas rendah untuk tujuan komunikasi dapat ditetapkan ke kategori tertentu, dengan risiko yang ditunjukkan berdasarkan kategori. Dengan cara ini, dampak dari semua risiko tetap tertangkap, bahkan ketika risiko tersebut tidak ditekankan. Contoh penggunaan kategori risiko ditunjukkan kemudian dalam teks.

Kesamaan dan Perbandingan

Secara umum, terdapat beberapa risiko kontekstual (atau "makro"), yang umum terjadi pada setiap proyek yang akan dilakukan oleh suatu perusahaan. Dalam kasus seperti itu, tidaklah tepat untuk memberikan sanksi kepada proyek yang menyertakan risiko tersebut dalam evaluasinya dibandingkan dengan proyek yang tidak melakukannya.

Oleh karena itu, dapat diputuskan untuk menstandarisasi aspek-aspek tertentu dari metodologi untuk analisis dan evaluasi proyek, guna memperjelas sifat item yang harus disertakan atau dikecualikan dalam masing-masing proyek. Contoh item yang dapat dipertimbangkan untuk dikecualikan secara standar dapat berupa:

- Peristiwa yang dapat menyebabkan kepunahan massal di planet ini atau mengubah konteks global secara mendasar: hantaman asteroid, pandemi besar penyakit yang tidak dapat disembuhkan, perang nuklir atau siber global, bencana lingkungan global, atau letusan gunung berapi super adalah beberapa contohnya! (Rupanya, letusan gunung berapi super terjadi, rata-rata, kira-kira setiap 50.000 tahun – probabilitas tahunan 0,002%.)
- Risiko perang di wilayah operasi perusahaan, atau perang nuklir global.
- Perubahan lingkungan politik atau pemerintahan; jika perusahaan beroperasi hanya di satu negara, risiko ini mungkin umum untuk semua proyek.

Tentu saja, pendekatan standarisasi tersebut hanya berlaku jika kemungkinan terjadinya dan dampak proporsional dari risiko tersebut serupa di semua proyek potensial: seseorang perlu berhati-hati untuk tidak mengabaikan faktor risiko penting, terutama jika risiko tersebut akan memengaruhi satu proyek secara tidak proporsional jika dibandingkan dengan yang lain. Contoh-contoh yang memungkinkan terjadinya jebakan tersebut meliputi:

- Suatu perusahaan mungkin memiliki unit bisnis berbeda yang menggunakan bahan baku yang sama (atau sangat terkait), seperti produk turunan minyak atau beberapa bahan kimia, atau sebagai alternatif, perusahaan dapat memproduksi produk akhir yang serupa atau menjualnya ke pasar terkait. Dalam konteks seperti itu, seseorang dapat mempertimbangkan untuk mengecualikan risiko biaya atau variasi harga dari semua proyek. Di sisi lain, bisa jadi variasi harga tersebut dapat menciptakan situasi "terburuk" yang tidak dapat diterima untuk satu proyek, tetapi tidak untuk proyek lain (di mana variasi tersebut dapat diserap ke dalam ekonomi yang umumnya lebih baik, seperti jika biaya tetapnya jauh lebih rendah).
- Perusahaan minyak yang memproduksi berbagai jenis minyak, tetapi hanya memiliki produksi gas komersial terkait yang sangat kecil, dapat memutuskan untuk menstandarisasi asumsi harga yang digunakan untuk gas dalam kasus bisnis, sementara tetap menggunakan harga minyak yang berbeda untuk mencerminkan harga berbagai jenis (kualitas) minyak. Namun, jika perusahaan mulai mempertimbangkan untuk berinvestasi pada aset yang didominasi gas, standarisasi harga gas ini tidak lagi sesuai.

Jelas, penggunaan definisi risiko yang distandarisasi (yang digunakan dalam evaluasi semua proyek) tampaknya merupakan pendekatan yang paling sesuai secara teori; dalam praktiknya, pendekatan ini mungkin sulit diterapkan di beberapa organisasi. Sejumlah opsi lain untuk menangani standarisasi risiko dapat dipertimbangkan: ini termasuk penciptaan skenario standar untuk item risiko yang relevan (misalnya untuk harga minyak di masa mendatang), atau penciptaan profil risiko penuh yang terstandarisasi untuk item-item ini (misalnya serangkaian parameter dan proses yang disepakati yang menentukan fluktuasi harga minyak di masa mendatang), yang akan digunakan dalam semua kasus bisnis.

Alasan Pembuatan Model

Penting untuk menjaga model "sesederhana mungkin, tetapi tidak lebih sederhana" (Einstein). Namun, jika model dirancang (dan ditata) menurut prinsip praktik terbaik, dan opsi lain dipertimbangkan (seperti pengelompokan risiko ke dalam kategori), pengecualian risiko hanya karena risiko tersebut "kecil" (atau tidak material) umumnya tidak diperlukan dari perspektif pembuatan model. Di sisi lain, dalam praktiknya, mungkin beberapa risiko tidak dapat langsung direpresentasikan dalam model kuantitatif:

- Sifat sebenarnya dari beberapa risiko atau dampaknya mungkin memang sangat rumit untuk diterapkan dalam model kuantitatif. Misalnya, profil risiko mungkin mengikuti perilaku kompleks yang didorong oleh distribusi hasil yang tidak dapat ditangkap secara analitis (dan yang tidak tersedia dalam perangkat lunak terkait yang digunakan), sementara dianggap sebagai item yang relatif tidak material. Dalam kasus seperti itu,

seseorang dapat mencari perkiraan yang lebih sederhana mengenai sifat risiko dan dampaknya, sehingga beberapa analisis indikatif, meskipun tidak sempurna, dapat dilakukan. Dalam beberapa kasus, seseorang dapat mempertimbangkan untuk mengecualikan item yang tidak material dari proses pemodelan jika perkiraan yang wajar tidak dapat ditemukan.

- Risiko yang terkait dengan isu yang lebih "lunak", seperti yang berkaitan dengan kualitas, lingkungan, atau hubungan politik atau pemerintahan, dan sebagainya, mungkin tidak dapat ditangkap dalam model kuantitatif. Namun, tentu saja, pengecualian mereka dari model tidak berarti bahwa mereka dilupakan atau diabaikan saat menyajikan dan melaporkan hasil keseluruhan dari penilaian risiko proyek.

Ukuran Umum Risiko, Dampak dan Kemungkinannya

Wajar jika ingin memprioritaskan atau menekankan item yang lebih besar daripada yang lain. Ini bisa lebih menantang daripada yang mungkin terlihat pada awalnya. Pada prinsipnya, daripada ukurannya, yang umumnya relevan adalah dampak jika suatu item diubah. Misalnya, profitabilitas suatu proyek mungkin sangat bergantung pada satu item yang biayanya sangat tinggi dibandingkan dengan yang lain. Namun, jika item ini bersifat tetap dan tidak dapat diubah (baik melalui tindakan manajemen atau sebagai akibat dari ketidakpastian atau risiko umum), maka dapat dikatakan bahwa item tersebut tidak lagi dianggap penting (sebagai contoh sederhana, item tersebut mungkin telah dibeli). Perhatian kemudian harus dialihkan ke item lain yang lebih dapat dikontrol.

Secara umum, dampak dari item risiko sering kali sulit dinilai tanpa model kuantitatif yang lengkap. Misalnya, dampak pengurangan volume pada arus kas pasca-pajak perusahaan mungkin sulit ditetapkan tanpa model lengkap yang menghitung dampak pada pendapatan, biaya variabel, dan item lainnya. Beberapa risiko mungkin hanya memiliki dampak moneter tidak langsung (seperti penundaan waktu untuk tugas proyek), beberapa risiko akan memengaruhi beberapa item baris, dan yang lainnya berkembang seiring waktu (seperti nilai tukar, tingkat harga input dan produk akhir, dan sebagainya). Oleh karena itu, dampak dari risiko tertentu mungkin sangat sulit dinilai tanpa adanya model kuantitatif yang lengkap.

Di sisi lain, tidak nyaman untuk harus membangun model kuantitatif lengkap hanya untuk mengetahui item mana yang mungkin tidak signifikan. Memang, setelah suatu model dibangun dengan menyertakan risiko tertentu, tampaknya tidak ada gunanya mengecualikan risiko tersebut meskipun model tersebut menunjukkan risiko tersebut tidak penting. Oleh karena itu, terkadang seseorang bertujuan untuk menggunakan kerangka kerja sederhana atau model atau ukuran proksi (pengganti) untuk menilai ukuran setiap risiko.

Penggunaan matriks "probabilitas-dampak" (atau perkalian probabilitas dengan dampak) adalah salah satu alat yang terkadang digunakan untuk membuat kerangka kerja prioritas risiko. Meskipun pendekatan tersebut mungkin tampak sederhana, dan berlaku untuk beberapa situasi, pendekatan tersebut juga memiliki kelemahan yang signifikan termasuk:

- Probabilitas dan dampak mungkin tidak relevan, karena dengan sendirinya keduanya tidak memberikan indikasi apakah item tersebut dapat diubah, atau sejauh mana mitigasi dapat dilakukan (kecuali jika seseorang secara implisit berasumsi bahwa semua

item dapat dimitigasi sepenuhnya atau bahwa sejauh mana tindakan mitigasi akan sebanding dengan ukuran risiko, yang keduanya tidak berlaku secara umum).

- Kerangka kerja tersebut bermasalah untuk menangkap ketidakpastian umum, yang tidak terpetakan ke dalamnya, sehingga estimasi probabilitas-dampak sulit untuk benar-benar ditetapkan.
- Fokus cenderung pada penentuan prioritas sehubungan dengan angka rata-rata (misalnya dampak yang dibobot probabilitas), yang dapat menyesatkan untuk ketidakpastian umum: misalnya, variasi harga potensial rata-rata mungkin nol, sedangkan variabilitas yang ditimbulkannya pada sisi atas dan bawah mungkin sangat penting untuk pengambilan keputusan; ukuran penyebaran (misalnya risiko yang memengaruhi 10% kasus terburuk) biasanya penting dalam penilaian risiko, bukan hanya rata-rata.
- Mungkin ada interaksi penting, ketergantungan, atau pendorong mendasar umum dari risiko, yang dapat mengubah tingkat dampak sebenarnya (atau efek dari satu tindakan mitigasi).

Dengan demikian, penentuan prioritas risiko berdasarkan "ukurannya" mungkin sering kali sulit, atau tidak akurat, tetapi juga berpotensi menyesatkan dan tidak relevan.

Pengaruh: Tindakan Mitigasi dan Respons, dan Tindakan Manajemen

Bisa dibilang, tujuan utama penentuan prioritas risiko harus difokuskan pada hal-hal yang dapat dipengaruhi, dengan kata lain hal-hal yang memerlukan keputusan untuk diambil tentang tindakan tertentu. Hal ini dapat menyangkut:

- Keputusan tentang tindakan mitigasi (atau respons) risiko mana yang akan diterapkan. Contohnya adalah tindakan yang, dengan biaya tertentu, akan mengurangi kemungkinan terjadinya risiko, sehingga keputusan perlu diambil tentang apakah manfaatnya sepadan dengan investasi yang diperlukan.
- Keputusan yang mengubah konteks atau struktur proyek, tetapi mungkin tidak secara eksplisit terkait dengan risiko. Contohnya adalah ketika pemilihan solusi teknis yang berbeda dapat mengurangi biaya item dari nilai yang lebih tinggi ke nilai yang lebih rendah (dengan nilai rendah atau tinggi tersebut ditetapkan dalam setiap konteks tertentu, yaitu tidak tunduk pada variabilitas atau pengaruh lain dalam setiap konteks).

Untuk tujuan penentuan prioritas, kategori terakhir dapat dianggap sebagai "risiko keputusan"; risiko ini mungkin awalnya tampak tidak sebanding dengan risiko tradisional (yaitu risiko yang memiliki variabilitas yang terkait dengannya meskipun tidak ada keputusan yang terkait dengannya yang diambil). Misalnya, tampaknya tidak masuk akal untuk melampirkan "probabilitas terjadinya" pada risiko keputusan, karena hasilnya sepenuhnya dapat dikendalikan oleh organisasi melalui keputusan.

Kesamaan di antara keduanya adalah bahwa penentuan prioritas risiko tidak didasarkan pada kontribusi item apa pun terhadap variabilitas keluaran, tetapi lebih pada efektivitas relatif tindakan yang dapat diambil (baik tindakan respons risiko atau keputusan). Dengan kata lain, pendekatan ini memprioritaskan item menurut efektivitas keputusan terkait yang terkait dengannya. Hal ini memiliki implikasi (yang berpotensi besar) bagi aktivitas

pemodelan risiko, dan bagi analisis dan tampilan keluaran:

- Sangat sering, model risiko dibangun untuk menangkap variabilitas yang terkait dengan item risiko, dan menampilkan hasil yang menunjukkan bagaimana variabilitas keluaran berhubungan dengan variabilitas masukan (seperti beberapa jenis grafik tornado), daripada secara eksplisit menangkap kemungkinan keputusan yang relevan dan nilai pascakeputusan untuk item dalam model (misalnya rentang pra- dan pasca-mitigasi untuk risiko dan nilai dasar yang dimodifikasi untuk item keputusan lainnya).
- Sementara beberapa model risiko menangkap dampak dari beberapa keputusan (seperti parameter pra- dan pasca-mitigasi), sangat sering model hanya mencakup sebagian kecil dari kemungkinan penuh untuk keputusan yang benar-benar memengaruhi keberhasilan proyek; faktor yang paling penting dapat dengan mudah diabaikan jika itu adalah risiko keputusan, bukan risiko tradisional.

Keberadaan keputusan semacam itu (baik itu mitigasi risiko atau keputusan manajemen yang lebih umum) tidak dapat diidentifikasi dari suatu model, tetapi hanya melalui proses yang bersifat eksogen terhadapnya. Dengan demikian, model yang menangkap risiko dan dampaknya tidak dapat mengidentifikasi sendiri tindakan mitigasi atau keputusan lain yang tersedia, maupun dampaknya: masukan tersebut harus berasal dari proses yang terpisah dari proses pemodelan. Dalam Bab 7, kami memberikan contoh spesifik tentang bagaimana isu tersebut dapat ditangani dalam konteks pemodelan.

Mengoptimalkan Kendala Penerapan dan Penerapan Sumber Daya

Pada dasarnya, kelompok kerja dapat memutuskan untuk memprioritaskan risiko hanya karena kelompok tersebut memiliki waktu kerja yang terbatas (dan kesabaran kelompok yang terbatas) untuk menghabiskan waktu (sebagai kelompok) mengerjakan item yang tampaknya tidak terlalu penting. Lebih umum, langkah-langkah respons risiko dan keputusan lain akan berdampak pada sumber daya, anggaran, dan kerangka waktu sehingga beberapa prioritas kegiatan diperlukan. Dalam beberapa kasus, analisis kendala tersebut, dan pembuatan opsi alternatif untuk mengatasi atau menerimanya, mungkin rumit, karena item dapat:

- Bersaing untuk mendapatkan sumber daya (termasuk waktu staf, keahlian proyek, serta sumber daya keuangan).
- Berinteraksi atau memiliki dampak bersama yang berarti bahwa kendala atau masalah proyek lainnya perlu dipertimbangkan lebih lanjut (misalnya waktu yang telah berlalu untuk memberikan beberapa tindakan mitigasi akan terlalu lama, sehingga hanya beberapa tindakan yang dapat dipertimbangkan).
- Berinteraksi dengan cara yang berarti bahwa efektivitas tindakan tertentu berkurang setelah tindakan dilaksanakan. Dengan demikian, tindakan yang masuk akal jika dilakukan secara terpisah mungkin tidak masuk akal jika dipertimbangkan dalam serangkaian tindakan yang memungkinkan. Dengan demikian, beberapa prioritas tindakan akan diperlukan, dengan mungkin beberapa tindakan yang dianggap efektif secara mandiri memiliki prioritas yang berkurang jika dipertimbangkan secara holistik.

2.6 TANGGAPAN RISIKO: MITIGASI DAN EKSPLOITASI

Tentu saja, berbagai tindakan mitigasi dan eksploitasi yang mungkin dilakukan sangat beragam. Meskipun demikian, sebagian besar tindakan biasanya terbagi dalam satu atau beberapa area yang sering kali tumpang tindih, seperti yang dibahas di bawah ini.

Pengurangan

Pengurangan risiko bertujuan untuk mengurangi kemungkinan atau dampak risiko yang merugikan. Contoh sederhananya meliputi:

- Melihat dengan saksama sebelum menyeberang jalan, bukan menyeberang langsung atau hanya mendengarkan lalu lintas.
- Memastikan mobil keluarga dirawat dengan baik untuk mengurangi kemungkinan kecelakaan atau kerusakan.
- Mengumpulkan penawaran dari pemasok sebelum melakukan proyek pembangunan.
- Memeriksa jadwal kereta sehingga seseorang dapat berjalan kaki ke stasiun tepat waktu untuk mengejar kereta, bukan hanya tiba di stasiun tanpa perencanaan sebelumnya dan mengejar kereta berikutnya yang tiba.
- Banyak kegiatan perencanaan sehari-hari dapat dianggap sebagai tindakan yang mengurangi risiko, setidaknya dibandingkan dengan situasi yang akan berlaku jika tindakan dilaksanakan dengan sedikit perencanaan atau analisis.

Eksplorasi

Tindakan eksploitasi risiko secara eksplisit berupaya menciptakan keuntungan dari ketidakpastian, biasanya dengan menambahkan komponen respons (atau opsi), yang mencerminkan kemampuan untuk membuat keputusan berikutnya atau mengubah perilaku setelah risiko terwujud.

Membangun fleksibilitas ke dalam desain fasilitas manufaktur, sehingga volume produksi (dan/atau campuran produk) dapat diubah sesuai dengan perubahan permintaan pasar, yaitu untuk menciptakan kemampuan untuk memperluas produksi jika permintaan aktual melebihi perkiraan awal yang direncanakan atau untuk memangkas produksi (atau mengkonfigurasi ulang fasilitas untuk membuat produk alternatif) jika rencana awal tidak terpenuhi atau jika pasar berubah dalam beberapa hal.

Penataan proyek menjadi beberapa fase, sehingga fase berikutnya hanya berjalan jika fase sebelumnya berhasil. Ini menggunakan ketidakpastian yang melekat untuk menciptakan nilai tambah, daripada langsung melanjutkan investasi penuh yang mungkin gagal. Ini juga dapat dilihat sebagai langkah pengurangan risiko, atau sebagai langkah penelitian dan pengumpulan informasi. Membuat klausul dalam kontrak pasokan yang menyatakan bahwa biaya satuan barang yang dibeli dari pemasok lebih rendah jika volume (yang tidak pasti) yang akan dibeli tinggi, tetapi dibatasi pada jumlah tetap ketika volume rendah.

Pengalihan

Ini melibatkan pengalihan sebagian tanggung jawab untuk menyerap dampak risiko saat risiko itu terjadi. Ini biasanya merupakan tindakan pengurangan risiko yang mengharuskan sejumlah pembayaran dilakukan, meskipun dapat melibatkan penerimaan pembayaran jika beberapa risiko yang dapat dieksploitasi (misalnya potensi manfaat) dialihkan. Contohnya

meliputi:

- Mengalihdayakan beberapa aktivitas, dengan layanan yang dibayar hanya setelah mencapai tujuan yang ditetapkan; risiko tidak terpenuhinya sebagian mungkin telah dialihkan ke perusahaan pengalihdayaan, dibandingkan dengan situasi di mana terdapat biaya tetap untuk karyawan (yang produktivitasnya mungkin tidak pasti).
- Membeli kontrak asuransi.
- Membeli opsi untuk melindungi risiko yang terkait dengan aset atau portofolio keuangan.

Penelitian dan Pengumpulan Informasi

Naluri alami saat menghadapi ketidakpastian adalah mengumpulkan lebih banyak informasi sebelum membuat keputusan akhir, atau menunda keputusan (mungkin secara implisit berharap bahwa waktu tambahan akan memberikan lebih banyak informasi). Informasi tersebut biasanya pada akhirnya digunakan untuk mengurangi atau mengeksploitasi risiko. Contohnya meliputi:

- Memeriksa ramalan cuaca sebelum membuat keputusan apakah akan menggunakan sepeda atau mobil untuk perjalanan singkat.
- Melakukan tes darah (atau tes lain) oleh dokter sebelum membuat diagnosis akhir tentang rejimen pengobatan, daripada meresepkan obat atau merekomendasikan operasi hanya berdasarkan beberapa indikator awal.
- Perusahaan minyak melakukan uji geologi lebih lanjut, daripada langsung mengebor minyak. Jika hasil pengujian menunjukkan kemungkinan adanya minyak, program pengeboran penuh dapat dilakukan, jika tidak, proyek dapat dibatalkan (sehingga pengeboran tidak dilakukan secara tidak perlu, dan biaya yang mungkin dikeluarkan untuk melakukannya dapat dihemat). Hal ini juga dapat dilihat sebagai tindakan pengurangan risiko atau eksploitasi risiko.
- Saat menghadapi keputusan tentang siapa yang akan dipromosikan antara seseorang yang lebih pendiam versus seseorang yang tampak lebih terbuka, seseorang dapat mencari informasi lebih lanjut tentang potensi kepemimpinan sejati masing-masing, seperti contoh peran kepemimpinan aktual yang dilakukan dan hasilnya, integritas, etos kerja masing-masing, dan sebagainya, daripada membuat keputusan berdasarkan firasat atau informasi yang lebih terbatas.

Diversifikasi

Diversifikasi berupaya menggunakan sifat statistik dari proses acak untuk membuat profil risiko yang lebih dapat diterima. Diversifikasi berbeda dengan ukuran respons risiko umum lainnya karena tidak berupaya untuk campur tangan dalam sifat operasional atau definisi proyek. Contohnya meliputi:

- Perusahaan minyak dapat memilih untuk memiliki 50% dari masing-masing dari dua ladang minyak (yang independen tetapi pada dasarnya serupa), daripada memiliki 100% dari satu ladang. Dengan cara ini, akan ada lebih sedikit variasi dalam tingkat produksi minyak: alih-alih (secara sederhana) hanya hasil rendah atau tinggi yang mungkin terjadi (seperti halnya dengan satu ladang), portofolio dua ladang juga

memungkinkan kasus "tengah", di mana produksi di satu ladang berjumlah tinggi sementara yang lain rendah. Efek kombinatorial tersebut dieksplorasi secara lebih umum di Bab 6, serta melalui banyak contoh di bagian teks lainnya.

- Secara umum, jika dua proyek saling terkait sempurna, diversifikasi tidak akan memberikan manfaat (misalnya keduanya akan berhasil atau keduanya akan gagal). Di sisi lain, hubungan yang sepenuhnya negatif antara proyek (misalnya satu gagal saat yang lain berhasil dan sebaliknya), akan menciptakan kemungkinan untuk menghilangkan risiko (portofolio dua proyek akan memiliki satu jaminan keberhasilan dan satu jaminan kegagalan, sehingga hasilnya akan diketahui dengan pasti). Dalam banyak kasus bisnis praktis, yang terbaik yang umumnya dapat diharapkan untuk dicapai adalah independensi antara proyek. Dalam praktiknya, bisnis yang tetap berada dalam kompetensi inti mereka cenderung memiliki beberapa hubungan antara hasil proyek, karena faktor-faktor mendasar yang umum di seluruh proyek (misalnya harga komoditas, sumber daya staf atau solusi teknis yang digunakan).

2.7 MANAJEMEN DAN PEMANTAUAN PROYEK

Peran penilaian risiko dalam manajemen dan pelaksanaan proyek telah dibahas dalam Bab 1, jadi ini tidak dibahas lebih lanjut di sini secara terperinci. Singkatnya, penggunaannya merupakan tujuan independen (yaitu untuk meningkatkan manajemen proyek melalui identifikasi risiko sejak dini) dan tahap proses: dapat digunakan sebagai aktivitas berkelanjutan saat proyek bergerak melalui tahap konsepsi, desain, evaluasi, dan implementasi.

BAB 3

PENDEKATAN UNTUK PENILAIAN DAN KUANTIFIKASI RISIKO

Bab ini membahas berbagai pendekatan yang dapat diambil untuk aktivitas penilaian risiko, mulai dari yang informal dan tidak terstruktur, hingga yang terstruktur tetapi murni kualitatif, hingga yang sangat kuantitatif. Kami membahas konten, manfaat, tantangan, dan persyaratan masing-masing, dan khususnya kami menekankan beberapa isu utama yang perlu diperhatikan ketika fokus aktivitas berubah dari kualitatif menjadi kuantitatif, seperti yang sering terjadi pada tahap akhir analisis. Pembahasan berbagai pendekatan disajikan menurut kategori berikut:

- Pendekatan informal atau intuitif.
- Daftar risiko, yang mencakup risiko individual tetapi tanpa agregasi
- Pendekatan kualitatif untuk setiap risiko.
- Pendekatan kuantitatif untuk setiap risiko.
- Daftar risiko, yang berfokus untuk variabel kunci tertentu (seperti biaya) – pada dampak agregat semua risiko pada variabel tersebut. Pendekatan ini pada dasarnya kuantitatif, dan meliputi:
 - a. Agregasi dampak nilai risiko statis (atau rata-rata).
 - b. Agregasi dampak kejadian yang didorong risiko (menggunakan nilai statis atau tidak pasti dari dampak pada kejadian).
 - c. Pemodelan risiko penuh (terintegrasi): ini menangkap setiap risiko, dampaknya, dan ketergantungannya pada semua variabel dari model kuantitatif penuh (misalnya pendapatan, biaya, profil waktu arus kas, dll.); pendekatan tersebut merupakan padanan, atau perluasan, dari pendekatan pemodelan tradisional (statis, non-risiko).

Tentu saja, ada beberapa kemungkinan variasi dari pendekatan ini, seperti perluasan pendekatan daftar risiko untuk menangkap dampak setiap risiko pada beberapa variabel model. Namun, penanganan eksplisit dari variasi tersebut tidak akan memberikan wawasan tambahan ke inti pembahasan pada titik ini. Jelas, pilihan pendekatan yang tepat akan bergantung pada keadaan: pendekatan informal atau kualitatif mungkin cukup ketika dihadapkan dengan keputusan yang cukup sederhana, sedangkan proses yang lebih formal dan pendekatan kuantitatif cenderung sesuai untuk banyak keputusan yang besar atau kompleks.

Pada prinsipnya, pendekatan kuantitatif seharusnya dapat memberikan lebih banyak manfaat, tetapi pendekatan tersebut juga lebih rumit untuk diterapkan dengan benar. Oleh karena itu, dalam situasi apa pun, mungkin masuk akal untuk memulai dengan pendekatan sederhana (misalnya, murni kualitatif) dan kemudian menambahkan lebih banyak kecanggihan jika kemudian dianggap perlu. Di sisi lain, dalam beberapa hal, pendekatan tersebut tidak membentuk suatu kontinum, sehingga jika seseorang ingin berpindah dari satu pendekatan ke

pendekatan berikutnya, pekerjaan tambahan mungkin diperlukan di area yang mungkin dianggap telah selesai.

Misalnya, dalam penilaian risiko kualitatif, tumpang tindih antara item risiko (atau bahkan pengulangan suatu item) mungkin relatif tidak penting. Namun, penghitungan ganda seperti itu akan jauh lebih serius dalam pendekatan agregasi kuantitatif. Dengan demikian, serangkaian risiko yang mungkin telah (secara memadai) diidentifikasi untuk tujuan manajemen risiko umum (pada dasarnya kualitatif) mungkin tidak tepat (tanpa pengerjaan ulang definisi risiko yang signifikan) jika digunakan sebagai dasar untuk kuantifikasi risiko. Poin-poin ini dibahas secara lebih rinci di tempat-tempat tertentu dalam bab ini.

3.1 PENDEKATAN INFORMAL ATAU INTUITIF

Pendekatan penilaian risiko yang paling mendasar adalah pendekatan yang tidak memiliki proses yang eksplisit atau formal, seperti yang sering diterapkan secara alami dan intuitif pada beberapa situasi sehari-hari (seperti yang dijelaskan dalam Bab 1). Sering kali ada pengakuan implisit terhadap beberapa risiko, dan adaptasi rencana atau target sampai batas tertentu.

Dalam beberapa situasi bisnis, penilaian informal semacam itu tentu saja juga dapat dilakukan: ini dapat diterapkan jika keputusan tersebut memiliki konsekuensi yang cukup kecil, jika semua tindakan mitigasi yang relevan diketahui dari banyak pengalaman sebelumnya, dan jika tindakan tersebut berada dalam kewenangan analis atau perencana proyek, maka seseorang dihadapkan pada situasi sehari-hari yang mungkin memerlukan sedikit analisis; sebaliknya, tindakan yang tepat dapat langsung diterapkan tanpa basa-basi lagi. Secara umum, tentu saja, sebagian besar situasi bisnis tunduk pada kompleksitas dan masalah lainnya, yang mengakibatkan perlunya pendekatan yang lebih formal dan ketat.

3.2 REGISTER RISIKO TANPA AGREGASI

Bagian ini membahas penggunaan "register risiko", yang pada dasarnya merupakan daftar (atau basis data terstruktur) risiko yang telah diidentifikasi. Di bagian ini, kami membahas pendekatan kualitatif dan kuantitatif terhadap register tersebut, dalam konteks khusus di mana setiap risiko diperlakukan sebagai item terpisah dan di mana tidak ada upaya untuk menilai dampak agregat dari serangkaian risiko.

Pendekatan Kualitatif

"Register risiko" kualitatif dicirikan oleh:

- Fokus pada identifikasi, mitigasi, dan pengelolaan risiko individual. Umumnya akan mencakup deskripsi setiap risiko dan dampaknya, dan biasanya akan menjadi sumber daya yang terus dikembangkan, bertindak sebagai "gudang penyimpanan" risiko yang teridentifikasi, langkah-langkah mitigasi, tanggung jawab, jadwal, dan sebagainya.
- Kuantifikasi terbatas, jika ada; dampak risiko, prioritas risiko, atau dampak tindakan mitigasi tidak dikuantifikasi dalam pendekatan ini.

Catatan semacam itu dapat disimpan dalam buku kerja Excel, dan disusun sebagai basis data, tetapi tentu saja aplikasi atau metode lain dapat digunakan untuk melacak item tersebut.

Gambar 3.1 menunjukkan contoh umum catatan (yang disimpan dalam Excel) dalam konteks proyek (fiktif dan tidak ditentukan).

	A	B	C	D	E
1					
2		Butir Resiko	Tindakan	Tanggal Pengiriman	Tanggung Jawab
3		Keterlambatan proyek			
4		Volume lebih rendah dari yang diharapkan			
5		Fluktuasi harga			
6		Pesaing memasuki pasar			
7		Risiko nilai tukar			
8		Manajer proyek jatuh sakit			
9		Biaya asuransi tidak ditentukan			
10		Pergantian staf			
11		Variasi biaya			
12		Masalah manajemen situs			
13		Perubahan hukum			
14		Rendahnya ketersediaan bahan bangunan			
15		Kontraktor bekerja tidak efisien			
16		Curah Hujan Tinggi			
17		Pasokan Pekerjaan Baja ke lokasi			
18		Kualitas baja fabrikasi			
19		Perubahan Daftar Peralatan Mekanik			
20		Dasar estimasi peralatan mekanis			
21		Jadwal Desain Perpipaan			
22		Ketersediaan kabel listrik yang rendah			
23		Inflasi Permintaan			
24		Keterlambatan pengiriman saluran listrik			
25		Biaya saluran listrik lebih tinggi dari perkiraan			
26		Pengiriman kamp kontraktor			
27		Tunjangan eskalasi tidak akurat			
28		Perubahan nilai tukar valas atau biaya lindung nilai			
29		Meningkatnya persyaratan pada konsultan luar			
30		Perubahan biaya perumahan staf			

Gambar 3.1 Contoh Daftar Risiko Kualitatif Generik

Ada beberapa manfaat menggunakan pendekatan semacam itu. Sampai batas tertentu, catatan tersebut merupakan langkah yang dalam hal apa pun diperlukan dalam proses penilaian risiko apa pun, bahkan yang pada akhirnya bertujuan untuk membangun model risiko kuantitatif penuh. Catatan tersebut dapat diterapkan dengan sangat cepat dan dengan sedikit investasi (dalam waktu), tetapi tetap dapat menghasilkan wawasan lebih lanjut dan meningkatkan desain dasar yang direncanakan dari suatu proyek.

Catatan tersebut sangat penting dalam fase awal proyek potensial. Catatan tersebut kemungkinan akan membantu mengidentifikasi banyak risiko utama dan tindakan mitigasi atau respons, terutama untuk isu-isu utama yang dapat dianggap "jelas" penting tanpa refleksi yang signifikan atau formal. Situasi bisnis yang mendasari atau aspek struktural dari desain proyek mungkin belum jelas pada tahap ini, sehingga analisis, kuantifikasi, atau pemodelan yang lebih terperinci belum memungkinkan atau praktis.

Tentu saja, pada titik tertentu, proyek-proyek besar umumnya tidak boleh diotorisasi kecuali tingkat pemahaman dasar yang memadai telah dicapai, sehingga pendekatan pemodelan kuantitatif yang lebih terintegrasi yang dibahas kemudian akan sering kali lebih tepat sebelum keputusan akhir dibuat tentang suatu proyek. Pendekatan ini tidak memerlukan definisi risiko yang terperinci atau tepat, atau proses pemetaan risiko yang harus dilakukan, dan dengan demikian cepat dilakukan. Beberapa perkiraan tentang kepentingan komparatif setiap risiko dapat (coba) dinilai menggunakan proksi kualitatif, seperti kategori tinggi/sedang/rendah, meskipun ini jauh dari sempurna.

Pendekatan ini sering kali cukup efektif dalam memfasilitasi kerja kelompok (seperti tim lintas fungsi) dan dalam mendukung komunikasi dengan manajemen dan pemangku kepentingan lainnya. Cukup tangguh, dalam artian bahwa tindakan akhir yang diambil mungkin tidak terlalu peka terhadap ketidaktepatan dalam proses, seperti deskripsi atau definisi risiko yang buruk, atau dampak yang tumpang tindih. Potensi pencantuman risiko (atau dampaknya) dua kali biasanya tidak terlalu berdampak: dalam praktiknya, tindakan mitigasi yang sama biasanya tidak mungkin dilaksanakan dua kali (misalnya pembelian polis asuransi, penundaan tanggal mulai proyek tertentu), karena tumpang tindih pada tahap mitigasi risiko hampir pasti akan sangat jelas (dan karenanya tidak dilakukan) karena sifat tindakan yang sangat konkret.

Hal ini berbeda dengan sifat risiko yang lebih konseptual, yang lebih mungkin mengakibatkan risiko tertentu dicantumkan dua kali, misalnya jika risiko serupa dijelaskan dengan dua rumusan bahasa yang berbeda. Ketergantungan dan interaksi antara risiko (atau dampaknya) umumnya tidak perlu didefinisikan secara rinci, selama risiko diidentifikasi dan dikelola secara efektif. Risiko tidak perlu diungkapkan dalam istilah umum. Dengan demikian, tindakan mitigasi dapat dikembangkan bahkan jika satu risiko memiliki dampak moneter langsung, sedangkan risiko lainnya berdampak pada waktu penyelesaian proyek atau kualitas. Kerugian dari pendekatan ini, tentu saja, adalah bahwa manfaat dari pendekatan agregasi kuantitatif dan pemodelan penuh tidak tersedia: manfaat ini dibahas dalam pembahasan selanjutnya dari setiap pendekatan, jadi tidak disajikan di sini.

Pendekatan Kuantitatif

Perpanjangan alami dari daftar risiko kualitatif adalah ketika risiko individual dikuantifikasi. Perhatikan bahwa kami tidak mempertimbangkan kasus ketika dampak risiko dijumlahkan (diagregasi) atau berinteraksi satu sama lain dengan cara apa pun; kasus seperti itu menjadi pokok bahasan pembahasan selanjutnya. Dalam bentuk yang paling sederhana, setiap risiko dicirikan oleh probabilitas terjadinya dan dampak terhadap terjadinya (atau konsekuensi atau tingkat keparahan). Secara lebih umum (karena istilah "probabilitas" cenderung menunjukkan potensi kejadian satu kali), seseorang mungkin ingin membiarkan risiko terjadi beberapa kali dalam jangka waktu yang dipertimbangkan, sehingga frekuensi kejadian (per satuan waktu) digunakan sebagai pengganti probabilitas. Keuntungan utama dari pendekatan ini (dibandingkan dengan daftar risiko kualitatif) adalah:

- Pada prinsipnya, pendekatan kuantitatif tetap membahas semua masalah yang akan dicakup oleh pendekatan kualitatif (misalnya identifikasi risiko dan langkah-langkah

respons); oleh karena itu semua manfaat dari pendekatan kualitatif harus dihasilkan dalam kasus apa pun.

- Definisi risiko akan lebih tepat dan ketat. Misalnya, saat mengukur kejadian, seseorang mungkin diarahkan pada diskusi tentang dampak risiko terhadap waktu, ketergantungan dengan kejadian risiko lainnya, dan sebagainya. Demikian pula, untuk mengukur dampak, seseorang pada dasarnya wajib mempertimbangkan sifat dampak tersebut (misalnya apakah pada pendapatan, biaya, kualitas atau waktu, atau pada beberapa item). Refleksi ini akan menambah ketelitian, menghasilkan pemahaman yang lebih baik tentang risiko dan menghasilkan pertimbangan berbagai tindakan respons yang mungkin.
- Pendekatan ini mulai memberikan dasar untuk mengevaluasi dan memprioritaskan efektivitas tindakan respons risiko apa pun. Misalnya, seseorang dapat mulai membandingkan biaya penerapan tindakan mitigasi risiko dengan manfaat dalam hal pengurangan risiko (atau eksploitasi). Untuk risiko yang berdampak langsung pada ekonomi, manfaat dan biaya mitigasi risiko lebih mudah dievaluasi (misalnya, probabilitas terjadinya dikalikan dengan dampak terhadap kejadian akan memberikan ukuran dampak rata-rata). Untuk risiko dengan dampak tidak langsung saja (seperti penundaan waktu proyek), meskipun dampak ekonomi yang sebenarnya bisa signifikan, jika tidak ada model lengkap untuk menilai dampaknya, efektivitas biaya suatu ukuran sering kali perlu ditetapkan secara lebih heuristik atau dengan menggunakan penilaian akal sehat.

Sekali lagi, kerugiannya tidak dibahas secara terperinci di sini, karena ditangani secara implisit saat manfaat pendekatan selanjutnya dibahas. Untuk saat ini, kami hanya mencatat bahwa beberapa potensi kelemahan utama adalah:

- Mereka secara implisit berasumsi bahwa risikonya bersifat operasional (yaitu pada dasarnya risiko kejadian dengan dampak tertentu terhadap kejadian, seperti biaya tambahan yang timbul); dengan demikian, mereka tidak cocok secara umum, di mana sifat risiko dan ketidakpastiannya lebih kaya.
- Sering kali sangat sulit untuk memperkirakan dampak kuantitatif dari beberapa item secara andal. Misalnya, dampak dari penundaan proyek mungkin memerlukan penilaian yang sangat tepat (atau model risiko lengkap) agar dapat dinyatakan dalam istilah kuantitatif (terutama jika dampak moneter diperlukan, bukan hanya dampak waktu). Item lain (misalnya dampak kualitas atau lingkungan) mungkin perlu dikeluarkan dari penilaian kuantitatif, dan meskipun pada prinsipnya item tersebut masih dapat dimasukkan dalam penyajian keseluruhan penilaian risiko, ada risiko item tersebut akan diabaikan karena fokus dialihkan ke analisis kuantitatif.
- Manfaat agregasi dan pemodelan tidak tercapai, termasuk memahami dampak risiko di tingkat proyek, seperti implikasi untuk berbagai metrik proyek utama.

Gambar 3.2 menunjukkan contoh (fiktif) dari tampilan tersebut (perhatikan bahwa, karena saat ini kita membahas pendekatan non-agregat, tidak ada total yang ditampilkan di baris 31).

1	A	B	C	D	E	F	G	H
2		Butir Resiko	Kemungkinan	Dampak (Rp. X.000)	Kemungkinan x Dampak (Rp. X.000)	Tindakan	Tanggal Pengiriman	Tanggung Jawab
3		Keterlambatan proyek	40%	1,000,000	400,000			
4		Volume lebih rendah dari yang diharapkan	20%	670,000	134,000			
5		Fluktuasi harga	40%	250,000	100,000			
6		Pesaing memasuki pasar	20%	880,000	176,000			
7		Risiko nilai tukar	20%	100,000	20,000			
8		Manajer proyek jatuh sakit	30%	150,000	45,000			
9		Biaya asuransi tidak ditentukan	70%	530,000	371,000			
10		Pergantian staf	30%	310,000	93,000			
11		Variasi biaya	40%	500,000	200,000			
12		Masalah manajemen situs	30%	3,500,000	1,050,000			
13		Perubahan hukum	10%	780,000	78,000			
14		Rendahnya ketersediaan bahan bangunan	30%	1,200,000	360,000			
15		Kontraktor bekerja tidak efisien	20%	350,000	70,000			
16		Curah Hujan Tinggi	10%	500,000	50,000			
17		Pasokan Pekerjaan Baja ke lokasi	20%	610,000	122,000			
18		Kualitas baja fabrikasi	20%	950,000	190,000			
19		Perubahan Daftar Peralatan Mekanik	40%	370,000	148,000			
20		Dasar estimasi peralatan mekanis	10%	200,000	20,000			
21		Jadwal Desain Perpipaan	10%	240,000	24,000			
22		Ketersediaan kabel listrik yang rendah	20%	360,000	72,000			
23		Inflasi Permintaan	20%	200,000	40,000			
24		Keterlambatan pengiriman saluran listrik	40%	500,000	200,000			
25		Biaya saluran listrik lebih tinggi dari perkiraan	30%	200,000	60,000			
26		Pengiriman kamp kontraktor	30%	810,000	243,000			
27		Tunjangan eskalasi tidak akurat	10%	930,000	93,000			
28		Perubahan nilai tukar valas atau biaya lindung nilai	30%	780,000	234,000			
29		Meningkatnya persyaratan pada konsultan luar	20%	370,000	74,000			
30		Perubahan biaya perumahan staf	20%	230,000	46,000			

Gambar 3.2 Contoh Daftar Risiko Kuantitatif Generik Tanpa Agregasi

3.3 DAFTAR RISIKO DENGAN AGREGASI (KUANTITATIF)

Pendekatan agregasi risiko bertujuan untuk menilai profil risiko total yang dihasilkan dari serangkaian risiko, dan tidak hanya berfokus pada risiko individual. Tentu saja, risiko individuallah yang mendorong profil agregat, sehingga hal ini tidak boleh diabaikan atau diremehkan; sebaliknya, seseorang melakukan penilaian baik pada tingkat individu maupun pada tingkat agregat atau "proyek".

Manfaat Agregasi

Meskipun pertimbangan hanya pada masing-masing item risiko dapat memainkan peran penting dalam manajemen risiko, terdapat banyak situasi di mana ukuran risiko agregat sangat diperlukan (atau seharusnya):

- Untuk menghindari kasus di mana risiko individual dikelola secara efektif, tetapi dalam situasi keseluruhan yang buruk (atau proyek) yang pada dasarnya ditakdirkan untuk gagal ("menata ulang kursi geladak di Titanic"):
- Proses yang hanya berfokus pada pengelolaan item risiko individual (bahkan jika diukur) mungkin tidak memadai, atau sangat membatasi, ketika digunakan sebagai proses untuk mengevaluasi dan memilih proyek.
- Dengan kata lain, model bisnis yang melibatkan penerapan manajemen risiko kelas dunia pada proyek yang pada dasarnya buruk (atau dirancang dan dipilih dengan buruk) kemungkinan besar tidak akan berhasil.
- Untuk memprioritaskan risiko untuk tindakan mitigasi. Mengingat keterbatasan sumber daya, dampak agregat keseluruhan dari tindakan mitigasi akan menjadi yang paling relevan saat mempertimbangkan masalah prioritas risiko.
- Pada tahap awal proyek, pemilihan tindakan mitigasi mungkin jelas, tetapi seiring detail

struktur proyek berkembang dan menjadi lebih optimal karena penyertaan tindakan ini, seseorang perlu mulai membuat pertimbangan yang lebih kompleks dalam hal manfaat dan biaya tindakan mitigasi risiko potensial.

- Proses agregasi terukur yang tepat umumnya diperlukan jika seseorang ingin mengoptimalkan portofolio tindakan mitigasi risiko dengan cara yang ketat dan kuat.
- Proses organisasi dan individu, dapat dikatakan, biasanya cukup efektif dalam mengelola risiko individu, tetapi kurang efektif dalam menghasilkan wawasan tentang profil risiko agregat; proses dan alat formal dapat membantu mengatasi hal ini.

Untuk mengukur kemungkinan dampak risiko pada metrik tingkat proyek:

- Untuk menilai nilai keseluruhan proyek, termasuk apakah akan melanjutkannya atau tidak.
- Untuk menilai persyaratan kontinjensi (anggaran, waktu, atau sumber daya tambahan). Misalnya, satu pendekatan yang terkadang digunakan adalah menghitung persyaratan kontinjensi untuk anggaran biaya sebagai jumlah dampak biaya rata-rata dari setiap risiko (kita akan membahas pendekatan lain nanti).
- Untuk menetapkan tujuan dan target di tingkat proyek, seperti pendapatan, biaya, belanja modal, atau waktu pengiriman.

Untuk mendukung interaksi dengan pihak eksternal yang terlibat di tingkat proyek (atau subproyek):

- Untuk menilai kebutuhan pendanaan proyek (atau organisasi), dan untuk mendukung pengumpulan utang atau pendanaan ekuitas, misalnya.
- Untuk membantu dalam diskusi dan negosiasi tentang kemitraan atau pengaturan kontraktual.

Perhatikan bahwa pendekatan register risiko kuantitatif biasanya menyediakan "overlay", yaitu hasil akhirnya ditambahkan ke model statis kasus dasar, dan dengan demikian pendekatan tersebut pada dasarnya merupakan proksi (atau pengganti) untuk model risiko penuh. Namun, model overlay biasanya hanya akan berfokus pada dampak risiko pada variabel kunci tertentu (paling sering hanya satu, seperti biaya atau pendapatan); untuk menghitung dampak pada banyak variabel model umumnya memerlukan model risiko penuh. Saat menggunakan register risiko untuk agregasi, ada dua pendekatan inti, yang dibahas di bagian selanjutnya dari bagian ini:

- Agregasi nilai statis (biasanya hasil perkalian probabilitas dan dampak).
- Agregasi dampak-pada-kejadian, di mana kejadian dimodelkan sebagai peristiwa risiko, dan dampaknya dapat berupa nilai statis atau tidak pasti.

Agregasi Nilai Statis

Gambar 3.3 menunjukkan agregasi nilai risiko statis untuk contoh fiktif kita. Dampak-kejadian dikalikan dengan probabilitas-kejadian untuk menghasilkan dampak "rata-rata" (sel E31).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Butir Risiko	Kemungkinan	Dampak (Rp. X.000)	Kemungkinan x Dampak (Rp. X.000)	Tindakan	Tanggal Pengiriman	Tanggung Jawab
3		Keterlambatan proyek	40%	1,000,000	400,000			
4		Volume lebih rendah dari yang diharapkan	20%	670,000	134,000			
5		Fluktuasi harga	40%	250,000	100,000			
6		Pesaing memasuki pasar	20%	880,000	176,000			
7		Risiko nilai tukar	20%	100,000	20,000			
8		Manajer proyek jatuh sakit	30%	150,000	45,000			
9		Biaya asuransi tidak ditentukan	70%	530,000	371,000			
10		Pergantian staf	30%	310,000	93,000			
11		Variasi biaya	40%	500,000	200,000			
12		Masalah manajemen situs	30%	3,500,000	1,050,000			
13		Perubahan hukum	10%	780,000	78,000			
14		Rendahnya ketersediaan bahan bangunan	30%	1,200,000	360,000			
15		Kontraktor bekerja tidak efisien	20%	350,000	70,000			
16		Curah Hujan Tinggi	10%	500,000	50,000			
17		Pasokan Pekerjaan Baja ke lokasi	20%	610,000	122,000			
18		Kualitas baja fabrikasi	20%	950,000	190,000			
19		Perubahan Daftar Peralatan Mekanik	40%	370,000	148,000			
20		Dasar estimasi peralatan mekanis	10%	200,000	20,000			
21		Jadwal Desain Perpipa	10%	240,000	24,000			
22		Ketersediaan kabel listrik yang rendah	20%	360,000	72,000			
23		Inflasi Permintaan	20%	200,000	40,000			
24		Keterlambatan pengiriman saluran listrik	40%	500,000	200,000			
25		Biaya saluran listrik lebih tinggi dari perkiraan	30%	200,000	60,000			
26		Pengiriman kamp kontraktor	30%	810,000	243,000			
27		Tunjangan eskalasi tidak akurat	10%	930,000	93,000			
28		Perubahan nilai tukar valas atau biaya lindung nilai	30%	780,000	234,000			
29		Meningkatnya persyaratan pada konsultan luar	20%	370,000	74,000			
30		Perubahan biaya perumahan staf	20%	230,000	46,000			
31		TOTAL			4,713,000			

Gambar 3.3 Contoh Daftar Risiko Kuantitatif Generik dengan Agregasi Nilai Statis

Perhatikan juga (seperti yang dibahas dalam Bab 7) bahwa risiko sering kali dapat ditetapkan ke dalam kategori (misalnya, geografi, departemen, atau terkait dengan pemicu risiko tertentu), sehingga risiko dapat diagregasi dan disajikan berdasarkan kategori, serta secara total.

Agregasi Kejadian yang Didorong Risiko dan Dampaknya

Dalam pendekatan ini, sifat dasar setiap risiko ditangkap, yaitu apakah risiko terjadi atau tidak. Secara umum, teknik simulasi biasanya diperlukan untuk menangkap berbagai kombinasi yang mungkin terwujud, dan dalam kasus seperti itu, sambil menangkap kejadian risiko acak, seseorang mungkin juga ingin mencerminkan bahwa dampak setiap item dapat berupa angka yang tidak pasti yang diambil dari rentang (atau distribusi) nilai yang mungkin. Implementasi model simulasi tersebut, tentu saja, merupakan topik utama teks ini, jadi detailnya dibahas nanti.

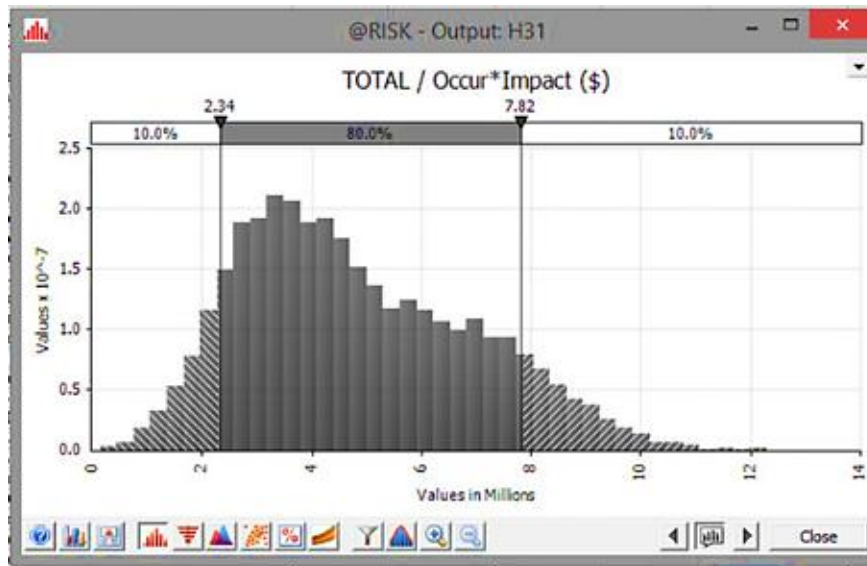
Di sini, kami hanya mengilustrasikan model semacam itu, di mana baik kejadian peristiwa risiko maupun dampak masing-masing tidak pasti (kami berasumsi bahwa rentang ketidakpastian dampak adalah dari -10% hingga +20% di sekitar nilai dasar awal). Gambar 3.4 menunjukkan satu sampel model dan Gambar 3.5 menunjukkan distribusi hasil setelah menghasilkan 10.000 sampel tersebut menggunakan @RISK. Manfaat tambahan menggunakan kejadian yang didorong risiko dibandingkan dengan agregasi statis meliputi Model yang lebih akurat mencerminkan sifat dasar situasi, karena model ini menangkap banyak skenario, yang semuanya dapat terjadi (nilai rata-rata yang dihitung dalam metode statis bahkan mungkin bukan hasil yang mungkin, seperti koin yang tidak mungkin mendarat miring saat dilempar).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Butir Resiko	Kemungkinan	Kejadian	Dampak Min (Rp. X.000)	Dampak ML (Rp. X.000)	Dampak Max (Rp. X.000)	Kejadian * Dampak (Rp. X.000)
3		Keterlambatan proyek	40%	1	900,000	1,000,000	1,200,000	1,025,889
4		Volume lebih rendah dari yang diharapkan	20%	1	603,000	670,000	804,000	712,756
5		Fluktuasi harga	40%	0	225,000	250,000	300,000	
6		Pesaing memasuki pasar	20%	0	792,000	880,000	1,056,000	
7		Risiko nilai tukar	20%	0	90,000	100,000	120,000	
8		Manajer proyek jatuh sakit	30%	0	135,000	150,000	180,000	162,452
9		Biaya asuransi tidak ditentukan	70%	1	477,000	530,000	636,000	601,135
10		Pergantian staf	30%	1	279,000	310,000	372,000	
11		Variasi biaya	40%	0	450,000	500,000	600,000	
12		Masalah manajemen situs	30%	0	3,150,000	3,500,000	4,200,000	3,636,939
13		Perubahan hukum	10%	0	702,000	780,000	936,000	
14		Rendahnya ketersediaan bahan bangunan	30%	1	1,080,000	1,200,000	1,440,000	
15		Kontraktor bekerja tidak efisien	20%	0	315,000	350,000	420,000	
16		Curah Hujan Tinggi	10%	0	450,000	500,000	600,000	
17		Pasokan Pekerjaan Baja ke Lokasi	20%	0	549,000	610,000	732,000	
18		Kualitas baja fabrikasi	20%	0	855,000	950,000	1,140,000	
19		Perubahan Daftar Peralatan Mekanik	40%	0	333,000	370,000	444,000	
20		Dasar estimasi peralatan mekanis	10%	0	180,000	200,000	240,000	
21		Jadwal Desain Perpipaan	10%	0	216,000	240,000	288,000	
22		Ketersediaan kabel listrik yang rendah	20%	0	324,000	360,000	432,000	
23		Inflasi Permintaan	20%	0	180,000	200,000	240,000	
24		Keterlambatan pengiriman saluran listrik	40%	0	450,000	500,000	600,000	
25		Biaya saluran listrik lebih tinggi dari perkiraan	30%	1	180,000	200,000	240,000	19,870
26		Pengiriman kamp kontraktor	30%	0	729,000	810,000	972,000	
27		Tunjangan eskalasi tidak akurat	10%	0	837,000	930,000	1,116,000	
28		Perubahan nilai tukar valas atau biaya lindung nilai	30%	0	702,000	780,000	936,000	
29		Meningkatnya persyaratan pada konsultan luar	20%	0	333,000	370,000	444,000	
30		Perubahan biaya perumahan staf	20%	0	207,000	230,000	276,000	
31		TOTAL						6,337,872

Gambar 3.4 Contoh Daftar Risiko Kuantitatif Generik Dengan Agregasi Nilai-Nilai Yang Tidak Pasti

Kita menilai rentang kemungkinan hasil, bukan hanya nilai rata-rata. Rentang ini penting karena berbagai alasan:

- Untuk menetapkan seberapa besar kemungkinan kasus tertentu (seperti kasus dasar) akan tercapai.
- Untuk menetapkan tingkat kontinjensi dan cadangan; misalnya, tingkat yang cukup untuk mencakup 90% dari kemungkinan hasil.
- Untuk memungkinkan toleransi risiko dimasukkan ke dalam proses pengambilan keputusan (sebagian besar tim manajemen tidak ingin melakukan proyek yang hanya memiliki peluang keberhasilan 50/50, misalnya).
- Sering kali tidak cukup untuk menggunakan nilai rata-rata untuk menilai dampak (atau kepentingan atau prioritas) risiko: misalnya, jika harga dapat berfluktuasi dalam arah naik dan turun (dengan rata-rata nol), maka fluktuasi tersebut masih dapat menyebabkan perusahaan mengalami penurunan laba yang parah atau masalah arus kas (bahkan jika tidak ada masalah seperti itu yang akan muncul jika harga ditetapkan pada tingkat rata-rata).



Gambar 3.5 Distribusi Hasil Untuk Daftar Risiko Kuantitatif Dengan Agregasi Nilai Yang Tidak Pasti

Dapat menilai rata-rata dengan benar, karena angka yang digunakan untuk dampak risiko dalam pendekatan statis mungkin tidak benar-benar merupakan rata-rata sebenarnya dari rentangnya:

- Rentang dampak (yaitu distribusi dampak) mungkin tidak simetris; sedangkan penilaian (estimasi terbaik) dari nilai dasar mungkin berada pada nilai yang paling mungkin, ini umumnya tidak akan sama dengan rata-rata. Misalnya, jika dampak mengikuti distribusi segitiga yang nilai minimum, paling mungkin, dan maksimumnya adalah Rp. 80.000, Rp. 100.000, dan Rp. 150.000, dampak rata-ratanya adalah Rp. 110.000 (istilah statistik yang tepat dibahas dalam Bab 8, dan sifat distribusi tertentu merupakan pokok bahasan Bab 9).
- Parameter probabilitas dan dampak sering disalahartikan, sering kali dengan probabilitas (disediakan sebagai estimasi oleh seorang ahli atau orang yang berpengalaman) yang sesuai dengan persentil dari distribusi dampak. Misalnya, penilaian kualitatif awal dapat menyatakan bahwa "ada risiko bahwa harga akan berbeda dengan yang direncanakan". Setiap risiko dapat ditempatkan pada kerangka dampak-probabilitas kualitatif (misalnya menggunakan kategori rendah-sedang-tinggi untuk setiap sumbu), yang kemudian diikuti dengan beberapa estimasi kuantitatif probabilitas dan dampak.

Pada titik ini, pernyataan seperti "ada kemungkinan 40% dampak biaya tambahan sebesar Rp. 10 Miliar karena penyimpangan harga input" (dengan dampak rata-rata Rp. 4 Miliar) dapat muncul. Namun, realitas situasi tersebut mungkin adalah bahwa harga akan selalu menyimpang baik dalam arti menguntungkan maupun tidak menguntungkan dari asumsi dasar (sehingga kemungkinan penyimpangan adalah 100%); Rp. 10 Miliar mungkin benar-benar merupakan angka dampak yang akan terlampaui dalam 40% kasus.

Dalam kasus seperti itu, rata-rata sebenarnya kemungkinan akan sangat berbeda dengan yang dihasilkan dari pendekatan yang salah (dan bisa lebih atau kurang). Masalah-

masalah ini dibahas secara rinci dalam Bab 9, yang menyediakan contoh-contoh yang lebih spesifik. Angka agregat yang muncul ketika beberapa item ditambahkan, yang masing-masingnya agak berbeda dengan rata-rata masing-masing, mungkin berbeda secara signifikan dengan rata-rata agregat yang sebenarnya. Hal ini dibahas dalam Bab 4.

Persyaratan dan Perbedaan Pendekatan Non-Agregasi

Terlepas dari kesederhanaan dan potensi nilai tambah dari pendekatan agregasi, terdapat perbedaan penting antara pendekatan agregasi dan pendekatan item risiko individual. Secara khusus, kesalahan yang sering terjadi adalah menambahkan dampak risiko yang telah dikuantifikasi secara langsung pada tingkat item baris (seperti yang kami lakukan pada contoh di atas). Hal ini sering kali tidak valid.

Secara khusus, definisi risiko (dan dampak) mungkin perlu dimodifikasi secara signifikan dibandingkan dengan pendekatan item baris kuantitatif (yaitu non-agregat), dan umumnya juga dibuat lebih tepat:

- Dampak risiko perlu dinyatakan dalam istilah umum. Misalnya, beberapa risiko mungkin memiliki dampak moneter, sedangkan yang lain mungkin memiliki dampak waktu atau kualitas; hal ini harus dinyatakan ulang dengan cara umum, seperti menerjemahkan dampak penundaan waktu ke dalam istilah moneter, yang sering kali memerlukan model lengkap.
- Risiko perlu diidentifikasi dan didefinisikan dengan cara yang menghindari penghitungan ganda atau tumpang tindih. Setiap penghitungan ganda yang signifikan dapat mengakibatkan keputusan untuk membatalkan proyek (yang baik) yang tampaknya terlalu berisiko. Dalam praktiknya, mudah untuk mengabaikan bahwa beberapa risiko yang teridentifikasi pada dasarnya dapat mewakili item yang sama (atau serupa). Demikian pula, pemeriksaan cermat terhadap serangkaian risiko yang diidentifikasi dalam pendekatan item baris akan sering mengarah pada kesadaran bahwa ada beberapa tumpang tindih (penghitungan ganda parsial) antara risiko yang ditentukan atau dampaknya. Misalnya:
- Risiko "fluktuasi harga" dan "risiko nilai tukar" pada dasarnya dapat menjadi risiko tunggal jika satu item didorong oleh yang lain (misalnya hanya risiko nilai tukar jika fluktuasi harga ditentukan oleh nilai tukar mata uang asing utama).
- Tumpang tindih cenderung paling sering muncul ketika beberapa peserta menggambarkan risiko yang serupa atau terkait dengan cara yang berbeda. Misalnya, "masalah manajemen lokasi" dan "kontraktor bekerja secara tidak efisien" dapat menyebabkan penundaan, tetapi pada kenyataannya mungkin ada beberapa hubungan di antara keduanya; satu dapat menyebabkan atau meningkatkan kemungkinan terjadinya yang lain, atau dampak risiko dapat terjadi secara paralel, sehingga hanya dampak yang lebih besar dari keduanya yang harus dihitung.
- Bahkan jika terjadinya dua risiko peristiwa bersifat independen, dampaknya mungkin tidak independen. Misalnya, jika risiko "masuknya pesaing" dan "volume lebih rendah dari yang diharapkan" (atau "gangguan produksi") terwujud pada saat yang sama, dampak agregat pada volume penjualan biasanya akan lebih kecil daripada jumlah

dampak individual (misalnya, volume penuh tidak dapat hilang dua kali).

- Ketergantungan dan interaksi antara risiko atau dampaknya perlu ditangkap: jika ini tidak dilakukan, maka risiko agregat mungkin terlalu tinggi atau terlalu rendah, tergantung pada situasinya.

Risiko "fluktuasi harga" dan "variasi biaya" keduanya dapat didorong oleh satu faktor (seperti variabilitas harga masukan bahan baku atau nilai tukar). Meskipun keduanya masih diperlukan sebagai item baris, nilai masing-masing akan dihitung dengan mengacu pada nilai pendorong dasar (yang tidak pasti) ini, dengan laba dihitung sebagai selisih di antara keduanya; penyertaan keduanya sebagai dua item yang bervariasi secara independen akan lebih-lebihkan potensi variabilitas dalam laba.

Terjadinya risiko harga dan risiko volume secara bersamaan akan memiliki dampak pendapatan yang lebih kecil dari jumlah kedua dampak tersebut. Dalam pendekatan daftar risiko tradisional, dampak pendapatan dari setiap risiko akan dihitung secara terpisah dan ditambahkan, sehingga dampaknya akan dilebih-lebihkan. Bahkan akan ada potensi pendapatan negatif, terutama jika dampak risiko lain (seperti keterlambatan dimulainya proyek) diperlakukan secara aditif.

Tentu saja, jika dampak pendapatan agregat dihitung secara langsung sebagai hasil perkalian harga dan volume, dan jika model tersebut secara tepat menangkap dampak penundaan permulaan (seperti yang terjadi dalam model risiko penuh), maka masalah ini tidak akan muncul. Dengan kata lain, tindakan sederhana menjumlahkan risiko item baris mungkin sepele, namun kondisi mendasar yang perlu dipenuhi agar hal ini valid tidaklah demikian. Dengan demikian, transisi dari pendekatan yang berfokus pada item baris ke pendekatan agregasi merupakan langkah yang lebih signifikan daripada yang sering disadari, bahkan ketika risiko item baris sudah dikuantifikasi secara individual: khususnya, keluaran identifikasi risiko yang telah diselesaikan untuk penilaian yang berfokus pada item baris mungkin perlu ditinjau ulang ketika tujuannya adalah untuk mengembangkan penilaian agregat.

Dalam praktiknya, peninjauan ulang tahap-tahap proses yang mungkin dianggap lengkap (terutama identifikasi risiko dan definisi terkait) dapat menjadi tantangan organisasi dan proses. Dengan demikian, pengenalan penilaian kuantitatif penuh pada tahap selanjutnya dalam suatu proses yang sebelumnya sebagian besar bersifat kualitatif akan menjadi tantangan; risiko dan definisinya mungkin telah dikomunikasikan secara luas dalam suatu organisasi, namun mungkin telah ditetapkan dengan cara yang tidak memungkinkannya untuk digunakan sebagai dasar untuk pemodelan kuantitatif yang akurat.

Pada saat yang sama, peninjauan ulang proses identifikasi atau pelaksanaan perubahan besar pada definisi risiko tidak akan mungkin dilakukan secara praktis, dan berpotensi merusak kesan ketahanan proses. Jadi, penting untuk menetapkan sedini mungkin dalam proses pendekatan mana yang pada akhirnya akan digunakan: jika diketahui bahwa penilaian risiko akhir harus pada tingkat agregat (atau memang memerlukan model lengkap), maka kehati-hatian ekstra dengan definisi dapat dilakukan lebih awal dalam proses untuk meminimalkan pengerjaan ulang.

3.4 PEMODELAN RISIKO LENGKAP

Model risiko penuh adalah model lengkap yang menggabungkan efek risiko dan ketidakpastian pada semua variabel yang relevan dengan suatu situasi (misalnya harga, volume, pendapatan, biaya, arus kas, pajak, dll.), daripada hanya satu atau dua metrik kinerja (seperti biaya) yang ditangkap dalam pendekatan daftar risiko. Model semacam itu dalam banyak hal hanyalah perluasan alami dari model statis tradisional.

Model risiko penuh merupakan jenis pendekatan "agregasi", tetapi jelas jauh lebih kaya dalam hal kemungkinannya daripada pendekatan yang dibahas dalam bab ini, dan memiliki sejumlah manfaat di atasnya. Desain dan pembuatan model tersebut, tentu saja, merupakan subjek utama teks ini (khususnya, ini merupakan fokus utama Bagian II); oleh karena itu, kami tidak membahas konten spesifik secara terperinci di sini. Sebaliknya, dalam Bab 4, kami membahas karakteristik utama model, dan membahas manfaatnya secara terperinci.

Daftar Risiko Agregat Kuantitatif sebagai Langkah Pertama menuju Model Penuh

Meskipun banyak manfaat dari model risiko penuh (lihat Bab 4), mungkin ada keadaan di mana pendekatan daftar risiko mungkin memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pemodelan risiko penuh. Pada tahap awal suatu proyek, struktur dan desain fundamentalnya mungkin belum diputuskan. Misalnya, keputusan dasar tentang lokasi geografis fasilitas produksi, ukuran dan desainnya, atau produk yang akan diproduksi mungkin masih perlu dianalisis sebelum dapat diselesaikan. Dalam kasus seperti itu, pembangunan model risiko penuh pada tahap awal mungkin tidak efektif, dan penilaian risiko penuh (bahkan kualitatif) mungkin belum memungkinkan.

Sangat sering, model statis dasar mungkin sudah ada pada saat analisis risiko formal dimulai. Pendekatan statis dapat membantu memberikan perkiraan "perkiraan" yang berguna dan perbandingan berbagai pilihan struktural yang tersedia. Dalam kasus lain, templat dari proyek lain mungkin telah digunakan untuk menilai kelayakan proyek secara luas dengan cepat. Dengan demikian, mungkin dianggap terlalu rumit atau tidak efisien untuk memodifikasi model dasar untuk memasukkan perhitungan risiko. Dengan kata lain meskipun ideal dari perspektif pemodelan murni pembangunan model risiko sejak tahap paling awal mungkin tidak efisien dalam hal penggunaan sumber daya dan waktu.

Dalam praktiknya, karena penilaian risiko sering dilakukan pada tahap akhir evaluasi proyek, mengingat waktu dan sumber daya yang tersedia, terkadang pendekatan daftar risiko, meskipun tidak memuaskan dalam banyak hal, mungkin dianggap sebagai satu-satunya pendekatan praktis yang tersedia, karena tidak cukup waktu dan sumber daya untuk membangun model risiko penuh. Sebagai model overlay, model ini dapat dibangun dan dikelola oleh unit organisasi yang terpisah. Misalnya, model dasar dapat "dimiliki" oleh fungsi keuangan atau teknis, sedangkan tim proyek dapat bertanggung jawab untuk melakukan dan "memiliki" penilaian risiko dan menjaga agar daftar risiko dan model terkait tetap mutakhir selama aktivitas perencanaan proyek berlangsung.

Di sisi lain, meskipun mungkin menarik untuk mengejar penggunaan pendekatan register risiko agregat (kuantitatif) di luar tahap awal proyek, mungkin sulit untuk memperkenalkan pendekatan pemodelan risiko penuh yang pada akhirnya sering diperlukan

(misalnya, untuk mengevaluasi berbagai metrik proyek dan pengembangannya dari waktu ke waktu): sangat mungkin bahwa inkonsistensi (kuantitatif) dalam penilaian risiko proyek yang sama akan muncul ketika seseorang memperkenalkan pendekatan kedua (yang lebih rinci dan canggih) di kemudian hari dalam proses tersebut. Oleh karena itu, sekali lagi, penting untuk memiliki kejelasan tujuan dan pendekatan sedini mungkin dalam keseluruhan proses, serta untuk mendapatkan dukungan dari manajemen puncak sepanjang masa proses.

BAB 4

PEMODELAN RISIKO TERINTEGRASI DALAM PENDUKUNG KEPUTUSAN

Dalam bab ini, kami membahas penggunaan dan manfaat model risiko penuh (terintegrasi). Kami mulai dengan membahas karakteristik utamanya, khususnya menyoroti perbedaan dan manfaatnya dibandingkan dengan pendekatan daftar risiko, lalu memberikan pembahasan terperinci tentang manfaatnya jika dibandingkan dengan pendekatan pemodelan statis (nonrisiko) tradisional.

Kami menyebut pendekatan pemodelan Excel tradisional sebagai "statis". Ini tidak dimaksudkan untuk menyiratkan bahwa nilai input model tersebut tidak dapat diubah; melainkan hanya untuk menunjukkan bahwa pendekatan tersebut tidak memasukkan elemen risiko sebagai bagian mendasar dari konsepsinya"; beberapa orang lebih suka istilah "deterministik".

4.1 KARAKTERISTIK UTAMA MODEL LENGKAP

Model risiko penuh adalah model lengkap yang menggabungkan efek risiko dan ketidakpastian pada semua variabel (misalnya harga, volume, pendapatan, biaya, arus kas, pajak, dll.); model-model tersebut hanyalah padanan (atau perluasan) dari model statis tradisional, tetapi di dalamnya risiko dan ketidakpastian digabungkan. Model risiko penuh berbeda dengan pendekatan register risiko agregat dalam beberapa hal:

- Dampak pada semua variabel model dan pada beberapa metrik ditangkap.
- Sifat sebenarnya dari risiko tercermin, dan komponen waktu serta ketergantungan digabungkan.

Poin-poin ini dibahas lebih rinci di bawah ini. Dalam banyak kasus, pengetahuan tentang dampak risiko pada berbagai variabel, metrik, dan indikator kinerja sangat penting untuk memenuhi kebutuhan banyak pemangku kepentingan. Misalnya, tim proyek mungkin ingin lebih memahami dampak penundaan pada persyaratan sumber daya dan pada pengaturan subkontraktor. Departemen penjualan mungkin lebih tertarik pada risiko pendapatan, tetapi tim manufaktur mungkin perlu fokus pada dampak potensi gangguan pada volume (yang juga memengaruhi pendapatan).

Departemen keuangan atau perbendaharaan mungkin memerlukan informasi tentang arus kas, profil pajak atau pembiayaan, atau aspek-aspek yang berkaitan dengan diskusi dengan calon pemberi pinjaman atau sumber pembiayaan. Departemen strategi atau pengembangan bisnis mungkin ingin mengetahui hal-hal yang memiliki implikasi bagi potensi kemitraan bisnis. Manajemen senior mungkin ingin mengetahui semua hal di atas (dalam analisis terpadu, bukan sepotong demi sepotong atau terfragmentasi), serta tentang ekonomi proyek umum dan penciptaan nilai.

Model risiko penuh juga dapat mendukung pengembangan kemampuan yang lebih

ditingkatkan di berbagai bidang seperti pengoptimalan (atau pengambilan keputusan yang dioptimalkan), karena model tersebut memungkinkan efek dari trade-off multi-variabel untuk ditetapkan. Penggunaannya mungkin juga menjadi satu-satunya cara untuk memprioritaskan tindakan mitigasi risiko dan keputusan umum secara akurat. Demikian pula, model tersebut memungkinkan eksplorasi isu-isu yang berkaitan dengan struktur proyek individual dan portofolio bisnis atau proyek, karena secara umum akan ada interaksi antara item-item yang memerlukan model risiko penuh agar dapat ditangkap. Sifat sebenarnya dari banyak item terlalu kaya untuk ditangkap dalam pendekatan daftar risiko, sedangkan melakukannya dalam model penuh umumnya mudah. Misalnya:

- Item yang paling baik dijelaskan dengan rentang ketidakpastian sederhana tidak sesuai dengan kerangka risiko operasional. Misalnya, variasi harga atau volume penjualan suatu produk, atau biaya bahan baku tertentu, atau sepotong mesin mengikuti profil ketidakpastian umum (dalam rentang berkelanjutan), dan biasanya tidak sesuai dengan kerangka dampak-probabilitas.
- Sumbu waktu yang eksplisit sering kali diperlukan, misalnya:
- Untuk menghitung item seperti nilai sekarang bersih (NPV) dan tingkat pengembalian internal (IRR), untuk memodelkan arus kas dan persyaratan keuangan, serta untuk menangkap jadwal proyek dan masalah perencanaan sumber daya.
- Pengembangan deret waktu beberapa item merupakan hal mendasar bagi sifatnya; item tersebut dapat berfluktuasi di sekitar tren jangka panjang, atau memiliki sifat pembalikan rata-rata, atau mengalami beberapa guncangan dan dampak acak yang terus-menerus. Beberapa risiko dapat terwujud atau aktif pada titik waktu yang berbeda (misalnya memiliki tanggal mulai paling awal, atau memiliki durasi), seperti kerusakan fasilitas, masuknya pesaing baru ke pasar, pemogokan tenaga kerja, pengenalan teknologi baru, dan sebagainya.
- Tanpa sumbu waktu yang eksplisit, bahkan masalah dasar, seperti membedakan antara probabilitas kejadian dalam suatu periode dari yang terjadi selama proyek berlangsung, sering kali diabaikan (lihat Bab 9 untuk pembahasan lebih lanjut tentang hal ini).
- Secara umum, penggunaan angka tunggal untuk memperkirakan dampak waktu agregat seringkali tidak tepat (seperti yang akan dilakukan dalam pendekatan daftar risiko).
- Hubungan ketergantungan antara item dapat ditangkap dengan cara yang tidak mungkin dilakukan dengan pendekatan daftar risiko. Misalnya:
- Penundaan proyek mendorong investasi, volume produksi, pendapatan, dan beberapa biaya operasional, dengan efek berantai pada laba, pajak, dan arus kas, dan sebagainya.
- Fluktuasi harga penjualan dapat didorong oleh harga komoditas, dan karenanya juga memengaruhi biaya variabel, dengan efek berantai pada margin dan variabel model berikutnya.
- Umumnya, dalam model dengan beberapa variabel atau item baris, beberapa dipengaruhi secara langsung oleh risiko sedangkan yang lain dihitung dari item lain,

yang sendiri bergantung pada dampak risiko. Dalam daftar risiko standar, dampak diperlakukan sebagai independen, yang dapat menyebabkan perhitungan yang salah, seperti ketika risiko yang memengaruhi harga, volume, dan tanggal peluncuran diagregasi (secara independen) sehingga menghasilkan angka negatif untuk pendapatan (dalam daftar risiko yang mengagregasi dampak pendapatan dari setiap risiko, misalnya).

Model lengkap umumnya dapat diintegrasikan dengan model kasus dasar, jika ada (dalam beberapa kasus, hanya model risiko yang telah dibangun dan tidak ada kasus dasar yang telah ditetapkan). Sering kali, dimungkinkan untuk membangun sakelar yang mengatur apakah masukan model ditetapkan ke nilai dasar atau ke nilai risiko (contoh ditunjukkan pada Bab 7). Model yang diintegrasikan dengan cara ini cenderung lebih akurat dan diperbarui dengan tepat saat proses penilaian risiko umum berlangsung.

Daftar risiko umumnya adalah "lapisan" yang disimpan secara terpisah dari model dasar, dan dapat didiskusikan oleh berbagai kelompok orang. Pemisahan ini dapat menyebabkan model dasar tidak diperbarui bahkan saat langkah-langkah mitigasi risiko direncanakan, dan saat struktur proyek berubah. Misalnya, rencana mungkin dibuat yang memerlukan campuran produk yang berbeda, waktu mulai yang tertunda, biaya mitigasi risiko tambahan, atau lokasi atau teknologi manufaktur yang berbeda, tetapi ini mungkin tidak tercermin dalam model dasar.

Akibatnya, hal itu mungkin tidak mencerminkan struktur akhir proyek yang sebenarnya, dan menjadi dasar yang tidak tepat untuk membuat keputusan; sesungguhnya, bila digunakan sebagai titik referensi untuk otorisasi proyek akhir, alokasi anggaran, dan perencanaan bisnis, model tersebut tidak akan memadai. Jelas, aktivitas yang terkait dengan pembangunan model penuh lebih menuntut daripada yang terkait dengan pendekatan daftar risiko, karena kekayaan, potensi kompleksitas, dan persyaratan fleksibilitas yang biasanya ada.

4.2 MANFAAT PEMODELAN RISIKO

Sisa bab ini berfokus pada manfaat penggunaan pendekatan pemodelan risiko penuh dibandingkan dengan pendekatan statis tradisional. Berikut ini memberikan tinjauan umum poin-poin utama yang dibahas secara terperinci:

- Mendukung pembuatan model yang lebih akurat:
- Mencerminkan ketidakpastian yang ada dalam situasi nyata.
- Menggunakan proses yang terstruktur dan ketat untuk mengidentifikasi semua pendorong risiko utama.
- Memungkinkan risiko kejadian untuk dimasukkan secara eksplisit dan tidak ambigu.
- Memungkinkan tindakan respons risiko atau mitigasi, biaya dan dampaknya untuk disematkan dalam model kasus dasar.
- Menangkap kejadian simultan dari beberapa risiko atau ketidakpastian.
- Memungkinkan seseorang untuk menilai hasil untuk model yang perilakunya non-linier saat input berubah, atau di mana terdapat interaksi kompleks antara item dalam suatu situasi.

- Memungkinkan seseorang untuk menangkap secara akurat nilai yang melekat dalam fleksibilitas dan keputusan yang tertanam.
- Memungkinkan penggunaan bentuk ketergantungan yang tidak ada dalam pendekatan statis tradisional.

Memungkinkan refleksi dari berbagai kemungkinan hasil dalam pengambilan keputusan:

- Menetapkan di mana setiap kasus yang direncanakan (atau dasar) sesuai dengan rentang hasil yang mungkin sebenarnya, dan dengan demikian kemungkinan kasus tersebut tercapai.
- Membantu mengatasi bias struktural dari "jebakan yang paling mungkin" (di mana model statis yang diisi dengan nilai-nilai yang paling mungkin dari masukannya sering diasumsikan menunjukkan hasil yang paling mungkin, padahal sebenarnya model tersebut mungkin menunjukkan nilai keluaran yang sangat berbeda dengan ini).
- Mendukung pemahaman tentang implikasi asumsi kasus dasar yang mungkin lainnya pada keluaran model, serta eksplorasi kemungkinan pemodelan alternatif, atau yang lebih tepat, dari kasus dasar.
- Menetapkan metrik yang relevan dalam proses pengambilan keputusan umum, termasuk evaluasi ekonomi proyek dan refleksi toleransi risiko, serta menyediakan kerangka kerja untuk membandingkan proyek dengan profil risiko yang berbeda, dan dengan demikian mendukung pengembangan portofolio dan strategi bisnis.
- Memungkinkan proses yang kuat dan transparan untuk merencanakan kontinjensi, merevisi tujuan, atau memodifikasi target.

Memfasilitasi penggunaan asumsi yang lebih transparan dan lebih sedikit bias:

- Memungkinkan asumsi kasus dasar (mengenai nilai masukan) untuk dipegang secara terpisah dan secara eksplisit dibandingkan dengan rentang kemungkinan nilainya, sehingga menciptakan transparansi dan membantu mengurangi bias motivasional atau politis.
- Mendukung penyeimbangan dan penyelarasan intuisi dan rasionalitas dalam proses pengambilan keputusan.
- Memfasilitasi terciptanya akuntabilitas bersama untuk pengambilan keputusan.
- Memfasilitasi proses kerja kelompok dan komunikasi:
- Menyediakan kerangka kerja untuk diskusi kelompok yang lebih ketat dan tepat.
- Dapat memungkinkan pandangan yang (tampaknya) bertentangan tentang nilai asumsi atau kemungkinan hasil untuk diselaraskan.

4.3 MEMBUAT MODEL YANG LEBIH AKURAT DAN REALISTIS

Bagian ini membahas secara terperinci bagaimana penggunaan pemodelan risiko memungkinkan terciptanya model yang lebih akurat dan realistis, sebagaimana dirangkum melalui poin-poin utama yang disebutkan di atas.

Realitas Tidak Pasti: Model Harus Mencerminkan Hal Ini

Mungkin adil untuk mengatakan bahwa model statis berpotensi memiliki peran yang valid dalam beberapa keadaan, terutama pada tahap awal mempertimbangkan proyek baru.

Ini adalah cara cepat untuk mengeksplorasi aspek-aspek dasar dari situasi tertentu, dan dapat menghasilkan beberapa wawasan yang berharga. Misalnya, estimasi urutan besarnya potensi manfaat dan biaya suatu proyek dapat membantu menentukan apakah proyek tersebut perlu diubah dalam beberapa cara struktural utama, atau diubah cakupannya secara fundamental, atau dibatalkan. Upaya awal untuk membangun hubungan kuantitatif antara variabel akan membantu mendorong proses berpikir tentang faktor-faktor utama, interaksinya, dan hipotesis yang perlu diuji, dan secara umum akan membantu mengidentifikasi apakah penelitian dan pengumpulan data lebih lanjut diperlukan, serta sifat informasi yang dibutuhkan. Model ini dapat mendukung pengujian sensitivitas utama.

Namun, terutama pada tahap awal proyek, seseorang perlu memperhatikan potensi penalaran melingkar. Sensitivitas yang ditunjukkan oleh model merupakan hasil dari asumsi yang digunakan dan logika model, sehingga dapat menyesatkan jika seseorang menyimpulkan bahwa suatu variabel tidak penting dalam kontribusinya terhadap risiko hanya karena seseorang pada awalnya secara keliru berasumsi karena kurangnya informasi pada saat itu bahwa rentang variasinya yang mungkin sempit. Di sisi lain, hampir semua situasi masa depan mengandung risiko atau ketidakpastian, dan melakukan analisis pendukung keputusan yang tidak mencerminkan hal ini tampaknya tidak masuk akal.

Secara khusus, setelah konsep dasar proyek dipertimbangkan secara lebih serius (dan tidak dapat dikesampingkan dengan perhitungan sederhana atau analisis "prakiraan"), maka akan tampak logis untuk memasukkan risiko dalam analisis: pemodelan risiko "hanya" bertujuan untuk mencerminkan kenyataan bahwa ketidakpastian dan risiko hadir, dan bahwa dasar yang tepat untuk pengambilan keputusan harus menangkap sifat dan dampaknya, termasuk potensi terjadinya secara bersamaan.

Proses Terstruktur untuk Mencakup Semua Faktor yang Relevan

Penilaian risiko formal yang ditujukan untuk membangun model kuantitatif memiliki sejumlah manfaat dalam hal mengidentifikasi semua faktor yang relevan dan mencakup:

- a. Tingkat ketelitian dan presisi yang tinggi untuk mengidentifikasi risiko dengan benar, memahami sifat dan dampaknya, menghindari penghitungan ganda, dan menangkap ketergantungan.
- b. Fokus pada pendorong risiko (bukan sensitivitas) yang sering kali menghasilkan penangkapan variasi yang lebih akurat dan tepat daripada proses yang hanya berfokus pada analisis sensitivitas.

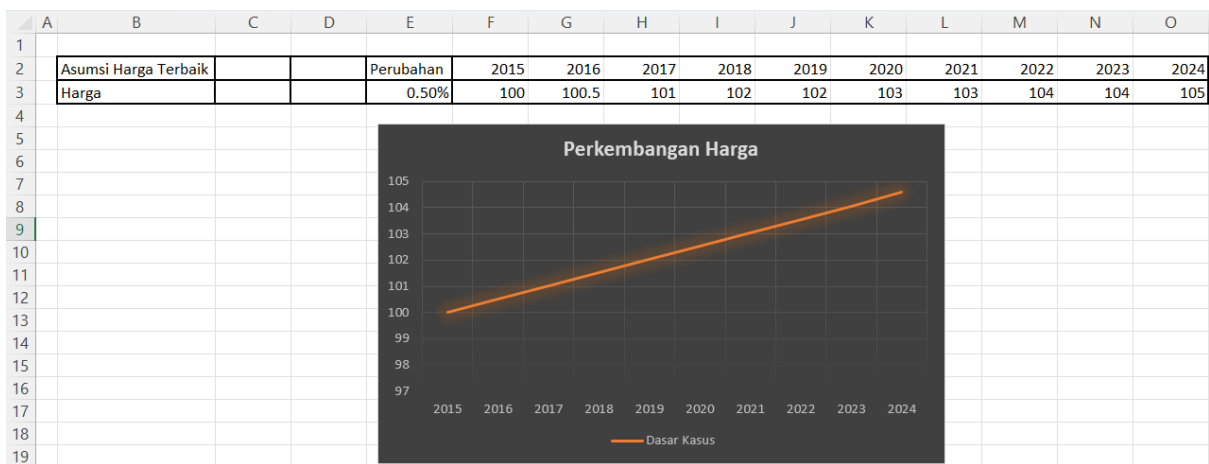
Pendekatan yang Tidak Ambigu untuk Menangkap Risiko Peristiwa

Model risiko dapat menangkap secara eksplisit keberadaan risiko peristiwa dengan cara yang tidak ambigu. Di sisi lain, jika risiko peristiwa hadir dalam suatu situasi, cara yang tepat untuk menanganinya dalam model Excel tradisional (statis) tidak jelas, dan oleh karena itu dilakukan dengan berbagai cara "proksi", yang mengakibatkan ambiguitas, potensi kebingungan, atau kesimpulan yang menyesatkan. Dalam beberapa kasus, risiko peristiwa mungkin tidak disertakan sama sekali dalam model kuantitatif: secara umum, hasil yang paling mungkin untuk setiap risiko individu adalah tidak terjadinya (yaitu probabilitas terjadinya kurang dari 50%), sehingga mengisi model dengan masing-masing inputnya pada nilai yang

paling mungkin akan setara dengan risiko yang tidak terjadi, sehingga dapat juga dihilangkan dari model.

Di sisi lain, jika suatu situasi mengandung beberapa risiko peristiwa tersebut, maka dari perspektif agregat, hasil yang paling mungkin adalah bahwa satu atau lebih dari risiko tersebut terjadi; oleh karena itu pendekatan yang mengabaikannya tidak realistis dan berpotensi menyesatkan. Demikian pula, jika serangkaian kejadian harus terjadi agar hasil keseluruhan tercapai (misalnya, setiap fase pengembangan obat harus berhasil agar obat dapat dipasarkan), kasus yang paling mungkin (pada setiap langkah proses) adalah hasil yang berhasil, tetapi secara keseluruhan, keberhasilannya mungkin sangat tidak mungkin (lihat contoh di bagian selanjutnya).

Sebagai akibat dari masalah tersebut, pendekatan yang terkadang digunakan meliputi menyertakan risiko kejadian dalam model pada nilai tetap yang sama dengan probabilitas rata-rata (atau frekuensi) kejadiannya. Perkiraan terhadap dampak rata-rata ini mungkin merupakan titik awal yang wajar, tetapi seperti yang dibahas dalam Bab 3 dapat menyesatkan atau tidak tepat dalam banyak kasus, dan tentu saja tetap hanya memberikan angka statis. Selain itu, rumus model mungkin mengharuskan asumsi input berupa salah satu atau beberapa nilai yang valid, seperti jika model tersebut berisi fungsi IF yang logikanya diaktifkan dengan satu cara atau yang lain sesuai dengan hasil risiko kejadian.



Gambar 4.1 Model Asli Perkembangan Harga

Dari serangkaian kejadian yang mungkin, dengan asumsi bahwa beberapa akan terjadi dan beberapa tidak akan terjadi. Mengecualikannya dari model dasar (dan penyajian hasilnya) tetapi mencantumkannya secara terpisah (misalnya dalam lampiran dokumen pendukung), dengan catatan singkat di bawah "asumsi model" bahwa kasus dasar mengecualikan risiko ini. Jadi, pada kenyataannya, kasus dasar bisa jadi sangat tidak mungkin untuk diamati, tetapi akan sulit bagi para pembuat keputusan untuk menilai, sehingga mereka cenderung menambahkan kasus dasar tersebut dalam pikiran mereka seolah-olah itu adalah kasus realistis (yang mungkin dapat diterima untuk dilanjutkan sebagai sebuah proyek).

Sedangkan hampir semua kasus realistis bisa jadi, pada kenyataannya, tidak dapat diterima jika analisisnya dilakukan dengan benar. Jadi, secara umum, ketika pada kenyataannya

terdapat risiko kejadian dalam suatu situasi (yang sangat umum), para pengambil keputusan ditempatkan dalam posisi yang sulit untuk dapat menilai risiko sebenarnya dari situasi tersebut, kecuali jika risiko tersebut dimodelkan secara eksplisit dan dampaknya ditangkap.

Konteksnya adalah bahwa suatu perusahaan menghadapi pasar yang berubah dengan cepat di mana setiap produk tertentu berada di bawah tekanan harga, dengan penurunan harga pasar tahunan sebesar 5% p.a. yang diharapkan. Namun, ada sejumlah mutu produk yang dapat dijual ke pasar, dengan mutu yang lebih tinggi mencapai harga pasar yang lebih tinggi (kapan saja), tetapi juga mengalami penurunan harga tahunan. Perusahaan saat ini hanya memproduksi produk mutu dasar, tetapi memiliki rencana untuk berinvestasi dalam penelitian dan pengembangan untuk mengembangkan teknologi (nonpublik) yang diperlukan untuk memproduksi mutu yang lebih tinggi.

Gambar 4.1 menunjukkan rencana awal perusahaan (tercantum dalam lembar kerja Asli), di mana analisis pemodelan tidak secara eksplisit memodelkan setiap langkah proses, tetapi telah mencoba (dengan menggunakan kenaikan harga sebesar 0,5% p.a.) untuk menyeimbangkan tekanan pengurangan harga dengan kemungkinan untuk menjual produk dengan harga yang lebih tinggi; kenaikan tahunan yang sederhana dapat disajikan sebagai "konservatif" jika seseorang mempertimbangkan bahwa produk dengan mutu yang lebih tinggi dijual setidaknya 20% lebih mahal dari rencana dasar. Di sisi lain, mungkin masuk akal untuk membangun model di mana seseorang dapat menguji efek keberhasilan setiap proses peningkatan produk.

Lembar kerja bernama Sens (dalam berkas yang sama) berisi perhitungan di mana perkembangan harga setiap produk ditampilkan secara eksplisit. Sakelar dalam sel D10:D12 dapat digunakan untuk mengatur apakah proses peningkatan produk tertentu berhasil atau tidak. Jika proses peningkatan tertentu berhasil, perusahaan segera memproduksi mutu yang dijual dengan harga yang lebih tinggi. Setelah berkonsultasi dengan pakar internal, pemodel diberi tahu bahwa kemungkinan keberhasilan untuk peningkatan pertama adalah 90%. Proses peningkatan kedua dapat dimulai hanya jika yang pertama berhasil, dalam hal ini kemungkinan keberhasilannya diperkirakan sebesar 75%, dan demikian pula proses ketiga akan memiliki kemungkinan keberhasilan sebesar 60%, tetapi dapat dilakukan hanya jika yang kedua berhasil.

Karena tidak memiliki alat pemodelan risiko apa pun, pemodel menilai bahwa karena kasus yang paling mungkin untuk setiap proses peningkatan adalah bahwa proses tersebut (sebagai proses individual) akan berhasil, maka tidaklah tepat untuk berasumsi bahwa beberapa di antaranya tidak berhasil. Memang, pilihan pemodel untuk berasumsi bahwa langkah proses tertentu akan gagal tidak akan membuatnya disukai oleh organisasi atau orang-orang tertentu yang bertanggung jawab atas langkah tersebut, dan mungkin tidak dapat dipertahankan (karena hasil yang paling mungkin untuk langkah tersebut adalah keberhasilannya). Oleh karena itu, kasus dasar yang direvisi disajikan dengan asumsi bahwa semua proses peningkatan produk berhasil, dan ditunjukkan pada Gambar 4.2. Jelas, perhitungan dasar yang direvisi (lebih rinci) tampaknya menunjukkan bahwa ada peningkatan yang signifikan pada kasus bisnis, dibandingkan dengan rencana awal di mana harga hanya

meningkat 0,5% per tahun. Namun, tentu saja, masalah di sini adalah bahwa ketidakpastian dalam proses peningkatan belum diperhitungkan.

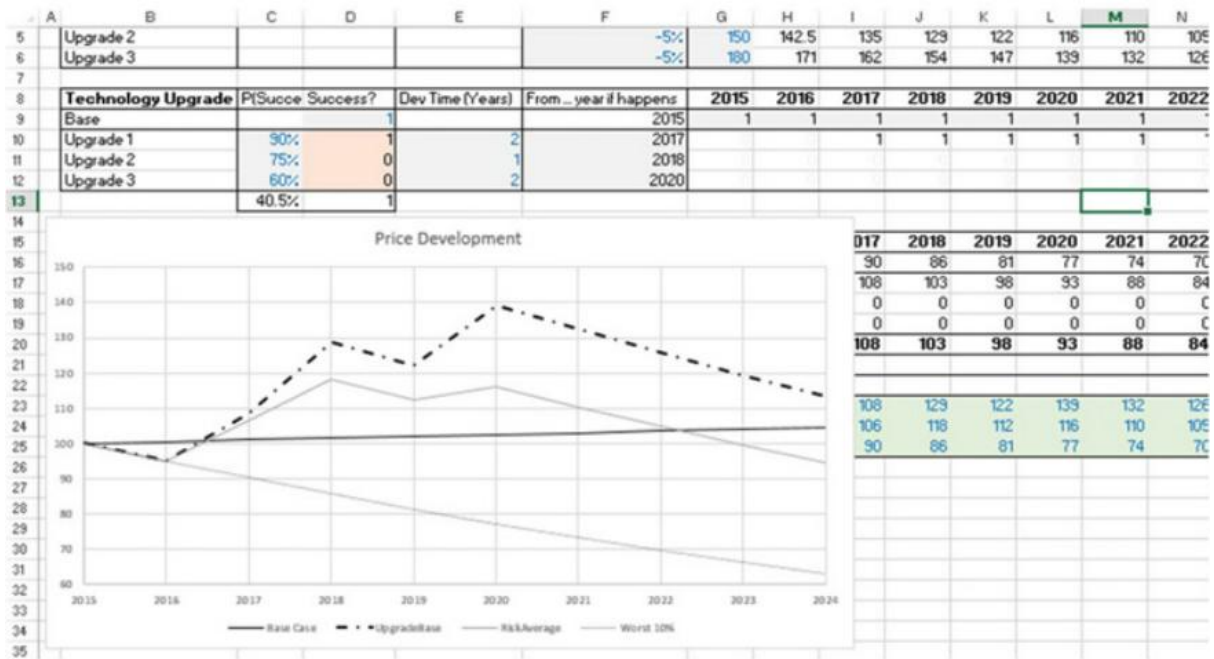
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		Asumsi Harga Terbaik			Perubahan	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
3		Harga			0.50%	100	100.5	101	102	102	103	103	104	104	105
4															
5		Kotak Harga Penuh			Perubahan	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
6		Dasar			-5%	100	95.0	90	86	81	77	74	70	66	63
7		Peningkatan 1			-5%	120	114.0	108	103	98	93	88	84	80	76
8		Peningkatan 2			-5%	150	142.5	135	129	122	116	110	105	100	95
9		Peningkatan 3			-5%	180	171.0	162	154	147	139	132	126	119	113
10															
11		Keberhasilan Peningkatan Teknologi	Sukses?	dev Waktu	Dari_Tahun jika Terjadi	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
12		Dasar	1		2015	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13		Peningkatan 1	1	1	2017			1	1	1	1	1	1	1	1
14		Peningkatan 2	1	1	2018				1	1	1	1	1	1	1
15		Peningkatan 3	1	1	2020						1	1	1	1	1
16															
17		Harga Per Kelas	Sukses?	dev Waktu	Dari_Tahun jika Terjadi	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
18		Dasar	1		2015	100	95	90	86	81	77	74	70	66	63
19		Peningkatan 1	1	1	2017	0	0	108	103	98	93	88	84	80	76
20		Peningkatan 2	1	1	2018	0	0	0	129	122	116	110	105	100	95
21		Peningkatan 3	1	1	2020	0	0	0	0	0	139	132	126	119	113
22		Harga Untuk Digunakan				100	95	108	129	122	139	132	126	119	113



Gambar 4.2 Rencana Revisi Untuk Pengembangan Harga Dengan Asumsi Peningkatan Berhasil Di Setiap Tahap

Lembar kerja Risiko (dalam berkas yang sama) memiliki proses yang ditingkatkan yang direpresentasikan sebagai peristiwa risiko, yang berhasil atau tidak (dengan probabilitas yang diberikan, dan menggunakan fungsi RAND() untuk menangkap ini), dan menangkap bahwa proses peningkatan di masa mendatang hanya dapat dilakukan jika yang sebelumnya berhasil. Gambar 4.3 menunjukkan hasil menjalankan simulasi ini di mana banyak skenario ditangkap.

Grafik menunjukkan perkembangan harga rata-rata pada skenario ini, serta perkembangan dalam 10% kasus terburuk. Sehubungan dengan masalah risiko peristiwa, model ini bertujuan untuk menunjukkan ambiguitas yang dapat terjadi jika seseorang tidak terlibat dalam pemodelan risiko eksplisit, dan hasil yang berbeda, mungkin menyesatkan, yang dapat muncul dalam kasus seperti itu.



Gambar 4.3 Rencana Revisi Untuk Pengembangan Harga Dengan Asumsi Ketidakpastian Keberhasilan Peningkatan Di Setiap Langkah

Pencantuman Faktor Mitigasi dan Respon Risiko

Proses penilaian risiko jelas menghasilkan penyesuaian rencana untuk menanggapi atau mengurangi potensi ketidakpastian dan risiko. Dengan secara eksplisit menyertakan langkah-langkah respons risiko ini (termasuk biaya dan dampaknya pada item risiko, seperti pengurangan ketidakpastian), seseorang memperoleh model realitas struktur proyek yang lebih akurat.

Tanpa proses pemodelan risiko formal, sungguh mengherankan betapa seringnya rencana aktivitas proyek diadaptasi oleh tim proyek untuk menanggapi risiko, tetapi tanpa model dasar statis yang diadaptasi untuk mencerminkan biaya dan dampak aktivitas ini. Situasi seperti itu sangat mungkin terjadi karena:

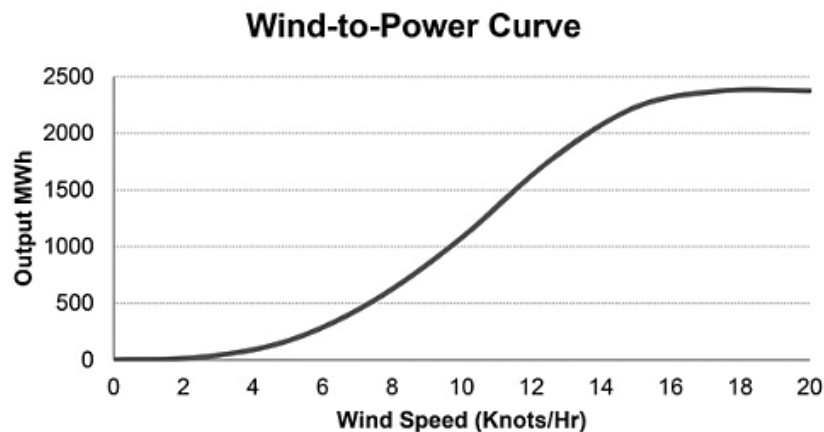
- Kurangnya kesadaran. Pemodel mungkin berada di bagian organisasi yang berbeda (seperti keuangan), dan bukan bagian dari pekerjaan sehari-hari tim proyek.
- Struktur model dasar yang tidak tepat. Jika model dasar statis belum dirancang untuk mencerminkan struktur risiko suatu proyek (yang hampir pasti tidak akan terjadi tanpa proses formal), maka tidak akan ada baris item yang spesifik atau eksplisit untuk menangkap risiko atau dampak dari tindakan respons. Dengan demikian, mekanisme yang diperlukan untuk memperbarui model agar mencakup dampak risiko dan tindakan mitigasi tidak ada.

Proses penilaian risiko formal akan membantu memastikan kesadaran bersama yang memadai, dan mendukung desain model yang benar, sehingga dampak dari tindakan respons dapat tercermin secara efisien.

Kejadian Ketidakpastian dan Risiko Secara Bersamaan

Simulasi berbasis risiko menangkap dampak dari variasi simultan dalam semua variabel

dan risiko yang tidak pasti, dan dengan cara yang konsisten dengan perilaku sebenarnya. Hal ini berbeda dengan analisis sensitivitas dan skenario, di mana hanya sejumlah kecil kasus yang ditampilkan, dan yang kemungkinannya tidak didefinisikan atau diketahui dengan jelas, seperti yang dibahas secara rinci dalam Bab 6.



Gambar 4.4 Konversi Kecepatan Angin Menjadi Daya Keluaran

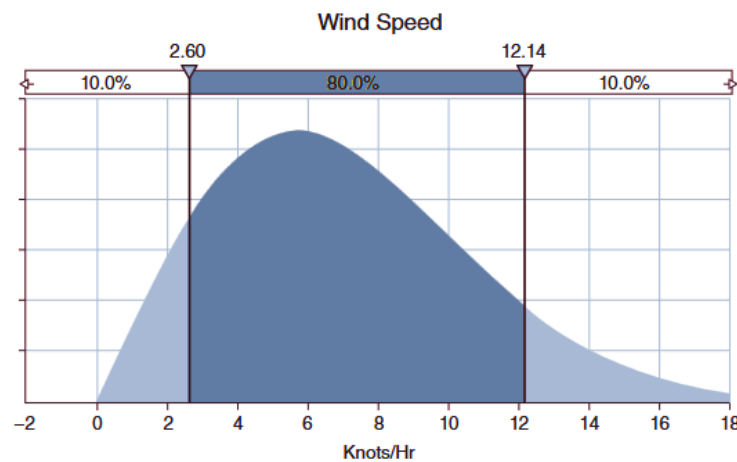
Menilai Hasil dalam Situasi Non-Linear

Jika output suatu model bervariasi secara non-linier dengan inputnya, akan sangat sulit untuk menilai perilaku output sebenarnya dengan menggunakan model statis tradisional atau analisis sensitivitas. Contoh sederhananya adalah jika seseorang menilai output daya turbin angin, yang ditentukan oleh kecepatan angin, dengan (misalnya) kurva respons angin terhadap daya seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.4. Karena ini adalah kurva non-linier, jika kecepatan angin tidak pasti, akan sulit untuk menilai output daya sebenarnya (seperti rata-rata) kecuali banyak skenario dijalankan (dan probabilitasnya diketahui).

Karena alasan ini, teknik simulasi cocok untuk menghitung distribusi output daya yang mungkin, dengan setiap kecepatan angin yang diambil sampelnya diterjemahkan menjadi output daya tertentu selama simulasi. Gambar 4.5 menunjukkan asumsi distribusi kecepatan angin dalam Knots/Hr (distribusi Weibull (2,8) sering digunakan di sini; lihat Bab 9 untuk detail distribusi ini), dan Gambar 4.6 menunjukkan distribusi kemungkinan keluaran daya. Dalam praktiknya, perhitungan seperti itu perlu dilakukan untuk banyak interval waktu tertentu dalam sehari, misalnya untuk interval 15 menit, dengan proses Weibull yang mewakili kecepatan angin rata-rata dalam interval tersebut.

Mencerminkan Fleksibilitas Operasional dan Opsi Nyata

Beberapa situasi pemodelan memerlukan pertimbangan eksplisit tentang variabilitas agar cukup akurat atau bahkan bermakna. Hal ini terutama terjadi dalam situasi di mana terdapat fleksibilitas yang tertanam (atau keputusan yang dapat diambil), tetapi di mana tindakan tertentu yang akan diambil bergantung pada skenario.

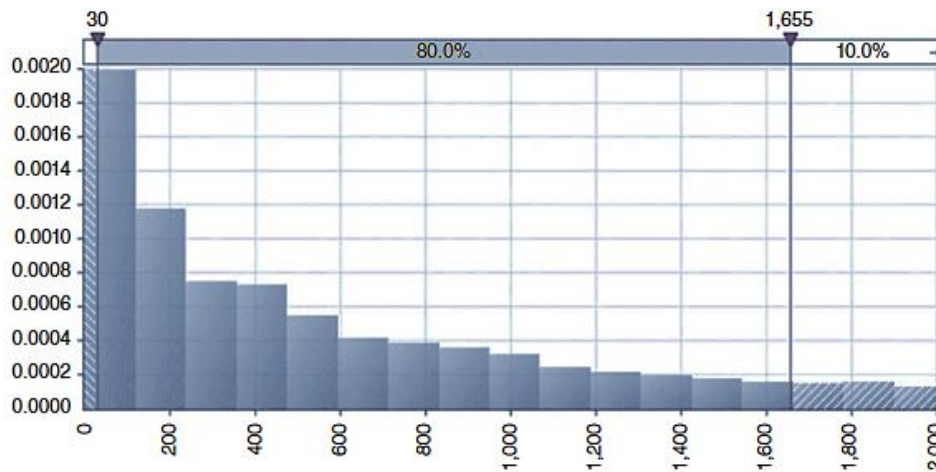


Gambar 4.5 Asumsi Distribusi Kecepatan Angin

Secara umum, ini adalah kasus khusus dari perilaku non-linier model yang dibahas di atas, di mana profil ketidakpastian menyebabkan keputusan untuk beralih merupakan hasil dari interaksi faktor-faktor yang tidak pasti. Dalam kasus seperti itu, model statis mungkin memiliki relevansi yang sangat terbatas, karena nilai yang ditunjukkan dalam satu kasus (atau dalam sekumpulan kecil kasus menggunakan analisis sensitivitas atau skenario) tidak akan memberikan dasar yang cukup untuk mengevaluasi situasi secara akurat. Area aplikasi umum adalah yang melibatkan klaim bersyarat, kewajiban atau penalti, serta opsi riil (yaitu penilaian fleksibilitas dan manfaat bersyarat), seperti:

- Jaminan pemerintah. Pemerintah yang ingin mendorong investasi sektor swasta dalam industri tertentu dapat memberikan jaminan harga dasar untuk harga minimum yang akan diterima atau dapat dibebankan oleh sektor swasta (atau batas atas biaya yang mungkin dihadapi oleh sektor swasta). Sebuah contoh diumumkan pada tanggal 21 Oktober 2023 oleh pemerintah Inggris, yang menawarkan beberapa jaminan harga jangka panjang kepada calon investor Prancis dan Tiongkok di sektor produksi energi nuklir. Secara umum, dalam kasus seperti itu:
- Jika harga pasar selalu di atas tingkat harga yang dijamin, maka jaminan tersebut ternyata tidak memiliki nilai langsung, sedangkan jika harga pasar di bawah tingkat yang dijamin, maka kewajiban pemerintah bisa jadi besar. □ Pada kenyataannya, harga pasar (atau faktor relevan lainnya) akan berkembang secara tidak pasti selama jangka waktu beberapa tahun, sehingga harganya mungkin berada di bawah tingkat jaminan pada beberapa periode dan di atasnya pada periode lainnya.
- Oleh karena itu, pertimbangan terhadap satu skenario (atau bahkan beberapa skenario terpilih) tidak akan mencerminkan realitas situasi, dan kemungkinan akan meremehkan manfaat bagi satu pihak dan melebih-lebihkan biaya bagi pihak lain, atau sebaliknya. Untuk menilai nilai yang tertanam dalam jaminan tersebut, perlu untuk menangkap hasil dan biaya bagi masing-masing pihak dalam berbagai skenario, serta memperhitungkan kemungkinan terjadinya setiap skenario. Untuk situasi multiperioda, dan dengan kompleksitas tambahan (seperti tingkat jaminan yang

meningkat seiring waktu), perhitungan seperti itu hanya akan praktis dengan model risiko penuh.



Gambar 4.6 Simulasi Distribusi Daya Keluaran

Membandingkan nilai dalam membangun fasilitas serba guna dengan fasilitas khusus. Umumnya akan lebih mahal untuk merancang, membangun, dan mengoperasikan fasilitas produksi yang dapat menggunakan berbagai input (berdasarkan input termurah) daripada melakukannya untuk fasilitas yang diharuskan menggunakan satu jenis input. Misalnya, akan lebih mahal untuk menerapkan kemampuan beralih ke yang termurah dalam berbagai bahan baku kimia (atau ke berbagai jenis energi, seperti minyak, gas, atau listrik). Namun, fasilitas yang fleksibel akan memiliki biaya produksi keseluruhan yang lebih rendah, karena dapat selalu menggunakan input termurah.

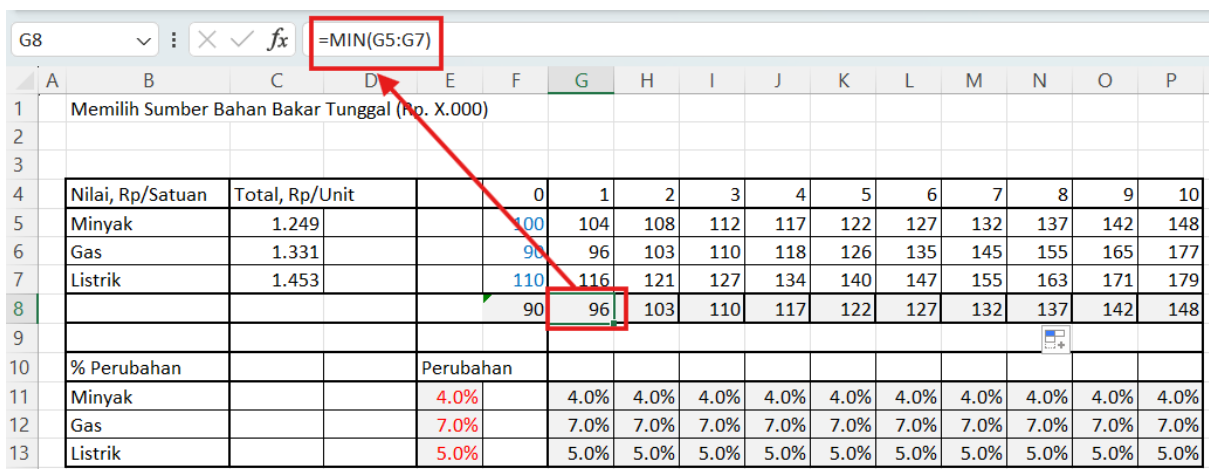
Sama seperti contoh di atas, penilaian manfaat yang diperoleh dengan (berpotensi sering) beralih ke input termurah saat ini (dan dengan demikian membandingkannya dengan biaya operasi yang dihemat) akan memerlukan pertimbangan dari berbagai skenario yang mungkin terjadi. Secara khusus, nilai fleksibilitas ini akan lebih tinggi dalam situasi variabilitas (volatilitas) yang tinggi dalam harga input (terutama jika korelasi antara jalur pengembangan harga lebih rendah), dan semakin panjang jangka waktu pertimbangan. "Opsi riil" ini memiliki banyak analogi dengan opsi pasar keuangan dalam hal pendorong nilainya.

Argumen serupa berlaku untuk situasi di mana produk akhir dapat disesuaikan (atau dioptimalkan) menurut kondisi pasar, seperti fleksibilitas untuk memproduksi berbagai produk akhir untuk dijual (seperti berbagai bahan kimia, atau berbagai kendaraan jika seseorang memiliki kemampuan untuk merombak pabrik pembuatan mobil). Konsep ini berlaku untuk jenis pembayaran lain yang bergantung pada tingkat proses atau proses yang tidak pasti, seperti perjanjian bagi hasil, dan kontrak yang berkaitan dengan asuransi, reasuransi, dan klausul penalti umum (misalnya, dalam perjanjian tingkat layanan).

Seseorang memiliki pilihan mengenai sumber bahan bakar mana yang akan digunakan: minyak, gas, atau listrik. Untuk menjaga agar contoh tetap fokus pada tujuan teks pada titik ini, angka-angka tersebut hanya bersifat ilustrasi dan tidak dimaksudkan untuk mewakili

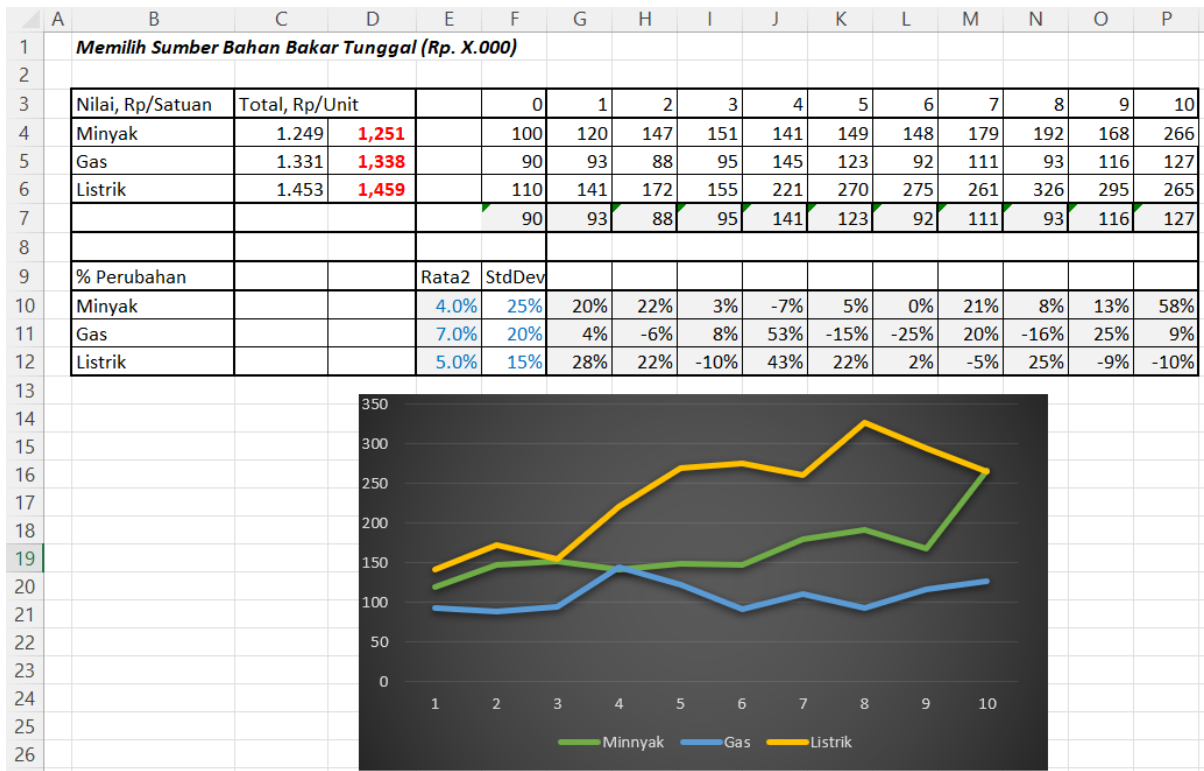
perkembangan yang tidak pasti dari masing-masing (ini menggunakan distribusi normal, yang dibahas secara rinci dalam Bab 8, 9, dan 10). Dengan menekan F9 untuk menghitung ulang model, kita akan melihat banyak skenario yang berbeda: dalam beberapa kasus, sumber yang awalnya termurah mungkin tetap demikian, sedangkan dalam kasus lain, mungkin terjadi peralihan yang sering, sehingga penghematannya akan lebih tinggi. Simulasi dapat dijalankan untuk menangkap penghematan rata-rata pada banyak skenario. Gambar 4.9 menunjukkan hasil setelah melakukannya.

Hasilnya menunjukkan pengeluaran rata-rata sekitar Rp. 850.000 per unit (sel D8), atau penghematan sekitar Rp. 400.000 per unit dibandingkan dengan kasus awal di mana tidak ada kemungkinan peralihan; sel R8 berisi perhitungan penghematan yang dibuat dengan menggunakan pendekatan peralihan dibandingkan dengan kemungkinan terbaik berikutnya. Contoh tersebut sekali lagi menunjukkan bahwa (meskipun aspek inti dari desain model adalah penciptaan item baris tambahan untuk menggabungkan kemungkinan peralihan), keberadaan ketidakpastianlah yang menciptakan sebagian besar nilai dalam situasi dunia nyata. Di sisi lain, tanpa pertimbangan apa pun mengenai ketidakpastian, kemungkinan untuk mempertimbangkan opsi peralihan dan manfaat dari mengejar opsi ini sebagai opsi yang akan dianalisis dapat diabaikan, sehingga manfaat potensial dari fleksibilitas operasional tidak akan dipertimbangkan atau dimanfaatkan.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1		Memilih Sumber Bahan Bakar Tunggal (Rp. X.000)														
2																
3																
4		Nilai, Rp/Satuan	Total, Rp/Unit		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5		Minyak	1.249		100	104	108	112	117	122	127	132	137	142	148	
6		Gas	1.331		96	96	103	110	118	126	135	145	155	165	177	
7		Listrik	1.453		110	116	121	127	134	140	147	155	163	171	179	
8					90	96	103	110	117	122	127	132	137	142	148	
9																
10		% Perubahan		Perubahan												
11		Minyak		4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
12		Gas		7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
13		Listrik		5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%

Gambar 4.8 Perkiraan Total Pengeluaran Sepuluh Tahun Untuk Setiap Jenis Bahan Bakar, Menggunakan Asumsi Pertumbuhan Statis Dan Menyertakan Opsi Peralihan



Gambar 4.9 Perkiraan Total Pengeluaran Sepuluh Tahun untuk Setiap Jenis Bahan Bakar, Menggunakan Asumsi Pertumbuhan yang Tidak Pasti dan Menyertakan Opsi Pengalihan

Menilai Hasil dengan Ketergantungan Kompleks Lainnya

Secara umum, ketika logika model tidak sederhana (bahkan keberadaan fungsi IF atau MAX, atau perilaku non-linier lainnya sudah cukup), dan terutama ketika jalur perhitungan tertentu hanya diaktifkan oleh perubahan nilai beberapa item, mungkin sulit untuk menggunakan metode intuitif untuk menilai sensitivitas keluaran terhadap nilai masukan. Dalam konteks seperti itu, penggunaan pemodelan ketidakpastian bisa sangat berharga. Contohnya meliputi:

- Ketika ada fleksibilitas operasional yang perlu diperhatikan dalam evaluasi proyek (seperti yang ditunjukkan di atas).
- Jika hanya kemunculan bersama sejumlah item yang akan menyebabkan suatu produk jatuh di bawah batas keamanan, seseorang perlu menangkapnya dengan memeriksa kondisi ini dalam model. Dalam pendekatan sensitivitas sederhana, di mana hanya satu atau dua faktor yang akan diubah (misalnya, mengganti variabel untuk mengaktifkan atau menonaktifkan risiko), skenario seperti itu mungkin tidak akan pernah terwujud, yang berpotensi mengakibatkan pemodel mengabaikan kebutuhan untuk memeriksa apakah kegagalan dapat terjadi sama sekali.
- Dalam analisis jadwal proyek, peningkatan durasi tugas yang tidak berada di jalur kritis mungkin tidak berdampak pada durasi proyek, sedangkan peningkatan durasi aktivitas yang berada di jalur kritis akan meningkatkan durasi proyek. Untuk beberapa tugas, peningkatan durasinya mungkin hanya berdampak sebagian (misalnya, jika jalur tempat tugas berada menjadi jalur kritis hanya setelah durasi tugas meningkat dalam

jumlah tertentu). Selain itu, bila ada beberapa variabel (atau item yang memengaruhi durasi tugas) yang dapat berubah pada saat yang sama, menentukan dampak keseluruhannya terhadap durasi proyek akan sulit, kecuali jika pendekatan pemodelan ketidakpastian digunakan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Tugas		Durasi (Hari)	Kasus Tidak Pasti			Sampel		Durasi Resiko
3				Kasus Dasar	Min	Max	Mungkin	Durasi	Real	1
4		Seri 1								37
5		Tugas 1.1		10	8	15		9.8		10
6		Tugas 1.2		15	12	18		14.2		15
7		Tugas 1.3		12	10	15		11.4		12
8		Seri 2								32
9		Tugas 2.1		18	15	21		20.3		18
10		Tugas 2.2		8	5	10		7.3		8
11		Tugas 2.3		6	4	8		4.1		6
12		Seri 1								0
13		Tugas 3.1		0	20	60	40%	42.1	1	0
14		Tugas 3.2		0	15	30	30%	15.3	0	0
15		Tugas 3.3		0	10	25	20%	21.7	0	0
16										
17				Durasi Project = Max(Total series)						37

Gambar 4.10 Model Durasi Proyek (Tampilan Kasus Dasar)

Untuk situasi yang cukup sederhana, model jadwal dapat dibangun di Excel. Secara khusus, jika proyek terdiri dari serangkaian tugas sederhana (di mana masing-masing selalu memiliki pendahulu dan penerus yang sama), dan jika rangkaian tugas terjadi secara paralel tanpa interaksi di antara keduanya, maka Excel dapat digunakan untuk menentukan jadwal proyek: durasi serangkaian tugas adalah jumlah durasinya (termasuk durasi penghentian yang direncanakan dan waktu nonkerja lainnya), dan durasi rangkaian tugas yang dilakukan secara paralel adalah durasi maksimum dari rangkaian tersebut.

Salah satu keuntungan menggunakan platform Excel dalam kasus seperti itu adalah estimasi biaya dapat dikaitkan dengan jadwal. File Ch4.ProjectSchedule.xlsx berisi contoh; Gambar 4.10 menunjukkan klip layar. Ada tiga rangkaian tugas utama, yang masing-masing terdiri dari tiga tugas. Dalam setiap rangkaian, tugas dilakukan secara berurutan, sehingga durasi rangkaian adalah jumlah durasi tugasnya (misalnya sel J4), tetapi rangkaian tugas dilakukan secara paralel, sehingga total durasi proyek adalah durasi maksimum dari jumlah ini (sel J17). Ada juga sel sakelar untuk memilih antara kasus risiko dan kasus statis; dalam kasus yang ditunjukkan, model ditunjukkan pada nilai dasarnya (di kolom J).

Kolom G menunjukkan probabilitas untuk rangkaian tugas ketiga, yang terdiri dari risiko kejadian, yang kejadiannya terekam di kolom I (karena model ditunjukkan pada kasus dasar, risiko kejadian ini tidak aktif dalam perhitungan di kolom J). Perlu dicatat bahwa karena model dibangun di Excel, relatif mudah untuk menambahkan komponen biaya, yang biayanya ditentukan dari durasi, serta memiliki variabilitasnya sendiri. Gambar 4.11 menunjukkan

komponen biaya model, yang total biaya untuk setiap aktivitas dihitung sebagai hasil kali durasi (dalam hari) dan biaya per hari.

Biaya per hari juga memiliki sakelar untuk dapat menggunakan nilai tetap atau nilai statis kasus dasar. Simulasi dapat dijalankan untuk menghitung distribusi durasi, dan biaya, proyek; lihat Gambar 4.12 dan 4.13, masing-masing (sekali lagi simulasi dijalankan menggunakan @RISK untuk menggunakan fitur grafiknya, tetapi pembaca dapat menggunakan alat Bab 12 sebagai gantinya untuk melakukannya hanya di Excel/VBA).

Terakhir, diagram sebar dapat dibuat yang menunjukkan kisaran biaya untuk setiap durasi yang mungkin; lihat Gambar 4.14. Sebagai catatan akhir sehubungan dengan area aplikasi ini, tantangan yang lebih umum dalam analisis jadwal proyek tersebut adalah ketika jalur kritis berubah dengan cara yang lebih kompleks seiring dengan durasi tugas yang bervariasi, sehingga rumus yang menentukan durasinya terlalu rumit untuk ditangkap di Excel. Ini adalah salah satu alasan untuk menggunakan alat MSProject dalam @RISK.

Cost/Day				Case To Use	TOTALCOST
Base	Min	Max	Sample	1	
25000	20000	37500	21228	25000	250000
18750	15000	22500	17383	18750	281250
15000	12500	18750	13129	15000	180000
22500	18750	26250	20517	22500	405000
10000	6250	12500	9324	10000	80000
7500	5000	10000	7469	7500	45000
27000	18000	40000	21390	27000	0
18000	15000	25000	16299	18000	0
6500	5000	15000	5862	6500	0
Total Cost = Sum					1241250

Gambar 4.11 Model Biaya Proyek (Tampilan Kasus Dasar)

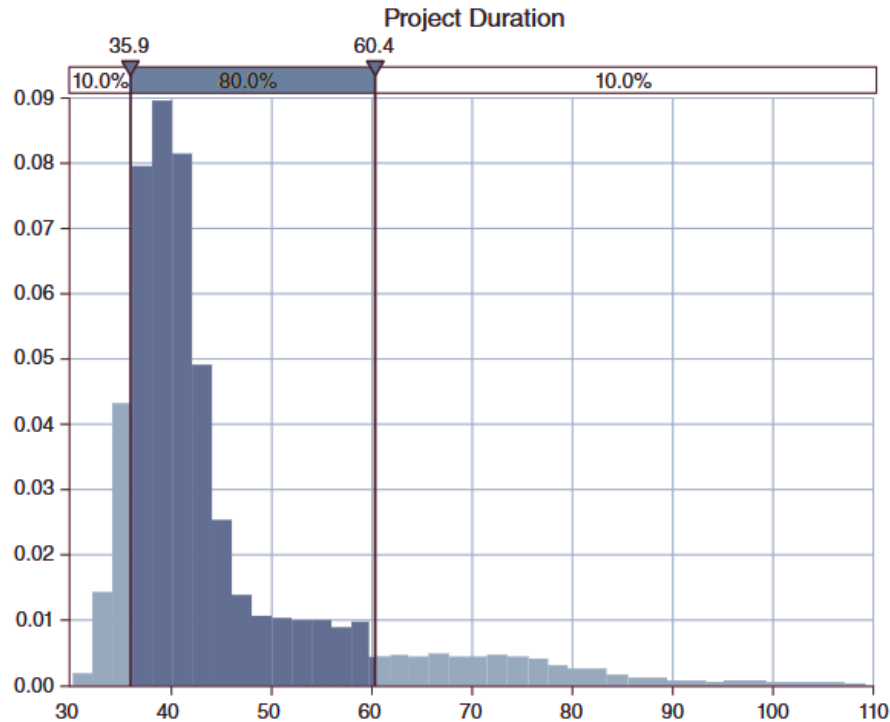
Menangkap Korelasi, Ketergantungan Sebagian, dan Kausalitas Umum

Model risiko dapat menangkap hubungan antara variabel input yang tidak mungkin dalam model tradisional:

- Dalam model tradisional, segera setelah satu input dibuat bergantung pada input lain – seperti volume yang menurun saat harga meningkat – maka variabel kedua ini (volume) bukan lagi input yang sebenarnya: ia menjadi kuantitas yang dihitung, dengan input menjadi harga dan faktor skala yang diperlukan untuk menghitung volume dari harga tertentu.
- Dalam model simulasi, dapat ada hubungan antara variabel input (distribusi), seperti probabilitas bersyarat, ketergantungan sebagian, korelasi (pengambilan sampel berkorelasi), kopula, dan lainnya. Hal ini menyediakan serangkaian hubungan yang lebih kaya yang memungkinkan seseorang untuk menangkap realitas suatu situasi

dengan lebih akurat.

- Selain itu, proses penilaian risiko juga akan membantu mengidentifikasi ketergantungan umum yang sering diabaikan jika seseorang menggunakan pendekatan analisis sensitivitas.

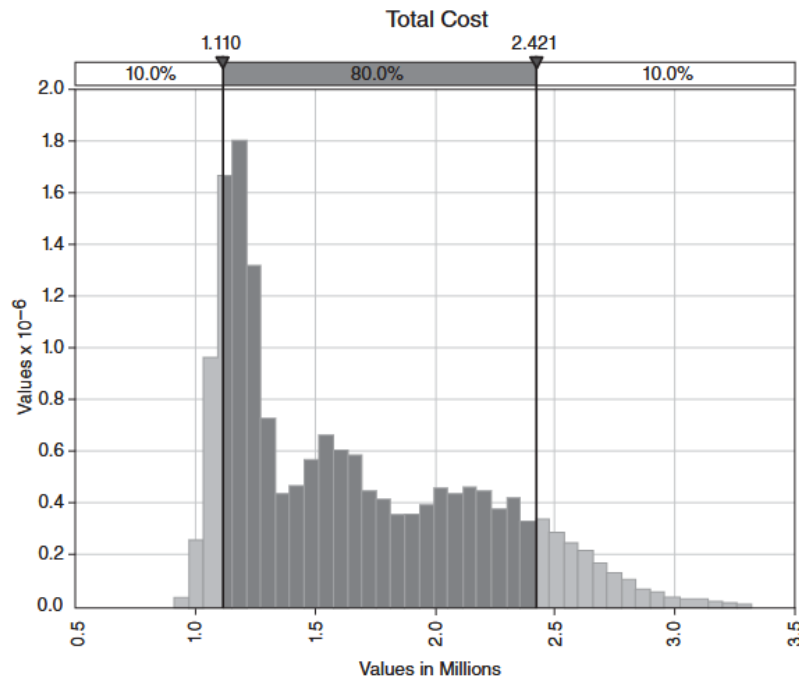


Gambar 4.12 Simulasi Distribusi Durasi Proyek

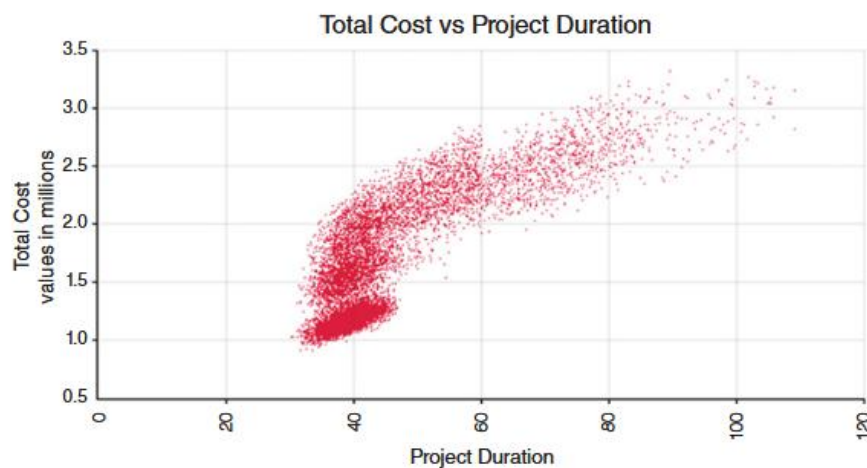
4.4 MENGGUNAKAN RENTANG HASIL UNTUK MENINGKATKAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN

Penggunaan pemodelan risiko (termasuk variasi simultan dari beberapa risiko) memberikan seseorang estimasi distribusi hasil yang mungkin. Dari sini, seseorang dapat menemukan kemungkinan bahwa setiap kasus tertentu dapat dicapai (misalnya, bahwa biaya akan sesuai anggaran, atau pendapatan kurang dari yang diharapkan, dan seterusnya). Selain itu, variabilitas hasil juga relevan untuk pengambilan keputusan di kehidupan nyata karena toleransi risiko (preferensi atau penolakan) perlu dapat tercermin; kita mungkin tidak ingin melanjutkan proyek yang hanya memiliki peluang keberhasilan 50%, atau yang akan melebihi anggaran dalam 50% kasus.

Secara umum, tentu saja, seseorang secara implisit berasumsi bahwa jika model statis menggunakan asumsi yang wajar untuk nilai masukan, maka keluarannya juga akan menunjukkan nilai yang wajar. Memang, frasa sampah masuk, sampah keluar sering digunakan untuk menyatakan pentingnya menggunakan estimasi nilai masukan yang wajar, dan tentu saja penting untuk memperhatikan pemilihan nilai kasus dasar (misalnya mungkin menggunakan estimasi terbaik. Di sisi lain, pernyataan seperti berikut ini diasumsikan atau diyakini secara implisit:



Gambar 4.13 Simulasi Distribusi Biaya Proyek



Gambar 4.14 Simulasi Distribusi Durasi Proyek Terhadap Biaya

“Pada dasarnya ada peluang 50/50 untuk menyimpang dari kedua sisi kasus dasar.”

“Jika masukan model berada pada nilai yang paling mungkin, maka keluaran model juga merupakan nilai yang paling mungkin.”

“Jika masukan model ditetapkan sebagai nilai rata-rata (atau mean), maka keluaran model juga menunjukkan nilai rata-rata (atau mean)-nya.”

“Selama masukan tidak terlalu optimis/pesimis, maka keluaran akan menjadi representasi realitas yang wajar.”

“Setiap optimisme dan pesimisme dalam asumsi masukan akan lebih atau kurang saling mengimbangi.”

Pada kenyataannya, tidak satu pun dari pernyataan ini yang secara umum benar, meskipun masing-masing mungkin benar dalam keadaan tertentu, tergantung pada sifat

ketidakpastian dan logika yang terkandung dalam model. Secara umum, kasus keluaran yang ditunjukkan oleh suatu model tidak akan selaras dengan definisi kasus masukan (dalam hal definisi atau penempatan setiap nilai dalam rentangnya sendiri). Ketidakselarasan potensial ini didorong oleh:

- Ketidaksimetrisan ketidakpastian. Kekuatan pendorong yang dapat menyebabkan proses acak menjadi tidak simetris dalam praktik dibahas kemudian dalam teks.
- Logika model non-linier. Setelah model berisi perilaku non-linier yang relatif sederhana, seperti pernyataan IF, maka menjadi sangat sulit untuk membuat pernyataan umum tentang posisi satu skenario dengan rentang hasil yang lengkap.
- Risiko peristiwa. Untuk beberapa risiko peristiwa individual, hasil yang paling mungkin adalah bahwa risiko tersebut tidak terjadi (untuk probabilitas kurang dari 50%), sedangkan ketika ada beberapa risiko tersebut dalam suatu model, hasil yang paling mungkin umumnya adalah bahwa setidaknya satu risiko akan terjadi.

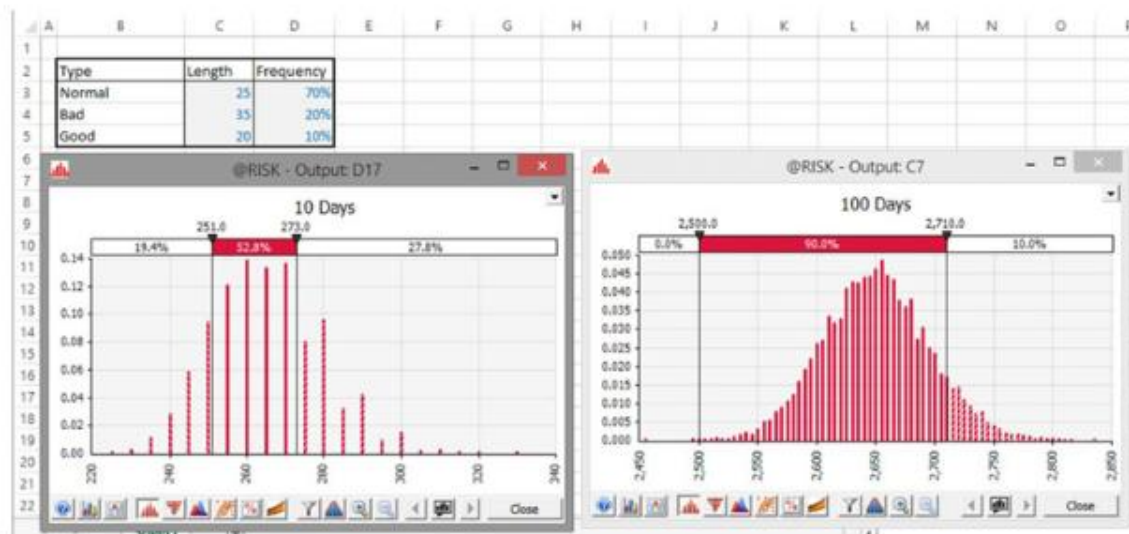
Jadi, penyelarasan dapat ditemukan dalam kasus-kasus khusus, seperti model yang bersifat linier dan aditif. Dalam model seperti itu, nilai rata-rata atau mean untuk input diterjemahkan ke dalam nilai rata-rata output, dan kasus terbaik dan terburuk absolut juga masing-masing diselaraskan. Meskipun secara intuitif mungkin jelas bahwa jika nilai kasus dasar sedikit bias atau tidak sempurna, maka output akan demikian, yang jauh kurang jelas adalah kekuatan efeknya, yang dapat menjadi sangat signifikan dengan adanya beberapa variabel yang tidak pasti.

Akibatnya, ini adalah masalah struktural (atau bias) yang sering diabaikan, dan memberikan argumen yang kuat untuk menggunakan teknik pemodelan risiko dan simulasi konduksi: Komentar Einstein bahwa suatu masalah tidak dapat dipecahkan dalam kerangka kerja yang menciptakannya relevan di sini. Masalah-masalah ini diperiksa lebih lanjut di bagian ini.

Menghindari "Perangkap Bias Paling Mungkin" atau Bias Struktural

Jika setiap nilai masukan dari model Excel tradisional (statis) dipilih sebagai nilai paling mungkin dari distribusi yang mendasarinya tebakan terbaik, sering kali diyakini bahwa kasus dasar tersebut tidak bias jika diminta untuk memilih hanya satu angka sebagai estimasi tetap dari hasil proses yang tidak pasti, angka ini akan tampak tepat karena angka lain lebih kecil kemungkinannya untuk muncul.

Namun, dalam kasus seperti itu, keluaran yang ditampilkan dalam kasus dasar mungkin, pada kenyataannya, sangat berbeda dengan nilai paling mungkin yang sebenarnya; bahkan, kemungkinan tercapainya nilai tersebut bisa sangat rendah atau sangat tinggi.



Gambar 4.15 Simulasi Total Waktu Perjalanan Selama 10 Hari Dan 100 Hari

Sebagai contoh sederhana, asumsikan bahwa seseorang secara teratur melakukan perjalanan yang, berdasarkan pengalaman, memerlukan waktu 25 menit dalam 70% kasus (kasus yang paling mungkin), tetapi terkadang lebih lama (35 menit dalam 20% kasus), dan terkadang lebih pendek (20 menit dalam 10% kasus). Jika seseorang merencanakan berapa banyak waktu yang akan dihabiskan untuk bepergian selama 10 hari ke depan (mungkin seseorang membaca selama perjalanan dan ingin merencanakan jadwal membaca), maka seseorang dapat menambahkan 10 set waktu 25 menit, sehingga menghasilkan 250 menit.

Ini sesuai dengan membangun model Excel, dengan baris untuk setiap 10 hari, dan mengisi setiap baris (hari) dengan nilai yang paling mungkin. Akan tetapi, secara intuitif jelas bahwa waktu total rata-rata (dan mungkin yang paling mungkin) akan lebih dari angka dasar 250 menit, karena perjalanan berlangsung 10 menit lebih lama dalam 20% kasus, tetapi hanya 5 menit lebih sedikit dalam 10% kasus; ini tidak saling mengimbangi.

Gambar 4.15 menunjukkan hasil menjalankan model simulasi menggunakan @RISK untuk menghasilkan banyak skenario, dari mana terlihat bahwa kasus dasar 250 menit terlampaui dengan frekuensi sekitar 80%; memang, dalam sekitar 25% kasus, total waktu perjalanan lebih dari 275 menit (sehingga selama 10 hari, seseorang telah menggunakan setara dengan perjalanan tambahan 25 menit). Selain itu, selama 100 hari (ditunjukkan dalam grafik di sebelah kanan), pada dasarnya tidak ada peluang realistis bahwa total waktu tempuh akan menjadi 2500 menit atau kurang, dan bahwa waktu tempuh yang paling mungkin adalah sekitar 2650 menit, bukan 2500.

Tentu saja, prinsip yang sama akan berlaku ketika diterapkan pada situasi lain yang secara logis serupa, seperti memperkirakan biaya untuk sebuah proyek dengan menambahkan masing-masing komponen; jika setiap komponen tidak pasti dan dengan keseimbangan risiko ke atas, misalnya, maka kemungkinan hasil akhir berada di bawah atau pada jumlah nilai dasar rendah. Jadi, perangkat atau kekeliruan yang paling mungkin mengacu pada fakta bahwa model yang dihitung menggunakan nilai masukan yang paling mungkin sering tidak akan

menunjukkan nilai keluaran yang paling mungkin meskipun sering kali secara implisit diyakini demikian.

Jadi, jelas bahwa para pengambil keputusan mungkin sering diberi informasi yang menyesatkan; kasus dasar yang dirujuk untuk tujuan pengambilan keputusan mungkin, pada kenyataannya, mewakili skenario yang sangat tidak mungkin. Persoalan mengenai apakah kasus keluaran yang paling mungkin merupakan metrik pengambilan keputusan yang relevan dibahas dalam Bab 8.

Menemukan Kemungkinan Tercapainya Kasus Dasar

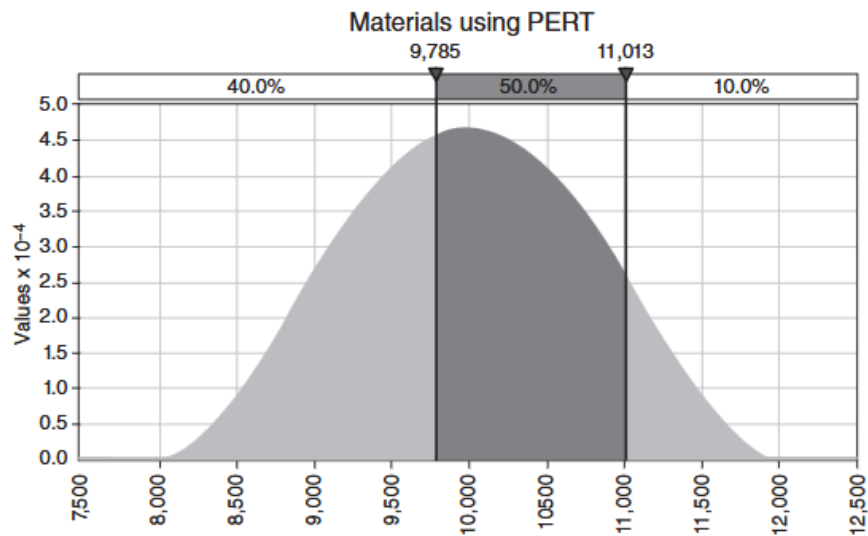
Dalam arti tertentu, mungkin tidak mengherankan bahwa para pengambil keputusan sering kali menjadi skeptis mengenai seberapa besar bobot yang harus diberikan pada sisi numerik pengambilan keputusan ketika didasarkan pada keluaran model statis, dan menempatkan sejumlah besar kepentingan pada proses intuitif, heuristik, atau penilaian: proses yang digunakan untuk memberi mereka informasi secara struktural cacat. Di sisi lain, jika bias dan hasil yang menyesatkan ini dapat diatasi, maka kalkulasi numerik seharusnya dapat memiliki kredibilitas lebih dalam proses pengambilan keputusan.

Symmetric Case	Min	ML	Max	P40
Materials	8000	10000	12000	9785
Labour	8000	10000	12000	9785
Plumbing	8000	10000	12000	9785
Electrical	8000	10000	12000	9785
Decorating	8000	10000	12000	9785
Kitchen Cabinet	8000	10000	12000	9785
Tiling	8000	10000	12000	9785
Legal and Architecture Fees	8000	10000	12000	9785
Cost 9	8000	10000	12000	9785
Cost 10	8000	10000	12000	9785
Total				97850

Gambar 4.16 Anggaran Biaya Dengan Setiap Nilai Kasus Dasar Sama Dengan P40 Dari Distribusinya

Dalam banyak kasus, masukan yang digunakan dalam model kasus dasar mungkin bias dalam beberapa cara:

- Bias struktural, yang berarti bahwa model tersebut dapat menunjukkan nilai keluaran kasus dasar (atau skenario) yang sangat tidak mungkin, bahkan ketika tim proyek telah bekerja keras dan melakukan upaya terbaik yang sungguh-sungguh untuk mengisi asumsi dengan masukan yang tidak bias.
- Bias motivasi atau politik, seperti keinginan agar proyek tersebut disahkan.

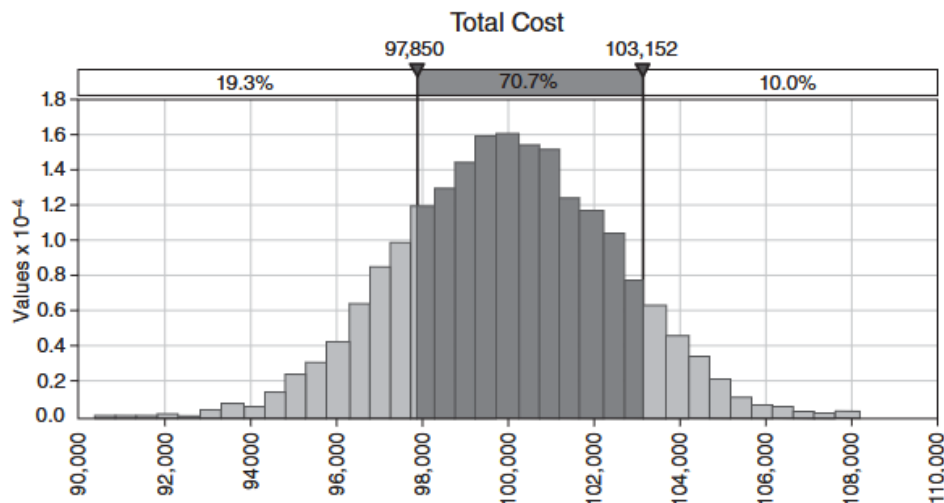


Gambar 4.17 Asumsi Distribusi Biaya Untuk Setiap Item

Efek kumulatif dari beberapa bias kecil atau kebohongan putih mungkin lebih kuat daripada yang diharapkan intuisi alami seseorang, sehingga menetapkan kemungkinan mencapai kasus dasar tertentu mungkin merupakan satu-satunya manfaat terpenting dari pemodelan risiko kuantitatif dalam banyak situasi. Perhatikan bahwa kami berasumsi bahwa kasus dasar statis ada, yang umumnya merupakan situasi tersebut. Pada prinsipnya, seseorang dapat berpendapat bahwa kasus dasar tidak diperlukan setelah input direpresentasikan oleh distribusi. Misalnya, setelah mensimulasikan model risiko, seseorang dapat memutuskan bahwa P75 dari output harus dianggap sebagai basis.

Namun, dalam praktiknya, nilai dasar input diperlukan untuk item baris yang sesuai dengan yang menjadi dasar rencana yang dibuat, atau sumber daya atau anggaran yang dikomitmenkan. Untuk angka output tertentu, seperti P75, tidak ada satu kombinasi input tunggal yang akan menghasilkan angka seperti itu, dan karenanya beberapa bentuk kasus dasar biasanya diperlukan. Seseorang dapat mengeksplorasi menggunakan simulasi masalah tentang bagaimana pemilihan kasus dasar tertentu memengaruhi posisi kasus tersebut dalam rentang output yang sebenarnya. Gambar 4.16 menunjukkan contoh anggaran biaya dengan 10 item, yang masing-masing memiliki rentang yang memungkinkan (hanya untuk penyajian, kami berasumsi bahwa semua nilai parameternya sama).

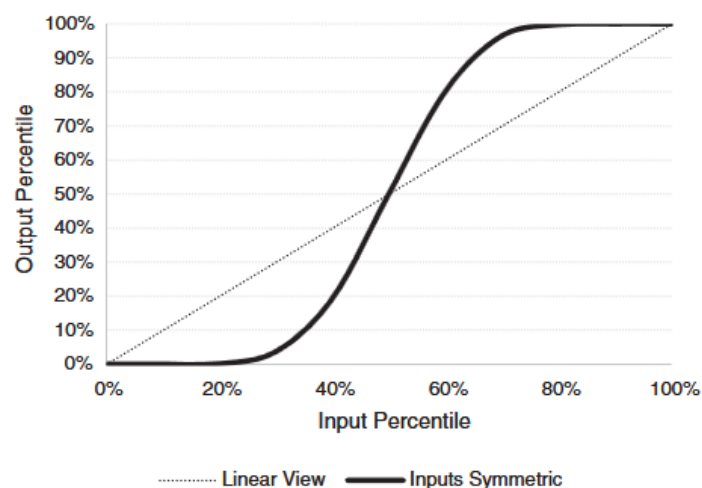
Untuk menyederhanakannya, kami berasumsi bahwa rentangnya simetris, dan bahwa setiap rentang dijelaskan oleh distribusi PERT (rincian yang relevan dibahas di Bagian II; di sini kami hanya membahas konsepnya), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17. Jadi, jika kasus dasar untuk setiap input diasumsikan sedikit optimis (yaitu lebih rendah dari biaya rata-rata), misalnya nilai P40 (9785), maka jumlah nilai-nilai ini yang ditunjukkan dalam model dasar akan menjadi 97.850. Di sisi lain, Gambar 4.18 menunjukkan hasil menjalankan simulasi untuk menghitung distribusi biaya total, yang darinya terlihat bahwa angka 97.850 kira-kira sama dengan P20 dari distribusi, dan karenanya bahkan lebih optimis.



Gambar 4.18 Distribusi Total Biaya Yang Disimulasikan

Lebih umum, kita dapat membandingkan kasus-kasus tentang bagaimana berbagai asumsi input akan dipetakan ke berbagai output. Gambar 4.19 menunjukkan bagaimana asumsi-asumsi tertentu untuk nilai-nilai dasar (sebagai persentil dari distribusinya) akan dipetakan ke persentil output. Kita dapat melihat bahwa input P50 dipetakan ke output P50 (seperti yang kita asumsikan sebagai distribusi simetris), tetapi persentil input optimis (di bawah P50) dipetakan ke persentil output yang lebih rendah (dan karenanya output bahkan lebih optimis daripada input), sedangkan input pesimis (di atas P50) menciptakan kasus-kasus yang lebih pesimis dalam output.

Ketika distribusi input tidak simetris, prinsip-prinsip dasar yang sama berlaku; namun, titik batas (atau titik ekuilibrium) (yang sebenarnya adalah rata-rata) memiliki persentil yang berbeda; untuk distribusi yang condong positif, input P50 akan optimis (dan mengarah ke persentil yang lebih rendah untuk output daripada dalam kasus simetris). Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.20, dalam kasus di mana maksimum distribusi dalam contoh adalah 15.000, bukan 12.000.

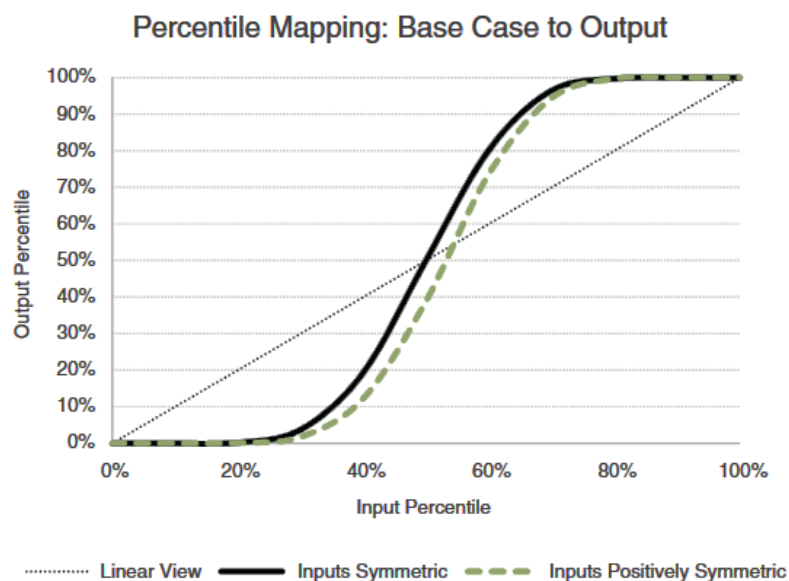


Gambar 4.19 Pemetaan Persentil Kasus Dasar Ke Persentil Output Untuk 10 Input Simetris

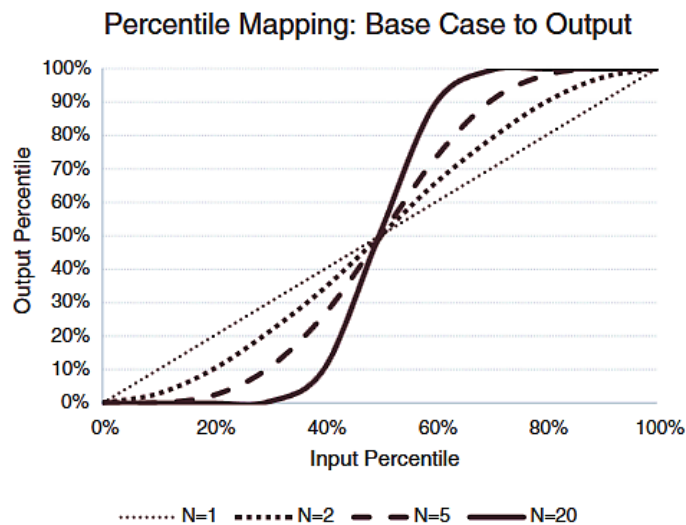
Jelas, output yang tepat yang ditunjukkan dalam bagan seperti Gambar 4.19 dan 4.20 bergantung pada sifat model dan ketidakpastian. Misalnya, garis diagonal secara efektif sesuai dengan model dengan satu variabel, sehingga ada korespondensi langsung antara input dan output. Dengan demikian, garis menjadi lebih sempit dan lebih curam jika lebih banyak elemen biaya ditambahkan ke model semua hal lain dianggap sama. Gambar 4.21 menunjukkan hal ini ketika jumlah item dalam model berubah untuk satu, dua, lima, dan 20 item.

Untuk model dengan lebih banyak variabel, karena kurvanya lebih curam, untuk kasus dasar yang mendekati tengah rentang yaitu yang dapat dianggap wajar atau tidak terlalu bias, bahkan perubahan kecil dalam kasus yang dipilih yang dijelaskan oleh semua nilai input akan memiliki efek signifikan pada persentil output. Prinsip dasar yang berlaku dalam situasi ini adalah diversifikasi. Misalnya, dengan mengacu pada kasus di mana hanya ada dua item yang tidak pasti, dan di mana kasus dasar untuk setiap input didefinisikan sebagai P90-nya sehingga akan terlampaui dalam 10% kasus, maka agar jumlah dari dua proses yang tidak pasti melebihi jumlah dari kedua angka ini, setidaknya satu dari nilai yang tidak pasti harus setidaknya sama dengan nilai P90-nya yang hanya terjadi 10% dari waktu.

Dalam sebagian besar kasus tersebut, variabel kedua tidak akan cukup tinggi agar jumlah keduanya melebihi angka yang diperlukan karena dalam 90% kasus, nilai yang kedua akan berada di bawah angka dasarnya sendiri. Secara kasar, kasus dasar jumlah P90 dapat dianggap sebagai P99 dari jumlah tersebut; faktanya, persentasenya akan lebih rendah pada Gambar 4.21, kira-kira 97% karena akan ada kasus di mana satu proses berada di atas P90-nya sendiri dengan margin yang wajar, sementara yang lain hanya sedikit di bawah P90-nya sendiri, sehingga jumlah keduanya tetap berada di atas jumlah angka P90 individual.



Gambar 4.20 Pemetaan Persentil Kasus Dasar Ke Persentil Output Untuk 10 Input Simetris Dan Non-Simetris



Gambar 4.21 Pemetaan Persentil Kasus Dasar Ke Persentil Output Untuk Berbagai Jumlah Input Simetris

Sejumlah poin lain patut dicatat di sini:

- Gagasan optimisme dan pesimisme yang disebutkan di atas bergantung pada apakah persentil yang lebih tinggi itu baik atau buruk dari sudut pandang seseorang. Misalnya, sementara dalam konteks biaya, asumsi biaya rendah akan optimis, dalam konteks laba akan pesimis. Jadi, dalam kasus estimasi ketidakpastian cadangan minyak dan gas, di mana estimasi P50 untuk aset individual dapat digunakan sebagai dasar, dan di mana distribusi cadangan sering dianggap lognormal (dan karenanya miring ke kanan; lihat nanti), jumlah dari sekumpulan nilai P50 akan lebih kecil dari P50 sebenarnya dari jumlah tersebut. Jadi, agregasi sederhana dari angka dasar akan meremehkan luas cadangan yang sebenarnya, dan dengan demikian merupakan estimasi pesimis (sehingga rata-rata, dalam kenyataan, akan ada lebih banyak cadangan daripada yang diharapkan semula, bahkan tanpa kemajuan teknis lebih lanjut atau prosedur pemulihan baru yang ditingkatkan). Demikian pula, penjumlahan P90 (atau P10) dari cadangan yang diestimasi untuk aset yang berbeda tidak memberikan P90 atau P10 dari total cadangan.
- Secara umum, serangkaian nilai yang digunakan dalam kasus dasar akan berupa campuran beberapa item: beberapa mungkin merupakan nilai yang paling mungkin, beberapa mungkin optimis, dan beberapa pesimis. Teknik simulasi dapat digunakan untuk menilai konsekuensi dari berbagai asumsi ini dalam kaitannya dengan bagaimana keluaran kasus dasar yang ditunjukkan terkait dengan posisinya dalam rentang keluaran yang sebenarnya. Memang, penilaian semacam itu dapat membantu seseorang untuk menghindari melakukan aktivitas yang sebenarnya memiliki sedikit peluang untuk berhasil, bahkan ketika "kasus dasar" tampaknya menunjukkan hasil yang wajar.

Evaluasi Ekonomi dan Pencerminan Toleransi Risiko

Pengetahuan tentang distribusi hasil dapat membantu dalam banyak hal dalam

evaluasi proyek dan aktivitas terkait:

- Rata-rata hasil adalah titik referensi inti untuk penilaian ekonomi (seperti rata-rata arus kas bersih yang didiskontokan), seperti yang dijelaskan secara rinci dalam Bab 8.
- Dalam beberapa kasus praktis, rata-rata tidak akan begitu relevan, tetapi sifat lain dari distribusi hasil diperlukan untuk mencerminkan preferensi risiko (perusahaan dan pribadi) dalam keputusan. Ini berlaku, misalnya, untuk evaluasi ekonomi proyek yang besar dan tidak dapat dianggap sebagai keputusan berulang, atau di mana kegagalan dapat mengakibatkan kebangkrutan bisnis atau hilangnya status bagi pembuat keputusan. Selain itu, dalam konteks non-finansial, seperti analisis jadwal, rata-rata (misalnya waktu penyelesaian proyek) sering kali tidak relevan dengan aspek lainnya.
- Sering kali, manajemen yang sangat senior mungkin bersedia mengambil lebih banyak risiko untuk mencapai tujuan perusahaan, selama risiko ini dikelola dengan baik dan paparan risiko dipahami.
- Manajemen yang lebih junior biasanya lebih menghindari risiko, dan mungkin menganggap bahwa terjadinya kerugian tidak akan dapat diterima bagi prospek kariernya, dan karenanya cenderung menolak proyek yang sama.
- Perbedaan dalam preferensi risiko ini dapat menyebabkan pengambilan keputusan yang tampaknya tidak konsisten menurut tingkat organisasi yang terlibat, tetapi hal ini sebagian dapat diimbangi dengan pendekatan yang transparan terhadap evaluasi risiko dan penetapan toleransi risiko yang lebih eksplisit yang diizinkan oleh penilaian kuantitatif.
- Untuk membandingkan proyek dengan profil risiko yang berbeda. Sebuah proyek dengan kasus dasar yang lebih positif tetapi juga memiliki peluang lebih tinggi untuk mengalami kegagalan parah daripada yang lain misalnya, risiko imbalan yang lebih tinggi mungkin lebih disukai atau tidak tergantung pada konteks dan peran potensialnya dalam portofolio proyek lain mungkin berisiko rendah.
- Untuk mengidentifikasi sejak awal proyek yang mungkin tidak sesuai karena profil risikonya. Secara khusus, penghapusan awal proyek zombie yang potensial merupakan tujuan utama. Ini adalah proyek yang pada kenyataannya memiliki sedikit prospek keberhasilan, tetapi menjadi tertanam dalam organisasi jika tidak dihentikan lebih awal; kepentingan pribadi mulai tumbuh, termasuk kepentingan sponsor proyek asli yang mungkin merasa sulit dan membatasi karier untuk mengubah posisi mereka terhadap manfaat suatu proyek. Mengejar proyek semacam itu dapat memerlukan banyak investasi dalam sumber daya organisasi, waktu, dan uang sebelum mungkin dihentikan pada tahap yang sangat terlambat dan dengan kontroversi besar misalnya pada gerbang otorisasi akhir atau hanya ketika sponsor proyek utama meninggalkan perusahaan.
- Gabungkan penilaian risiko ke dalam pertimbangan opsi proyek yang tersedia, seperti dalam desain fasilitas multiguna dan evaluasi fleksibilitas operasional, seperti yang dibahas sebelumnya.

Menetapkan Kontinjensi, Sasaran, dan Tujuan

Penetapan kontinjensi, sasaran, dan tujuan terkait erat dengan pertimbangan distribusi kemungkinan hasil. Setelah distribusi diketahui, seseorang dapat memutuskan untuk mendasarkan anggaran misalnya pada P75 biaya atau jadwal, yang berarti bahwa rencana tersebut harus dicapai dalam 75% kasus biaya atau waktu pengiriman kurang dari atau sama dengan rencana dalam kasus tersebut.

Ini pada dasarnya juga sama dengan penetapan target atau revisi tujuan; misalnya, target perpanjangan untuk pendapatan dapat ditetapkan pada misalnya nilai P75 atau P90 dari kemungkinan distribusi pendapatan. Secara umum, pilihan target yang tepat akan bergantung pada toleransi risiko pembuat keputusan, dan bergantung pada konteks. Misalnya:

- Perusahaan dengan banyak proyek serupa umumnya dapat menetapkan kontinjensi untuk masing-masing proyek lebih rendah daripada perusahaan dengan lebih sedikit proyek.
- Demikian pula, jika konsekuensi kegagalan memenuhi target yang direvisi sangat parah (misalnya kebangkrutan perusahaan, masalah lingkungan yang serius, dsb.), maka kontinjensi umumnya akan ditetapkan lebih tinggi.

Pemilihan target pada dasarnya merupakan padanan dari definisi kontinjensi atau margin keamanan. Kontinjensi dapat dipecah menjadi dua komponen, yang memisahkan toleransi risiko dari pandangan ekonomi yang mendasarinya. Misalnya, jika rencana proyek didasarkan pada P75, maka dibandingkan dengan dasar asli atau kasus statis:

- $\text{Kontingensi} = P75 - \text{Basis} = (P75 - \text{Rata-rata}) + (\text{Rata-rata} - \text{Basis})$, di mana tanda kurung digunakan hanya untuk penekanan.
- Istilah pertama ($P75 - \text{Rata-rata}$) berhubungan langsung dengan toleransi risiko, sedangkan istilah kedua ($\text{Rata-rata} - \text{Basis}$) berhubungan dengan bias dalam kasus dasar, baik bias struktural, politis, atau motivasional.

Secara umum, seseorang ingin menemukan keseimbangan antara memiliki terlalu banyak atau terlalu sedikit kontingensi:

- Kontingensi yang berlebihan pesimisme yang berlebihan pada tingkat proyek-proyek individual umumnya akan menghasilkan angka kontingensi total yang jauh melebihi apa yang benar-benar dibutuhkan jika dilihat dari perspektif portofolio
- Dalam lingkungan yang terbatas sumber daya atau modal, penimbunan sumber daya ini dapat menyebabkan perusahaan tidak berinvestasi dalam proyek-proyek potensial lainnya, dengan kata lain meluncurkan terlalu sedikit proyek baru, dan tidak mencapai tujuan pertumbuhannya.
- Analogi sehari-hari yang sederhana adalah jika seseorang merencanakan perjalanan multi-tahap sehingga ada waktu tambahan yang dibangun di setiap tahap, yang mengakibatkan waktu perjalanan yang sebenarnya memakan waktu jauh lebih sedikit daripada waktu yang telah dialokasikan (bahkan jika satu atau dua risiko terwujud dalam perjalanan): ini tidak akan diinginkan jika waktu luang yang dihasilkan tidak dapat digunakan, atau jika seseorang telah menolak komitmen penting lainnya untuk melakukan perjalanan tersebut.

- Kontinjensi yang tidak memadai (optimisme yang berlebihan) berarti bahwa pertimbangan yang tidak memadai diberikan pada konsekuensi dari beberapa kemungkinan hasil yang tidak menguntungkan
- Dalam konteks bisnis, hal ini dapat menimbulkan konsekuensi serius, seperti kegagalan proyek atau bisnis, atau penundaan proyek saat dana dan sumber daya baru ditemukan, atau penjualan paksa unit bisnis atau aset lainnya, kebangkrutan, atau peningkatan utang/ekuitas yang dipaksakan, dan sebagainya.
- Contoh sehari-hari adalah pergi berlibur tanpa dana yang cukup untuk menutupi keadaan darurat.

Dengan mengacu pada contoh sebelumnya, Gambar 4.21 menunjukkan bahwa korespondensi antara nilai yang digunakan untuk input dan kasus benar yang ditunjukkan tidak linier untuk model multivariabel. Dengan kata lain, sedikit kelebihan kontinjensi pada tingkat setiap item individual dapat menyebabkan kelebihan yang signifikan pada tingkat proyek, dan sebaliknya. Dengan demikian, akan sangat sulit untuk benar-benar mengetahui implikasi pada tingkat agregat dari rencana individu (dan kontinjensi), kecuali jika seseorang menggunakan alat kuantifikasi risiko untuk melakukannya. Untungnya, model agregasi dasar namun bernilai tambah sangat mudah dibangun (dan perluasan yang lebih canggih dimungkinkan di mana seseorang mencoba mengoptimalkan proses secara formal), sehingga implikasi dari berbagai tingkat kontinjensi dapat dieksplorasi.

4.5 MENDUKUNG ASUMSI YANG TRANSPARAN DAN MENGURANGI BIAS

Bagian ini membahas bahwa penggunaan pemodelan risiko dapat membantu memastikan bahwa asumsi yang digunakan lebih transparan (dibandingkan dalam pemodelan statis tradisional) dan bagaimana hal ini dapat mendukung pengurangan bias.

Menggunakan Kasus Dasar yang Terpisah dari Distribusi Risiko

Menyorot posisi sebenarnya dari kasus dasar dalam rentang yang memungkinkan (baik input maupun output) dapat membantu mengurangi dan mengungkap bias:

- Banyak bias motivasi, politik, dan potensi lainnya (misalnya optimisme/pesimisme) akan menjadi lebih jelas, hanya dengan melihat di mana kasus dasar berada dalam kaitannya dengan rentang sebenarnya.
- Potensi bias struktural lainnya mungkin penting, seperti jebakan yang paling mungkin yang dibahas sebelumnya.

Untuk memastikan bahwa bias tidak disembunyikan oleh penilaian risiko, dalam praktiknya, rentang yang digunakan untuk penilaian risiko tidak boleh berasal dari kasus dasar, tetapi harus didefinisikan atau diperkirakan secara terpisah. Misalnya, jika seseorang membuat standar proses di mana semua peserta harus berasumsi secara default bahwa rentang risiko untuk variabel apa pun adalah variasi persentase tetap di sekitar nilai dasar misalnya $\pm 20\%$, maka rentang risiko ditambahkan ke kasus dasar; dengan demikian, setiap bias motivasi dalam penilaian kasus dasar juga akan ada dalam penilaian risiko.

Meskipun sulit dicapai dalam beberapa proses kelompok, sangat penting untuk memperkirakan rentang secara terpisah dari kasus dasar: idealnya, seseorang harus

memperkirakan rentang yang memungkinkan sebelum menetapkan dasar, sebagai bagian dari proses untuk mengurangi penjangkaran. Alat untuk membantu melakukannya meliputi: meminta orang yang berbeda memperkirakan rentang termasuk peserta eksternal atau konsultan pihak ketiga, serta melihat situasi komparatif dan mempertimbangkan skenario terburuk dan terbaik. Daftar periksa pertanyaan yang dibahas dalam Bagian 2.3 di Bab 2 menyediakan beberapa alat tambahan dalam hal ini.

Pengurangan Bias Secara Umum

Teknik umum yang penting untuk mengurangi bias meliputi:

- Kesadaran bahwa bias mungkin terjadi.
- Renungkan apa sumber dan sifat bias tersebut.
- Penggunaan proses identifikasi risiko yang kuat juga harus mengungkap (dan dengan demikian membantu mengurangi) bias
- Penggunaan masukan lintas fungsi dan sumber daya ahli yang tepat akan menyoroti banyak potensi bias.
- Pencarian dan dukungan terhadap perbedaan pendapat atau pendapat alternatif merupakan bagian dari filosofi metode penilaian risiko yang diformalkan.
- Cari data untuk mendukung asumsi objektif.
- Periksa kembali jawaban dengan pertanyaan yang diutarakan secara positif dan negatif.

Memperkuat Akuntabilitas Bersama

Penanaman pendekatan penilaian risiko dalam pengambilan keputusan manajemen menciptakan ukuran pengalihan akuntabilitas atas hasil yang buruk kepada para pembuat keputusan yang akan kurang jelas jika menggunakan model statis. Prakiraan dari model statis pada dasarnya tidak akan pernah sesuai dengan hasil aktual, sehingga potensi akan selalu ada bagi para pengambil keputusan untuk menyalahkan hasil yang buruk pada prakiraan yang buruk.

Di sisi lain, model risiko yang dihasilkan dari proses penilaian risiko yang kuat akan menunjukkan rentang di mana hasil aktual umumnya akan berada (kecuali jika benar-benar terjadi peristiwa yang tidak dapat diramalkan), dan sejauh hasil yang buruk diramalkan sebagai suatu kemungkinan, alokasi tanggung jawab seperti itu kurang kredibel: menjadi lebih sulit untuk mengalihkan tanggung jawab ketika seseorang telah diberikan informasi yang benar daripada ketika seseorang telah diberikan informasi yang salah.

Potensi terciptanya tingkat akuntabilitas bersama yang lebih tinggi (antara pemodel, tim proyek, dan pengambil keputusan) merupakan manfaat karena menjembatani pemisahan antara analis dan pengambil keputusan sampai batas tertentu; pada saat yang sama, ini merupakan suatu tantangan, seperti yang dibahas dalam Bab 5.

4.6 MEMFASILITASI KERJA DAN KOMUNIKASI KELOMPOK

Bagian ini membahas bagaimana proses penilaian risiko dapat memfasilitasi kerja dan komunikasi kelompok dan dalam beberapa kasus memungkinkan rekonsiliasi pandangan yang tampaknya bertentangan.

Kerangka Kerja untuk Pekerjaan yang Ketat dan Tepat

Proses penilaian risiko, baik secara umum maupun ketika mempertimbangkan aspek-aspek spesifik yang terkait dengan pemodelan kuantitatif, memerlukan diskusi yang lebih terstruktur dan ketat, dan menyediakan serangkaian alat dan tujuan untuk mendukung hal ini. Ini akan menciptakan pemahaman yang lebih baik dan bersama tentang suatu situasi, faktor pendorongnya yang penting, dan tindakan yang diperlukan.

Rekonsiliasikan Beberapa Pandangan yang Bertentangan

Penilaian risiko, dalam beberapa kasus, dapat memungkinkan pandangan yang tampaknya bertentangan untuk direkonsiliasi:

- Secara khusus, karena model statis didasarkan pada kasus dasar yang pada dasarnya sewenang-wenang (dan umumnya bias secara inheren), adalah umum bagi orang untuk memiliki pandangan yang berbeda tentang apa yang seharusnya menjadi nilai "kasus dasar".
- Pada tingkat yang luas, selama rentang yang digunakan (parameter distribusi) dipilih dengan benar (dan dilakukan secara independen dari kasus dasar, seperti dibahas sebelumnya), maka perbedaan tersebut menjadi kurang relevan.

BAB 5

TANTANGAN ORGANISASI TERKAIT PEMODELAN RISIKO

Pada Bab 1, Penulis membahas beberapa tantangan kontekstual umum dalam penerapan proses pengambilan keputusan yang kuat, termasuk adanya bias motivasi, politik, kognitif, atau structural dan tantangan dalam mencapai keseimbangan yang tepat antara rasionalitas dan intuisi. Bab ini membahas beberapa tantangan tambahan dalam penerapan aktivitas pemodelan risiko penuh, dengan fokus terutama pada isu-isu yang berkaitan dengan struktur, proses, dan budaya organisasi. Ini termasuk:

- Keyakinan bahwa penilaian risiko yang memadai telah dilakukan.
- Pendekatan tersebut mungkin telah dicoba sebelumnya tetapi tidak ditemukan bermanfaat.
- Keyakinan bahwa hasil model tidak akan bermanfaat, atau bahwa penerapan proses dan model akan menciptakan terlalu banyak pekerjaan tambahan.
- Isu-isu yang berkaitan dengan integrasi dan penyelarasan dengan proses yang ada, sistem insentif, budaya, akuntabilitas keputusan, struktur organisasi, tingkat sentralisasi, dan isu-isu manajemen perubahan umum.

5.1 “KITA SUDAH MELAKUKANNYA”

Penilaian dan pengelolaan risiko sudah banyak digunakan di banyak organisasi, setidaknya sampai batas tertentu. Misalnya:

- Banyak rencana dasar sering kali mencakup beberapa pertimbangan risiko dan langkah-langkah mitigasi, terutama ketika proyek memiliki beberapa aspek yang dipahami dengan baik dari kasus-kasus serupa sebelumnya.
- Tim lintas fungsi sering kali disatukan untuk mengidentifikasi risiko, mengembangkan dan menilai tindakan mitigasi, dan menetapkan tanggung jawab untuk tindakan lebih lanjut, terutama untuk proyek-proyek besar.
- Banyak perusahaan besar memiliki departemen manajemen risiko, atau grup manajemen risiko (ERM) di seluruh perusahaan.

Dengan demikian, dapat dengan mudah dipercaya bahwa prosedur yang ada sudah memadai, dan formalisasi atau pengembangan lebih lanjut tidak diperlukan. Mungkin memang ada organisasi yang menerapkan hal ini, meskipun jarang yang benar-benar memiliki semua elemen yang diperlukan. Bagian ini membahas tantangan khusus dalam hal ini.

“Departemen ERM Kami Menangani Masalah Tersebut”

Pada prinsipnya, fungsi staf (seperti ERM) tidak boleh menjadi “pemilik” penilaian risiko proyek yang berkaitan dengan aktivitas atau proyek unit bisnis tertentu:

- Staf tersebut tidak akan memiliki pengetahuan teknis yang diperlukan tentang bisnis.
- Bisnis tidak akan diberi insentif yang tepat untuk mengadaptasi dan mengoptimalkan proyeknya.

- Independensi fungsi pengawasan akan hilang.

Tentu saja, prosedur kerja antara unit bisnis (atau departemen) dan fungsi ERM perusahaan, secara umum, tidak boleh sampai pada titik di mana unit bisnis mengajukan pertanyaan ERM seperti: Apa risiko utama bagi proyek saya? atau Apa yang Anda lakukan untuk mengelola risiko dalam proyek saya?, meskipun kasus seperti itu tetap muncul dalam praktik! Dengan demikian, keberadaan fungsi staf tersebut, secara umum, tidak cukup untuk memastikan bahwa risiko proyek bisnis ditangani secara memadai. Fungsi staf tersebut, tentu saja, memiliki peran penting dan valid, umumnya seputar:

- Bertindak sebagai fasilitator proses, dan menyediakan objektivitas dan tantangan.
- Bertindak sebagai pusat keahlian untuk alat, teknik, dan metodologi, sehingga proses dan praktik terbaik yang baru dan terkini dibagikan dan diterapkan secara luas.
- Menyediakan mekanisme untuk mengidentifikasi dan meningkatkan risiko yang umum terjadi pada berbagai unit bisnis.
- Menyediakan evaluasi proyek yang objektif dan independen, atau bertindak dalam kapasitas audit risiko.

“Semua Orang Harus Melakukan Pekerjaan Mereka!”

Meskipun penggunaan prinsip penilaian risiko secara umum harus diintegrasikan ke dalam aktivitas sehari-hari, dan dipimpin oleh pemilik bisnis proyek, hal itu tetap saja tidak akan cukup: mungkin ada hal-hal penting yang mungkin berada di luar cakupan atau kemampuan individu atau tim atau departemen kecil, dan ada banyak area yang memiliki tantangan signifikan terkait budaya, proses, dan bias organisasi, yang mungkin tidak dapat diatasi oleh individu atau kelompok kecil. Dengan demikian, meskipun seseorang melakukan pekerjaannya, tetap perlu memformalkan prosesnya dalam beberapa kasus, terutama jika:

- Proyeknya rumit dan berskala signifikan (yang berarti risikonya dapat dengan mudah diabaikan dan masukan dari berbagai ahli dan fungsi umumnya diperlukan).
- Tindakan respons risiko potensial perlu ditingkatkan, disetujui, diotorisasi, atau dikomunikasikan secara lebih luas, karena implementasinya tidak berada dalam cakupan atau kewenangan staf yang melakukan penilaian risiko.

“Kami Memiliki Daftar Risiko untuk Semua Proyek Besar”

Penggunaan daftar risiko sering kali merupakan langkah penting dalam keseluruhan proses manajemen risiko. Namun, daftar risiko tidak cukup dalam beberapa kasus, sehingga diperlukan model risiko yang lengkap. Pembaca dirujuk ke pembahasan di awal Bab 4 dalam hal ini.

“Kami Menjalankan Sensitivitas dan Skenario: Mengapa Melakukan Lebih Banyak?”

Analisis sensitivitas dan skenario, dan implementasinya, tidak diragukan lagi sudah tidak asing lagi bagi sebagian besar pembaca. Keduanya memang merupakan alat yang ampuh dalam beberapa konteks. Teknik-teknik ini, hubungannya dengan risiko dan simulasi, dan implementasi Excel-nya dijelaskan secara terperinci dalam Bab 6. Di sini, kami hanya mencatat beberapa keterbatasan utamanya:

- Model yang dirancang dengan menggunakan metode sensitivitas atau skenario tradisional (atau proses berpikir) biasanya tidak akan dapat menangkap profil risiko asli

atau skenario risiko yang mungkin dihadapi seseorang. Meskipun mungkin dapat mengatasi beberapa pertanyaan “Bagaimana jika?” pertanyaan, pertanyaan semacam itu umumnya tidak dapat dijawab untuk faktor risiko tertentu kecuali model telah dirancang dengan cara yang selaras dengan sifat risiko yang mendasarinya; hal ini dibahas secara terperinci dalam Bab 7.

- Tidak ada upaya eksplisit untuk menghitung kemungkinan yang terkait dengan nilai keluaran atau rentang penuh nilai yang mungkin (yang akan memerlukan beberapa masukan yang divariasikan secara bersamaan dan probabilitas yang dilampirkan pada variasi ini). Dengan demikian, dasar pengambilan keputusan berpotensi tidak memadai
- Hasil rata-rata tidak diketahui.
- Kemungkinan bahwa rencana kasus dasar (atau asumsi lain) dapat dicapai tidak diketahui.
- Tidak mungkin untuk mencerminkan toleransi risiko (atau persyaratan kontinjensi) secara memadai dalam keputusan.
- Tidak mudah untuk membandingkan satu proyek dengan yang lain.

Mereka tidak menunjukkan serangkaian kasus yang representatif. Misalnya, kasus dasar yang terdiri dari nilai-nilai yang paling mungkin, pada kenyataannya, biasanya tidak akan menunjukkan nilai keluaran yang paling mungkin; memang kasus dasar mungkin cukup jauh dari titik pusat rentang yang memungkinkan, seperti yang dibahas dalam Bab 4. Mereka tidak membedakan antara variabel yang tidak pasti dan yang harus dioptimalkan, dan karenanya mungkin gagal menyoroti kemungkinan keputusan yang penting.

5.2 MENGAPA HASIL SIMULASI TIDAK SELALU REALISTIS

Teknik simulasi telah diterapkan pada aplikasi bisnis selama beberapa dekade. Sayangnya, beberapa pengalaman tidak memberikan nilai tambah seperti yang seharusnya; dengan demikian, terkadang orang menghadapi skeptisisme mengenai manfaatnya. Di bagian ini, kami membahas beberapa masalah yang paling sering muncul dalam hal ini. Secara umum, salah satu alasan model risiko kehilangan kredibilitas dengan para pengambil keputusan senior adalah ketika hasil yang disajikan jelas salah, tidak intuitif, atau gagal lulus uji akal sehat.

“Semua Kasus Menguntungkan”

Hasil model simulasi berbasis risiko mungkin mengejutkan cukup umum untuk menunjukkan bahwa semua hasil yang mungkin menguntungkan atau cukup menguntungkan. Misalnya, seseorang mungkin memiliki simulasi arus kas total yang didiskontokan dalam sebuah proyek atau nilai sekarang bersihnya, di mana semua nilai dalam rentang hasil yang mungkin adalah positif. Hasil seperti itu umumnya tidak realistis: tidak mungkin dalam situasi bisnis praktis bahwa sebuah proyek akan tetap berhasil bahkan dalam skenario terburuk.

Seseorang akan sangat beruntung untuk terlibat dalam bisnis seperti itu! Tentu saja, nilai masa depan suatu proyek mungkin positif dalam semua kasus jika investasi historis tidak disertakan dalam perhitungan; di sini kita mengacu pada keseluruhan cakupan proyek. Namun demikian, ketika dihadapkan dengan kasus seperti itu, seseorang dapat melakukan latihan mental atau diskusi kelompok untuk mengidentifikasi apa yang mungkin terjadi dalam skenario

terburuk atau serangkaian kemungkinan skenario terburuk atau buruk: jika seseorang bahkan tidak dapat membayangkan satu skenario pun di mana proyek gagal, maka pemikirannya mungkin terlalu sempit yaitu tidak semua biaya atau variabel lain, dan/atau risiko dan ketidakpastian telah diperhitungkan, atau akan sangat jelas secara intuitif bahwa proyek tersebut merupakan proposisi tanpa perlu berpikir panjang dan tidak diperlukan analisis sama sekali!

Faktanya, hampir selalu (dengan beberapa pemikiran yang benar-benar bermaksud baik dan disiplin), seseorang dapat dengan mudah membayangkan hasil di mana suatu proyek akan gagal (ketika seluruh rangkaian biaya disertakan), tetapi "hanya" model tersebut tidak menangkap perilaku situasi yang benar. Salah satu tantangan (yang juga disebutkan kemudian) adalah proses edukasi dan komunikasi di mana manajemen tingkat tinggi harus siap melihat berbagai kemungkinan hasil yang dalam beberapa kasus proyek tidak terlalu berhasil atau bahkan gagal.

“Kisaran Hasil Terlalu Sempit”

Pengamatan lain yang sering terjadi tentang keluaran beberapa model risiko adalah bahwa kisaran yang dihasilkan terlalu sempit dibandingkan dengan intuisi atau data historis seseorang. Jika demikian halnya, kredibilitas proses pemodelan risiko dapat dipertanyakan. Ada banyak kesamaan antara pendorong ini dan masalah di atas di mana model menunjukkan bahwa semua kasus menguntungkan:

- Nilai yang digunakan untuk mengisi kisaran risiko masukan mungkin terlalu sempit. Secara khusus, penggunaan kisaran variasi default yang telah ditetapkan sebelumnya (seperti $\pm 25\%$), daripada mempertimbangkan (atau menggunakan) data untuk memperkirakan kisaran sebenarnya, merupakan risiko potensial. Misalnya, beberapa anggaran biaya melampaui angka dasar mereka dengan faktor lima (+400%), bahkan pada tingkat agregat; rentang yang mungkin untuk masing-masing item baris mungkin sering kali lebih luas dari ini. Selain itu, derivasi parameter rentang dengan mengacu pada angka kasus dasar, bukan dengan estimasi terpisah, akan berarti bahwa setiap bias dalam angka dasar juga tercermin dalam model risiko.
- Risiko kejadian mungkin telah diabaikan atau dikecualikan, seperti yang mungkin hanya terjadi pada 20% kasus; pencantumannya sering kali akan menghasilkan "risiko ekor" dan rentang yang lebih luas.
- Ketergantungan tidak tercermin dengan benar dalam model; misalnya, jika risiko atau dampaknya dalam kenyataan umumnya terjadi bersamaan atau mengambil (misalnya) nilai tinggi secara bersamaan, maka jika ini juga tidak tercermin dalam model, rentang untuk output akan ditangkap secara tidak benar (mungkin terlalu sempit atau terlalu lebar tergantung pada apa yang dihitung dan sifat ketergantungan sebenarnya). Demikian pula, jika suatu model terlalu rinci, maka akan sulit untuk menangkap semua ketergantungan yang relevan antara item, yang mengakibatkan rentang estimasi yang salah (ini sering kali merupakan hasil dari mengabaikan pendorong risiko yang mendasarinya, seperti yang dibahas lebih lanjut dalam Bab 7).
- Ketidaksimetrisan proses tidak tertangkap, misalnya seseorang menggunakan rentang

$\pm 10\%$ (seperti yang sering terjadi dalam analisis sensitivitas), sedangkan rentang sebenarnya yang mungkin adalah dari -10% hingga $+50\%$.

5.3 MANFAAT DAN KETERBATASAN MODEL RISIKO

Meskipun ada beberapa tantangan pemodelan dalam konteks risiko, dalam banyak kasus, model yang dapat dibangun adalah model yang sederhana namun kuat dan bernilai tambah. Tentu saja, tidak ada model yang sempurna, dan beberapa model lebih baik atau lebih berguna daripada yang lain (lihat Bab 7 untuk pembahasan lebih lanjut). Meskipun demikian, model apa pun dapat dikritik atau ditentang secara prinsip, seperti yang dibahas di bawah ini.

“Kita Harus Menghindari Kotak Hitam yang Rumit!”

Terkadang diklaim bahwa pemodelan risiko menggunakan simulasi melibatkan pembuatan model yang terlalu rumit untuk dipahami kebanyakan orang, dan model tersebut menjadi “kotak hitam” yang tidak transparan yang hanya dapat dipahami oleh pembuat model (paling banter), sehingga model tersebut tidak dapat diandalkan dan tidak dapat ditinjau atau dipertanyakan oleh orang lain. Memang benar bahwa model risiko dalam beberapa hal lebih kompleks daripada model statis

Mungkin ada area pengetahuan atau kemampuan tambahan yang perlu dipelajari, seperti konsep statistik dan probabilitas, penerapan dan interpretasinya, serta (mungkin) teknik pemodelan, misalnya penggunaan fungsi pencarian Excel atau pengodean VBA yang lebih canggih, agar dapat menangkap logika dinamis yang sering (idealnya) diperlukan dalam model risiko. Sifat dan tingkat pengetahuan yang diperlukan, tentu saja, akan bergantung pada peran seseorang dalam proses tersebut (analisis pemodelan, pakar teknis, atau pembuat keputusan).

Area masukan biasanya lebih besar daripada model statis yang sesuai; umumnya akan berisi parameter untuk distribusi atau rentang, serta kasus dasar. Selain itu, mungkin perlu mencerminkan semua item dan parameter yang terkait dengan keputusan yang relevan (keputusan mitigasi dan respons risiko, dan keputusan proyek umum). Di sisi lain, baik proses mengidentifikasi risiko maupun mencerminkannya dalam sebuah model harus menciptakan lebih banyak transparansi, bukan sebaliknya: misalnya, masukan lintas fungsi, proses yang lebih formal, dan pemisahan rentang risiko dari kasus dasar adalah langkah-langkah yang semuanya menjelaskan potensi logika atau bias yang salah.

“Semua Model Salah, Terutama Model Risiko!”

Setiap bentuk pemodelan baik pemodelan risiko maupun pemodelan statis memiliki beberapa ambiguitas yang melekat padanya: model adalah penyederhanaan realitas dan karenanya selalu salah, atau dikenal sebagai kesalahan model, dan pada dasarnya merupakan pernyataan hipotesis tentang hakikat realitas. Jadi, untuk membangun model dengan akurasi yang wajar, seseorang harus memahami situasi sampai tingkat tertentu penggerak utama, interaksi, dll. Di sisi lain, jika suatu situasi dipahami dengan sempurna, model tidak diperlukan.

Ada komponen eksploratif penting dalam membangun model yang sering kali diremehkan atau diabaikan: proses membangun model dapat menghasilkan wawasan dan intuisi baru, dan dengan demikian membantu mencapai rasionalitas dan intuisi yang seimbang

(dan selaras) dalam proses pengambilan keputusan. Tentu saja, ada kasus-kasus di mana keluaran model terlalu diandalkan, dengan pertimbangan yang tidak memadai terhadap faktor-faktor yang umumnya tidak dapat dimasukkan secara eksplisit dalam model: biasanya setiap model hanya valid dengan konteks yang diasumsikan, biasanya secara implisit, dan tidak terdokumentasi.

Misalnya, sebagian besar model keuangan secara implisit mengasumsikan bahwa perangkap likuiditas tidak terjadi, dan bahwa pembiayaan kembali akan selalu ada sebagai suatu kemungkinan. Beberapa kegagalan keuangan besar dapat dikatakan terkait dengan masalah-masalah tersebut seperti Krisis Keuangan 2008, atau kegagalan dana lindung nilai Long Term Capital Management pada tahun 1998. Pada prinsipnya, secara umum tidak ada perbedaan nyata antara membangun model risiko yang berguna atau model statis tradisional yang berguna, dan akan ada situasi dalam praktik di mana model risiko yang berguna tidak dapat dibangun. Masalah ini dibahas lebih rinci dalam Bab 7.

“Dapatkan Anda Membuktikan Bahwa Itu Benar-Benar Berhasil?”

Identifikasi langkah-langkah respons risiko yang tepat merupakan manfaat yang cukup nyata dari proses penilaian risiko. Di sisi lain, beberapa manfaat dari proses tersebut kurang nyata: tidak mudah untuk membuktikan bahwa keputusan tertentu benar atau tidak (kecuali dalam kasus ekstrem, misalnya, ketika tidak semua hasil merupakan hasil yang diinginkan). Memang, seseorang dapat membuat keputusan yang didasarkan pada alasan rasional, dengan profil risiko yang optimal, tetapi masih menemukan bahwa terjadinya risiko residual mengarah pada hasil yang tidak menguntungkan.

Dengan demikian, tantangan utamanya adalah membedakan keputusan yang baik dari hasil yang baik (dan juga keputusan yang buruk dari hasil yang buruk). Meskipun banyak organisasi telah menerapkan analisis risiko ke dalam proses pengambilan keputusan mereka dan lebih yakin dengan keputusan mereka, menemukan bukti kuat bahwa keputusan tersebut lebih baik (atau bahwa organisasi tersebut bahkan berkinerja lebih baik) tidaklah mudah. Tidaklah cukup untuk membandingkan kinerja organisasi yang menggunakan metode penilaian risiko dengan organisasi yang tidak menggunakannya. Ujian yang sebenarnya adalah apakah organisasi tertentu menjadi lebih efektif dan sukses daripada yang seharusnya.

Dengan demikian, seseorang harus membandingkan kinerja organisasi yang sama dengan dirinya sendiri (dalam kasus di mana penilaian risiko digunakan dan tidak digunakan), yang dalam praktiknya tidak dapat dilakukan. Seseorang dapat memikirkan sebuah analogi di mana seseorang bertujuan untuk menilai apakah orang yang menerima perawatan kesehatan memiliki kesehatan yang lebih baik daripada mereka yang saat ini tidak menerima perawatan.

Pada tingkat populasi (makro), orang yang menerima perawatan cenderung kurang sehat daripada orang yang tidak menerima perawatan (tentu saja akan ada beberapa pengecualian pada tingkat individu). Namun, pada tingkat mikro, individu yang menerima perawatan umumnya memiliki kesehatan yang lebih baik setelah perawatan daripada sebelumnya. Dengan demikian, efektivitas pengobatan hanya dapat diamati melalui studi mikro (misalnya uji klinis dengan banyak pasien dalam tahap pengembangan obat, dan kemudian studi pasien tertentu setelah pengobatan dipasarkan). Namun, studi analog jauh

lebih sulit dilakukan dalam konteks bisnis nyata.

“Mengapa Repot-repot Merencanakan Hal-hal yang Mungkin Tidak Akan Terjadi?”

Salah satu keberatan yang terkadang diajukan tentang penilaian risiko adalah bahwa seseorang “berencana untuk kalah”: suatu risiko (terutama risiko kejadian) mungkin tidak akan terjadi, sedangkan biaya mitigasi (misalnya mengurangi kemungkinan atau dampaknya) merupakan biaya pasti jika tindakan tersebut diterapkan:

- Dapat muncul sikap bahwa mungkin lebih baik tidak menghabiskan waktu dan sumber daya untuk membahas, mengidentifikasi, dan memitigasi hal-hal yang mungkin tidak akan terjadi, tetapi lebih baik menunggu saja hingga hal-hal tersebut (mungkin) terjadi dan kemudian menangani konsekuensinya: mengapa mengeluarkan biaya tambahan untuk menangani masalah yang mungkin tidak akan muncul?
- Sikap seperti itu sering kali diperkuat oleh masalah yang terkait dengan akuntabilitas: ketika suatu risiko benar-benar terwujud, seseorang mungkin berpendapat bahwa itu tidak dapat diramalkan atau kami hanya tidak beruntung atau bahwa seseorang lain tidak melakukan tugasnya, atau lingkungan eksternal berubah secara tidak terduga.

Dengan demikian, mungkin lebih kredibel secara organisasi untuk tidak mengeluarkan uang untuk mitigasi risiko (atau menunda proyek hingga informasi lebih lanjut tersedia) daripada mengeluarkan uang untuk mengurangi kemungkinan sesuatu yang mungkin tidak akan terjadi. Oleh karena itu, seseorang yang menentang penerapan penilaian risiko atau langkah-langkah mitigasi mungkin dapat memposisikan diri mereka sebagai pihak yang bertindak demi kepentingan organisasi menjaga biaya tetap rendah, melaksanakan proyek dengan cepat, dll.

Jika risiko tersebut benar-benar terjadi, mereka mungkin juga dapat tidak hanya melindungi diri dari kesalahan apa pun tetapi juga memanfaatkan kejadian tersebut dengan, pada saat itu, mengambil peran utama dalam menangani konsekuensinya, dan dengan demikian dianggap sebagai orang yang bertindak.

5.4 BEKERJA SECARA EFEKTIF DENGAN PROSES DAN PROSEDUR YANG DITINGKATKAN

Secara umum, penerapan proses penilaian risiko formal memerlukan pekerjaan tambahan, misalnya sebagai minimum:

- Persyaratan yang lebih tepat mengenai definisi risiko yang diperlukan untuk pendekatan kuantitatif berarti bahwa beberapa iterasi tambahan dari tahapan proses biasanya diperlukan.
- Hal ini dapat mengarah pada identifikasi area di mana informasi atau penelitian tambahan diperlukan, atau di mana data tambahan atau keahlian eksternal diperlukan, atau menimbulkan masalah yang memerlukan komunikasi internal atau otorisasi lebih lanjut.
- Seseorang secara umum akan diminta untuk mencari masukan dari staf yang lebih luas (seperti tim lintas fungsi) untuk mengidentifikasi risiko dan menilai tindakan mitigasi.

Memilih Proyek, Pendekatan, dan Tahap Keputusan yang Tepat

Jelas, penting bahwa setiap upaya yang dilakukan dalam proses tersebut memiliki hasil dalam bentuk nilai yang dihasilkan: sama seperti tidak masuk akal untuk melakukan penilaian

risiko yang rumit pada situasi yang sederhana, demikian pula tidak bijaksana untuk tidak melakukannya untuk proyek yang besar dan kompleks. Faktanya, untuk banyak proyek, upaya dan investasi tambahan akan mewakili proporsi yang sangat kecil dari total investasi proyek, terutama jika prosesnya diatur secara efisien. Dengan demikian, semakin signifikan kebutuhan untuk penilaian risiko, semakin formal dan canggih pendekatan yang dipilih.

Dalam praktiknya, setiap organisasi tertentu kemungkinan perlu mengembangkan kriteria seperti batasan ukuran proyek untuk memutuskan pendekatan penilaian risiko mana yang paling sesuai untuk proyek tertentu. Kriteria tersebut mungkin dapat diselaraskan sampai batas tertentu dengan yang digunakan dalam proses yang ada seperti yang menentukan kapan suatu proyek memerlukan persetujuan tingkat Dewan. Sebagian besar organisasi besar memiliki sistem gerbang untuk mengesahkan proyek, dengan proyek yang harus melewati serangkaian gerbang (atau rintangan) sebelum persetujuan definitif diberikan, dan di mana investasi dan sumber daya lainnya dikomitmenkan:

- Langkah awal (sebelum proyek melewati sistem gating) biasanya merupakan proses nonformal yang melibatkan serangkaian diskusi dan rencana mengenai proyek potensial dan perkiraan manfaat serta biaya untuk melakukannya. Berbagai opsi dan alternatif strategis dapat didiskusikan dan dibandingkan pada tahap ini.
- Setelah proyek tampak lebih sesuai untuk dikejar lebih lanjut, sistem gating dapat dimasuki (kriteria dan tingkat detail yang tepat yang diperlukan untuk melewati satu gerbang ke gerbang berikutnya akan bergantung pada organisasi dan konteks bisnis tertentu)
- Pengalihan formal suatu proyek ke dalam sistem gating akan menjadi sinyal (dan mungkin persyaratan) bahwa lebih banyak staf harus dilibatkan.
- Anggaran mungkin perlu disahkan untuk menutupi biaya proses perencanaan yang lebih terperinci, dan beberapa sumber daya mungkin perlu dikomitmenkan secara formal untuk menganalisis proyek secara lebih terperinci.
- Saat proyek berjalan melalui gerbang, diperlukan peningkatan penelitian, pekerjaan, dan perencanaan umum, misalnya di bidang-bidang seperti riset pasar, pengembangan produk, desain teknik, perencanaan produksi dan manufaktur, hubungan dengan mitra, koordinasi awal dengan pihak ketiga, lembaga pemerintah, perencanaan infrastruktur, aktivitas perencanaan desain dan konstruksi, dan sebagainya.

Tantangan dalam hal ini adalah adanya kekuatan yang saling bersaing dalam hal menemukan keseimbangan yang tepat antara penggunaan penilaian risiko terlalu dini dan terlalu lambat dalam proses (dan dalam bentuk apa menggunakannya pada setiap tahap). Alasan yang mendukung penggunaan teknik-teknik tersebut di awal proses meliputi:

- Penilaian risiko berperan penting dalam mengoptimalkan desain dan struktur proyek, serta menetapkan tujuan, target, dan kontinjensi yang tepat untuk proyek-proyek tersebut.
- Melakukan hal tersebut sesuai dengan praktik manajemen yang mapan untuk bekerja lebih cerdas pada tahap-tahap awal (hulu) dari proyek-proyek multi-tahap dan proses pengambilan keputusan.

- Untuk mengambil kasus yang ekstrem, jelas untuk proyek yang besar dan kompleks, tidak masuk akal untuk mempertimbangkan risiko hanya setelah proyek tersebut diotorisasi (atau bahkan pada tahap terakhir sebelum otorisasi), yang dapat mengakibatkan penolakan proyek setelah banyak pekerjaan pengembangan, waktu, dan biaya telah diinvestasikan.

Salah satu alasan untuk menggunakan teknik tersebut hanya pada tahap selanjutnya adalah karena model kuantitatif yang lengkap dan terperinci pada setiap opsi proyek sejak tahap paling awal dalam pertimbangan opsi tersebut tidaklah praktis: hal ini menciptakan pekerjaan ekstra, serta dapat mengganggu dan merusak beberapa proses yang lebih kreatif dan fleksibel yang dibutuhkan pada tahap awal, seperti memastikan bahwa serangkaian opsi keputusan yang lengkap dan beragam sedang dipertimbangkan.

Mengelola Harapan Peserta

Penerapan penilaian risiko biasanya melibatkan partisipasi banyak pemangku kepentingan dan pakar, termasuk sumber daya lintas fungsi. Umumnya penting untuk menetapkan harapan sejak awal tentang proses dan komitmen waktu yang mungkin diperlukan. Jika tidak, situasi dapat muncul di mana peserta proses mungkin merasa bahwa kontribusi mereka terhadap penilaian risiko lintas fungsi telah selesai setelah risiko diidentifikasi, dan rencana mitigasi diterapkan.

Bahkan, masukan mereka mungkin diperlukan pada tahap selanjutnya, terutama dalam pendekatan kuantitatif; dengan demikian, peserta mungkin menjadi frustrasi (atau tidak mau bekerja sama semaksimal kemampuan mereka), karena mereka diminta untuk memberikan masukan tentang aspek-aspek yang mereka rasa telah diselesaikan, dan kesan kurangnya arahan atau organisasi dapat terjadi. Secara khusus, penting untuk memperjelas bahwa:

- Penilaian risiko harus menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari semua aktivitas proyek.
- Prosesnya, pada dasarnya, bersifat iteratif.
- Seiring dengan perkembangan proyek, hasil tambahan diperlukan:
- Berbagai tahap sistem gating informal dan formal akan memiliki persyaratan yang berbeda.
- Pendekatan yang digunakan, dan ketepatan yang diperlukan terkait definisi risiko, kemungkinan akan berubah; terutama saat seseorang beralih dari manajemen risiko item baris kualitatif ke pemodelan risiko penuh.
- Sasaran dapat berubah, meskipun telah ditetapkan dengan jelas di awal. Misalnya, setelah beberapa hasil penilaian risiko dilihat oleh manajemen senior, hal itu dapat membangkitkan keinginan untuk menuntut lebih, seperti membuat model risiko penuh. Ini dapat berarti bahwa peninjauan ulang tahapan proses menjadi perlu, meskipun upaya terbaik telah dilakukan untuk mengklarifikasi sasaran sejak awal.
- Peserta kemungkinan besar harus memberikan masukan tambahan dan membuat asumsi tambahan saat proses berlangsung dan hasilnya tersedia.

Standardisasi Proses dan Model

Salah satu tantangan utama adalah memutuskan bagian mana dari proses yang harus distandarisasi dan mana yang harus dibiarkan lebih terbuka. Hal ini khususnya relevan dengan kuantifikasi risiko dan pembangunan model:

- Pada prinsipnya, seseorang perlu memberikan fleksibilitas dan kreativitas dalam analisis, agar dapat mencerminkan struktur risiko sebenarnya dari situasi yang dihadapi, yang mungkin merupakan situasi yang kompleks dan biasanya akan berubah dari satu proyek ke proyek lainnya. Tantangan dalam hal ini adalah memastikan bahwa para peserta yang ditugaskan untuk membangun model kuantitatif terkait benar-benar memiliki keterampilan dan kemampuan yang tepat untuk melakukannya.
- Di sisi lain, khususnya ketika pengenalan penilaian risiko masih dalam tahap awal, mungkin lebih efektif untuk bekerja dengan templat standar (terutama bagi para peserta yang kurang familier dengan konsep tersebut), sementara penciptaan pemahaman, format, dan alat yang umum sedang dibuat. Tantangan di sini adalah untuk menghindari latihan mencentang kotak, atau pekerjaan yang bernilai tambah rendah.

Tentu saja, setelah penilaian risiko tertanam dalam suatu organisasi, proses, dan budayanya, ruang lingkup untuk pendekatan yang lebih kreatif seharusnya sudah tersedia; di sisi lain, untuk mencapai tahap ini, seseorang tidak boleh melakukan penyederhanaan berlebihan sampai-sampai nilai tambahnya dianggap rendah.

5.5 PROSES MANAJEMEN, BUDAYA DAN MANAJEMEN PERUBAHAN

Mungkin tantangan terbesar (tetapi sering diabaikan) dalam mencapai keberhasilan implementasi proses penilaian risiko formal (terutama yang menggunakan pendekatan agregasi dan pemodelan penuh) adalah perlunya perubahan dalam praktik manajemen di banyak tingkatan. Beberapa di antaranya dibahas dalam bagian ini.

Integrasi dengan Proses Keputusan

Mungkin adil untuk mengatakan bahwa beberapa aktivitas penilaian risiko sudah berlangsung dalam banyak proyek bisnis yang ada, tetapi hasilnya tidak dikomunikasikan secara eksplisit ke tingkat manajemen yang lebih tinggi:

- Jika seorang individu atau tim proyek menggunakan penilaian risiko sebagai alat untuk mendukung desain proyek (seperti yang dibahas dalam Bab 1 dan 2), maka hasilnya dapat secara langsung dan implisit tercermin dalam proyek dasar yang dimodifikasi. Rincian eksplisit penilaian mungkin tidak pernah didiskusikan dengan manajemen yang lebih tinggi secara terperinci.
- Komunikasi ke atas pada dasarnya bersifat ringkas, dengan fokus pada poin-poin utama, dan jika risiko dianggap tidak penting dalam proyek tertentu, maka hal ini mungkin bukan area fokus.
- Di banyak organisasi, terdapat norma budaya yang kuat bahwa yang terbaik adalah mengomunikasikan pesan positif ke atas; dengan demikian, risiko biasanya tidak berada di urutan teratas daftar diskusi (namun, terkadang seseorang dapat

membangkitkan diskusi tentang risiko dalam istilah positif).

Namun, secara umum, penggunaan penilaian risiko tidak akan mencapai manfaat penuhnya kecuali ada komunikasi yang lebih eksplisit dengan manajemen, dengan hasil yang digunakan sebagai dasar inti untuk pengambilan keputusan:

- Untuk mencapai perbandingan yang adil antara proyek, biaya dan manfaat tindakan respons risiko perlu dimasukkan dalam semua proyek (untuk menghindari proyek yang mengabaikan atau meremehkan sebagian atau semua risiko utamanya).
- Biasanya, otorisasi dan penerapan banyak langkah respons risiko utama akan memerlukan keterlibatan manajemen tingkat tinggi
- Anggaran tambahan atau aktivitas lintas fungsi mungkin diperlukan, atau modifikasi target seperti tanggal penyelesaian proyek mungkin perlu dipertimbangkan.
- Keputusan akhir tentang otorisasi proyek perlu mencerminkan biaya dan manfaat dari langkah-langkah tersebut, dan karenanya mungkin perlu dilakukan lebih lambat dari waktu saat langkah-langkah tersebut diotorisasi.
- Untuk mencerminkan toleransi risiko dalam pengambilan keputusan secara terstruktur, setidaknya beberapa komunikasi tentang kemungkinan kisaran keluaran akan diperlukan.

Memastikan Keselarasan Proses Penilaian Risiko dan Pemodelan

Secara umum, akan ada beberapa bentuk spesialisasi kegiatan dalam proyek penilaian risiko; yaitu, berbagai spesialis teknis dan proyek akan terlibat dalam diskusi satu lawan satu dan kelompok, serta dalam kegiatan lintas fungsi lainnya seperti yang dibahas dalam Bab 2 mungkin juga ada anggota tim yang ditugaskan khusus untuk kegiatan pemodelan. Jelas bahwa pembangunan model tanpa pengetahuan yang tepat tentang risiko kemungkinan akan mengarah pada model yang tidak tepat untuk memenuhi kebutuhan tim proyek dan pembuat keputusan.

Sangat tidak mungkin bahwa model yang dibangun tanpa keselarasan yang tepat dengan proses penilaian risiko umum akan berisi variabel yang tepat, dibangun pada tingkat detail yang tepat, atau memiliki rumus yang cukup fleksibel untuk memasukkan dampak risiko di dalamnya, atau untuk memungkinkan risiko tambahan untuk segera dimasukkan di dalamnya. Di sisi lain, mungkin sulit bagi analis pemodelan untuk menerima masukan yang diperlukan dari tim penilaian risiko umum:

- Ada banyak aktivitas dalam proses penilaian risiko umum yang tidak memerlukan masukan khusus dari aktivitas pemodelan risiko kuantitatif. Secara khusus, banyak aspek identifikasi risiko dan perencanaan mitigasi mungkin tidak memerlukan masukan apa pun dari aktivitas pemodelan atau kuantifikasi.
- Banyak praktik manajemen risiko yang mapan tidak memerlukan aktivitas pemodelan atau agregasi khusus (lihat Bab 3), sehingga bahkan praktisi penilaian risiko yang berpengalaman mungkin kurang terpapar pada isu-isu yang harus ditangani dalam konteks pemodelan risiko.
- Analis pemodelan akan sering dianggap sebagai tambahan bagi tim, bukan bagian inti darinya, dan kemungkinan juga lebih muda dari banyak peserta proses dalam hal

hierarki dan wewenang organisasi.

Dengan demikian, sering kali terjadi bahwa tim proses umum (yang difokuskan pada manajemen mitigasi risiko) mungkin kurang dianggap perlu atau memiliki insentif untuk mengubah sifat aktivitasnya guna mengakomodasi kebutuhan aktivitas pemodelan. Oleh karena itu, ada kemungkinan bahwa aktivitas yang dilakukan dalam proses penilaian risiko umum tidak tercermin dengan baik dalam aktivitas pemodelan, karena kurangnya komunikasi atau insentif bersama (atau tanggung jawab) untuk keseluruhan keluaran proses.

Ini bukan berarti bahwa tim yang melakukan aktivitas penilaian risiko umum tidak memiliki insentif untuk berinteraksi dengan tepat dengan aktivitas pemodelan. Namun, insentif tersebut pada dasarnya jauh lebih lemah daripada insentif analisis pemodelan untuk mendapatkan masukan yang tepat dari proses umum. Memang, tim penilaian risiko umum akan memiliki beberapa insentif dalam hal ini karena proses yang dilakukan secara terpisah dari aktivitas pemodelan juga akan dilakukan secara tidak efisien sampai batas tertentu:

- Umumnya tidak akan ada kesesuaian antara keluaran dari proses penilaian risiko umum (seperti risiko yang teridentifikasi) dan model kuantitatif, yang dapat mengurangi kredibilitas kedua proses tersebut.
- Tim proyek yang merencanakan aktivitas dan langkah-langkah mitigasi, tetapi anggaran dan persyaratan sumber daya yang dibutuhkan tidak tercermin dalam model, mungkin menemukan bahwa langkah-langkah tersebut tidak tersedia untuk diimplementasikan setelah proyek diotorisasi (atau pengeluaran proyek kemudian akan melebihi jumlah yang direncanakan, tanpa risiko yang terwujud, karena angka dasar yang direncanakan akan lebih rendah).
- Kemungkinan akan ada kebutuhan untuk pengerjaan ulang proses yang signifikan jika para pengambil keputusan ingin melihat hubungan yang jelas antara keluaran model dan proses penilaian risiko umum. Misalnya, seperti yang dibahas dalam Bab 3, proses penilaian risiko tidak akan dilakukan dengan tujuan yang jelas mengenai persyaratan definisi risiko (misalnya untuk menghindari penghitungan ganda, tumpang tindih, ketergantungan penangkapan, dll.), dan begitu banyak langkah proses mendasar mungkin perlu ditinjau kembali untuk mengidentifikasi risiko dengan cara yang tepat.

Dengan demikian, jika model risiko kuantitatif diperlukan sebagai keluaran dari proses umum, maka keberhasilan masing-masing akan ditentukan oleh koordinasi dan penyelarasan yang erat antara proses-proses tersebut. Meskipun demikian, peserta proses umum (yang biasanya lebih senior) umumnya memiliki kebutuhan bawaan yang jauh lebih lemah untuk penyelarasan aktivitas tersebut daripada analisis pemodelan.

Dengan demikian, menjadi kewajiban para pemimpin proses dan manajemen senior untuk menentukan pendekatan yang akan digunakan sehubungan dengan kuantifikasi risiko, dan untuk memastikan bahwa semua peserta dalam proses tersebut terlibat dengan tepat dan memiliki tujuan yang jelas mengenai peran, dan kebutuhan, untuk pemodelan risiko yang diidentifikasi.

Implementasi dari Bawah ke Atas atau dari Atas ke Bawah?

Tentu saja, setiap implementasi yang berhasil perlu memiliki dukungan bawah ke atas

yang signifikan dan asli. Selain itu, mungkin adil untuk mengatakan bahwa peran manajemen harus jauh lebih proaktif daripada sekadar mendukung inisiatif bawah ke atas; manajemen senior perlu mendorong implementasi untuk mewujudkannya. Dengan banyaknya tantangan yang berkaitan dengan proses dan budaya organisasi, implementasi "top-down" yang kuat hampir selalu diperlukan (jika penggunaan dan penerimaan pemodelan risiko akan meluas ke dalam organisasi, dan tidak hanya dilakukan oleh beberapa individu tertentu).

Banyak tantangan yang jika tidak demikian akan sulit diatasi oleh individu atau kelompok kecil orang yang berpikiran sama, dan yang lainnya akan menciptakan kesulitan tambahan yang secara keseluruhan mungkin juga terlalu sulit untuk diatasi. Contoh cara penerapan yang dapat didorong dari atas ke bawah meliputi:

- Memastikan bahwa tujuan dari setiap proyek penilaian risiko dijelaskan dengan jelas. Secara khusus, jika aktivitas pemodelan kuantitatif diinginkan, peserta proses perlu memberikan masukan tambahan (atau yang dimodifikasi) ke dalam proses, seperti yang dibahas sebelumnya.
- Menyusun pedoman (wajib) tentang keluaran model risiko apa yang diperlukan pada setiap tahap sistem gating atau proses pengambilan keputusan.
- Menyertakan metrik berbasis risiko dalam rencana jangka menengah dan panjang yang diperlukan, dan dalam beberapa indikator kinerja utama atau insentif.
- "Menerapkan apa yang dikatakan": menyediakan anggaran, sumber daya manusia, dan pelatihan untuk memungkinkan peserta menerapkan pekerjaan tambahan dan teknik baru yang umumnya diperlukan, dan menyediakan waktu untuk analisis tersebut dalam kerangka waktu perencanaan.
- Memberikan penghargaan atas inisiatif proaktif dari bawah ke atas (dan terlihat melakukannya). Staf yang secara proaktif menjalankan proses ini dapat diberikan penghargaan dalam satu bentuk atau lainnya; ini dapat berkisar dari "pemberian hadiah" informal hingga pengakuan formal (dengan sistem insentif, pengembangan karier, dan promosi), serta pemberian kelonggaran untuk memungkinkan beberapa pembelajaran yang didorong oleh kesalahan.

Mendorong Masalah untuk Ditingkatkan: Jangan Tembak Pembawa Pesan!

Jika norma budaya mengharuskan staf tingkat bawah umumnya lebih suka menyampaikan cerita optimis kepada manajemen tingkat atas, masalah mudah disembunyikan hingga menjadi kritis (atau terlambat), dan asumsi menjadi terlalu optimis. Memang, sikap manajemen seperti "berikan saya solusi, bukan masalah" adalah hal yang umum:

- Sikap seperti itu dapat dibenarkan, misalnya jika manajemen merasa bahwa staf tingkat bawah belum cukup memikirkan situasi dengan sungguh-sungguh, dan berharap mereka melipatgandakan upaya mereka.
- Dalam kasus lain, jika tim proyek telah melakukan semua yang dapat dilakukannya untuk mengembangkan langkah-langkah respons risiko dan memerlukan otorisasi tingkat senior agar dapat diterapkan, sikap seperti itu umumnya tidak dapat dibenarkan.

Meskipun mungkin disarankan bagi staf tingkat bawah (sejauh mungkin) untuk berupaya membingkai komunikasi mereka dalam istilah positif (misalnya "ketidakpastian" mungkin kurang negatif daripada "risiko" dan "peluang untuk meningkatkan kinerja proyek" adalah sisi lain dari mitigasi risiko atau tindakan respons risiko), ada tanggung jawab pada semua lapisan manajemen untuk mencapai tingkat pendelegasian yang sesuai untuk tanggung jawab proyek, sementara terbuka terhadap risiko yang meningkat.

Misalnya, manajemen dapat mengomunikasikan bahwa mereka mengharapkan untuk melihat berbagai kemungkinan hasil di mana dalam beberapa kasus proyek tidak sukses yang diinginkan atau gagal, dan untuk melihat faktor-faktor penyebabnya. Selain itu, manajemen harus bersedia untuk "menyingsingkan lengan baju" untuk mendukung respons risiko yang tepat, dan tidak "menembak pembawa pesan".

Berbagai Akuntabilitas atas Keputusan yang Buruk

Sebagian besar organisasi (kecuali yang mungkin terkecil) memiliki pengambil keputusan yang terpisah dari peserta proses utama lainnya. Secara khusus, sering kali terdapat pemisahan antara manajemen senior dan mereka yang menyediakan informasi yang menjadi dasar pengambilan keputusan manajemen, serta pemegang saham dan pemangku kepentingan penting lainnya. Pemisahan ini dapat menghambat terciptanya keinginan untuk mendasarkan keputusan menggunakan metode objektif, seperti penilaian risiko kuantitatif yang kuat, dan lebih mengandalkan pengetahuan, penilaian, intuisi, dan bias mereka sendiri.

Secara khusus, seseorang dapat menduga bahwa selama biaya hasil yang buruk ditanggung secara tidak proporsional oleh orang lain, dan bahwa dasar pengambilan keputusan tertentu diterima secara luas sebagai sesuatu yang tepat (sehingga penggunaannya tidak dianggap sebagai kelemahan), maka keakuratan atau validitas dasar tersebut sebagian besar tidak relevan. Insentif bagi para pengambil keputusan untuk membuat keputusan yang benar-benar tepat dapat dikalahkan oleh faktor-faktor lain. Kasus-kasus seperti penerimaan luas atas prakiraan statis (serta Krisis Keuangan di awal abad ke-21) mungkin didorong oleh isu-isu tersebut.

Secara khusus, penggunaan metodologi prakiraan statis (yang memberikan prakiraan yang pada dasarnya selalu salah, meskipun diterima secara luas sebagai sebuah metodologi) mungkin lebih disukai oleh para pengambil keputusan dan juga menciptakan pembenaran atas penggunaan bias, intuisi, dan preferensi pribadi dalam proses pengambilan keputusan: jika proyek yang dimaksud dilaksanakan, maka akan muncul dua kasus:

- Proyek berjalan dengan baik (dalam arti bahwa kejadian risiko agregat tidak terlalu tidak menguntungkan); semua orang merasa puas, dan hasil yang menguntungkan akan dikaitkan dengan pengambilan keputusan yang baik, keterampilan, dan penyelesaian proyek yang kompeten
- Proyek berjalan buruk. Dalam kasus ini, hasilnya dapat disalahkan pada prakiraan yang buruk (di antara faktor-faktor lainnya), karena prakiraan statis pada umumnya tidak akan mencerminkan kasus seperti itu.

Di sisi lain, jika penilaian risiko yang menyeluruh dan kuat telah dilakukan sebelum proyek, maka penilaian risiko ini akan menunjukkan campuran hasil, sebagian positif dan sebagian

negatif. Jika hasil yang tidak menguntungkan terjadi (karena skenario risiko yang terwakili dalam model), maka atribusi terhadap prakiraan yang buruk tidak akan mungkin dilakukan. Jadi, sampai batas tertentu, penanaman pendekatan penilaian risiko dalam pengambilan keputusan manajemen menciptakan ukuran pengalihan akuntabilitas atas hasil yang buruk kepada para pembuat keputusan dengan cara yang tidak akan terlalu jelas tanpanya; hal ini dapat menimbulkan tantangan dan manfaat.

Memastikan Keselarasan dengan Insentif dan Sistem Insentif

Salah satu tantangan utama organisasi dalam menerapkan proses perencanaan berbasis risiko adalah memastikan bahwa konflik dengan sistem insentif diminimalkan. Sebagian besar situasi yang melibatkan risiko mengandung campuran item yang dapat dikendalikan dan tidak dapat dikendalikan: identifikasi dan penerapan langkah-langkah respons risiko dapat dikendalikan, sedangkan setelah langkah-langkah tersebut diterapkan kejadian aktual atau tingkat dampak risiko atau ketidakpastian tidak dapat dikendalikan.

Dengan kata lain, langkah respons akan (misalnya) mengubah kemungkinan atau dampak risiko atau ketidakpastian, tetapi tidak mengubah situasi mendasar mengenai apakah (atau dengan dampak apa) risiko atau ketidakpastian akan muncul. Tersirat dalam menetapkan insentif (yang tepat) adalah bahwa seseorang memiliki kendali atas aspek situasi yang diberi insentif. Memang, jika insentif ditetapkan dalam situasi di mana benar-benar tidak ada kendali, efek dari tindakan tersebut dapat memiliki konsekuensi negatif.

Hal ini dapat menimbulkan perasaan tidak adil ketika beberapa staf diberi bonus sementara yang lain (mungkin lebih cakap atau yang bekerja lebih keras) tidak diberi bonus. Secara umum, seseorang dapat membedakan antara dua kategori insentif:

- Insentif berbasis proses (atau aktivitas) tidak terkait dengan pencapaian beberapa sasaran sasaran, tetapi dengan proses yang dinilai penting untuk mencapainya. Misalnya, seorang manajer penjualan dapat diberi bonus karena membuat lebih dari jumlah kontak pelanggan baru yang ditentukan (terlepas dari tingkat penjualan aktual yang dicapai dalam jangka pendek); tentu saja, mungkin ada strategi jangka panjang di balik pemikiran tersebut. Hasilnya, meskipun buruk (tetapi dalam kisaran yang diprediksikan sebelumnya), tidak akan memengaruhi pemberian insentif selama semua proses dan tahap keputusan yang relevan diikuti dengan benar: jika penilaian risiko menyeluruh menunjukkan bahwa sebagian besar (tetapi tidak semua) kemungkinan hasil untuk proyek mendatang adalah baik, tetapi pada implementasi muncul hasil yang buruk karena faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan yang telah diidentifikasi dalam penilaian risiko, maka keputusan untuk melanjutkan belum tentu buruk.
- Insentif berbasis hasil, yang didasarkan pada hasil yang dicapai, yaitu keputusan dinilai berdasarkan hasilnya, bukan berdasarkan apakah keputusan tersebut pada dasarnya baik. Misalnya, seorang manajer penjualan dapat diberikan bonus jika ia mencapai target penjualan tertentu.

Banyak manajer memiliki intuisi (yang mengakar) untuk lebih menyukai insentif yang didorong oleh hasil. Hal ini mungkin didorong oleh fakta bahwa banyak situasi yang begitu rumit

sehingga tidak mungkin untuk menentukan semua skenario yang mungkin terjadi. Misalnya, pasar mungkin berubah begitu cepat dengan banyak kemungkinan inovasi produk baru atau masuknya pesaing (dalam jangka waktu yang berlaku untuk sistem insentif) sehingga sistem berbasis proses dapat melacak aktivitas yang tidak menghasilkan manfaat.

Di sisi lain, insentif berbasis hasil dapat mendorong staf untuk merespons secara dinamis dengan cara yang tepat, karena mereka menemukan cara inovatif untuk mencapai target mereka, bahkan jika sifat adaptasi tersebut tidak dapat diramalkan sebelumnya. Seseorang dapat berargumen bahwa dalam menghadapi risiko, insentif berbasis proses memiliki beberapa peran, karena beberapa elemen dari hasil berada di luar kendali peserta, bahkan jika mereka bertindak dengan cara terbaik yang dapat dibayangkan; tidak adil untuk menghukum nasib buruk yang sebenarnya (atau memberi penghargaan atas keberuntungan yang sebenarnya).

Oleh karena itu, bagian dari skema insentif berbasis proses dapat berupa memastikan bahwa analisis risiko digunakan pada waktu yang tepat oleh staf yang tepat. Seseorang dapat ditarik pada kesimpulan bahwa kedua pendekatan tersebut diperlukan secara umum, dengan beberapa bentuk pembobotan terhadap salah satu atau yang lain.

Alokasi dan Kepemilikan Anggaran Kontinjensi

Salah satu aplikasi terpenting dari penilaian risiko agregat adalah perhitungan kontinjensi yang diperlukan untuk dimasukkan dalam suatu rencana, seperti yang dibahas dalam Bab 4. Pada prinsipnya, dengan model risiko yang tepat, perhitungan jumlah kontinjensi pada tingkat proyek agregat menjadi mudah. Misalnya, seseorang dapat menganggarkan dengan mengacu pada P75 dari biaya proyek (dengan kontinjensi sebagai perbedaan antara angka ini dan kasus dasar). Dalam praktiknya, setelah jumlah kontinjensi ditentukan, masalah sering muncul mengenai apakah (atau bagaimana) mengalokasikan anggaran ini ke masing-masing komponen yang mendasarinya.

Dengan kata lain, angka total dihitung dengan mencerminkan ketidakpastian dalam setiap subproyek atau tugas proyek (atau departemen, wilayah geografis, unit bisnis, fase proyek, periode waktu, dll.) dan menggabungkan semuanya, sehingga seseorang dapat mengharapkan bahwa kontinjensi yang dihasilkan ini dialokasikan kembali kepada mereka. Tantangan dalam melakukan hal itu berhubungan langsung dengan pembahasan dalam Bab 4, di mana kami menunjukkan (misalnya Gambar 4.19) bahwa secara umum (karena efek diversifikasi) tidak ada pemetaan linier antara persentil agregat dan persentil masing-masing komponen. Jadi, misalnya, dalam kasus model dengan lima item (Gambar 4.21), P75 dari output menghasilkan kasus ketika input ditetapkan pada (kira-kira) nilai P60 mereka.

Oleh karena itu, alokasi anggaran agregat P75 (sehingga setiap komponen memiliki proporsi yang "adil") akan menghasilkan situasi di mana setiap komponen akan melebihi anggarannya dalam 40% kasus (sedangkan proyek agregat hanya akan melakukannya dalam 25% kasus). Jumlah tersebut dapat dianggap tidak mencukupi oleh staf yang bertanggung jawab atas komponen tertentu; mereka masing-masing mungkin menginginkan anggaran P75 untuk komponen mereka, yang akan menyebabkan total anggaran berada di sekitar titik P95-nya. Dengan demikian, terdapat konflik yang inheren, dengan kemungkinan penimbunan

sumber daya dan kontingensi yang berlebihan (seperti yang dibahas dalam Bab 4). Tidak ada solusi yang sempurna untuk hal ini, karena hal ini inheren dalam sifat diversifikasi dan efek kombinatorial yang terkait dengan ketidakpastian; dengan demikian, hal ini merupakan tantangan organisasi. Seseorang dapat mempertimbangkan untuk memusatkan anggaran pada tingkat proyek agregat, dengan berbagai tingkat keketatan:

- Simpan semua anggaran secara terpusat.
- Berikan setiap komponen anggaran dasarnya (tanpa kontingensi); setiap pengeluaran berlebih harus diotorisasi secara terpusat, dan mungkin hanya jika alasan pengeluaran berlebih yang diperlukan terkait dengan terwujudnya risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya (untuk memastikan insentif yang cukup untuk perencanaan yang cukup akurat pada tingkat komponen).
- Berikan setiap komponen beberapa kontingensi, sementara juga mempertahankan beberapa kontingensi secara terpusat. Hal ini mungkin lebih baik dari perspektif manajemen umum, untuk memberikan kebebasan bertindak kepada manajer tugas, dan untuk mengurangi biaya transaksi dari komunikasi yang sering dengan fungsi kontingensi pusat yang akan diperlukan, bahkan untuk pengeluaran berlebih dalam jumlah kecil.

Jelas, pilihan tersebut mungkin memiliki implikasi yang mendalam bagi tanggung jawab organisasi, struktur, otorisasi, dan proses lainnya, dan secara umum bagi hubungan mendasar antara kekuasaan dan kendali dalam organisasi, dan dengan demikian menghadirkan tantangan yang berpotensi signifikan.

Mengembangkan Budaya Risiko dan Tantangan Manajemen Perubahan Lainnya

Masalah yang dibahas dalam bab ini dengan jelas menunjukkan banyak tantangan yang perlu ditangani agar berhasil mencapai manfaat dari proses penilaian risiko, terutama yang terkait dengan pemodelan risiko penuh. Ini biasanya melibatkan perubahan pada banyak area, termasuk:

- Proses pengambilan keputusan manajemen, sikap, dan kepemimpinan.
- Tanggung jawab, sistem insentif, struktur, dan proses otorisasi.
- Komunikasi dan pelatihan (misalnya tentang pemodelan risiko kuantitatif dan modifikasi proses).

Seseorang dapat bertujuan untuk membangun budaya yang lebih sadar risiko, dengan karakteristik seperti:

- Penanaman hasil analisis risiko dalam proses pengambilan keputusan (misalnya, menciptakan budaya yang tidak menerima penyajian prakiraan statis, atau prakiraan yang tidak melakukan penilaian risiko berkualitas tinggi).
- Keinginan umum di semua tingkatan untuk keterbukaan, transparansi dan ketelitian, serta objektivitas dalam diskusi, rencana, dan proses pengambilan keputusan.
- Kompetensi tingkat tinggi, tata kelola perusahaan yang baik, dan kepemimpinan.
- Dorongan untuk berdebat secara terbuka guna mempertanyakan dan menantang pemikiran yang sudah mengakar, dan penerimaan terhadap keberagaman pendapat.
- Ruang untuk rasa ingin tahu, kreativitas, dan pemecahan masalah, keinginan untuk

berinovasi, membuat kesalahan, belajar, dan meningkatkan diri.

- Rasa tanggung jawab dan akuntabilitas bersama, yang dipupuk oleh contoh manajemen, perilaku, kepemimpinan, dan struktur yang tepat untuk sistem insentif.

Pada prinsipnya, kerangka kerja dan alat manajemen perubahan dapat mendukung proses ini. Memang, model Kubler–Ross yang terkenal (untuk tahap-tahap kesedihan) dapat diadaptasi seolah-olah akan diterapkan pada proses perubahan umum yang terkait dengan penerapan penilaian risiko:

- Penyangkalan: “Kita tidak membutuhkan ini/ini tidak terjadi/ini tidak akan memberikan manfaat apa pun.”
- Kemarahan: “Mengapa kita membiarkan diri kita sendiri masuk ke dalam situasi ini? Siapa yang harus disalahkan?”
- Tawar-menawar: “Baiklah, bagaimana kita akan melangkah maju? Apa yang perlu kita lakukan/investasi apa yang harus dilakukan/kompromi apa yang mungkin ada?”
- Depresi: “Ini lebih sulit dari yang kita kira. Kita tidak akan mencapai apa pun.”
- Penerimaan: “Kita telah membuat terobosan, kita dapat melihat manfaatnya. Kita perlu terus maju, untuk menerima bahwa itu akan memakan waktu dan kita akan membuat beberapa kesalahan.”

Seperti yang ditunjukkan oleh kerangka kerja, biasanya ada beberapa fase, dan ini membutuhkan kesabaran, pengelolaan rasa takut akan kegagalan (dan kegagalan itu sendiri), dorongan dan kepemimpinan. Oleh karena itu, elemen penting untuk mencapai keberhasilan (dalam hal implementasi yang meluas dan perubahan budaya) adalah memiliki implementasi top-down yang kuat, yang bertindak sebagai katalisator untuk kegiatan bottom-up.

Penggunaan alat simulasi (terutama jika mudah digunakan) seperti @RISK sering kali dapat memberikan cara yang cukup sederhana untuk menunjukkan manfaatnya, menciptakan beberapa hasil praktis dan secara umum mendukung proses perubahan budaya. Tentu saja, hal tersebut hanyalah sebagian kecil dari keseluruhan proses, dan bukan “solusi ajaib”, atau pengganti berbagai perubahan lain yang dibutuhkan untuk implementasi yang benar-benar berhasil.

BAB 6

PRINSIP METODE SIMULASI

Bab ini memberikan gambaran umum tentang metode simulasi, perannya dalam kuantifikasi risiko, dan hubungannya dengan sensitivitas, skenario, optimalisasi, dan teknik lainnya. Kami bertujuan untuk memperkenalkan prinsip-prinsip dasar dengan cara yang intuitif dan non-teknis, sedangkan aspek yang lebih teknis dan metode implementasi akan dibahas nanti dalam teks.

6.1 ASPEK UTAMA SIMULASI: CONTOH DESKRIPTIF

Untuk tujuan mendeskripsikan prinsip dasar metode simulasi, kita akan mempertimbangkan model sederhana yang di dalamnya:

- Ada 10 masukan yang dijumlahkan untuk membentuk total (keluaran model).
- Masing-masing dari 10 masukan dapat mengambil satu dari tiga nilai yang mungkin:
- Nilai "dasar".
- Nilai "rendah" (misalnya 10% di bawah nilai dasar).
- Nilai "tinggi" (misalnya 10% di atas nilai dasar).

Tentu saja, meskipun sederhana, model seperti itu (dengan sedikit adaptasi) memiliki aplikasi untuk banyak situasi lain, seperti:

- Meramalkan total pendapatan berdasarkan pendapatan masing-masing produk atau unit bisnis.
- Memperkirakan total biaya proyek yang terdiri dari berbagai item (material, tenaga kerja, dll.).
- Meramalkan durasi proyek yang penyelesaiannya memerlukan beberapa tugas yang harus dilakukan secara berurutan, sehingga total durasi merupakan jumlah dari durasi masing-masing tugas.

Efek Kombinatorial dari Beberapa Input dan Distribusi Output

Dengan sedikit refleksi, jelas bahwa ada 310 (atau 59.049) kemungkinan kombinasi nilai input: input pertama dapat mengambil salah satu dari tiga nilai, yang masing-masingnya, input kedua dapat mengambil salah satu dari tiga nilai, sehingga menghasilkan sembilan kemungkinan cara untuk menggabungkan dua input pertama. Setelah input ketiga dipertimbangkan, akan ada 27 kemungkinan, karena masing-masing dari sembilan dari dua input pertama digabungkan dengan nilai-nilai dari input ketiga, dan seterusnya.

Urutan ini ditunjukkan pada Gambar 6.1 seiring dengan bertambahnya jumlah input. Asumsi implisit di sini adalah bahwa nilai-nilai input bersifat independen satu sama lain, sehingga salah satu yang memiliki nilai tertentu (misalnya pada, di atas atau di bawah basisnya) tidak memiliki pengaruh pada nilai-nilai yang diambil oleh input lainnya; konsekuensi ketika ada ketergantungan akan dibahas kemudian. Selain itu, secara implisit kami berasumsi bahwa masing-masing dari 10 nilai dasar berbeda satu sama lain (dengan cara yang memungkinkan

setiap pilihan kombinasi input menghasilkan nilai unik untuk output), dan memiliki orde besaran yang sama.

	A	B	C
1			
2			Nomor Kumulatif dari kombinasi
3		Item 1	3
4		Item 2	9
5		Item 3	27
6		Item 4	81
7		Item 5	243
8		Item 6	729
9		Item 7	2187
10		Item 8	6561
11		Item 9	19683
12		Item 10	59049

Gambar 6.1 Jumlah Kemungkinan Kombinasi Nilai Untuk Berbagai Jumlah Input, Dimana Setiap Input Dapat Mengambil Satu Dari Tiga Nilai

Secara umum (dan juga seperti yang diasumsikan secara khusus di atas), setiap kombinasi input akan menghasilkan nilai unik untuk output, sehingga jumlah nilai output yang memungkinkan sama dengan jumlah kombinasi input, yaitu 310 atau 59.049. Kemudian muncul pertanyaan tentang bagaimana nilai output disebar (didistribusikan) di seluruh rentang yang memungkinkan.

Misalnya, karena setiap input individu bervariasi secara merata ($\pm 10\%$) di sekitar basisnya, sekilas orang mungkin mengharapkan penyebaran yang lebih atau kurang merata. Faktanya, orang dapat melihat bahwa hanya ada beberapa cara untuk mencapai hasil yang lebih ekstrem (yaitu di mana nilai output berada di ujung yang sangat tinggi atau rendah dari rentang yang memungkinkan). Misalnya:

- Hanya satu kombinasi masukan yang menghasilkan nilai keluaran terendah (atau tertinggi) absolut, yaitu kombinasi di mana setiap masukan mengambil nilai terendah (atau tertinggi).
- Hanya ada 10 cara agar nilai keluaran mendekati nilai terendah (atau tertinggi) absolut, yaitu kombinasi di mana satu masukan mengambil nilai dasarnya, sementara semua masukan lainnya mengambil nilai terendah (atau tinggi).

Ada banyak cara di mana nilai keluaran dapat berada di bagian "tengah" dari rentang yang memungkinkan (bahkan jika nilai tepatnya sedikit berbeda satu sama lain, dan meskipun hanya ada satu kombinasi di mana setiap masukan mengambil nilai dasarnya secara tepat). Misalnya, kita dapat melihat bahwa:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Nomor di Inputan Tinggi											
3			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4		0	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1
5		1	10	90	360	840	1260	1260	840	360	90	10	
6		2	45	360	1260	2520	3150	2520	1260	360	45		
7		3	120	840	2520	4200	4200	2520	840	120			
8		4	210	1260	3150	4200	3150	1260	210				
9		5	252	1260	2520	2520	1260	252					
10		6	210	840	1260	840	210						
11		7	120	360	360	120							
12		8	45	90	45								
13		9	10	10									
14		10	1										

Gambar 6.2 Jumlah Kombinasi Yang Melibatkan Input Yang Mengambil Sejumlah Nilai Tinggi Atau Rendah Tertentu

Ada 10 cara di mana satu input dapat mengambil nilai tingginya, sementara yang lain mengambil nilai dasarnya. Demikian pula, ada 10 cara di mana satu input mengambil nilai rendahnya, sementara yang lain mengambil nilai dasarnya. Ke-20 kasus ini akan menghasilkan kasus output yang mendekati nilai pusat, karena hanya satu nilai yang menyimpang dari dasarnya.

Ada 90 cara di mana satu input mengambil nilai tingginya, satu mengambil nilai rendahnya, dan delapan sisanya mengambil nilai dasarnya; ini akan menghasilkan kasus output yang (sangat) dekat dengan nilai pusat, karena dua input yang menyimpang bertindak dalam pengertian yang saling mengimbangi. Banyak kombinasi yang cukup sentral lainnya, seperti dua input yang mengambil nilai tinggi, sementara dua atau tiga input rendah, dan seterusnya.

Meskipun jumlah kemungkinan untuk kasus semacam itu menjadi lebih sulit dievaluasi dengan aritmatika mental, namun mudah untuk menghitungnya: diberikan oleh rumus multinomial $10!/(L!H!B!)$, di mana L, H, dan B adalah jumlah nilai rendah, tinggi, dan dasar yang diasumsikan (dengan $L + H + B = 10$), dan ! adalah faktorial dari masing-masing angka (yaitu hasil perkalian semua bilangan bulat dari satu hingga angka ini).

Gambar 6.2 menunjukkan (dihitung menggunakan rumus multinomial ini) jumlah cara di mana sejumlah masukan dapat mengambil nilai rendahnya sementara angka lain dapat mengambil nilai tingginya (dengan masukan yang tersisa mengambil nilai dasarnya). Area yang disorot menunjukkan daerah yang cukup sentral, di mana jumlah masukan yang mengambil nilai tingginya sama dengan, atau berbeda paling banyak satu dari, angka yang mengambil nilai rendahnya. Dari sini, kita dapat melihat:

- Kasus-kasus yang lebih sederhana yang dibahas di atas (satu, 10, dan 90 kombinasi) ditunjukkan di kiri atas, kanan atas, dan kiri bawah tabel.
- Kasus-kasus yang lebih rumit dapat dilihat dengan pemeriksaan yang cermat: misalnya, ada 2520 kemungkinan di mana tiga masukan mengambil nilai rendah sementara dua mengambil nilai tinggi, dengan (secara implisit) lima masukan lainnya pada kasus dasarnya, yang menghasilkan kasus yang cukup sentral untuk keluaran.

Jika dipertimbangkan dalam persentase (dari total 59.049), kita melihat pada Gambar 6.3 bahwa:

- Dalam 15,1% kasus, jumlah kasus tinggi dan rendah adalah sama (yaitu jumlah diagonal tabel).

Nomor di Inputan Tinggi												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nomor di Inputan Rendah	0	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.4%	0.4%	0.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
	1	0.0%	0.2%	0.6%	1.4%	2.1%	2.1%	1.4%	0.6%	0.2%	0.0%	
	2	0.1%	0.6%	2.1%	4.3%	5.3%	4.3%	2.1%	0.6%	0.1%		
	3	0.2%	1.4%	4.3%	7.1%	7.1%	4.3%	1.4%	0.2%			
	4	0.4%	2.1%	5.3%	7.1%	5.3%	2.1%	0.4%				
	5	0.4%	2.1%	4.3%	4.3%	2.1%	0.4%					
	6	0.4%	1.4%	2.1%	1.4%	0.4%						
	7	0.2%	0.6%	0.6%	0.2%							
	8	0.1%	0.2%	0.1%								
	9	0.0%	0.0%									
	10	0.0%										

Gambar 6.3 Persentase Kombinasi yang Melibatkan Input yang Mengambil Sejumlah Nilai Tinggi atau Rendah Tertentu

- Dalam 28,4% kasus, jumlah kasus tinggi dan rendah berbeda tepat satu (yaitu jumlah item tepat di bawah dan tepat di atas diagonal).
- Jadi, lebih dari 40% kasus merupakan kasus sentral dalam artian bahwa, dengan pengecualian paling banyak satu input, nilai tinggi dan rendah bekerja untuk saling mengimbangi.

Dengan kata lain, penggunaan distribusi frekuensi untuk menggambarkan rentang dan kemungkinan nilai output yang mungkin merupakan hasil tak terelakkan dari efek kombinatorial yang timbul karena variasi simultan dari beberapa input. Dalam situasi yang lebih umum, beberapa atau semua input mungkin dapat mengambil nilai apa pun dalam rentang yang berkelanjutan. Proses pemikiran yang sama mengarahkan kita untuk melihat bahwa nilai-nilai dalam area pusat akan tetap lebih sering muncul daripada nilai-nilai yang mendekati ujung rentang.

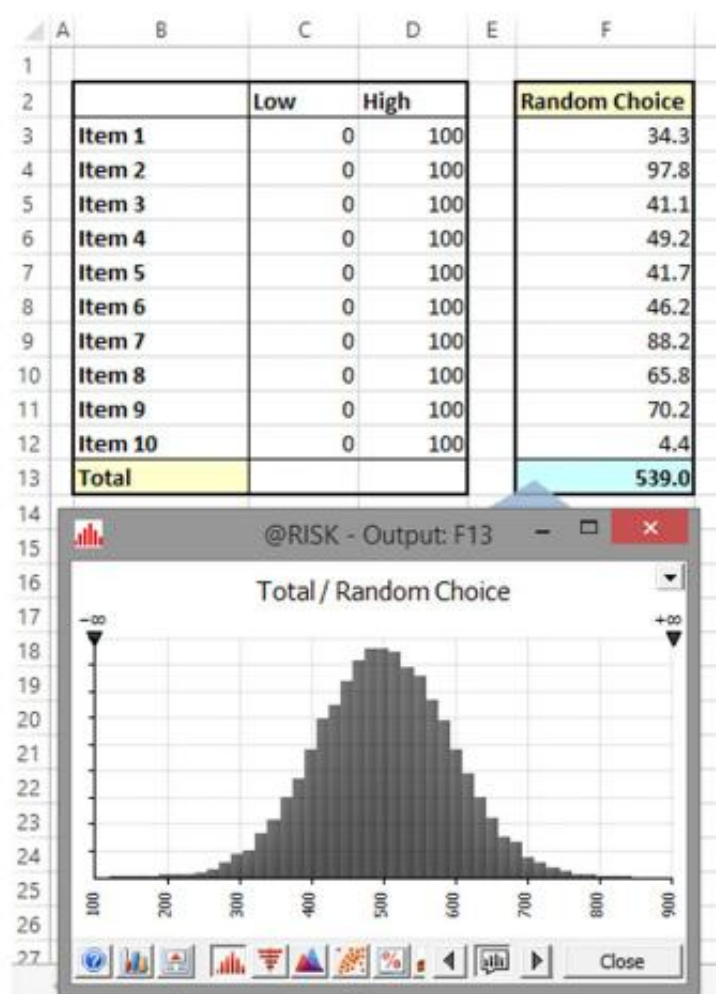
Misalnya, ketika nilai-nilai untuk setiap masukan memiliki kemungkinan yang sama dalam rentang yang berkelanjutan (antara nilai rendah dan tinggi), hanya ada sedikit kombinasi di mana semua masukan mengarah ke nilai-nilai rendahnya (atau mengarah ke nilai-nilai tingginya), sedangkan ada banyak cara lain di mana beberapa masukan dapat menjadi cukup rendah dan yang lainnya cukup tinggi. Tentu saja, karena adanya rentang berkelanjutan dalam kasus seperti itu, akan ada banyak kemungkinan nilai yang tak terhingga (untuk setiap masukan, dan secara total).

Menggunakan Simulasi untuk Mengambil Sampel Banyak Skenario yang Berbeda

Jumlah kemungkinan nilai keluaran untuk suatu model ditentukan oleh jumlah masukan dan jumlah kemungkinan nilai untuk setiap masukan. Secara umum, dalam praktiknya, tidak semua kemungkinan nilai keluaran dapat dihitung secara eksplisit, baik

karena jumlahnya terbatas tetapi besar, atau karena jumlahnya tak terhingga (seperti ketika suatu nilai masukan dapat mengambil nilai apa pun dalam sekumpulan nilai diskrit yang tak terhingga, atau dapat berupa nilai apa pun dalam rentang berkelanjutan). Metode simulasi pada dasarnya adalah cara untuk menghitung banyak kemungkinan kombinasi dengan mengotomatiskan beberapa aktivitas:

- Pembuatan kombinasi input.
- Perhitungan ulang model untuk mencerminkan nilai input baru.
- Penyimpanan hasil (misalnya perhitungan atau output model utama) pada setiap perhitungan ulang.
- Pengulangan langkah-langkah di atas (biasanya, beberapa kali).



Gambar 6.4 Distribusi Nilai Output yang Disimulasikan untuk Input Kontinu yang Seragam

Misalnya, Gambar 6.4 menunjukkan distribusi nilai output yang disimulasikan yang dihasilkan untuk model 10 item di atas dengan asumsi bahwa setiap input diambil secara acak dari rentang antara nol dan 100, sedemikian rupa sehingga setiap nilai input akan memiliki kemungkinan yang sama. Aspek utama dari metode simulasi adalah bahwa pembuatan nilai input dicapai dengan membuatnya menggunakan pengambilan sampel acak dari rentang (atau

distribusi) nilai yang mungkin.

Dengan kata lain, simulasi (Monte Carlo) dapat secara ringkas dijelaskan sebagai "perhitungan ulang otomatis suatu model saat inputnya diambil sampelnya secara acak dari distribusi probabilitas secara bersamaan". Hal ini berbeda dengan teknik sensitivitas atau skenario tradisional, yang nilai inputnya telah ditetapkan sebelumnya secara eksplisit, dan biasanya karena kebutuhan mewakili sekumpulan kecil kemungkinan kombinasi yang mungkin terjadi. Perlu dicatat bahwa penciptaan keacakan itu sendiri bukanlah tujuan simulasi Monte Carlo; sebaliknya, ini adalah metode implementasi untuk memastikan bahwa serangkaian skenario representatif dihasilkan saat proses otomatis diimplementasikan. Perhatikan hal berikut tentang output yang dihasilkan dari perhitungan ulang berulang tersebut:

- Output adalah serangkaian titik data terbatas (dihitung dengan perhitungan ulang model berulang).
- Titik data adalah sampel (subset) dari distribusi "sebenarnya" dari output, tetapi bukan fungsi distribusi itu sendiri. Meskipun demikian, orang sering menyebut simulasi sebagai penyedia "distribusi output"; ini biasanya dilakukan untuk kesederhanaan penyajian, tetapi terkadang penting untuk tidak melupakan fakta bahwa output ini adalah serangkaian titik data individual.
- Set data memungkinkan seseorang untuk memperkirakan properti dari distribusi sebenarnya ini, seperti rata-ratanya atau nilai dalam 10% kasus terburuk, atau untuk memplot output secara grafis (seperti histogram distribusi frekuensi titik-titik). Hal ini juga memungkinkan seseorang untuk menghitung hubungan antara variabel (terutama koefisien korelasi antara masukan dan keluaran), dan untuk menghasilkan diagram sebar X–Y dari nilai-nilai variabel (dengan ketentuan bahwa data yang relevan disimpan pada setiap perhitungan ulang).
- Semakin banyak perhitungan ulang yang dilakukan, semakin dekat properti yang diestimasi dengan properti distribusi yang sebenarnya. Jumlah perhitungan ulang yang diperlukan harus cukup untuk menyediakan dasar yang diperlukan untuk dukungan keputusan; khususnya, harus memastikan validitas dan stabilitas dari setiap keputusan yang dihasilkan. Hal ini sendiri akan bergantung pada konteks, metrik keputusan yang digunakan, dan persyaratan akurasi.

6.2 SIMULASI SEBAGAI ALAT PEMODELAN RISIKO

Simulasi dan pemodelan risiko sering dianggap setara, karena dalam sebagian besar konteks bisnis, penerapan metode simulasi hampir selalu untuk penilaian risiko; sebaliknya, penilaian risiko kuantitatif sering kali memerlukan penggunaan simulasi. Namun, ada beberapa perbedaan antara keduanya: simulasi adalah metode yang digunakan untuk menetapkan serangkaian besar kemungkinan hasil dengan mengotomatiskan proses pembuatan kombinasi masukan, menggunakan pengambilan sampel acak. Tidak ada persyaratan bahwa alasan mendasar untuk variasi masukan adalah karena risiko atau ketidakpastian. Alasan lain untuk menggunakan simulasi meliputi:

- Optimalisasi. Variasi nilai masukan dapat menjadi pilihan yang sepenuhnya dapat

dikontrol (daripada berisiko atau tidak pasti), dengan data keluaran digunakan sebagai dasar untuk mencari kombinasi masukan yang memberikan nilai yang paling diinginkan. Namun, secara umum, simulasi sering kali bukan cara yang efisien secara komputasi untuk menemukan kombinasi masukan yang optimal, terutama dalam situasi di mana ada kendala yang harus dipatuhi. Meskipun demikian, simulasi mungkin diperlukan dalam beberapa kasus.

- Sebagai alat untuk melakukan integrasi numerik. Penggunaan utama pertama teknik simulasi adalah pada tahun 1940-an oleh para ilmuwan yang bekerja pada proyek senjata nuklir di Laboratorium Nasional Los Alamos di AS: Nilai integral $\int_0^1 f(x)dx$ sama dengan nilai rata-rata $f(x)$ pada rentang 0 hingga 1. Oleh karena itu, dengan menghitung $f(x)$ untuk sekumpulan nilai- x (diambil secara acak dan seragam) antara 0 dan 1, dan mengambil rata-ratanya, seseorang dapat memperkirakan integral tersebut. Para ilmuwan menganggap bahwa metode tersebut menyerupai perjudian, dan menciptakan istilah "simulasi Monte Carlo". Metode integrasi numerik ini mudah diimplementasikan, dan sangat ampuh di mana fungsi $f(x)$ dapat dengan mudah dievaluasi untuk nilai x apa pun, tetapi di mana fungsinya rumit (atau tidak mungkin) untuk diintegrasikan secara analitis.

Selain penggunaan simulasi ini untuk tujuan non-risiko, ada juga metode untuk melakukan kuantifikasi risiko yang tidak menggunakan simulasi, seperti metode "analitis" dan solusi "bentuk tertutup"; Hal ini akan dibahas secara singkat pada bab selanjutnya.

Distribusi Nilai Input dan Perannya

Dari pembahasan di atas, kita melihat bahwa distribusi probabilitas muncul dalam dua cara. Distribusi nilai output muncul tak terelakkan karena efek kombinatorial, biasanya dengan kasus yang lebih ekstrem lebih jarang terjadi, karena lebih sedikit kombinasi input yang dapat menghasilkannya. Distribusi input digunakan secara sengaja untuk mengotomatiskan pembuatan serangkaian kombinasi input yang luas (ketimbang harus secara eksplisit mendefinisikan terlebih dahulu setiap kombinasi atau skenario input). Dalam konteks seperti itu, tidak ada persyaratan bahwa alasan mendasar mengapa input bervariasi adalah karena risiko, ketidakpastian, atau keacakan umum:

- Jika tujuan analisis adalah untuk menilai semua nilai output yang mungkin (seperti yang mungkin terjadi dalam kasus optimasi atau integrasi numerik yang disebutkan di atas), umumnya cukup untuk mengasumsikan bahwa nilai yang mungkin dari setiap input memiliki kemungkinan yang sama (yaitu terdistribusi secara seragam). Hanya dalam kasus khusus mungkin perlu menggunakan profil lain.
- Jika tujuannya secara eksplisit adalah untuk pemodelan risiko, maka perlu (atau lebih disukai untuk tujuan akurasi) untuk menggunakan distribusi masukan yang sesuai dengan sifat sebenarnya dari keacakan yang mendasarinya (risiko, variabilitas, atau variasi yang tidak pasti) dalam setiap proses sedekat mungkin: jelas bahwa penggunaan distribusi masukan yang berbeda (sebagai pengganti yang seragam) akan memengaruhi sifat distribusi keluaran. Misalnya, jika distribusi masukan memiliki nilai pusat yang sangat mungkin, frekuensi nilai yang lebih sentral untuk keluaran akan

meningkat.

Di sisi lain, dalam konteks pemodelan risiko, penting untuk menyadari poin (yang tampaknya jelas) bahwa penggunaan distribusi adalah untuk mewakili aspek proses yang tidak dapat dikontrol, setidaknya dalam konteks yang sangat khusus yang sedang dimodelkan. Poin ini lebih halus daripada yang mungkin terlihat pada awalnya: konteksnya mungkin dapat dikontrol, bahkan jika proses dalam konteks itu tidak. Misalnya:

- Saat menyeberang jalan, seseorang dapat memilih berapa kali akan melihat, apakah akan memakai sepatu lari, dan sebagainya; setelah pilihan dibuat, hasil aktual (apakah seseorang tiba dengan selamat atau tidak di sisi lain) tunduk pada ketidakpastian yang tidak dapat dikendalikan.
- Pada tahap awal mengevaluasi proyek konstruksi potensial, kisaran biaya pembelian material dapat direpresentasikan oleh distribusi ketidakpastian. Saat informasi lebih lanjut tersedia (misalnya penawaran diterima atau proyek berjalan), kisarannya dapat menyempit. Setiap tahap mewakili perubahan konteks, tetapi pada tahap tertentu, distribusi dapat digunakan untuk mewakili ketidakpastian pada titik tersebut.

Dengan demikian, tujuan penting adalah menemukan konteks optimal untuk beroperasi; seseorang tidak dapat hanya menggunakan distribusi untuk menangkap bahwa ada rentang yang memungkinkan dan melepaskan tanggung jawab untuk mengoptimalkan konteks operasi yang dipilih! Memang, salah satu kritik yang terkadang ditujukan pada aktivitas pemodelan risiko adalah bahwa aktivitas tersebut dapat mengganggu sistem insentif. Memang, jika seseorang salah memahami atau salah menafsirkan peran distribusi, maka kemungkinan munculnya masalah tersebut menjadi signifikan.

Pengaruh Ketergantungan Antar Input

Penggunaan distribusi probabilitas juga memfasilitasi proses menangkap kemungkinan ketergantungan antar proses input. Ada berbagai jenis hubungan yang mungkin, yang dibahas secara rinci nanti dalam teks. Di sini kita cukup mencatat jenis-jenis utama:

- Yang bersifat terarah, atau kausal (misalnya, terjadinya satu peristiwa meningkatkan kemungkinan terjadinya peristiwa lain).
- Yang memengaruhi cara sampel dari distribusi diambil bersama-sama, tetapi tanpa keterarahan atau kausalitas di antara keduanya. Korelasi atau pengambilan sampel berkorelasi adalah salah satu contoh utama, dan hubungan kopula adalah contoh lainnya.

Pada titik ini, kami hanya mencatat bahwa setiap ketergantungan antara masukan akan mengubah profil kemungkinan hasil. Misalnya (mengacu pada model sederhana yang digunakan sebelumnya), jika hubungan ketergantungan sedemikian rupa sehingga nilai rendah dari masukan pertama akan berarti bahwa semua masukan lainnya mengambil nilai rendahnya (dan hal yang sama berlaku untuk nilai dasar dan tinggi), maka karena satu item ini sepenuhnya menentukan yang lain hanya akan ada tiga kemungkinan hasil secara total (semua rendah, semua dasar, atau semua tinggi).

Pertanyaan Utama yang Dapat Ditangani Menggunakan Simulasi Berbasis Risiko

Keluaran model yang dipilih untuk ditangkap melalui simulasi, tentu saja, harus berupa

nilai metrik utama (indikator kinerja), seperti biaya, laba, arus kas, kebutuhan pembiayaan, persyaratan sumber daya, jadwal proyek, dan sebagainya. Secara khusus, sifat statistik tertentu dari metrik tersebut akan menjadi penting, seperti titik tengah rentang kemungkinan hasil:

- Berapa hasil rata-ratanya?
- Berapa hasil yang paling mungkin?
- Berapa nilai titik tengahnya, yaitu di mana kita sama-sama cenderung melakukan yang lebih baik atau lebih buruk?

Penyebaran rentang kemungkinan hasil:

- Apa saja kasus terburuk dan terbaik yang secara realistis mungkin terjadi?
- Apakah risikonya seimbang di setiap sisi titik pusat?
- Apakah ada satu ukuran yang dapat kita gunakan untuk meringkas risikonya?
- Kemungkinan kasus dasar atau kasus yang direncanakan tertentu tercapai:
- Seberapa besar kemungkinan kasus yang direncanakan akan tercapai (atau tidak)?
- Haruskah kita melanjutkan keputusan sebagaimana adanya, atau haruskah kita mengulangi proses mitigasi risiko dan respons risiko untuk lebih memodifikasi dan mengoptimalkan keputusan tersebut?

Pertanyaan yang berkaitan dengan sumber risiko, dan dampak serta manfaat mitigasi risiko, misalnya:

- Sumber risiko (atau kategori risiko) mana yang paling signifikan?
- Bagaimana profil risiko akan berubah akibat penerapan langkah mitigasi risiko?
- Apa strategi optimal untuk mitigasi risiko?

Angka Acak dan Jumlah Perhitungan Ulang atau Iterasi yang Diperlukan

Tentu saja, jika semua hal lain sama, hasil yang lebih akurat akan tercapai jika simulasi dijalankan berkali-kali. Jelas, ini juga bergantung pada kualitas metode pembuatan angka acak. Misalnya, karena komputer adalah instrumen yang terbatas, komputer tidak dapat memuat setiap angka yang mungkin, sehingga pada titik tertentu metode pembuatan angka acak apa pun akan berulang (setidaknya secara teori); metode yang buruk akan memiliki siklus yang pendek, sedangkan metode yang lebih baik akan memiliki siklus yang sangat panjang. Demikian pula, apakah penting bahwa angka acak dibuat dengan cara yang representatif dan tidak bias, sehingga (dengan sampel yang cukup) semua kombinasi akan dibuat dengan frekuensi sebenarnya?

Secara umum, untuk sebagian besar algoritma angka acak yang masuk akal, "hukum akar kuadrat terbalik" berlaku: rata-rata, kesalahan berkurang setengahnya saat jumlah perhitungan ulang (iterasi) dikalikan empat. Peningkatan dari 25 menjadi 1600 perhitungan ulang sama dengan melipatgandakan angka asli sebanyak tiga kali (yaitu $1600 = 25 \cdot 4 \cdot 4$); hasil dari ini adalah galat akan berkurang setengahnya sebanyak tiga kali (yaitu menjadi sekitar $1/8$ dari nilai asli). Dalam konteks ini, gagal mengacu pada perbedaan antara statistik yang dihasilkan dalam simulasi dan angka sebenarnya.

Namun, angka sebenarnya seperti itu jarang diketahui itulah alasan utama untuk menggunakan simulasi sejak awal! Meskipun demikian, terkadang, ada beberapa situasi di mana angka sebenarnya diketahui; ini dapat digunakan untuk menguji galat yang tertanam

dalam metode dan kecepatan konvergensi. Contoh diberikan dalam Bab 13, dalam konteks perhitungan π (3,14159). Meskipun hasil yang benar-benar akurat hanya dapat dicapai dengan jumlah iterasi yang sangat besar (yang sekilas mungkin tampak sebagai kelemahan utama metode simulasi), ada sejumlah hal yang perlu diingat dalam hal ini:

- Meskipun banyak iterasi (perhitungan ulang) mungkin diperlukan untuk memperbaiki kesalahan relatif secara signifikan, nilai aktual yang dihitung biasanya cukup dekat dengan angka sebenarnya, bahkan untuk sejumlah kecil iterasi; dengan kata lain, titik awal untuk penerapan hukum akar kuadrat terbalik adalah titik di mana kesalahan (atau pembilang) umumnya cukup rendah.
- Jumlah iterasi yang diperlukan pada akhirnya dapat bergantung pada tujuan model: memperkirakan nilai rata-rata atau nilai angka sentral lainnya biasanya memerlukan iterasi yang jauh lebih sedikit daripada memperkirakan nilai P99, misalnya. Bahkan angka seperti P90 sering kali cukup akurat dengan sejumlah kecil iterasi.
- Kesalahan (umumnya) tidak akan pernah menjadi nol, berapa pun banyaknya iterasi yang dijalankan.
- Biasanya, stabilitas dan validitas keputusan merupakan sumber nilai tambah yang paling penting, bukan perhitungan angka numerik tertentu yang sangat tepat. Dengan demikian, menjalankan iterasi yang cukup mungkin lebih penting daripada mencoba menjalankan lebih banyak iterasi (penggunaan benih tetap untuk algoritma angka acak agar dapat mengulang simulasi secara tepat juga merupakan teknik yang ampuh dalam hal ini, sehingga seseorang selalu dapat bekerja dengan estimasi yang cukup akurat yang sama).
- Dalam konteks bisnis, model-model tersebut kemungkinan tidak terlalu akurat, karena pemahaman yang tidak sempurna tentang proses dan berbagai estimasi yang mungkin diperlukan. Selain itu, seseorang umumnya lebih tertarik pada nilai-nilai sentral (di mana kami menyertakan P90) daripada pada kasus-kasus yang tidak mungkin.
- Ketika seseorang membangun model, mengujinya, mengeksplorasi hipotesis, dan menarik kesimpulan awal, metode kerja yang paling efektif adalah menjalankan iterasi yang relatif sedikit (biasanya beberapa ratus atau beberapa ribu). Ketika hasil akhir dibutuhkan, jumlah iterasi dapat ditingkatkan (dan mungkin benih angka acak dapat diperbaiki, untuk memungkinkan pengulangan simulasi).
- Ketergantungan pada tampilan grafis untuk mengomunikasikan keluaran (alih-alih pada statistik) umumnya akan membutuhkan lebih banyak iterasi untuk dijalankan; ketika secara intuitif jelas bahwa situasi yang mendasarinya adalah proses yang lancar dan berkelanjutan, peserta akan berharap untuk melihat hal ini tercermin dalam keluaran grafis. Secara khusus, histogram untuk kurva kepadatan probabilitas yang dibuat dengan menghitung jumlah titik data keluaran di setiap set "kotak" yang telah ditentukan sebelumnya mungkin tidak terlihat mulus kecuali sejumlah besar sampel digunakan (karena keacakan, suatu titik dapat dialokasikan ke kotak tetangga dengan margin yang dekat). Penggunaan kurva kumulatif dan statistik sebagian dapat mengatasi hal ini, tetapi tampilan grafis secara umum tampaknya kurang stabil

daripada ukuran statistik.

6.3 ANALISIS SENSITIVITAS DAN SKENARIO

Teknik sensitivitas dan skenario tidak diragukan lagi sudah tidak asing lagi bagi sebagian besar pembaca. Kami menjelaskannya secara singkat di sini untuk tujuan perbandingan dengan simulasi.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah pengamatan efek pada keluaran model tertentu saat nilai input divariasikan. Ini dapat digunakan untuk menjawab banyak pertanyaan penting yang dibahas dalam model keuangan, selama model tersebut memiliki variabel input yang sesuai dengan sensitivitas yang diinginkan, dan memiliki struktur logis yang valid saat nilai input diubah.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Data and Assumptions	Growth/Time Assumptions	2016	2017	2018	2019	2020	
3		Contribution Margin based on Market Prices: \$/Unit		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
4		Fixed Cost of Site \$m p.a	2.0%	-10.0	-10.2	-10.4	-10.6	-10.8	
5		Capital Expenditure		-100	-75.0	-25.0	0.0	0.0	
6		Volume Produced	5.0%	6.0	6.3	6.6	6.9	7.3	
7									
8		Summary Cash Flow		2016	2017	2018	2019	2020	
9		Margin \$m		60.0	63.0	66.2	69.5	72.9	
10		Fixed Cost of Site \$m p.a		-10.0	-10.2	-10.4	-10.6	-10.8	
11		Capex \$m		-100.0	-75.0	-25.0	0.0	0.0	
12		Cash Flow \$m		-50.0	-22.2	30.7	58.8	62.1	
13		10-year NPV \$m	10.0%	208.5					

Gambar 6.5 Rencana Bisnis Umum Dengan Input Statis

Pada Gambar 6.5 berisi contoh rencana bisnis sederhana di mana seseorang memiliki perkiraan arus kas dari waktu ke waktu, berdasarkan asumsi untuk margin, volume, belanja modal, dan biaya tetap. Nilai sekarang bersih (NPV) dari 10 tahun pertama arus kas ini adalah Rp. 208,5 Miliar Seseorang kemudian dapat bertanya apa dampak pengurangan laju pertumbuhan volume yang diproduksi (sel C6) terhadap output (sel D13).

Tentu saja, ini dapat ditetapkan hanya dengan mengubah nilai sel input secara manual (misalnya dari 5% menjadi 2%). Namun, untuk melihat dampak dari beberapa perubahan dalam nilai input, dan dengan cara yang masih terhubung langsung ke dalam model (yaitu akan berubah jika asumsi lain disetel ulang), fitur DataTable Excel berguna (di bawah Analisis Data/What-If). Gambar 6.6 menunjukkan contoh cara menampilkan NPV untuk beberapa asumsi tingkat pertumbuhan.

NPV for volume growth rates		208.5
1.0%		144.8
2.0%		159.6
3.0%		175.1
4.0%		191.4
5.0%		208.5
6.0%		226.4

Gambar 6.6 Analisis Sensitivitas NPV Terhadap Tingkat Pertumbuhan Volume

Di sisi lain, seseorang hanya dapat menjalankan sensitivitas untuk item yang modelnya telah dirancang. Misalnya, jika suatu model tidak memungkinkan penundaan tanggal mulai proyek, maka analisis sensitivitas terhadap situasi tersebut tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, model mungkin harus dimodifikasi untuk memungkinkan tanggal mulai diubah; dalam dunia yang ideal, seseorang akan menetapkan (sebelum membangun model) sensitivitas yang diperlukan, dan menggunakan informasi ini untuk merancang model dengan cara yang benar sejak awal; prinsip inti dari desain model risiko dibahas secara rinci dalam Bab 7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Generic schedule	Growth/Time Assumptions	1	2	3	4	5	
3		Capital Expenditure		-100	-75.0	-25.0	0.0	0.0	
4		Volume Produced (m units)	5.0%	6.0	6.3	6.6	6.9	7.3	
5									
6		Specific dates		2016	2017	2018	2019	2020	2021
7		Contribution Margin based on Market Prices: \$/Unit		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	1
8		Fixed Cost of Site \$m p.a	2.0%	-10.0	-10.2	-10.4	-10.6	-10.8	-1
9									
10		Project Start date (year 1)	2017	2016	2017	2018	2019	2020	2021
11		Capital Expenditure		0.0	-100.0	-75.0	-25.0	0.0	
12		Volume Produced		0.0	6.0	6.3	6.6	6.9	
13									
14		Summary Cash Flow		2016	2017	2018	2019	2020	2021
15		Margin \$m		0.0	60.0	63.0	66.2	69.5	7
16		Fixed Cost of Site \$m p.a		-10.0	-10.2	-10.4	-10.6	-10.8	-1
17		Capex \$m		0.0	-100.0	-75.0	-25.0	0.0	
18		Cash Flow \$m		-10.0	-50.2	-22.4	30.5	58.6	6
19		10-year NPV \$m	10.0%	150.9					

Gambar 6.7 Rencana Bisnis dengan Tanggal Mulai Fleksibel untuk Belanja Modal dan Volume Produksi

Pada Gambar 6.7 berisi rumus yang memungkinkan tahun mulai proyek diubah: rumus ini menggunakan fungsi pencarian untuk memetakan profil volume dan belanja modal dari sumbu waktu generik (yaitu tahun sejak peluncuran) ke tanggal tertentu, yang kemudian digunakan dalam perhitungan model. Kita dapat melihat bahwa efek dari penundaan tanggal mulai hingga 2017 adalah pengurangan NPV dari Rp. 208,5 Miliar menjadi Rp. 150,9 Miliar. Serupa dengan itu, Gambar 6.8 menunjukkan DataTable NPV untuk berbagai tanggal mulai. Kita juga dapat membuat DataTable di mana dua input divariasikan secara bersamaan. Gambar 6.9 menunjukkan NPV saat volume awal dan tanggal mulai diubah.

Launch Year	
2016	208.5
2017	150.9
2018	100.1
2019	55.3
2020	16.1
2021	-18.2

Gambar 6.8 Analisis Sensitivitas NPV terhadap Tanggal Mulai

Terkait dengan metode simulasi berbasis risiko, seseorang dapat membuat pengamatan

berikut:

- Elemen inti dari sensitivitas dan pemodelan simulasi (dan pemodelan secara umum) adalah bahwa model dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan masukan yang relevan untuk diubah; sangat sering, perhatian yang tidak memadai diberikan pada tahap desain model untuk mempertimbangkan analisis sensitivitas yang akan diperlukan, yang perlu dilakukan karena hal itu memengaruhi desain model (yang benar).
- Untuk pemodelan risiko, masukan dan struktur model perlu mencerminkan pendorong risiko, dan untuk menangkap sifat risiko tersebut. Misalnya, dalam model risiko, mungkin penting bagi penundaan proyek (setelah peluncuran yang direncanakan pada tahun 2016) untuk menjadi angka apa pun, bukan hanya bilangan bulat (seperti jika penundaan diambil secara acak dari rentang kontinu).
- Pemodelan simulasi akan mengubah beberapa masukan secara bersamaan (daripada maksimal dua saat menggunakan DataTable).
- Dalam beberapa kasus (terutama jika prosedur lain harus dijalankan setelah perubahan nilai input), maka sebagai pengganti DataTable prosedur tersebut umumnya perlu disematkan dalam makro VBA yang mengimplementasikan analisis sensitivitas dengan menjalankan berbagai nilai yang akan dicoba.

Topik-topik ini dibahas secara terperinci dalam Bab 7.

	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%
2016	144.8	159.6	175.1	191.4	208.5	226.4
2017	102.6	113.9	125.7	138.0	150.9	164.3
2018	64.5	72.9	81.6	90.7	100.1	109.8
2019	30.1	36.1	42.3	48.7	55.3	62.2
2020	-1.0	3.1	7.3	11.7	16.1	20.7
2021	-29.0	-26.4	-23.7	-21.0	-18.2	-15.4

Gambar 6.9 Analisis Sensitivitas NPV terhadap Tanggal Mulai dan Tingkat Pertumbuhan Volume

Analisis Skenario

Analisis skenario melibatkan penilaian dampak pada keluaran suatu model karena beberapa masukan (biasanya lebih dari dua) diubah pada saat yang sama, dan dengan cara yang telah ditetapkan sebelumnya secara eksplisit. Misalnya, mungkin ada tiga skenario, termasuk kasus dasar, kasus terburuk, dan kasus terbaik.

Setiap skenario menangkap perubahan nilai beberapa variabel dibandingkan dengan nilai dasarnya, dan ditetapkan dengan serangkaian data yang konsisten secara logis. Misalnya, ketika melihat skenario laba, kasus terburuk dapat mencakup skenario di mana harga yang dicapai rendah, volume yang dijual rendah, dan biaya masukan tinggi. Analisis skenario adalah alat perencanaan yang ampuh dengan banyak aplikasi, termasuk:

- Ketika dianggap bahwa ada beberapa kasus yang mungkin untuk nilai variabel tertentu, daripada rentang yang berkelanjutan.

- Untuk mulai mengeksplorasi dampak pada perhitungan model di mana beberapa variabel masukan berubah secara bersamaan. Ini dapat digunakan sebagai langkah pertama menuju simulasi penuh, atau sebagai metode pengoptimalan yang mencari skenario terbaik. Secara khusus, pemahaman yang lebih baik tentang situasi yang kompleks dapat berguna: dengan terlebih dahulu memikirkan skenario tertentu, dan interaksi serta konsekuensi yang akan berlaku untuk masing-masing skenario, seseorang dapat secara bertahap mengonsolidasikan ide dan menciptakan pemahaman yang lebih komprehensif.
- Sebagai alat proksi untuk menangkap ketergantungan antara variabel, terutama jika hubungan diketahui ada, tetapi mengekspresikannya melalui rumus eksplisit tidak memungkinkan atau terlalu rumit.
- Dalam konteks hubungan antara volume yang dijual dan harga yang dibebankan untuk suatu produk, mungkin sulit untuk membuat rumus yang valid untuk volume yang akan berlaku untuk harga yang diasumsikan. Namun, mungkin untuk memperkirakan (melalui penilaian, estimasi ahli atau riset pasar) berapa volume pada beberapa titik harga tertentu. Dengan kata lain, meskipun mungkin tidak mungkin untuk menangkap seluruh kurva permintaan dengan cara yang diparameterisasi, kombinasi harga-volume individual dapat diperlakukan sebagai skenario diskrit, sehingga ketergantungan ditangkap secara implisit ketika seseorang mengubah skenario.
- Hubungan antara jumlah tenaga penjualan dan produktivitas masing-masing, atau antara moral karyawan dengan produktivitas.
- Dalam peramalan ekonomi makro, seseorang mungkin ingin membuat asumsi untuk nilai yang diambil oleh sejumlah variabel (mungkin diukur dari kasus yang muncul dalam data historis), tetapi tanpa harus mendefinisikan hubungan parameter yang eksplisit di antara mereka, yang mungkin sulit dilakukan dengan cara yang dapat dipertahankan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			3 Scenario To use	1	2	3	4	5		
3		Volume Produced (m units)	5.0%	5.0%	2.0%	5.0%	5.0%	2.0%		
4		Project Start date (year 1)	2017	2016	2016	2017	2017	2017		
5		Discount rate for 10 year-NPV calculation	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	12.0%	12.0%		
6										
7		Generic schedule	Growth/Time Assumptions	1	2	3	4	5	6	7
8		Capital Expenditure		-100	-75.0	-25.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9		Volume Produced (m units)	5.0%	6.0	6.3	6.6	6.9	7.3	7.7	8.0
10										
11		Specific dates		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
12		Contribution Margin based on Market Prices: \$/Unit		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
13		Fixed Cost of Site \$m p.a	2.0%	-10.0	-10.2	-10.4	-10.6	-10.8	-11.0	-11.3
14										
15		Project Start date (year 1)	2017	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
16		Capital Expenditure		0.0	-100.0	-75.0	-25.0	0.0	0.0	0.0
17		Volume Produced		0.0	6.0	6.3	6.6	6.9	7.3	7.7
18										
19		Summary Cash Flow		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
20		Margin \$m		0.0	60.0	63.0	66.2	69.5	72.9	76.6
21		Fixed Cost of Site \$m p.a		-10.0	-10.2	-10.4	-10.6	-10.8	-11.0	-11.3
22		Capex \$m		0.0	-100.0	-75.0	-25.0	0.0	0.0	0.0
23		Cash Flow \$m		-10.0	-50.2	-22.4	30.5	58.6	61.9	65.3
24		10-year NPV \$m	10.0%	150.9						

Gambar 6.10 Model Rencana Bisnis Disesuaikan Untuk Mencakup Skenario Input

Skenario umumnya paling baik diimplementasikan di Excel dengan menggabungkan penggunaan fungsi pencarian (misalnya CHOOSE atau INDEX) dengan DataTable: setiap skenario dicirikan oleh bilangan bulat, yang digunakan untuk menjalankan fungsi pencarian yang mengembalikan nilai input model yang berlaku untuk skenario tersebut. DataTable kemudian digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas saat nomor skenario diubah. Untuk analisis sensitivitas, dan seperti yang juga dibahas dalam Bab 7, jika model memerlukan beberapa prosedur untuk dijalankan setelah perubahan apa pun dalam input model, maka analisis skenario perlu diimplementasikan dengan makro sebagai pengganti DataTable.

Skenario dengan tiga asumsi input untuk dijalankan (pertumbuhan volume, tanggal mulai, dan tingkat diskonto), dengan nilai input asli ditimpa oleh fungsi pencarian yang memilih nilai yang berlaku dalam setiap skenario (nomor skenario yang menggerakkan fungsi pencarian ada di sel B2). Gambar 6.10 menunjukkan model utama, dan Gambar 6.11 menunjukkan DataTable NPV untuk setiap skenario. Keterbatasan pendekatan sensitivitas dan skenario tradisional meliputi:

- Pendekatan ini hanya menunjukkan sekumpulan kecil kasus yang telah ditetapkan sebelumnya secara eksplisit.
- Pendekatan ini tidak menunjukkan sekumpulan kasus yang representatif. Misalnya, kasus dasar yang terdiri dari nilai yang paling mungkin, pada kenyataannya, biasanya tidak akan menunjukkan nilai output yang paling mungkin (lihat sebelumnya dalam teks).
- Mereka tidak secara eksplisit mendorong proses berpikir yang mengeksplorasi pendorong risiko sejati dan tindakan mitigasi risiko (tidak seperti penilaian risiko penuh), dan karenanya mungkin tidak didasarkan pada skenario risiko asli yang mungkin dihadapi seseorang. Mereka juga tidak membedakan antara variabel yang berisiko atau tidak pasti dari variabel yang harus dioptimalkan (dipilih secara optimal).

NPV by Scenario		
	1	208.5
	2	159.6
	3	150.9
	4	127.4
	5	95.1

Gambar 6.11 Analisis Sensitivitas NPV Terhadap Skenario

Tidak ada pula upaya eksplisit untuk menghitung kemungkinan yang terkait dengan nilai keluaran, maupun rentang penuh dari kemungkinan nilai. Untuk melakukannya, diperlukan beberapa masukan yang divariasikan secara bersamaan dan probabilitas yang dikaitkan dengan variasi ini. Dengan demikian, dasar pengambilan keputusan berpotensi tidak memadai:

- Hasil rata-rata tidak diketahui.
- Kemungkinan hasil apa pun tidak diketahui, seperti kemungkinan tercapainya rencana dasar.
- Tidak mudah untuk mencerminkan toleransi risiko (maupun persyaratan kontinjensi)

secara memadai dalam keputusan, atau untuk menetapkan target atau tujuan yang tepat.

- Tidak mudah untuk membandingkan satu proyek dengan yang lain.

Simulasi menggunakan Tabel Data

Sebagai tambahan, simulasi dasar dapat dilakukan menggunakan Tabel Data untuk menghasilkan serangkaian nilai yang akan muncul jika model yang berisi fungsi RAND() dihitung ulang berulang kali. Karena perhitungan ulang tidak memerlukan perubahan apa pun dalam model (selain nilai fungsi RAND(), yang dilakukan dalam setiap kasus pada setiap perhitungan ulang), seseorang dapat membuat DataTable satu arah, yang keluarannya adalah keluaran model dan masukan yang akan divariasikan adalah daftar bilangan bulat, yang masing-masing sesuai dengan nomor indeksasi perhitungan ulang (misalnya angka satu untuk perhitungan ulang pertama, angka dua untuk yang kedua, dst.). Sel masukan kolom yang kemudian akan divariasikan untuk mengambil nilai bilangan bulat ini hanyalah sel kosong di lembar (seperti sudut kiri atas DataTable yang kosong). Pendekatan ini akan menghindari kebutuhan akan VBA. Dalam praktiknya, hal ini umumnya tidak memuaskan karena beberapa alasan:

- Hasil akan berubah setiap kali model dihitung ulang, sehingga tidak akan ada penyimpanan hasil permanen yang dapat digunakan untuk menghitung statistik, membuat grafik dan laporan, dan sebagainya. Seseorang perlu menyalin nilai secara manual ke rentang terpisah untuk tujuan ini.
- Akan merepotkan saat bekerja dengan bagian utama model, karena menghitung ulang model saat ada perubahan akan memerlukan simulasi penuh, yang akan memperlambat proses kerja umum, dibandingkan dengan menjalankan simulasi hanya saat diperlukan.
- Khususnya, akan menjadi praktik pemodelan yang buruk untuk menjalankan analisis sensitivitas pada sel kosong (misalnya, jika ada konten yang dimasukkan ke dalam sel tersebut).
- Akan menjadi tidak fleksibel jika perubahan perlu dilakukan pada jumlah perhitungan ulang yang diperlukan, atau pada tempat hasil ditempatkan, dan seterusnya.

Pendekatan ini umumnya tidak dianggap serius untuk banyak situasi praktis, karena kode VBA untuk menjalankan simulasi dasar sangat sederhana (meskipun seseorang dapat menambahkan fungsionalitas yang lebih canggih jika diinginkan) lihat Bab 12.

GoalSeek

Prosedur Excel GoalSeek (di bawah Analisis Data/What-If) mencari (secara berulang) untuk menemukan nilai dari satu masukan model yang akan menghasilkan keluaran yang memiliki nilai tertentu yang ditentukan pengguna.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Data and Assumptions	Growth/Time Assumptions	2016	2017	2018	2019
3		Contribution Margin based on Market Prices: \$/Unit		10.0	10.0	10.0	10.0
4		Fixed Cost of Site \$m p.a	2.0%	-10.0	-10.2	-10.4	-10.6
5		Capital Expenditure		-100	-75.0	-25.0	0.0
6		Volume Produced	5.0%	6.0	6.3	6.6	6.9
7							
8		Summary Cash Flow		2016	2017	2018	2019
9		Margin \$m		60.0	63.0	66.2	69.5
10		Fixed Cost of Site \$m p.a		-10.0	-10.2	-10.4	-10.6
11		Capex \$m		-100.0	-75.0	-25.0	0.0
12		Cash Flow \$m		-50.0	-22.2	30.7	58.8
13		10-year NPV \$m	10.0%	208.5			
14							
15		Target Value		220.0			
16		Difference		-11.5			
17							
18							
19							
20							

Gambar 6.12 Menemukan Tingkat Pertumbuhan Yang Diperlukan Untuk Mencapai Target NPV

Misalnya, seseorang mungkin bertanya berapa pertumbuhan volume yang dibutuhkan (dengan semua asumsi lain pada nilai dasarnya), sehingga NPV adalah Rp. 220 Miliar. Dari Gambar 6.6, seseorang dapat melihat bahwa angkanya berada di antara 5% dan 6%; untuk menjawab pertanyaan ini secara tepat menggunakan teknik sensitivitas akan memerlukan banyak iterasi dan umumnya tidak terlalu efisien.

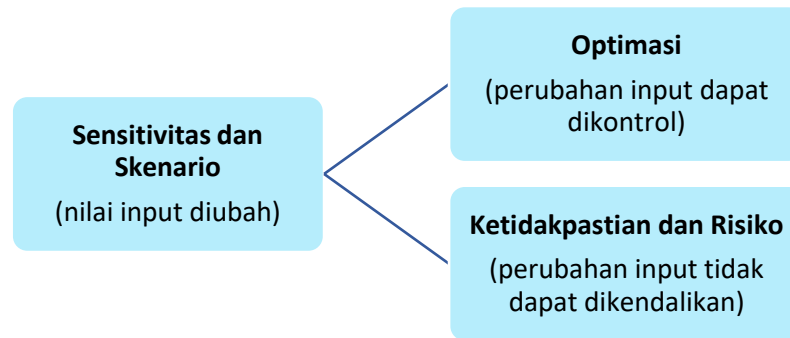
Sehingga nilai targetnya adalah nol; pendekatan ini umumnya lebih transparan dan fleksibel misalnya, nilai target eksplisit dan dicatat dalam lembar, dan juga memungkinkan otomatisasi yang lebih mudah menggunakan makro. Setelah tombol OK diklik dalam prosedur yang ditunjukkan di atas, nilai dalam sel C6 akan berulang hingga nilai sekitar 5,65% ditemukan. Perlu dicatat bahwa umumnya bukan pertanyaan yang valid untuk menanyakan kombinasi masukan apa misalnya skenario apa yang akan menghasilkan hasil tertentu; secara umum akan ada banyak.

6.4 ANALISIS DAN PEMODELAN OPTIMASI

Bagian ini membahas hubungan antara simulasi dan analisis serta pemodelan optimasi.

Ketidakpastian versus Pilihan

Saat melakukan analisis sensitivitas dan skenario, tidak perlu membedakan apakah variabel input yang diuji adalah variabel yang nilainya dapat dikontrol sepenuhnya atau tidak. Jika nilai variabel input dapat dikontrol sepenuhnya, maka nilainya adalah pilihan, sehingga muncul pertanyaan tentang pilihan mana yang terbaik (dari sudut pandang analisis atau pembuat keputusan yang relevan). Jadi, secara umum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.13, ada dua subkategori umum analisis sensitivitas:



Gambar 6.13 Hubungan Antara Sensitivitas, Ketidakpastian, dan Optimalisasi

- Konteks atau fokus risiko atau ketidakpastian, di mana input tidak dapat dikontrol dalam konteks model tertentu (dan nilai-nilai yang mungkin dapat direpresentasikan oleh distribusi).
- Konteks atau fokus optimalisasi, di mana nilai-nilai input sepenuhnya dapat dikontrol dalam konteks tersebut, dan harus dipilih secara optimal.

Perbedaan antara apakah seseorang dihadapkan pada situasi yang tidak pasti atau situasi optimalisasi dapat bergantung pada perspektif dari mana seseorang melihat: pilihan seseorang dapat menjadi ketidakpastian bagi orang lain, dan sebaliknya. Misalnya:

- Mungkin merupakan pilihan individu mengenai jam berapa ia berencana untuk bangun di pagi hari. Pada hari tertentu, seseorang dapat berencana untuk bangun pada waktu yang memperhitungkan kemungkinan hujan lebat dapat menyebabkan gangguan perjalanan, atau bahwa kejadian tak terduga lainnya dapat terjadi. Refleksi ini dapat menghasilkan waktu yang tepat (optimal) yang dipilih seseorang untuk bangun. Namun, dari sudut pandang orang lain yang tidak memiliki informasi yang cukup tentang rincian tujuan orang lain untuk hari itu, proses perjalanan, dan toleransi risiko, waktu saat orang lain tersebut bangun dapat dianggap tidak pasti.
- Merupakan pilihan perusahaan untuk membangun pabrik, dengan setiap lokasi yang memungkinkan memiliki serangkaian risiko yang terkait dengannya, serta perbedaan struktural lainnya di antara mereka. Setelah analisis selesai, lokasi akan dipilih oleh manajemen perusahaan sesuai dengan kriteria mereka. Namun, orang luar tidak memiliki informasi yang cukup tentang kriteria dan proses keputusan manajemen, dan dapat menganggap pemilihan lokasi sebagai proses dengan hasil yang tidak pasti.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Generic schedule		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3		Project 1	\$m	-250	67	67	67	60	54	49	44	40	36
4		Project 2	\$m	-300	87	87	87	87	78	70	63	57	51
5		Project 3	\$m	-160	43	43	43	43	43	39	35	32	28
6		Project 4	\$m	-120	46	46	46	41	37	34	30	27	24
7		Project 5	\$m	-240	97	97	97	97	87	79	71	64	57
8		Project 6	\$m	-300	80	80	80	80	80	72	65	58	52
9		Project 7	\$m	-160	44	44	44	40	36	32	29	26	24
10		Project 8	\$m	-200	77	77	77	77	70	63	56	51	46
11		Project 9	\$m	-180	72	72	72	72	72	65	58	53	47
12		Project 10	\$m	-360	95	95	95	85	77	69	62	56	50
13													
14		Specific dates	Start date (year 1)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
15		Project 1	2016	(250)	67	67	67	60	54	49	44	40	36
16		Project 2	2016	(300)	87	87	87	87	78	70	63	57	51
17		Project 3	2016	(160)	43	43	43	43	43	39	35	32	28
18		Project 4	2016	(120)	46	46	46	41	37	34	30	27	24
19		Project 5	2016	(240)	97	97	97	97	87	79	71	64	57
20		Project 6	2016	(300)	80	80	80	80	80	72	65	58	52
21		Project 7	2016	(160)	44	44	44	40	36	32	29	26	24
22		Project 8	2016	(200)	77	77	77	77	70	63	56	51	46
23		Project 9	2016	(180)	72	72	72	72	72	65	58	53	47
24		Project 10	2016	(360)	95	95	95	85	77	69	62	56	50
25		Cash Flow		-2270	709	709	709	684	635	571	514	463	417
26													
27		Diso Cash flow yrs 1-10	1212	\$m									
28		Min CF years 1-5	-2270	\$m									
29		Min acceptable	-500	\$m									

Gambar 6.14 Portofolio Proyek Dengan Pemetaan Dari Sumbu Waktu Umum Ke Tanggal Tertentu

Dalam beberapa situasi, perusahaan mungkin menjadi penerima harga (menerima harga pasar yang berlaku), dan karenanya terpapar pada potensi ketidakpastian harga di masa mendatang (hal yang sama berlaku jika produk seseorang dijual dengan harga premium atau diskon dari harga pasar tersebut). Dalam konteks lain, perusahaan mungkin menjadi pembuat harga (di mana ia memutuskan tingkat harga untuk dijual); kenaikan harga yang sederhana dapat menyebabkan peningkatan penjualan (jika volume tetap kurang lebih konstan), sedangkan harga yang sangat tinggi kemungkinan akan menyebabkan penurunan volume penjualan yang sangat besar, yang menyebabkan penurunan penjualan secara total. Dalam konteks seperti itu, akan ada titik harga yang optimal.

Gambar 6.14 berisi contoh portofolio 10 proyek, dengan profil arus kas masing-masing ditampilkan pada sumbu waktu generik (yaitu investasi diikuti oleh arus kas positif sejak tanggal setiap proyek diluncurkan). Di bawah kisi profil generik, kisi lain menunjukkan efek ketika setiap proyek diberi tanggal mulai tertentu (yang dapat diubah menjadi nomor tahun apa pun). Dalam kasus yang ditunjukkan, semua proyek diluncurkan pada tahun 2016, yang menghasilkan total kebutuhan pembiayaan sebesar Rp. 2.270.000 pada tahun 2016 (sel D25). Namun, peran berbagai tanggal peluncuran proyek dapat bergantung pada situasi:

- Konteks risiko atau ketidakpastian. Setiap proyek mungkin tunduk pada ketidakpastian mengenai waktunya, sehingga arus kas dan profil pembiayaan di masa mendatang menjadi tidak pasti. Dalam kasus ini, pemodel dapat mengganti tanggal peluncuran dengan nilai yang diambil dari distribusi yang sesuai (distribusi yang mengambil sampel angka tahun mendatang sebagai bilangan bulat), dan simulasi dapat dijalankan untuk menetapkan kemungkinan profil waktu.
- Konteks pengoptimalan. Di mana pilihan serangkaian tanggal sepenuhnya berada dalam kebijaksanaan dan kendali pembuat keputusan. Dalam kasus ini, beberapa

rangkaian tanggal peluncuran akan lebih disukai daripada yang lain. Misalnya, seseorang mungkin ingin memaksimalkan NPV arus kas selama 10 tahun pertama, sementara tidak menginvestasikan lebih dari jumlah tertentu di setiap tahun. Sementara peluncuran semua proyek secara bersamaan dapat melebihi dana yang tersedia, menunda beberapa proyek akan mengurangi persyaratan investasi, tetapi juga akan mengurangi NPV (karena keterlambatan arus kas di masa mendatang). Jadi, secara umum, jalan tengah (rangkaian tanggal optimal) dapat dicari, yang nilai-nilai pastinya bergantung pada tujuan dan kendala tertentu.

Dalam contoh ini (seperti yang ditunjukkan dalam sel C29), kendala yang diinginkan mungkin adalah kendala di mana arus kas minimum dalam lima tahun pertama tidak boleh turun di bawah Rp. 500 Miliar. Oleh karena itu, kasus yang ditunjukkan dalam Gambar 6.14 tidak akan dianggap sebagai rangkaian tanggal peluncuran yang dapat diterima.

Gambar 6.15 berisi rangkaian tanggal peluncuran alternatif, di mana beberapa proyek dimulai setelah tahun 2016. Ini adalah rangkaian tanggal yang dapat diterima, karena nilai dalam sel C28 lebih besar daripada nilai dalam sel C29. Mungkin saja rangkaian tanggal ini adalah yang terbaik yang dapat dicapai, tetapi mungkin ada solusi yang lebih baik jika kita mencari lebih jauh. Perhatikan bahwa dalam masalah optimasi linier berkelanjutan, solusi optimal akan memenuhi kendala secara tepat, sedangkan dalam kasus ini nilai inputnya adalah bilangan bulat diskrit.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Generic schedule		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3		Project 1	\$m	-250	67	67	67	60	54	49	44	40	36
4		Project 2	\$m	-300	87	87	87	78	70	63	57	51	
5		Project 3	\$m	-160	43	43	43	43	39	35	32	28	
6		Project 4	\$m	-120	46	46	46	41	37	34	30	27	24
7		Project 5	\$m	-240	97	97	97	87	79	71	64	57	
8		Project 6	\$m	-300	80	80	80	80	80	72	65	58	52
9		Project 7	\$m	-160	44	44	44	40	36	32	29	26	24
10		Project 8	\$m	-200	77	77	77	77	70	63	56	51	46
11		Project 9	\$m	-180	72	72	72	72	72	65	58	53	47
12		Project 10	\$m	-360	95	95	95	85	77	69	62	56	50
13													
14		Specific dates	Start date (year 1)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
15		Project 1	2019	0	0	0	(250)	67	67	67	60	54	49
16		Project 2	2016	(300)	87	87	87	78	70	63	57	51	
17		Project 3	2016	(160)	43	43	43	43	39	35	32	28	
18		Project 4	2017	0	(120)	46	46	46	41	37	34	30	27
19		Project 5	2017	0	(240)	97	97	97	87	79	71	64	
20		Project 6	2019	0	0	0	(300)	80	80	80	80	72	
21		Project 7	2017	0	(160)	44	44	40	36	32	29	26	
22		Project 8	2018	0	0	(200)	77	77	77	70	63	56	
23		Project 9	2018	0	0	(180)	72	72	72	72	65	58	
24		Project 10	2018	0	0	(360)	95	95	85	77	69	62	
25		Cash Flow		-460	-390	-422	12	709	691	652	602	550	495
26													
27		Disc Cash flow yrs 1-10	820	\$m									
28		Min CF years 1-5	-460	\$m									
29		Min acceptable	-500	\$m									

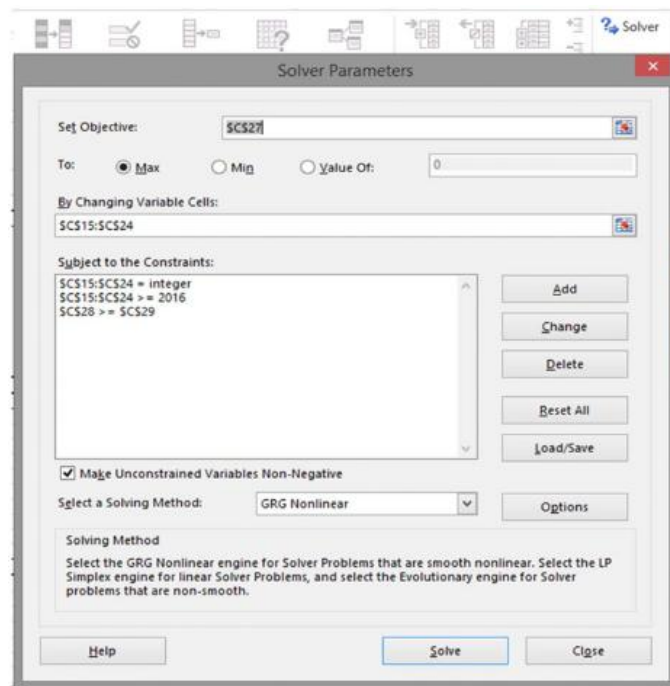
Gambar 6.15 Penundaan Tanggal Peluncuran Beberapa Proyek Dapat Menciptakan Solusi Yang Dapat Diterima Atau Optimal

Contoh ini menunjukkan hubungan erat antara simulasi dan aspek inti pengoptimalan: dalam kedua kasus, umumnya terdapat masalah kombinatorial, yaitu terdapat banyak kemungkinan kombinasi nilai masukan dan keluaran. Mengingat hubungan ini, seseorang mungkin berpikir bahwa teknik yang tepat yang digunakan untuk menangani setiap situasi akan sama. Misalnya,

seseorang dapat (mencoba) menemukan solusi optimal dengan menggunakan simulasi untuk menghitung banyak (atau semua) kemungkinan nilai model saat masukan divariasikan secara bersamaan, dan cukup memilih yang terbaik; sebagai alternatif, seseorang dapat mencoba sejumlah skenario yang telah ditetapkan sebelumnya untuk tanggal mulai yang diasumsikan guna melihat pengaruh berbagai kombinasi.

Dalam beberapa kasus, coba-coba (diterapkan dengan akal sehat) dapat menghasilkan solusi yang dapat diterima (tetapi mungkin bukan yang benar-benar optimal). Meskipun pendekatan tersebut mungkin berguna dalam beberapa keadaan, pendekatan tersebut umumnya bukan cara yang sangat efisien untuk memecahkan masalah pengoptimalan. Pertama, dalam beberapa kasus, properti yang tersirat dalam batasan dapat digunakan untuk mengurangi jumlah kemungkinan kombinasi masukan yang layak dipertimbangkan. Kedua, dengan mengadaptasi serangkaian nilai uji coba berdasarkan hasil uji coba sebelumnya, seseorang mungkin dapat mencari lebih cepat (yaitu dengan menyempurnakan solusi yang sudah mapan atau mendekati optimal, daripada mencari kemungkinan yang sama sekali baru).

Oleh karena itu, dalam praktiknya, alat dan teknik yang secara khusus dibuat untuk situasi pengoptimalan biasanya lebih efektif: Solver Excel atau Evolver Palisade dapat dianggap sebagai alat yang memungkinkan. Yang terakhir adalah bagian dari DecisionTools Suite, yang @RISK juga merupakan komponen utamanya.) Untuk masalah pengoptimalan yang sangat besar, seseorang mungkin perlu menggunakan alat lain atau bekerja di luar platform Excel (ini berada di luar cakupan teks ini). Gambar 6.16 menunjukkan kotak dialog Solver yang digunakan (Solver adalah komponen gratis (add-in) untuk Excel yang umumnya perlu diinstal di bawah Opsi/Add-In Excel, dan kemudian akan muncul di tab Data; kotak dialog cukup jelas).



Gambar 6.16 Kotak Dialog Pemecah Masalah

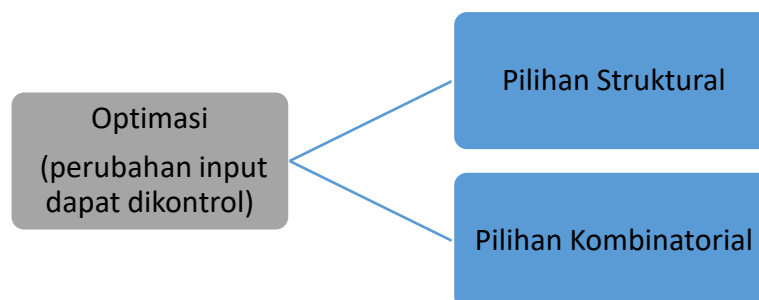
Penting dalam praktik untuk dicatat bahwa sebagian besar alat pengoptimalan hanya memungkinkan satu tujuan (misalnya memaksimalkan laba atau meminimalkan biaya).

Oleh: Dr. Agus Wibowo

Dengan demikian, definisi kualitatif tujuan seperti memaksimalkan pendapatan sambil meminimalkan biaya biasanya tidak dapat digunakan sebagai masukan ke dalam alat pengoptimalan tanpa modifikasi lebih lanjut. Umumnya, semua kecuali satu dari tujuan awal (beragam) harus dinyatakan kembali sebagai kendala, sehingga hanya ada satu tujuan yang tersisa dan beberapa kendala, seperti memaksimalkan laba sambil menjaga biaya di bawah Rp. 10 Miliar dan menyelesaikan proyek dalam waktu 3 tahun.

Masalah pengoptimalan juga muncul ketika jumlah opsi yang memungkinkan rendah, tetapi setiap opsi terkait dengan situasi yang sangat berbeda. Ini dapat dianggap sebagai pengoptimalan struktural, di mana suatu keputusan harus diambil yang konsekuensinya secara fundamental mengubah struktur dasar masa depan, dengan tujuan untuk memilih keputusan terbaik. Misalnya:

- Pilihan untuk pergi berlibur mewah atau membeli mobil baru:
- Jika seseorang pergi berlibur dan tidak membeli mobil, maka ia akan menempuh perjalanan yang sangat berat untuk bekerja setiap hari (misalnya, berjalan kaki jauh ke halte bus di jalan sempit, naik bus ke stasiun kereta, kemudian naik kereta, dilanjutkan dengan naik bus lagi, dan seterusnya).
- Jika seseorang membeli mobil, ia akan memiliki perjalanan yang relatif mudah untuk bekerja di masa mendatang, tetapi karena tidak mendapatkan manfaat dari liburan tersebut, ia mungkin menjadi tidak bahagia dan berhenti dari pekerjaannya!
- Pilihan untuk melakukan ekspansi bisnis secara organik, melalui akuisisi atau usaha patungan, adalah keputusan yang hanya memiliki beberapa kombinasi (pilihan), tetapi masing-masing memiliki sifat (struktural) yang berbeda secara fundamental.
- Pilihan untuk melanjutkan atau tidak suatu proyek yang cakupannya dapat didefinisikan ulang (misalnya dibatalkan, diperluas atau dimodifikasi) setelah beberapa informasi awal diperoleh pada tahap awal (seperti hasil uji coba yang memberikan indikator tidak sempurna mengenai kemungkinan keberhasilan proyek di masa depan).



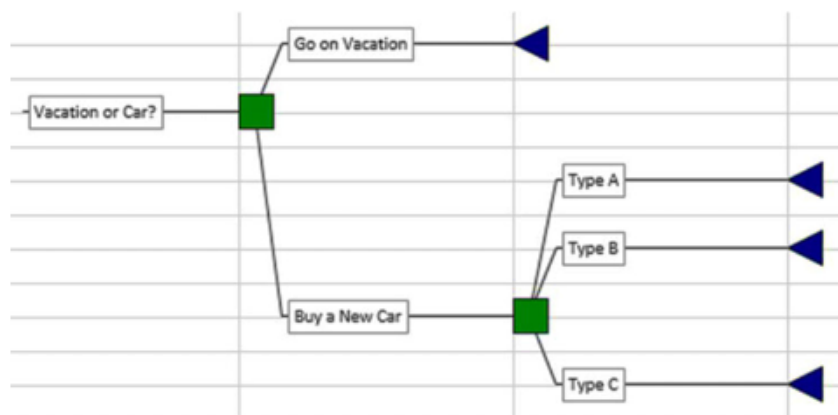
Gambar 6.17 Kategori Situasi Optimasi

Gambar 6.17 memperlihatkan kedua kategori situasi pengoptimalan ini. Metode pohon keputusan sering digunakan saat dihadapkan pada pilihan struktural. Berikut ini, kami sampaikan beberapa catatan singkat tentang manfaatnya, di luar aspek visual semata; namun, pembahasan terperinci tentang metode ini berada di luar cakupan teks ini. Gambar 6.18 memperlihatkan contoh sederhana kasus di mana keputusan yang akan diambil ditunjukkan

dalam urutan: pertama, apakah akan pergi berlibur atau membeli mobil baru dan kedua, jenis mobil yang dibeli jika keputusan untuk membeli mobil diambil.

Perhatikan bahwa jika tidak ada item lebih lanjut yang muncul di antara keputusan yang berurutan (yaitu yang berkaitan dengan pembelian mobil potensial), maka pohon yang diperlihatkan pada Gambar 6.18 sama dengan yang diperlihatkan pada Gambar 6.19 dalam hal keputusan akhir yang tersedia, meskipun urutannya kurang eksplisit secara visual. Gambar 6.18 dan 6.19 dibuat menggunakan perangkat lunak PrecisionTree Palisade yang merupakan bagian dari DecisionTools Suite. Manfaat kuantitatif (bukan visual) dari alat semacam itu adalah ia menerapkan jalur perhitungan mundur yang akan diperlukan jika ketidakpastian terjadi di antara keputusan dalam urutan keputusan secara default, menggunakan hasil rata-rata dari setiap opsi keputusan.

Misalnya, sedangkan pohon yang ditunjukkan pada Gambar 6.20 merekomendasikan agar seseorang tetap di tempat tidur, pohon pada Gambar 6.21 merekomendasikan agar seseorang bangun. Dalam setiap kasus, nilai cabang rata-rata dengan mempertimbangkan probabilitas yang ditunjukkan oleh persentase cabang di atas simpul peluang, dan nilai yang ditunjukkan di bawah cabang) dihitung. Namun, sedangkan pada Gambar 6.20 perhitungan ini dapat dilakukan dari kiri ke kanan atau dari kanan ke kiri, dalam struktur Gambar 6.21 itu hanya dapat dilakukan dari kanan ke kiri.

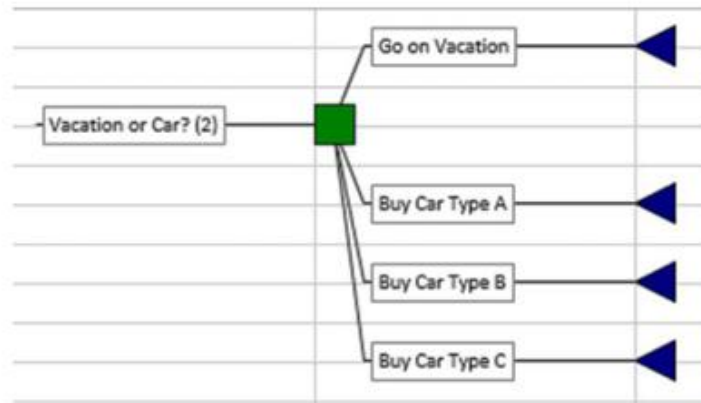


Gambar 6.18 Contoh Sederhana Struktur Keputusan

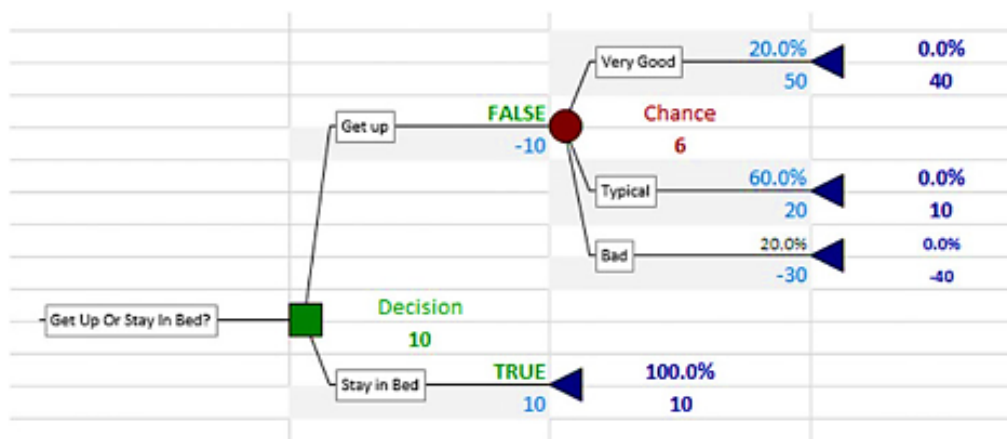
Pohon pada Gambar 6.21 menunjukkan nilai yang lebih tinggi daripada yang ada pada Gambar 6.20; perbedaan (sebesar 0,6) dapat dianggap sebagai nilai opsi riil (nilai fleksibilitas) untuk memiliki pilihan (opsi) apakah akan pulang atau pergi ke bioskop saat seseorang mengalami hari yang buruk (dibandingkan dengan tidak memiliki pilihan sama sekali): untuk mengevaluasi keputusan dasar apakah akan bangun atau tidak, seseorang perlu mengetahui bahwa perilaku potensial yang mungkin terjadi di masa depan ini memiliki beberapa nilai.

Oleh karena itu diperlukan proses mundur, yang tidak diperlukan dalam konteks murni pengambilan keputusan dalam ketidakpastian selama keputusan dibuat menggunakan hasil masa depan rata-rata. Gambar 6.20. Dengan demikian, ada hubungan erat antara topik pengoptimalan, opsi riil, dan pohon keputusan. Aspek perhitungan mundur dalam perangkat

lunak mungkin merupakan aspek terpentingnya, karena implementasi yang setara di Excel bisa sangat rumit (dan sering kali diabaikan sebagai proses yang diperlukan), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.22.



Gambar 6.19 Keputusan Berurutan Disajikan Sebagai Satu Set Keputusan Penuh



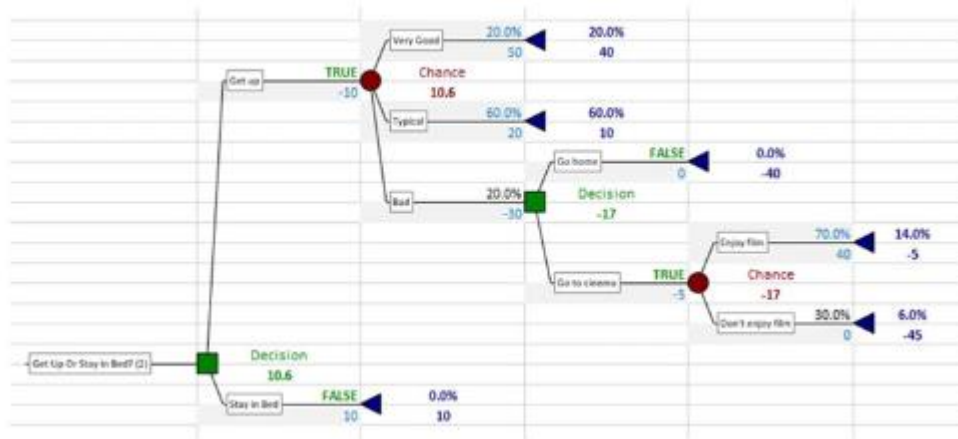
Gambar 6.20 Contoh Sederhana Pohon Keputusan Dengan Ketidakpastian Masa Depan

Optimasi dalam Kehadiran Risiko dan Ketidakpastian

Ketidakpastian juga dapat hadir dalam situasi optimasi. Sementara pembahasan yang terkait dengan Gambar 6.13 tampaknya menunjukkan bahwa situasi yang melibatkan optimasi dan situasi yang mengandung risiko (atau ketidakpastian) saling eksklusif, pada kenyataannya, ada interaksi yang lebih kompleks di antara keduanya: secara sederhana, ketika suatu situasi mengandung risiko (atau ketidakpastian), seseorang dihadapkan pada pertanyaan tentang bagaimana menanggapi risiko tersebut dengan cara yang optimal.

Respons optimal terhadap risiko melibatkan pemilihan konteks yang optimal untuk bertindak, yang melibatkan pertimbangan risiko atau ketidakpastian dalam setiap konteks (serta faktor keputusan lainnya). Misalnya, mungkin berada di bawah kendali kita apakah kita memutuskan untuk melakukan perjalanan dengan bus, sepeda, atau berjalan kaki. Setiap pilihan menghasilkan waktu tempuh kasus dasar (misalnya rata-rata atau yang diharapkan) yang berbeda, dan masing-masing memiliki biaya yang berbeda. Selain itu, terdapat

ketidakpastian dalam setiap pilihan, yang dapat memengaruhi keputusan. Jadi, ada kemungkinan seseorang memilih untuk berjalan kaki pada hari tertentu, agar memiliki waktu tempuh yang lebih dapat diprediksi daripada metode lain, meskipun secara rata-rata mungkin memerlukan waktu lebih lama.



Gambar 6.21 Pohon Keputusan dengan Keputusan yang Diambil Setelah Hasil yang Tidak Pasti

Excel version with Backward Calculation									
Chance Node: Film									
Enjoy Film									
Don't Enjoy Film									
Value of Film (average)									
Decision Node									
Go home									
Go to cinema									
Value of decision									
Decision which is true									
Chance Node: Type of day									
Very Good									
Typical									
Bad									
Value of Day (average)									
Decision Node									
Get up									
Stay in bed									
Value of decision									
Decision which is true									

Gambar 6.22 Jalur Perhitungan Mundur Excel untuk Mereplikasi Logika Pohon Keputusan

Strategi mitigasi (atau respons) risiko yang optimal dapat memiliki elemen optimasi struktural dan kombinatorial: optimasi struktural tentang konteks tempat beroperasi, dan optimasi kombinatorial untuk menemukan serangkaian tindakan mitigasi risiko terbaik dalam konteks tersebut. Memang, seperti yang dibahas dalam Bab 1, peran penting penilaian risiko adalah untuk mendukung pengembangan dan pilihan konteks optimal tempat beroperasi (beroperasi dalam konteks struktural terbaik, mitigasi, dan respons terhadap risiko di dalamnya), dan untuk mendukung evaluasi keputusan akhir dengan mempertimbangkan ketidakpastian residual dan toleransi risiko pembuat keputusan.

Aspek Pemodelan Situasi Optimasi

Seperti yang dibahas di atas, situasi optimasi dan risiko secara inheren terkait, dan banyak aspek dari masalah pemodelan yang mendasarinya juga serupa. Meskipun demikian, ada beberapa aspek spesifik yang perlu diringkas dan ditekankan pada titik ini. Pertama, secara umum, seseorang perlu mempertimbangkan sejak awal dalam proses ini apa alat yang tepat dan pendekatan keseluruhannya, khususnya apakah pendekatan pohon, kombinatorial, heuristik, matematika atau pendekatan lain yang paling cocok; ini juga akan memengaruhi platform dasar (misalnya Excel atau lainnya) dan alat (misalnya add-in atau perangkat lunak lain) yang harus digunakan.

Beberapa situasi optimisasi dapat menjadi menantang dan rumit: khususnya, di mana kriteria keputusan tidak didasarkan pada hasil rata-rata di masa mendatang tetapi pada ukuran statistik lainnya, dan di mana ada serangkaian keputusan, maka pilihan keputusan yang optimal menjadi lebih sulit; situasi optimisasi stokastik ini berada di luar cakupan teks ini. Kedua, perbedaan eksplisit antara variabel pilihan dan variabel tidak pasti perlu dibuat saat menggunakan simulasi berbasis risiko atau pendekatan pengoptimalan (tidak seperti saat melakukan analisis sensitivitas tradisional, misalnya):

- Secara umum, masukan ke model Excel terdiri dari angka-angka yang merupakan variabel pilihan (yang akan dioptimalkan), variabel tidak pasti (yang akan diambil sampelnya secara acak dalam simulasi) dan parameter lain yang ditetapkan untuk tujuan model (misalnya faktor skala, dll.). Dalam kasus umum, satu model mungkin memiliki item dari masing-masing sifat. Misalnya, dalam model yang ditunjukkan pada Gambar 6.14, profil arus kas generik sejak tanggal peluncuran proyek bisa jadi tidak pasti, sementara rangkaian tanggal peluncuran harus dioptimalkan.
- Sementara di beberapa area aplikasi tertentu ketidakpastian dapat ditangani secara analitis, secara umum, simulasi diperlukan. Ini berarti bahwa untuk setiap rangkaian tanggal yang mungkin dicoba sebagai solusi pengoptimalan, seluruh simulasi perlu dijalankan untuk melihat profil ketidakpastian dalam situasi tersebut.
- Bila simulasi penuh diperlukan untuk setiap uji coba solusi optimal potensial, sering kali perlu dipertimbangkan apakah keberadaan ketidakpastian akan mengubah solusi optimal aktual secara signifikan. Waktu potensial yang terlibat dalam menjalankan banyak simulasi bisa signifikan, sedangkan mungkin tidak menghasilkan solusi yang berbeda. Misalnya, dalam praktiknya, rute optimal untuk bepergian melintasi kota besar mungkin (dalam banyak kasus) sama terlepas dari apakah seseorang menganggap waktu tempuh untuk setiap segmen potensial perjalanan tidak pasti atau apakah seseorang menganggapnya tetap. Mungkin ada pengecualian dalam situasi di mana ketidakpastian sangat tidak simetris, atau karena toleransi risiko pembuat keputusan; untuk memiliki prediktabilitas yang lebih baik dari total waktu perjalanan, seseorang dapat memilih untuk berjalan satu rute daripada naik bus pada rute yang berbeda, bahkan jika berjalan kaki rata-rata lebih lama.
- Alat RiskOptimizer (bagian dari versi Industri @RISK), memungkinkan simulasi untuk dijalankan dalam setiap uji coba pengoptimalan (yang hebat, tetapi dapat memakan

waktu).

Ketiga, dari perspektif proses, sebagian besar algoritme optimisasi hanya memungkinkan satu tujuan, sedangkan sebagian besar situasi bisnis melibatkan beberapa tujuan (dan pemangku kepentingan dengan tujuan mereka sendiri). Jadi, seseorang biasanya perlu merumuskan ulang semua kecuali satu dari tujuan ini sebagai kendala. Sementara secara teori solusi optimal ditemukan sama di setiap tujuan, dalam praktiknya peserta proses sering kali (atau merasa diri mereka) diuntungkan jika tujuan mereka sendiri adalah yang diambil sebagai satu-satunya tujuan untuk optimisasi, dan dirugikan jika tujuan mereka adalah salah satu dari banyak kendala:

- Secara psikologis, tujuan memiliki konotasi positif, sedangkan kendala terdengar lebih negatif: tujuan adalah sesuatu yang harus diupayakan untuk dicapai; kendala harus diatasi.
- Sementara tujuan adalah sesuatu yang sering kali enggan diubah, kendala lebih cenderung diremehkan, atau dianggap sebagai item yang dapat dimodifikasi atau dinegosiasikan.
- Ketika tujuan seseorang hanya dinyatakan sebagai satu item dalam serangkaian kendala, fokus pada hal itu kemungkinan akan hilang.

Keempat, model yang dimaksudkan untuk digunakan untuk tujuan pengoptimalan terkadang memiliki persyaratan yang lebih menuntut pada logika internalnya daripada yang akan digunakan untuk analisis "bagaimana jika" yang sederhana. Misalnya:

- Secara umum, fungsi tujuan dari model pengoptimalan harus mengikuti profil berbentuk U (atau berbentuk U terbalik) saat nilai variabel input (pilihan) berubah. Pengecualian utama adalah ketika pengoptimalan muncul hanya sebagai akibat dari kendala.
- Model yang menghitung pendapatan penjualan dengan mengalikan harga dengan volume mungkin cukup untuk beberapa tujuan sederhana analisis sensitivitas, tetapi jika digunakan untuk menemukan harga optimal, maka itu tidak akan berarti kecuali volume dibuat bergantung pada harga dengan harga yang lebih tinggi menyebabkan volume yang lebih rendah jika tidak, harga tak terbatas akan menjadi harga terbaik untuk dikenakan, yang dalam praktiknya akan menyebabkan penjualan menjadi nol. Seperti yang disebutkan sebelumnya, pendekatan skenario sering digunakan jika ketergantungan tersebut sulit untuk ditangkap secara akurat melalui hubungan yang diparameterisasi.

Terakhir, meskipun situasi optimisasi sering kali memiliki solusi yang unik, akan sering kali ada banyak kemungkinan set nilai uji coba lain yang memberikan solusi yang mendekati optimal. Hal ini akan terjadi karena kurva berbentuk U yang datar pada titik optimal, kecuali titik tersebut hanya ditentukan oleh kendala.

Fitur masalah optimisasi ini merupakan bagian dari alasan mengapa metode heuristik atau pragmatis dapat menjadi sangat efektif, karena seseorang mungkin dapat menemukan solusi yang sangat baik dengan beberapa percobaan dan kesalahan serta akal sehat. Hal ini juga dapat menjelaskan mengapa teknik tersebut sulit diterapkan dalam konteks organisasi

praktis; banyak varian serupa dari proyek yang mendekati optimal akan memberikan hasil yang serupa, sedangkan beberapa mungkin lebih menguntungkan daripada yang lain bagi peserta proses tertentu.

6.5 METODE ANALITIK DAN METODE NUMERIK LAINNYA

Bagian ini memberikan gambaran umum tentang metode analitik yang terkadang digunakan dalam konteks aktivitas pemodelan risiko dan finansial. Ini memberikan beberapa dasar untuk perbandingan dengan metode simulasi, dan penerapan masing-masing

Metode Analitik dan Solusi Bentuk Tertutup

Dalam beberapa kasus, distribusi kuantitas (atau properti statistik terpilih dari kuantitas tersebut) dapat direpresentasikan dalam persamaan yang diperoleh melalui manipulasi matematis dari asumsi yang mendasarinya (terkadang disebut teknik "analitik" atau solusi "bentuk tertutup"). Contohnya meliputi:

- Rumus Black–Scholes untuk penilaian opsi Eropa (lihat di bawah).
- Rumus Huang–Litzenberger untuk perhitungan komposisi optimal portofolio finansial, yaitu portofolio yang memiliki risiko minimum untuk setiap pengembalian yang diharapkan (juga dikenal sebagai batas efisien Markowitz). Rumus ini berlaku untuk kasus di mana tidak ada batasan pada jumlah setiap aset yang dapat dimiliki (seperti tidak ada pembatasan pada penjualan singkat atau peminjaman).
- Dalam pemodelan kredit, asuransi, dan reasuransi, terdapat banyak rumus analitik di berbagai bidang, seperti untuk menghitung distribusi (atau statistiknya) nilai maksimum (atau nilai ekstrem) dari proses acak; ini adalah topik teori nilai ekstrem (lihat Bab 9 untuk detail lebih lanjut).

Contoh poin pertama di atas adalah sebagai berikut: opsi Eropa diperdagangkan sebelum tanggal kedaluwarsa, dan pada saat kedaluwarsa, pemegang opsi beli dapat membeli aset dasar, sedangkan pemegang opsi jual dapat menjualnya (masing-masing akan dilaksanakan pada saat kedaluwarsa jika harga aset pada saat kedaluwarsa masing-masing di atas atau di bawah harga pelaksanaan).

Rumus Black–Scholes memberikan nilai opsi tersebut. Rumus ini berisi enam variabel: S (harga aset acuan saat ini), E (harga pelaksanaan di masa mendatang saat opsi berakhir), τ (waktu hingga berakhirnya opsi, atau $T - t$ di mana t adalah waktu saat ini dan T adalah waktu berakhirnya opsi), σ (volatilitas pengembalian aset), r (suku bunga bebas risiko), dan D (imbal hasil dividen konstan). Rumus Black–Scholes untuk nilai opsi beli (C) dan jual (P) adalah:

$$C = Se^{-D\tau}N(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

$$P = -Se^{-D\tau}N(d_1) + Ee^{-rT}N(-d_2)$$

Dimana

$$d1 = \frac{\left(LN \left(\frac{S}{E} \right) + \left(r - D + \frac{\sigma^2}{2} \right) \tau \right)}{\sigma \sqrt{\tau}}$$

$$d2 = \frac{\left(LN \left(\frac{S}{E} \right) + \left(r - D + \frac{\sigma^2}{2} \right) \tau \right)}{\sigma \sqrt{\tau}}$$

dan $N(x)$ adalah probabilitas kumulatif ke titik x untuk distribusi normal standar. Rumus juga ada untuk penilaian derivatif yang lebih kompleks daripada opsi Eropa sederhana (vanilla), dan dalam beberapa kasus di mana asumsi yang mendasarinya digeneralisasi (misalnya, di mana volatilitas mungkin tidak konstan). Solusi bentuk tertutup (analitik) biasanya ampuh untuk digunakan saat tersedia. Namun, solusi tersebut juga memiliki sejumlah potensi kekurangan:

- Asumsi tambahan umumnya diperlukan agar dapat melakukan manipulasi matematika yang diperlukan untuk memperolehnya. Dengan demikian, rumus "analitik" tersebut masih merupakan perkiraan terhadap realitas, sehingga "kesalahan model" tetap ada (yaitu spesifikasi yang dikonseptualisasikan bukanlah representasi realitas yang sempurna). Misalnya, dalam aplikasi yang berkaitan dengan opsi keuangan, derivatif, dan portofolio, sering diasumsikan bahwa tidak ada biaya transaksi, atau pajak, bahwa proses tertentu diasumsikan mengikuti distribusi normal (atau lognormal) dan bahwa beberapa nilai parameter (seperti volatilitas) konstan dari waktu ke waktu.
- Perhitungan aktual dari hasil tertentu untuk solusi bentuk tertutup mungkin sangat rumit sehingga perkiraan numerik (seperti simulasi) diperlukan dalam hal apa pun; seperti yang disebutkan sebelumnya, asal mula metode Monte Carlo adalah di bidang ilmiah, sebagai alat numerik untuk memperkirakan nilai integral.
- Bahkan jika memungkinkan untuk ditangani secara analitis, model tersebut biasanya memerlukan keterampilan matematika tingkat tinggi untuk dipahami dan digunakan; dengan demikian, model tersebut sering kali tidak dapat diterapkan secara praktis dalam konteks pengambilan keputusan bisnis, meskipun secara teoritis mungkin demikian.
- Selain itu, dalam sebagian besar aplikasi praktis yang berkaitan dengan proyek bisnis di dunia nyata, solusi bentuk tertutup umumnya tidak dapat diperoleh:
- Proses yang menentukan masukan ke model, dan proses yang menyebabkan masukan menghasilkan keluaran, hanya dipahami sebagian dan memerlukan penilaian.
- Mungkin ada kekurangan data untuk membenarkan beberapa asumsi dengan ketelitian yang memadai.
- Bahkan jika prosesnya dipahami dan data tersedia, manipulasi matematika umumnya terlalu rumit. Bahkan sekumpulan kalkulasi yang tampaknya relatif sederhana dalam lembar kerja Excel (seperti mengambil nilai maksimum dari dua nilai, di mana setiap nilai itu sendiri merupakan hasil dari kalkulasi lain yang berasal dari beberapa masukan) akan sulit dievaluasi dalam pengertian bentuk tertutup, terutama jika masukan itu sendiri mungkin tidak pasti atau memiliki distribusi nilai yang mungkin.

Jika solusi bentuk tertutup tidak sesuai atau tidak tersedia, teknik numerik lain terkadang ada

untuk kuantifikasi risiko, pemodelan optimisasi, dan area terkait. Contohnya meliputi:

- Metode selisih hingga atau metode elemen hingga (bagian dari kategori teknik numerik "berbasis grid"). Pendekatan numerik ini banyak digunakan dalam bidang ilmiah serta bidang keuangan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial. Pohon binomial adalah contoh lain dari teknik grid.
- Pemrograman linier, non-linier, dinamis, dan teknik optimisasi lainnya.

Sekali lagi, dalam aplikasi bisnis praktis, sebagian besar teknik ini berlaku untuk area khusus (misalnya, optimisasi jadwal produksi dan campuran produk), daripada dapat langsung diterapkan pada hampir semua situasi. Pembaca yang tertarik dapat menemukan detail lebih lanjut tentang hal ini dan contoh-contoh lebih lanjut melalui pencarian internet sederhana atau literatur umum.

Menggabungkan Metode Simulasi dengan Solusi Eksak

Metode simulasi terkadang dapat digunakan dalam kombinasi dengan solusi eksak untuk tujuan tertentu, termasuk:

- Menguji keakuratan proses bilangan acak. Misalnya (seperti yang dibahas secara rinci dalam Bab 13), seseorang dapat menetapkan estimasi nilai π (3,14159) menggunakan simulasi. Ini dapat digunakan untuk menguji keakuratan metode pengambilan sampel bilangan acak, misalnya.
- Menjelajahi pengaruh ketidakpastian dalam nilai parameter yang digunakan dalam rumus analitik eksak (yang biasanya mengasumsikan bahwa nilai parameter tetap). Volume kubus adalah produk dari tiga dimensinya, tetapi berapa volumenya jika pengukuran setiap dimensi tidak pasti? Ini memiliki aplikasi untuk pemodelan ketidakpastian dalam cadangan minyak dan volume mineral atau sumber daya. Demikian pula, seseorang dapat menguji efek dalam rumus nilai opsi di atas dari beberapa parameter yang tidak pasti (meskipun sering kali pendekatan matematika lain juga digunakan untuk melakukannya).

6.6 PENERAPAN METODE SIMULASI

Teknik simulasi telah banyak digunakan dalam banyak aplikasi. Alasannya meliputi:

- Teknik simulasi dapat digunakan dalam hampir semua model, terlepas dari aplikasi atau sektornya.
- Secara konseptual cukup mudah, yang pada dasarnya melibatkan penghitungan ulang berulang untuk menghasilkan banyak skenario representatif.
- Umumnya mudah diimplementasikan, hanya memerlukan pemahaman tentang aspek statistik dan distribusi probabilitas yang cukup mendasar, hubungan ketergantungan dan (kadang-kadang) beberapa teknik pemodelan tambahan; tingkat pengetahuan matematika yang dibutuhkan cukup terfokus.
- Umumnya memberikan estimasi yang sangat akurat tentang sifat-sifat distribusi keluaran, bahkan ketika hanya sedikit penghitungan ulang yang telah dilakukan (lihat sebelumnya).
- Teknik simulasi dapat menjadi pelengkap yang berguna untuk pendekatan analitik atau

bentuk tertutup; khususnya dalam kasus yang lebih kompleks, simulasi dapat digunakan untuk menciptakan intuisi tentang sifat dan perilaku proses yang mendasarinya dan matematika terkait.

Dengan demikian, dalam banyak situasi praktis, simulasi adalah alat yang paling tepat, dan memang mungkin merupakan satu-satunya, atau sejauh ini merupakan metode yang paling sederhana, yang tersedia. Penggunaannya sering kali dapat menghasilkan wawasan tingkat tinggi dan nilai tambah dengan sedikit usaha atau investasi dalam waktu atau uang.

BAB 7

PRINSIP INTI DESAIN MODEL RISIKO

Dalam bab ini, penulis menyoroti beberapa prinsip inti dalam desain model risiko. Banyak di antaranya yang mirip dengan yang ada dalam pemodelan statis tradisional, tetapi tentu saja ada beberapa perbedaan. Tingkat kesamaan sering kali diabaikan, yang mengakibatkan pemodel yang kompeten dalam pendekatan statis tradisional merasa khawatir untuk terlibat dalam pemodelan risiko potensial, atau kewalahan saat awalnya mencoba melakukannya. Kesamaan utama meliputi:

- Pentingnya merencanakan model dan perannya sebagai pendukung keputusan, dengan mempertimbangkan konteks, tujuan keseluruhan, proses organisasi, dan budaya manajemen.
- Pentingnya menjaga segala sesuatunya sesederhana mungkin, namun berwawasan, bermanfaat, tetapi tidak sederhana.
- Pentingnya membedakan efek item yang dapat dikontrol (yaitu keputusan) dari efek variabel yang tidak dapat dikontrol, baik dalam hal pembangunan model maupun dalam penyajian hasil.
- Penggunaan proses pemikiran sensitivitas sebagai alat desain model. □ Kebutuhan untuk membangun rumus yang memuat logika yang cukup fleksibel untuk menangkap sifat sensitivitas atau ketidakpastian.
- Penggunaan sakelar untuk mengendalikan jalannya berbagai kasus atau skenario.
- Kebutuhan untuk menangkap hubungan ketergantungan umum, baik antara masukan dan perhitungan, maupun antara item yang dihitung.
- Sangat sering, dari perspektif rumus yang diperlukan dalam suatu model, sering kali tidak relevan apakah proses untuk memvariasikan nilai masukan adalah proses manual, atau proses yang menggunakan teknik sensitivitas, atau proses yang menggunakan pengambilan sampel acak.

Tentu saja, ada beberapa perbedaan antara desain model risiko dan model statis tradisional, termasuk:

- Fokusnya adalah pada pendorong risiko tertentu, bukan pada sensitivitas umum.
- Struktur dan rumus dalam model biasanya perlu disesuaikan sehingga risiko dapat dipetakan ke dalamnya. Secara khusus, dampak setiap risiko harus memiliki item baris yang sesuai.
- Rumus mungkin perlu lebih fleksibel atau lebih umum, misalnya untuk memungkinkan variasi nilai yang diambil dari rentang yang berkelanjutan, daripada dari sekumpulan nilai diskrit yang terbatas.
- Model perlu diselaraskan dengan proses penilaian risiko umum yang biasanya terjadi secara paralel.
- Model perlu menangkap setiap ketergantungan antara sumber risiko, selain

ketergantungan umum yang disebutkan di atas; topik ini dibahas secara rinci dalam Bab 11.

7.1 PERENCANAAN DAN KOMUNIKASI MODEL

Bagian ini membahas aspek-aspek utama dari aktivitas yang terkait dengan perencanaan keseluruhan model dan memastikan bahwa model dirancang dengan cara yang mempertimbangkan kemungkinan masalah komunikasi.

Peran Pendukung Keputusan

Dalam konteks pemodelan apa pun, jelas penting untuk tetap fokus pada tujuan keseluruhan. Secara khusus, tujuan utamanya biasanya adalah untuk menyediakan informasi guna mendukung proses pengambilan keputusan dengan cara tertentu. Dalam konteks risiko, keputusan tersebut terkait dengan:

- Implementasi tindakan untuk menanggapi risiko dan ketidakpastian.
- Keputusan yang terkait dengan desain, struktur, dan ruang lingkup proyek ini mungkin bukan risiko tradisional, tetapi potensi untuk membuat keputusan yang buruk sehubungan dengan beberapa masalah tertentu terkadang diklasifikasikan sebagai risiko keputusan.
- Pembuatan keputusan akhir tentang boleh/tidaknya suatu proyek, berdasarkan profil risiko yang menghasilkan konteks optimal, yaitu saat semua keputusan lain telah dipertimbangkan, dan profil risiko yang dihasilkan adalah residual.

Kekurangan umum dalam aktivitas penilaian risiko secara umum adalah begitu banyak perhatian diberikan pada konsep ketidakpastian dan risiko yang kurang dikenal, sehingga fokus yang diperlukan pada kemungkinan pilihan keputusan menjadi hilang. Hal ini umumnya disebabkan oleh potensi kompleksitas tambahan yang terlibat dalam aktivitas penilaian risiko kuantitatif, ditambah dengan fakta bahwa banyak peserta kemungkinan tidak memiliki pemahaman yang cukup tentang tujuan dan penggunaan sebenarnya dari keluaran.

Merencanakan Pendekatan dan Mengomunikasikan Keluaran

Sejumlah poin inti sangat penting tentang perencanaan pendekatan keseluruhan terhadap aktivitas pemodelan dan penyajian hasil:

- Memastikan bahwa suatu model disesuaikan dengan tepat agar dapat mencerminkan isu bisnis utama. Secara khusus, kemampuan untuk menunjukkan dampak keputusan, bukan hanya ketidakpastian atau risiko, dapat menjadi pertimbangan penting (lihat contoh selanjutnya).
- Mengadaptasi model untuk mencerminkan kemungkinan kebutuhan komunikasi lainnya. Misalnya, saat menyajikan hasil, seseorang mungkin ingin menunjukkan item dalam kategori, bukan sebagai risiko individual. Jika item ini belum dipertimbangkan dalam tahap perencanaan model, pengerjaan ulang model yang signifikan mungkin diperlukan nanti (sering kali, ini akan diperlukan pada titik yang tepat dalam proyek ketika tidak ada waktu untuk melakukannya, yaitu sesaat sebelum hasil disajikan).
- Merencanakan komunikasi di sekitar media yang disukai para pengambil keputusan. Beberapa pengambil keputusan akan lebih menyukai pendekatan yang lebih visual

(seperti grafik distribusi) dan yang lain mungkin lebih menyukai pendekatan yang lebih numerik (seperti statistik utama). Demikian pula, beberapa orang akan ingin mengetahui detail metodologi dan asumsi, dan yang lain akan lebih tertarik pada keseluruhan pesan dan rekomendasi.

- Secara umum, ada risiko informasi berlebih ditampilkan, karena keseluruhan proses jauh lebih kaya daripada yang didasarkan pada analisis statis: ada lebih banyak informasi yang harus dikomunikasikan tentang proses organisasi dan opsi keputusan, dan ada lebih banyak data dan lebih banyak kemungkinan grafis.
- Penting untuk tidak mengabaikan tahap proses manajemen risiko yang sedang kita jalani. Misalnya, pada tahap awal, fokusnya mungkin pada efektivitas langkah-langkah respons risiko atau keputusan terkait proyek, dan pada perolehan otorisasi untuk langkah-langkah tersebut. Pada tahap selanjutnya (setelah dampak dari semua langkah dan keputusan yang masuk akal telah dimasukkan), fokusnya mungkin beralih ke keputusan mengenai evaluasi akhir proyek, yaitu apakah akan melaksanakan proyek atau tidak, mengingat struktur ekonomi yang telah direvisi dan risiko yang tersisa dalam proyek yang didesain ulang (dioptimalkan).

Menggunakan Switch untuk Mengontrol Kasus dan Skenario

Secara umum, seseorang mungkin perlu menggunakan switch untuk mengontrol kumpulan asumsi mana yang digunakan untuk nilai input. Ada banyak kemungkinan penerapannya dalam konteks pemodelan risiko:

- Untuk dapat menunjukkan nilai model statis kasus dasar (mungkin sebagai skenario pertama), serta skenario statis tambahan (jika diperlukan).
- Untuk menunjukkan dampak keputusan terkait proyek.
- Untuk menunjukkan dampak keputusan terkait risiko, seperti nilai yang berlaku dalam kasus pra- dan pasca-mitigasi.

Tentu saja, penggunaan switch umumnya didasarkan pada model yang memiliki struktur yang sama untuk setiap skenario (atau nilai) yang mungkin diambil oleh switch. Pembuatan struktur umum yang sesuai sering kali dapat dicapai dengan melakukan modifikasi kecil, khususnya penggunaan item yang nilainya nol dalam kasus dasar dan bukan nol dalam kasus lain. Misalnya, item baris dapat ditambahkan untuk mewakili biaya berbagai aktivitas mitigasi risiko, dan ini dimasukkan dalam model dasar pada nilai nol. Perhatikan bahwa ada berbagai cara sakelar dapat digunakan dan diimplementasikan:

- Sakelar tunggal (global) dapat mengubah nilai semua variabel input.
- Beberapa sakelar memungkinkan item diaktifkan atau dinonaktifkan secara independen terhadap yang lain. Dalam banyak kasus, setiap keputusan mungkin memiliki sakelarnya sendiri, sedangkan sakelar untuk item risiko akan berlaku secara global, pada tingkat kategori/kelompok atau secara individual.
- Seseorang mungkin ingin mengotomatiskan proses untuk memastikan bahwa nilai risiko selalu digunakan saat simulasi dijalankan, sedangkan nilai dasar digunakan setelah ini selesai. Ini dapat dicapai dengan menggunakan makro sederhana; contoh diberikan nanti di bab ini.

- Jika hanya ada dua skenario untuk setiap item (misalnya kasus dasar dan kasus risiko), seseorang dapat menggunakan fungsi IF untuk mengimplementasikan sakelar. Secara umum, mungkin ada beberapa skenario, dalam hal ini fungsi pencarian lain biasanya lebih disukai, terutama fungsi CHOOSE.

Contoh poin terakhir ini diberikan dalam pembahasan skenario di Bab 6 (misalnya, lihat Gambar 6.10 dan 6.11).

	A	B	C	D
1				
2		Model Switch (1=use base, 2=use risk samples)	2	
3				
4		Volume % lost due to trade sanctions (%)		
5		Base	0%	
6		Min	0%	
7		Max	10%	
8		Random Sample	0.6%	=C6+(C7-C6)*RAND()
9				
10		Model		
11		Price (\$/unit)	100	
12		Volume (000 units): total	1000	
13		Volume % lost due to trade sanctions (%)	0.6%	=CHOOSE(RiskSwitch,C5,C8)
14		Volume lost due to trade sanctions (000 units)	5.9	=C13*C12
15		Volume sold	994.1	=C12*(1-C13)
16		Sales	99409	=C11*C15
17				

Gambar 7.1 Penggunaan Model Switch untuk Menggunakan Kasus Dasar atau Risiko dalam Model

Contoh sederhana lain dari switch, yang ditunjukkan pada Gambar 7.1. Dalam model ini, persentase volume penjualan yang hilang akibat sanksi perdagangan dianggap nol dalam kasus dasar, tetapi harus diambil dari distribusi kontinu seragam dalam kasus risiko (seperti yang dibahas lebih rinci nanti dalam teks, fungsi RAND akan menghasilkan angka acak seragam antara nol dan satu, yang diskalakan ulang oleh minimum dan maksimum yang diinginkan, sehingga dalam kasus ini, hasilnya adalah nilai acak antara nol dan 10%).

Menunjukkan Efek Keputusan versus Efek Ketidakpastian

Kemampuan untuk membedakan efek keputusan dari efek ketidakpastian merupakan aspek mendasar dari dukungan keputusan yang tepat. Model dapat digunakan untuk menunjukkan dampak keputusan dengan menggunakan beberapa skenario yang diatur oleh pergantian model: untuk setiap keputusan, seseorang mendefinisikan skenario berpasangan yang menangkap dampak keputusan yang diambil atau tidak.

Dalam model statis, nilai variabel input akan diubah saat setiap skenario keputusan dijalankan. Dalam model risiko, parameter distribusi input dapat berubah saat setiap keputusan dijalankan. Salah satu tantangan dalam praktik adalah menemukan tampilan visual yang tepat untuk analisis, yang melibatkan keputusan yang dapat dikontrol dan faktor yang

tidak pasti.

Fokus pada tampilan dampak keputusan dapat membantu mendukung pemilihan yang tepat tentang keputusan mana yang akan diterapkan (misalnya untuk menemukan kombinasi keputusan yang optimal secara heuristik). Diagram tornado yang dibuat khusus (misalnya diagram batang) dapat menunjukkan dampak setiap keputusan pada beberapa ukuran output tertentu (misalnya pada basis, atau pada rata-rata simulasi atau ukuran lain), tetapi diagram tersebut tidak menangkap profil ketidakpastian dalam setiap keputusan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2			Ass/Start	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3		Price	100	103.0	106.1	109.3	112.6	115.9	119.4	123.0	126.7	130.5	134.4
4		Price Growth Rate (% p.a.)	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
5													
6		Volume	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
7		Volume Growth Rate (% p.a.)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8													
9		Location Selection Charge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10		Location Charge Growth Rate (% p.a.)	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
11													
12		Fixed Cost	25000	25250.0	25502.5	25757.5	26015.1	26275.3	26538.0	26803.4	27071.4	27342.1	27615.6
13		Fixed Cost Growth Rate (% p.a.)	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
14													
15		Revenue		103000	106090	109273	112551	115927	119405	122987	126677	130477	134392
16													
17		Variable Cost (% of revenues and total)	40%	41200	42436	43709	45020	46371	47762	49195	50671	52191	53757
18													
19		Cash Flow		36550	38152	39806	41515	43281	45105	46989	48935	50944	53019
20		Net Present Value @ 10.0%	264343										

Gambar 7.2 Perhitungan NPV Untuk Proyek Sederhana

Diagram tornado klasik (dalam perangkat lunak simulasi seperti @RISK) biasanya menunjukkan sensitivitas dalam keluaran yang didorong oleh ketidakpastian variabel dalam konteks keputusan tertentu, tetapi biasanya tidak menunjukkan dampak keputusan yang mungkin diambil. Jadi, diagram tersebut sebagian besar relevan untuk memberikan informasi tentang sumber utama ketidakpastian dalam konteks tertentu (seperti pada akhir proses penilaian untuk menyoroti sumber risiko yang mendorong ketidakpastian residual, yang pada prinsipnya tidak dapat dikendalikan, dalam konteks optimal), daripada menunjukkan keputusan mana yang tepat atau memiliki dampak paling besar.

Gambar 7.2 menunjukkan model dasar (terdapat dalam lembar kerja BaseModel), yang menghitung nilai sekarang bersih (NPV) untuk suatu proyek. Lembar kerja BaseModelDecisions menunjukkan nilai masukan yang akan berlaku untuk tiga kemungkinan skenario keputusan untuk proyek. Proyek dasar seperti yang direncanakan saat ini.

- Memindahkan proyek ke lokasi alternatif (misalnya, lebih dekat ke pasar pengguna akhir), di mana diperkirakan volume akan lebih tinggi. Namun, akan ada juga biaya tetap yang lebih tinggi serta biaya lokasi tambahan (misalnya, pajak daerah) yang akan berlaku, dan yang tercantum secara terpisah dengan biaya tetap.
- Tetap berada di lokasi dasar tetapi menggunakan teknologi alternatif. Harga akan lebih tinggi, dan persentase biaya variabel lebih rendah (yaitu produk berkualitas lebih tinggi dengan limbah bahan baku yang lebih rendah), tetapi volumenya juga akan lebih rendah.

Gambar 7.3 menunjukkan data masukan spesifik untuk setiap skenario, serta DataTable yang

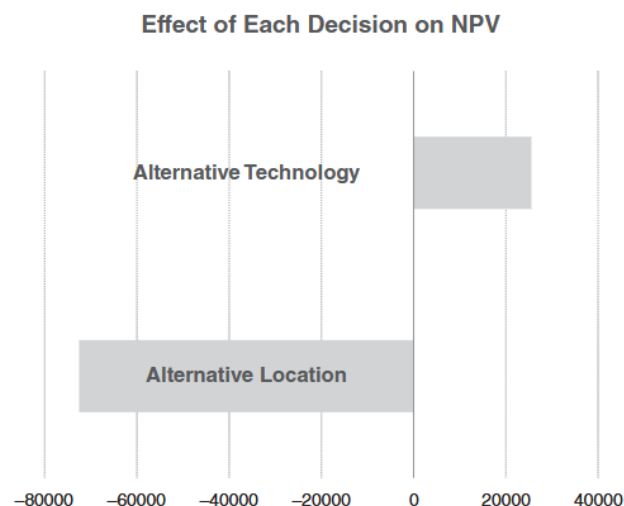
menghitung NPV untuk setiap skenario (ini menggunakan teknik yang dibahas sebelumnya, di mana nomor skenario menggerakkan fungsi CHOOSE).

Perbedaan yang ditampilkan di baris bawah tabel dapat dinyatakan dalam bentuk seperti tornado (bentuk bagan batang), seperti pada Gambar 7.4. Dengan asumsi bahwa seseorang memutuskan untuk menggunakan teknologi alternatif, seseorang dapat melakukan penilaian risiko untuk menetapkan pendorong ketidakpastian utama dalam skenario ini.

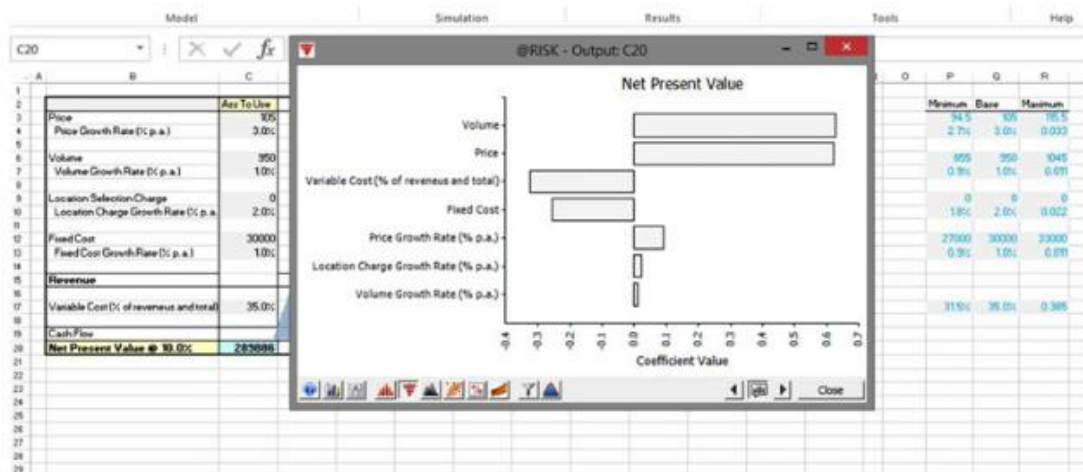
	Base	Alternative Location	Alternative Technology
Price	100	100	105
Price Growth Rate (% p.a.)	3.0%	3.0%	3.0%
Volume	1000	1100	950
Volume Growth Rate (% p.a.)	0.0%	2.0%	1.0%
Location Selection Charge	0	10000	0
Location Charge Growth Rate (% p.a.)	2.0%	2.0%	2.0%
Fixed Cost	25000	40000	30000
Fixed Cost Growth Rate (% p.a.)	1.0%	1.0%	1.0%
Revenue			
Variable Cost (% of revenues and total)	40%	40%	35%
NPV/Scenario	1	2	3
	264343	191795	289886
Difference to Base	0	-72548	25543

Gambar 7.3 NPV untuk Tiga Pilihan Keputusan

Alat @RISK digunakan untuk menjalankan simulasi dan menampilkan bagan tornado klasik (koefisien korelasi), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.5.



Gambar 7.4 Bagan Tornado untuk Pilihan Keputusan



Gambar 7.5 Bagan Tornado untuk Ketidakpastian dalam Pilihan Keputusan

Meskipun isu ini penting, yang sebagian juga dibahas dalam diskusi sebelumnya mengenai pengoptimalan (Bab 6) dan penentuan prioritas risiko (Bab 2), perbedaan ini (antara keputusan dan risiko) sering kali diabaikan baik dalam konteks statis maupun risiko:

- Analisis sensitivitas tradisional atau analisis skenario sering kali dilakukan tanpa menanyakan apakah item tersebut merupakan variabel yang dapat dikendalikan (pilihan atau keputusan).
- Model sangat sering dibuat untuk menunjukkan dampak sensitivitas, tetapi bukan dampak dari kemungkinan keputusan yang tersedia. Secara khusus, dalam proses kelompok dan organisasi, analisis risiko dan ketidakpastian dapat mendominasi perhatian, sehingga mengakibatkan kurangnya fokus eksplisit yang memadai pada kemungkinan keputusan yang relevan.
- Bahkan ketika dampak dari beberapa keputusan secara eksplisit ditangkap, sangat sering keputusan yang tersedia untuk dianalisis dalam model bukanlah rangkaian lengkap keputusan yang relevan. Misalnya, dalam beberapa model risiko, seseorang mungkin dapat membandingkan distribusi hasil dalam kasus pra- dan pasca-mitigasi, tetapi tidak dapat melihat dampak keputusan lain yang tidak terkait langsung dengan risiko (seperti dampak keputusan untuk mengubah lokasi pembangunan pabrik, atau solusi teknis yang akan digunakan).

Perhatikan juga bahwa keberadaan keputusan semacam itu tidak dapat diidentifikasi dari model, tetapi hanya melalui proses yang bersifat eksogen (atau terpisah) dari aktivitas pemodelan murni. Secara teori, ada hubungan erat antara masalah ini dan masalah optimalisasi dalam ketidakpastian: pada prinsipnya, jika seseorang dapat menghitung profil ketidakpastian hasil yang akan dihasilkan untuk setiap kombinasi keputusan yang mungkin, maka kombinasi optimal dapat dipilih (dengan mempertimbangkan dampak keseluruhan dan profil ketidakpastiannya; hal itu dapat meningkatkan biaya rata-rata, sambil mengurangi kemungkinan hasil terburuk, misalnya).

Dalam praktiknya, pendekatan kuantitatif penuh terhadap optimalisasi semacam itu sering kali tidak memungkinkan atau terlalu rumit: seseorang perlu memiliki model yang

menangkap hasil dan profil ketidakpastian untuk setiap kombinasi keputusan, dan yang mencerminkan interaksi antara keputusan-keputusan tersebut (misalnya, dampak dari setiap keputusan tertentu mungkin secara umum bergantung pada keputusan atau opsi mitigasi lain yang telah diterapkan). Jadi, seperti yang dibahas dalam Bab 6, metode heuristik (pragmatis) sering kali cukup untuk setidaknya menemukan solusi yang mendekati optimal.

Tetap Sederhana, tetapi Tidak Sempel: Wawasan Baru versus Kesalahan Pemodelan

Meskipun beberapa model spreadsheet dibuat murni untuk tujuan perhitungan, dalam banyak kasus proses pemodelan memiliki komponen eksploratif yang penting. Sementara pada tahap proses selanjutnya mungkin ada lebih banyak penekanan pada nilai yang dihitung, pada tahap proyek awal aspek eksploratif dapat menjadi sangat penting dalam menghasilkan wawasan seputar proyek dan pendorong ekonominya.

Memang, model secara implisit merupakan serangkaian pernyataan (hipotesis) tentang variabel yang memengaruhi hasil, dan hubungan di antara mereka: mengabaikan atau meremehkan komponen eksploratif merupakan salah satu inefisiensi utama dalam banyak proses pemodelan, yang sering didelegasikan kepada staf junior yang kompeten dalam menghitung, tetapi mungkin tidak memiliki pengalaman, atau kurang terpapar proyek, atau kurang memiliki otoritas (atau kredibilitas) yang sesuai dalam organisasi, sehingga banyak wawasan yang mungkin tidak pernah dihasilkan atau hilang.

Output dari sebuah model merupakan refleksi dari asumsi dan logika (yang mungkin atau mungkin tidak memberi tahu seseorang sesuatu yang berguna tentang situasi tersebut); proses pemodelan sering kali secara inheren ambigu (baik dalam konteks statis tradisional maupun dalam konteks risiko):

- Jika seseorang benar-benar memahami setiap aspek dari sebuah situasi secara menyeluruh, sebuah model tidak akan diperlukan.
- Seseorang harus memahami situasi dengan cukup baik agar dapat membangun sebuah model yang sesuai dengannya dengan tepat.
- Untuk menangkap realitas sebuah situasi, sebuah model perlu memiliki beberapa tingkat kompleksitas.
- Model dapat dibuat terlalu rumit, misalnya melalui penggunaan desain dasar yang salah, atau dibangun dengan cara yang menggunakan rumus yang tidak perlu rumit, atau dengan menjadi terlalu rinci, atau hanya dengan disajikan dengan cara yang membingungkan atau tidak transparan.
- Wawasan biasanya dihasilkan ketika model memiliki keseimbangan yang tepat antara kesederhanaan dan kompleksitas.

Dalam konteks ini, kutipan terkenal berikut muncul dalam pikiran:

- “Setiap model salah, beberapa berguna” (Kotak).
- “Kesempurnaan adalah musuh kebaikan” (Voltaire).
- “Segala sesuatu harus dibuat sesederhana mungkin, tetapi tidak lebih sederhana” (Einstein).

Jika suatu model menghasilkan hasil yang tidak mudah dijelaskan secara intuitif, ada dua kasus umum:

- Model tersebut terlalu disederhanakan, sangat tidak akurat, atau salah dalam beberapa hal utama. Misalnya, variabel kunci mungkin telah dihilangkan, atau dependensi tidak dicatat dengan benar, sehingga analisis sensitivitas dapat menghasilkan rentang yang terlalu sempit (atau terlalu lebar). Atau, asumsi yang digunakan untuk nilai variabel kunci mungkin salah, salah ketik, atau estimasi yang buruk. Tentu saja, dalam situasi seperti itu, pertama-tama seseorang harus memperbaiki kesalahan yang jelas.
- Model tersebut pada dasarnya benar dalam hal variabel yang digunakan, hubungannya, data, dan asumsi input, tetapi memberikan hasil yang tidak intuitif. Dalam arti tertentu, ini adalah situasi yang ideal untuk dihadapi (terutama pada tahap awal proyek); proses selanjutnya dapat digunakan untuk mengadaptasi, mengeksplorasi, dan menghasilkan wawasan dan intuisi baru, sehingga pada akhirnya intuisi dan keluaran model tersebut selaras. Ini dapat menjadi proses yang bernilai tambah, khususnya jika proses ini menunjukkan di mana intuisi awal seseorang mungkin tertinggal, sehingga pemahaman yang lebih baik akhirnya tercipta.

Faktanya, mungkin ada situasi di mana model yang berguna tidak dapat dibangun:

- Di mana tujuan tidak didefinisikan dengan cara yang berarti. Misalnya, melakukan yang terbaik untuk "membangun model bulan" mungkin tidak menghasilkan sesuatu yang berguna, setidaknya tanpa klarifikasi lebih lanjut.
- Di mana elemen struktural dasar atau faktor kunci lainnya yang mendorong perilaku situasi tidak diketahui atau belum diputuskan. Misalnya, mungkin terbukti menjadi tantangan untuk mencoba memodelkan biaya membangun fasilitas manufaktur baru di negara baru tetapi tidak dikenal, yang akan menghasilkan produk baru yang masih perlu didefinisikan dan dikembangkan sesuai dengan peraturan yang belum dirilis, menggunakan teknologi yang belum ditentukan.
- Jika tidak ada data, tidak ada cara untuk membuat estimasi ahli, atau menggunakan penilaian, dan tidak ada ukuran proksi yang tersedia. (Bahkan dalam beberapa kasus seperti itu, model yang menangkap perilaku dan interaksi dapat dibangun, dan digunakan dengan angka generik untuk menyusun proses berpikir dan mengidentifikasi di mana diperlukan lebih banyak pemahaman, data, atau penelitian.) Dalam situasi pemodelan risiko, dengan pemikiran yang disiplin, seseorang biasanya dapat memperkirakan rentang risiko yang wajar, meskipun seseorang perlu menyadari potensi bias, terutama dari penjangkaran dan kepercayaan diri yang berlebihan (lihat Bab 1).

Secara umum, hambatan tersebut hanya bersifat sementara dan berkurang seiring dengan semakin banyaknya informasi yang tersedia dan keputusan proyek yang diambil, serta tujuan atau elemen struktural lainnya yang diperjelas. Pada prinsipnya, tidak ada perbedaan nyata antara model statis dan model risiko dalam hal ini. Di sisi lain, mungkin ada perbedaan antara model statis dan model risiko di beberapa area:

- Model risiko sering kali lebih rinci daripada model statis:
- Mungkin ada lebih banyak baris item yang diperlukan untuk menangkap dampak risiko

(dalam beberapa kasus, baris item tersebut digunakan dalam perhitungan agregasi sebelum ketidakpastian tercermin dalam model, seperti saat menggunakan pendekatan kategori risiko yang dibahas nanti).

- Area input umumnya akan lebih besar. Nilai input asli tunggal yang selanjutnya diperlakukan sebagai tidak pasti akan memiliki nilai tambahan yang terkait dengannya, seperti probabilitas terjadinya dan parameter untuk rentang dampak. Selain itu, mungkin ada nilai pra- dan pasca-mitigasi dari masing-masing parameter ini, serta biaya mitigasi.

Pembangunan model risiko yang berguna mungkin hanya dapat terjadi pada tahap yang sedikit lebih lambat daripada pembangunan model statis awal:

- Model statis dasar dapat berguna di awal proses untuk "mendapatkan gambaran" tentang proyek tertentu (misalnya, untuk mendukung hipotesis bahwa proyek mungkin tidak realistis dalam bentuknya saat ini dan tidak boleh dilanjutkan, atau untuk membantu menyusun proses mengidentifikasi sifat informasi dan persyaratan data lebih lanjut).
- Penerapan penilaian risiko kuantitatif penuh pada tahap proses yang sangat awal umumnya tidak akan menjadi penggunaan sumber daya yang efektif. Namun demikian, bahkan pernyataan kualitatif dasar tentang faktor risiko (mungkin dengan beberapa kuantifikasi dasar yang dipilih) dapat memperkuat kasus penolakan proyek atau membantu menentukan persyaratan fleksibilitas model statis apa pun yang akan dibangun untuk melakukan analisis lebih lanjut.
- Model risiko yang terstruktur dengan baik biasanya tidak dapat diselesaikan secara keseluruhan sebelum proses penilaian risiko umum selesai, sedangkan model statis biasanya dapat diselesaikan lebih awal.

7.2 PEMIKIRAN BERBASIS SENSITIVITAS SEBAGAI ALAT DESAIN MODEL

Karena simulasi pada dasarnya adalah penghitungan ulang model berkali-kali, salah satu persyaratan inti adalah bahwa setiap model cukup tangguh untuk memungkinkan penghitungan banyak skenario yang secara otomatis dihasilkan melalui pengambilan sampel acak. Dalam banyak hal, persyaratan ini sama seperti saat seseorang melakukan skenario yang dihasilkan secara eksplisit atau analisis sensitivitas tradisional: prinsip dasarnya adalah bahwa logika dan rumus dalam model harus dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan sensitivitas dan skenario tersebut dijalankan.

Masalah-masalah ini dibahas secara lebih rinci di bagian ini. Pemodelan sering kali dapat dianggap sebagai proses di mana seseorang memulai dengan keluaran model yang objektif atau akhir (seperti laba), dan bertanya apa yang mendorong atau menentukan keluaran ini (misalnya laba sama dengan pendapatan dikurangi biaya), dan membangun perhitungan yang sesuai (yaitu dengan pendapatan dan biaya sebagai masukan dan laba sebagai kuantitas yang dihitung).

Proses ini dapat diulang (misalnya dengan pendapatan yang ditentukan sebagai jumlah pendapatan dari setiap kelompok produk, yang masing-masing merupakan harga dikalikan

dengan volume untuk produk tersebut, dan seterusnya). Setelah selesai, input model adalah item-item yang tidak dihitung. Pendekatan perhitungan mundur ini sendiri tidak cukup untuk membangun model yang tepat. Pertama, tidak jelas pada titik mana harus berhenti, yaitu pada tingkat detail apa yang harus dikerjakan. Kedua, biasanya ada banyak cara untuk memecah item menjadi subkomponen. Misalnya:

- Total penjualan dapat dipecah sebagai:
- Jumlah penjualan untuk produk (atau kelompok produk).
- Jumlah penjualan menurut pelanggan (atau menurut wilayah).
- Jumlah produk dikalikan dengan angka penjualan rata-rata untuk masing-masing.
- Dll.
- Biaya konstruksi dapat terdiri dari:
- Biaya setiap jenis atau kategori (misalnya bahan, tenaga kerja, energi), atau biaya kategori yang lebih rinci (misalnya bahan yang dibagi menjadi beton, baja, kayu, kabel, dll.).
- Biaya per fase (misalnya perencanaan, desain, dan berbagai fase pembangunan).
- Biaya per komponen (misalnya area kantor, area pabrik, area publik).
- Biaya per bulan konstruksi.
- Sebagai angka dasar agregat dikalikan dengan faktor eskalasi biaya yang berubah seiring waktu, dan seterusnya.

Penggunaan pemikiran analisis sensitivitas merupakan teknik utama untuk memastikan bahwa pendekatan perhitungan mundur ini menghasilkan model yang tepat: dalam praktiknya, ini berarti bahwa saat merancang model, seseorang harus menentukan sedini mungkin pertanyaan sensitivitas spesifik yang perlu ditangani setelah model selesai. Untuk tujuan desain model, proses pemikiran semacam itu dapat bersifat kualitatif; tidak perlu benar-benar melakukan sensitivitas seperti itu pada tahap ini. Pendefinisian sensitivitas akan menghasilkan banyak aspek model yang didefinisikan sebagai konsekuensinya, dan membantu memastikan bahwa:

- Pilihan yang tepat dibuat untuk variabel yang digunakan (yaitu pendekatan yang benar untuk memecah item menjadi subkomponen yang mungkin), dan tingkat detail yang diperlukan (yaitu di mana dalam proses perhitungan mundur seseorang harus berhenti).
- Sensitivitas yang diperlukan dapat dijalankan saat model selesai, dan bahwa pendorong variabilitas yang umum untuk beberapa item tertangkap.

Perlu dicatat bahwa jika model (statis) telah dibangun dengan cukup kuat untuk memungkinkan setiap input divariasikan, maka (secara umum):

- Sifat proses yang digunakan untuk memvariasikan input tidaklah penting: apakah itu dilakukan secara manual, dengan alat sensitivitas otomatis (seperti DataTable) atau dengan pengambilan sampel acak dari suatu distribusi pada dasarnya tidak relevan (dari perspektif rumus dan perhitungan).
- Apakah suatu perubahan dilakukan pada satu nilai input atau pada beberapa nilai input secara bersamaan biasanya tidak akan memengaruhi integritas perhitungan model

(mungkin ada kasus luar biasa di mana hal ini tidak demikian). Proses pemikiran sensitivitas membantu mempertahankan integritas perhitungan bahkan saat beberapa kombinasi input dipilih. Bila pemikiran skenario digunakan untuk melengkapi proses pemikiran sensitivitas inti, model tersebut harus lebih tangguh, karena model tersebut harus memastikan bahwa variasi simultan dari beberapa nilai input dimungkinkan (seperti yang diperlukan dalam konteks simulasi dan pengoptimalan kombinatorial).

Gambar 7.6 menunjukkan klip layar dari lembar kerja Data. Ini berisi apa yang pada dasarnya merupakan kumpulan data yang menunjukkan perkiraan jumlah orang yang perlu dipekerjakan oleh perusahaan untuk setiap tahun dalam periode 5 tahun. Satu-satunya perhitungan adalah total kebutuhan selama periode 5 tahun, yaitu 284 (sel H8).

Jika seseorang ingin mengeksplorasi situasi secara lebih rinci, seseorang dapat mulai mempertimbangkan faktor-faktor yang mendorong sensitivitas jumlah orang yang dibutuhkan setiap tahun. Seseorang dapat menyimpulkan bahwa ini tergantung pada volume (yaitu pada pekerjaan yang dibutuhkan), serta pada produktivitas orang-orang. Dengan demikian, seseorang dapat membangun sebuah model seperti yang terdapat dalam lembar kerja Orig, yang ditunjukkan pada Gambar 7.7.

Dalam model ini, asumsi tambahan diperlukan untuk masing-masing faktor pendorong ini. Mungkin saja setelah estimasi terbaik dari faktor-faktor ini dibuat, maka estimasi jumlah orang yang dibutuhkan berubah (karena sekarang merupakan kuantitas yang dihitung); dalam kasus ini, angka yang direvisi untuk periode 5 tahun adalah 275.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Base Data	1	2	3	4	5	Total
3								
4								
5								
6								
7								
8		No. of people needed	50	54	58	60	62	284
9								

Gambar 7.6 Rencana Sumber Daya Sederhana

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Base Model	1	2	3	4	5	Total
3								
4		Volume of business (units)	100	105	110	115	120	550
5								
6		Productivity (units/per person)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
7								
8		No. of people needed	50	52.5	55	57.5	60	275
9								

Gambar 7.7 Rencana Sumber Daya dengan Pendekatan Pertama untuk Perhitungan

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Base Model	1	2	3	4	5	Total
3								
4		Volume of business (units)	100	105	110	114	118	547
5		% change in volume		5.0%	4.5%	4.0%	3.5%	
6		Productivity (units/per person)	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	
7		% change in productivity		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	
8		No. of people needed	50	52	54	55	57	268

Gambar 7.8 Rencana Sumber Daya dengan Pendekatan Kedua untuk Perhitungan

Demikian pula, seseorang dapat melanjutkan proses di mana volume bisnis bergantung pada tingkat pertumbuhan berkala, dan produktivitas bergantung pada perubahan atau peningkatan produktivitas. Jadi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.8, dan terdapat dalam lembar kerja OrigSens, model yang direvisi dapat menunjukkan beberapa perubahan pada nilai, karena masing-masing angka volume dan produktivitas (dari tahun ke-2 dan seterusnya) dihitung dari estimasi faktor pendorongnya; dalam kasus ini, total baru adalah 268. Tentu saja, proses tersebut dapat dilanjutkan jika dinilai tepat. Di sisi lain, seseorang dapat memutuskan bahwa tidak diperlukan detail lebih lanjut, tetapi penilaian risiko dari angka dasar (268) dapat dilakukan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Base Model	1	2	3	4	5	Total	
3									
4		Volume of business (units)	100	105	110	114	118	547	
5	1	% change in volume		5.0%	4.5%	4.0%	3.5%		=CHOOSE(RiskSwitchVol,F11,F12)
6		Productivity (units/per person)	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1		
7	1	% change in productivity		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%		=CHOOSE(RiskSwitchProd,F16,F17)
8		No. of people needed	50	52	54	55	57	268	
9									
10		Volume Changes %							
11		Base (static value)		5.0%	4.5%	4.0%	3.5%		
12		Distribution Sample		4.5%	5.5%	5.6%	7.7%	=G13+(G14-G13)*RAND()	
13		Min		-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%		
14		Max		8.0%	8.0%	8.0%	8.0%		
15		Productivity Changes %							
16		Base (static value)		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%		
17		Distribution Sample		-0.1%	2.2%	1.0%	1.2%	=G18+(G19-G18)*RAND()	
18		Min		-1.0%	-1.0%	-1.0%	-1.0%		
19		Max		3.0%	3.0%	3.0%	3.0%		

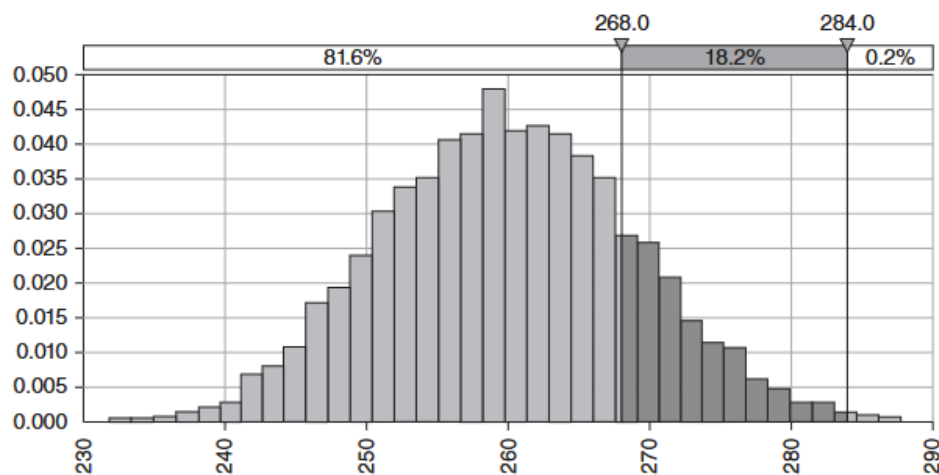
Gambar 7.9 Rencana Sumber Daya dengan Rentang Ketidakpastian

Seperti yang disebutkan sebelumnya, jika sebuah model dibangun untuk memungkinkan berjalannya sensitivitas yang sesuai (dalam kasus ini, dengan memvariasikan angka untuk perubahan volume atau produktivitas), maka proses yang digunakan untuk menerapkan variasi tersebut pada dasarnya tidak penting dari perspektif rumus dan logika model. Lembar kerja RiskView menunjukkan penerapannya.

Dua sakelar telah dibuat, satu untuk menunjukkan nilai dasar atau risiko untuk volume, dan satu untuk menunjukkan nilai tersebut untuk produktivitas (lihat Gambar 7.9). Sekali lagi, untuk tujuan ilustrasi, fungsi RAND() telah digunakan untuk membuat rentang; ini bukan untuk menunjukkan kesesuaian atau tidaknya distribusi dalam konteks ini, melainkan untuk

mengilustrasikan bahwa proses yang digunakan untuk memvariasikan input pada dasarnya tidak relevan.

Untuk kelengkapan, Gambar 7.10 menunjukkan hasil menjalankan simulasi, dalam hal distribusi jumlah total orang yang dibutuhkan; Perubahan dari “kumpulan data” ke model statis tradisional dengan kemampuan sensitivitas menyebabkan modifikasi estimasi jumlah orang yang dibutuhkan dari 284 menjadi 268, dengan model risiko menunjukkan bahwa jumlah yang dibutuhkan akan kurang dari 268 dalam sekitar 80% kasus, dan angka 260 akan menjadi kebutuhan rata-rata.



Gambar 7.10 Distribusi Total Kebutuhan Sumber Daya

Meningkatkan Proses Sensitivitas untuk Pemodelan Risiko

Meskipun pentingnya menggunakan proses pemikiran yang didorong oleh sensitivitas merupakan kesamaan dalam desain model statis dan model risiko, beberapa pertimbangan dan modifikasi tambahan biasanya diperlukan dalam konteks pemodelan risiko. Secara khusus, sementara proses sensitivitas (dan skenario) berfokus pada pertanyaan "Bagaimana jika?", dalam penilaian risiko seseorang juga bertanya "Mengapa?", yaitu seseorang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan variasi dalam item yang bersangkutan (yaitu "penggerak risiko"), sedangkan analisis sensitivitas tidak memiliki fokus ini.

Dalam praktiknya, hal ini sering kali menyebabkan perbedaan dalam model yang akan dibangun. Pertama, fakta bahwa seseorang dapat melakukan analisis sensitivitas dalam model statis tradisional dengan mengubah nilai masukan individual tidak berarti bahwa perubahan tersebut benar-benar mencerminkan sifat sebenarnya dari risiko yang terkait dengan item tersebut; untuk melakukannya mungkin memerlukan penambahan item baris baru atau modifikasi lain yang dilakukan pada model. Masalah umum yang muncul dalam hal ini meliputi:

- Risiko mungkin hanya memengaruhi sebagian dari suatu pos. Misalnya:
- Potensi hambatan perdagangan (atau bea masuk) mungkin hanya berlaku pada sebagian volume, dan ini mungkin juga berdampak pada sebagian pendapatan dan sebagian biaya, sehingga modifikasi besar pada banyak aspek model akan diperlukan

jika risiko ini awalnya diabaikan. Perhatikan bahwa model pada Gambar 7.1 memberikan contoh tentang bagaimana setiap komponen inti model dapat disusun dalam kasus seperti itu. Untuk tujuan pembahasan di sini (meskipun masalah ini mungkin tampak sepele saat meninjau kembali model yang telah selesai), jika titik awal untuk proses pemodelan adalah model yang hanya menghitung pendapatan dengan mengalikan volume dengan harga, maka penyertaan dampak risiko selanjutnya ke dalam model akan memerlukan modifikasi yang signifikan.

- Demikian pula, risiko nilai tukar mungkin hanya memengaruhi bagian ekspor dari pendapatan, dan gangguan pada pasokan bahan baku tertentu mungkin memengaruhi sebagian volume produksi, atau berdampak pada bagian yang sangat spesifik dari struktur biaya, dan seterusnya.
- Pendekatan penilaian risiko lebih cenderung mengidentifikasi faktor pendorong umum variabilitas yang mungkin diabaikan dalam pendekatan sensitivitas murni. Misalnya, seseorang mungkin dapat menguji sensitivitas biaya konstruksi suatu proyek dengan memvariasikan tarif harian untuk biaya tenaga kerja manual. Namun, faktor pendorong risiko mungkin adalah apakah undang-undang baru tentang upah minimum akan disahkan oleh pemerintah, yang dalam hal ini banyak item model lainnya akan terpengaruh (bukan hanya biaya tenaga kerja manual tertentu).
- Pertimbangan faktor pendorong variabilitas dapat memandu tingkat detail yang tepat di mana model harus dibangun, yang mungkin berbeda jika faktor pendorong risiko dipertimbangkan dengan tepat. Misalnya:
- Saat menangani prakiraan pendapatan, penilaian faktor-faktor yang dapat menyebabkan variasi harga dapat mencakup: apakah ada pesaing yang memasuki pasar, sifat aktivitas promosi yang dilakukan oleh perusahaan, nilai tukar, situasi ekonomi makro secara keseluruhan, dan sebagainya.
- Kemungkinan variasi dalam volume produksi dapat disebabkan oleh: apakah proyek pengembangan produk secara keseluruhan tertunda, apakah fasilitas produksi rusak, kemungkinan penundaan pasokan material atau masalah lain dengan rantai pasokan, apakah pekerja mogok, apakah ada penundaan atau kegagalan dalam proses untuk mendapatkan paten, apakah akan mengembangkan teknologi khusus tertentu, dan sebagainya.
- Ketidakpastian dalam total biaya tenaga kerja mungkin bergantung pada ketidakpastian dalam jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, biaya mereka per hari, dan jumlah hari yang dibutuhkan. Sekali lagi, hal ini sering kali tidak diperlukan atau dilakukan dalam pendekatan yang didorong oleh sensitivitas yang hanya mengajukan pertanyaan "Bagaimana jika?" tentang dampak perubahan pada biaya tenaga kerja.
- Model statis mungkin tidak menangkap risiko kejadian (atau mungkin mengabaikannya), terutama jika probabilitasnya kurang dari 50% (sehingga kasus yang paling mungkin untuk setiap risiko adalah bahwa hal itu tidak akan terjadi). Penggunaan teknik risiko memungkinkan risiko kejadian diidentifikasi secara formal dan dimasukkan dalam model dengan cara yang tidak ambigu (seperti yang dibahas

dalam Bab 4).

Dengan demikian, baris item (atau variabel) dalam model risiko perlu didefinisikan pada tingkat ketelitian yang memungkinkan risiko dan dampaknya dapat ditangkap. Dengan kata lain, ada kesesuaian antara baris item model dan risiko teridentifikasi yang mendasarinya (dengan setiap dampak risiko memiliki baris item yang sesuai), dan dampak risiko umumnya akan memengaruhi atau berinteraksi dengan variabel model lainnya.

Kedua, pendekatan yang didorong oleh sensitivitas mungkin tidak mengidentifikasi semua fleksibilitas utama yang diperlukan dari model risiko, karena pada prinsipnya hal ini berhubungan langsung dengan risiko yang teridentifikasi dan sifatnya. Misalnya dalam pendekatan sensitivitas ("Bagaimana jika?"), seseorang mungkin telah membangun model yang memungkinkan tanggal mulai beroperasi fasilitas produksi ditunda (misalnya, dengan seluruh periode dalam model Excel, seperti bulan, kuartal, atau tahun). Namun, sifat ketidakpastian penundaan mungkin merupakan proses berkelanjutan, yang sesuai dengan periode model parsial.

Model statis dapat menyertakan fungsi pencarian yang selalu mengembalikan nilai yang valid dalam rentang sensitivitas yang dijalankan (misalnya, dampak penundaan selama 2 tahun pada suatu proyek). Namun, sifat sebenarnya dari kemungkinan penundaan tersebut mungkin merupakan sesuatu yang dapat melampaui rentang fungsi pencarian, dan memerlukan penyesuaian atau modifikasi struktural pada rumus model. Dengan demikian, dalam model yang dirancang menggunakan metode sensitivitas tradisional, dari perspektif mekanis, seseorang sering kali dapat menimpa masukan dengan sampel acak dari distribusi tanpa menyebabkan kesalahan numerik (meskipun granularitas waktu tunda yang berkelanjutan merupakan pengecualian untuk hal ini).

Namun, hasil yang dihasilkan dengan melakukan hal tersebut kemungkinan besar tidak mencerminkan sifat sebenarnya dari risiko atau ketidakpastian dalam situasi ini: masukan yang divariasikan mungkin tidak sesuai dengan risiko dalam situasi tersebut, model mungkin tidak memiliki item baris yang tepat untuk mencerminkan risiko tersebut dan ketergantungan antara risiko dan dampak mungkin tidak tercermin dengan tepat dalam rumus (atau variabel) model statis asli.

Membuat Rumus Dinamis

Dari pembahasan di atas, jelas bahwa prinsip inti pemodelan (untuk pendekatan statis dan risiko) adalah memastikan bahwa logika dan rumus dalam model memiliki fleksibilitas yang sesuai. Namun, sering kali tidak demikian. Misalnya:

- Banyak model menghitung beban pajak menggunakan rumus yang hanya berlaku jika laba kena pajak positif, dan tidak memperhitungkan kasus-kasus ketika laba negatif (ini mungkin memerlukan pencatatan akumulasi dan penggunaan pengalihan rugi pajak, yang akan memiliki efek arus kas yang penting dibandingkan dengan potongan pajak langsung). Memang, pertimbangan kemungkinan rugi pajak mungkin tidak pernah muncul ketika model statis dibangun menggunakan teknik sensitivitas, karena terjadinya rugi mungkin hanya muncul jika beberapa peristiwa buruk terjadi, dan bukan melalui terjadinya hanya satu atau dua peristiwa, seperti yang akan terdeteksi dalam

analisis sensitivitas tradisional.

- Beberapa model menggunakan tautan rumus langsung, sedangkan proses tidak langsung atau pencarian akan memungkinkan fleksibilitas yang lebih besar. Misalnya, ketika menghitung nilai dalam mata uang lokal dari suatu item yang dinyatakan dalam mata uang asing, daripada membuat tautan rumus antara item dan nilai tukar tertentu, seseorang dapat menggunakan mata uang setiap variabel sebagai masukan model, dengan proses pencarian yang digunakan untuk menemukan nilai tukar yang relevan; dengan cara ini, lebih banyak item atau mata uang dapat dengan mudah ditambahkan ke model.
- Banyak model secara implisit berasumsi bahwa aspek waktu suatu proyek sudah pasti, misalnya produksi fasilitas manufaktur baru akan dimulai pada tanggal tertentu. Bahkan, mungkin ada risiko yang berkaitan dengan penyelesaian fasilitas tepat waktu. Pada prinsipnya, tidak ada alasan mengapa penundaan tersebut tidak boleh dianggap sebagai bagian dari analisis sensitivitas dalam konteks pemodelan tradisional. Namun, dalam banyak kasus praktis, "risiko penundaan" merupakan item yang sering kali muncul pertama kali hanya setelah proses identifikasi risiko formal dilakukan.

Pada saat itu, model dasar sering kali telah selesai, dan tidak ada cukup waktu untuk mengadaptasi model, karena penundaan tersebut dapat memengaruhi banyak item model dengan cara yang berbeda, sehingga banyak rumus dan keterkaitan baru perlu dibangun, yang berarti bahwa menyelaraskan model dengan proses penilaian risiko yang sebenarnya akan menjadi tantangan atau tidak mungkin:

- Volume yang diproduksi dan dijual dapat sepenuhnya bergeser seiring waktu.
- Tingkat harga yang dicapai per unit mungkin tidak bergeser, karena dapat mengikuti proses waktu terpisah yang terkait dengan harga pasar.
- Biaya variabel dapat digeser seiring waktu.
- Beberapa biaya overhead tetap mungkin tetap ada bahkan selama periode pra-start-up, sedangkan yang lain mungkin dapat ditunda sejalan dengan volume produksi.

Kurangnya fleksibilitas yang memadai dalam rumus paling sering muncul dalam praktik karena kombinasi dari:

- Kurangnya pertimbangan sensitivitas yang diperlukan yang ingin dilihat oleh para pengambil keputusan. Dalam konteks pemodelan risiko, ini juga akan mencakup kasus-kasus di mana terdapat kurangnya pertimbangan risiko dan dampaknya.
- Kurangnya pertimbangan tentang bagaimana variasi dalam beberapa item baris dapat berinteraksi.
- Kurangnya kemampuan untuk mengimplementasikan rumus yang diperlukan dalam Excel.

Pembuatan model yang lebih fleksibel dan canggih berputar di sekitar penghapusan asumsi yang dikodekan secara kaku atau struktural dan menggantinya dengan nilai yang dapat diubah sebagai bagian dari analisis sensitivitas (di mana kasus asli yang ditetapkan secara struktural adalah satu kemungkinan sensitivitas atau skenario); contohnya diberikan sebagai berikut.

Contoh: Pergeseran Waktu untuk Periode Parsial

Sebagai contoh perbedaan antara rumus yang diperlukan jika potensi penundaan bersifat diskret (seperti yang mungkin cukup untuk analisis sensitivitas) versus rumus yang diperlukan jika potensi penundaan berasal dari rentang kontinu (seperti yang mungkin diperlukan untuk model risiko, terutama jika penundaan dihitung sebagai hasil dari proses lain atau akan dimasukkan sebagai estimasi ahli), kami mempertimbangkan kasus berikut:

- Penundaan periode keseluruhan.
- Penundaan periode parsial kurang dari satu kisi waktu dalam model Excel.
- Penundaan periode parsial dengan durasi berapa pun.

Gambar 6.14 (dan pembahasan terkait serta file contoh yang disediakan dalam Bab 6) menunjukkan penggunaan fungsi pencarian untuk mengimplementasikan kemampuan menggeser tanggal mulai proyek sehingga menjadi tahun berapa pun (dinyatakan sebagai bilangan bulat). Pembaca dapat memeriksa rumus yang digunakan dalam model, yang tidak dibahas lebih rinci di sini; berikut ini, kami menyajikan kasus yang lebih umum di mana pergeseran waktu dapat berupa periode parsial apa pun.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.11. Rumus untuk penundaan parsial keseluruhan dan pendek relatif mudah (dua opsi ditunjukkan untuk penundaan periode keseluruhan, satu menggunakan fungsi INDEX dan yang lainnya menggunakan OFFSET).

Namun, rumus yang mencakup kasus jumlah penundaan apa pun lebih rumit, dan tidak ditampilkan sepenuhnya dalam klip layar karena ukurannya; pembaca dapat memeriksa berkas tersebut. Sebagai tambahan, karena kompleksitas rumus ini, dan khususnya fakta bahwa rumus ini menggunakan sel input yang sama di beberapa tempat, mungkin lebih kuat dan transparan untuk mengimplementasikannya sebagai fungsi yang ditentukan pengguna VBA; ini tidak dilakukan di sini karena alasan transparansi penyajian.

Tentu saja, meskipun contoh di atas memiliki jumlah penundaan sebagai input, dalam banyak kasus, itu akan menjadi kuantitas terhitung yang dihasilkan dari dampak faktor risiko lainnya. Misalnya, rencana untuk meluncurkan produk baru yang besar yang memerlukan pembangunan fasilitas produksi dapat mengalami penundaan seperti yang terkait dengan:

- Izin bangunan yang diperlukan.
- Proyek konstruksi yang melebihi waktu yang ditentukan.
- Lisensi yang diperlukan untuk penggunaan teknologi tertentu.
- Proses pengembangan untuk produk dan teknologi masa depan.
- Dll.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2		Period Number		1	2	3	4	5	6			
3		Volumes: without shift		100	110	115	120	125	129			
4												
5		Methods to shift in time through a single delay amount i.e. spread across two future periods										
6												
7												
8		Delay in periods: whole numbers	2	0	0	100	110	115	120	=IF(AND(\$D7-\$C8=1,\$D7-\$C8<=10),INDEX(\$D\$1:\$I\$1,1,\$D7-\$C8),0)		
9		Delay in periods: whole numbers	2	0	0	100	110	115	120	=IF(\$D7-\$C8=0,OFFSET(\$D\$1:\$I\$1,0,\$D7-\$C8),0)		
10		Delay is anything less than 1	0.3	70	107	114	119	124	125	=H3*\$C10+H3*(1-\$C10)		
11		Delay is any number	1.6	0	40	104	112	117	122	=IF(\$D2<=ROUNDDOWN(\$C11,0)+1,0,OFFSET(\$D\$1:\$I\$1,0,-(ROUNDDOWN(\$C11,0)+1))*(\$C11-INT(\$C11))		

Gambar 7.11 Berbagai Pendekatan untuk Menerapkan Time Shifting di Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Risk Items	To Use	Time Delay in Months									
3				Base Value	Risk Figures	Prob	Min	Max					
4		Overrun of the construction project	0.0	0	0.0	30%	0	8					
5		Licences required for use of a particular technology	5.4	0	5.4	50%	0	12					
6		Delay in achieving on spec production grade	0.0	0	0.0	30%	0	6					
7		Delay	5.4	0.0	5.4								
8													
9													
10		Volume: without delay (Units)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11		Volume: without delay (Units)	5.4	0	0	0	0	0	62	106	113	118	123
12													

Gambar 7.12 Perhitungan Keterlambatan Agregat Sebagai Jumlah yang Tidak Pasti

Keterlambatan agregat dihitung sebagai keterlambatan maksimum setiap tugas (karena tugas diasumsikan terjadi secara paralel). Keterlambatan agregat ini mendorong profil volume produksi yang diperbarui, menggunakan perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.11. Struktur ini ditunjukkan pada Gambar 7.12. Kita juga dapat melihat bahwa model telah dibangun dengan sakelar, sehingga kasus dasar (keterlambatan nol untuk setiap item) juga dapat ditunjukkan.

7.3 PEMETAAN RISIKO DAN PENYELARASAN PROSES

Pemetaan risiko melibatkan penggambaran sifat risiko atau ketidakpastian dengan cara yang memungkinkan pencantumannya dalam model kuantitatif. Dengan demikian, pemetaan risiko merupakan fondasi inti dari pemodelan risiko kuantitatif. Seperti yang disebutkan dalam Bab 2, ini dapat menjadi bagian yang paling menantang dari proses pemodelan risiko, karena memerlukan integrasi dari banyak komponen dasar kuantifikasi risiko, seperti:

- Memastikan bahwa risiko dan dampak didefinisikan secara tepat.
- Menetapkan sifat risiko dan dampaknya.
- Mengadaptasi model untuk mencerminkan dampak risiko, mungkin memerlukan item baris tambahan, menciptakan rumus yang dinamis dan fleksibel (seperti yang dibahas sebelumnya dalam bab ini).
- Menangkap ketergantungan antara risiko dan antara dampak (lihat nanti dalam bab ini dan Bab 11).
- Menggunakan distribusi dan data yang sesuai, dengan perkiraan atau estimasi yang sesuai dibuat jika perlu (lihat Bab 9).
- Menyelaraskan aktivitas pemodelan risiko dengan penilaian risiko umum dan proses pengambilan keputusan.

Di bagian ini, kami menyoroti beberapa aspek utama mengenai sifat risiko dan dampaknya, dan penyelarasan dengan proses penilaian risiko umum.

Sifat Risiko dan Dampaknya

Jelas, aspek utama untuk dapat mencerminkan dampak risiko atau ketidakpastian dalam suatu model adalah menetapkan sifatnya, termasuk dampaknya. Masalah umum yang perlu dipertimbangkan meliputi:

- Memastikan bahwa aktivitas identifikasi risiko membuat perbedaan yang memadai antara masalah bisnis, variabel yang dapat dikendalikan (keputusan), dan risiko atau

ketidakpastian.

- Memastikan bahwa risiko dijelaskan dengan cara yang sesuai untuk pendekatan yang diambil. Secara khusus, untuk agregasi risiko dan model risiko penuh, seseorang perlu menemukan cara untuk mengungkapkan item dalam istilah umum (seperti menerjemahkan dampak penundaan waktu menjadi dampak keuangan, mungkin melalui penundaan volume atau penjualan), dan untuk menghindari penghitungan ganda dan tumpang tindih dampak.
- Penggerak inti atau sifat proses: apakah itu peristiwa risiko, proses diskret (seperti memiliki berbagai kemungkinan skenario berbeda), proses berkelanjutan atau proses gabungan (yaitu campuran proses diskret dan berkelanjutan, seperti serangkaian skenario di mana rentang nilai berkelanjutan dimungkinkan dalam setiap skenario). Akan bermanfaat juga untuk mempertimbangkan apakah proses tersebut dibatasi atau tidak dibatasi, karena ini dapat membantu dalam pemahaman umum tentang risiko dan dalam pemilihan distribusi.

Perilaku waktu proses (dalam model multiperioda), misalnya:

- Apakah itu dapat terjadi hanya sekali secara total, atau sekali selama setiap periode, atau beberapa kali dalam setiap periode.
- Apakah ada fluktuasi acak dalam setiap periode di sekitar tren jangka panjang, atau aspek lain yang terkait dengan pemodelan deret waktu.
- Apakah ada kemungkinan waktu mulai dan durasi terlebih dahulu; jika ada, apakah ini juga tidak pasti.
- Apakah dampaknya berubah seiring waktu, seperti memudar.

Apa sifat dampaknya? Misalnya:

- Item model mana yang terkena dampak secara langsung (dan mana yang hanya terkena dampak secara tidak langsung melalui perhitungan lain)?
- Apakah ada hubungan timbal balik atau tumpang tindih antara dampak risiko lain?

Apa saja keterkaitan lain dengan risiko dan proses lain? Misalnya:

- Apakah ada pendorong risiko umum atau kategori risiko yang harus tercermin dalam model?
- Apakah hubungan ketergantungan umum lainnya perlu ditangkap sebagai hasil dari penyertaan risiko dalam model, seperti hubungan antara dampak risiko atau aspek inti lainnya?
- Hubungan ketergantungan apa yang ada antara sumber risiko, seperti ketergantungan parameter atau korelasi? Seperti yang dibahas dalam Bab 11, ketergantungan parameter memerlukan lebih banyak intervensi dalam model daripada ketergantungan pengambilan sampel, yang memiliki konsekuensi lebih kecil bagi rumus.
- Wawasan apa yang diberikan oleh pertanyaan-pertanyaan di atas dalam hal memilih distribusi yang tepat untuk digunakan untuk risiko dan/atau dampaknya (lihat Bab 9 untuk pembahasan yang lebih rinci)?

Aspek relevan apa lagi yang perlu diperhatikan, sehingga model tersebut dapat diadaptasi dan keluarannya sesuai untuk tujuan komunikasi? Misalnya:

- Apakah kategori diperlukan untuk tujuan komunikasi dan juga tujuan risiko?
- Bagaimana kasus dasar dan dampak keputusan, serta profil risiko, dapat diperhatikan dengan baik dalam model?

Menciptakan Keselarasan antara Pemodelan dan Proses Penilaian Risiko Umum

Penting untuk memastikan bahwa aktivitas pemodelan selaras dengan proses penilaian risiko umum. Bagian ini membahas sifat aktivitas penyelarasan tersebut; banyak poin telah disinggung di berbagai tempat dalam teks, sehingga pembahasan di sini sebagian bertujuan untuk konsolidasi, dan karenanya cukup singkat, meskipun penting.

Pendekatan agregasi risiko mengharuskan risiko dan ketidakpastian didefinisikan dengan cara yang memungkinkannya diungkapkan dalam istilah umum, dan menghindari tumpang tindih atau penghitungan ganda, baik untuk setiap peristiwa risiko maupun dampaknya (seperti yang dibahas dalam Bab 3):

- Ini merupakan modifikasi dalam persyaratan informasi dan data dibandingkan dengan pendekatan manajemen risiko murni. Memang, topik tersebut mungkin tampak tidak perlu atau tidak menarik bagi peserta yang fokusnya adalah manajemen risiko operasional.
- Menangkap sifat risiko dengan detail dan presisi yang memadai dapat menjadi tantangan; bahkan praktisi manajemen risiko yang berpengalaman mungkin tidak memiliki paparan yang cukup terhadap area khusus ini. Proses pemikiran atau konsep yang diperlukan untuk menyediakan informasi yang tepat dapat menjadi tantangan bagi beberapa peserta. Mungkin juga sulit untuk mempertahankan perhatian sekelompok peserta, menjelaskan konsep tambahan, dan memastikan bahwa hasil yang tepat dihasilkan dari proses kelompok.
- Perbedaan yang memadai harus dibuat antara masalah bisnis, variabel keputusan (proses yang dapat dikontrol) dan variabel ketidakpastian, dan peran proses penilaian risiko umum (dan pemodelan) untuk menanganinya. Misalnya, "model risiko" mungkin, pada kenyataannya, memiliki fokus yang lebih bersifat mendukung keputusan, dengan risiko yang ditangkap pada akhirnya mencerminkan ketidakpastian yang tersisa.

Dengan demikian, mungkin ada banyak aspek dari proses penilaian risiko umum yang perlu diadaptasi agar dapat membangun model risiko lengkap secara memadai:

- Asumsi dan masukan pemodelan yang diperlukan untuk merancang, membangun, dan menggunakan hasil model pada kenyataannya (harus) memerlukan peran proaktif yang signifikan dalam menentukan sifat keluaran yang diperlukan dari aktivitas penilaian risiko umum. Penting untuk merefleksikan hal ini secara langsung dalam proses sejauh mungkin, karena jika diabaikan, analisis pemodelan pada akhirnya perlu membuat asumsi yang terkait dengan poin-poin ini, bahkan jika asumsi tersebut belum dibahas dalam tim proyek yang lebih luas. Jadi, setelah dimulai, interaksi yang berkelanjutan antara proses penilaian risiko umum dan aktivitas pemodelan yang terkait dengannya sangat penting.
- Mungkin ada perbedaan (nyata atau yang dipersepsikan) dalam persyaratan yang mungkin dimiliki peserta dalam proses penilaian risiko umum dibandingkan dengan

persyaratan analisis pemodelan, dan penyelarasan antara tujuan mereka sering kali pada akhirnya perlu didorong oleh manajemen puncak.

Penting untuk mendapatkan persetujuan dari manajemen senior tentang pendekatan yang akan digunakan untuk kuantifikasi risiko, dan memastikan bahwa konsekuensi dari hal ini dikomunikasikan dan diterapkan dalam keseluruhan aktivitas penilaian risiko. Jelas, penyertaan elemen tambahan ke dalam proses dapat menimbulkan tantangan, terutama jika ekspektasi tidak dikelola dengan baik dan komunikasi tidak cukup jelas.

Interpretasi Hasil dalam Konteks Tahapan Proses

Dalam praktiknya, seseorang biasanya melewati banyak tahapan proses. Pesan dan item yang dikomunikasikan mungkin berbeda pada setiap tahapan, atau setidaknya memiliki fokus yang berbeda:

- Tahap penilaian risiko inti dan pemodelan. Di sinilah model diadaptasi untuk memastikan bahwa semua risiko yang relevan tertangkap, dan dampak serta saling ketergantungannya tercermin dalam model. Seperti yang dibahas di tempat lain, sering kali juga diperlukan bahwa proses penilaian risiko yang lebih umum diadaptasi untuk memberikan masukan yang benar ke dalam model.

Pada tahap ini fokusnya adalah memastikan bahwa:

- Model bebas dari kesalahan.
- Risiko ditangkap dengan cara yang mencerminkan sifat sebenarnya dan properti yang mendasarinya (misalnya bahwa risiko yang berkembang dari waktu ke waktu ditangkap dengan tepat dan tidak ada risiko kejadian yang diperlakukan sebagai risiko kejadian atau risiko operasional).
- Dampak setiap risiko pada keluaran model agregat masuk akal dan sejalan dengan intuisi (atau mengubah intuisi dan pemahaman tentang suatu situasi).
- Risiko dapat disajikan dalam kategori yang sesuai, dan kasus dasar dapat dicakup secara terpisah, dan mungkin skenario pra- dan pasca-mitigasi dapat ditunjukkan.
- Model akan disesuaikan secara berulang saat rangkaian risiko lengkap diidentifikasi dan saat definisi risiko dibuat lebih tepat, sehingga dampaknya dapat ditangkap dengan benar dalam model.

Presentasi hasil sementara. Setelah model dasar kurang lebih lengkap, mungkin ada sejumlah kemungkinan hasil dan penggunaan:

- Mungkin segera menjadi jelas bahwa proyek tersebut terlalu berisiko dan harus dibatalkan.
- Secara lebih umum, beberapa tindakan respons risiko dan tindakan mitigasi dapat dimasukkan ke dalam rencana proyek dengan sedikit atau tanpa biaya, sedangkan yang lain mungkin memerlukan eskalasi dan otorisasi khusus (untuk alasan yang dibahas dalam Bab 1, misalnya).
- Tahap proses ini mungkin berulang, seperti yang dibahas sebelumnya.
- Hasil akhir dan tahap keputusan. Pada tahap ini, dampak dari semua tindakan mitigasi dan respons yang diusulkan dan tepat akan dimasukkan ke dalam model dan keputusan akhir tentang kelayakan proyek perlu dibuat, yang mencerminkan, misalnya, manfaat

rata-rata serta paparan terhadap potensi hasil yang merugikan.

Perlu dicatat bahwa saat proses ini berlangsung, seseorang secara umum dapat menyatakan bahwa:

- Pada tahap awal, seseorang dapat menggunakan berbagai macam ukuran dan alat untuk menganalisis model dan keluarannya, tetapi seseorang biasanya tidak perlu terlalu fokus pada aspek penyajian masing-masing aktivitas. Misalnya, seseorang dapat melihat berbagai ukuran statistik, melihat kepadatan dan distribusi kumulatif, pada bentuk menaik dan menurun, mempertimbangkan grafik tornado dan diagram sebar, bereksperimen dengan dampak dari berbagai jumlah perhitungan ulang (iterasi), dan seterusnya.
- Pada tahap selanjutnya, atau untuk pelaporan manajemen senior, seseorang dapat fokus pada serangkaian ukuran yang jauh lebih terbatas dan ingin dapat menyajikan jenis grafik tertentu dengan cara yang diinginkan manajemen. Ini mungkin melibatkan langkah-langkah spesifik yang mungkin tidak begitu relevan pada tahap awal (misalnya, untuk dapat menempatkan dan menampilkan risiko dalam kategori, atau untuk dapat mengulang simulasi secara tepat, atau untuk menunjukkan analisis tipe sebelum/sesudah, dan seterusnya).

Pertanyaan tentang distribusi output paling relevan ketika proses respons risiko (dan implementasi keputusan terkait proyek lainnya) selesai. Profil ketidakpastian yang dihasilkan kemudian dikaitkan dengan risiko residual dalam struktur proyek yang optimal, dan diperlukan untuk membuat keputusan akhir yang mencerminkan toleransi risiko pembuat keputusan (atau organisasi).

7.4 HUBUNGAN KETERGANTUNGAN UMUM

Penangkapan ketergantungan antara variabel merupakan salah satu fondasi utama pemodelan: Memang, model pada dasarnya hanyalah pernyataan hubungan tersebut, yang digunakan untuk melakukan perhitungan, menguji hipotesis, atau menghasilkan pemahaman yang lebih baik tentang suatu situasi; ini berbeda dengan kumpulan data (atau basis data), yang berisi daftar item tetapi tanpa hubungan di antara mereka.

Tentu saja, sifat dan efek dari hubungan apa pun dalam suatu model dapat diamati dan diuji dengan analisis sensitivitas. Sementara nilai yang ditunjukkan dalam kasus dasar model mungkin tampak wajar, jika hubungan tidak ditangkap dengan benar, maka perhitungan model mungkin salah secara mendasar atau tidak akan mencerminkan tingkat variasi sebenarnya dalam output saat nilai input diubah. Misalnya:

- Jika total biaya proyek diperkirakan sebagai jumlah beberapa item, jika item tersebut sebenarnya memiliki pemicu yang sama, maka model yang tidak menangkap hal ini akan menunjukkan sensitivitas terhadap biaya masing-masing item yang terlalu rendah; pada kenyataannya, perubahan biaya satu item hanya mungkin terjadi jika biaya item lainnya juga berubah, sehingga menciptakan rentang yang lebih luas.
- Jika margin yang dicapai dengan menjual produk dihitung sebagai selisih antara harga jual dan biaya inputnya, maka model yang tidak mencerminkan bahwa keduanya

terkait erat dengan harga pasar bahan baku input akan menunjukkan sensitivitas terhadap harga jual atau biaya input yang terlalu tinggi dan tidak realistis (misalnya, model akan menunjukkan kasus di mana harga jual tinggi tetapi biaya input rendah).

Dalam teks ini, kami membahas aspek pemodelan hubungan ketergantungan dalam dua area utama:

- Dalam Bab 11, kami membahas hubungan antara sumber risiko (atau distribusi ketidakpastian). Hubungan ini terjadi ketika input dimodelkan sebagai distribusi dan memiliki konsekuensi khusus pada cara rumus atau logika model harus dibangun, dan dengan demikian hanya relevan dalam pemodelan risiko. Contohnya termasuk hubungan antara sampel dan parameter distribusi (seperti probabilitas kejadian bersyarat), atau antara proses pengambilan sampel dari beberapa distribusi (seperti pengambilan sampel berkorelasi).
- Dalam bab ini, kami membahas hubungan model umum. Hubungan ini terjadi ketika rumus dalam model bergantung (secara langsung atau tidak langsung) pada item input model, tetapi rumus tersebut pada dasarnya sama terlepas dari apakah proses akhir untuk mengubah nilai input adalah proses manual atau proses yang dilakukan melalui pengambilan sampel acak.

Berikut ini, kami memberikan contoh dari banyak bentuk ketergantungan umum, dengan penekanan khusus pada pendekatan yang diperlukan dalam situasi pemodelan apa pun. Ini termasuk menangkap:

- Penggerak umum variabilitas.
- Skenario.
- Kategori penggerak variabilitas atau kategori terkait risiko.
- Dampak item yang memudar seiring waktu (seperti dampak risiko).

Kami juga membahas beberapa situasi yang lebih rumit, di mana rumus untuk menilai dampak agregat beberapa variabel mungkin lebih rumit daripada operasi aritmatika sederhana. Misalnya:

- Dalam beberapa kasus, dampak risiko atau item lain dalam daftar (atau daftar risiko) tidak boleh ditambahkan, tetapi memiliki hubungan yang lebih rumit di antara mereka, yang dihasilkan dari interaksi ketika lebih dari satu terjadi; bahkan jika kejadian item tersebut independen, rumus untuk menentukan dampak bukanlah penjumlahan sederhana. Misalnya:
- Ketika beberapa peristiwa merugikan terjadi, hanya dampak maksimumnya yang mungkin relevan.
- Serangkaian inisiatif peningkatan bisnis mungkin memiliki efek agregat yang kurang dari jumlah inisiatif individual.

Dalam kasus lain, logika suatu situasi sedemikian rupa sehingga jalur perhitungan tertentu hanya diaktifkan oleh perubahan nilai beberapa item. Kejadian seperti itu mungkin tidak pernah terwujud dalam pendekatan sensitivitas dasar (atau proses berpikir) dan mungkin diabaikan oleh mereka. Kasus-kasus seperti itu dapat muncul, misalnya:

- Jika hanya kemunculan bersama sejumlah item yang dapat menyebabkan suatu produk

jatuh di bawah batas keamanan, seseorang perlu memeriksa dalam model apakah kondisi ini telah terpenuhi.

- Jika kerugian pajak hanya akan muncul jika beberapa peristiwa atau proses yang merugikan terjadi, dan tidak jika hanya satu atau dua risiko yang terwujud.
- Jika ada fleksibilitas operasional yang perlu ditangkap dalam evaluasi suatu proyek (contohnya diberikan dalam Bab 4, jadi tidak dibahas lebih lanjut di sini).
- Jika tugas-tugas dalam jadwal proyek dapat berinteraksi dengan cara yang berbeda tergantung pada tugas mana yang berada di jalur kritis (contohnya diberikan dalam Bab 4, jadi tidak dibahas lebih lanjut di sini).

Jadi, meskipun penangkapan hubungan ketergantungan yang benar penting dalam semua jenis model, fakta bahwa beberapa masukan bervariasi secara bersamaan dalam sebagian besar model risiko berarti bahwa ada kemungkinan ketergantungan dan kekayaan tambahan yang diperlukan dalam rumus untuk mencerminkan interaksi antara risiko atau dampaknya.

Meskipun situasi seperti itu (secara teori) harus ditangkap melalui proses desain model yang digerakkan oleh sensitivitas atau skenario yang kuat, situasi tersebut dapat dengan mudah diabaikan dalam pendekatan sensitivitas.

Contoh: Kesamaan Penggerak Variabilitas

Ketika item model tertentu digerakkan oleh faktor dasar yang sama, hal ini perlu ditangkap baik dalam model tradisional (untuk tujuan analisis sensitivitas) maupun dalam model risiko. Namun, hal ini mungkin hanya menjadi jelas ketika seseorang melakukan penilaian risiko dan menanyakan apa penggerak risiko yang mendasari variasi. Dalam lembar kerja Indep (ditunjukkan pada Gambar 7.13), seseorang melihat anggaran biaya yang di dalamnya terdapat 10 asumsi input (angka), sel C5:C14.

Untuk penyederhanaan, semua item dianggap berukuran sama. Jelas, akan mungkin untuk mengubah salah satu dari 10 nilai input dan melihat dampaknya pada total biaya; dengan demikian, seseorang dapat menjalankan analisis sensitivitas yang lebih formal (misalnya, menggunakan DataTable). Di sisi lain, pertimbangan terhadap pendorong sensitivitas yang sebenarnya (atau pendorong risiko) dapat mengarahkan seseorang untuk menyimpulkan bahwa hanya ada satu (atau sekumpulan kecil) pendorong mendasar yang memengaruhi semua (atau beberapa) item (sebagai contoh, ini bisa berupa biaya tenaga kerja per jam, atau nilai tukar, atau inflasi umum). Dalam situasi seperti itu, analisis sensitivitas yang hanya mengubah satu item akan menjadi tidak valid, karena tidak akan mewakili situasi sebenarnya yang dapat terjadi.

	A	B	C	D
1				
2				
3				
4		Description	Cost	
5		Remove old kitchen	5000	
6		Redo electrics	5000	
7		New plumbing	5000	
8		Plaster	5000	
9		Paint and decorate	5000	
10		New floor	5000	
11		Buy kitchen cupboards	5000	
12		Buy other appliances	5000	
13		Install security system	5000	
14		Legal and architectural fees	5000	
15		Total	50000	=SUM(C5:C14)

Gambar 7.13 Anggaran Biaya Dengan Item Independen

Lembar kerja OneSource menunjukkan model yang dimodifikasi yang memiliki faktor pendorong umum untuk semua item; rumus model disesuaikan dengan tepat untuk mencerminkan hal ini. Perhatikan bahwa nilai dalam rentang C5:C14 masih merupakan masukan untuk model, dan sekarang mungkin dapat diubah secara independen untuk mencerminkan ketidakpastian di masing-masing yang tidak didorong oleh faktor umum.

Contoh: Variabilitas Berdasarkan Skenario

Dalam Bab 6, kami menyebutkan bahwa salah satu penggunaan pendekatan skenario umum adalah untuk menangkap ketergantungan antara item, dan khususnya untuk bertindak sebagai alat proksi untuk menangkap ketergantungan yang sulit diungkapkan melalui rumus eksplisit (seperti kurva permintaan harga-volume).

Gambar 7.15 menunjukkan model yang menerapkan rumus pertumbuhan standar untuk menghitung profil waktu mendatang, tetapi parameter untuk rumus pertumbuhan (dalam sel D10 dan E10) ditetapkan dengan menggunakan fungsi CHOOSE untuk memilih nilai yang sesuai dari tabel data skenario (sel D5:D8), berdasarkan nomor skenario yang dipilih dalam sel C10. Dalam hal kesamaan antara pemodelan statis dan pemodelan risiko, tidak relevan (dari perspektif rumus yang diperlukan dalam model) jika nomor skenario (sel C10) ditetapkan secara manual atau dengan menggunakan distribusi probabilitas diskrit yang mengembalikan bilangan bulat acak antara satu dan empat.

Gambar 7.16 menunjukkan DataTable multi-output, yang berisi profil harga lengkap untuk setiap skenario (yang juga terdapat dalam file contoh). Jika nomor skenario dipilih secara acak, maka profil perkembangan harga akan menjadi pilihan yang bervariasi secara acak antara keempat profil.

	A	B	C	D	E
1					
2		Unit labour cost	10		
3					
4		Description	Cost/unit	Cost	
5		Remove old kitchen	500	5000	=C5*\$C\$2
6		Redo electrics	500	5000	=C6*\$C\$2
7		New plumbing	500	5000	=C7*\$C\$2
8		Plaster	500	5000	=C8*\$C\$2
9		Paint and decorate	500	5000	=C9*\$C\$2
10		New floor	500	5000	=C10*\$C\$2
11		Buy kitchen cupboards	500	5000	=C11*\$C\$2
12		Buy other appliances	500	5000	=C12*\$C\$2
13		Install security system	500	5000	=C13*\$C\$2
14		Legal and architectural fees	500	5000	=C14*\$C\$2
15		Total		50000	=SUM(D5:D14)

Gambar 7.14 Anggaran Biaya Dengan Penggerak Umum

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3															
4		Price Scenarios		Growth Rate	Starting Value										
5		Base	1	2.0%	100										
6		Scenario A	2	5.0%	80										
7		Scenario B	3	-5.0%	80										
8		Scenario C	4	10.0%	60										
9															
10		To Use	2	5.0%	80	84	88	93	97	102	107	113	118	124	130
11															

Gambar 7.15 Skenario Pengembangan Harga

DataTable		84	88	93	97	102	107	113	118	124	130
1		102	104	106	108	110	113	115	117	120	122
2		84	88	93	97	102	107	113	118	124	130
3		76	72	69	65	62	59	56	53	50	48
4		66	73	80	88	97	106	117	129	141	156

Gambar 7.16 Pengembangan Harga Di Setiap Skenario, Menggunakan Analisis Sensitivitas

Contoh: Variabilitas Berdasarkan Kategori

Penetapan item ke dalam kategori dapat menjadi alat yang sangat berharga saat membangun dan mengomunikasikan model. Dari perspektif pemodelan, penggunaan kategori mungkin relevan dalam beberapa jenis situasi:

- Kategori menyediakan cara yang lebih umum untuk menangkap sumber variasi umum (daripada satu yang digunakan dalam contoh di atas). Dengan kata lain, beberapa item risiko dapat dipengaruhi oleh satu pemicu risiko tertentu, dan item lainnya oleh pemicu risiko lain, dan seterusnya.
- Kategori dapat membantu menangkap hubungan antara dampak risiko (bahkan jika kejadiannya independen). Misalnya, mungkin ada serangkaian risiko yang kejadiannya masing-masing memengaruhi volume yang diproduksi (atau dijual) oleh perusahaan

dari produk tertentu (dan/atau di wilayah tertentu), tetapi total dampaknya hanya sebesar dampak terbesar yang pernah terjadi. Penggunaan kategori memungkinkan fungsi Excel (seperti SUMIFS atau kalkulasi kondisional lainnya) untuk menangkap dampaknya.

- Sebagai metode untuk mengelompokkan risiko item yang lebih kecil, sehingga risiko yang secara individual tidak terlalu penting tidak diabaikan begitu saja.

Dari perspektif komunikasi dan penyajian hasil, penggunaan kategori dapat menjadi alat yang penting: seseorang mungkin sering ingin mengomunikasikan hasil pada tingkat yang lebih tinggi (lebih agregat) daripada tingkat yang sedang dikerjakan oleh tim proyek dalam aktivitas penilaian risiko sehari-hari.

Gambar 7.17. Item-item ini dapat dikategorikan berdasarkan luas (ruangan) rumah, dan berdasarkan sifat aktivitas, seperti yang ditunjukkan dalam lembar kerja AggCategories dari file yang sama; lihat Gambar 7.18.

A	B	C
1		
2	DETAILED ITEMS	
3	Area	\$ Expected
4	Removal of asbestos in roof in the Kitchen	5000
5	Rebuild roof in the Kitchen	3000
6	Redo electrics in the Kitchen	2500
7	New floor in the Kitchen	2000
8	Repaint the Kitchen	500
9	Redo electrics in the Dining room	2000
10	New floor in the Dining room	3000
11	Repaint the Dining room	500
12	Redo electrics in the Reception Room	2000
13	New floor in the Reception Room	3000
14	Repaint the Reception Room	500
15	Redo electrics in Bedroom 1	1000
16	New floor in Bedroom 1	1000
17	Repaint in Bedroom 1	500
18	Redo electrics in Bedroom 2	1000
19	New floor in Bedroom 2	1000
20	Repaint in Bedroom 2	500
21	Redo electrics in Bedroom 3	1000
22	New floor in Bedroom 3	1500
23	Repaint in Bedroom 3	500
24	Redo electrics in Bedroom 4	1000
25	New floor in Bedroom 4	1500
26	Repaint in Bedroom 4	500
27	Rebuild wall in the Garden	1500
28	Paint outside area in the Garden	2500
29	Relay paving stones in the Garden	1000
30	Total	40000

Gambar 7.17 Anggaran Biaya Terperinci Tanpa Kategori

Data tersebut secara efektif terstruktur sebagai basis data yang dapat disajikan dalam bentuk ringkasan dengan berbagai cara untuk tujuan pelaporan dan komunikasi. Gambar 7.19 menunjukkan ringkasan presentasi menurut area (ruangan) dan menurut item (aktivitas); dalam contoh file, ini ditampilkan tepat di bawah tabel. Penting untuk dicatat bahwa kategori yang digunakan untuk perhitungan sensitivitas dan pemodelan harus sesuai dengan faktor pemicu sensitivitas atau risiko.

	A	B	C	D
1				
2		DETAILED ITEMS		
3		Area	Item	\$ Expected
4		Kitchen	Removal of asbestos in roof	5000
5		Kitchen	Rebuild roof	3000
6		Kitchen	Redo electrics	2500
7		Kitchen	New floor	2000
8		Kitchen	Repaint	500
9		Dining room	Redo electrics	2000
10		Dining room	New floor	3000
11		Dining room	Repaint	500
12		Reception Room	Redo electrics	2000
13		Reception Room	New floor	3000
14		Reception Room	Repaint	500
15		Bedroom 1	Redo electrics	1000
16		Bedroom 1	New floor	1000
17		Bedroom 1	Repaint	500
18		Bedroom 2	Redo electrics	1000
19		Bedroom 2	New floor	1000
20		Bedroom 2	Repaint	500
21		Bedroom 3	Redo electrics	1000
22		Bedroom 3	New floor	1500
23		Bedroom 3	Repaint	500
24		Bedroom 4	Redo electrics	1000
25		Bedroom 4	New floor	1500
26		Bedroom 4	Repaint	500
27		Garden	Rebuild wall	1500
28		Garden	Paint outside area	2500
29		Garden	Relay paving stones	1000
30		Total		40000

Gambar 7.18 Anggaran Biaya Terperinci dengan Dua Jenis Kategori

Oleh karena itu, pilihan kategori tersebut jauh lebih terbatas daripada kategori yang mungkin diinginkan untuk tujuan komunikasi atau presentasi (misalnya wilayah geografis, departemen, orang yang bertanggung jawab, tahap proses, subtugas, dll).

Lembar kerja SensCategories dari file yang sama (sebagian ditampilkan dalam Gambar 7.20) berisi kategorisasi yang seharusnya untuk tujuan sensitivitas dan risiko, yang di dalamnya terdapat empat kategori (mungkin terkait dengan struktur hubungan kontraktor, misalnya); ringkasan struktur biaya menurut kelompok sensitivitas (faktor pemicu risiko) ditampilkan dalam Gambar 7.21. Seseorang kemudian dapat melakukan analisis sensitivitas terhadap total biaya dengan memvariasikan rentang yang berlaku untuk kategori sensitivitas atau faktor pemicu risiko yang berbeda: perhitungan ini terdapat dalam lembar kerja SensCategoriesRanges; lihat Gambar 7.22.

Perhatikan bahwa mekanisme penerapan variasi berikutnya (misalnya sensitivitas tradisional atau pengambilan sampel acak) pada dasarnya tidak relevan dari perspektif pemodelan. Gambar 7.23 menunjukkan DataTable karena faktor sensitivitas untuk penggerak A dan B bervariasi.

Tentu saja, penggunaan kategori penggerak risiko berarti bahwa ada sekumpulan penggerak risiko yang mendasarinya lebih sedikit daripada jika risiko diperlakukan sebagai item individual; setiap kategori secara implisit merupakan sekumpulan risiko yang bervariasi bersama-sama (atau saling bergantung). Jelas, ini akan memengaruhi tingkat variabilitas pada tingkat agregat saat simulasi dijalankan.

Gambar 7.24 menunjukkan cuplikan layar dari kedua pendekatan, sedangkan Gambar 7.25 menunjukkan overlay hasil simulasi. Jelas, pendekatan yang menggunakan kategori

memiliki rentang yang lebih luas untuk kemungkinan keluaran; dalam kasus pertama, lebih mungkin beberapa item saling mengimbangi (karena efek kombinatorial), sehingga rentangnya lebih sempit.

Jadi, meskipun penggunaan perincian yang sangat rinci pada tingkat item baris dapat menjadi penting untuk menangkap semua faktor saat bekerja dengan model statis, pendekatan terperinci tersebut mungkin tidak dapat diterapkan secara langsung pada pembuatan model risiko; sering kali, item perlu dikelompokkan ke dalam kategori, dengan setiap variasi didorong pada tingkat kategori dengan demikian, melibatkan pembuatan kalkulasi antara dibandingkan dengan kasus di mana risiko diperlakukan sebagai item individual saja.

Secara umum, ketika model menjadi lebih terperinci, ada lebih banyak hubungan ketergantungan potensial, karena setiap item secara teoritis dapat berinteraksi dengan item lainnya. Oleh karena itu, salah satu tantangan pemodelan adalah membangun pendorong risiko ke dalam model pada tingkat perincian yang sesuai. Meskipun kategori yang digunakan untuk tujuan pemodelan sensitivitas dan risiko harus sesuai dengan pendorong risiko, seseorang mungkin ingin mengomunikasikan hasil model menurut kategori lain.

Dalam contoh ini, hal ini dilakukan dengan menggabungkan hasil berdasarkan pemicu risiko (sel H35:H38) untuk membuat faktor skala berdasarkan kategori komunikasi (sel J35:J38); faktor ini menunjukkan jumlah perbedaan item dalam setiap kategori dari kasus dasarnya (dalam sampel tertentu atau perhitungan ulang model). Faktor ini kemudian diterapkan pada model terperinci, menggunakan fungsi pencarian untuk menemukan faktor skala yang berlaku untuk setiap item individual berdasarkan kategorinya. Item individual kemudian dijumlahkan berdasarkan kategori komunikasi dan ini juga akan membentuk keluaran simulasi, jika simulasi dilakukan.

Pendekatan ini secara numerik setara dengan pendekatan di mana model dibangun dengan mengambil sampel faktor skala persentase untuk setiap kategori risiko dan kemudian menerapkannya pada item dalam kategori tersebut, sebelum menjumlahkan angka menurut kategori komunikasi. Gambar 7.26 menunjukkan klip layar ini, dengan distribusi biaya untuk item yang terkait dengan dapur. Simulasi dilakukan menggunakan @RISK, untuk menampilkan output secara grafis dengan mudah; pembaca yang bekerja dengan model dapat menjalankan simulasi menggunakan alat dan templat Bab 13, jika diinginkan, karena rumus model dibuat tanpa menggunakan @RISK.

A	B	C	D	E
32				
33		AGGREGATE SUMMARY 1		
34		Item	\$ Expected	
35		Removal of asbestos in roof	5000	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$C\$4:\$C\$29,\$C\$35)
36		Rebuild roof	3000	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$C\$4:\$C\$29,\$C\$36)
37		Redo electrics	10500	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$C\$4:\$C\$29,\$C\$37)
38		New floor	13000	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$C\$4:\$C\$29,\$C\$38)
39		Repaint	3500	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$C\$4:\$C\$29,\$C\$39)
40		Rebuild wall	1500	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$C\$4:\$C\$29,\$C\$40)
41		Paint outside area	2500	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$C\$4:\$C\$29,\$C\$41)
42		Relay paving stones	1000	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$C\$4:\$C\$29,\$C\$42)
43		Total	40000	=SUM(D35:D42)
44				
45		AGGREGATE SUMMARY 2		
46		Item	\$ Expected	
47		Kitchen	13000	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$B\$4:\$B\$29,\$C\$47)
48		Dining room	5500	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$B\$4:\$B\$29,\$C\$48)
49		Reception Room	5500	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$B\$4:\$B\$29,\$C\$49)
50		Bedroom 1	2500	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$B\$4:\$B\$29,\$C\$50)
51		Bedroom 2	2500	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$B\$4:\$B\$29,\$C\$51)
52		Bedroom 3	3000	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$B\$4:\$B\$29,\$C\$52)
53		Bedroom 4	3000	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$B\$4:\$B\$29,\$C\$53)
54		Garden	5000	=SUMIFS(D\$4:D\$29,\$B\$4:\$B\$29,\$C\$54)
55		Total	40000	=SUM(D47:D54)
56				

Gambar 7.19 Ringkasan Anggaran Biaya Berdasarkan Setiap Jenis Kategori

A	B	C	D	E
1				
2		DETAILED ITEMS		
3	Area	Item	Risk Driver Categor	\$ Expected
4	Kitchen	Removal of asbestos in roof	A	5000
5	Kitchen	Rebuild roof	A	3000
6	Kitchen	Redo electrics	B	2500
7	Kitchen	New floor	C	2000
8	Kitchen	Repaint	C	500
9	Dining room	Redo electrics	B	2000
10	Dining room	New floor	C	3000
11	Dining room	Repaint	C	500
12	Reception Room	Redo electrics	B	2000
13	Reception Room	New floor	C	3000
14	Reception Room	Repaint	C	500
15	Bedroom 1	Redo electrics	B	1000
16	Bedroom 1	New floor	C	1000
17	Bedroom 1	Repaint	C	500
18	Bedroom 2	Redo electrics	B	1000
19	Bedroom 2	New floor	C	1000
20	Bedroom 2	Repaint	C	500
21	Bedroom 3	Redo electrics	B	1000
22	Bedroom 3	New floor	C	1500
23	Bedroom 3	Repaint	C	500
24	Bedroom 4	Redo electrics	B	1000
25	Bedroom 4	New floor	C	1500
26	Bedroom 4	Repaint	C	500
27	Garden	Rebuild wall	D	1500
28	Garden	Paint outside area	D	2500
29	Garden	Relay paving stones	D	1000
30	Total			40000

Gambar 7.20 Anggaran Biaya Terperinci Dengan Kategori Risiko

AGGREGATE SUMMARY 3		
Item		\$ Expected
A		8000
B		10500
C		16500
D		5000
Total		40000

=SUMIFS(E\$4:E\$29,\$D\$4:\$D\$29,\$C\$59)
 =SUMIFS(E\$4:E\$29,\$D\$4:\$D\$29,\$C\$60)
 =SUMIFS(E\$4:E\$29,\$D\$4:\$D\$29,\$C\$61)
 =SUMIFS(E\$4:E\$29,\$D\$4:\$D\$29,\$C\$62)
 =SUM(E59:E62)

Gambar 7.21 Ringkasan Anggaran Biaya Menurut Kategori Risiko

AGGREGATE SUMMARY 3			Sensitivity Factors (Change to Base)	
Item		\$ Expected		\$ Final
A		8000	0%	8000
B		10500	0%	10500
C		16500	0%	16500
D		5000	0%	5000
Total		40000		40000

=E35*(1+F35)
 =E36*(1+F36)
 =E37*(1+F37)
 =E38*(1+F38)
 =SUM(G35:G38)

Gambar 7.22 Analisis Sensitivitas Anggaran Biaya Menurut Kategori Risiko

	A	A	A
	40000	-20%	0%
B	-20%	36300	37900
B	0%	38400	40000
B	20%	40500	42100

Gambar 7.23 Analisis Sensitivitas Anggaran Biaya Untuk Dua Kategori Risiko

DETAILED ITEMS					Low	High	
Area	Item	Risk Ori	\$ Expected		-25%	25%	Sample
Kitchen	Removal of asbestos in roof	A	5000		3750	6250	5240
Kitchen	Rebuild roof	A	3000		2250	3750	3712
Kitchen	Redo electrics	B	2500		1875	3125	2631
Kitchen	New floor	C	2000		1500	2500	2474
Kitchen	Repaint	C	500		375	625	584
Dining room	Redo electrics	B	2000		1500	2500	1633
Dining room	New floor	C	3000		2250	3750	3027
Dining room	Repaint	C	500		375	625	383
Reception Room	Redo electrics	B	2000		1500	2500	1651
Reception Room	New floor	C	3000		2250	3750	3171
Reception Room	Repaint	C	500		375	625	546
Bedroom 1	Redo electrics	B	1000		750	1250	916
Bedroom 1	New floor	C	1000		750	1250	783
Bedroom 1	Repaint	C	500		375	625	595
Bedroom 2	Redo electrics	B	1000		750	1250	1174
Bedroom 2	New floor	C	1000		750	1250	1023
Bedroom 2	Repaint	C	500		375	625	333
Bedroom 3	Redo electrics	B	1000		750	1250	930
Bedroom 3	New floor	C	1500		1125	1875	1328
Bedroom 3	Repaint	C	500		375	625	562
Bedroom 4	Redo electrics	B	1000		750	1250	917
Bedroom 4	New floor	C	1500		1125	1875	1571
Bedroom 4	Repaint	C	500		375	625	503
Garden	Rebuild wall	D	1500		1125	1875	1688
Garden	Paint outside area	D	2500		1875	3125	2063
Garden	Relay paving stones	D	1000		750	1250	1134
Total			40000				40766

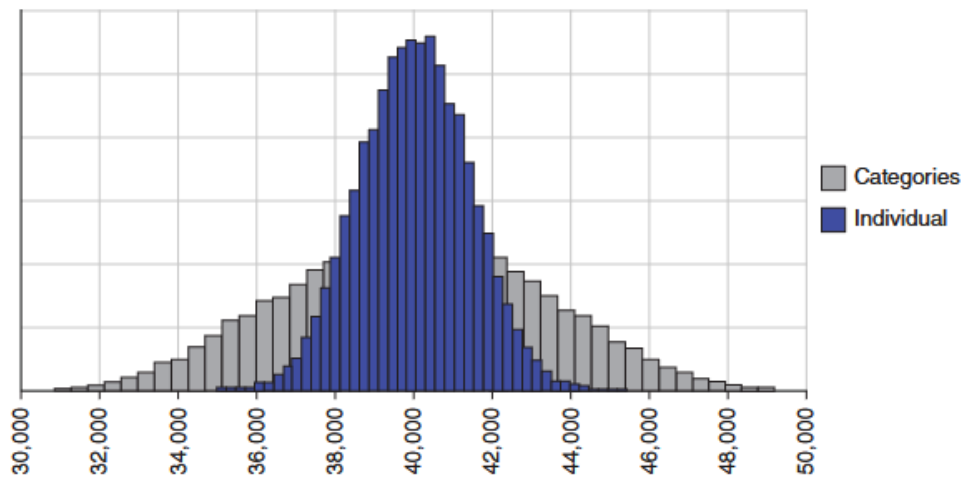
AGGREGATE SUMMARY 3			Low	High	
Item		\$ Expected	-25%	25%	Sample
A		8000	6000	10000	9777
B		10500	7875	13125	8801
C		16500	12375	20625	14419
D		5000	3750	6250	3820
Total		40000			36817

Gambar 7.24 Model Ketidakpastian Anggaran Biaya Menurut Kategori Risiko

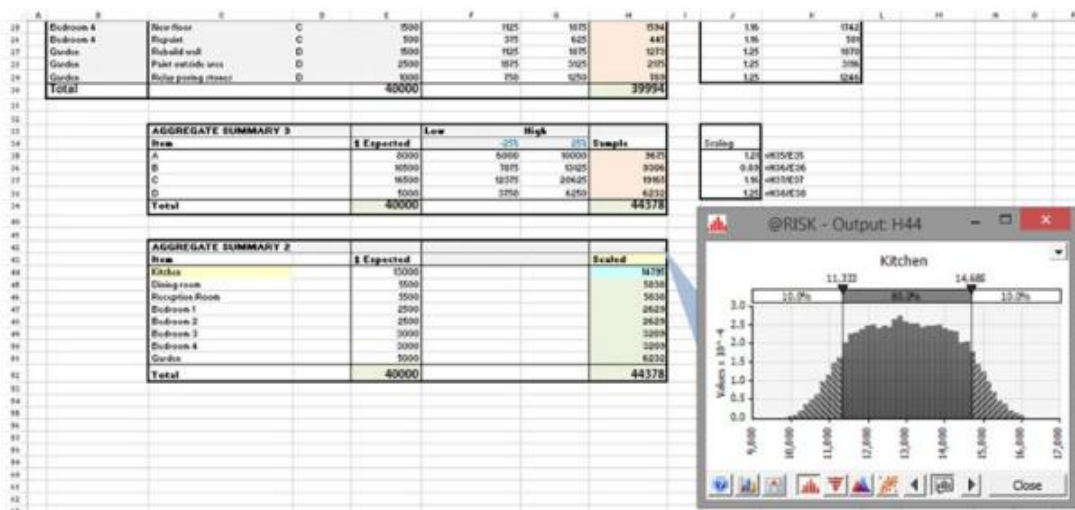
Contoh ini juga menunjukkan bahwa, untuk menyajikan hasil model risiko dengan cara tertentu (dalam kasus ini, berdasarkan kategori yang terkait dengan tipe kamar), pekerjaan tambahan mungkin diperlukan untuk membangun formula yang tepat; isu-isu seperti itu harus diperhitungkan sedini mungkin dalam proses ini, karena pelaksanaan pengerjaan ulang tersebut hanya setelah hasil disajikan dapat menyebabkan kekurangan waktu dan kesalahan, yang dapat sangat mengurangi kredibilitas hasil (dan memberikan penguatan kepada mereka yang skeptis tentang manfaat pendekatan tersebut).

Contoh: Dampak yang Memudar

Saat mempertimbangkan risiko yang terkait dengan fase permulaan fasilitas produksi baru, mungkin ada risiko bahwa fasilitas tersebut tidak dapat segera dioperasikan pada kapasitas yang direncanakan, mungkin karena kurangnya pengalaman yang dimiliki perusahaan dalam memproduksi produk yang identik. Secara lebih umum, dampak risiko (jika terwujud) dapat berkurang selama beberapa periode (yang mungkin tidak pasti).



Gambar 7.25 Simulasi Distribusi Total Biaya, Membandingkan Item Independen Individual Dengan Penggunaan Kategori Risiko



Gambar 7.26 Distribusi Biaya Simulasi Berdasarkan Kategori Presentasi

Perhatikan bahwa risiko tersebut terkait dengan angka yang direncanakan (yaitu penyimpangan dari angka tersebut), sehingga item lain yang direncanakan, sebagai aturan umum, akan menjadi bagian dari rencana dasar dan tidak dianggap sebagai risiko yang sebenarnya, setidaknya relatif terhadap rencana dasar yang wajar.

Misalnya, mungkin ada fase peningkatan di mana produksi yang direncanakan dimulai di bawah kapasitas penuh tetapi kemudian meningkat seiring waktu hingga kapasitas penuh, atau bahwa harga jual mungkin awalnya lebih rendah untuk menarik pelanggan baru; fakta bahwa nilai awal diharapkan berada di bawah ekuilibrium jangka panjangnya bukanlah risiko seperti itu. Kemungkinan penerapan perhitungan untuk kehilangan kapasitas (dinyatakan sebagai persentase dari total), yang menurun seiring waktu. Cuplikan layar ditunjukkan pada Gambar 7.27.

- Pada Model 1, angka-angka tersebut dikodekan secara kaku.
- Pada Model 2, terdapat peningkatan konstan per tahun, yang ditentukan oleh nilai awal dan akhir yang diasumsikan selama periode waktu tertentu (yaitu antara periode 1 dan periode 5 dalam kasus ini).
- Pada Model 3, periode akhir yang menerapkan peningkatan dapat diubah, dengan peningkatan konstan per tahun, sehingga pemeriksaan tambahan dimasukkan ke dalam rumus untuk mencegah nilai menjadi negatif dalam beberapa kasus.
- Pada Model 4, periode akhir juga dapat diubah, tetapi peningkatan diterapkan dalam pengertian relatif, sehingga hilangnya kapasitas dihitung secara perkalian dari angka periode sebelumnya, hingga periode akhir tercapai.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																

Gambar 7.27 Berbagai Kemungkinan Implementasi Formula Fade

Tentu saja, keuntungan dari Model 1 adalah bahwa angka apa pun dapat digunakan untuk profil waktu (cukup dengan mengetikkan angka yang diinginkan); pendekatan lain memiliki keuntungan bahwa jumlah masukan berkurang, dan bahwa pelaksanaan analisis sensitivitas lebih mudah. Karena masukan pada rumus dapat diubah, perubahan tersebut dapat terkait dengan sensitivitas atau didorong oleh risiko. Misalnya, dalam Model 4, persentase yang berlaku pada periode pertama dapat digantikan oleh sampel dari distribusi ketidakpastian yang sesuai, seperti halnya tahun akhir dan perubahan relatif tahunan.

Kehilangan kapasitas yang dihitung juga dapat digunakan untuk mewakili dampak risiko pada kejadiannya, dan dikombinasikan dengan hasil sampel dari proses "ya/tidak" (Bernoulli) (lihat Bab 9) dengan perkalian sederhana. Pendekatan serupa dapat digunakan jika ada

beberapa risiko potensial yang dapat berinteraksi. Misalnya, pada setiap periode mungkin ada risiko kejadian kejutan pada harga pasar. Jika dampak dari setiap kejutan dapat bertahan selama beberapa periode, maka dalam setiap periode, seseorang perlu menghitung dampak dari semua kejutan sebelumnya yang efeknya masih berlaku pada saat itu. Perhitungan tersebut akan mirip dengan beberapa perhitungan yang ditunjukkan pada bagian berikutnya.

Contoh: Agregasi Dampak Parsial menurut Kategori dalam Daftar Risiko

Hubungan yang lebih halus atau kompleks daripada yang dibahas di atas sering kali muncul. Misalnya, seseorang dapat membayangkan situasi di mana sebuah perusahaan telah mengidentifikasi beberapa inisiatif untuk meningkatkan efektivitas proses penjualannya, seperti:

- Peningkatan penyaringan pelanggan, sehingga prospek potensial yang rendah tidak diikuti.
- Penggunaan kembali dokumen penawaran, sehingga penawaran dapat diberikan dengan biaya yang lebih rendah.
- Peningkatan pelatihan perwakilan penjualan baru.
- Pengembangan produk baru.
- Proses yang lebih sistematis untuk melacak aktivitas pesaing.

Dari perspektif kualitatif, inisiatif ini tampaknya masuk akal dan mungkin dapat diotorisasi untuk diterapkan. Di sisi lain, wajar untuk bertanya apakah inisiatif ini akan cukup bagi perusahaan untuk mencapai target peningkatannya; dengan demikian, beberapa analisis kuantitatif akan diperlukan. Seseorang dapat mempertimbangkan berbagai pendekatan kuantitatif untuk hal ini:

- Dengan menggunakan pendekatan statis, nilai dampak setiap inisiatif secara kuantitatif (sebagai persentase peningkatan yang tetap) dan jumlahkan angka-angka statis ini.
- Dengan menggunakan pendekatan statis, cobalah untuk mencerminkan bahwa dampak inisiatif berikutnya berkurang (dibandingkan dengan nilai yang berdiri sendiri) saat inisiatif lain mulai berlaku. Seseorang dapat memikirkan sejumlah kemungkinan (dijelaskan secara lebih rinci dalam model contoh):
- Dampak yang semakin berkurang secara perkalian.
- Dampak pembobotan, di mana inisiatif terbesar sepenuhnya efektif, yang kedua kurang efektif, dan seterusnya.
- Pendekatan risiko, di mana keberhasilan setiap inisiatif (dan secara umum dampaknya) tidak pasti.

Setelah ini dilakukan, mekanisme yang digunakan untuk mengubah asumsi masukan (analisis sensitivitas atau pengambilan sampel acak) tidak lagi penting bagi rumus. Gambar 7.28 menunjukkan kasus statis, di mana dampak inisiatif dijumlahkan (ditunjukkan dalam lembar kerja Aditif).

Gambar 7.29 menunjukkan situasi di mana diyakini bahwa ada dampak perkalian kumulatif yang semakin berkurang (ditunjukkan dalam lembar kerja Perkalian). Gambar 7.30 menunjukkan kasus di mana inisiatif dengan dampak terbesar memiliki dampak yang disertakan dengan bobot 100%, yang kedua dengan bobot 50% (dari nilai dasar yang berdiri

sendiri), dan seterusnya; agar model menjadi dinamis saat nilai masukan untuk persentase perbaikan dasar diubah, fungsi LARGE digunakan untuk mengurutkan nilai dampak inisiatif (ditunjukkan dalam lembar kerja SortedWeighted).

A	B	C	D	E
1	Productivity Improvement			
2				
3	Initiative	% improvement	Calc	Formulae
4	Improved screening of customers so that low potential leads are not followed	5.0%	5.0%	=C4
5	Re-use bid documents so that quotes can be provided at lower cost	2.0%	2.0%	=C5
6	Enhance training of new sales representatives	3.0%	3.0%	=C6
7	The development of new products	4.0%	4.0%	=C7
8	A more systematic process to track competitor activities	1.0%	1.0%	=C8
9	Aggregate		15.0%	=SUM(D4:D8)

Gambar 7.28 Pendekatan Untuk Menggabungkan Efek Inisiatif Peningkatan: Penambahan Nilai Statis

A	B	C	D	E
1	Productivity Improvement			
2				
3	Initiative	% improvement	Calc	Formulae
4	Improved screening of customers so that low potential leads are not followed	5.0%	5.0%	=1-(1-C4)
5	Re-use bid documents so that quotes can be provided at lower cost	2.0%	6.9%	=1-(1-C5)*(1-D4)
6	Enhance training of new sales representatives	3.0%	9.7%	=1-(1-C6)*(1-D5)
7	The development of new products	4.0%	13.3%	=1-(1-C7)*(1-D6)
8	A more systematic process to track competitor activities	1.0%	14.2%	=1-(1-C8)*(1-D7)
9	Aggregate		14.2%	=D8

Gambar 7.29 Pendekatan Untuk Menggabungkan Efek Inisiatif Peningkatan: Perkalian Nilai Statis

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Productivity Improvement										
2											
3	Initiative	% improvement	Rank	Value	Weighting	Calc			Formulae		
4	Improved screening of customers so that low potential leads are not followed	5.0%	1	5.0%	1.000	5.0%			=LARGE(SC\$4:SC\$8,E4)	#N/A	=F4*G4
5	Re-use bid documents so that quotes can be provided at lower cost	2.0%	2	4.0%	0.500	2.0%			=LARGE(SC\$4:SC\$8,E5)	=G4/2	=F5*G5
6	Enhance training of new sales representatives	3.0%	3	3.0%	0.250	0.8%			=LARGE(SC\$4:SC\$8,E6)	=G5/2	=F6*G6
7	The development of new products	4.0%	4	2.0%	0.125	0.3%			=LARGE(SC\$4:SC\$8,E7)	=G6/2	=F7*G7
8	A more systematic process to track competitor activities	1.0%	5	1.0%	0.063	0.1%			=LARGE(SC\$4:SC\$8,E8)	=G7/2	=F8*G8
9	Aggregate					8.1%					=SUM(H4:H8)

Gambar 7.30 Pendekatan Untuk Menggabungkan Efek Inisiatif Peningkatan: Faktor Pembobotan Nilai Statis

Perhatikan bahwa pendekatan mana pun yang dianggap tepat (pembaca mungkin dapat memikirkan yang lain), langkah terakhir menambahkan risiko atau ketidakpastian untuk angka persentase peningkatan adalah mudah. Gambar 7.31 berisi kasus di mana setiap inisiatif memiliki probabilitas keberhasilan (menggunakan fungsi RAND() dalam pernyataan IF), dan Gambar 7.32 menunjukkan padanan menggunakan distribusi RiskBernoulli di @RISK, serta grafik (menggunakan @RISK) dari distribusi simulasi persentase peningkatan.

Contoh: Dampak yang Lebih Kompleks dalam Kategori

Saat bekerja dengan kategori, seseorang mungkin perlu menemukan nilai minimum atau maksimum dalam kategori. Sementara Excel berisi fungsi-fungsi seperti SUMIF, SUMIFS,

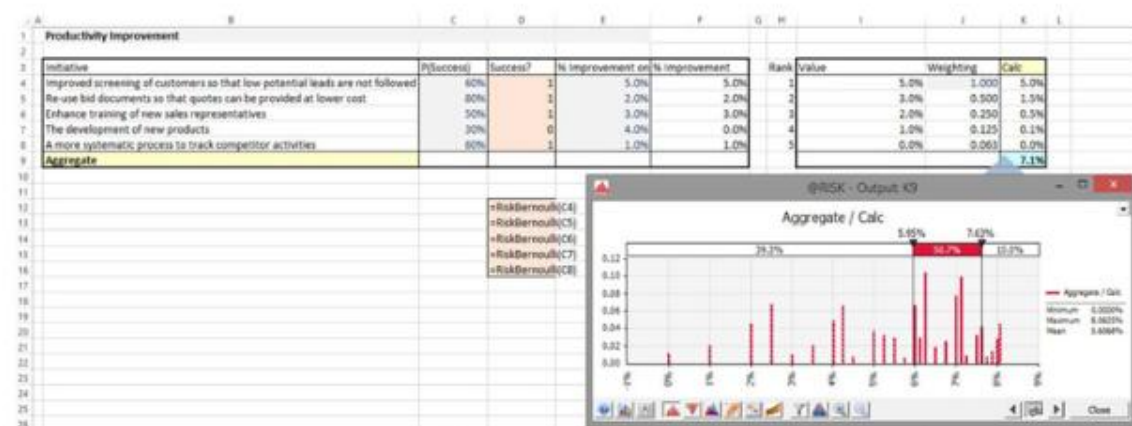
AVERAGEIF, AVERAGEIFS, dan seterusnya, (pada saat penulisan) Excel tidak memiliki fungsi MAXIFS atau MINIFS. Sementara SUMIF atau SUMIFS dapat direplikasi menggunakan fungsi array, rumus analog untuk nilai maksimum dan minimum tidak akan berfungsi secara umum.

Fungsi AGGREGATE dapat digunakan sebagai gantinya (meskipun hanya tersedia di versi Excel yang lebih baru). Kuncinya adalah menggunakan opsi fungsi, yang mengabaikan kesalahan (yaitu dengan parameter Opsi yang ditetapkan ke nilai 6), dan menghitungnya sebagai fungsi array dengan cara yang membuat elemen-elemennya menimbulkan kesalahan saat kriteria tidak terpenuhi, sehingga hanya item yang memenuhi kriteria yang disertakan dalam perhitungan. Sementara pendapatan (positif) maksimum dapat dihitung menggunakan bentuk array fungsi MAX (misalnya menggunakan rumus $\{=MAX((D\$3:D\$18)*(\$C\$3:\$C\$18=\$G4))\}$).

Rumus seperti itu tidak akan berfungsi untuk bidang biaya (negatif) (lihat kolom H dan I, masing-masing). Namun, dengan menggunakan fungsi AGGREGATE dengan cara yang analog (menggunakan pembagian untuk membuat kesalahan jika kriteria tidak terpenuhi, dan mengabaikan kesalahan ini melalui opsi fungsi 6), seseorang dapat membuat rumus yang dapat menemukan maksimum atau minimum dari setiap set angka, baik positif atau negatif, seperti yang ditunjukkan pada kolom J, K dan L.

Initiative	P(Success)	Success?	% Improvement on	% Improvement	Rank	Value	Weighting	Calc
Improved screening of customers so that low potential leads are not followed	60%	1	5.0%	5.0%	1	5.0%	1.000	5.0%
Re-use bid documents so that quotes can be provided at lower cost	80%	0	2.0%	0.0%	2	4.0%	0.500	2.0%
Enhance training of new sales representatives	50%	1	3.0%	3.0%	3	3.0%	0.250	0.8%
The development of new products	30%	1	4.0%	4.0%	4	0.0%	0.125	0.0%
A more systematic process to track competitor activities	60%	0	1.0%	0.0%	5	0.0%	0.063	0.0%
Aggregate								7.8%

Gambar 7.31 Pendekatan untuk Menggabungkan Dampak Inisiatif Peningkatan: Rentang Ketidakpastian di Sekitar Pendekatan Statis yang Dipilih (Excel)



Gambar 7.32 Pendekatan untuk Menggabungkan Dampak Inisiatif Peningkatan: Rentang Ketidakpastian di Sekitar Pendekatan Statis yang Dipilih

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2		Customerid	Country	Revenue	Cost													
3		2314	Germany	505	-423													
4		5635	France	405	-328													
5		9864	Italy	435	-364													
6		6338	Germany	890	-731													
7		6418	France	962	-655													
8		2985	Italy	727	-474													
9		2153	France	908	-738													
10		2423	Italy	634	-439													
11		1649	Germany	72	-48													
12		5007	Germany	61	-50													
13		567	France	567	-458													
14		5660	Italy	447	-346													
15		4536	France	303	-234													
16		1278	Germany	598	-503													
17		2903	France	299	-220													
18		934	Italy	722	-491													

Gambar 7.33 Bekerja dengan Dampak Maksimum dalam Kategori Saja

7.5 BEKERJA DENGAN MODEL YANG ADA

Saat membangun model risiko dalam praktik, sering kali seseorang memiliki model yang ada, yang diisi dengan angka kasus dasar, serta mungkin beberapa analisis sensitivitas atau skenario yang telah dilakukan. Oleh karena itu, masalah yang sering muncul adalah apakah, dan bagaimana, model tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk pembuatan model risiko. Memang, tim proyek terkadang dapat dibebani tugas untuk "menambahkan risiko" ke model yang ada.

Di bagian ini, kami membahas masalah desain simulasi berbasis risiko dalam keadaan seperti itu. Bagian ini tidak dimaksudkan untuk menjadi lengkap dengan sendirinya, karena pembangunan model memerlukan teknik dan proses yang sebagian besar telah dibahas sebelumnya. Pembahasan di sini hanya menyoroti beberapa poin utama yang dipilih. Memang, beberapa masalah tidak dibahas lagi sama sekali di bawah ini, seperti penggunaan peralihan model untuk dapat menangkap dampak keputusan proyek utama dan tindakan mitigasi.

Memastikan Identifikasi dan Pemetaan Risiko yang Tepat

Dari pembahasan sebelumnya, jelas bahwa pada prinsipnya, seseorang dapat mengambil (hampir) semua model statis yang dibangun dengan baik dan mengganti asumsi masukan tetap dengan distribusi, sehingga menciptakan model ketidakpastian yang dapat dihitung ulang berulang kali. Di sisi lain, pendekatan seperti itu tidak mungkin menghasilkan model risiko yang benar-benar tepat, karena masalah yang disebutkan sebelumnya:

- Item baris tidak mungkin sesuai dengan risiko; restrukturisasi model yang signifikan umumnya diperlukan, baik untuk memberikan perincian yang diperlukan maupun untuk memasukkan dampak risiko kejadian atau item lainnya.
- Rumusnya mungkin tidak cukup fleksibel, terutama yang berkaitan dengan risiko jenis penundaan, yang jarang dibangun ke dalam model statis (kecuali jika pemikiran terperinci diberikan pada persyaratan model di awal proses).
- Ketergantungan antara item mungkin telah diabaikan, terutama pendorong risiko umum, atau hubungan mungkin hanya berlaku dalam skenario yang lebih kompleks dengan variasi masukan ganda.

Tentu saja, dengan restrukturisasi yang memadai, model yang ada dapat diadaptasi (atau pada dasarnya dibangun kembali sepenuhnya) untuk mencakup risiko dan dampaknya. Namun,

sebagai aturan umum, upaya yang diperlukan untuk melakukannya (dengan benar) sering kali sangat besar. Memang, potensi kompleksitas dalam merestrukturisasi model yang ada adalah salah satu alasan mengapa model "overlay", seperti register risiko, sering digunakan. Tentu saja, aktivitas restrukturisasi tersebut akan diminimalkan jika seseorang dapat mempertimbangkan masalah risiko di awal proses desain model: dengan demikian, selain mempertimbangkan sensitivitas "Bagaimana jika?" pada tahap ini, seseorang idealnya juga mulai mempertimbangkan kemungkinan risiko utama dan dampaknya terhadap desain model. Kasus yang sering diamati pada dasarnya adalah kebalikannya yang ekstrem, di mana seorang analis menghabiskan mungkin beberapa minggu atau bulan untuk membangun model statis terperinci, tanpa mempertimbangkan risiko, dan kemudian menemukan bahwa upaya yang diperlukan untuk memodifikasi model untuk menggabungkan hasil penilaian risiko begitu besar sehingga tidak pernah dilakukan.

Model yang Ada menggunakan Proses Manual atau Prosedur Tertanam

Mungkin ada kasus di mana model statis yang ada diyakini terstruktur dengan tepat agar sesuai secara langsung untuk tujuan pemodelan risiko, dalam arti bahwa penggantian sederhana nilai inputnya dengan distribusi probabilitas yang tepat akan menghasilkan model dengan pemetaan risiko yang valid (dan bukan hanya model yang tidak menghasilkan kesalahan perhitungan, tetapi skenario yang ditampilkan bukanlah kasus yang realistis, dengan, misalnya, item baris yang tidak tepat, seperti yang dibahas sebelumnya). Dalam beberapa kasus, model memerlukan prosedur lain (non-simulasi) untuk dijalankan, beberapa di antaranya mungkin (untuk model statis) dijalankan secara manual, dan yang lainnya mungkin melibatkan prosedur otomatis (makro). Contohnya meliputi:

- Sebelum dan sesudah simulasi, untuk memastikan bahwa sakelar model secara otomatis disetel ke nilai yang sesuai; sehingga penyajian model (ketika simulasi tidak berjalan) selalu berupa kasus dasar, dengan "kasus risiko" digunakan secara otomatis setiap kali simulasi dijalankan.
- Sebelum simulasi, untuk memastikan bahwa Filter Data Excel dihapus pada basis data, sehingga integritas perhitungan (dan tampilan yang difilter) tetap terjaga.
- Sebelum simulasi, untuk menyegarkan data input dengan memperbarui beberapa nilai yang diambil dari sumber data eksternal lembar kerja (atau dengan cara yang sama untuk menulis hasil simulasi ke basis data eksternal di akhir simulasi).
- Sebelum atau setelah simulasi, prosedur GoalSeek atau Solver dapat digunakan untuk menemukan atau mengoptimalkan nilai input model lainnya.
- Selama simulasi, beberapa prosedur mungkin perlu dijalankan pada setiap iterasi (perhitungan ulang). Ini dapat mencakup:
 - GoalSeek atau Solver. Misalnya, untuk setiap sampel nilai tukar, seseorang mungkin ingin mengetahui berapa harga jual target yang seharusnya untuk mencapai titik impas, atau untuk menemukan harga jual yang optimal. Ini akan menjadi item yang akan ditentukan jika kasus spesifik tersebut muncul dalam situasi kehidupan nyata, dan karenanya perlu tercermin dalam simulasi.
- Referensi melingkar. Ini biasanya diselesaikan dengan cara iteratif (di mana mereka

tidak muncul karena kesalahan, atau dapat dihilangkan dengan manipulasi aljabar atau reformulasi model). Ada dua pendekatan iteratif utama yang digunakan: pertama, opsi iterasi Excel (menggunakan Aktifkan perhitungan iteratif dalam Opsi/Rumus Excel) dan kedua, pembuatan jalur perhitungan "rusak" dalam Excel, sehingga (untuk variabel tertentu pada jalur melingkar) nilai terhitung sebelumnya terkandung dalam satu set sel, dan nilai yang diperbarui terkandung dalam set lain yang berdekatan. Nilai yang diperbarui adalah nilai murni (bukan rumus), yang memberi makan semua perhitungan model (termasuk perhitungan nilai sebelumnya), tetapi tidak ada tautan rumus dari nilai sebelumnya ke yang diperbarui; sebaliknya makro digunakan untuk secara berulang menetapkan (menyalin) nilai dari bidang sebelumnya (yang dihitung) ke dalam nilai (murni) dari bidang yang diperbarui hingga perbedaan antara keduanya mendekati nol.

- Model dapat berisi DataTables yang, secara default, diperbarui secara otomatis pada setiap iterasi, tetapi nilainya hanya relevan dalam tampilan statis (dasar).
- Makro khusus atau prosedur lain mungkin diperlukan setiap kali input berubah. Misalnya, setelah area geografis yang akan difokuskan diputuskan, maka basis data (atau buku kerja lain) perlu dikonsultasikan untuk menemukan nilai model yang berlaku untuk geografi tersebut.

Prinsip-prinsip penanganan kasus tersebut adalah sebagai berikut. Pertama, untuk prosedur yang diperlukan hanya sebelum atau setelah simulasi, prosedur ini dapat berupa:

- Dijalankan secara manual pada waktu yang tepat, seperti yang akan terjadi jika bekerja dengan model tanpa menjalankan simulasi; atau
- Dikodekan dalam makro yang tertanam dalam keseluruhan simulasi (yaitu berjalan secara otomatis baik di awal maupun di akhir).

Kedua, prosedur yang perlu dijalankan setiap kali nilai input berubah (yaitu pada setiap iterasi atau perhitungan ulang simulasi) harus dikodekan dalam makro yang tertanam dalam simulasi.

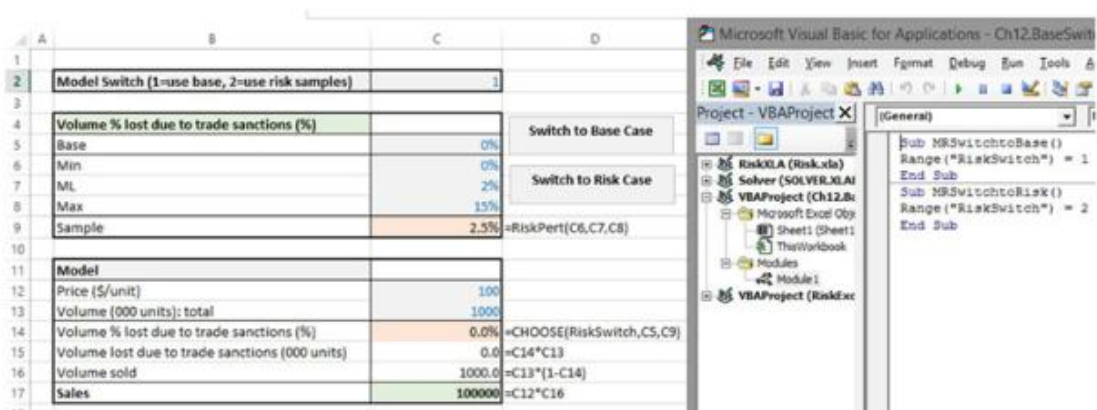
Poin-poin penting dalam hal ini adalah:

- Tantangan utamanya adalah memastikan integritas perhitungan; banyak prosedur (termasuk beberapa operasi pemformatan) akan menyebabkan Excel menghitung ulang saat prosedur berjalan, sehingga distribusi diambil sampelnya kembali. Ini tidak hanya akan membuat simulasi lebih lambat tetapi juga potensi kurangnya integritas perhitungan: nilai distribusi input yang direkam pada awalnya mungkin tidak sesuai dengan nilai aktual yang digunakan dalam perhitungan akhir, atau prosedur iteratif mungkin tidak pernah menemukan solusi, karena nilai targetnya berubah saat prosedur dijalankan.
- Solusinya adalah memastikan bahwa sampel distribusi "dibekukan" saat prosedur tersebut berjalan (pada setiap perhitungan ulang atau iterasi loop simulasi utama). Implementasi prosedur "pembekuan" tersebut berbeda di Excel/VBA dibandingkan di @RISK, dan juga bervariasi menurut versi @RISK yang digunakan. Oleh karena itu, rincian pembahasan dimuat dalam bab-bab individual yang dikhususkan untuk setiap topik (yaitu Bab 12 dan 13).

Sisa bab ini menyediakan sejumlah contoh makro pengkodean untuk mengubah prosedur manual menjadi prosedur otomatis; ini berlaku untuk prosedur yang perlu dijalankan sebelum dan/atau setelah simulasi, tetapi tidak selama simulasi. Tentu saja, semua contoh menggunakan makro; Bab 12 menyediakan pengantar makro bagi pembaca yang kurang berpengalaman dalam subjek tersebut.

Mengontrol Peralihan Model dengan Makro di Awal dan Akhir Simulasi

Ditunjukkan pada Gambar 7.34. Dalam praktiknya, makro dapat dijalankan secara otomatis (ketimbang secara manual menggunakan tombol) dengan memanggil makro MRSwitchtoRisk segera sebelum dimulainya simulasi, lalu memanggil MRSwitchtoBase di akhir.



Gambar 7.34 Mengendalikan Model Switch dengan Makro VBA

Makro tersebut terdapat dalam modul kode baru yang disisipkan di Jendela VBA, dan kode untuk masing-masingnya adalah:

```
Sub MRSwitchtoBase ()
Range ("RiskSwitch") = 1
End Sub
and
Sub MRSwitchtoRisk ()
Range ("RiskSwitch") = 2
End Sub
```

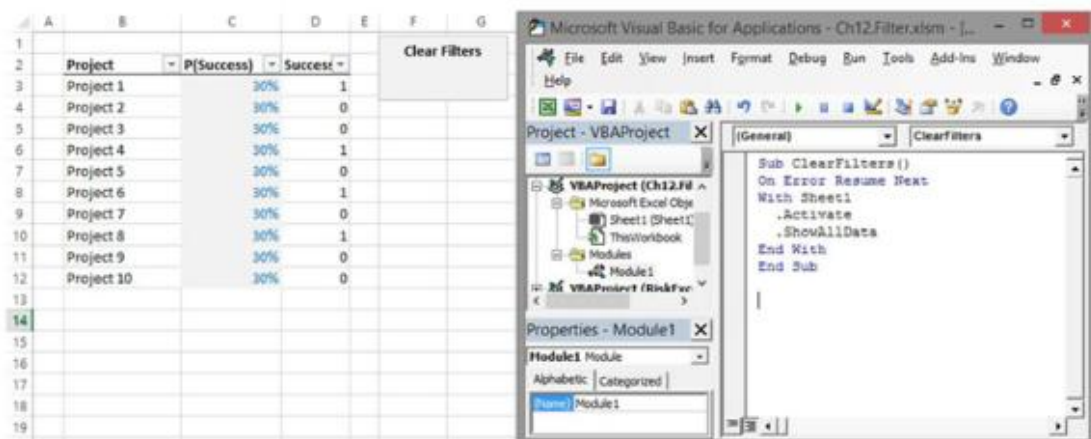
Perhatikan bahwa (seperti yang dibahas lebih rinci dalam Bab 12), lebih kuat untuk merujuk ke sel Excel dari VBA menggunakan rentang bernama daripada referensi sel, itulah sebabnya sel C2 diberi nama RiskSwitch dalam lembar kerja Excel.

Menghapus Filter Data Secara Otomatis di Awal Simulasi

Meskipun makro di atas sangat mudah ditulis secara langsung, dalam kasus lain seseorang mungkin perlu merekam langkah-langkah proses untuk membuat makro. Ini biasanya terjadi ketika prosedur yang lebih rumit daripada sekadar mengubah nilai dalam satu sel diperlukan. Kasus penting adalah memastikan bahwa Data/Filter apa pun di Excel tidak

beroperasi saat simulasi dijalankan. Beberapa model (terutama untuk anggaran biaya dan portofolio proyek) terstruktur sebagai set data, dan penggunaan filter sangat mudah untuk menampilkan subkategori item menggunakan menu tarik-turun.

Di sisi lain, nilai yang ditunjukkan oleh filter atau perhitungan dapat salah atau tidak terduga jika filter aktif saat nilai risiko diperbarui. Oleh karena itu, seseorang harus menghapus filter sebelum simulasi dijalankan. Untuk memastikan hal ini tidak terlewatkan, seseorang dapat mengodekan penghapusannya dalam makro yang tertanam dalam simulasi, sehingga dijalankan secara otomatis segera sebelum putaran perhitungan ulang utama dari simulasi apa pun.



Gambar 7.35 Menghapus Filter dengan Makro VBA

Seseorang dapat merekam makro langkah-langkah penghapusan filter (dengan menggunakan Pengembang/Rekam Makro, menghapus filter, lalu menggunakan Pengembang/Hentikan Perekaman). Saat menghapus filter, bilah alat Excel atau pintasan Alt+D+F+S dapat digunakan. Setelah melakukannya, kode tersebut akan disisipkan ke dalam modul baru dalam VBE:

```
Sub ClearAllFilters
ActiveSheet.ShowAllData
End Sub
```

Seseorang dapat menggeneralisasi kode dengan cara tertentu, seperti menggunakan On Error Resume Next sehingga kode berjalan tanpa henti jika tidak ada filter yang aktif. Misalnya, kode yang sedikit lebih umum adalah:

```
Sub ClearFilters ()
On Error Resume Next
With SheetContainingtheFilters
.Activate
.ShowAllData
End With
```

End Sub

Generalisasi lebih lanjut dapat mencakup kasus di mana terdapat filter pada beberapa lembar kerja buku kerja, dalam hal ini seseorang dapat menerapkan prosedur di atas pada setiap lembar kerja dengan mengerjakan semua lembar kerja dalam buku kerja menggunakan perulangan For Each In yang juga digunakan dalam Bab 12. Ditunjukkan pada Gambar 7.35.

Prinsip perekaman kode (sebelum mungkin mengadaptasinya) juga akan berlaku ketika sintaksis yang lebih kompleks diperlukan, seperti saat menggunakan GoalSeek atau Solver. Intinya, seseorang perlu merekam langkah menjalankan kode sekali lagi. Satu hal yang sulit adalah ketika menggunakan kode yang dihasilkan dari perekaman Solver, pernyataan True perlu ditambahkan agar makro dapat berjalan sepenuhnya hingga akhir. Dengan demikian, seseorang dapat merekam kode seperti:

```
SolverOk      SetCell:="$G$3",      MaxMinVal:=1,      ValueOf:="0",
ByChange:="$D$5:$F$5"
    SolverSolve
```

Sedangkan kode yang dibutuhkan harus diakhiri dengan:

```
SolverSolve True
```

Model dengan Tabel Data

Secara umum, Tabel Data hampir selalu hanya diperlukan saat model berada dalam tampilan kasus statis atau dasar. Di sisi lain, tabel tersebut akan dihitung ulang pada setiap iterasi (perhitungan ulang) simulasi, dan karenanya memperlambat simulasi (menonaktifkan perhitungan ulang otomatis Tabel Data menggunakan Excel/Opsi tidak akan mengubah ini, karena simulasi memaksa perhitungan ulang buku kerja). Ada sejumlah opsi yang tersedia untuk menangani hal ini:

- Penghapusan atau pembersihan. Dalam beberapa kasus, penggunaan Tabel Data merupakan langkah pertama dalam proses analisis sensitivitas, yang berakhir dengan keputusan untuk membangun model simulasi lengkap; dalam kasus seperti itu tabel mungkin tidak lagi relevan. Sebagai variasi, seseorang dapat menghapus hanya konten rentang yang berisi rumus array dalam Tabel Data, untuk mempertahankan struktur dan format dasarnya, yang memungkinkannya untuk diimplementasikan kembali dengan cepat jika diperlukan.
- Penempatan di lembar kerja lain yang perhitungan ulangnya dinonaktifkan selama simulasi berjalan, sehingga DataTable tidak akan dihitung ulang secara tidak perlu. Prosedur untuk menonaktifkan perhitungan ulang lembar kerja memerlukan kode VBA yang dijelaskan di Bab 12. Dalam arti tertentu, pendekatan ini adalah yang paling kuat dan transparan, karena memastikan kontrol pengguna atas proses perhitungan. Kompleksitas utamanya adalah bahwa DataTable hanya dapat memvariasikan nilai input yang ada di lembar kerja yang sama, sehingga nilai dasar harus ada di lembar

kerja tersebut.

- Menggunakan makro untuk membuat pengganti DataTable. Dalam pendekatan ini, makro digunakan untuk secara berurutan menetapkan (dari daftar yang telah ditentukan sebelumnya) nilai yang akan digunakan untuk input model dan setiap kali nilai baru ditetapkan, model dihitung ulang dan hasilnya dicatat. Oleh karena itu, makro "sensitivitas" ini dapat dijalankan secara terpisah dari simulasi, dan ditunjukkan dalam contoh berikut.

Contoh penggunaan makro untuk mengganti DataTable, dan ditunjukkan pada Gambar 7.36. Makro tersebut secara berurutan menempatkan nilai untuk pertumbuhan pendapatan (dari sel di bawah tajuk I12) ke dalam sel yang sesuai dengan masukan model yang relevan (sel E4) dan menghitung ulang model tersebut sebelum mencatat hasilnya (yang terdapat dalam sel J9) di sel yang sesuai (di bawah tajuk J12). Sel yang sesuai yang terlibat dalam operasi (atau berfungsi sebagai titik referensi untuk menemukan nilai masukan yang akan digunakan dan untuk menyimpan hasil) telah diberi rentang bernama di Excel. Kodenya adalah:

```
Sub MRRunSens ()
N = Range ("RevGrowthTrial") .CurrentRegion.Rows.Count
For i = 1 To N - 1
    Range ("RevGrowth") = Range ("RevGrowthTrial") .Offset (i, 0)
    Application.Calculate
    Range ("OutputHeader") .Offset (i, 0) = Range ("vOutput")
Next i
End Sub
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												

Income Statement	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Revenues	537	577	612	649	688	729	773
% growth	7.5%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
Variable Costs	193	202	208	221	234	248	263
% revenues	35.0%	34.0%	34.0%	34.0%	34.0%	34.0%	34.0%
Fixed Costs (incl. depreciation)	79	81	83	86	89	91	94
% Growth	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
EBIT	265	294	320	342	365	390	416

Named Range	Cell Reference
OutputHeader	=Model!\$J\$12
RevGrowth	=Model!\$E\$4
RevGrowthTrial	=Model!\$I\$12
vOutput	=Model!\$J\$9

RevGrowth	5 Year EBIT
-2.0%	1,351
-1.0%	1,405
0.0%	1,462
1.0%	1,520
2.0%	1,579
3.0%	1,640
4.0%	1,703
5.0%	1,767
6.0%	1,833

Gambar 7.36 Menjalankan Sensitivitas dengan Makro VBA

Perhatikan bahwa dalam konteks model simulasi, di mana sel input aktual ke model adalah fungsi CHOOSE yang memilih nilai dasar atau nilai risiko, kode di atas akan digunakan untuk menempatkan nilai input yang diinginkan ke dalam sel yang awalnya berisi nilai dasar (yang kemudian dimasukkan ke dalam model melalui fungsi CHOOSE jika sakelar model diatur untuk menampilkan kasus dasar). Dalam kasus yang lebih umum, makro akan bekerja melalui serangkaian bilangan bulat, yang menggerakkan fungsi pencarian untuk mengganti beberapa input model pada saat yang sama, seperti yang dibahas dalam pendekatan skenario di Bab 6.

BAB 8

MENGUKUR RISIKO MENGGUNAKAN STATISTIK DISTRIBUSI

Bab ini memperkenalkan beberapa istilah kunci dan aspek inti pengukuran risiko, dengan fokus pada prinsip dan konsep yang berlaku untuk pengukuran risiko umum dan properti input dan output simulasi. Kami bertujuan untuk menggunakan pendekatan yang intuitif dan praktis; sebagian besar bab akan didukung oleh tampilan visual, sebagian besar menggunakan fitur grafis @RISK.

8.1 MENDEFINISIKAN RISIKO SECARA LEBIH TEPAT

Pengukuran risiko yang tepat diperlukan karena berbagai alasan, salah satunya karena pernyataan seperti "satu situasi lebih berisiko daripada yang lain" mungkin benar atau salah menurut kriteria yang digunakan. Misalnya, penerapan tindakan mitigasi risiko yang memerlukan investasi tambahan dapat meningkatkan biaya rata-rata, sekaligus mengurangi variabilitas dalam hasil proyek.

Definisi Umum

Risiko dapat dijelaskan secara cukup sederhana sebagai kemungkinan penyimpangan dari hasil yang diinginkan, diharapkan, atau direncanakan. Perhatikan bahwa hal ini memungkinkan penyimpangan didorong baik oleh risiko jenis kejadian maupun risiko diskret, maupun oleh fluktuasi akibat ketidakpastian atau variabilitas umum.

Pengukuran Risiko Spesifik Konteks

Risiko sering kali perlu dijelaskan pada berbagai tahap proses, seperti pra- dan pasca-mitigasi. Secara lebih umum, seperti yang disebutkan sebelumnya dalam teks ini, seseorang biasanya memiliki pilihan konteks untuk beroperasi, dan peran mendasar dari penilaian risiko adalah untuk mendukung pilihan ini. Dengan demikian, risiko mewakili gagasan tentang tidak dapat dikendalikan dalam konteks tertentu, sehingga definisi yang lebih tepat mungkin adalah "kemungkinan, dalam konteks tertentu, penyimpangan dari hasil tertentu yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan dalam konteks tersebut".

Ketika membuat pernyataan kuantitatif tentang risiko, sering kali diabaikan untuk menyatakan atau menentukan secara eksplisit konteks mana yang diasumsikan. Namun, informasi tersebut, tentu saja, sangat penting agar setiap pengukuran kuantitatif menjadi bermakna. Misalnya, risiko yang terlibat dalam menyeberang jalan, jika diukur secara kuantitatif (seperti kemungkinan mengalami kecelakaan), akan berbeda tergantung pada apakah, dan seberapa cermat, seseorang melihat sebelum menyeberang, atau apakah seseorang mengenakan sepatu lari atau jaket berwarna.

Secara default (jika tidak ada informasi lain), tampaknya setiap pengukuran risiko untuk suatu situasi haruslah yang berlaku dalam konteks yang optimal. Misalnya, tidak masuk akal untuk mengukur risiko dalam menyeberang jalan seperti yang terkait dengan tidak melihat sebelum menyeberang (kecuali jika ini dinyatakan secara eksplisit dan dilakukan untuk alasan tertentu). Dalam konteks yang optimal, risiko adalah sisa setelah semua tindakan mitigasi dan

respons yang efisien secara ekonomi telah diterapkan, dan pada dasarnya tidak dapat dikendalikan, karena tidak masuk akal lagi untuk mengubah konteks (yaitu ke konteks selain yang optimal). Jadi, ketika mengukur risiko, seseorang perlu menyatakan konteksnya, atau seseorang harus menyadari bahwa ukuran risiko yang benar dalam suatu situasi adalah yang terkait dengan elemen yang tidak dapat dikendalikan (sisa) dalam konteks yang optimal.

Membedakan Risiko, Variabilitas, dan Ketidakpastian

Dalam teks sejauh ini, kami belum membuat perbedaan khusus antara istilah "risiko", "ketidakpastian", dan "variabilitas", dan secara umum hanya menggunakan istilah "risiko". Dalam beberapa kasus, perbedaan yang lebih tepat dan formal dapat dibuat:

- Dalam bahasa alami, "risiko" sering digunakan untuk menunjukkan potensi terjadinya suatu peristiwa, yang dampaknya biasanya merugikan. Orang sering menggunakan kata "peluang" sebagai ganti "risiko", terutama jika dampaknya mungkin bermanfaat: dengan demikian, "ada risiko bahwa kita mungkin ketinggalan kereta", tetapi "ada kemungkinan kita mungkin menyusulnya".
- Ketidakpastian digunakan untuk merujuk pada kurangnya pengetahuan (misalnya harga secangkir kopi saat ini di kedai kopi lokal, atau apakah suatu wilayah geologi mengandung minyak, atau pada jam berapa kereta akan berangkat). Ketidakpastian sering kali dapat diatasi (dikurangi) dengan memperoleh informasi tambahan, tetapi sering kali informasi tersebut tidak sempurna atau terlalu mahal untuk diperoleh, sehingga keputusan perlu diambil tanpa informasi yang sempurna. Misalnya:
- Untuk mengetahui (dengan pasti) apakah minyak ada atau tidak dalam prospek geologis, seseorang dapat dengan mudah mengebor sumur. Namun, jika dalam konteks tertentu peluang menemukan minyak rendah, maka mungkin lebih baik terlebih dahulu melakukan pengujian lebih lanjut (misalnya penilaian seismik) dan menghentikan proyek jika peluang minyak benar-benar ada ditunjukkan rendah. Sebaliknya, seseorang akan mengebor minyak jika pengujian menunjukkan kemungkinan adanya minyak. Secara agregat, biaya yang dikeluarkan dalam melakukan prosedur pengujian yang berharga harus lebih dari sekadar diimbangi oleh penghematan yang dilakukan dengan tidak mengebor ketika minyak tidak mungkin ada, sehingga kegiatan pengeboran (atau kegiatan mahal lainnya) difokuskan hanya pada prospek yang paling menjanjikan.
- Seseorang dapat terlebih dahulu melakukan riset pasar tambahan tentang kemungkinan keberhasilan produk baru yang potensial, daripada meluncurkan produk secara langsung; peluncuran langsung akan memberikan informasi yang sempurna, tetapi biaya untuk melakukannya akan sia-sia jika produk tersebut tidak menarik bagi pelanggan.
- Secara umum, dalam menghadapi ketidakpastian, seseorang sering kali secara alami melanjutkan aktivitas dan keputusan secara bertahap, sehingga informasi lebih lanjut diperoleh sebelum keputusan akhir dibuat pada titik mana pun dalam urutan tersebut.
- Variabilitas digunakan untuk merujuk pada sifat acak (atau stokastik) suatu proses (misalnya pelemparan koin yang menghasilkan satu dari dua hasil, atau apakah pemain

sepak bola mencetak gol selama adu penalti). Secara filosofis, dapat dikatakan tidak ada perbedaan antara ketidakpastian dan variabilitas: misalnya, setelah koin dilempar, apakah koin itu mendarat dengan sisi kepala atau ekor bukanlah hal yang acak, tetapi sepenuhnya ditentukan oleh hukum fisika, dengan hasilnya tidak diketahui oleh pengamat, dan karenanya tidak pasti dari sudut pandangnya.

Dalam banyak kasus praktis, terminologi khusus yang digunakan untuk menggambarkan penyebab penyimpangan dalam suatu proses (misalnya apakah itu risiko atau ketidakpastian) tidak terlalu membantu atau diperlukan. Namun, ada beberapa kasus di mana pembedaan tersebut dapat berguna, seperti yang dibahas berikut ini. Penggunaan istilah "ketidakpastian" atau "variabilitas" daripada "risiko" dapat membantu memastikan bahwa kerangka yang dipertimbangkan tidak terlalu sempit.

Secara khusus, hal ini dapat membantu menghindari asumsi yang tidak disengaja (implisit) bahwa setiap item risiko bersifat seperti peristiwa atau operasional "ya/tidak" kerangka seperti itu tidak sesuai untuk banyak bentuk variasi umum, seperti yang dibahas sebelumnya dalam teks. Terutama jika serangkaian risiko yang awalnya dijelaskan secara kualitatif digunakan sebagai titik awal untuk pemodelan risiko, penggunaan istilah-istilah ini dapat memastikan fokus yang lebih luas pada sifat sebenarnya dari item tersebut. Demikian pula, istilah "risiko" sering kali menimbulkan konotasi negatif dalam bahasa alami, sedangkan analisis risiko tidak membuat asumsi tentang apakah berbagai hasil dalam suatu situasi baik atau buruk sesungguhnya, variabilitas yang dipertimbangkan dapat menjadi sumber penciptaan nilai potensial, seperti ketika mempertimbangkan manfaat yang dapat dicapai dengan memanfaatkan fleksibilitas operasional.

Jadi, sekali lagi, penggunaan istilah seperti ketidakpastian atau variabilitas dapat lebih disukai dalam banyak kasus. Dalam analisis Bayesian dan pengaturan statistik formal lainnya, perbedaan antara ketidakpastian dan variabilitas dapat membantu dalam pemilihan distribusi dan parameternya. Pada prinsipnya, dalam teks ini, kami akan terus tidak membuat perbedaan formal antara istilah-istilah ini, kecuali jika kami merasa perlu dalam area tertentu: kami sebagian besar akan menggunakan istilah risiko sebagai istilah umum untuk mencakup semua kasus. Namun, terkadang kami akan menggunakan risiko atau ketidakpastian atau kombinasi istilah serupa untuk menegaskan bahwa dalam konteks khusus tersebut kami mengacu pada kasus yang lebih umum, dan tidak hanya pada risiko jenis kejadian atau operasional.

Penggunaan Ukuran Statistik

Pembahasan dalam Bab 6 menunjukkan bahwa distribusi hasil muncul secara alami karena efek dari berbagai masukan yang bervariasi secara bersamaan. Kami juga mencatat bahwa, secara umum, hasil individual dalam serangkaian keluaran hanyalah salah satu dari banyak kemungkinan, yang dalam kebanyakan kasus tidak memerlukan fokus khusus untuk diberikan padanya. Sebaliknya, pertanyaan-pertanyaan utama tentang situasi tersebut ditangani dengan mengacu pada ukuran statistik spesifik dari distribusi hasil yang tepat, seperti:

- Posisi titik-titik "pusat" dari berbagai kemungkinan hasil (misalnya rata-rata, titik tengah, kemungkinan besar).

- Penyebaran berbagai kemungkinan hasil (misalnya 10% kasus terbaik dan terburuk).
- Kemungkinan kasus tertentu tercapai (misalnya kasus dasar atau kasus yang direncanakan).
- Sumber risiko utama, dan efek serta manfaat mitigasi risiko.

8.2 PROSES ACAK DAN REPRESENTASI VISUALNYA

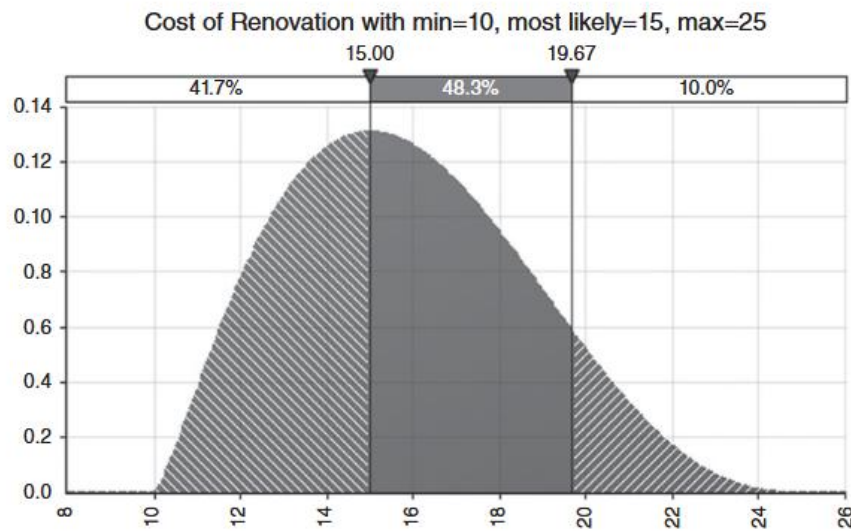
Penggunaan distribusi frekuensi (probabilitas) pada dasarnya merupakan cara untuk meringkas seluruh rangkaian nilai yang mungkin dengan menunjukkan kemungkinan relatif (atau pembobotan) masing-masing. Berikut ini, kami merujuk pada contoh ilustrasi sederhana. Kami berasumsi bahwa biaya proyek untuk merenovasi apartemen dapat digambarkan sebagai distribusi nilai yang mungkin, dengan nilai minimum Rp. 10.000.000, nilai yang paling mungkin Rp. 15.000.000, dan nilai maksimum Rp. 25.000.000 (meskipun tidak terlalu relevan saat ini, kami menggunakan distribusi PERT [lihat Bab 9] untuk mencerminkan pembobotan setiap hasil dalam rentang tersebut).

Kepadatan dan Bentuk Kumulatif

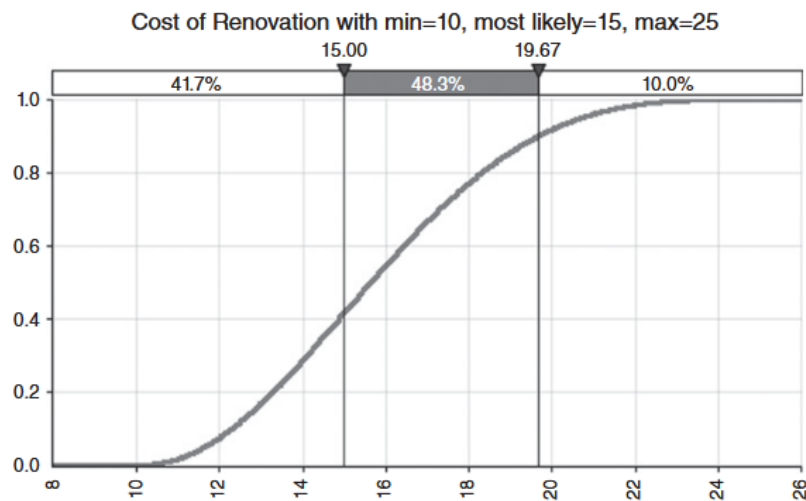
Distribusi biaya dapat dinyatakan dengan cara yang ringkas menggunakan salah satu dari dua tampilan visual inti:

- Sebagai kurva kepadatan, di mana nilai y mewakili kemungkinan relatif dari setiap nilai x tertentu (lihat Gambar 8.1). Keuntungan dari tampilan ini adalah bahwa properti utama dari distribusi (misalnya rata-rata, deviasi standar, dan kemiringan) dapat lebih atau kurang terlihat secara visual. Kerugiannya adalah bahwa estimasi visual, untuk nilai x apa pun, dari probabilitas berada di bawah atau di atas nilai tersebut lebih sulit.
- Sebagai kurva kumulatif, di mana nilai y mewakili probabilitas menjadi kurang dari atau sama dengan nilai x yang sesuai (lihat Gambar 8.2). Keuntungan dari tampilan ini adalah bahwa probabilitas menjadi kurang (atau lebih) dari nilai x tertentu dapat dibaca dari sumbu y (seperti halnya probabilitas berada di antara dua nilai, atau dalam suatu rentang). Kerugiannya adalah bahwa beberapa properti yang berpotensi penting lebih sulit untuk diperhatikan tanpa pemeriksaan yang cermat; misalnya, apakah rentangnya simetris, atau terdiri dari skenario-skenario yang terpisah.

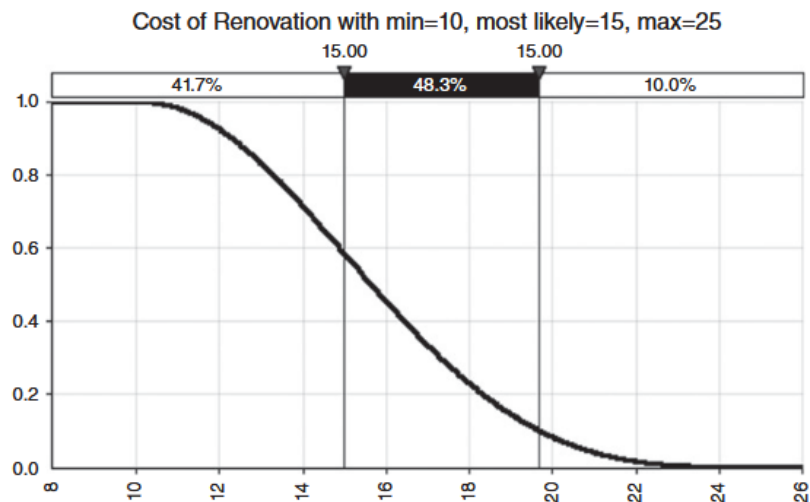
Kurva kumulatif itu sendiri juga dapat dinyatakan dalam bentuk menurun daripada bentuk menaik (tradisional), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.3.



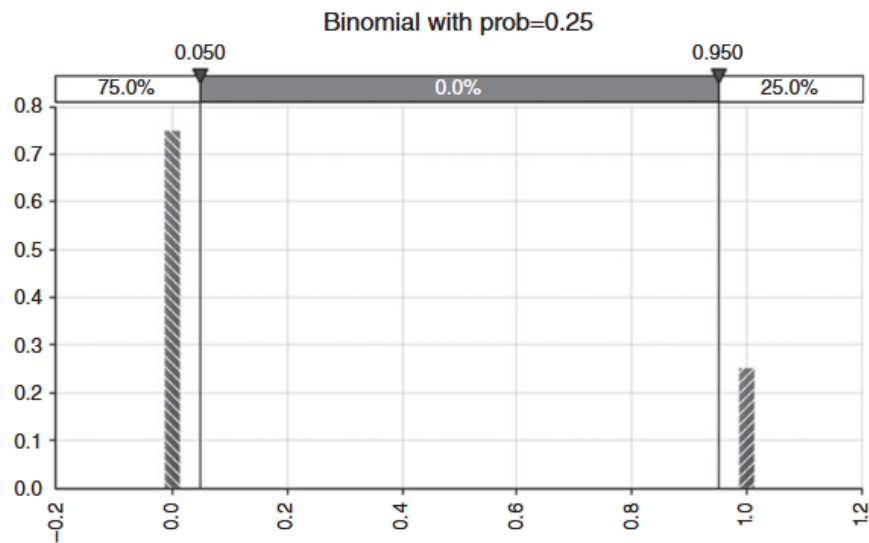
Gambar 8.1 Contoh Kurva Kepadatan Probabilitas Untuk Proses Kontinu



Gambar 8.2 Contoh Kurva Kumulatif Untuk Proses Kontinu



Gambar 8.3 Contoh Kurva Kumulatif Menurun Untuk Proses Kontinu

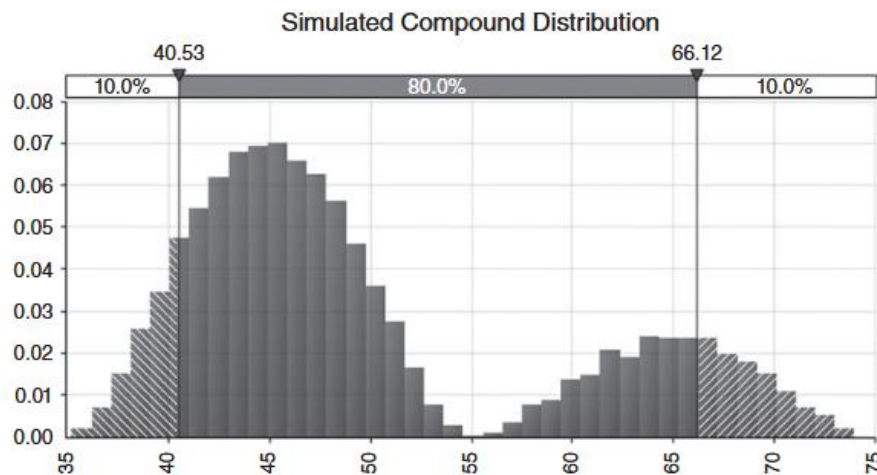


Gambar 8.4 Contoh Distribusi Risiko Peristiwa (Bernoulli Atau Binomial)

Proses Diskrit, Kontinu, dan Senyawa

Distribusi, baik yang digunakan untuk masukan model maupun sebagai hasil keluaran model, secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori. Diskrit. Ini menggambarkan kuantitas yang terjadi sebagai hasil yang terpisah (tidak kontinyu). Misalnya:

- Terjadinya atau tidaknya suatu peristiwa (lihat Gambar 8.4 untuk contoh).
- Jumlah gol dalam pertandingan sepak bola.
- Hasil dari melempar koin atau melempar dadu.
- Di mana terdapat skenario berbeda yang mungkin muncul.
- Kontinu. Ini menggambarkan proses yang dapat mengambil nilai apa pun dalam satu rentang. Ada jumlah hasil yang mungkin tak terbatas, meskipun distribusinya mungkin masih dibatasi atau tidak dibatasi pada satu atau kedua sisi. Misalnya:
 - Banyak proses yang melibatkan uang, waktu, atau ruang biasanya dianggap sebagai proses yang berkelanjutan. Bahkan ketika suatu kuantitas tidak benar-benar dapat dibagi tanpa batas (seperti uang, yang memiliki satuan minimum satu sen, misalnya), untuk tujuan praktis sering kali cukup memadai untuk mengasumsikan bahwa kuantitas tersebut dapat dibagi (misalnya, seseorang mungkin masih dapat memiliki setengah dari proyek tersebut). Oleh karena itu, pos-pos keuangan seperti pendapatan, biaya, arus kas, dan nilai proyek bisnis biasanya dianggap berkelanjutan.
 - Durasi suatu proyek (atau perjalanan) akan memiliki batas minimum, tetapi nilai durasi yang lebih lama berpotensi tidak terbatas. Misalnya, meskipun dalam praktiknya seseorang dapat kembali ke rumah jika menghadapi badai salju besar tak lama setelah berangkat, proses mendasar yang terkait dengan penyelesaian perjalanan terlepas dari kondisinya dapat memiliki durasi yang sangat lama dalam beberapa kasus ekstrem.



Gambar 8.5 Contoh Distribusi Gabungan: Kurva Kepadatan

Gabungan. Ini biasanya muncul ketika ada beberapa skenario diskret yang memungkinkan, dan di mana dalam satu (atau lebih) skenario ini proses lain dapat mengambil rentang kontinu (lihat Gambar 8.5 dan 8.6 untuk contoh kepadatan dan kurva kumulatif menaik). Ini akan menghasilkan distribusi gabungan diskret-kontinu (proses kedua juga bisa diskret, menghasilkan situasi diskret-diskrit). Misalnya:

- Mungkin ada tiga skenario diskret untuk cuaca, dan dalam setiap skenario mungkin ada rentang kontinu kemungkinan waktu tempuh untuk perjalanan yang dilakukan dalam setiap skenario cuaca.
- Mungkin ada beberapa kemungkinan konteks ekonomi makro (atau geopolitik); dalam setiap konteks harga komoditas tertentu (seperti minyak) dapat mengambil rentang nilai.
- Sangat sering realitas suatu situasi (serta ekspresi dan proses berpikir manajemen) adalah bahwa ada proses gabungan yang sedang berlangsung; ketika membahas nilai minimum, paling mungkin, dan maksimum secara informal, seseorang mungkin merujuk pada kasus atau skenario yang berbeda. Mungkin saja setiap titik ini (misalnya) merupakan titik pusat atau paling mungkin dari tiga skenario terpisah yang terpisah.

Perhatikan bahwa penafsiran sumbu-y sebagai kemungkinan relatif dari setiap hasil selalu valid. Namun, untuk distribusi diskrit, kemungkinan relatif ini juga menunjukkan kemungkinan kejadian yang sebenarnya, sedangkan untuk distribusi kontinu, kemungkinan hanya dapat dikaitkan dengan rentang hasil.

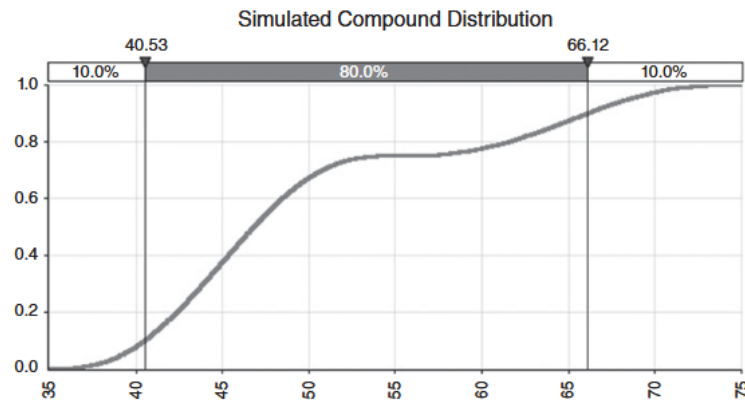
8.3 PERSENTIL

Persentil (kadang-kadang disebut persentil) menunjukkan – untuk setiap persentase yang diasumsikan nilai- x di bawah persentase hasil tersebut. Misalnya, persentil ke-10 (atau P_{10}) adalah nilai di bawah 10% hasil, dan P_{90} adalah nilai di bawah 90% kejadian. Pertanyaan umum yang dijawab dengan persentil distribusi meliputi:

- Berapa probabilitas kasus tertentu akan tercapai (seperti kasus dasar)? Jawabannya ditemukan dengan mencari persentil yang sama dengan nilai kasus tertentu, dan

membaca probabilitas terkaitnya.

- Berapa anggaran yang diperlukan agar proyek memiliki peluang keberhasilan 90% untuk diselesaikan dalam anggaran ini?

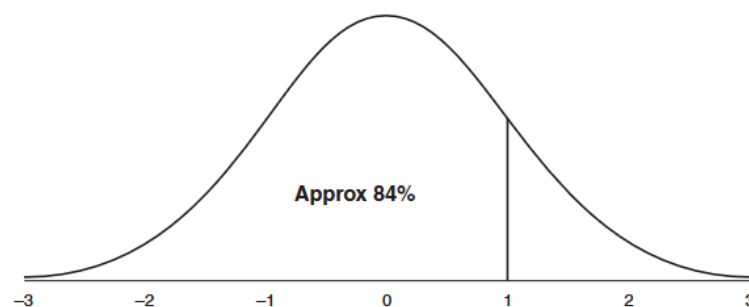


Gambar 8.6 Contoh Distribusi Senyawa: Kurva Kumulatif

Kita dapat melihat bahwa dalam contoh ilustrasi (dengan mengacu pada Gambar 8.1 atau Gambar 8.2), nilai Rp. 15.000.000 sesuai dengan (kurang lebih) P42, sehingga anggaran akan lebih kecil dari itu dalam sekitar 42% kasus. P90 proyek (sekitar Rp. 19.670.000) akan memberikan angka yang sesuai dengan yang akan diselesaikan proyek dalam 90% kasus. Selisih antara keduanya (£4670) adalah kontingensi yang diperlukan untuk peluang keberhasilan 90%. Di Excel, fungsi seperti PERCENTILE, PERCENTILE.INC, dan PERCENTILE. EXC dapat digunakan untuk menghitung persentil kumpulan data, tergantung pada versi Excel yang digunakan.

Persentil Naik dan Turun

Definisi di atas lebih tepat disebut persentil naik, karena nilai variabel meningkat seiring dengan peningkatan persentase terkait (misalnya, dalam contoh sederhana, P90 lebih besar daripada P42). Terkadang lebih mudah untuk bekerja dengan persentil turun, yang menunjukkan untuk persentase yang diasumsikan tertentu nilai variabel yang persentase hasil di atasnya berada. Artinya, P90 naik akan menjadi angka yang sama dengan P10 (atau P10D) turun. Persentil turun sering digunakan saat merujuk pada kuantitas yang "diinginkan". Misalnya, P10D laba akan menjadi angka yang akan dilampaui dalam 10% kasus.

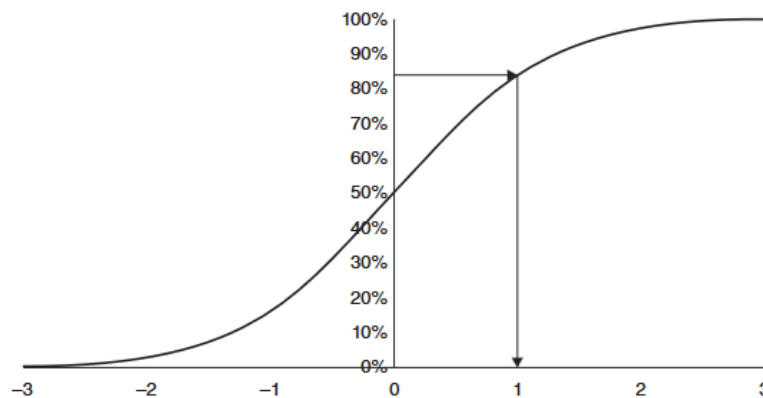


Gambar 8.7 Distribusi Normal Standar, Berisi Sekitar 84% Kejadian Dalam Rentang Dari Tak Terhingga Hingga Satu Deviasi Standar Di Atas Rata-Rata

Inversi dan Pengambilan Sampel Acak

Secara visual, pemetaan angka persentase ke dalam nilai persentil (seperti 10% yang mengarah ke P10) setara dengan memilih titik pada sumbu y dari distribusi kumulatif (10%), dan membaca hingga bertemu kurva lalu ke bawah untuk menemukan nilai x yang sesuai. Secara matematis, ini setara dengan inversi dari fungsi distribusi kumulatif. Dengan kata lain, fungsi reguler (non-invers) memberikan probabilitas kumulatif untuk nilai x apa pun, sedangkan fungsi invers memberikan nilai x untuk probabilitas kumulatif apa pun.

Sebagai contoh, Gambar 8.7 menunjukkan kurva kerapatan untuk distribusi normal standar (yaitu dengan rata-rata nol dan deviasi standar satu), yang sekitar 84% hasilnya kurang dari nilai satu. Gambar 8.8 menunjukkan distribusi normal kumulatif, yang menunjukkan proses inversi, yaitu ketika dimulai dengan sekitar 84%, nilai terbaliknya adalah satu. Proses inversi ini sangat penting untuk penerapan metode simulasi karena:



Gambar 8.8 Pembalikan Distribusi Normal Standar: Menemukan Titik Di Bawah Yang Kira-Kira 84% Hasil Muncul

Jika probabilitas tertentu yang mendorong pembalikan dipilih secara acak, persentil yang dihitung adalah sampel acak dari distribusi. Jika probabilitas dibuat secara berulang sebagai sampel acak dari distribusi kontinu seragam (UC) (antara 0 dan 1, atau 0% dan 100%), maka persentil yang dihitung membentuk sekumpulan sampel acak dari distribusi. Misalnya, sampel (dari UC) untuk probabilitas antara 0% dan 10% akan membuat sampel antara P0 dan P10 dari distribusi terbalik.

Demikian pula, 10% dari nilai sampel (UC) akan berada di antara 30% dan 40%, dan karenanya 10% dari nilai (persentil) terbalik akan berada di antara P30 dan P40 dari distribusi. Bila distribusi yang akan diambil sampelnya (dan bentuk kumulatifnya) adalah fungsi matematika yang dijelaskan oleh parameter (seperti minimum, paling mungkin, atau maksimum), yang untuk setiap nilai x tertentu mengembalikan probabilitas (P), fungsi inversnya akan menjadi fungsi matematika dengan parameter yang sama. Dengan kata lain, fungsi ini untuk setiap probabilitas tertentu (P) akan mengembalikan nilai x (persentil) yang sesuai dengan probabilitas ini, dengan mempertimbangkan bentuk fungsional dari kalkulasi inversi, yang akan bergantung pada parameter distribusi.

Jadi, jika rumus eksplisit dapat ditemukan untuk proses inversi (yaitu rumus yang

mengambil nilai parameter dan nilai probabilitas tertentu sebagai input dan mengembalikan nilai x yang sesuai sebagai output), maka seseorang dapat dengan mudah membuat sampel dari distribusi tersebut. Proses ini diperlukan saat membuat model simulasi menggunakan Excel/VBA, dan dibahas secara rinci dalam Bab 10. Di sisi lain, saat menggunakan @RISK, prosedur pengambilan sampel ditangani secara otomatis sebagai fitur bawaan, seperti yang juga dibahas nanti.

Kualitas proses pengambilan sampel UC akan menentukan kualitas sampel untuk distribusi terbalik (dengan asumsi bahwa inversi adalah proses yang tepat). Hubungan apa pun antara proses yang digunakan untuk mengambil sampel dua distribusi UC akan tercermin dalam sampel distribusi terbalik yang sesuai. Misalnya, jika proses yang mengambil sampel dua distribusi UC "ditautkan", sehingga nilai tinggi untuk satu terjadi saat yang lain juga memiliki nilai tinggi, maka persentil dari distribusi sampel juga akan sedemikian rupa sehingga nilai yang lebih tinggi cenderung terjadi bersamaan. Secara khusus, untuk metode simulasi, jika proses pengambilan sampel UC berkorelasi, maka korelasi akan muncul dalam distribusi sampel. (Seperti yang dibahas kemudian, dalam kasus khusus bahwa proses seragam berkorelasi menurut korelasi peringkat, maka nilai korelasi peringkat yang sama ini akan dihasilkan antara sampel distribusi.)

8.4 UKURAN TITIK PUSAT

Bagian ini membahas berbagai cara untuk mengukur hasil sentral dalam rentang yang memungkinkan.

Modus

Modus adalah nilai yang muncul dengan frekuensi tertinggi, yaitu nilai yang paling mungkin:

- Modus dapat dianggap sebagai "estimasi terbaik", atau bahkan sebagai nilai yang mungkin "diharapkan" terjadi: mengharapkan hal lain berarti mengharapkan sesuatu yang kurang mungkin terjadi.
- Modus tidak sama dengan definisi matematis atau statistik dari "nilai yang diharapkan", yaitu nilai rata-rata.

Modus sering kali merupakan nilai yang akan dipilih untuk digunakan sebagai nilai kasus dasar untuk input model, terutama jika nilai tersebut ditetapkan menggunakan penilaian atau estimasi ahli. Pilihan seperti itu sering kali tersirat, dan dapat dibuat bahkan jika tidak ada pertimbangan eksplisit yang diberikan pada subjek distribusi probabilitas. Tentu saja, pilihan lain dari nilai input model dapat digunakan, tetapi nilai modal sampai batas tertentu mewakili pilihan yang "tidak bias".

Meskipun demikian, perhitungan modus dapat menimbulkan tantangan: untuk beberapa proses, modus tunggal mungkin tidak ada; ini termasuk lemparan koin, atau lemparan dadu. Secara lebih umum, dalam serangkaian pengamatan kehidupan nyata dari proses berkelanjutan, biasanya tidak ada modus (umumnya, setiap nilai akan muncul tepat satu kali, sehingga masing-masing memiliki kemungkinan yang sama). Seseorang dapat mencoba mengatasi hal ini dengan mencari kelompok titik dalam pengamatan (untuk

menemukan kelompok yang paling padat), tetapi ini dapat dengan mudah mengarah pada kesimpulan yang salah atau tidak stabil hanya tergantung pada penempatan titik dalam rentang, pada ukuran kelompok atau pada variasi acak.

Dua titik data acak mungkin berdekatan meskipun modus sebenarnya berada di bagian rentang yang berbeda. Di Excel, fungsi seperti MODE dan MODE.SNGL dapat digunakan untuk menghitung statistik, tergantung pada versi Excel yang digunakan, dan dengan asumsi bahwa kumpulan data tersebut memang berisi satu modus (fungsi tersebut mengembalikan pesan kesalahan untuk kumpulan data dengan nilai-nilai yang berbeda, seperti yang diharapkan).

Rata-rata atau Average

Rata-rata (μ) dari suatu distribusi hanyalah rata-ratanya, dan juga dikenal sebagai:

- Rata-rata tertimbang, atau rata-rata tertimbang probabilitas. Sama seperti rata-rata dari suatu kumpulan data yang mudah dihitung dengan menjumlahkan semua nilai dan membaginya dengan jumlah titik, rata-rata "tertimbang" pada dasarnya adalah perhitungan yang sama, tetapi di mana nilai-nilai yang lebih sering muncul daripada yang lain disebutkan secara eksplisit hanya sekali, tetapi dengan bobot yang sesuai dengan frekuensi kemunculannya; ini setara dengan menggunakan kumpulan data lengkap dari nilai-nilai individual tetapi di mana nilai-nilai diulang beberapa kali, sesuai dengan frekuensinya. Jadi, untuk banyak tujuan praktis komunikasi, sering kali paling mudah untuk hanya menggunakan istilah "rata-rata", yang mencakup semua kasus.
- "Nilai yang diharapkan" ("EV"). Ini adalah harapan matematis atau statistik, bukan harapan pragmatis (yang merupakan modus). EV bahkan mungkin bukan hasil yang mungkin dari proses diskrit (misalnya EV untuk lemparan dadu adalah 3,5, dan dalam praktiknya koin tidak akan mendarat di sisinya). Namun, untuk proses yang berkesinambungan dalam satu rentang, rata-rata akan berada dalam rentang tersebut dan akan menjadi kemungkinan yang valid.
- "Pusat gravitasi". Rata-rata adalah nilai x di mana distribusi seimbang jika dilihat secara visual; ini dapat menjadi cara yang berguna untuk memperkirakan rata-rata, ketika tampilan visual untuk suatu distribusi tersedia.

Dari sudut pandang matematika, definisinya adalah:

$$\mu = \sum p_i x_i = E(x)$$

Di mana p_i adalah probabilitas relatif untuk nilai- x yang sesuai, dan E menunjukkan ekspektasi matematis. Rumus ini berlaku untuk proses diskrit; untuk proses berkelanjutan, penjumlahan akan digantikan oleh integral. Dalam ekonomi dan keuangan, rata-rata adalah titik referensi utama (terutama saat menganalisis keluaran model); ia memainkan peran mendasar dalam definisi "nilai" dalam proses yang hasilnya tidak pasti. Ini adalah hasil yang akan dicapai dari portofolio besar proyek serupa (tetapi independen), karena beberapa akan berkinerja baik sementara yang lain tidak, dengan hasil agregat menjadi rata-rata (atau sangat mendekati itu tergantung pada jumlah proyek).

Demikian pula, ini mewakili hasil jika banyak proyek independen serupa dilakukan

berulang kali dalam waktu, daripada dalam portofolio besar pada satu titik waktu. Untuk satu proyek yang dapat dibagikan atau didiversifikasi (yaitu dengan hanya memiliki sebagian kecil dari proyek apa pun), dalam portofolio banyak proyek tersebut, hasil yang akan muncul akan (sangat mendekati) rata-rata. Contoh spesifik tentang peran nilai tengah dalam ekonomi dan keuangan meliputi:

- Nilai ekonomi dari permainan yang memiliki dua kemungkinan hasil yang sama, yaitu nol atau 10, biasanya dianggap sama dengan lima.
- Dalam keuangan perusahaan, nilai sekarang bersih dari serangkaian arus kas adalah nilai tengah (rata-rata) dari arus kas yang didiskontokan, dengan tingkat diskonto yang digunakan untuk mencerminkan risiko dan waktu arus kas saat menggunakan Model Penetapan Harga Aset Modal.
- Dalam penilaian opsi dan derivatif, nilai instrumen adalah nilai tengah (rata-rata) dari hasil setelah diskonto yang sesuai (biasanya bebas risiko).

Yang mendasari penggunaan nilai tengah (rata-rata) dalam ekonomi dan keuangan adalah asumsi implisit tentang "linearitas" kuantitas keuangan: secara sederhana, bahwa dua dolar tambahan bernilai dua kali lipat dari satu, dan bahwa kerugian satu dolar pada satu kesempatan diimbangi jika satu dolar diperoleh segera setelahnya. Oleh karena itu, nilai rata-rata biasanya tidak relevan ketika variabel yang dipertimbangkan tidak bersifat linier dalam hal konsekuensi sebenarnya: yaitu ketika penyimpangan dalam satu arah tidak mengimbangi penyimpangan di arah lain. Karena alasan ini, nilai rata-rata sering kali tidak begitu relevan dalam banyak konteks nonfinansial, misalnya:

- Ketika melakukan perjalanan kereta api secara rutin, datang lebih awal pada beberapa hari umumnya tidak akan mengimbangi keterlambatan pada hari-hari lainnya. Demikian pula, datang tepat waktu ke kantor secara rata-rata mungkin tidak tepat jika ada rapat koordinasi penting di awal setiap hari.
- Jika suatu produk makanan mengandung racun tingkat rendah yang rata-rata aman, penting bagi setiap sampel untuk juga berada dalam batas aman, dan bukan berarti beberapa sampel memiliki kadar yang jauh di bawah ambang batas aman dan beberapa sampel memiliki kadar yang jauh di atasnya. Pernyataan serupa dapat dibuat secara umum tentang banyak situasi pengendalian mutu atau keselamatan.

Dalam hal pemodelan, di mana logika model bersifat linier dan aditif (seperti contoh sederhana yang dibahas dalam Bab 6), jika nilai input ditetapkan pada nilai rata-ratanya, maka nilai output yang ditampilkan akan langsung menjadi rata-rata sebenarnya dari output: dengan kata lain, tidak perlu menjalankan simulasi untuk menemukan nilai rata-rata. Nilai rata-rata juga mudah diukur dari sekumpulan data. Jadi, saat membangun model statis, pengaturan input model menjadi nilai rata-ratanya sering dipertimbangkan. Namun, pilihan seperti itu mungkin tidak cocok dalam banyak kasus:

- Nilai rata-rata (mean) mungkin bukan hasil yang valid dari proses input, terutama untuk yang diskrit (dan karenanya tidak tepat untuk digunakan). Contohnya termasuk proses risiko-peristiwa "ya/tidak" (seperti apakah akan ada minyak di prospek), atau lemparan dadu (di mana nilai rata-ratanya adalah 3,5). Demikian pula, model yang berisi fungsi

IF atau pencarian dapat mengembalikan kesalahan atau angka yang menyesatkan jika nilai yang tidak valid digunakan, seperti jika input integer diperlukan.

- Nilai rata-rata sering kali tidak sama dengan nilai yang paling mungkin, dan karenanya dapat dianggap tidak tepat. Terutama dalam proses kelompok (atau proses "sign-off" multi-tahap), hal ini dapat mengakibatkan terjadinya proses melingkar di mana seseorang berputar antara nilai rata-rata dan nilai yang paling mungkin (dari satu pertemuan ke pertemuan berikutnya), dengan akibat kebingungan!
- Jika suatu model memiliki non-linearitas dalam logikanya (misalnya, model tersebut menggunakan fungsi IF, MAX atau MIN), maka nilai yang ditunjukkan untuk keluaran saat masukannya adalah nilai rata-ratanya umumnya tidak akan sama dengan rata-rata sebenarnya; umumnya, seseorang harus bergantung pada hasil simulasi untuk mengetahui berapa rata-ratanya. Jadi, secara umum, nilai rata-rata keluaran model keuangan mungkin hanya dapat dihitung (diperkirakan) menggunakan teknik simulasi.

Di Excel, fungsi seperti AVERAGE dan SUMPRODUCT paling relevan untuk menghitung rata-rata kumpulan data. Dalam beberapa kasus, seperti menggunakan SUM dan COUNT, fungsi lain mungkin berguna, seperti AVERAGEIFS, SUMIFS atau COUNTIFS jika seseorang bekerja dengan kategori atau subset dari daftar lengkap.

Median

Median hanyalah titik persentil ke-50 (P50); yaitu, nilai di mana setengah dari kemungkinan hasil berada di bawah dan setengahnya berada di atasnya. Median dapat mengukur "pandangan sentral" dalam situasi di mana nilai-nilai besar atau ekstrem (diyakini atau diharuskan demikian) tidak lebih signifikan daripada nilai-nilai yang kurang ekstrem. Misalnya:

- Untuk mengukur pendapatan "umum" individu, ketika pemerintah sedang mempertimbangkan cara mendefinisikan kemiskinan, atau menetapkan ambang batas pendapatan untuk tujuan kebijakan lainnya. Jika seseorang menggunakan tingkat pendapatan rata-rata, maka angka referensi akan ditingkatkan dengan data individu dengan pendapatan yang sangat besar. Dengan demikian, orang yang cukup kaya (yang memiliki pendapatan lebih besar daripada kebanyakan orang tetapi kurang dari rata-rata yang "terdistorsi" ini) akan dianggap memiliki pendapatan "di bawah rata-rata"; dengan kata lain, ukuran yang lebih tepat mungkin adalah yang bersifat relatif.
- Untuk mengukur pendapat "orang rata-rata" tentang beberapa topik, seperti masalah politik.

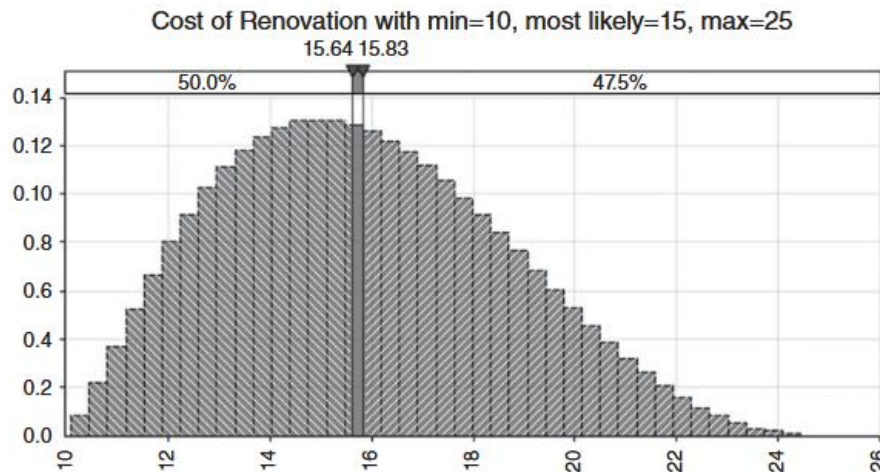
Di Excel, fungsi tipe PERCENTILE atau fungsi MEDIAN dapat digunakan untuk menghitung statistik, tergantung pada versi Excel yang digunakan.

Perbandingan Modus, Rata-rata, dan Median

Pengukuran statistik di atas dari titik-titik pusat distribusi identik dalam beberapa kasus khusus (misalnya untuk proses yang simetris dan memiliki nilai modal tunggal, seperti distribusi normal). Namun, ada sejumlah perbedaan potensial di antara keduanya.

Dalam kasus proses yang tidak simetris, nilainya mungkin berbeda satu sama lain. Misalnya, dalam distribusi biaya yang dihipotesiskan yang digunakan sebelumnya, nilai modal

adalah Rp. 15.000.000, sedangkan median dan rata-rata masing-masing sekitar Rp. 15.637.000 dan Rp. 15.833.000; dua nilai terakhir ini ditunjukkan pada Gambar 8.9 melalui dua garis pembatas.



Gambar 8.9 Distribusi Input yang Dihipotesiskan untuk Contoh Biaya

Untuk distribusi diskrit, median dan mean mungkin tidak mewakili hasil yang benar-benar dapat terjadi (misalnya lemparan koin atau dadu). Namun, modus (bahkan jika ada beberapa) selalu merupakan hasil yang valid, karena merupakan hasil yang paling mungkin. Sementara proses independen memiliki sifat (aditif) bahwa jumlah mean-nya sama dengan mean dari jumlah proses (jadi simulasi tidak diperlukan untuk mengetahui mean dari jumlah), hal ini tidak berlaku untuk nilai modal dan median (kecuali jika keduanya sama dengan nilai mean karena simetri atau alasan lain).

Jadi, secara umum tidak ada "penyelarasan" antara kasus input yang digunakan dan kasus output yang ditunjukkan, ketika kasus input modal atau median (atau sebagian besar kasus lainnya) digunakan sebagai input bahkan dalam model aditif sederhana. Kasus modal (yang paling mungkin) sangat penting karena dapat sesuai dengan kasus dasar model.

8.5 UKURAN RENTANG

Jelas bahwa pengukuran risiko sangat erat kaitannya dengan pengukuran tingkat variabilitas, atau ukuran rentang. Di bagian ini, kami membahas sejumlah kemungkinan pengukuran tersebut.

Kasus Terburuk dan Terbaik, dan Perbedaan antara Persentil

Kasus terburuk dan terbaik pada dasarnya adalah persentil ke-0 dan ke-100. Secara umum, kemunculan keduanya sangat tidak mungkin, dan karenanya tidak mungkin diamati. Misalnya, beberapa rentang mungkin tidak terbatas (misalnya ke arah nilai besar), sehingga nilai (tinggi) yang diamati tetap merupakan pernyataan yang meremehkan nilai maksimum sebenarnya, yang tidak terbatas. Seperti yang dibahas dalam Bab 6, bahkan untuk rentang terbatas untuk variabel individual, umumnya ada sangat sedikit kombinasi beberapa variabel yang mengarah ke nilai ekstrem jika dibandingkan dengan jumlah kombinasi yang menciptakan

nilai ke arah elemen rentang yang lebih sentral.

Pengecualian utamanya adalah distribusi diskrit, di mana kasus terburuk dan terbaik secara teoritis mungkin memiliki beberapa kemungkinan kejadian yang signifikan, dan, jika ini dominan dalam suatu situasi, maka nilai yang lebih dekat ke ekstrem biasanya akan menjadi lebih mungkin. Demikian pula, jika ada ketergantungan [penguatan] yang kuat antara variabel, nilai yang dekat dengan yang ekstrem lebih mungkin diamati. Jadi, kasus terburuk (atau terbaik), seperti yang diamati baik dalam situasi aktual maupun dalam hasil simulasi, cenderung merupakan perkiraan yang lebih rendah (dalam arah masing-masing) dari nilai sebenarnya.

Karena alasan ini, sering kali lebih baik bekerja dengan persentil yang kurang ekstrem. Jadi, perbedaan antara dua persentil (seperti P90 dan P10) sering kali dapat menjadi indikator yang berguna dari rentang hasil yang akan diamati (dalam 80% kasus). Tentu saja, ini adalah ukuran yang tidak terstandarisasi, karena seseorang masih harus memilih persentil mana yang akan digunakan, seperti P10 ke P90, P5 ke P95 atau P25 ke P75, dan seterusnya.

Simpangan Baku

Simpangan baku (σ) memberikan ukuran standar dari rentang atau sebaran yang berlaku untuk semua set data atau distribusi. Dalam arti tertentu, ia mengukur simpangan rata-rata di sekitar nilai tengah. Jika semua hal lain sama, distribusi dengan simpangan baku yang lebih besar dari yang lain lebih menyebar dan lebih berisiko dalam arti umum. Simpangan baku dihitung sebagai akar kuadrat dari varians (V):

$$V(x) = \sum P_i (x_i - \mu)^2$$

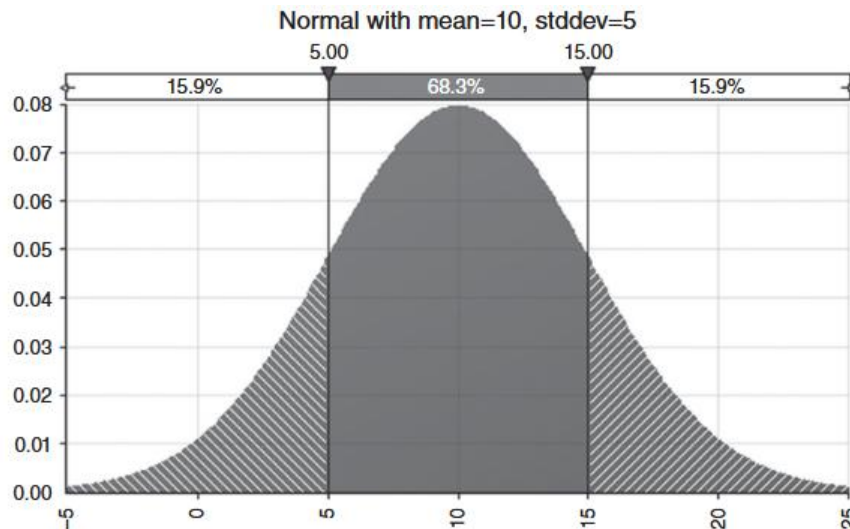
Dan

$$\sigma = \sqrt{V} = \sqrt{\sum P_i (x_i - \mu)^2}$$

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan:

- Secara tegas, simpangan baku mengukur akar kuadrat dari rata-rata jarak kuadrat dari rata-rata: ini tidak sama persis dengan simpangan baku dari jarak (nonkuadrat); prosedur pemangkatan kuadrat menekankan nilai yang lebih jauh dari rata-rata daripada simpangan mutlak.
- Simpangan baku memiliki satuan pengukuran yang sama dengan kuantitas yang dipertimbangkan (misalnya nilai dolar atau moneter, waktu, ruang, dll.), dan karenanya sering kali mudah ditafsirkan dalam pengertian fisik atau intuitif; varians tidak memiliki sifat ini (misalnya dalam konteks moneter, satuannya adalah dolar kuadrat).
- Selain menjadi ukuran risiko, simpangan baku adalah salah satu parameter matematika yang menentukan distribusi normal dan lognormal, parameter lainnya adalah rata-rata
- Oleh karena itu, kedua parameter ini memberikan informasi lengkap tentang setiap distribusi, yang darinya semua sifatnya dapat ditentukan (seperti P10 atau P90, dan seterusnya).

- Ini adalah distribusi yang penting dan sering terjadi, karena dalam banyak konteks sering diasumsikan, diyakini, atau dapat dibuktikan secara statistik (dalam banyak kasus dengan akurasi yang wajar) bahwa proses yang mendasarinya didistribusikan dengan cara ini. Dalam konteks seperti itu (seperti di pasar keuangan), deviasi standar sering dianggap sebagai ukuran inti risiko, dan sering disebut volatilitas.



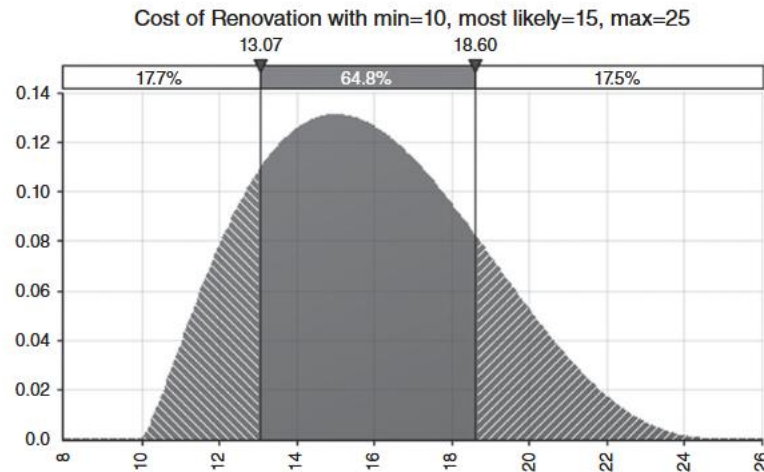
Gambar 8.10 Distribusi Normal Dengan Rata-Rata 10 Dan Simpangan Baku 5; Sekitar 68% Hasil Berada Dalam Rentang Satu Simpangan Baku Di Kedua Sisi Rata-Rata

Aturan praktis yang berguna adalah bahwa satu pita simpangan baku di kedua sisi rata-rata memuat sekitar dua pertiga hasil. Untuk distribusi normal, pita tersebut memuat sekitar 68,3% hasil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.10. Untuk distribusi biaya yang digunakan sebelumnya (yang merupakan PERT, bukan distribusi normal), Gambar 8.11 menunjukkan bahwa satu pita simpangan baku di sekitar rata-rata memuat sekitar 65% area (yaitu sekitar rentang dari Rp. 13.069.000 hingga Rp. 18.597.000).

Karena rata-ratanya adalah Rp. 15.833.000 dan simpangan bakunya sekitar Rp. 2.764.000); angka persentase ini akan sedikit berubah saat nilai parameter diubah tetapi biasanya akan menjadi sekitar dua pertiga. Pita dua deviasi standar di kedua sisi rata-rata memuat sekitar 95,4% hasil untuk distribusi normal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.12; sekali lagi, angka ini akan kira-kira sama untuk proses kontinu bermodus tunggal lainnya. Aturan praktis dua pertiga ini berlaku dengan akurasi yang wajar untuk proses kontinu dengan moda tunggal, tetapi tidak untuk proses diskrit. Misalnya, untuk distribusi binomial (yang mewakili risiko kejadian tunggal yang mungkin), rata-rata sama dengan p , dan deviasi standar sama dengan $p(1 - p)$.

Jadi, ketika $p < 0,5$, deviasi standar lebih besar dari rata-rata dan karenanya bagian bawah pita di sekitar rata-rata memuat seluruh hasil ketidakterjadian (yang memiliki probabilitas $1 - p$, yang akan mendekati 100% untuk nilai p yang kecil); demikian pula untuk nilai p yang besar, seluruh hasil kejadian (yang memiliki probabilitas p) akan berada di bagian atas pita. Gambar 8.13 menunjukkan sebuah contoh di mana (dengan probabilitas kejadian

sebesar 25%) hasil tidak terjadinya (diwakili oleh nol) memiliki probabilitas 75% dan sepenuhnya terkandung dalam rentang satu pita deviasi standar di sekitar nilai rata-rata, karena nilai rata-ratanya adalah 0,25 dan deviasi standarnya sekitar 0,43.



Gambar 8.11 Satu Rentang Deviasi Standar untuk Distribusi Biaya yang Dihipotesiskan

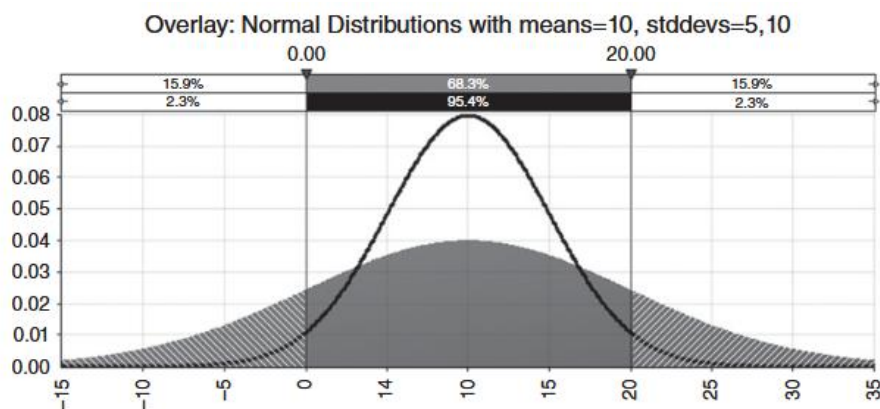
Perhatikan bahwa dengan memperluas istilah dalam tanda kurung siku (dan menggunakan fakta bahwa $\sum p = 1$), rumus untuk varians dapat ditulis sebagai:

$$V(x) = \sigma^2 = \sum_i^p x_i^2 - \mu^2$$

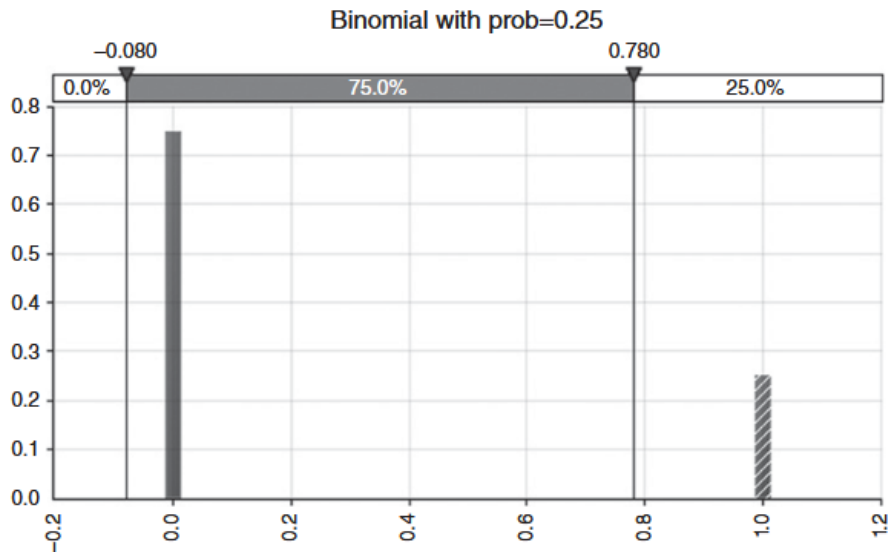
Atau

$$\sigma^2 = E(x^2) - (E(x))^2$$

Hasil pengamatan berikut diperoleh dari hal ini:



Gambar 8.12 Perbandingan Distribusi Normal Dengan Berbagai Deviasi Standar



Gambar 8.13 Satu Deviasi Standar Untuk Distribusi Bernoulli (Binomial) Berisi Batang Dengan Probabilitas Yang Lebih Besar

Rumus tersebut memberikan cara yang lebih efisien secara komputasi untuk menghitung deviasi standar: lebih sedikit langkah yang diperlukan untuk mengkuadratkan nilai- x , mengambil rata-rata angka-angka ini, lalu mengurangi kuadrat rata-rata nilai asli, daripada (seperti yang akan dilakukan dengan rumus asli) untuk mengurangi rata-rata dari setiap nilai, mengkuadratkan selisih ini, lalu mengambil rata-rata angka kuadrat. Karena varians adalah jumlah nilai kuadrat, maka varians selalu lebih besar dari nol (untuk setiap proses dengan lebih dari satu hasil).

Oleh karena itu, sisi kanan rumus menunjukkan bahwa nilai rata-rata kuadrat dari proses acak lebih besar daripada kuadrat rata-rata proses asli. Perhatikan bahwa rumus di atas mengasumsikan bahwa data mewakili seluruh populasi yang akan dihitung deviasi standarnya. Jika seseorang hanya berurusan dengan sampel (yaitu subset) dari semua nilai yang mungkin, maka orang tersebut mungkin perlu membahas masalah apakah rumus tersebut secara akurat mewakili simpangan baku aktual dari populasi tempat sampel tersebut diambil. Dalam hal ini, seseorang dapat menyatakan:

- Setiap ukuran statistik sampel dapat dianggap sebagai estimasi dari ukuran populasi yang mendasarinya.
- Ada kemungkinan bahwa data dalam sampel dapat dihasilkan oleh proses (populasi) mendasar lainnya, yang masing-masing memiliki parameter yang sedikit berbeda (seperti rata-rata atau deviasi standar yang sedikit berbeda).

Faktanya, simpangan baku dari sebuah sampel tidak (cukup) memberikan "tebakan terbaik" (estimasi yang tidak bias) dari simpangan baku populasi, dan memerlukan perkalian dengan faktor koreksi $\sqrt{\frac{n}{n-1}}$ di mana n adalah jumlah titik dalam sampel. Penerapan faktor ini akan menghindari perkiraan yang terlalu rendah secara sistematis dari parameter populasi, meskipun efeknya benar-benar memiliki relevansi praktis hanya untuk sampel kecil: di mana $n = 5$ ini menghasilkan koreksi sekitar 10%, yang ketika $n = 100, 1000$ dan 5000 berkurang

menjadi sekitar 0,5%, 0,05% dan 0,01%, berturut-turut. Faktor koreksi tersebut tidak diperlukan untuk perhitungan rata-rata, di mana rata-rata sampel adalah estimasi yang tidak bias dari populasi.

Di Excel (tergantung pada versinya), fungsi STDEV atau STDEV.S dapat digunakan untuk menghitung estimasi simpangan baku populasi dari data sampel; fungsi-fungsi ini memiliki faktor koreksi yang terpasang secara otomatis. Fungsi STDEVP dan STDEV.P dapat digunakan untuk menghitung simpangan baku populasi dari data populasi penuh. Perhatikan bahwa fungsi statistik @RISK untuk keluaran simulasi (misalnya RiskStdDev) tidak memiliki faktor koreksi ini terpasang, sehingga sampel diperlakukan seolah-olah merupakan populasi penuh. Bahkan setelah penerapan faktor koreksi yang tepat, seseorang, pada kenyataannya, diberikan estimasi yang tidak bias dari nilai parameter populasi.

Namun, karena parameter (yang sedikit berbeda) tetap dapat menghasilkan sampel yang sama, angka ini hanya memberikan estimasi nilai tengah (rata-rata) dari parameter ini, dan nilai sebenarnya yang mungkin dapat berbeda. Biasanya, jika diinginkan, seseorang dapat mengukur interval kepercayaan tempat parameter berada (dengan interval yang lebih lebar jika seseorang perlu memiliki lebih banyak kepercayaan). Tentu saja, seiring bertambahnya ukuran sampel, lebar interval kepercayaan yang diperlukan (untuk tingkat kepercayaan yang diinginkan, seperti 95%) berkurang, sehingga masalah ini menjadi kurang penting untuk ukuran sampel yang besar. Topik ini dibahas lebih lanjut dalam Bab 9 untuk tetap fokus pada prinsip-prinsip inti.

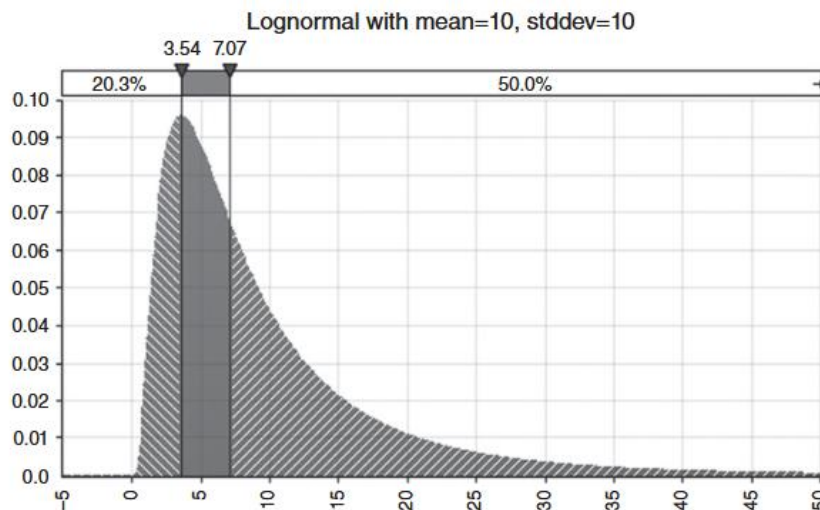
8.6 KECELAKAAN DAN KETIDAKSIMPETRISAN

Kekeliruan (atau skew) adalah ukuran ketaksimetrisan (atau asimetri), yang didefinisikan sebagai:

$$\text{Koefisien skew} = \frac{\sum_i^p (x_i - \mu)^3}{\sigma^3}$$

Pembilang merupakan rata-rata dari “pangkat tiga jarak dari rata-rata”, dan penyebut merupakan pangkat tiga dari simpangan baku, sehingga kemiringan merupakan kuantitas non-dimensi (yaitu nilai numerik dengan satuan seperti dolar, waktu atau ruang). Mengenai perhitungan simpangan baku, sampel akan meremehkan kemiringan populasi, sehingga rumus di atas akan dikalikan dengan $\frac{n^2}{(n-1)(n-2)}$ untuk memberikan estimasi yang tidak bias dari parameter kemiringan populasi, dengan angka deviasi standar digunakan sebagai estimasi populasi, yaitu angka terkoreksi yang tidak bias yang dihitung dari sampel.

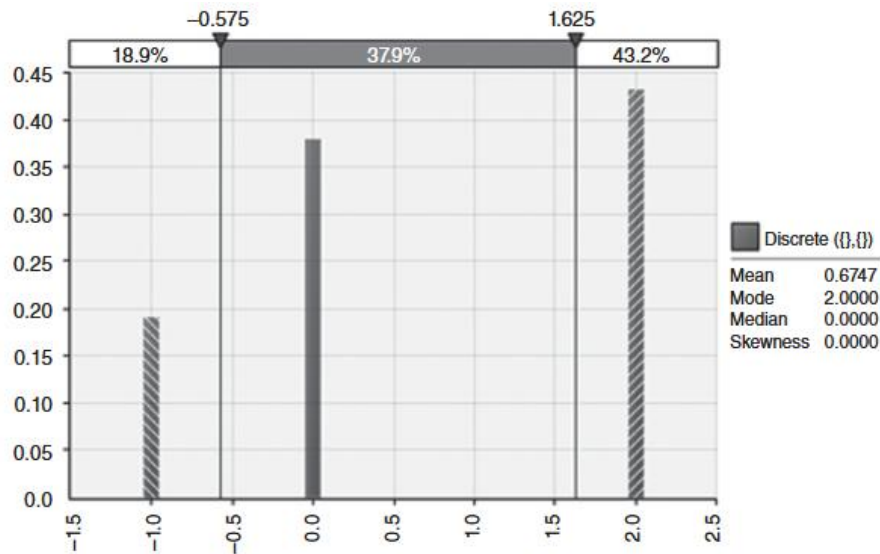
Di Excel, fungsi SKEW memiliki faktor koreksi ini; versi selanjutnya menyertakan fungsi SKEW.P, yang tidak memiliki faktor koreksi, sehingga dapat digunakan untuk data populasi. Meskipun ada beberapa aturan umum untuk menginterpretasikan kemiringan, interpretasi yang tepat dan umum sulit dilakukan karena mungkin ada pengecualian dalam beberapa kasus. Prinsip umum meliputi:



GAMBAR 8.14 Contoh Distribusi Lognormal

Distribusi simetris akan memiliki kemiringan nol. Ini selalu benar, karena setiap nilai yang lebih besar dari rata-rata akan memiliki nilai yang mengimbangi tepat di bawah rata-rata; penyimpangannya di sekitar rata-rata akan saling meniadakan saat dipangkatkan ke pangkat ganjil, seperti saat dipangkatkan tiga. Kemiringan positif menunjukkan bahwa ekor berada di sisi kanan. Secara umum, ketika kemiringan berada di atas sekitar 0,3, ketidaksimetrisan distribusi terlihat jelas secara visual. Gambar 8.14 menunjukkan contoh distribusi lognormal dengan rata-rata dan simpangan baku 10, modus sekitar 3,54, median sekitar 7,07, dan koefisien kemiringan 4,0. Di sisi lain, dalam kasus khusus, sifat distribusi dan hubungannya dengan kemiringan mungkin tidak seperti yang diharapkan:

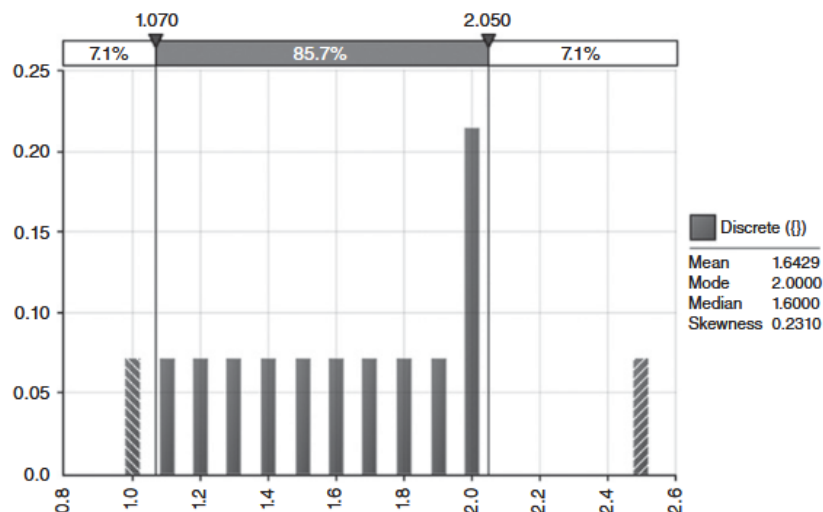
- Kemiringan nol tidak selalu menyiratkan simetri; beberapa kasus khusus distribusi nonsimetris akan memiliki kemiringan nol, seperti yang ditunjukkan oleh contoh pada Gambar 8.15.
- Untuk distribusi yang miring positif, biasanya rata-rata lebih besar daripada median, yang biasanya lebih besar daripada modus: secara intuitif, rata-rata akan lebih besar daripada median (titik P50), karena 50% hasil yang berada di sebelah kanan median biasanya lebih ke kanan median daripada titik-titik yang sesuai di sebelah kiri. Namun, urutan nilai modus, median, dan rata-rata ini tidak berlaku untuk semua distribusi:
- Gambar 8.16 menunjukkan contoh distribusi yang miring positif di mana rata-rata (sekitar 1,64) lebih kecil daripada modus (2,0).
- Gambar 8.17 menunjukkan contoh distribusi miring positif di mana nilai modal, median, dan mean semuanya identik (dan sama dengan nol).



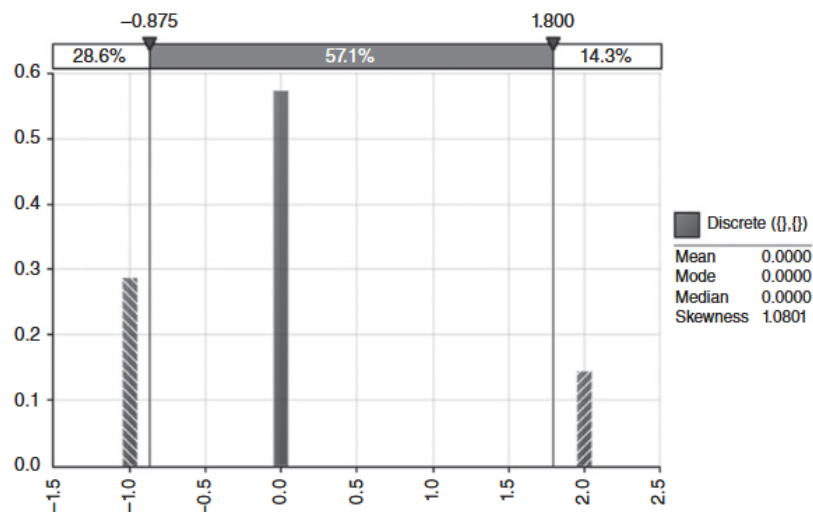
Gambar 8.15 Kasus Khusus Distribusi dengan Kemiringan Nol

Efek dan Pentingnya Ketidaksimetrisan

Meskipun masalah ketidaksimetrisan tidak sepenuhnya identik dengan masalah kemiringan, atau masalah apakah suatu distribusi memiliki nilai modal dan rata-rata yang sama, dalam sebagian besar aplikasi praktis akan ada hubungan yang sangat erat antara topik-topik ini (contoh-contoh tandingan yang ditunjukkan untuk menunjukkan kemungkinan pengecualian secara khusus dibuat dengan cara yang agak dibuat-buat, menggunakan distribusi diskrit).



Gambar 8.16 Kasus Khusus Dari Distribusi Miring Positif yang Nilai Rata-Ratanya Lebih Kecil Dari Modusnya



Gambar 8.17 Kasus Khusus Distribusi Miring Positif Dengan Rata-Rata, Median, Dan Modus Yang Identik

Dengan demikian, ketidaksimetrisan adalah proksi longgar untuk situasi di mana nilai modus dan rata-rata berbeda satu sama lain (dan juga secara umum berbeda dengan median). Dalam praktiknya, seperti yang disebutkan sebelumnya, di mana nilai modal dan rata-rata (dan median) dari suatu distribusi input tidak sama, maka bahkan untuk model aditif linier sederhana, kasus output yang ditunjukkan dalam kasus dasar mungkin tidak sesuai dengan kasus input. Misalnya, jika input ditetapkan pada nilai yang paling mungkin, maka perhitungan output sering kali tidak akan menunjukkan nilai output yang paling mungkin sebenarnya. Dengan demikian, teknik simulasi mungkin diperlukan untuk menilai hasil mana yang ditunjukkan kasus dasar.

Sumber Ketidaksimetrisan

Ada sejumlah area tempat ketidaksimetrisan dapat muncul. Untuk pembahasan ini, penting untuk diingat bahwa, secara umum, masukan model biasanya dapat dipecah lebih lanjut sehingga menjadi keluaran dari perhitungan yang lebih terperinci (yaitu proses yang dimodelkan secara eksplisit). Misalnya, asumsi awal tentang tingkat penjualan dapat dipecah menjadi asumsi volume dan harga satuan, dan volume selanjutnya dipecah menjadi volume berdasarkan produk atau bulan, dan seterusnya.

Namun, dalam praktiknya, proses "derivasi mundur" ini tidak dapat berlanjut selamanya, dan dipilih (biasanya secara implisit) untuk berhenti pada titik yang tepat di mana masukan model direpresentasikan baik sebagai angka atau sebagai distribusi (bahkan jika ada sifat yang lebih mendasar yang tidak ditangkap secara eksplisit). Beberapa alasan utama keberadaan proses yang tidak simetris dalam praktik meliputi:

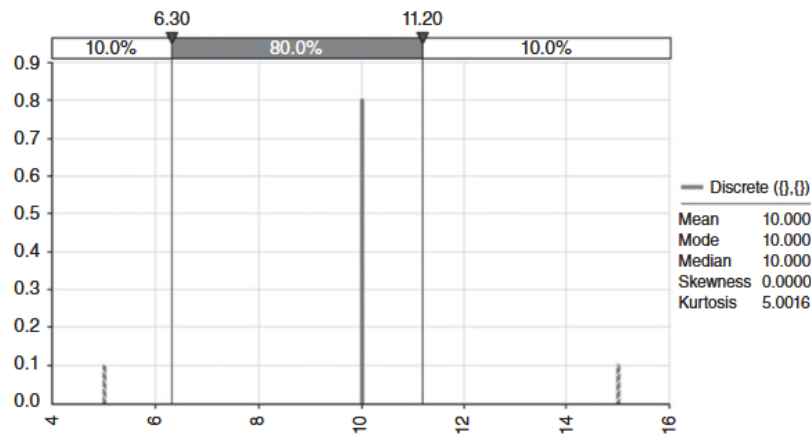
- Proses perkalian. Secara umum, mengalikan dua angka positif kecil akan menghasilkan angka kecil, sedangkan mengalikan dua angka besar akan menghasilkan angka yang sangat besar. Sebagai contoh praktis, biaya jenis barang tertentu dalam anggaran dapat berupa hasil perkalian jumlah unit (yang tidak pasti) dengan harga per unit (yang tidak pasti). Namun, jika jenis biaya tersebut merupakan masukan model langsung

(bukannya dihitung secara eksplisit), proses nonsimetris dapat digunakan sebagai proksi. Hal ini dibahas lebih rinci dalam Bab 9 terutama terkait dengan distribusi lognormal.

- Adanya risiko kejadian (atau beberapa proses diskrit lainnya). Jika digunakan sebagai masukan model, risiko kejadian dapat menciptakan nonsimetri dalam keluaran. Di sisi lain, proses kontinu nonsimetris terkadang digunakan sebagai masukan model, dengan nonsimetri digunakan sebagai proksi untuk secara implisit menangkap efek kejadian yang mendasarinya. Misalnya, seseorang dapat menggunakan proses segitiga miring untuk menangkap risiko bahwa waktu perjalanan (atau biaya) suatu barang mungkin jauh di atas ekspektasi.
- Proses non-linier. Proses yang dihasilkan dari penerapan pernyataan IF atau MAX (di antara contoh-contoh lainnya) biasanya akan memiliki ketidaksimetrisan di dalamnya. Misalnya, kejadian terlambat ke kantor mungkin benar-benar merupakan ujian yang diterapkan untuk mengetahui apakah waktu tempuh yang tidak pasti lebih lama dari yang dibutuhkan untuk tiba tepat waktu. Hal ini juga berlaku untuk keluaran perhitungan, tetapi masukan yang tidak simetris dapat menjadi proksi untuk ketidaklinieran yang tidak dimodelkan secara eksplisit.
- Ukuran sampel kecil. Jika seseorang ingin memperkirakan probabilitas kejadian dari ukuran sampel kecil data aktual, pada kenyataannya, biasanya ada berbagai kemungkinan nilai untuk probabilitas tersebut. Misalnya, jika seseorang telah mengamati lima kejadian dalam 20 percobaan, maka seseorang dapat menganggap probabilitasnya sebesar 25% (atau 5/20). Namun, probabilitas apa pun antara 0% dan 100% (eksklusif) dapat menghasilkan lima hasil, dengan 25% sebagai nilai yang paling mungkin. Seperti yang dibahas dalam Bab 9, distribusi sebenarnya dari nilai-nilai yang mungkin untuk probabilitas sebenarnya, pada kenyataannya, adalah distribusi beta, yang, dalam contoh ini, akan memiliki nilai rata-rata sekitar 27% (3/12).
- Bias optimisme. Ini adalah salah satu dari beberapa bias yang dapat terjadi dalam praktik (lihat Bab 1). Bias semacam itu, pada kenyataannya, bukanlah sumber ketidaksimetrisan dari distribusi yang mendasarinya, tetapi lebih mencerminkan tempat kasus (dasar) yang dipilih di dalamnya. Misalnya, sebuah perjalanan mungkin memiliki durasi rata-rata 20 menit dan dengan deviasi standar 5 menit. Namun, jika seseorang membuat asumsi (untuk tujuan perencanaan kasus dasar) bahwa perjalanan akan dilakukan dalam 18 menit, maka sifat perjalanan tidak berubah sebagai akibat dari asumsi ini; sebaliknya, kemungkinan mencapai rencana dasar terpengaruh.

8.7 UKURAN RISIKO LAINNYA

Cara-cara di atas untuk menggambarkan dan mengukur risiko biasanya cukup untuk sebagian besar konteks bisnis. Dalam beberapa situasi tertentu, khususnya di pasar keuangan dan asuransi, tindakan tambahan sering dirujuk. Beberapa di antaranya dibahas secara singkat di bagian ini.



Gambar 8.18 Kurtosis Proses Diskret Dapat Menurun Saat Peristiwa Ekor Menjadi Kurang Mungkin

Kurtosis

Kurtosis dihitung sebagai pangkat empat rata-rata jarak dari mean (dibagi dengan pangkat empat deviasi standar, menghasilkan kuantitas non-dimensi):

$$Kurtosis = \frac{\sum_i^p (x_i - \mu)^4}{\sigma^4}$$

Distribusi normal memiliki kurtosis tiga. Distribusi dikenal sebagai mesokurtik, leptokurtik, atau platikurtik, tergantung pada apakah kurtosisnya sama dengan, lebih besar dari, atau kurang dari tiga. Fungsi KURT Excel (dan beberapa perhitungan pra-bangun lainnya) mengurangi tiga dari perhitungan standar untuk hanya menunjukkan kurtosis "berlebih" (sedangkan dalam @RISK, kurtosis yang dinyatakan adalah angka mentah):

$$Excess\ kurtosis = \frac{\sum_i^p (x_i - \mu)^4}{\sigma^4} - 3$$

Mengenai deviasi standar dan kemiringan, koreksi tersedia untuk memperkirakan kurtosis populasi dari kurtosis sampel dengan cara yang tidak bias; namun, hal ini tidak dimasukkan ke dalam rumus Excel (atau ke dalam @RISK) pada saat penulisan.

Data	Squared deviation		
1	9		
2	4		
3	1		
4	0		
5	0		
6	0		
7	0		
Mean	Sum()	Count>0	Semi-dev Calc
4	14.00	3	2.160

Gambar 8.19 Contoh Sederhana Perhitungan Semi-Deviasi Kumpulan Data

Kurtosis mungkin sulit ditafsirkan, tetapi dalam arti tertentu memberikan uji sejauh mana distribusi memuncak di area pusat, sementara secara bersamaan memiliki ekor yang relatif gemuk. Satu situasi di mana kurtosis tinggi adalah saat terdapat risiko diskret atau risiko kejadian, khususnya saat probabilitas kejadian rendah tetapi dampaknya besar (relatif terhadap item lainnya). Gambar 8.18 menunjukkan distribusi diskret dengan nilai pusat yang memiliki probabilitas 80%, dan dua kejadian ekor yang masing-masing memiliki probabilitas 10%; total kurtosis adalah lima. Kurtosis akan meningkat jika probabilitas kejadian ekor dikurangi (dengan probabilitas residual ditambahkan ke probabilitas nilai pusat); oleh karena itu, penggunaan kurtosis untuk mengukur "risiko ekor" tidak mudah ditafsirkan dalam praktik.

Semi-Deviasi

Semi-deviasi adalah ukuran deviasi rata-rata dari rata-rata, tetapi hanya titik data yang mewakili hasil yang merugikan (relatif terhadap rata-rata) yang disertakan dalam perhitungan (yaitu mewakili deviasi yang "tidak diinginkan" dari rata-rata). Misalnya, semi-deviasi dari distribusi laba hanya akan mencakup hasil yang berada di bawah rata-rata; untuk biaya, hanya akan menghitung titik-titik di atas rata-rata. Misalnya, untuk kumpulan data {1,2,3,4,5,6,7}, yang rata-ratanya adalah 4, dengan asumsi bahwa nilai yang lebih besar tidak diinginkan, semi-deviasi akan dihitung dengan hanya mempertimbangkan titik 5, 6 dan 7.

Jumlah deviasi kuadrat (dari 4) dari titik-titik ini adalah 14 (yaitu $1 + 4 + 9$). Jadi deviasi kuadrat rata-rata dari titik-titik ini adalah $14/3$, dan semi-deviasi adalah akar kuadrat dari ini, yaitu sekitar 2,16; lihat Gambar 8.19. Pada saat penulisan, tidak ada fungsi Excel (atau @RISK) untuk menghitung semi-deviasi dari kumpulan data secara langsung. Dalam konteks ini, fungsi yang ditentukan pengguna VBA dapat menghindari keharusan membuat tabel rumus perhitungan secara eksplisit di lembar Excel, dan memungkinkan referensi langsung dari kumpulan data ke statistik terkait.

Bagi pembaca yang ingin menerapkan teknik simulasi menggunakan Excel/VBA, fungsi yang ditentukan pengguna umumnya penting; fungsi tersebut memungkinkan cara yang fleksibel untuk membuat sampel distribusi dan mengorelasikannya (lihat Bab 10 dan 11). Pengantar aspek dasar implementasi fungsi yang ditentukan pengguna diberikan di Bab 12. Di sini, kami hanya menyediakan kode yang akan menghitung semi-deviasi dari kumpulan data, termasuk kemungkinan menggunakan argumen opsional (iType) untuk menentukan apakah nilai di bawah atau di atas rata-rata yang ingin digunakan untuk pengukuran.

```

Function MRSEmiDev (Data, Optional iType As Integer)
'Semi-deviation of items
'iType is an optional argument
'iType =1 is semi-deviation below the mean, and is the default

'iType =2 is semi-deviation above the mean
Dim n As Long, ncount As Long, i As Long
Dim sum As Single, mean As Single
ncount = 0
mean = 0
sum = 0
n = Data.Count
mean = Application.WorksheetFunction.Average (Data)
'Determine which form of function to use
If IsMissing(iType) Then
iType = 1
Else
iType = iType
End If
'Calculate semi-deviation
If iType = 1 Then
For i = 1 To n
If Data(i) < mean Then
ncount = ncount + 1
sum = sum + (Data (i) - mean) ^ 2
Else
End If
Next i
Else
For i = 1 To n
If Data (i) > mean Then
ncount = ncount + 1
sum = sum + (Data (i) - mean) ^ 2
Else
End If
Next i
End If
MRSEmiDev = Sqr (sum / ncount)
End Function

```

Tail Losses, Tail Losses yang Diharapkan, dan Nilai Risiko

Dalam arti tertentu, simpangan baku mewakili semua simpangan, dan semi-simpangan hanya mewakili simpangan yang tidak diinginkan. Ide terkait adalah untuk mempertimbangkan

hanya kasus yang lebih ekstrem (yang bisa berupa dua sisi, seperti untuk simpangan baku, atau satu sisi, seperti untuk semi-simpangan). Dengan demikian, serangkaian ukuran risiko dapat dirancang untuk mencerminkan "kasus terburuk yang realistis", misalnya:

- Berapa kerugian dalam 1% kasus terburuk?
- P99 dari distribusi kerugian (atau P1 menggunakan persentil menurun) akan memberikan jawaban untuk ini.
- Kerugian rata-rata untuk semua kasus yang berada di atas angka P99; rata-rata (bersyarat) ini atau "ekor loss yang diharapkan" akan lebih besar dari atau sama dengan P99 itu sendiri.

Apa itu nilai risiko (VaR)? Prinsipnya mirip dengan yang di atas, tetapi persentase yang dipertimbangkan biasanya diubah menjadi jumlah standar deviasi yang sesuai dari rata-rata, bukan langsung menjadi angka persentil; asumsi implisitnya adalah bahwa distribusinya mendekati distribusi normal, sehingga setiap pendekatan secara efektif setara. Selain itu, standar deviasi digunakan sebagai ukuran volatilitas, sehingga VaR sering dihitung sehubungan dengan volatilitas yang dikutip. Terakhir, VaR biasanya digunakan sebagai ukuran risiko jangka pendek (dalam persentase pergerakan harga aset), sehingga rata-ratanya biasanya rendah (dan sering diabaikan), dengan efek dominan berupa volatilitas.

Misalnya, karena distribusi normal memiliki sekitar 4,6% area yang lebih dari dua standar deviasi dari rata-rata (sekitar 2,3% pada masing-masing sisi negatif dan positif), VaR pada level 2,3% akan sama dengan dua standar deviasi dalam pergerakan. Dengan demikian, untuk portofolio senilai Rp. 1.000.000, dengan volatilitas harian sebesar 1%, VaR harian pada level 2,3% akan menjadi $\text{Rp. } 1.000.000 \times 2 \times 1\%$, atau Rp. 20.000. Nilai risiko bersyarat adalah ukuran kerugian rata-rata ketika hasilnya berada dalam ekor distribusi, yaitu kerugian rata-rata ketika hasilnya setidaknya seburuk titik VaR individu tertentu. Perlu dicatat bahwa untuk banyak contoh bisnis praktis, daripada penggunaan VaR, pernyataan sederhana, misalnya, P95 (atau persentil relevan lainnya) biasanya cukup untuk tujuan yang ada, bahkan jika penggunaan ukuran tersebut akan sangat dekat dalam konsep dengan VaR.

8.8 MENGUKUR KETERGANTUNGAN

Saat menerapkan model risiko, penting untuk menangkap hubungan ketergantungan antara risiko, dampaknya, dan variabel model lainnya. Bila data atau pengalaman historis menunjukkan kekuatan atau jenis ketergantungan tertentu, tentu saja penting untuk memasukkannya ke dalam model sejauh mungkin. Di bagian ini, kami memberikan deskripsi singkat tentang beberapa ukuran inti; banyak dari topik ini dibahas lebih mendalam di Bab 11.

Kejadian Bersama

Pada tingkat yang paling mendasar dan intuitif, ketergantungan antara item risiko dapat dipertimbangkan dari perspektif kejadian bersama: risiko yang terjadi bersamaan (atau tidak terjadi bersamaan) menunjukkan beberapa ketergantungan eksplisit atau implisit di antara keduanya. Misalnya, jika probabilitas terjadinya masing-masing dari dua peristiwa diketahui, seperti juga frekuensi keduanya terjadi bersamaan (atau keduanya tidak terjadi bersamaan), maka seseorang dapat menghitung frekuensi semua kombinasi dan probabilitas bersyarat.

Gambar 8.20 menunjukkan contoh data awal tentang probabilitas individual dan kejadian bersama, dan Gambar 8.21 menunjukkan matriks lengkap dengan frekuensi semua kombinasi, yang diperoleh dalam kasus sederhana ini dengan hanya mengisi angka-angka sehingga total baris dan kolom bertambah menjadi total yang berlaku. Dari matriks yang sudah lengkap, kita dapat menghitung probabilitas bersyarat, misalnya:

- $P(B \text{ terjadi jika } A \text{ telah terjadi}) = 24\%/40\%$, yaitu 60%.
- $P(B \text{ terjadi jika } A \text{ belum terjadi}) = 6\%/60\%$, yaitu 10%.

		Not A	A
		60%	40%
Not B	70%	54%	
B	30%		

Gambar 8.20 Data Awal yang Diberikan tentang Probabilitas

		Not A	A
		60%	40%
Not B	70%	54%	16%
B	30%	6%	24%

Gambar 8.21 Data Lengkap tentang Probabilitas

		Not A	A
		60%	40%
Not B	70%	42%	28%
B	30%	18%	12%

Gambar 8.22 Data tentang Probabilitas yang Berlaku untuk Proses Independen

Perhatikan bahwa jika variabelnya independen, maka probabilitas bersyarat akan sama dengan probabilitas dasar untuk setiap peristiwa secara terpisah (yaitu probabilitas B sebesar 30%, baik A terjadi atau tidak), yang akan menghasilkan matriks yang ditunjukkan pada Gambar 8.22. Meskipun pendekatan ini tampak sederhana untuk mempertimbangkan ketergantungan antara risiko (dan penggunaan probabilitas bersyarat dalam beberapa model contoh yang ditunjukkan kemudian), ada juga kekurangannya:

- Diperlukan beberapa parameter untuk menentukan ketergantungan: dalam contoh di atas, dengan hanya dua variabel, diperlukan tiga bagian data untuk menentukan ketergantungan (probabilitas masing-masing serta probabilitas kejadian bersama). Jika ada beberapa variabel, jumlah parameter yang diperlukan dan kompleksitas perhitungan meningkat secara signifikan.
- Perluasan metodologi untuk mencakup kasus-kasus di mana hasilnya berada dalam rentang berkesinambungan, daripada memiliki nilai-nilai diskret, kurang intuitif.

Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi (ρ) memberikan satu ukuran tunggal sejauh mana dua proses

bervariasi secara bersamaan. Untuk dua set data dari proses, X dan Y, yang masing-masing berisi jumlah titik yang sama, dihitung sebagai:

$$\rho = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x - \bar{x})^2 \Sigma(y - \bar{y})^2}}$$

di mana x dan y mewakili nilai-nilai individual dari masing-masing set data, dan $\bar{x}$ mewakili rata-rata set data X (dan demikian pula $\bar{y}$ adalah rata-rata set data Y). Dari rumus tersebut, kita dapat melihat bahwa:

- Korelasi antara dua set data dapat dihitung selama setiap set memiliki jumlah titik yang sama (minimal satu). Dengan demikian, koefisien korelasi selalu dapat diamati antara dua set data dengan ukuran yang sama, meskipun mungkin tidak signifikan secara statistik, terutama jika ukuran sampelnya kecil.
- Koefisien biasanya dinyatakan sebagai persentase, dan berada di antara –100% dan 100%. Hal ini dapat dilihat dengan cara yang mirip dengan pembahasan sebelumnya tentang perhitungan varians (di mana jumlah kuadrat angka setidaknya sama besar dengan kuadrat jumlah angka-angka tersebut, sehingga penyebut setidaknya sama besar dengan pembilang).
- Korelasi mengacu pada gagasan bahwa setiap variabel bergerak relatif terhadap rata-ratanya sendiri dengan cara yang sama. Dengan mempertimbangkan pembilang dalam rumus di atas, jelas bahwa satu nilai, x, dan padanannya, y, akan memberikan kontribusi positif terhadap kalkulasi korelasi ketika kedua nilai tersebut berada di atas atau di bawah rata-rata masing-masing (sehingga pembilangnya positif, baik merupakan hasil perkalian dua angka positif atau dua angka negatif).

Dengan demikian, nilai dalam salah satu set data dapat memiliki angka konstan yang ditambahkan ke setiap item, atau setiap item dapat dikalikan dengan faktor konstan, tanpa mengubah koefisien korelasi. Hal ini memiliki konsekuensi penting ketika metode korelasi digunakan untuk membuat hubungan antara distribusi dalam model risiko; misalnya, nilai yang diambil sampelnya untuk proses Y tidak perlu berubah, bahkan ketika sifat proses X berubah, dan dengan demikian hubungan korelasi bersifat agak lemah, dan tidak menyiratkan hubungan kausalitas antara item.

Dari perspektif pemodelan, keberadaan koefisien korelasi (yang signifikan secara statistik) tidak menyiratkan adanya ketergantungan langsung antara item (dalam arti arah atau kausalitas dari satu ke yang lain). Sebaliknya, variasi pada setiap item mungkin didorong oleh nilai beberapa variabel lain yang tidak eksplisit atau diketahui, tetapi menyebabkan setiap item bervariasi, sehingga keduanya tampak bervariasi secara bersamaan. Misalnya, perubahan nilai pasar dari dua komoditas turunan minyak atau produk kimia biasanya akan menunjukkan korelasi; masing-masing sebagian besar didorong oleh harga minyak, serta mungkin memiliki beberapa variasi independen atau spesifik lainnya.

Demikian pula, ketinggian di atas dasar laut dari masing-masing dua kapal di pelabuhan sebagian besar dapat didorong oleh siklus pasang surut, meskipun setiap ketinggian juga akan

didorong oleh aspek jangka pendek, seperti pola angin dan gelombang di dalam pelabuhan. Di sisi lain, ketika ketergantungan langsung antara dua item memang ada, maka secara umum akan ada koefisien korelasi terukur yang signifikan secara statistik (selalu dapat ada pengecualian, seperti hubungan berbentuk U, tetapi umumnya ini dibuat secara artifisial daripada sering terjadi dalam aplikasi bisnis praktis). Sebenarnya, ada sejumlah cara untuk mengukur koefisien korelasi. Untuk keperluan analisis risiko umum dan pemodelan simulasi, dua metode utama adalah:

- Metode produk atau Pearson. Metode ini menggunakan ukuran dalam rumus di atas secara langsung. Kadang-kadang juga disebut korelasi "linier".
- Metode peringkat atau Spearman (kadang-kadang disebut korelasi "non-linier"). Dalam kasus ini, koefisien korelasi (produk) dari kumpulan data yang ditransformasikan dihitung. Kumpulan data yang ditransformasikan adalah kumpulan data yang setiap nilai dalam kumpulan X dan Y diganti dengan kumpulan bilangan bulat yang sesuai dengan peringkat setiap titik dalam kumpulan datanya sendiri. Peringkat titik data hanyalah posisinya jika data diurutkan menurut ukuran. Misalnya, jika nilai x adalah titik terbesar ke-20 dalam kumpulan data X, maka peringkatnya adalah 20.

Ukuran korelasi peringkat lainnya adalah koefisien tau Kendall; ini menggunakan peringkat titik data, tetapi dihitung sebagai jumlah peringkat pasangan yang konkordan (yaitu dua pasang titik x-y konkordan jika perbedaan peringkat nilai-x mereka memiliki tanda yang sama dengan perbedaan peringkat nilai-y yang sesuai). Ini juga lebih intensif secara komputasi untuk dihitung, karena setiap pasangan perlu dibandingkan dengan pasangan lainnya.

Dengan demikian, sedangkan korelasi Pearson atau peringkat memerlukan sejumlah perhitungan yang proporsional dengan jumlah titik data, perhitungan untuk metode tau proporsional dengan kuadrat dari angka tersebut. Metode ini umumnya tidak diperlukan untuk pembahasan kita tentang teknik simulasi (namun, ada beberapa hubungan antara ukuran ini dan penggunaan fungsi kopula yang dibahas secara singkat nanti dalam teks ini). Contoh perhitungan koefisien Pearson dan Spearman diberikan di bagian berikutnya.

Matriks Korelasi

Jika diberikan beberapa set data (dengan ukuran yang sama), seseorang dapat menghitung korelasi antara dua set data tersebut, dan menunjukkan hasilnya sebagai matriks korelasi. Secara intuitif jelas (dan langsung terlihat dari rumus yang menentukan koefisien korelasi dari dua set data) bahwa:

- Elemen diagonal sama dengan satu (atau 100%); setiap item berkorelasi sempurna dengan dirinya sendiri.
- Matriksnya simetris: set data X dan Y memiliki peran yang sama dan dapat dipertukarkan satu sama lain tanpa mengubah koefisien yang dihitung.

Contoh perhitungan setiap jenis koefisien, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.23. Perhitungan korelasi peringkat Spearman pertama-tama menggunakan fungsi RANK (untuk menghitung peringkat [atau posisi terurut] setiap titik dalam set datanya sendiri), sebelum menerapkan fungsi CORREL ke set data peringkat. (Pada saat penulisan, Excel tidak berisi fungsi untuk menghitung korelasi peringkat secara langsung dari data dasar mentah; cara lain

untuk mencapainya secara ringkas adalah dengan membuat fungsi yang ditentukan pengguna VBA secara langsung dengan rangkaian perantara perhitungan peringkat yang dilakukan "di balik layar" dalam kode VBA).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1																	
2					Correlation Matrix of Raw Data							Correlation Matrix of Rank Data					
3					Asset 1	Asset 2	Asset 3	Asset 4				Asset 1	Asset 2	Asset 3	Asset 4		
4					Asset 1	100%	63%	62%	58%	=CORREL(E11:E210,H11:H210)		Asset 1	100%	81%	80%	80%	=CORREL(I11:I210,O11:O210)
5					Asset 2	63%	100%	73%	62%			Asset 2	81%	100%	90%	77%	
6					Asset 3	62%	73%	100%	58%			Asset 3	80%	90%	100%	78%	
7					Asset 4	58%	62%	58%	100%			Asset 4	80%	77%	78%	100%	
8																	
9					DATEFIELDS	RETURNS DATA FOR THAT WEEK						RANK OF RETURNS DATA					
10					Week Number	Asset 1	Asset 2	Asset 3	Asset 4			Asset 1	Asset 2	Asset 3	Asset 4		
11					1	0.4%	2.9%	2.0%	1.2%			2	14	14	72		=RANK(H11:H210,O)
12					2	-0.2%	-1.1%	-0.5%	0.6%			199	180	143	108		
13					3	-2.4%	-1.2%	-2.0%	-1.6%			169	101	194	135		
14					4	-1.0%	2.0%	2.5%	0.0%			175	32	6	144		
15					5	2.1%	1.6%	1.9%	1.7%			37	54	46	48		
16					6	0.8%	0.8%	0.6%	0.2%			103	108	115	131		
17					7	0.2%	-0.7%	-0.6%	-0.6%			136	170	167	157		
18					8	1.5%	0.3%	0.2%	2.3%			64	141	133	33		
19					9	1.2%	1.2%	1.2%	0.2%			78	88	80	132		

Gambar 8.23 Perhitungan Pearson dan Korelasi Peringkat

Perlu dicatat bahwa, untuk sejumlah titik data yang tetap, saat nilai data itu sendiri diubah, seseorang dapat membuat nilai yang mungkin tak terhingga banyaknya untuk koefisien korelasi Pearson. Namun, untuk koefisien korelasi peringkat, karena dasar perhitungannya hanyalah gabungan dari semua bilangan bulat dari satu hingga jumlah titik data, maka hanya akan ada jumlah nilai yang mungkin terbatas.

Dengan kata lain, jika nilai titik data dimodifikasi di mana saja dalam rentang yang ditentukan oleh nilai dari dua titik terdekat (yaitu yang berada tepat di bawah dan di atasnya), peringkat titik tersebut dalam set datanya sendiri tidak berubah, dan statistik korelasi peringkat tidak berubah. Properti ini sebagian menjelaskan pentingnya korelasi peringkat dalam metode simulasi, karena untuk setiap koefisien korelasi yang diinginkan, hal ini memungkinkan fleksibilitas dalam cara memilih titik.

Diagram Sebar (Bagan X–Y)

Dalam model Excel tradisional, bagan yang menunjukkan (pada sumbu x) nilai input model dan (pada sumbu y) nilai output saat input tersebut bervariasi akan membentuk garis: saat input divariasikan secara individual (dengan semua item lainnya tetap), kuantitas lain dalam model (seperti output) akan bervariasi sesuai dengan struktur logis model. Misalnya, jika terjadi perubahan volume produksi, maka pendapatan dapat meningkat sebanding dengan perubahan tersebut, sedangkan biaya tetap mungkin tidak terpengaruh. Garis seperti itu akan menjadi horizontal jika input tidak memengaruhi output (volume tidak memengaruhi biaya tetap), tetapi akan sangat sering menjadi garis lurus atau mungkin garis lengkung dalam banyak kasus umum.

Dalam model simulasi, grafik input-output yang sesuai umumnya berupa diagram sebar X–Y, bukan garis: untuk setiap nilai tetap tertentu dari input (misalnya jika seseorang menetapkan nilai proses acak atau risiko tertentu pada satu nilai tertentu), akan ada rentang nilai yang mungkin untuk output model, yang didorong oleh variabilitas item risiko lainnya.

Grafik ini dapat memberikan wawasan tambahan tentang struktur model atau situasi secara umum. Kemiringan garis regresi (tradisional, kuadrat terkecil) yang berasal dari data dalam diagram sebar terkait erat dengan koefisien korelasi antara nilai X dan Y, dan deviasi standar masing-masing:

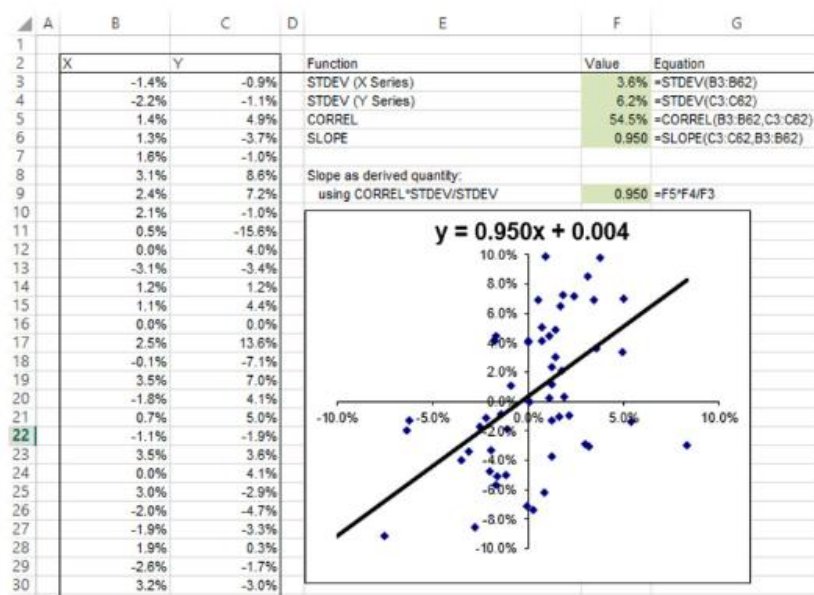
$$\text{Kemiringan} = \frac{\rho_{xy}\sigma_y}{\sigma_x}$$

Tentu saja, kemiringan garis juga menggambarkan jumlah pergerakan nilai y jika nilai x berubah satu satuan. Oleh karena itu, persamaan di atas menunjukkan bahwa jika nilai x diubah sebesar σ_x maka nilai y akan berubah sebesar $\rho_{xy}\sigma_y$. Contoh dengan kumpulan data titik X–Y, dan perhitungan kemiringan secara langsung menggunakan fungsi Excel SLOPE dan secara tidak langsung melalui perhitungan koefisien korelasi dan simpangan baku. Cuplikan layar ditunjukkan pada Gambar 8.24.

Diagram Tornado Klasik dan Khusus

Sehubungan dengan persamaan di atas mengenai kemiringan diagram sebar X–Y, kami mencatat bahwa jika nilai x diubah sebesar σ_x maka nilai y akan berubah sebesar $\rho_{xy}\sigma_y$. Dengan demikian, jika variabel Y merupakan keluaran dari suatu model, dan memiliki deviasi standar σ_y , perkalian ini dengan koefisien korelasi dengan setiap masukan individual akan menghasilkan perubahan pada variabel Y yang akan terjadi secara rata-rata jika masukan tertentu diubah oleh deviasi standarnya sendiri (σ_x).

Dalam pengertian ini, untuk setiap variabel masukan, koefisien korelasi ρ_{xy} menyediakan ukuran (non-dimensi) sejauh mana variabel Y akan berubah saat variabel X diubah, dengan mengingat bahwa rentang perubahan yang dipertimbangkan untuk setiap masukan adalah deviasi standarnya sendiri, dan dengan demikian berbeda untuk setiap variabel, dengan nilai dimensional (atau absolut yang setara) yang dibentuk dengan memperhitungkan deviasi standar (atau tingkat variabilitas). Perhatikan bahwa penyajian (dalam bentuk diagram batang) dari koefisien korelasi atau nilai berskala sering disebut "diagram tornado". Ini dapat diproduksi di Excel/VBA dan @RISK. Namun, seperti yang dibahas dalam Bab 7, dalam praktiknya seseorang mungkin perlu menggunakan tampilan tornado yang dibuat khusus yang menunjukkan dampak keputusan, alih-alih dampak risiko dalam konteks asumsi tertentu.



Gambar 8.24 Scatter Plot Dan Garis Regresi Terkaitnya

BAB 9

PEMILIHAN DISTRIBUSI UNTUK PENGGUNAAN MODEL RISIKO

Bab ini menjelaskan distribusi utama yang diperlukan untuk menangkap profil ketidakpastian variabel input dalam model risiko. Kami menjelaskan kemunculannya, beberapa penggunaan praktisnya, metode untuk memperkirakan satu dengan yang lain, serta topik pemilihan distribusi. Bab 10 membahas proses perhitungan khusus yang diperlukan untuk membuat sampel acak (nilai persentil) dari distribusi ini menggunakan inversi fungsi distribusi kumulatifnya, sebuah proses yang penting bagi mereka yang ingin menerapkan pemodelan risiko menggunakan Excel/VBA.

Bab 11 membahas pembuatan hubungan yang melibatkan ketergantungan antara sampel distribusi, yang relevan bagi pengguna Excel/VBA dan @RISK. Dalam bab ini, kami menjelaskan lebih dari 20 distribusi. Distribusi ini umumnya cukup untuk sebagian besar aplikasi praktis dalam pemodelan risiko bisnis, dan semuanya tersedia di Excel/VBA dan @RISK (yang juga memiliki lebih banyak). Sebagian besar subjek dapat dipahami secara memadai dengan berfokus pada sifat statistik visual dan dasar mereka. Namun, beberapa matematika diperlukan di beberapa tempat, khususnya untuk dapat membandingkan dan memperkirakan distribusi, dan untuk membuat fungsi distribusi kumulatif terbalik saat menggunakan pendekatan Excel/VBA.

Tampilan grafis dalam bab ini menggunakan Excel dan @RISK, dan beberapa hasil simulasi ditampilkan. Sebagian besar (tetapi tidak semua) perhitungan yang digunakan untuk menghasilkan angka-angka tersebut terdapat dalam berkas Excel yang menyertai teks ini; semuanya mudah ditiru baik di Excel/VBA maupun @RISK (menggunakan alat-alat dalam Bab 10 dan 12, atau yang ada di Bab 13 untuk melakukan perhitungan berulang dan menganalisis hasilnya).

9.1 DESKRIPSI DISTRIBUSI INDIVIDUAL

Perlu diketahui bahwa ada perbedaan antara fungsi distribusi (yang menggambarkan probabilitas nilai tertentu), dan nilai yang diambil sampelnya dari distribusi tersebut (yang dihasilkan dari pencarian nilai yang terkait dengan probabilitas tertentu). Misalnya, fungsi Excel seperti NORM.DIST (NORMDIST dalam versi sebelum Excel 2010) memberikan nilai probabilitas, sedangkan pembuatan sampel memerlukan penggunaan fungsi invers (seperti NORM.INV atau NORMINV).

Perbedaan ini mendasar tidak hanya dari sudut pandang konseptual, tetapi juga untuk penerapan pengambilan sampel acak menggunakan Excel/VBA, tetapi sering kali diabaikan. Dalam @RISK, fungsi distribusi (seperti RiskNormal) tidak hanya menghasilkan sampel acak, tetapi juga dapat digunakan untuk menghitung nilai probabilitas kumulatif dan menampilkan fungsi distribusi secara grafis.

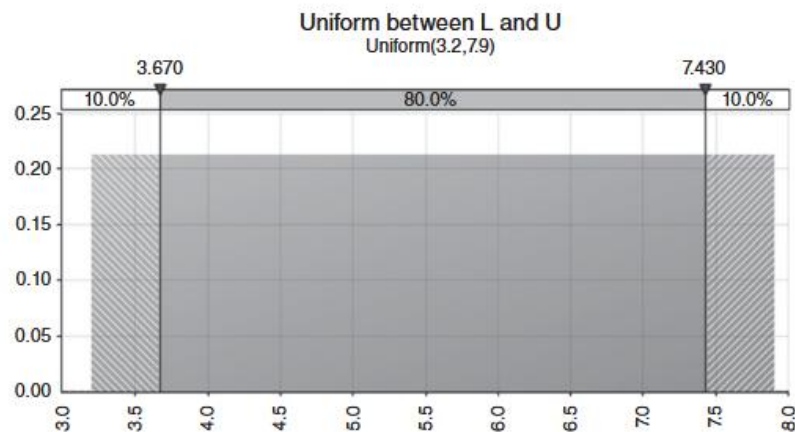
Tabel 9.1 Daftar distribusi yang dibahas dalam Bab 9 dan 10

	Continuous	Discrete
1	Uniform	
2		Bernoulli
3		Binomial
4	Triangular	
5	Normal	
6	Lognormal	
7	Beta, beta general	
8	PERT	
9		Poisson
10		Geometric
11		Negative binomial
12	Exponential	
13	Weibull	
14	Gamma	
15		General discrete
16		Integer uniform
17		Hypergeometric
18	Pareto	
19	Extreme value (max and min)	
20	Logistic, log-logistic	
21	<i>t</i> (Student), chi-squared, <i>F</i>	

Tabel 9.1 menunjukkan distribusi yang dibahas dalam bab ini (dalam urutan penyajiannya). Secara umum, urutan penyajian dipilih dengan tujuan untuk mendeskripsikan terlebih dahulu distribusi yang lebih mendasar, sambil mencerminkan bahwa beberapa distribusi saling terkait erat, sehingga distribusi ini idealnya disajikan sedekat mungkin satu sama lain.

Distribusi Kontinu Seragam

Distribusi kontinu seragam (umum) menggambarkan situasi di mana semua hasil dalam suatu rentang memiliki kemungkinan yang sama, dengan batas-batas yang dijelaskan oleh nilai minimum dan maksimum yang mungkin. Kasus paling dasar adalah distribusi kontinu seragam (standar), yang nilai minimum dan maksimumnya adalah nol dan satu (atau 0% dan 100%), masing-masing. Ini adalah distribusi paling mendasar dalam simulasi dan pemodelan risiko, terlebih karena sampel dari distribusi ini diperlukan sebagai input ke dalam proses inversi yang umumnya digunakan untuk menghasilkan sampel dari distribusi lainnya. Secara khusus, seperti yang telah digunakan di beberapa tempat dalam teks, fungsi `RAND()` menghasilkan sampel dari distribusi, yang kemudian dapat digunakan:



Gambar 9.1 Contoh Distribusi Kontinu Seragam

Dalam pernyataan IF untuk menghasilkan sampel untuk terjadinya atau tidaknya risiko peristiwa. Untuk menghasilkan sampel dari distribusi kontinu seragam (umum), dengan penskalaan (mengalikan dengan lebar rentang dan menambahkan nilai minimum). Perhatikan bahwa, pada saat penulisan, fungsi RANDBETWEEN hanya menyediakan sampel nilai integer, bukan rentang kontinyu, dan karenanya proses penskalaan tersebut diperlukan saat bekerja di Excel.

Gambar 9.1 menunjukkan contoh distribusi, jika nilai minimumnya adalah 3,2 dan nilai maksimumnya adalah 7,9. Di luar pembuatan input ke dalam proses pengambilan sampel acak lainnya, penggunaan utama distribusi adalah untuk menangkap ketidakpastian jika informasi yang tersedia sedikit, selain pengetahuan tentang batas-batas yang mungkin tetap:

- Posisi (dalam dimensi tertentu) molekul udara tertentu di dalam ruangan (misalnya jika pintu dan jendela tertutup dan udara telah tercampur dengan baik).
- Titik pada ban mobil tempat kebocoran selanjutnya dapat terjadi (diukur dalam derajat antara 0 dan 360).
- Jumlah detik setelah menit pada waktu saat ini (jika seseorang tidak memiliki jam tangan yang menunjukkan waktu dengan tingkat akurasi ini).
- Lamanya waktu yang harus dihabiskan seseorang untuk menunggu kereta di jaringan bawah tanah (jika seseorang mengetahui bahwa kereta berangkat tepat setiap 5 menit, tetapi tidak mengetahui kapan kereta terakhir berangkat), dan tidak memiliki indikator lain (misalnya suara, angin) tentang kapan kereta berikutnya akan tiba.
- Posisi titik kontak minyak-air dalam prospek eksplorasi minyak potensial (sebelum informasi lebih lanjut tersedia, seperti yang mungkin muncul melalui pengujian lebih lanjut atau studi seismik).

Distribusi ini sering disebut distribusi "tanpa pengetahuan". Istilah ini tidak boleh digunakan untuk menghindari pemikiran yang lebih disiplin dan proses logis saat memilih distribusi. Meskipun sejauh ini kami telah cukup sering menggunakan distribusi tersebut dalam teks ini, penggunaan tersebut berada dalam konteks yang bertujuan untuk membuat poin-poin umum tentang konsep-konsep kunci lain dalam pemodelan risiko, dan tidak berupaya sungguh-sungguh untuk menggambarkan sifat ketidakpastian yang spesifik.

Dalam praktiknya, distribusi jarang menjadi yang paling tepat untuk digunakan; dengan menggunakan logika dan estimasi yang wajar (dan tanpa penelitian lebih lanjut), biasanya mudah untuk menetapkan lebih lanjut sifat-sifat proses yang sedang dipertimbangkan. Secara khusus, seseorang mungkin dapat bernalar mengenai apakah suatu proses harus memiliki satu nilai yang paling mungkin, mungkin sesuai dengan estimasi kasus dasar.

Distribusi Bernoulli

Distribusi Bernoulli menggambarkan probabilitas terjadinya (atau tidak) risiko jenis peristiwa ya/tidak, dengan parameter p . Misalnya:

- Apakah proses pengembangan obat berhasil atau tidak.
- Apakah akan ada jumlah minyak yang dapat diperoleh secara komersial dalam prospek yang sedang diuji atau dibor. □ Apakah asbes akan ditemukan selama proyek renovasi besar di sebuah rumah.
- Apakah seorang karyawan memenangkan gugatan hukum tentang kondisi kerja.
- Hasil lemparan koin.

Distribusi ini juga digunakan sebagai proksi (atau perkiraan pragmatis) untuk kasus-kasus yang, secara teori, suatu peristiwa dapat terjadi lebih dari satu kali (dalam satuan waktu tertentu), tetapi beberapa kejadian tersebut dianggap tidak mungkin, dengan satu-satunya hasil yang layak dipertimbangkan secara praktis adalah terjadinya atau tidak. Misalnya:

- Apakah dalam 3 bulan ke depan akan ada aksi industri besar, atau karyawan kunci jatuh sakit, atau kerusakan besar pada fasilitas produksi.
- Apakah dalam tahun depan aspek penting dari lingkungan regulasi akan berubah (selama periode beberapa tahun, beberapa aspek dapat berubah).
- Apakah dalam tahun berikutnya pesaing meluncurkan produk baru yang besar, dengan dampak merugikan yang sesuai pada pendapatan (mungkin tidak mungkin dua produk baru yang besar akan diluncurkan dalam tahun tersebut; namun, dalam jangka waktu beberapa tahun, kemungkinan seperti itu umumnya tidak dapat diabaikan).

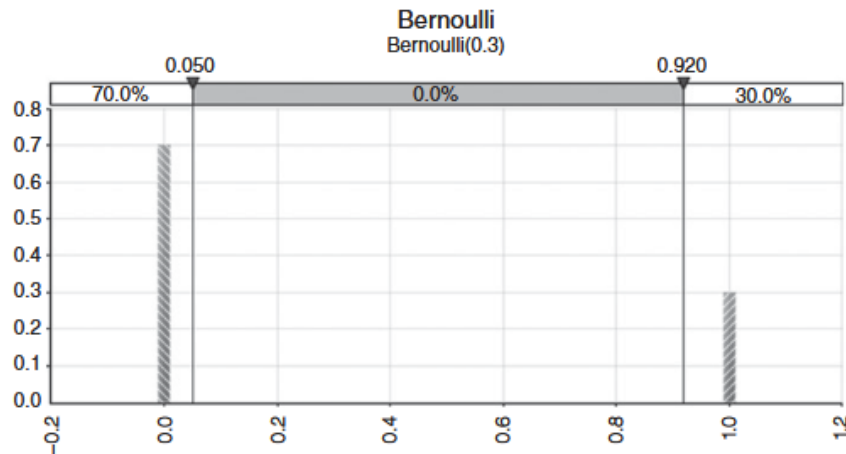
Gambar 9.2 menunjukkan contoh di mana probabilitas terjadinya adalah 30%. Di Excel, sampel distribusi Bernoulli (yang menghasilkan 1 dengan frekuensi p , dan 0 dengan frekuensi $1 - p$) dapat dibuat dengan menggunakan rumus seperti:

$$= IF(P \leq p, 1, 0)$$

Atau

$$= IF(P > p, 1, 0)$$

di mana P adalah sampel acak yang dihasilkan menggunakan fungsi $RAND()$, yaitu $P = RAND()$.



Gambar 9.2 Contoh Distribusi Bernoulli

Distribusi Bernoulli juga merupakan kasus khusus dari distribusi binomial (dibahas di bawah) dan juga dapat dihasilkan dengan cara itu.

Distribusi Binomial

Distribusi binomial menggambarkan probabilitas untuk setiap jumlah kemungkinan kejadian (atau keberhasilan, atau kegagalan) ketika sejumlah tertentu, n , percobaan suatu proses dilakukan, di mana setiap percobaan bersifat independen dan memiliki probabilitas yang sama, p . Misalnya:

- Dengan $n = 5$ dan $p = 30\%$, hasilnya akan menggambarkan probabilitas untuk setiap kemungkinan jumlah penemuan minyak dalam portofolio yang terdiri dari lima prospek, di mana masing-masing memiliki peluang 30% untuk memiliki minyak.
- Ketika $p = 50\%$, ini menggambarkan probabilitas untuk setiap kemungkinan jumlah sisi kepala (atau sisi ekor) yang akan muncul ketika melempar n koin.
- Kasus khusus yang penting adalah ketika $n = 1$. Dalam situasi pemodelan praktis, cukup jarang bahwa setiap kemungkinan kejadian (atau risiko) memiliki probabilitas yang sama, sehingga masing-masing mungkin memerlukan distribusi terpisah. Kasus khusus ini disebut distribusi Bernoulli, yang memiliki satu parameter (p).

Fungsi kepadatan memberikan probabilitas i kejadian dalam n percobaan:

$$f(i) = C(n, i)p^i(1 - p)^{n-i}$$

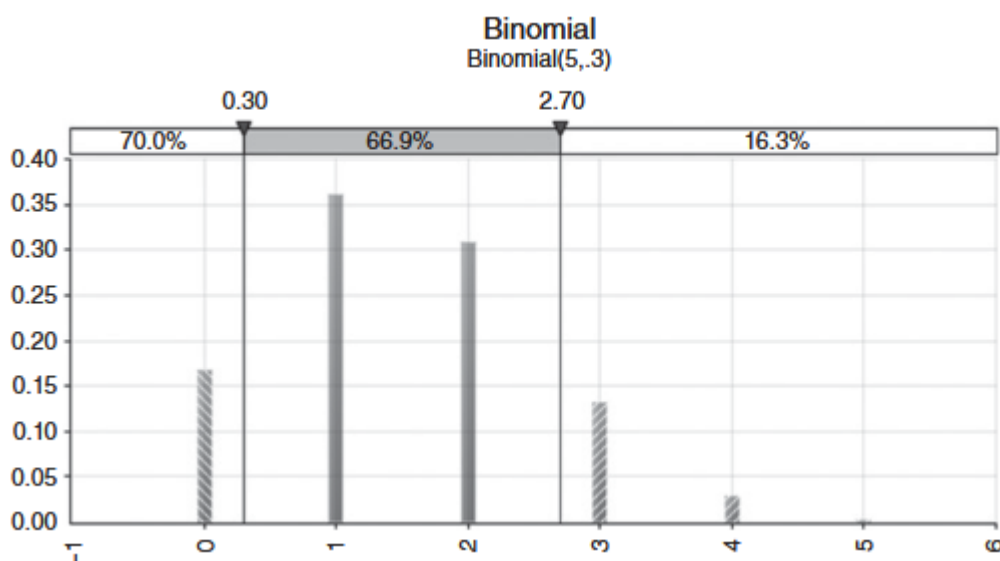
di mana $C(n, i)$ adalah jumlah cara memilih i item dari n item. Berkas Ch9.BinomDist.xlsx berisi kumpulan contoh perhitungan (untuk $n = 5$, $p = 30\%$), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.3. Berkas ini menggunakan rumus di atas secara eksplisit (di mana fungsi C dihitung menggunakan fungsi Excel COMBIN) dan pendekatan langsung (menggunakan fungsi Excel BINOM.DIST, atau BINOMDIST dalam versi sebelumnya; probabilitas kumulatif

A	B	C	D	E	F	G
1						
2	Trials	5				
3	Prob(Occur)	30%				
4						
5	USING COMBIN ROUTE					
6						
7	Occurrences	Number of Combinations		Probability Per Combination	Total Probability	
8	0	1	=COMBIN(C2,B9)	16.8%	16.8%	=C8*E8
9	1	5	=COMBIN(C2,B9)	7.2%	36.0%	=C9*E9
10	2	10	=COMBIN(C2,B9)	3.1%	30.9%	=C10*E10
11	3	10	=COMBIN(C2,B11)	1.3%	13.2%	=C11*E11
12	4	5	=COMBIN(C2,B12)	0.6%	2.8%	=C12*E12
13	5	1	=COMBIN(C2,B13)	0.2%	0.2%	=C13*E13
14					100.0%	=SUM(F8:F13)
15						
16	USING DISTRIBUTION FUNCTION					
17						
18	Occurrences	Probability				
19	0	16.8%	=BINOM.DIST(B9,C2,C3,0)			
20	1	36.0%	=BINOM.DIST(B10,C2,C3,0)			
21	2	30.9%	=BINOM.DIST(B11,C2,C3,0)			
22	3	13.2%	=BINOM.DIST(B12,C2,C3,0)			
23	4	2.8%	=BINOM.DIST(B13,C2,C3,0)			
24	5	0.2%	=BINOM.DIST(B14,C2,C3,0)			
25		100.0%	=SUM(C19:C24)			

Gambar 9.3 Perhitungan Distribusi Binomial di Excel

Distribusi Segitiga

Distribusi segitiga adalah titik awal yang wajar untuk merepresentasikan ketidakpastian berkelanjutan dengan cara yang pragmatis, karena (tidak seperti distribusi berkelanjutan seragam) ia memiliki satu nilai yang paling mungkin, yang sering kali sesuai dengan kasus dasar. Parameter minimum, paling mungkin, dan maksimum umumnya disingkat sebagai Min, ML, dan Max dalam teks. Distribusi ini sederhana dalam konsep, dan dapat berguna sebagai alat komunikasi, terutama jika seseorang menjelaskan konsep umum dalam ketidakpastian kepada mereka yang memiliki sedikit pengalaman dengan subjek tersebut. Secara teori, distribusi muncul sebagai jumlah (atau perbedaan) antara dua proses berkelanjutan yang seragam; dengan demikian, jika pendapatan dan biaya masing-masing didistribusikan dengan cara itu, perbedaannya (laba) akan menjadi distribusi segitiga.

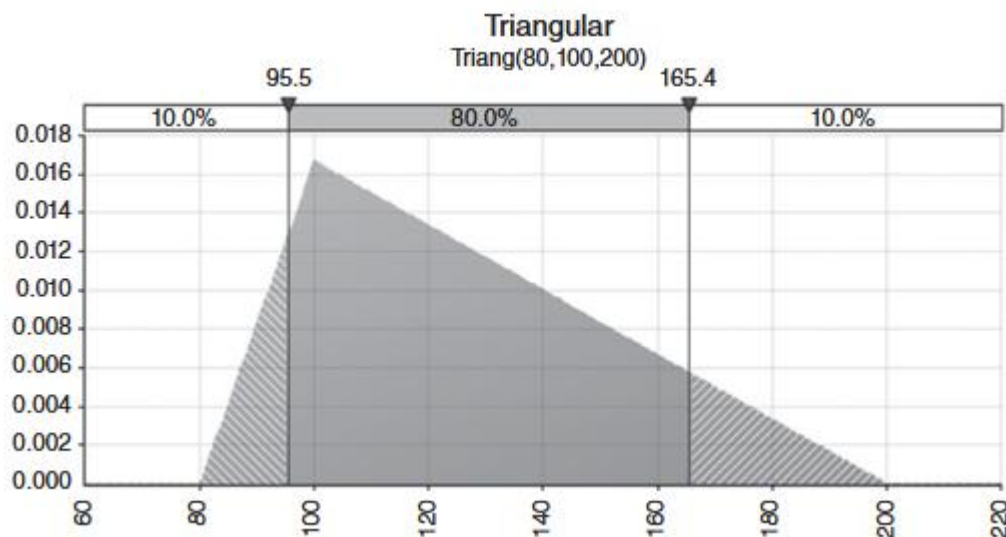


Gambar 9.4 Contoh Distribusi Binomial

Bahkan sebagai distribusi praktis, ia memiliki beberapa potensi kerugian:

- Ia umumnya tidak akan sepenuhnya cocok dengan banyak proses kehidupan nyata (dan hanya menjadi perkiraan bagi mereka), karena proses yang mendasarinya (seperti pendapatan dan biaya) sendiri umumnya tidak didistribusikan sebagai proses berkelanjutan yang seragam.
- Fungsi ini dibatasi di kedua sisi, sedangkan banyak proses dalam kehidupan nyata dibatasi di satu sisi, tetapi tidak dibatasi di sisi lainnya (misalnya waktu tempuh ke tempat kerja, tingkat pasar saham, kemungkinan harga minyak, dll.).
- Ketika parameternya sedemikian rupa sehingga distribusinya sangat miring, hal itu dapat terlalu menekankan hasil ke arah kemiringan. Hal ini disebabkan oleh sifat garis lurus dari fungsi tersebut. Misalnya, ketika nilai maksimum ditingkatkan (sambil mempertahankan nilai minimum dan nilai yang paling mungkin tetap), kemungkinan relatif dari nilai modal harus berkurang (agar area di bawah fungsi kepadatan tetap pada 100%); konsekuensinya adalah bahwa kemungkinan hasil di bawah kasus dasar berkurang secara signifikan, dan kemungkinan hasil di atas nilai yang paling mungkin meningkat (lihat di bawah untuk penjelasan matematis). Poin ini bisa dibilang yang paling penting dalam banyak konteks pragmatis, dan merupakan salah satu alasan mengapa distribusi PERT (lihat nanti) sering digunakan sebagai alternatif.

Gambar 9.5 menunjukkan distribusi segitiga dengan minimum 80, kemungkinan paling besar 100, dan maksimum 200.



Gambar 9.5 Contoh Distribusi Segitiga

Pada saat penulisan, tidak ada fungsi Excel langsung yang terkait dengan distribusi ini. Namun, karena kurva kepadatan terdiri dari dua segmen garis lurus di setiap sisi nilai yang paling mungkin, mudah untuk memperoleh rumusnya:

$$f(x) = \frac{2(x - \text{Min})}{D} \text{ jika } \text{Min} \leq x \leq ML$$

$$f(x) = \frac{2(\text{Max} - x)}{D} \text{ jika } ML \leq x \leq \text{Max}$$

Dimana

$$D = \frac{1}{(\text{Max} - \text{Min})(ML - \text{Min})}$$

Hal ini mudah untuk disimpulkan jika kita ingat bahwa luas segitiga adalah setengah dari hasil kali alas dan tingginya, dan bahwa luas di bawah segitiga harus 100%. Kita juga dapat menetapkan bahwa probabilitas kumulatif pada nilai yang paling mungkin (yaitu luas setengah segitiga hingga titik tersebut) adalah:

$$P_{ML} = (ML - \text{Min}) / (\text{Max} - \text{Min})$$

Dari persamaan ini, kita dapat melihat bahwa ketika kemiringan meningkat (dengan meningkatkan Max dengan parameter lain yang tetap), area (probabilitas kumulatif) di sebelah kiri nilai yang paling mungkin menurun, mendekati nol ketika Max sangat besar dibandingkan dengan parameter lainnya.

Perhatikan juga bahwa rata-rata (mean) dari distribusi dihitung sebagai jumlah dari tiga parameter dibagi tiga (yaitu sebagai rata-rata sederhana); ini sama dengan rata-rata (mean) dari distribusi diskrit umum yang dibentuk dengan nilai yang sama dan probabilitas yang sama, tetapi tentu saja tidak menyiratkan bahwa nilai minimum dan maksimum dari distribusi segitiga memiliki kemungkinan yang sama dengan nilai yang paling mungkin!

Distribusi Normal

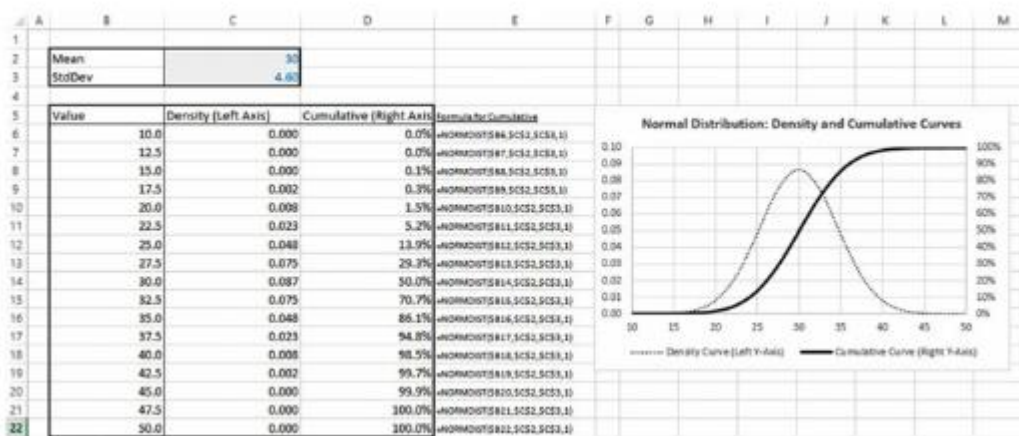
Distribusi normal adalah distribusi kontinu simetris, yang tidak dibatasi di kedua sisi, dan dijelaskan oleh dua parameter, μ dan σ (mean dan deviasi standarnya). Beberapa sifat dasar dan tampilan visual dari distribusi dibahas dalam Bab 8, jadi poin-poin spesifik ini tidak diulang di sini. Distribusi normal (standar) adalah distribusi yang rata-ratanya nol dan simpangan bakunya satu, dilambangkan dengan $N(0,1)$. Distribusi normal dapat digeser tanpa mengubah bentuknya, sehingga $N(\mu, \sigma) = \mu + \sigma N(0,1)$.

Dalam istilah teoritis, distribusi tersebut merupakan kasus pembatas ketika (tanpa batas) banyak proses yang identik dan independen ditambahkan (disebut teorema limit pusat). Dalam praktiknya, keluaran dari banyak model menyerupai distribusi normal, karena banyak situasi pemodelan mengandung sejumlah besar proses aditif. Beberapa kemungkinan contoh item yang dapat direpresentasikan atau didekati oleh distribusi normal meliputi:

- Total waktu yang dihabiskan untuk bepergian ke tempat kerja dalam setahun (menjumlahkan durasi perjalanan setiap hari yang tidak pasti, tetapi pada dasarnya independen).
- Penggunaan listrik oleh bagian pemukiman di suatu kota pada suatu waktu tertentu

dalam sehari (menjumlahkan jumlah yang digunakan oleh setiap rumah atau apartemen).

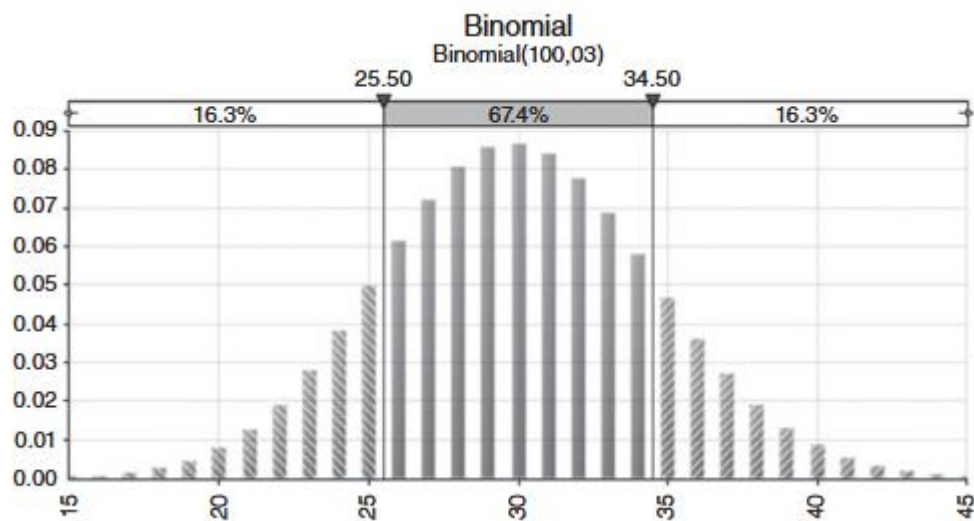
- Jumlah minyak di dunia, dengan asumsi bahwa terdapat banyak reservoir dengan ukuran yang hampir sama, yang masing-masing berisi minyak dalam jumlah yang tidak pasti.
- Arus kas yang didiskontokan dalam perkiraan jangka panjang, yang terdiri dari penjumlahan arus kas yang didiskontokan dari masing-masing tahun.



Gambar 9.6 Perhitungan Distribusi Normal di Excel

Sebagai masukan untuk model, mungkin masuk akal untuk menggunakan distribusi normal jika diyakini bahwa masukan itu sendiri merupakan hasil dari banyak proses acak serupa yang bekerja bersama-sama secara aditif (dan jika tidak efisien, atau praktis untuk memodelkan faktor-faktor pendorong terperinci ini secara individual).

Meskipun distribusi normal mewakili variabel yang nilainya kontinu, distribusi normal dapat digunakan untuk memperkirakan beberapa proses diskrit yang jumlah kemungkinan hasilnya besar (dengan pembulatan yang tepat untuk memberikan hasil integer). Misalnya, total gol yang dicetak dalam satu musim sepak bola oleh semua tim dalam satu liga akan didistribusikan secara normal (sebagai jumlah dari jumlah gol dalam setiap pertandingan, yang dengan sendirinya didistribusikan secara Poisson, seperti yang dijelaskan kemudian).



Gambar 9.7 Contoh Distribusi Binomial untuk 100 Peristiwa

Perhitungan kurva kepadatan dan kumulatif menggunakan fungsi Excel NORMDIST; lihat Gambar 9.6 (fungsi yang sesuai dalam @RISK adalah RiskNormal). Beberapa intuisi mengenai pendorong yang menyebabkan penambahan banyak distribusi independen identik yang menghasilkan proses simetris dapat dilihat dari berikut ini: dengan mempertimbangkan 100 kemungkinan kejadian independen, masing-masing dengan probabilitas 30%, rata-rata 30 akan terjadi. Angka sebenarnya mungkin berbeda dengan itu tentu saja (yaitu bisa berupa bilangan bulat antara nol dan 100 inklusif); namun, rentang yang mungkin, pada kenyataannya, hampir simetris, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.7 (sebagai distribusi binomial). Kita dapat mulai melihat bahwa kemungkinan penyimpangan kecil dari kedua sisi rata-rata adalah simetris dengan mempertimbangkan dua contoh:

- Agar hanya 29 yang terjadi, salah satu dari 30 kejadian perlu berubah menjadi bukan kejadian, dengan masing-masing memiliki probabilitas 70% untuk melakukannya: dengan demikian, ada 30 kemungkinan cara untuk melakukannya, masing-masing dengan probabilitas 70%.
- Agar 31 kejadian terjadi, salah satu dari 70 kejadian yang tidak terjadi harus berubah menjadi kejadian, dengan masing-masing kejadian memiliki 30% kemungkinan terjadinya hal itu: maka, ada 70 kemungkinan cara untuk melakukannya, yang masing-masing memiliki kemungkinan 30%.

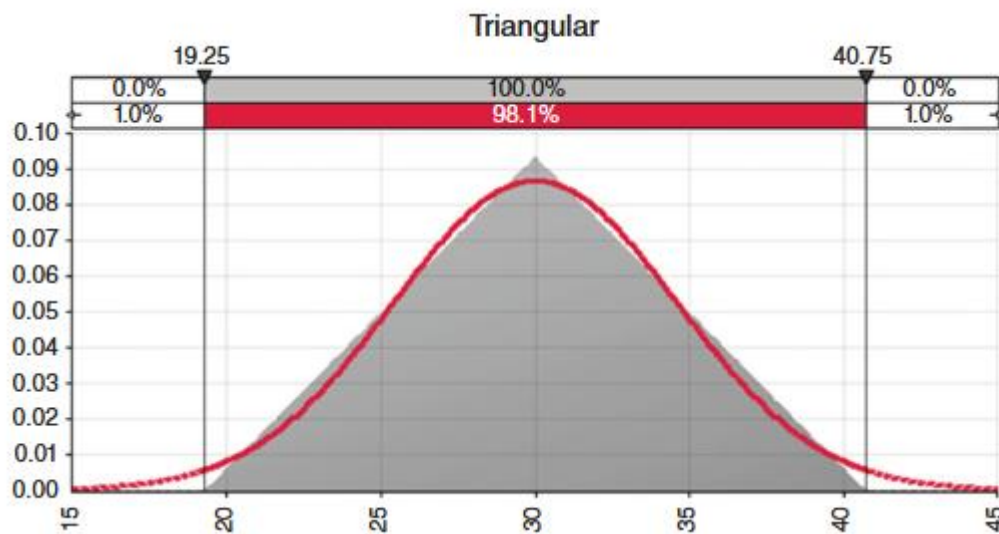
Perhatikan bahwa ketidaksimetrisan yang ada dalam proses individual memengaruhi posisi rata-rata (dan simpangan baku), tetapi tidak pada simetri proses yang dihasilkan (ketika jumlah proses individual cukup besar). Bahkan untuk proses yang berkelanjutan, asumsi distribusi normal, tentu saja, umumnya merupakan perkiraan. Misalnya, distribusi memiliki rentang $-\infty$ hingga ∞ , sedangkan banyak proses di dunia nyata tidak dapat bernilai negatif. Di sisi lain, ketika rata-rata suatu proses jauh lebih besar daripada simpangan bakunya (misalnya empat kali atau lebih), maka penggunaan distribusi normal akan menghasilkan nilai sampel negatif yang jarang terjadi (sekitar tiga dalam 100.000 kali), yang biasanya merupakan perkiraan yang dapat diterima.

Secara umum, semua distribusi kontinu yang simetris dan bermodus tunggal dapat memberikan perkiraan yang wajar satu sama lain (dengan ketentuan bahwa nilai parameter dipilih dengan tepat). Misalnya, distribusi normal dapat didekati dengan distribusi segitiga, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.8. Perkiraan ini diperoleh dengan cara yang murni pragmatis (visual) dengan melapiskan grafik distribusi (menggunakan @RISK) dan menyesuaikan parameter distribusi segitiga sesuai dengan itu.

Gambar tersebut menunjukkan kasus di mana nilai minimum dan maksimumnya ditetapkan sama dengan P1 dan P99 dari distribusi normal. Pendekatan yang lebih ketat adalah mencari parameter yang diperlukan dari distribusi segitiga sehingga memiliki nilai rata-rata dan simpangan baku yang sama dengan distribusi normal. Karena simetri distribusi normal, jelas bahwa seseorang akan menginginkan distribusi segitiga juga menjadi simetris. Jadi, jika kita menggunakan simbol λ untuk menunjukkan setengah lebar distribusi (yaitu lebarnya di setiap arah di sekitar nilai paling mungkin di pusat):

$$\lambda = ML - Min = Max - ML$$

maka kita hanya perlu mencari nilai λ sehingga distribusi segitiga mempunyai deviasi standar σ (dan kita akan menggunakan $ML = \mu$ secara langsung).



Gambar 9.8 Hamparan Distribusi Aproksimasi Segitiga dengan Distribusi Normal yang Mendasarinya

Sebenarnya, mudah untuk menunjukkan (dengan memanipulasi rumus untuk distribusi segitiga) bahwa deviasi standarnya dapat ditulis dalam bentuk setengah lebarnya:

$$StdDev = \frac{\lambda}{\sqrt{6}}$$

Oleh karena itu, jika diberikan distribusi normal dengan parameter μ dan σ , distribusi segitiga

yang sesuai akan didefinisikan oleh:

$$\text{Min} = \mu - \sigma\sqrt{6}$$

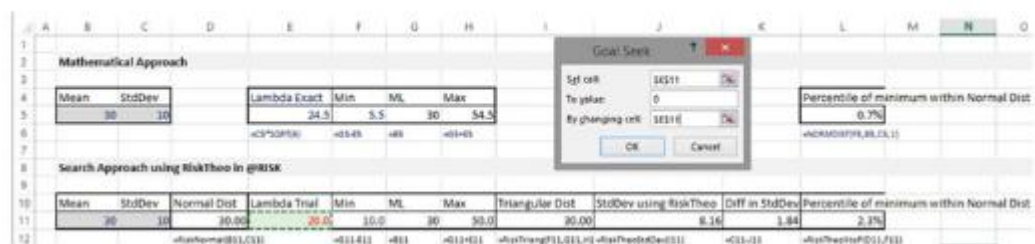
$$\text{ML} = \mu$$

$$\text{Max} = \mu + \sigma\sqrt{6}$$

Oleh karena itu, distribusi segitiga yang dihasilkan memiliki nilai minimum dan maksimum yang kira-kira dua setengah simpangan baku di sisi rata-ratanya ($6 \approx 2,45$); ini sesuai dengan persentil dengan probabilitas terkait sekitar 0,7% dan 99,3%, yaitu kira-kira dengan P1 dan P99 yang dibuat menggunakan metode visual pragmatis. Saat memperkirakan distribusi yang lebih kompleks satu sama lain, manipulasi matematika yang sesuai mungkin tidak memungkinkan.

Dalam kasus seperti itu, metode GoalSeek (atau Solver) dapat digunakan, dikombinasikan dengan pendekatan lain untuk menghitung properti distribusi yang sesuai. Secara khusus, saat menggunakan @RISK, prosedur seperti itu dapat diimplementasikan dengan menggunakan fungsi RiskTheo, yang prinsipnya kami tunjukkan dengan contoh yang sama (tetapi perlu disesuaikan untuk konteks distribusi lainnya):

- Masukkan distribusi yang akan diperkirakan (yaitu normal) sebagai fungsi @RISK. □ Masukkan nilai percobaan untuk parameter distribusi perkiraan ke dalam sel Excel, dan buat hubungan apa pun di antara nilai-nilai tersebut yang diketahui dari konteks. Dalam contoh di atas, pada kenyataannya, hanya ada satu parameter λ yang merupakan faktor yang dapat disesuaikan yang relevan.



Gambar 9.9 Perhitungan untuk Memperkirakan Normal dengan Distribusi Segitiga

Buat uji coba distribusi perkiraan menggunakan fungsi distribusi @RISK yang merujuk ke sel-sel ini. Gunakan fungsi RiskTheoStddev untuk menghitung deviasi standar dari distribusi segitiga (uji coba) secara umum, seseorang akan menggunakan fungsi yang diperlukan dalam kategori ini untuk menghitung, untuk kedua distribusi, parameter yang ingin dicocokkan. Gunakan GoalSeek (atau Solver) untuk menemukan nilai λ yang akan menghasilkan distribusi yang memiliki deviasi standar yang sama (umumnya lebih mudah untuk menghitung selisih antara dua deviasi standar, dengan tujuan agar selisih ini sama dengan nol).

Lihat Gambar 9.9. Prosedur analitik diimplementasikan pada baris 5, sedangkan baris 11 menunjukkan prosedur berbasis pencarian. Gambar tersebut menunjukkan GoalSeek sebagaimana sedang diimplementasikan (tetapi sebelum hasil akhir diturunkan dan

ditempatkan di sel E11), dengan asumsi nilai uji awal 20 dimasukkan untuk setengah lebar di sel E11.

Distribusi Lognormal

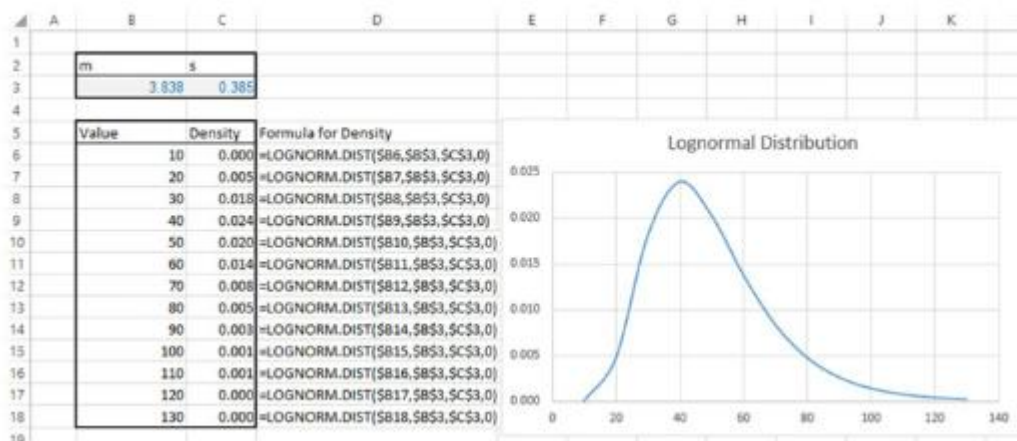
Distribusi lognormal adalah distribusi kontinu dengan minimum nol dan tidak dibatasi dalam arah positif (sebagai hasilnya, distribusi tersebut simetris positif). Distribusi ini dijelaskan oleh dua parameter, rata-rata dan simpangan baku. Distribusi ini terkait dengan distribusi normal dalam arti bahwa distribusi ini dihasilkan dari pembentukan eksponen dari sekumpulan nilai-x yang diambil dari distribusi normal:

$$\text{Lognormal} = e^{\text{normal}}$$

Misalnya, nilai x dari $-\infty$ (yaitu nilai minimum dari distribusi normal) akan dipetakan ke nilai nol (nilai minimum dari distribusi lognormal), dan angka nol P50 (untuk distribusi normal) akan dipetakan ke nilai satu. Saat menggunakan pemetaan tersebut, jika m dan s adalah rata-rata dan simpangan baku dari distribusi normal yang mendasarinya, maka rata-rata dan simpangan baku (μ , σ) dari distribusi lognormal yang dihasilkan diberikan oleh:

$$\mu = e^{m + \frac{s^2}{2}}$$

$$\sigma = \sqrt{(e^{2m+s^2})(e^{s^2} - 1)}$$



Gambar 9.10 Perhitungan Excel Untuk Distribusi Lognormal

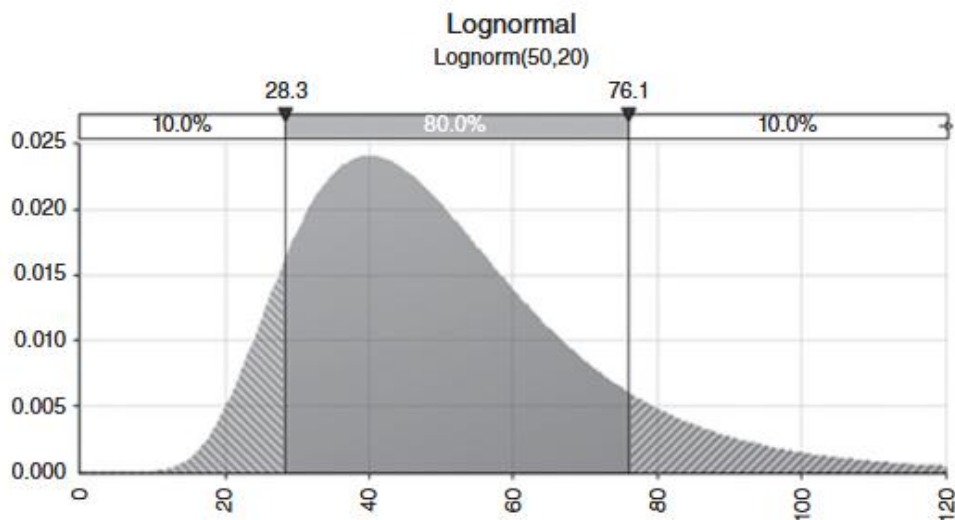
Dalam pengertian ini, μ dan σ dapat dianggap sebagai nilai alami (atau benar) untuk rata-rata dan simpangan baku proses lognormal, dan m dan s adalah parameter logaritmiknya. Saat menggunakan fungsi Excel yang terkait dengan distribusi (seperti LOGNORM.DIST, LOGNORMDIST, LOGNORM.INV, dan LOGINV), parameter input yang diperlukan bukanlah nilai rata-rata aktual (bukan μ , σ), tetapi nilai logaritmik (mis. m, s). Oleh karena itu, jika seseorang ingin menggunakan nilai alami sebagai input ke fungsi Excel, seseorang perlu melakukan langkah perantara untuk memperoleh parameter logaritmik:

$$m = LN \left(\frac{\mu^2}{\sqrt{\mu^2 + \sigma^2}} \right)$$

$$s = LN \left(1 + (\sigma/\mu)^2 \right)$$

Bila digunakan sebagai input ke fungsi Excel, fungsi ini membuat fungsi distribusi yang nilai rata-rata dan simpangan bakunya adalah μ, σ yang diinginkan. File Ch9.LogNormDist.xlsx berisi contoh perhitungan ini, di mana $\mu = 50, \sigma = 20$, dan m dan s masing-masing adalah (kurang lebih) 3,838 dan 0,385; lihat Gambar 9.10. Fungsi LOGNORM.DIST digunakan untuk menghitung kurva kepadatan (fungsi LOGNORM.DIST yang lama hanya menghitung kurva kumulatif).

Dari grafik, secara umum dapat dilihat bahwa, dengan nilai input m dan s di atas, nilai aktual memiliki rata-rata 50 (ini dapat dilihat dengan mengingat bahwa nilai rata-rata (rata-rata) adalah pusat gravitasi atau titik keseimbangan distribusi). Dalam aplikasi bisnis, sering kali lebih baik untuk bekerja langsung dengan nilai-nilai alami, sehingga transformasi tersebut sering kali diperlukan saat bekerja dengan pendekatan Excel/VBA. Saat bekerja dengan @RISK, fungsi RiskLognorm2 juga menggunakan bentuk parameter logaritmik (yaitu menggunakan m, s), sedangkan seseorang dapat bekerja langsung dengan parameter alami dengan menggunakan fungsi RiskLognorm. Gambar 9.11 menunjukkan contoh, di mana rata-rata alami (atau benar) dan deviasi standar (masing-masing 50 dan 20) digunakan secara langsung sebagai parameter input distribusi.



Gambar 9.11 Contoh Distribusi Lognormal

Jika seseorang memiliki kumpulan data historis yang tersedia, perhitungan parameter yang dibutuhkan (baik m, s atau μ, σ) menjadi mudah. Di sisi lain, jika distribusi digunakan dalam konteks pragmatis di mana estimasi parameter dibutuhkan, mungkin lebih mudah untuk menggunakan modus distribusi sebagai parameter input. Modus dikaitkan dengan parameter

yang dibutuhkan melalui rumus:

$$Mode = \frac{\mu^4}{(\mu^2 + \sigma^2)^{\frac{3}{2}}}$$

atau, menggunakan parameter logaritmik:

$$Mode = e^{m - s^2}$$

Distribusi lognormal muncul secara teori sebagai hasil dari proses perkalian: seperti halnya distribusi normal yang dihasilkan dari penambahan banyak proses independen yang identik, distribusi lognormal juga akan dihasilkan dari perkalian proses-proses tersebut. Memang, karena:

$$\text{Log}(A \cdot B \cdot C \dots) = \text{Log}(A) + \text{Log}(B) + \text{Log}(C) + \dots$$

Untuk sembarang angka A, B, dan C, maka hal itu juga akan benar jika A, B, dan C adalah nilai dari proses acak. Jadi, untuk proses acak yang independen dan identik, ruas kanan akan terdistribusi secara normal, sehingga hasil perkalian A.B.C akan menjadi lognormal. Dari sudut pandang intuitif, orang juga dapat melihat bahwa proses perkalian cenderung menghasilkan nonsimetri positif.

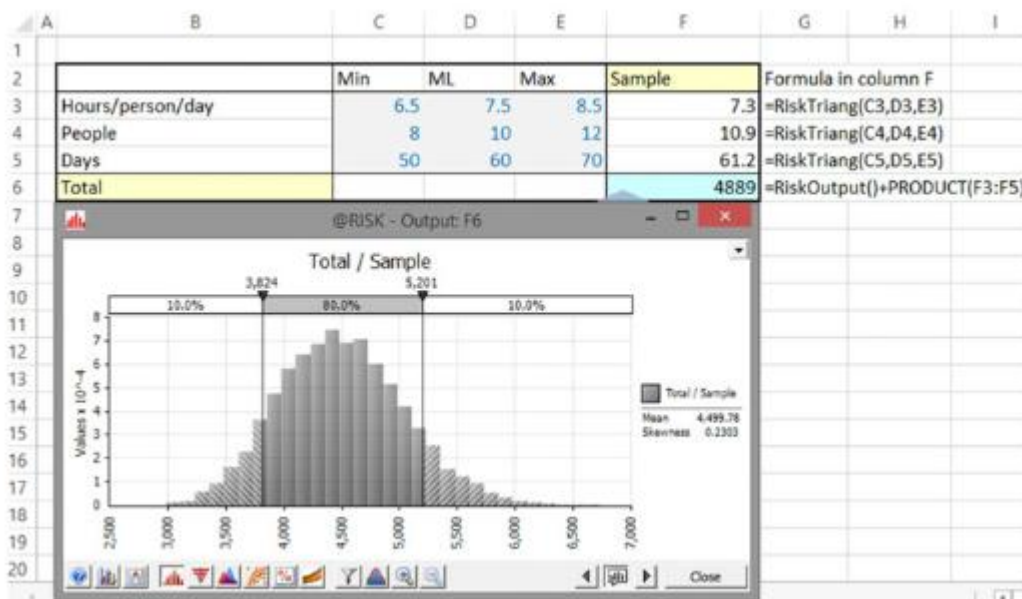
Misalnya, jika seseorang mengambil dua proses independen yang identik (seperti melempar dua koin), di mana masing-masing memiliki dua hasil yang sama kemungkinannya (probabilitas 50% dalam setiap kasus), dengan nilai 0,1 dan 10, maka hasil perkalian keduanya akan menjadi: 0,01 dalam 25% kasus (kedua koin mendarat di 0,1), 1 dalam 50% kasus (satu koin mendarat di 0,1 dan yang lainnya di 10, atau sebaliknya) dan 100 dalam 25% kasus (kedua koin mendarat di 10). Jika kita menggeneralisasi rentang yang memungkinkan sehingga proses input adalah distribusi kontinu yang seragam antara 0,1 dan 10, maka nilai apa pun dalam rentang kontinu dari 0,01 hingga 100 akan mungkin.

Jika lebih banyak proses disertakan dalam perkalian (misalnya, lima), nilai minimum akan menjadi angka positif kecil (0,00001), dan nilai maksimum menjadi angka besar (10.000), sementara nilai modal akan tetap cukup kecil. Meskipun distribusi tersebut mungkin tampak bersifat agak teoritis, ada banyak aplikasi praktis, karena memiliki sejumlah properti yang juga ditemukan dalam proses dunia nyata:

- Memiliki nilai positif dan rentangnya tidak terbatas (seperti halnya rentang waktu perjalanan, atau durasi atau biaya proyek, dan banyak proses lainnya). □ Banyak item (yang ketidakpastiannya ingin direpresentasikan sebagai distribusi input) mungkin, pada kenyataannya, merupakan hasil dari proses perkalian yang mungkin tidak ingin dimodelkan secara eksplisit (karena kurangnya data pada tingkat detail tersebut, atau karena alasan lain).
- Total biaya item tertentu dalam anggaran biaya mungkin merupakan hasil perkalian

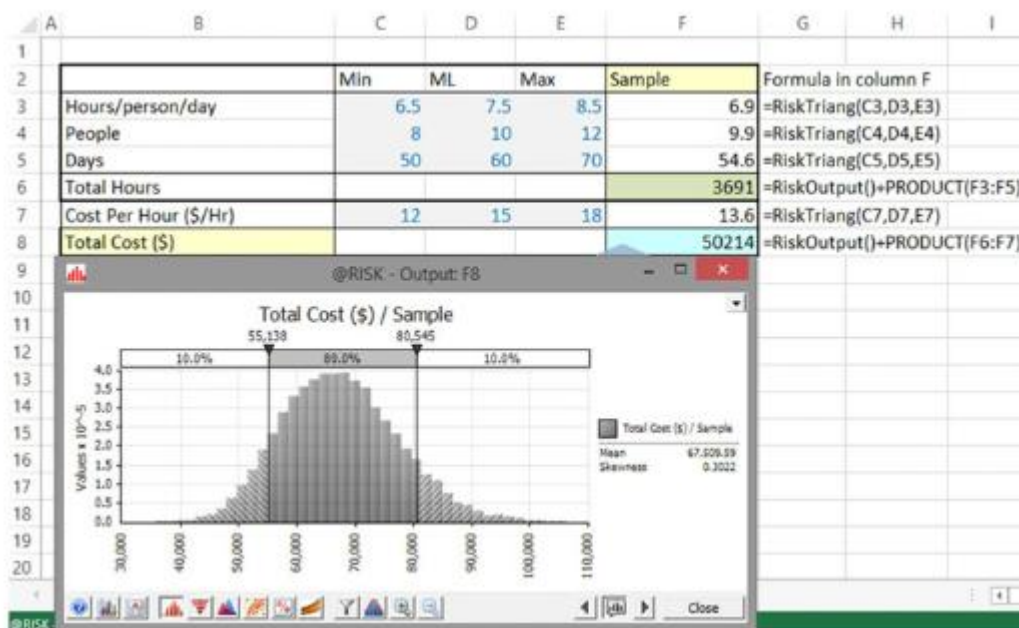
- harga per unit per hari, jumlah unit, dan jumlah hari. Jika digunakan dalam konteks pragmatis seperti itu, akan tetap ada pembenaran teoritis (sebagian) untuk pilihannya.
- Demikian pula, dalam pemodelan minyak, sumber daya, atau cadangan mineral, jumlah minyak (atau cadangan) merupakan hasil perkalian (dengan penyesuaian tertentu) nilai-nilai ketidakpastian dimensi spasial lapangan, porositas dan saturasi air, faktor pembentukan, dan tingkat pemulihan. Tentu saja, ini merupakan perkiraan, karena jumlah minyak di lapangan tertentu terbatas (dan tentu saja dibatasi oleh ukuran planet).
 - Proses berbasis waktu. Distribusi dapat secara langsung mewakili nilai aset di masa mendatang, yang nilainya berkembang seiring waktu sehingga persentase perubahannya di setiap periode tidak pasti, dan independen dari satu periode ke periode berikutnya (tetapi dengan parameter yang sama di setiap periode); nilai di masa mendatang dihitung sebagai hasil dari banyak perubahan. Misalnya, sebuah apartemen mungkin awalnya dinilai sebesar \$100.000, dengan nilainya diasumsikan meningkat atau menurun setiap tahun sebesar 10%. Setelah 1 tahun nilainya akan menjadi \$120.000 atau \$90.000, setelah 2 tahun kisaran yang mungkin adalah dari \$81.000 hingga \$121.000 dan setelah 3 tahun dari \$72.900 hingga \$133.100.

Dengan kata lain, kisaran tersebut menjadi tidak simetris dan akan menjadi lognormal ketika dimodelkan sebagai proses waktu berkelanjutan. Aplikasi terkait mencakup tingkat saham di masa mendatang, harga komoditas dan properti, ukuran ekonomi (PDB) atau mungkin pendapatan perusahaan. □ Bentuknya cukup fleksibel. Jika σ kecil dibandingkan dengan μ , kemiringannya kecil dan menyerupai distribusi normal. Jika σ besar dibandingkan dengan μ , ia memiliki tingkat kurtosis yang tinggi, sehingga dapat menangkap proses dengan ekor yang cukup tebal. Efek dari proses perkalian tentu saja dapat dieksplorasi melalui simulasi. Berikut ini, kami menunjukkan beberapa contoh yang menggambarkan beberapa poin di atas.

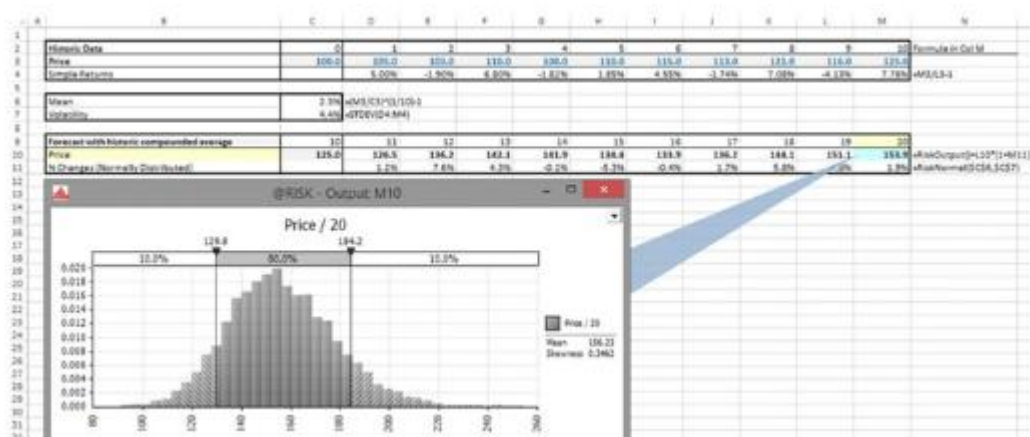


Gambar 9.12 Contoh Skewness yang Timbul dari Proses Perkalian

Mengenai gagasan bahwa proses perkalian menciptakan kemiringan dalam hasil, Gambar 9.12 menunjukkan contoh (menggunakan @RISK), di mana kami telah menjalankan simulasi untuk menilai rentang ketidakpastian untuk total jam kerja yang dibutuhkan pada sebuah proyek, dihitung sebagai hasil perkalian jam per orang per hari, jumlah orang, dan jumlah hari. Meskipun rentang masukan diasumsikan simetris, hasilnya menunjukkan kemiringan (dalam distribusi kemungkinan total jam kerja) sekitar 0,23.



Gambar 9.13 Contoh Lebih Lanjut Tentang Kemiringan Yang Timbul Dari Proses Perkalian



Gambar 9.14 Proses Perkalian Yang Tersirat Dalam Beberapa Deret Waktu

Gambar 9.13 menunjukkan perluasan ini di mana total biaya dihitung dengan perkalian distribusi simetris untuk biaya per jam dengan jam kerja. Penyertaan proses tambahan menyebabkan kemiringan hasil meningkat menjadi sekitar 0,3 (yang merupakan nilai aturan

praktis untuk kemiringan yang terlihat dari kurva kepadatan distribusi). Mengenai terjadinya proses lognormal dalam deret waktu, Gambar 9.14 menunjukkan contoh (juga menggunakan @RISK) di mana seseorang mengasumsikan bahwa, dalam setiap periode, persentase perubahan nilai aset didistribusikan secara normal.

Distribusi untuk nilai masa depan muncul karena efek gabungan dari perkalian beberapa perubahan acak secara bersamaan. Seseorang dapat melihat kemiringan nilai dalam periode 10 sekitar 0,34. Distribusi lognormal juga menyediakan kasus menarik dalam mempelajari bagaimana sifat statistik dari proses acak dapat berperilaku dengan cara yang tidak selalu intuitif (yang merupakan bagian dari alasan penggunaan simulasi dan pemodelan risiko untuk mendukung pengambilan keputusan, alih-alih mengandalkan model statis tradisional dan penilaian intuitif dari komponen risiko).

Sebagai contoh, seseorang dapat mengeksplorasi apakah kebalikan dari distribusi yang condong positif akan condong negatif atau tidak. Sementara seseorang mungkin mengharapkan hal ini terjadi, tidak demikian halnya dengan distribusi lognormal: kebalikan dari produk beberapa angka sama dengan produk kebalikannya, oleh karena itu kebalikan dari distribusi lognormal juga lognormal. Apakah itu terjadi untuk distribusi segitiga, tentu saja, dapat dieksplorasi lebih lanjut melalui manipulasi matematika, yang banyak di antaranya tidak sepele. Namun, masalah seperti itu mudah untuk (mulai) dieksplorasi dengan teknik simulasi.

Gambar 9.15 menunjukkan statistik utama yang dihasilkan dari pelaksanaan simulasi kebalikan dari distribusi lognormal dan dua distribusi segitiga (yang satu condong negatif dan yang lainnya condong positif); dalam kasus ini, semua distribusi keluaran condong positif. Faktanya, tidak seperti distribusi lognormal, apakah kebalikan dari distribusi segitiga (atau banyak proses lainnya) condong positif atau negatif tergantung pada distribusi dan parameternya (seperti apakah nilai yang mendekati nol atau nilai negatif dimungkinkan); pembaca yang tertarik dapat dengan mudah bereksperimen lebih lanjut dengan masalah tersebut untuk distribusi dan nilai parameter yang berbeda.

	Parameters			Skewness	
				Distribution	Reciprocal by Simulation
Lognormal	Mean	StdDev			
	20	5		0.77	0.82
Triangular 1	Min	ML	Max		
	5	10	12	-0.38	1.11
Triangular 2	5	10	25	0.42	0.89

Gambar 9.15 Perbandingan Kemiringan Input Dan Distribusi Resiprokal

Distribusi Beta dan Beta Umum

Distribusi beta (standar) menggambarkan probabilitas untuk suatu proses yang hasilnya berada di antara nol dan satu. Distribusi ini memiliki dua parameter α dan β (juga dikenal sebagai parameter bentuk; distribusinya simetris jika keduanya memiliki nilai yang sama). Dari perspektif teoritis, distribusi ini menggambarkan kemungkinan bahwa nilai tertentu adalah probabilitas sebenarnya dari suatu proses Bernoulli, berdasarkan pengamatan

(analog dengan interval kepercayaan). Misalnya:

- Seseorang mungkin baru saja memulai pekerjaan di lokasi baru, dan mencatat bahwa pada lima dari 20 kejadian, terdapat penundaan yang signifikan dalam perjalanan ke tempat kerja. Apakah probabilitas penundaan tepat 25%, atau mungkinkah ada ketidakpastian di sekitarnya?
- Seseorang mungkin memiliki sejumlah prospek total untuk menemukan minyak di area dengan geologi yang sama; setelah melakukan beberapa pengujian (seperti pengeboran) untuk menentukan apakah ada minyak, seseorang dapat menyimpulkan kisaran probabilitas untuk kegiatan pengeboran berikutnya.
- Jika, dalam sekumpulan sampel makanan, beberapa ditemukan terinfeksi bakteri tertentu, seseorang dapat menyimpulkan kisaran probabilitas untuk sampel selanjutnya yang akan terinfeksi.
- Jika seseorang memperkirakan probabilitas bahwa (dalam setahun) sekuritas tertentu akan gagal bayar, berdasarkan fakta bahwa pada tahun lalu ada satu gagal bayar dari sekumpulan 100 sekuritas serupa, maka seseorang mungkin ingin mempertimbangkan kisaran ketidakpastian untuk probabilitas gagal bayar.

Dalam contoh di atas mengenai perjalanan, sementara penggunaan asumsi probabilitas terjadinya 25% (atau 5/20) mungkin memadai untuk banyak tujuan, itu hanyalah nilai yang paling mungkin. Memang, probabilitas antara 0% dan 100% dapat menghasilkan hasil yang diamati, dengan kemungkinan bahwa probabilitas tertentu adalah probabilitas yang benar berkurang saat kita mempertimbangkan nilai selain 25% (dan berkurang menjadi nol untuk probabilitas sebenarnya 0% dan 100%).

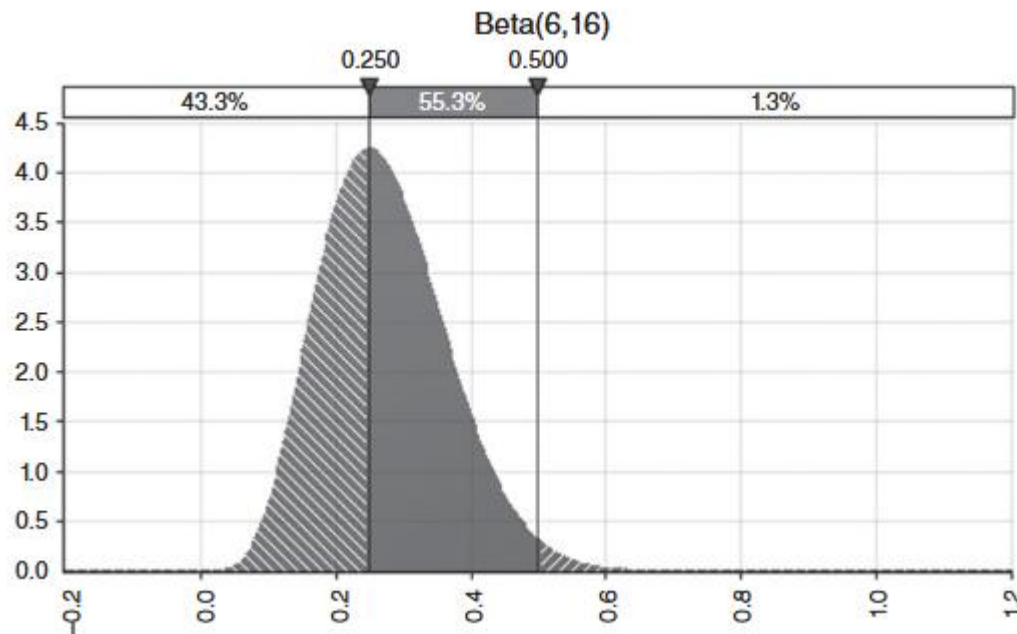
Jelas juga bahwa (secara umum) rentang probabilitas yang mungkin tidak simetris: misalnya, dengan mempertimbangkan rentang nilai absolut yang $\pm 25\%$ di sekitar angka yang paling mungkin yaitu 25% (yaitu dengan mempertimbangkan rentang probabilitas dari 0% hingga 50%), jelas bahwa kasus 0% tidak dapat menghasilkan lima kejadian, sedangkan probabilitas 50% dapat menghasilkan (seperti halnya 60%, misalnya). Gambar 9.16 menunjukkan distribusi beta yang sesuai dengan situasi di atas: sumbu x mewakili probabilitas sebenarnya (tetapi tidak diketahui) dan sumbu y adalah kemungkinan relatif bahwa probabilitas tersebut akan menghasilkan hasil yang diamati. Secara umum, rentang ketidakpastian untuk nilai-nilai yang mungkin dari probabilitas sebenarnya adalah rentang yang parameternya dipilih sebagai berikut:

$$\alpha = \text{Number of occurrences} + 1$$

$$\beta = \text{Number of non-occurrences} + 1$$

Rumus untuk fungsi kerapatan distribusi beta dapat diturunkan dengan mengingat kembali bahwa fungsi kerapatan distribusi binomial menggambarkan probabilitas, untuk setiap i , mengamati i kejadian dalam n kali percobaan, ketika probabilitas kejadian per kali percobaan adalah p :

$$f(n, p, i) = C(n, i) p^i (1 - p)^{n-i}$$



Gambar 9.16 Contoh Distribusi Beta

Jadi, sebaliknya, jika i dan n keduanya diketahui, tetapi p tidak, kita dapat menganggap persamaan di atas sebagai fungsi kepadatan untuk p , yaitu di mana p adalah variabel tak tentu. Jadi, dengan mendefinisikan:

$$\begin{aligned}\alpha &= i + 1 \\ \beta &= n - i + 1\end{aligned}$$

Persamaan ini dapat ditulis sebagai:

$$Beta(\alpha, \beta, p) = \frac{p^{\alpha-1} (1-p)^{\beta-1}}{\beta(\alpha, \beta)}$$

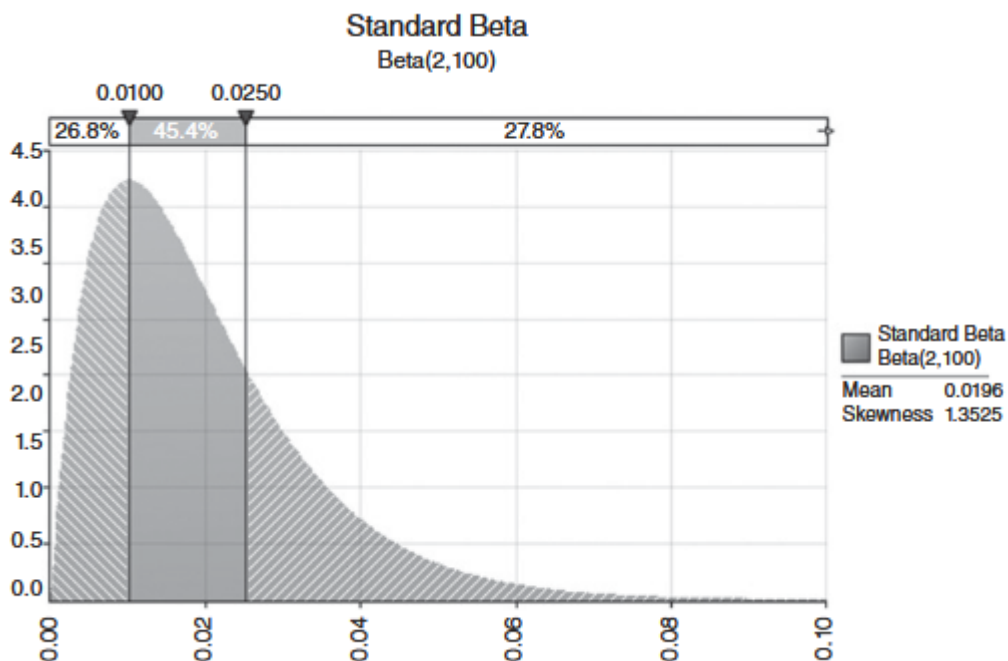
di mana $B(\alpha, \beta)$ adalah faktor skala untuk memastikan bahwa total area di bawah kurva kepadatan adalah 100%. Meskipun tidak secara langsung jelas dari persamaan di atas, distribusinya condong positif ketika jumlah kejadian kecil dibandingkan dengan jumlah pengamatan. Demikian pula, distribusinya condong negatif jika jumlah non-kejadian relatif kecil, dan simetris ketika $i = n/2$. Dengan demikian, nilai yang paling mungkin adalah perkiraan yang lebih rendah dari rata-rata ketika $i < n/2$, dan perkiraan yang lebih tinggi ketika $i > n/2$.

Kita melihat dari Gambar 9.16 bahwa probabilitas rata-rata keterlambatan adalah sekitar 27% ($3/12$). Dengan demikian, estimasi yang didasarkan pada nilai yang paling mungkin dapat secara signifikan meremehkan probabilitas rata-rata kejadian untuk peristiwa langka. Gambar 9.17 menunjukkan distribusi probabilitas untuk suatu peristiwa yang hanya terjadi

satu kali dalam 100 pengamatan, dengan nilai rata-rata hanya di bawah 2% (daripada kasus yang paling mungkin sebesar 1%).

Secara umum, ketika membuat model dengan Bernoulli (atau proses binomial), seseorang dapat menggunakan distribusi beta untuk mewakili distribusi ketidakpastian probabilitas. Misalnya, pada setiap perhitungan ulang (atau iterasi) simulasi, seseorang dapat terlebih dahulu mengambil sampel probabilitas secara acak dari distribusi beta, dan menggunakannya sebagai masukan untuk pengambilan sampel proses Bernoulli atau binomial. Ini akan menghasilkan proses beta-Bernoulli atau beta-binomial.

Fungsi Excel yang berkaitan dengan distribusi beta (seperti BETA.DIST) mencakup parameter tambahan (opsional) (A dan B) yang memungkinkan nilai-x distribusi mengambil nilai apa pun antara A (minimum) dan B (maksimum); ini setara dengan penskalaan distribusi standar secara manual (yaitu mengalikan nilai dengan B–A lalu menambahkan A ke hasilnya). Penskalaan seperti itu, tentu saja, tidak berlaku dalam kasus estimasi probabilitas, tetapi berlaku ketika distribusi digunakan sebagai distribusi pragmatis dalam konteks lain (khususnya, untuk membuat distribusi PERT; lihat nanti).



Gambar 9.17 Contoh Lebih Lanjut dari Distribusi Beta

Saat menggunakan @RISK, fungsi RiskBeta hanya memiliki dua parameter (disebut α_1 , α_2), yaitu sesuai dengan distribusi beta (standar). Meskipun ini dapat diskalakan (seperti di atas) untuk membuat nilai dalam rentang lain, seseorang dapat menggunakan distribusi RiskBetaGeneral (yang memiliki parameter α_1 , α_2 , Minimum, Maksimum).

@RISK juga memiliki distribusi RiskBetaSubjective sebagai variasinya; ini memerlukan empat parameter: minimum, paling mungkin, rata-rata, dan maksimum. Secara teori, ini sangat menarik, karena nilai yang paling mungkin dapat sesuai dengan satu pandangan kasus dasar, dan nilai rata-rata ke yang lain. Namun dalam praktiknya, mungkin saja distribusi tidak

dapat dibentuk dengan nilai-nilai tertentu yang ingin digunakan, terutama jika parameter tersebut diperoleh dari perhitungan atau diambil dari estimasi.

Distribusi PERT

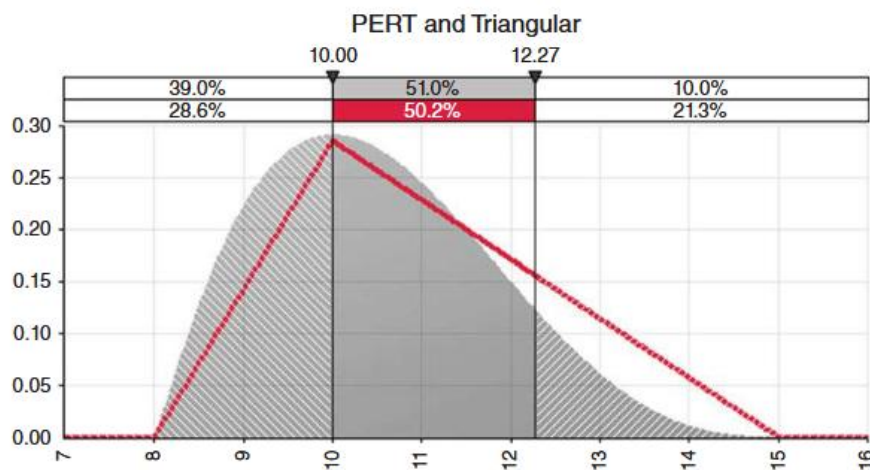
Distribusi PERT (Program Evaluation and Review Technique) merupakan kasus khusus dari distribusi beta (berskala). Distribusi ini diatur oleh tiga parameter: minimum, paling mungkin, dan maksimum (dilambangkan dengan Min, ML, dan Max di bawah), yang tentu saja merupakan parameter yang sama dengan distribusi segitiga. Distribusi dapat dibuat dari distribusi beta (berskala) dengan menetapkan parameter distribusi beta dari Min, ML, dan Max yang diinginkan sebagai:

$$\begin{aligned} A &= \text{Min}, B = \text{Max} \\ \mu &= (\text{Min} + 4ML + \text{Max}) / 6 \\ \alpha &= 6(\mu - \text{Min}) / (\text{Max} - \text{Min}) \\ \beta &= 6(\text{Max} - \mu) / (\text{Max} - \text{Min}) \end{aligned}$$

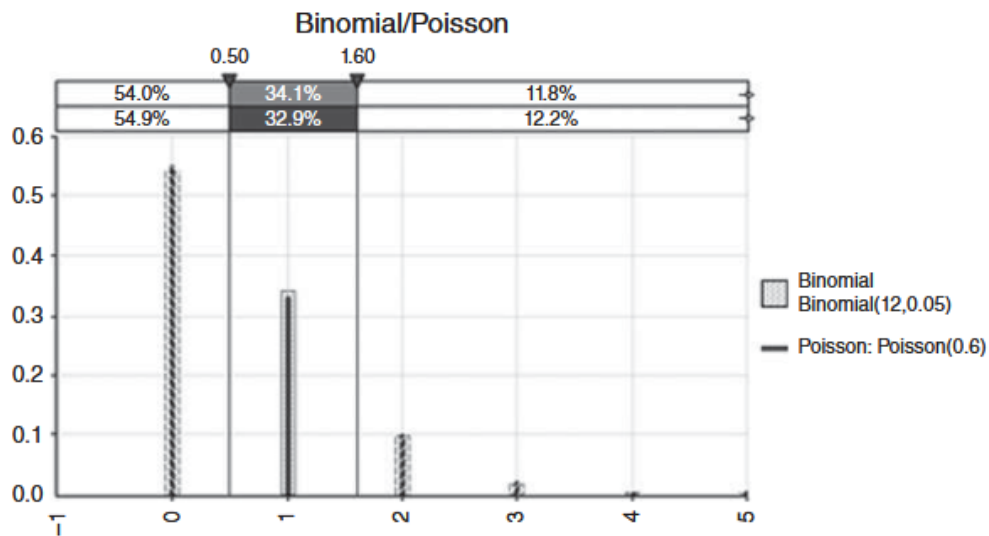
Prosedur semacam itu akan diperlukan saat menggunakan pendekatan Excel/VBA; saat menggunakan @RISK, fungsi RiskPERT dapat digunakan secara langsung. Kegunaan utama PERT adalah sebagai alternatif pragmatis untuk distribusi segitiga dan beta (eksplisit):

- Secara umum dapat dianggap untuk membuat representasi proses yang lebih akurat (daripada distribusi segitiga): kurva ini halus, dan untuk parameter non-simetris, kurva ini cenderung memiliki proporsi nilai yang lebih kecil di ekornya.
- Interpretasi fisik parameter α , β dari distribusi beta tidak intuitif, sehingga memilihnya dengan tepat agar sesuai dengan kasus yang diinginkan dapat sulit dicapai dalam praktik, sedangkan parameter PERT lebih mudah ditafsirkan.

Gambar 9.18 menunjukkan overlay masing-masing, dalam kasus nilai minimum 8, nilai yang paling mungkin 10, dan nilai maksimum 15. Tentu saja, distribusi PERT dibatasi di kedua sisi; bila penting untuk menangkap sifat proses yang tak terbatas, distribusi lain mungkin diperlukan. Namun, batasan ini sering kali tidak relevan, atau pendekatan proses tak terbatas dengan proses terbatas dapat dianggap cukup dalam banyak kasus praktis.



Gambar 9.18 Contoh Distribusi PERT Dan Segitiga



Gambar 9.19 Distribusi Binomial Dan Poisson

Distribusi Poisson

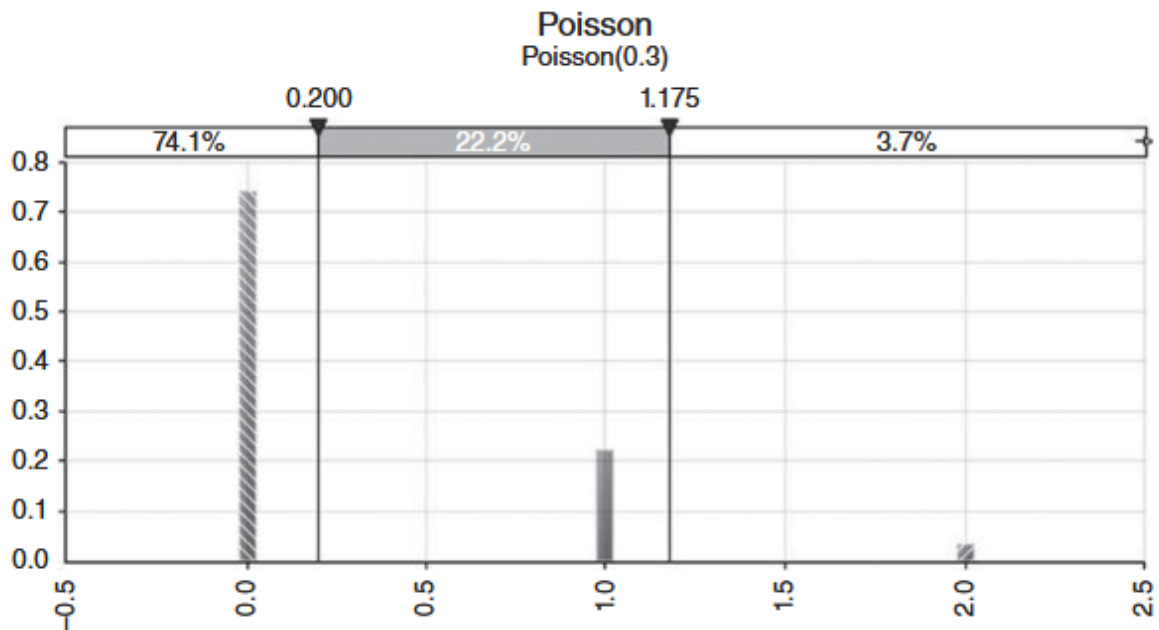
Distribusi Poisson menggambarkan probabilitas terjadinya sejumlah peristiwa tertentu (diskrit) dalam periode waktu tertentu (berkelanjutan), di mana jumlah rata-rata peristiwa per satuan waktu adalah konstan. Distribusi ini memiliki satu parameter λ , yang merupakan intensitas proses, sama dengan jumlah rata-rata peristiwa per satuan waktu. Distribusi ini merupakan padanan waktu berkelanjutan dari distribusi binomial.

Misalnya, seseorang dapat menangkap jumlah kali mobil mogok dalam setahun sebagai binomial (12, 5%), yang sesuai dengan peluang 5% terjadinya satu kali kerusakan setiap bulan, dan rata-rata 0,6. Sebaliknya, distribusi Poisson (dengan intensitas 0,6) akan menangkap angka tahunan, dan mungkin tidak terbatas, meskipun angka yang lebih tinggi lebih kecil kemungkinannya. Gambar 9.19 menunjukkan perbandingan keduanya. Sifat visual distribusi berubah saat λ meningkat:

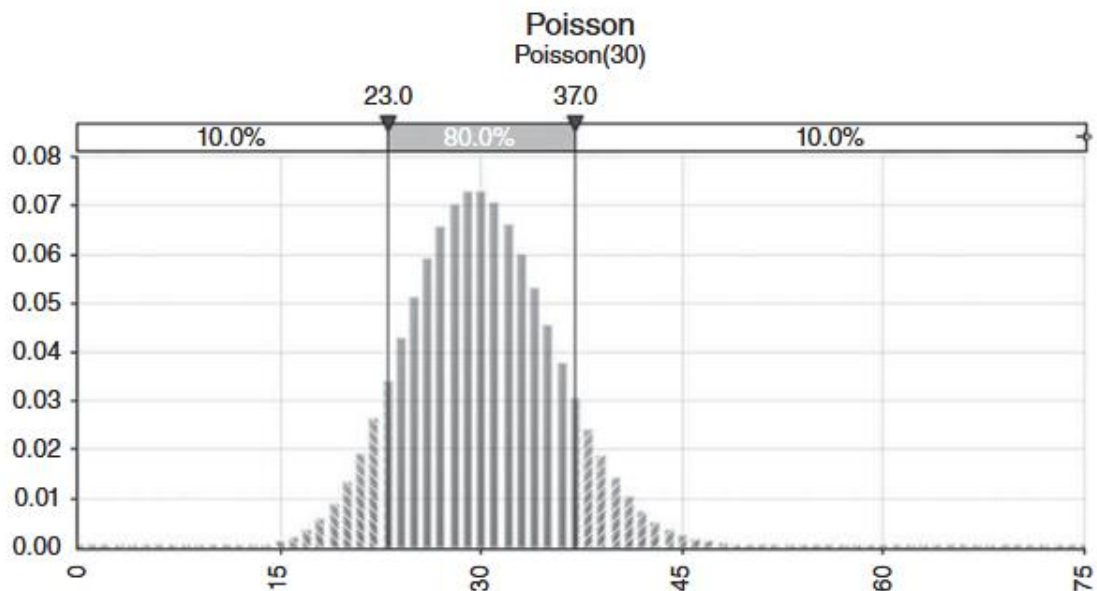
- Ketika λ kecil (sehingga dua atau lebih peristiwa tidak mungkin diamati), distribusinya mendekati distribusi Bernoulli, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.20. Secara praktis, ketika λ kurang dari (kira-kira) 0,15, probabilitas terjadinya lebih dari satu kejadian proses tersebut kurang dari 1% per satuan waktu; dengan demikian, distribusi Bernoulli merupakan perkiraan yang wajar untuk proses Poisson berintensitas rendah.
- Ketika λ lebih besar, distribusinya menyerupai distribusi binomial, dan untuk nilai yang besar akan menyerupai distribusi normal (meskipun nilainya diskrit); lihat Gambar 9.21. Perilaku seperti itu merupakan hasil dari sifat aditif dari proses Poisson: distribusi jumlah kejadian adalah sama baik jika durasi pengamatan digandakan, atau intensitas kejadian digandakan untuk jangka waktu yang tetap. Dengan demikian, proses dengan intensitas tinggi setara dengan menambahkan banyak proses individual secara bersamaan, dan dengan demikian akan terdistribusi secara normal. Fakta ini juga penting untuk membuat sampel distribusi dalam praktik; untuk λ yang besar, akan lebih efisien secara komputasi untuk mengambil sampel distribusi normal sebagai ganti penggunaan rumus Poisson yang sebenarnya.

Distribusi ini sering digunakan untuk merepresentasikan probabilitas hasil untuk situasi seperti:

- Jumlah orang yang datang dalam antrian per menit.
- Jumlah kecelakaan lalu lintas di suatu kota per hari.
- Jumlah kejatuhan pasar saham per dekade.



Gambar 9.20 Proses Poisson Intensitas Rendah



Gambar 9.21 Proses Poisson Intensitas Tinggi

Masalah operasional dan sumber daya, seperti jumlah email yang diterima per jam selama hari kerja, atau jumlah gangguan saat melakukan presentasi. Jumlah gol dalam pertandingan sepak bola. Proses ini dapat diterapkan pada domain selain waktu (seperti ruang) jika intensitas kejadiannya konstan: misalnya, proses ini dapat menangkap jumlah ikan di bentangan sungai

tertentu jika kepadatan rata-rata ikan (per meter panjang sungai) konstan. Fungsi kepadatan diberikan oleh:

$$f(i) = e^{-\lambda} \lambda^i / i!$$

dan fungsi kumulatif dengan:

$$F(i) = e^{-\lambda} \sum_{j=0}^{j=i} \frac{\lambda^j}{j!}$$

Saat menggunakan Excel/VBA, fungsi kepadatan dan kumulatif dapat dievaluasi menggunakan fungsi POISSON.DIST (atau POISSON dalam versi sebelumnya): POISSON.DIST(i , λ , 0) menyediakan fungsi kepadatan dan POISSON.DIST(i , λ , 1) fungsi kumulatif untuk setiap nilai yang mungkin, i .

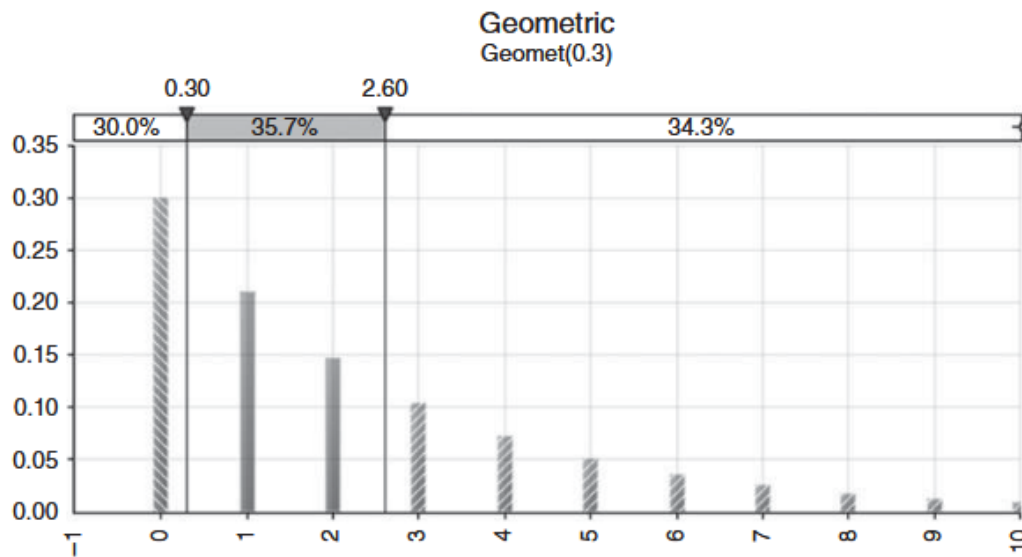
Rata-rata dan variansnya sama dengan λ (sehingga simpangan bakunya adalah λ); kemiringannya adalah 1. Untuk λ yang besar, distribusinya menjadi simetris dan suku $e^{-\lambda}$ menjadi λ sangat kecil sehingga mungkin sulit untuk dievaluasi secara komputasional; oleh karena itu, distribusi normal biasanya digunakan sebagai proksi dalam kasus seperti itu (lihat Bab 11).

Distribusi Geometris

Distribusi geometrik menggambarkan probabilitas untuk jumlah ketidakterjadian proses Bernoulli sebelum kejadian pertama. Ketidakterjadian tersebut dapat dijelaskan dengan istilah yang berbeda sesuai dengan konteksnya: jumlah kegagalan sebelum keberhasilan, atau jumlah keberhasilan sebelum kegagalan, atau jumlah periode atau percobaan sebelum terjadinya suatu peristiwa. Perhatikan bahwa distribusi "waktu tunggu", yaitu jumlah total periode (atau percobaan) hingga keberhasilan pertama terjadi, dihitung dengan menambahkan satu ke nilai (sampel) distribusi. Contoh penggunaannya meliputi:

- Jumlah periode sebelum risiko peristiwa terjadi. Ini juga dapat mewakili hasil positif, seperti jumlah periode hingga proyek disahkan, atau hingga rencana pengembangan berhasil, dan seterusnya.
- Jumlah periode sebelum kerusakan fasilitas manufaktur atau mobil. □ Jumlah kali koin dilempar sebelum muncul sisi kepala, atau jumlah taruhan berurutan yang perlu dilakukan pada rolet sebelum angka yang dipilih muncul.

Distribusi memiliki satu parameter, p , probabilitas kemunculan pada setiap periode (atau percobaan), dengan probabilitas ketidakmunculan tentu saja $1 - p$.



Gambar 9.22 Contoh Distribusi Geometris

Fungsi kepadatannya adalah:

$$f(i) = p(1 - p)^i$$

Fungsi kumulatifnya adalah:

$$F(i) = 1 - (1 - p)^{i+1}$$

Gambar 9.22 menunjukkan distribusi untuk $p = 30\%$. Tentu saja, ada probabilitas, p , bahwa peristiwa tersebut terjadi pada percobaan pertama (yaitu tidak ada kegagalan sebelum keberhasilan pertama). Mungkin berlawanan dengan intuisi bahwa hasil tunggal yang paling mungkin adalah kejadian pada percobaan pertama; alasannya adalah bahwa distribusi hanya mengukur kejadian pertama, sehingga percobaan berikutnya terjadi lebih jarang daripada yang pertama.

Distribusi terkadang dianggap menggambarkan keberuntungan pemula dan kehancuran penjudi; umumnya ada probabilitas sekitar dua pertiga bahwa peristiwa tersebut akan terjadi pada, atau sebelum, yang secara intuitif diharapkan terjadi (sehingga penjudi akan menganggap dirinya lebih unggul), tetapi ekor panjang distribusi berarti bahwa akan ada beberapa kasus di mana penjudi berulang kali kehilangan uangnya, dan seiring waktu kemungkinan kemenangan awal akan hilang. Ketika digunakan untuk masalah seperti pemodelan pemeliharaan, mungkin ada beberapa keterbatasan pada distribusi:

- Distribusi bersifat diskrit, tidak kontinu, dalam waktu.
- Seseorang mungkin menginginkan probabilitas terjadinya meningkat (atau menurun) seiring waktu, sehingga sesuatu lebih mungkin rusak seiring bertambahnya usia.
- Ia hanya mengukur waktu hingga kejadian pertama; dalam beberapa kasus, kejadian kedua atau ketiga dari suatu masalah mungkin lebih relevan (seseorang mungkin

memiliki kebijakan untuk membeli mobil baru setiap kali mobil yang lama rusak tiga kali).

Distribusi Binomial Negatif

Distribusi binomial negatif menggambarkan probabilitas untuk jumlah ketidakterjadian (periode atau percobaan) hingga beberapa kejadian proses Bernoulli (yang memiliki probabilitas kejadian p) telah terjadi. Distribusi ini memiliki dua parameter, s dan p , dengan s sebagai bilangan bulat yang mewakili jumlah kejadian yang dicari, dan p sebagai probabilitas kejadian pada setiap periode (percobaan).

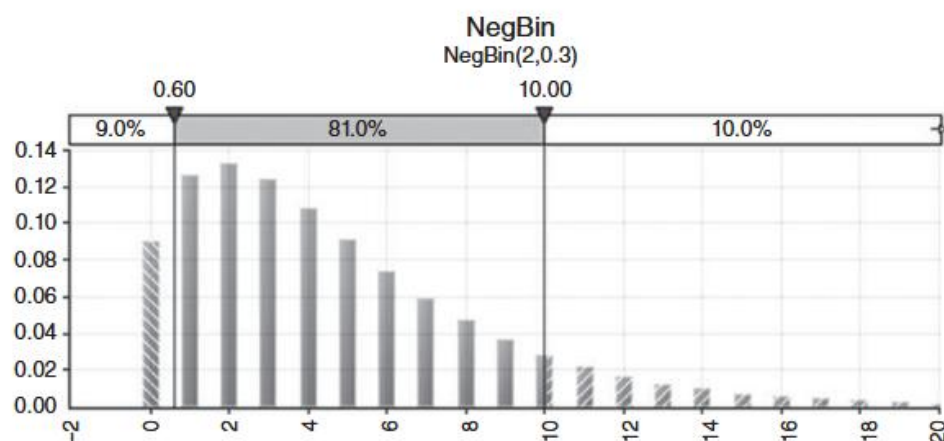
Distribusi geometris adalah kasus khusus, yang sesuai dengan $s = 1$. Bila digunakan sebagai distribusi "waktu tunggu" (atau jumlah total periode (atau percobaan) hingga s keberhasilan terjadi), nilai s perlu ditambahkan ke nilai sampel distribusi untuk memberikan jumlah total percobaan hingga s terjadi. Kegunaan utamanya adalah:

- Sama seperti distribusi geometris, tetapi jika kejadian berulang dari suatu masalah relevan (misalnya, suatu struktur mungkin gagal hanya setelah empat kejadian suatu peristiwa, bukan setelah kejadian pertama).
- Sebagai distribusi jumlah item yang muncul dalam periode waktu tertentu, dan dalam konteks yang mirip dengan (atau sebagai pengganti) distribusi Poisson.

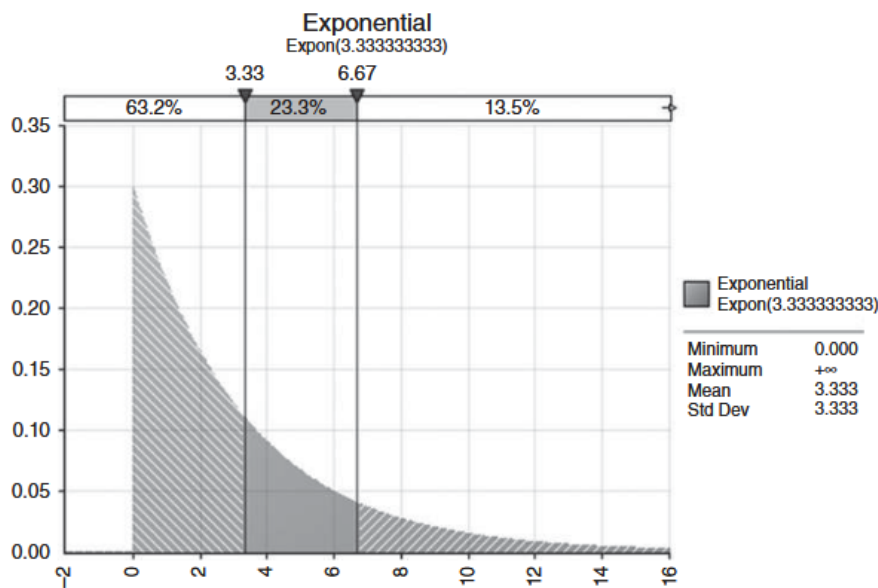
Fungsi kepadatannya adalah:

$$f(i) = C(s + i - 1, i) p^s (1 - p)^i$$

di mana i adalah jumlah percobaan dan (seperti untuk distribusi binomial) $C(n, i)$ adalah jumlah cara memilih i item dari n (seperti yang dijelaskan sebelumnya dalam bab ini). Fungsi distribusi Excel NEGBINOM.DIST dapat digunakan untuk mengevaluasi kurva kepadatan dan kumulatif (NEGBINOMDIST sebelumnya hanya menyediakan kurva kepadatan, jadi harus secara eksplisit mengakumulasi distribusi dengan penggunaan berulang kurva kepadatan ini pada nilai-nilai individualnya). Gambar 9.23 menunjukkan contoh di mana $s = 2$ dan $p = 30\%$.



Gambar 9.23 Contoh Distribusi Binomial Negatif



Gambar 9.24 Contoh Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial adalah fungsi kontinu yang menggambarkan probabilitas kemungkinan waktu terjadinya (atau waktu antara kejadian) suatu proses yang intensitasnya konstan (yaitu proses Poisson). Distribusi eksponensial merupakan padanan waktu kontinu dari distribusi geometri (waktu diskrit). Distribusi eksponensial memiliki parameter yang sama dengan distribusi Poisson (λ , parameter skala, yang berarti bahwa nilai- x diskalakan dengannya, sehingga perubahan λ setara dengan penskalaan ulang sumbu- x).

Fungsi kerapatan (untuk $x \geq 0$) adalah:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

Kurva kumulatifnya adalah:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$$

Rata-rata distribusi adalah 1, yang juga sama dengan simpangan bakunya. Ini dapat dievaluasi di Excel dengan fungsi EXPON.DIST atau EXPONDIST. Dalam @RISK fungsi yang sesuai (RiskExpon) menggunakan parameter β , di mana $\beta = 1/\lambda$ sehingga β adalah rata-rata distribusi. Gambar 9.24 menunjukkan grafik distribusi dalam kasus $\lambda = 0,3$ ($\beta = 1/0,3$ atau 3,33...).

Distribusi Weibull

Distribusi Weibull paling sering digunakan untuk menggambarkan probabilitas waktu terjadinya (pertama) suatu proses dalam waktu kontinu, di mana intensitas kejadiannya mungkin tidak konstan. Distribusi ini memiliki dua parameter, α , β , dengan β bertindak sebagai parameter skala.

Fungsi kerapatannya adalah (untuk $x \geq 0$):

$$f(x) = \frac{\alpha x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$$

dan fungsi kumulatifnya adalah:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$$

Faktanya, pada prinsipnya, distribusi kontinu apa pun dapat digunakan untuk merepresentasikan waktu hingga kemunculan pertama suatu proses: intensitas kemunculan tersirat dapat dihitung dari fungsi kerapatan dan kumulatif apa pun sebagai:

$$I(x) = \frac{f(x)}{1 - F(x)}$$

Rumus ini hanya menyatakan bahwa tingkat kejadian sesaat adalah frekuensi kejadian relatif saat ini yang relatif terhadap sebagian hasil yang mungkin terjadi yang belum terjadi. Untuk distribusi Weibull, ini memberikan:

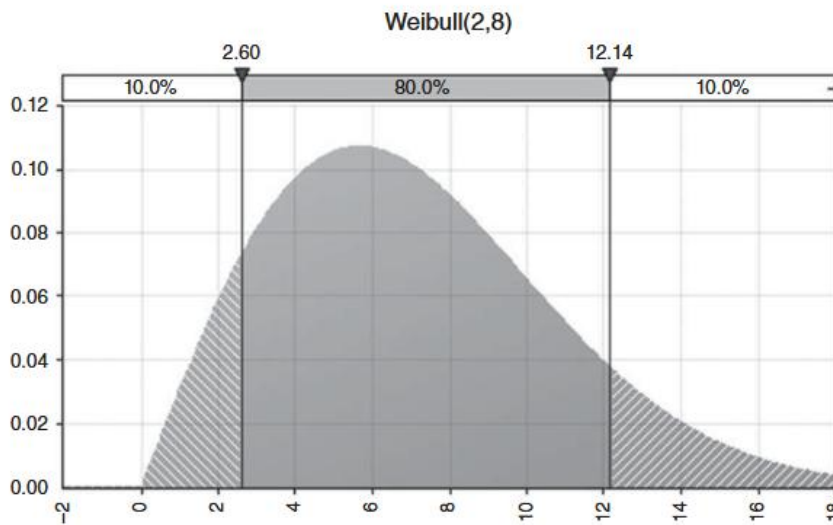
$$I(x) = \frac{\alpha x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha}$$

Ketika $\alpha = 1$, distribusinya sama dengan distribusi eksponensial, dan intensitasnya konstan (1). Ketika $\alpha < 1$, intensitas prosesnya menurun (karena x adalah variabel waktu β secara umum), dan ketika $\alpha > 1$, intensitasnya meningkat. Jadi, banyak kasus dalam pemeliharaan atau pemodelan seumur hidup akan menggunakan $\alpha > 1$ untuk menyatakan bahwa semakin tua sesuatu, semakin besar kemungkinannya untuk gagal.

Gambar 9.25 menunjukkan contoh distribusi dalam kasus $\alpha = 2$, $\beta = 8$. Karena fungsi kerapatan untuk distribusi tersebut mengandung suku pangkat dan suku eksponensial, bentuknya cukup fleksibel, dan sering digunakan dalam konteks selain pemodelan waktu-kejadian. Misalnya, terkadang digunakan untuk menangkap rentang kecepatan angin yang mungkin, seperti yang digunakan dalam contoh di Bab 4.

Distribusi Gamma

Distribusi gamma adalah padanan waktu kontinu dari distribusi binomial negatif. Distribusi ini memiliki dua parameter, α dan β (α adalah parameter bentuk, β adalah parameter skala). Ketika $\alpha = 1$, prosesnya sama dengan distribusi eksponensial dan Weibull. Secara umum, ketika α adalah bilangan bulat, distribusi ini mewakili waktu yang diperlukan untuk α kejadian dari proses intensitas konstan agar terjadi. Dalam hal ini, distribusi ini juga disebut distribusi Erlang, yang tidak dibahas lebih lanjut dalam teks ini.



Gambar 9.25 Contoh Distribusi Weibull

Fungsi kerapatannya (untuk $x \geq 0$) adalah:

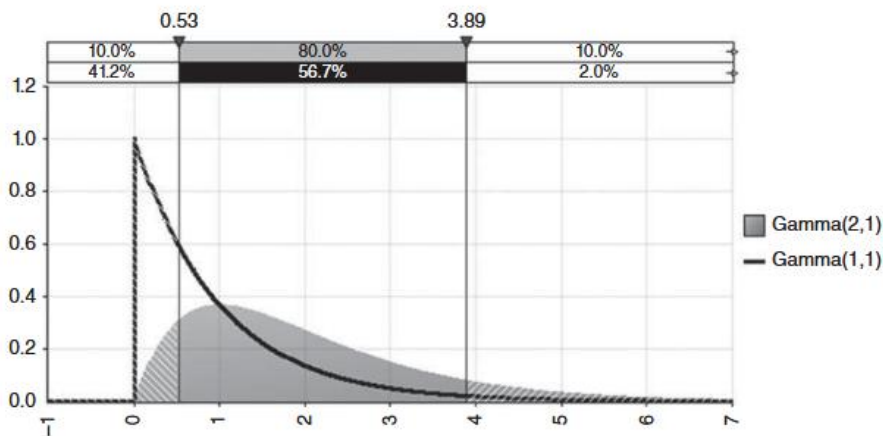
$$f(x) = \frac{1}{\beta \Gamma(\alpha)} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)}$$

Γ adalah fungsi yang diperlukan untuk memastikan bahwa probabilitas kumulatif adalah 100%, yang disebut fungsi gamma. Meskipun fungsi kumulatif tidak ada sebagai ekspresi analitik (bentuk tertutup), fungsi Excel GAMMA.DIST (GAMMADIST) dapat digunakan untuk mengevaluasi fungsi kepadatan dan fungsi kumulatif (jika seseorang ingin mengevaluasi fungsi kepadatan secara eksplisit, menggunakan rumus di atas, fungsi GAMMA dapat digunakan untuk melakukan penskalaan yang diperlukan).

Gambar 9.26 menunjukkan distribusi gamma dengan $\alpha = 2$ yang dilapisi dengan distribusi yang $\alpha = 1$ (dalam kedua kasus, faktor penskalaan β ditetapkan sama dengan 1). Distribusi juga mewakili rentang ketidakpastian yang terkait dengan parameter proses Poisson ketika pengamatan eksperimental aktual tersedia, tetapi intensitasnya tidak diketahui. Kita dapat melihat hal ini dengan menggunakan pendekatan yang mirip dengan pendekatan yang digunakan sebelumnya: yaitu, kita menggunakan rumus fungsi kepadatan untuk distribusi Poisson dengan parameter λ pada hasil tertentu, i , tetapi menganggapnya sebagai fungsi λ , bukan i :

$$f(i, \lambda) \sim e^{-\lambda} \lambda^i / i!$$

Sebagai fungsi dari λ , dan dengan $\alpha = i + 1$, ini adalah distribusi gamma; faktor skala yang bergantung pada i (atau pada α) perlu disertakan untuk memastikan bahwa distribusi kumulatif adalah 100%; ini adalah peran $\Gamma(\alpha)$.



GAMBAR 9.26 Contoh Distribusi Gamma

Jadi, seseorang dapat pada setiap iterasi simulasi pertama-tama mengambil sampel distribusi gamma secara acak dan kemudian menggunakannya sebagai parameter (λ) untuk pengambilan sampel distribusi Poisson. Jika diperlakukan sebagai proses tunggal, ini disebut proses atau distribusi Po'lya.

Distribusi Diskrit Umum

Distribusi diskrit umum secara eksplisit mendefinisikan probabilitas yang terkait dengan setiap hasil dari sekumpulan nilai yang mungkin terbatas. Distribusi ini umumnya digunakan:

- Untuk memodelkan skenario dan situasi lain dengan hanya beberapa hasil (misalnya rendah, sedang, tinggi).
- Untuk memperkirakan distribusi lain, termasuk yang kontinu.
- Untuk mereplikasi distribusi diskrit lain yang hanya memiliki sekumpulan hasil terbatas, seperti Bernoulli atau binomial.

Distribusi didefinisikan melalui tabel, yang menunjukkan nilai dan probabilitas setiap kemungkinan hasil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.27. Jelas, untuk mereplikasi proses diskrit terbatas lainnya (seperti binomial), seseorang perlu mencantumkan semua kemungkinan hasil dan probabilitasnya. Saat menggunakan @RISK, distribusi dapat dibuat menggunakan fungsi RiskDiscrete.

Dalam @RISK, fungsi tambahan yang terkait dengan ini adalah fungsi kontinu RiskGeneral dan RiskCumul, dengan parameter minimum, maksimum dan $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}, \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$. Dalam kasus pertama, nilai-p adalah probabilitas relatif dari sekumpulan nilai-x, dan dalam kasus kedua, nilai-p adalah probabilitas kumulatif (dinyatakan dalam urutan menaik). Fungsi-fungsi tersebut menghasilkan kurva distribusi yang diinterpolasi secara linier di antara titik-titik (sehingga untuk fungsi RiskCumul, kurva kepadatan yang sesuai akan seragam di antara setiap kumpulan titik, tetapi dengan probabilitas relatif yang berbeda di setiap rentang).

	A	B	C	D
1				
2		X-Values	Probabilities	
3		10	25%	
4		15	45%	
5		25	55%	
6				
7				

Gambar 9.27 Contoh Tabel Nilai Dan Probabilitas Untuk Distribusi Diskrit Umum

Perhatikan juga bahwa nilai diskrit maksimum yang digunakan dalam fungsi tersebut dapat berupa distribusi, seperti distribusi lognormal (tanpa batas); dengan cara ini, ekor kanan dapat diperluas jika diperlukan.

Distribusi Seragam Integer

Distribusi seragam integer merupakan kasus di mana setiap integer dalam rentang kemungkinan hasil (antara minimum [Min] dan maksimum [Max], keduanya diasumsikan sebagai integer) memiliki kemungkinan yang sama. Misalnya, lemparan dadu memiliki kemungkinan hasil 1, 2, 3, 4, 5, 6. Fungsi kerapatan (untuk integer i antara Min dan Max) adalah:

$$f(i) = \frac{1}{Max - Min + 1}$$

Fungsi kumulatifnya adalah:

$$F(i) = \frac{i - Min + 1}{Max - Min + 1}$$

Fungsi @RISK RiskIntUniform menyediakan distribusi ini. Aplikasi penting dalam praktik adalah metode resampling, contohnya diberikan dalam Bab 11.

Distribusi Hipergeometrik

Distribusi hipergeometrik adalah distribusi diskrit yang menjelaskan, untuk setiap hasil integer (yang mungkin) i , probabilitas bahwa item i dalam sampel akan menjadi item yang ditandai. Konteksnya adalah bahwa ada populasi berukuran M , di mana item D ditandai (artinya item tersebut ditandai atau khusus dengan cara yang dapat diidentifikasi), dan sampel berukuran n diambil (yaitu di mana setiap item tidak diganti jika diambil). Aplikasi utamanya adalah untuk metode pengujian: misalnya, jika diketahui bahwa 20 item dari sekumpulan 200 terkontaminasi, maka sampel yang terdiri dari 12 item dapat berisi apa saja dari nol hingga 12 item terkontaminasi, dengan probabilitas yang dijelaskan oleh distribusi.

Distribusi tersebut memiliki tiga parameter integer n , D , M . Jumlah minimum hasil integer yang layak diberikan oleh $\max(0, n + D - M)$, sedangkan jumlah maksimum adalah $\min$

(n, D). Fungsi Excel HYPGEO.DIST dapat digunakan untuk menghitung kurva kepadatan dan kumulatif (HYPGEODIST hanya dapat digunakan untuk kurva kepadatan); dalam @RISK fungsi yang sesuai adalah RiskHypergeo.

Distribusi Pareto

Distribusi Pareto adalah distribusi kontinu dengan dua parameter, θ dan a . Distribusi ini awalnya digunakan untuk merepresentasikan distribusi pendapatan masyarakat, tetapi kini telah menemukan banyak aplikasi di mana distribusi berekor gemuk diinginkan, seperti dalam beberapa aplikasi asuransi dan keuangan. Fungsi kepadatannya adalah (untuk $x \geq a$, $\theta > 0$, $a > 0$):

$$f(x) = \frac{\theta a^\theta}{x^{\theta+1}}$$

dan fungsi kumulatifnya adalah:

$$F(x) = 1 - \left(\frac{a}{x}\right)^\theta$$

Distribusi ini dianggap sebagai distribusi "berekor gemuk", karena kepadatan menurun sebagai pangkat x (bukan dengan suku penurunan eksponensial); nilai θ yang kecil akan memiliki ekor yang lebih gemuk. Nilai minimum dan modus sama dengan a . Rata-rata diberikan oleh:

$$\mu = \frac{\theta a}{\theta - 1}$$

Untuk θ sedikit lebih besar dari 1, nilai rata-ratanya sangat besar (dan nilai rata-rata tidak ada lagi saat $\theta \leq 1$). Demikian pula, simpangan baku hanya ada saat $\theta > 2$, dan menjadi besar tanpa batas saat θ dikurangi ke arah dua dari atas.

Distribusi dapat dievaluasi secara eksplisit di Excel/VBA menggunakan rumus di atas: di @RISK, seseorang dapat menggunakan RiskPareto dan RiskPareto2; yang terakhir hanyalah versi yang digeser dari yang pertama, sehingga nilai minimum dan modal adalah nol, bukan a . Gambar 9.28 menunjukkan contoh distribusi dalam kasus di mana $\theta = 3$, $a = 5$.

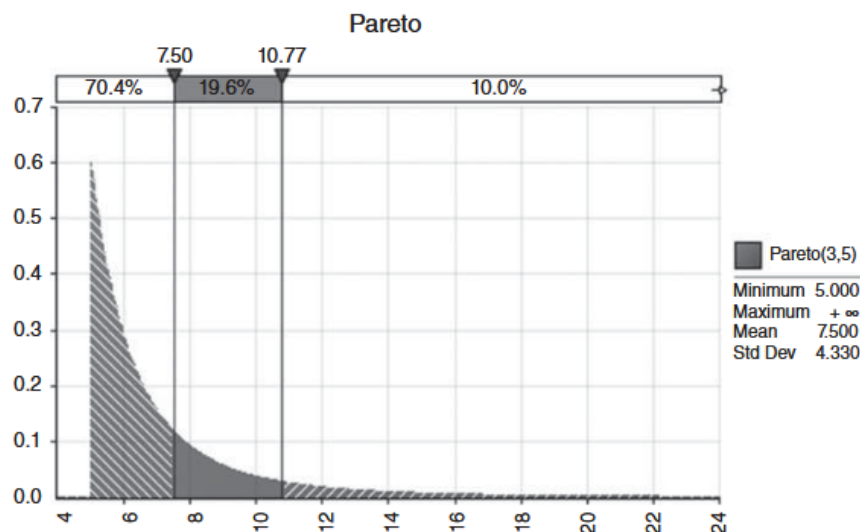
Distribusi Nilai Ekstrem

Penggunaan distribusi nilai ekstrem memiliki aplikasi yang luas, seperti dalam situasi asuransi, keuangan, dan lingkungan. Misalnya, jika seseorang mengukur ketinggian maksimum yang dicapai setiap hari oleh sebuah sungai, maka orang tersebut mungkin ingin memahami distribusi nilai-nilai maksimum tersebut (seperti nilai-nilai terbesar atau mendekati nilai terbesar). Seseorang dapat menentukan beberapa sifat proses nilai ekstrem menggunakan matematika. Misalnya, jika $F(x)$ mewakili fungsi distribusi kumulatif untuk satu proses, maka probabilitas bahwa nilai maksimum dari n proses tersebut kurang dari x akan diberikan oleh:

$$\Phi(x) = (F(x))^n$$

Perkalian berulang probabilitas $F(x)$ yang tersirat dalam rumus di atas adalah karena setiap proses individual harus kurang dari x agar nilai maksimumnya menjadi demikian, dan ada asumsi bahwa kejadiannya bersifat independen satu sama lain. Dengan kata lain, $\Phi(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif untuk nilai maksimum, dan fungsi kerapatan adalah turunan dari ini:

$$\phi(x) = n (F(x))^{n-1} f(x)$$



Gambar 9.28 Contoh Distribusi Pareto

di mana $f(x)$ adalah fungsi kerapatan untuk satu proses. Jadi, rumus eksak untuk fungsi distribusi untuk maksimum n proses yang mendasarinya dapat diturunkan dari proses yang mendasarinya. Ada berbagai jenis distribusi nilai ekstrem, tergantung pada sifat proses yang mendasarinya. Bentuk yang paling umum adalah ketika distribusi yang mendasarinya bersifat eksponensial (yaitu ekornya berkurang pada tingkat eksponensial), dan n menjadi besar. Dalam kasus seperti itu, distribusi nilai ekstrem memiliki dua parameter a dan b , dengan a sebagai modus dan b sebagai faktor skala. Fungsi kerapatannya adalah:

$$f(x) = \left(\frac{1}{b}\right) z e^{-z}$$

dan fungsi kumulatif:

$$F(x) = e^{-z}$$

Di mana:

$$z = e^{-\frac{(x-a)}{b}}$$

Rata-rata dan varians diberikan oleh:

$$\mu = \alpha + \gamma b$$

$$\sigma = \frac{b\pi}{\sqrt{6}}$$

Di mana γ adalah konstanta Euler (sekitar 0,5772156649). Konstanta ini condong positif (dengan nilai konstanta sekitar 1,14) dan memiliki kurtosis 5,4. Konstanta ini dapat dievaluasi secara eksplisit di Excel/VBA atau menggunakan fungsi RiskExtValue @RISK. Dalam kasus tertentu di mana distribusi yang mendasarinya adalah distribusi eksponensial (murni) dengan parameter β , maka:

$$\begin{aligned} a &= \beta \text{LN}(n) \\ b &= \beta \end{aligned}$$

Sejalan dengan pendekatan matematika (dan untuk memperkuat pemahaman tentang pendekatan tersebut), simulasi merupakan salah satu cara untuk menghitung distribusi ekstrem tersebut: misalnya, seseorang dapat menggunakan distribusi untuk merepresentasikan hasil pada setiap hari, dan menghitung himpunan maksimum dari distribusi tersebut pada setiap iterasi simulasi (menggunakan fungsi MAX).

Gambar 9.29. Nilai teoritis untuk a dan b (yaitu $a = \beta \text{LN}(n)$, dan $b = \beta$) dihitung secara langsung (sel G4:G5) dari asumsi masukan model (sel C4:C5). Hasil simulasi digunakan untuk menghitung estimasi parameter ini (sel G10:G11), dengan menggunakan:

$$b_{Est} = \frac{\sigma\sqrt{6}}{\pi}$$

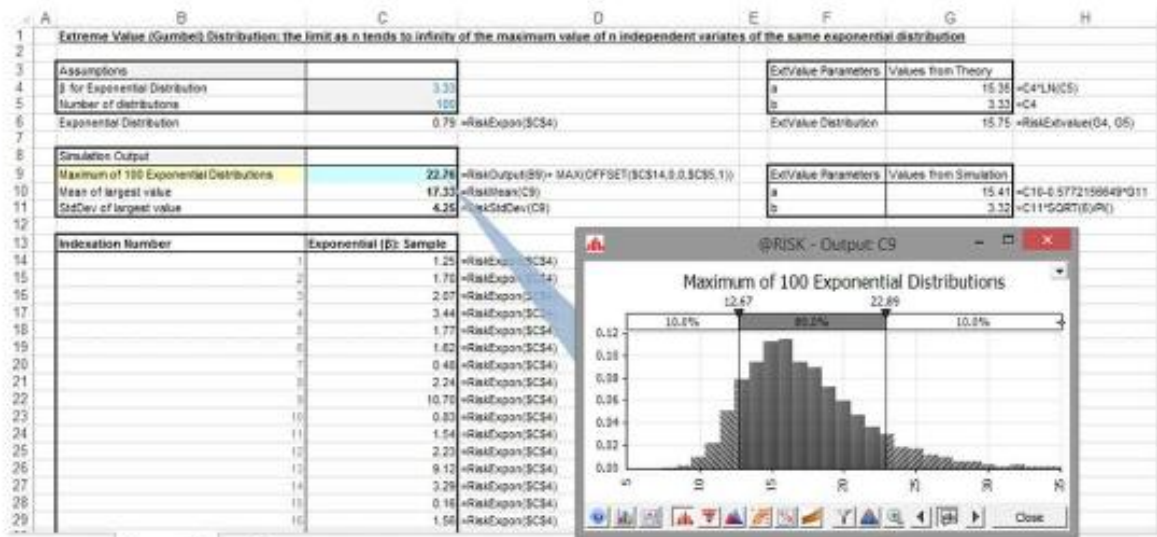
$$a_{Est} = \mu - \gamma b_{Est}$$

di mana μ , σ adalah rata-rata dan simpangan baku yang diperoleh melalui simulasi. Kita dapat melihat dari nilai-nilai yang ditunjukkan di kolom G bahwa distribusi yang disimulasikan memiliki nilai parameter tersirat yang secara umum sesuai dengan nilai-nilai dari teori. Distribusi nilai ekstrem jelas memiliki aplikasi untuk bidang-bidang seperti teknik (misalnya konstruksi struktur untuk menahan angin ekstrem, banjir, dan sebagainya), tetapi juga dapat digunakan di bidang lain, seperti estimasi parameter.

Misalnya, untuk memperkirakan batas atas, θ , dari suatu rentang yang minimumnya adalah nol, di mana data disediakan oleh serangkaian titik yang ditarik secara seragam dari rentang tersebut, kita dapat mempertimbangkan dua pendekatan yang mungkin untuk estimasi tersebut. Pendekatan pertama dapat berupa:

$$\theta_1 = 2\mu$$

di mana μ adalah rata-rata yang dihitung dari kumpulan data.



Gambar 9.29 Simulasi Nilai Ekstrem untuk Dibandingkan dengan Nilai yang Diperoleh Menggunakan Teori

Pendekatan kedua adalah:

$$\theta_2 = \frac{n+1}{n} x_n$$

di mana x_n adalah nilai n terbesar dalam set data. Faktanya, adalah mungkin untuk menunjukkan bahwa estimasi kedua secara umum lebih baik; dengan mempertimbangkan proses dasar tunggal sebagai proses seragam antara nol dan θ , yaitu.

$$f(x) = \frac{1}{\theta}$$

$$F(x) = \frac{x}{\theta}$$

dan melakukan beberapa manipulasi lebih lanjut terhadap persamaan di atas untuk nilai ekstrem, kita dapat menunjukkan:

$$E(x_n) = \frac{n\theta}{\theta + 1}$$

Dan

$$V(x_n) = \frac{n\theta^2}{(n+2)(n+1)^2}$$

Oleh karena itu, varians berkurang sebanding dengan kuadrat n , sehingga simpangan bakunya berkurang secara linear; ini berbeda dengan estimasi parameter yang menggunakan metode pengambilan sampel standar (lihat pembahasan selanjutnya mengenai distribusi t , misalnya), di mana estimasi kesalahan rata-rata berkurang seiring dengan akar kuadrat ukuran sampel. Dengan demikian, pendekatan kedua adalah yang lebih akurat seiring dengan n yang semakin besar.

Generalisasi lain dari penggunaannya termasuk menemukan nilai minimum (bukan nilai maksimum) dari sekumpulan proses acak, atau nilai dari setiap item yang diurutkan dalam sekumpulan (seperti distribusi P50 dari sekumpulan proses acak), dan seterusnya. Misalnya, ketika mempertimbangkan nilai minimum sekumpulan nilai, perhitungan analog dapat dilakukan, di mana titik awal yang sesuai adalah:

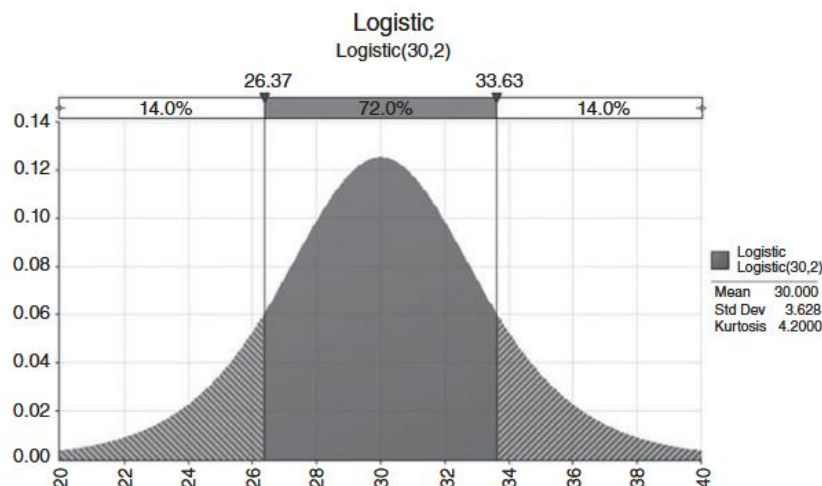
$$1 - \phi(x) = (1 - F(x))^n$$

Hal ini menghasilkan distribusi yang condong negatif (dengan koefisien sekitar $-1,14$), tetapi dengan deviasi standar dan kurtosis yang sama seperti saat mempertimbangkan nilai maksimum. Rata-ratanya diberikan oleh:

$$\mu = a - \gamma b$$

Distribusi Logistik

Distribusi logistik adalah distribusi kontinu dengan parameter α dan β . α sama dengan rata-rata dan β adalah faktor skala, yang merupakan kelipatan deviasi standarnya. Distribusi ini simetris, dan (karena satu parameter sama dengan rata-rata dan yang lainnya terkait dengan deviasi standar), dalam banyak hal, mirip dengan distribusi normal. Namun, distribusi ini memiliki kurtosis 4,2 (yaitu kurtosis berlebih 1,2), sehingga terkadang digunakan sebagai pengganti distribusi normal jika seseorang ingin menangkap proses dengan kurtosis yang sedikit lebih tinggi.



Gambar 9.30 Contoh Distribusi Logistik

Fungsi kepadatannya adalah:

$$f(x) = \frac{Z}{\beta(1+Z)^2}$$

dan fungsi kumulatif:

$$F(x) = \frac{1}{1+Z}$$

Dimana:

$$Z = e^{-\frac{(x-\alpha)}{\beta}}$$

Rata-rata dan simpangan baku diberikan oleh:

$$\mu = \alpha$$

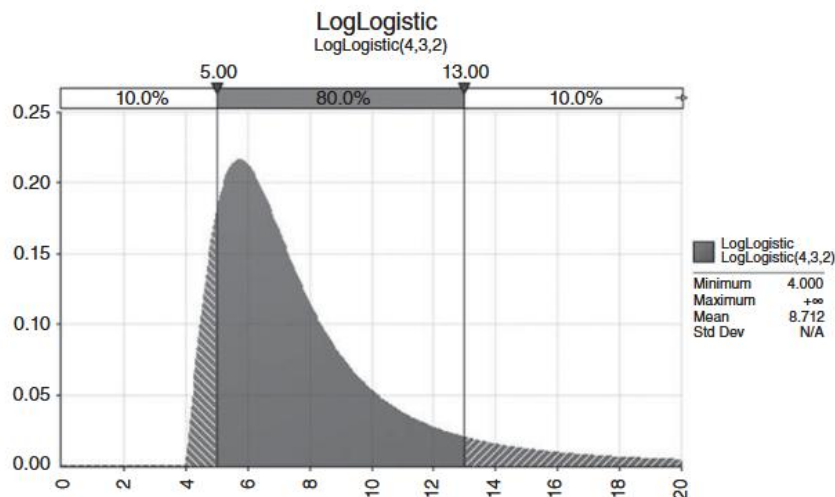
$$\sigma = \frac{\beta\pi}{\sqrt{3}}$$

Contohnya ditunjukkan pada Gambar 9.30, di mana α dan β masing-masing adalah 30 dan 2.

Distribusi Log-Logistik

Distribusi log-logistik adalah distribusi yang logaritma variabelnya mengikuti distribusi logistik (seperti halnya logaritma nilai-nilai distribusi lognormal terdistribusi normal). Sama seperti distribusi logistik yang terkadang digunakan sebagai pengganti distribusi normal, maka distribusi log-logistik terkadang digunakan sebagai pengganti distribusi lognormal.

Pada prinsipnya, distribusi tersebut memerlukan parameter yang mirip dengan distribusi logistik (yaitu α dan β). Namun, meskipun fungsi kepadatan dan kumulatif dapat dengan mudah dievaluasi secara eksplisit, pada saat penulisan, Excel tidak berisi fungsi bawaan untuk menghitungnya. Oleh karena itu, berikut ini kami akan membuat parameter fungsi seperti yang diberikan dalam @RISK; ini mencakup faktor tambahan γ , yang merupakan nilai minimum yang mungkin (yaitu mewakili parameter lokasi).



Gambar 9.31 Contoh Distribusi Log-logistik

Fungsi kepadatannya adalah:

$$f(x) = \frac{\alpha t^{\alpha-1}}{\beta(1+t^\alpha)^2}$$

dan fungsi kumulatifnya adalah:

$$F(x) = \frac{t^\alpha}{1+t^\alpha}$$

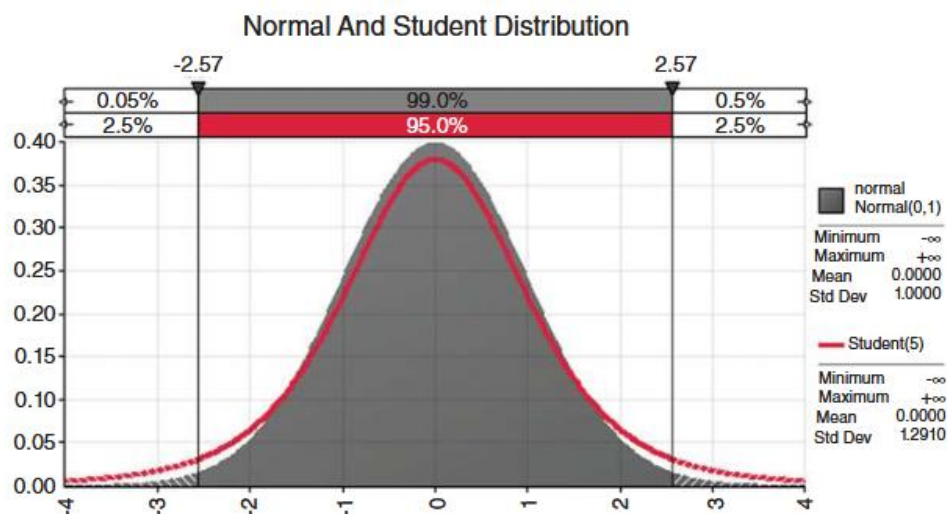
Dimana:

$$t = \frac{x - \gamma}{\beta}$$

Gambar 9.31 menunjukkan sebuah contoh.

Distribusi Student (t), Chi-Squared, dan F

Distribusi ini biasanya digunakan untuk keperluan statistik, meskipun ada hubungan erat dengan pemodelan risiko.



Gambar 9.32 Perbandingan Distribusi (t) Student dan Distribusi Normal

Pada Bab 8, kita mencatat bahwa rata-rata dari satu set data memberikan estimasi rata-rata sebenarnya (tetapi tidak diketahui) dari distribusi yang menghasilkan data (dengan kata lain, untuk distribusi seluruh populasi), tetapi set data yang sama, secara teori, dapat dihasilkan oleh proses yang berbeda. Misalnya, ada kemungkinan bahwa pengambilan sampel dari distribusi lain dengan rata-rata yang sama dapat menghasilkan data.

Ada juga kemungkinan bahwa distribusi dengan rata-rata yang berbeda secara signifikan juga dapat melakukannya, meskipun hal ini lebih kecil kemungkinannya, terutama dengan ukuran sampel yang besar. Rata-rata dari satu sampel, pada kenyataannya, memberikan estimasi sentral yang tidak bias (paling mungkin) dari rata-rata sebenarnya, tetapi nilai-nilai yang mungkin dari rata-rata mengikuti distribusi t (atau Student) di sekitarnya.

Distribusi t memiliki satu parameter, ν , yang dikenal sebagai jumlah derajat kebebasan (dalam hal ini, sama dengan ukuran sampel dikurangi satu). Dalam banyak hal, distribusi ini lebih mirip dengan distribusi normal standar:

- Rata-rata adalah nol dan simetris (modusnya juga nol).
- Simpangan baku adalah $\sqrt{\nu-2}$, dan karenanya lebih besar dari satu. Ketika ν besar, simpangan baku menjadi mendekati satu, sehingga distribusinya menyerupai distribusi normal standar, $N(0,1)$. Jadi, untuk ukuran sampel yang besar, distribusi normal sering digunakan sebagai pengganti distribusi- t .

Gambar 9.32 menunjukkan distribusi- t dengan lima derajat kebebasan dan membandingkannya dengan distribusi normal. Distribusi- t merepresentasikan kuantitas non-dimensi, sehingga distribusi nilai-nilai yang mungkin dari rata-rata di sekitar titik pusatnya (yaitu di sekitar rata-rata sampel) perlu memiliki faktor skala yang diterapkan padanya. Hal ini dikenal sebagai kesalahan standar rata-rata, dan sama dengan $\sigma_s \sqrt{n}$, di mana σ_s adalah deviasi standar yang tidak bias (dikoreksi) sebagaimana yang diukur dari sampel.

Jadi, distribusi mean sebenarnya di sekitar sampel dapat diperkirakan sebagai distribusi t yang diskalakan dengan tepat. Biasanya, meskipun seseorang dapat (100%) yakin bahwa mean sebenarnya berada di antara $-\infty$ dan ∞ , dan dengan nilai yang paling mungkin sama dengan mean sampel, seseorang menentukan tingkat keyakinan (biasanya 95%). Ini digunakan untuk menentukan lebar rentang di sekitar mean sampel yang ingin dipertimbangkan sebagai rentang yang layak untuk mean populasi.

Dengan kata lain, untuk keyakinan 95%, seseorang akan menentukan setengah lebar dari distribusi t yang sesuai sehingga 95% dari area berada di kedua sisi titik tengah (atau 2,5% di setiap ekor). Interval keyakinan untuk mean di sekitar mean sampel adalah:

$$\mu_s \pm t \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}}$$

Berisi kalkulasi yang diperlukan untuk mean, menggunakan statistik ringkasan dari kumpulan data, dan tingkat keyakinan yang diperlukan sebagai input; lihat Gambar 9.34.

Gambar 9.33 juga menunjukkan kalkulasi analog untuk interval keyakinan untuk deviasi standar, yang memerlukan penggunaan distribusi chi-kuadrat. Dalam kasus ini, distribusi ini memiliki parameter dan derajat kebebasan yang sama dengan distribusi- t . Namun, distribusi ini merupakan distribusi yang condong positif yang menjadi lebih simetris saat ν meningkat; dengan demikian, interval keyakinan untuk deviasi standar juga condong positif, tidak seperti interval keyakinan untuk mean.

Perhatikan bahwa nilai titik data individual tidak relevan untuk kalkulasi, hanya data ringkasan dan persentase keyakinan yang diperlukan. Dari informasi ini, persentil yang dibutuhkan dihitung menggunakan fungsi invers untuk distribusi t dan chi kuadrat, dan angka-angka ini (angka non-dimensi) kemudian diskalakan dengan tepat dalam setiap kasus, seperti yang ditunjukkan oleh rumus pada Gambar 9.33.

	A	B	C	D
1				
2		Sample Data		
3		Mean of Sample	30.0	
4		StdDev of Sample	5.0	
5		Number of Data Points	1000	
6		Standard error of mean	0.16	=C5/SQRT(C55)
7		Degrees of Freedom	999	=C5-1
8				
9		Mean		
10				
11		Confidence Interval	95%	
12		Probability outside either tail	2.5%	=(1-C11)/2
13		t-value	1.96	=T.INV(C512,C57)
14				
15		Lower Band Around Sample Statistic	-0.31	=C513*C56
16		Upper Band Around Sample Statistic	0.31	=+C513*C56
17		Lower estimate	29.69	=C53+C15
18		Upper estimate	30.31	=C53+C16
19				
20		StdDev		
21				
22		Confidence Interval	95%	
23		Probability outside either tail	2.5%	=(1-C22)/2
24				
25		Lower Band Scaling	0.96	=SQRT(C57/CHIINV(C523,C57))
26		Upper Band Scaling	1.05	=SQRT(C57/CHIINV(1-C523,C57))
27		Lower estimate	4.79	=C54*C25
28		Upper estimate	5.23	=C54*C26

Gambar 9.33 Perhitungan Interval Keyakinan Excel

Pembaca yang tertarik juga dapat menggunakan teknik simulasi untuk memeriksa silang dan memberikan intuisi lebih lanjut ke dalam rumus-rumus ini. Dengan mengasumsikan bahwa rata-rata dan deviasi standar populasi diketahui, seseorang dapat menghasilkan serangkaian sampel dari distribusi ini, melakukan perhitungan interval keyakinan di atas berdasarkan sampel dan memeriksa apakah rata-rata sebenarnya (atau deviasi standar) berada dalam interval: pemeriksaan ini, yang dilakukan pada setiap iterasi (atau perhitungan ulang), akan diatur untuk mengembalikan angka satu atau nol, tergantung pada apakah rata-rata populasi sebenarnya berada dalam interval keyakinan yang ditentukan dari sampel.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Degrees of freedom	30			
3						
4		Cumulated Probabilty	T.INV(p)	TINV(p)	-TINV(2p)	RiskStudent
5		5%	-1.697	2.042	-1.697	-1.697
6		10%	-1.310	1.697	-1.310	-1.310
7		15%	-1.055	1.477	-1.055	-1.055
8		20%	-0.854	1.310	-0.854	-0.854
9		25%	-0.683	1.173	-0.683	-0.683
10		30%	-0.530	1.055	-0.530	-0.530
11		35%	-0.389	0.949	-0.389	-0.389
12		40%	-0.256	0.854	-0.256	-0.256
13		45%	-0.127	0.765	-0.127	-0.127
14		50%	0.000	0.683	0.000	0.000
15		55%	0.127	0.605	0.127	0.127
16		60%	0.256	0.530	0.256	0.256
17		65%	0.389	0.458	0.389	0.389
18		70%	0.530	0.389	0.530	0.530
19		75%	0.683	0.322	0.683	0.683
20		80%	0.854	0.256	0.854	0.854
21		85%	1.055	0.191	1.055	1.055
22		90%	1.310	0.127	1.310	1.310
23		95%	1.697	0.063	1.697	1.697

Gambar 9.34 Perbandingan Berbagai Implementasi Distribusi t (Siswa)

Nilai rata-ratanya selama simulasi harus sama dengan tingkat keyakinan (jika simulasi dijalankan cukup banyak kali). Perhatikan bahwa saat menggunakan fungsi Excel untuk distribusi t, seseorang perlu memperhatikan versi Excel yang digunakan: sedangkan T.INV mengembalikan nilai t yang terkait dengan probabilitas kumulatif hingga titik tersebut (yaitu hingga 2,5% dalam contoh di atas, sehingga interval kepercayaan total akan mengecualikan 2,5% dari hasil di setiap sisi, sehingga total pengecualian 5%), jika menggunakan TINV, probabilitas input yang diperlukan akan menjadi 5%, karena fungsi menghitung lebar yang diperlukan untuk mengecualikan 5% secara total, seperti halnya fungsi T.INV.2T.

Selain itu, ada pembalikan tanda antara distribusi. File Ch9.TDist.xlsx berisi kalkulasi yang membandingkan berbagai fungsi dalam hal ini. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.34, kalkulasi membandingkan persentil dari berbagai distribusi t di Excel dan juga fungsi RiskStudent @RISK. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menggunakannya secara konsisten, saat menggunakan TINV, seseorang perlu membalik tanda fungsi dan menggandakan nilai probabilitas yang digunakan (sehingga nilai awal di kolom D diubah menjadi nilai di kolom E, yang sama dengan nilai di kolom C dan F).

Distribusi F digunakan dalam statistik untuk membandingkan varians antara dua set data untuk menentukan kesamaan dalam populasi yang mendasarinya, dan umumnya kurang relevan dalam aplikasi pemodelan risiko bisnis, jadi tidak dibahas lebih lanjut di sini. Dari perspektif simulasi dan pemodelan risiko, ada sejumlah masalah lain yang terkait dengan hal

di atas yang mungkin perlu diingat:

- Sebagian besar teori statistik yang mendasari hal di atas bergantung pada asumsi bahwa sampel data diambil dari distribusi normal; hal ini sering kali tidak terjadi dalam praktik. Teori ini juga mengasumsikan bahwa angka acak bersifat independen, sedangkan algoritme untuk menghasilkan urutan angka tidak akan selalu menghasilkan item tersebut (karena ini mungkin bukan cara yang paling efisien untuk menghasilkan sampel yang representatif).
- Perhitungan analog dapat dilakukan untuk interval kepercayaan lain di sekitar statistik lain baik dari data masukan atau hasil simulasi (misalnya, menemukan interval kepercayaan di sekitar P90 dari simulasi), termasuk untuk tujuan memperkirakan ukuran sampel yang diperlukan, dan seterusnya.
- Untuk proses multivariabel, seseorang dapat mengeksplorasi masalah seperti kemungkinan rentang ketidakpastian untuk koefisien korelasi (yang sebenarnya) antara dua proses yang diberikan serangkaian data tentang setiap proses. Hal ini dapat relevan dalam konteks risiko dan simulasi untuk memperkirakan stabilitas koefisien korelasi.

9.2 KERANGKA KERJA UNTUK PEMILIHAN DAN PENGGUNAAN DISTRIBUSI

Pemilihan distribusi jelas merupakan aspek utama pemodelan kuantitatif: pada prinsipnya, seseorang ingin menggunakan distribusi yang paling menggambarkan profil ketidakpastian variabel input yang dipertimbangkan. Tentu saja, seseorang hanya dapat memilih dari distribusi yang tersedia (atau dapat dibuat) dalam platform pemodelan yang digunakan. Meskipun bab ini membahas serangkaian distribusi yang dapat dibuat di Excel, mungkin ada saat-saat ketika penggunaan add-in diperlukan untuk memiliki akses ke rangkaian yang lebih luas.

Misalnya, seperti yang dibahas dalam Bab 13, @RISK memiliki sejumlah alat penyesuaian distribusi yang, untuk serangkaian data tertentu, menemukan distribusi yang paling cocok dan parameter terkaitnya. Selain itu, ketersediaan proses gabungan (di mana beberapa sampel independen diambil dan ditambahkan bersama-sama) dapat berguna pada kesempatan tertentu. Namun demikian, untuk banyak tujuan, distribusi yang dibahas sebelumnya dalam bab ini sudah cukup, dan masalahnya menjadi bagaimana memilihnya dengan tepat, dan menggunakannya untuk efek yang paling besar. Di luar ketersediaan distribusi, pendekatan umum lebih lanjut untuk pemilihan distribusi melibatkan pertimbangan:

- Ilmu distribusi.
- Ketersediaan data.
- Standar industri.
- Pendekatan pragmatis.

Pendekatan Ilmiah dan Konseptual

Pendekatan ilmiah (atau konseptual) untuk pemilihan distribusi didasarkan pada penggabungan beberapa pengetahuan (atau perilaku yang diasumsikan) dari proses yang mendasarinya dengan pemahaman tentang bagaimana proses tersebut akan menghasilkan

jenis distribusi tertentu menurut teori (seperti yang diuraikan dalam bab ini, misalnya). Pada prinsipnya, ini adalah titik awal logis utama untuk pemilihan distribusi: dapat dikatakan bahwa pendekatan semacam itu adalah metode yang paling akurat. Banyak poin utama yang dibahas sebelumnya dalam bab ini, misalnya:

- Variabel yang dihasilkan dari penambahan banyak proses acak yang independen dan identik akan mengikuti distribusi yang kira-kira normal. Ini menunjukkan penggunaan distribusi normal setiap kali proses di dunia nyata menghasilkan efek aditif dari banyak proses acak (yang tidak dimodelkan).
- Variabel yang dihasilkan dari perkalian banyak proses acak yang independen dan identik akan mengikuti distribusi yang mendekati lognormal.
- Jumlah kejadian yang terjadi pada domain kontinu (biasanya dianggap sebagai periode waktu) mengikuti distribusi Poisson, setiap kali kemungkinan (intensitas) kejadiannya konstan. Untuk proses dengan intensitas rendah, ini mendekati distribusi Bernoulli, dan untuk proses dengan intensitas tinggi, ini mendekati distribusi normal.
- Ketidakpastian parameter tunggal dari distribusi (seperti proses binomial/Bernoulli dan Poisson) secara umum dapat tercermin jika data tersedia (misalnya menggunakan distribusi beta dan gamma).
- Waktu terjadinya antara kejadian cenderung mengikuti distribusi seperti geometrik, eksponensial, binomial negatif, Weibull atau gamma.

Meskipun, dalam beberapa konteks, seseorang perlu menemukan model teoritis atau konseptual tentang bagaimana proses yang tidak pasti berperilaku untuk membenarkan pilihan distribusi dan memvalidasi model, dalam banyak konteks lain ini tidak diperlukan.

Dalam konteks bisnis praktis, penggunaan pendekatan semacam itu dapat menimbulkan banyak tantangan, baik dalam hal apakah korespondensi semacam itu benar-benar ada atau dapat ditemukan, dan dalam hal komunikasi (di mana pendekatan matematika mungkin lebih menantang untuk diimplementasikan, dengan akurasi ekstra yang berpotensi diperoleh dengan melakukan hal itu dikalahkan oleh faktor-faktor praktis lainnya).

Pendekatan Berbasis Data

Penggunaan data historis untuk memilih distribusi atau parameternya dapat diterapkan dalam beberapa cara. Perhitungan parameter untuk distribusi yang diasumsikan. Misalnya, rata-rata dan simpangan baku (seperti yang dipersyaratkan untuk distribusi normal) mudah dihitung berdasarkan beberapa data. Namun, jika berdasarkan data, perhitungan nilai yang paling mungkin (seperti yang dipersyaratkan untuk PERT dan distribusi segitiga) dapat menjadi tantangan (meskipun estimasi tersebut cukup mudah diperoleh dari para ahli).

Jadi, mungkin lebih mudah untuk menggunakan parameter persentil (misalnya P10, P50 atau P90). Ini mudah dilakukan di @RISK, tetapi saat menggunakan Excel/VBA, seseorang mungkin perlu memecahkan persamaan untuk parameter distribusi. Penyesuaian distribusi merupakan bagian dari perangkat lunak @RISK (Bab 13), dan menyediakan satu cara untuk memilih distribusi jika data tersedia. Metode penyesuaian, pada kenyataannya, menyediakan serangkaian parameter terbaik untuk setiap distribusi, dan kemudian membandingkan distribusi yang paling sesuai dari setiap jenis.

Saat menggunakan pendekatan yang sesuai (secara terpisah) untuk memilih distribusi, pada prinsipnya, seseorang akan selalu menggunakan distribusi yang paling sesuai. Namun, dalam praktiknya seseorang mungkin ingin menggabungkan pendekatan dan memilih distribusi yang paling sesuai (bahkan jika bukan yang paling sesuai) jika ada alasan lebih lanjut untuk melakukannya. Seseorang juga dapat menggunakan yang sesuai hanya untuk menentukan parameter terbaik untuk distribusi yang diasumsikan (tanpa membandingkan kecocokan dengan distribusi lain) jika diinginkan; ini berguna karena untuk beberapa distribusi, parameter mungkin tidak memiliki prosedur perhitungan statistik langsung yang mudah (tidak seperti untuk rerata dan deviasi standar dari distribusi normal, yang dapat dengan mudah dihitung langsung dari data).

Pengambilan sampel ulang data. Ini telah disebutkan sebelumnya; contoh model disediakan di Bab 11. Perhatikan bahwa bahkan kumpulan data historis yang besar mungkin memiliki keterbatasan:

- Proses mungkin tidak stabil dari waktu ke waktu, sehingga data tidak dapat dibandingkan, meskipun mereka mengukur apa yang tampaknya merupakan proses yang sama (misalnya kualitas, frekuensi kerusakan, dan sebagainya). Misalnya, suatu perusahaan mungkin telah meningkatkan efisiensi dasarnya, atau merestrukturisasi ketentuan kontraknya, atau lingkungan ekonomi makro mungkin telah berubah.
- Data mungkin perlu diubah, diproses, atau penilaian lain tentangnya dibuat.
- Ketika mempertimbangkan serangkaian data tentang harga saham atau komoditas (misalnya minyak) dari waktu ke waktu, harga selama tahun 2015 tidak berasal dari proses yang sama dengan harga pada tahun 1980-an. Sebaliknya, seseorang perlu mengubah data (seperti menghitung perubahan persentase periodik dalam harga) untuk membuat serangkaian data baru yang itemnya dapat dianggap berasal dari proses yang sama.

Transformasi semacam itu mungkin cukup rumit untuk dilakukan dalam beberapa kasus: misalnya, meskipun perubahan periodik dalam harga saham atau komoditas dapat dianggap muncul dari proses yang sama (misalnya probabilitas perubahan harga harian sebesar 1% menjadi sama pada tahun 1980-an atau 2010-an), asumsi seperti itu tidak akan berlaku untuk suku bunga (yang cenderung mengikuti proses pengembalian rata-rata; lihat Bab 11).

Jika data diukur yang menyangkut proses gabungan atau beberapa proses (seperti risiko peristiwa dengan kejadian-dampak yang tidak pasti) maka seseorang perlu mengisolasi setiap proses secara terpisah. Ini dapat memerlukan kriteria untuk dikembangkan (atau penilaian untuk dibuat) mengenai item mana yang termasuk dalam kategori mana, yang mungkin tidak mudah dilakukan.

Standar Industri

Beberapa industri (terutama keuangan, asuransi, dan minyak dan gas) telah mengadopsi distribusi standar mereka sendiri untuk variabel tertentu; hal ini biasanya muncul dari pertimbangan beberapa kombinasi pendekatan berbasis data dan ilmiah. Misalnya, distribusi normal, lognormal, dan Poisson sering muncul dalam aplikasi pasar keuangan dan asuransi; distribusi Pareto juga sering digunakan dalam industri asuransi untuk memodelkan

tingkat keparahan kerugian. Sektor minyak, gas, dan pertambangan cenderung menggunakan distribusi lognormal untuk ketidakpastian dalam jumlah cadangan atau simpanan.

Pendekatan Pragmatis: Distribusi, Parameter, dan Masukan Pakar

Pendekatan pragmatis bergantung pada penggunaan distribusi yang sifat utamanya tampaknya cukup cocok dengan proses kehidupan nyata, dan mudah diparameterisasi dan dikomunikasikan. Dalam arti tertentu, pendekatan pragmatis dapat dianggap sebagai pilihan terakhir ketika pendekatan ilmiah atau berbasis data tidak tersedia (seseorang dapat secara umum mempertimbangkan pendekatan diagram alir, yang bergerak melalui kemungkinan dan beralih ke kemungkinan berikutnya hanya jika pertimbangan saat ini tidak sesuai).

Di sisi lain, dalam konteks bisnis, seseorang dapat dengan cepat menentukan bahwa pendekatan pragmatis adalah metode yang paling tepat, atau satu-satunya yang tersedia, dalam praktik. Saat menggunakan pendekatan pragmatis, seseorang biasanya akan mempertimbangkan masalah-masalah seperti:

- Sifat dan perilaku inti. Apakah itu peristiwa risiko, proses diskrit atau berkelanjutan? Mungkinkah itu proses gabungan, seperti serangkaian skenario di mana rentang nilai berkelanjutan dimungkinkan dalam setiap skenario? Dapatkah itu terjadi hanya sekali secara total, atau sekali selama setiap periode, atau beberapa kali dalam setiap periode?
- Batasan. Apakah prosesnya tidak dibatasi atau dibatasi? Apakah dibatasi hanya pada satu sisi (seperti memiliki nilai minimum yang mungkin, tetapi tidak ada nilai maksimum)? Untuk proses yang tidak dibatasi, seberapa dekat distribusi yang dibatasi akan mendekatinya? □ Akurasi. Apa saja persyaratan untuk tingkat akurasi yang tinggi, mengingat konteks analisis dan keputusan terkait? Perkiraan seperti apa yang masuk akal, dan mana yang tidak dapat diterima atau tidak realistis?

Distribusi yang pada awalnya dapat dianggap sebagai distribusi pragmatis meliputi:

- Distribusi kontinu seragam, segitiga, dan PERT. Masing-masing memiliki parameter sederhana. Dalam hal memilih di antara keduanya, PERT sering kali menjadi pilihan default yang baik, karena alasan yang dibahas sebelumnya:
- Distribusi segitiga dan PERT masing-masing memiliki satu nilai yang paling mungkin.
- Distribusi PERT sering kali lebih disukai ketika suatu proses (atau mungkin) tidak simetris.
- Distribusi Bernoulli, binomial, dan diskrit umum sering kali memberikan refleksi pragmatis yang memadai dari proses.

Distribusi lain tetap sering dibutuhkan, khususnya:

- Untuk proses diskrit, distribusi Poisson atau geometri berguna untuk menangkap periode hingga terjadinya proses Bernoulli, atau bahwa beberapa kejadian mungkin terjadi.
- Untuk menangkap sifat tak terbatas dari proses berkelanjutan, seseorang mungkin menemukan bahwa distribusi normal, lognormal, atau Weibull dapat digunakan. Ini cukup pragmatis:
- Parameter distribusi normal dan lognormal (rata-rata dan simpangan baku) cukup

mudah ditafsirkan dalam pengertian fisik. Mereka dapat dengan mudah dihitung dari kumpulan data, dan cukup mudah diperkirakan dari para ahli (dengan presentasi yang tepat, aturan praktis, dan alat visual).

- Parameter distribusi Weibull lebih sulit ditafsirkan secara fisik, tetapi mereka dapat disimpulkan sebagai gantinya dengan menggunakan estimasi (ahli) atau data mengenai persentilnya (lihat di bawah).

Untuk distribusi Weibull, fungsi distribusi kumulatif (untuk nilai x apa pun, dalam hal parameternya α, β) adalah:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$$

Oleh karena itu, jika diketahui P_{10} dan P_{90} , seseorang dapat menyelesaikan (untuk α, β):

$$\begin{aligned} 0.1 &= 1 - e^{-\left(\frac{P_{10}}{\beta}\right)^\alpha} \\ 0.9 &= 1 - e^{-\left(\frac{P_{90}}{\beta}\right)^\alpha} \end{aligned}$$

yang memiliki Solusi

$$\alpha = \frac{LN\left(\frac{LN(0.1)}{LN(0.9)}\right)}{LN\left(\frac{P_{90}}{P_{10}}\right)}$$

Dan

$$\beta = \frac{p_{90}}{\left(LN\left(\frac{1}{0.1}\right)\right)^{\frac{1}{\alpha}}}$$

Secara lebih umum, dengan persentil yang terkait dengan persentase kumulatif P_l dan P_h , dilambangkan dengan X_l dan X_h , persamaan yang sesuai mempunyai solusi sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{LN\left(\frac{LN(1 - P_h)}{LN(1 - P_l)}\right)}{LN\left(\frac{X_h}{X_l}\right)}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		P10	P90				alpha	beta using P90	beta using P10
3		2	5				3.37	3.90	3.90
4									
5		XL	XH	CumP(XL)	CumP(XH)		alpha	beta using XH	beta using XL
6		2	5	10%	90%		3.37	3.90	3.90
7									

Gambar 9.35 Perhitungan Excel terhadap Parameter Weibull Berdasarkan Informasi Persentil

dan:

$$\beta = \frac{X_h}{\left(\ln \left(\frac{1}{1 - P_h} \right) \right)^{\frac{1}{\alpha}}}$$

Kita juga dapat menggunakan bentuk parameter campuran; misalnya, jika β diketahui, dan kita perlu menemukan α sehingga nilai- x memiliki persentase kumulatif tertentu, maka ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan yang serupa. Berkas Ch9.AltPs.Weibull.Excel.xlsx memuat perhitungan di atas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.35. Dalam pengertian ini, distribusi Weibull memiliki sejumlah sifat yang menguntungkan:

- Distribusi ini umumnya mudah ditangani secara analitis, terutama untuk memperoleh ekspresi eksplisit untuk fungsi kepadatan dan kumulatifnya (dan fungsi kumulatif terbalik).
- Distribusi ini dapat dengan mudah diparameterisasi menggunakan persentil, dengan menggunakan rumus analitik di atas.
- Distribusi ini memiliki minimum nol dan tidak dibatasi di sisi kanannya (dan miring positif).

Parameterisasi semacam itu berguna dalam banyak kasus praktis, termasuk:

- Saat mengumpulkan estimasi dari para ahli, mungkin lebih mudah untuk membahas (misalnya) kasus P10 dan P90, daripada deviasi standar.
- Untuk menghindari potensi meremehkan rentang; orang mungkin mengikat diri mereka pada peristiwa yang diamati (yang, karena benar-benar terjadi, secara umum tidak dapat menjadi nilai maksimum sebenarnya dari rentang distribusi kontinu, yang memiliki kemungkinan relatif nol). Penggunaan P90 akan memperluas rentang (dalam 10% kasus) di luar nilai estimasi tinggi (P90). Dalam praktiknya, seseorang dapat meminta estimasi nilai maksimum yang mungkin, dan kemudian kemungkinan bahwa nilai ini dapat dilampaui; meskipun secara teoritis tidak konsisten (karena probabilitasnya seharusnya 0%), hal itu sering kali memberikan wawasan yang berguna dalam praktik.

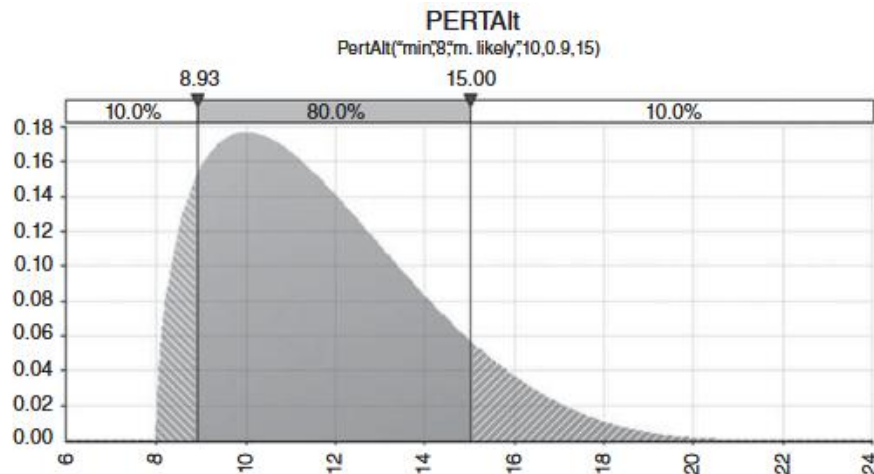
- Untuk dapat menggunakan kombinasi set parameter dalam proses pragmatis:
- Nilai minimum, kemungkinan terbesar, dan P90. Jika seseorang percaya bahwa nilai minimum yang sebenarnya memang ada (misalnya untuk durasi perjalanan atau biaya suatu barang), di mana seseorang memiliki kasus dasar (yang sesuai dengan nilai yang paling mungkin), dengan nilai P90 yang diperkirakan menggunakan penilaian.
- P10/paling mungkin/P90. Jika seseorang ingin memperluas ke batas bawah suatu rentang, sambil mempertahankan manfaat lain yang terkait dengan poin di atas.
- P10/P50/P90. Ini berguna ketika data aktual tersedia, karena nilai yang paling mungkin mungkin sulit dihitung secara akurat. Di sisi lain, untuk beberapa kombinasi nilai parameter, distribusi seperti PERT dan lognormal (dan normal) tidak dapat dibentuk, dan terkadang dapat merepotkan.

Ini menyediakan cara yang konsisten dan kuat untuk memperkirakan proses lainnya. Misalnya, meskipun panjang perjalanan secara teoritis mungkin tidak terbatas, mungkin saja hasil yang sangat ekstrem sangat tidak mungkin sehingga dapat diabaikan untuk tujuan praktis, dan bahwa distribusi yang dibatasi (misalnya PERT) akan digunakan sebagai gantinya (dengan angka maksimum yang cukup besar).

Namun, jika dua pakar memiliki pandangan yang sama persis tentang sifat proses yang benar-benar tidak terbatas, tetapi diminta untuk menyatakan angka yang tetap (terbatas) untuk nilai maksimum, masing-masing dapat memberikan nilai yang berbeda (satu dapat memberikan angka yang secara implisit adalah P99 [misalnya], dengan yang lain memberikan P95); untuk proses tak terbatas dengan ekor panjang dan tipis, estimasi semacam itu bisa sangat berbeda satu sama lain. Di sisi lain, jika keduanya diminta untuk memberikan angka tertentu (misalkan P98), maka masing-masing akan memberikan estimasi yang sama (karena mereka memiliki pandangan yang sama tentang proses tersebut).

Dalam arti tertentu, hal itu memungkinkan distribusi apa pun dianggap sebagai distribusi yang pragmatis, terutama jika memungkinkan masukan dari para ahli diberikan dengan mudah (bahkan jika data tidak tersedia). Untuk banyak distribusi, derivasi solusi bentuk tertutup (analitik eksak) untuk parameter inti dalam bentuk persentil mungkin sulit, atau tidak memungkinkan. Misalnya, karena distribusi beta (atau PERT) tidak ada dalam bentuk tertutup, perhitungan semacam itu tidak memungkinkan. Oleh karena itu, saat menggunakan Excel/VBA, parameter mungkin harus ditemukan dengan metode iteratif.

Di sisi lain, saat menggunakan @RISK, penggunaan pendekatan semacam itu tersedia untuk hampir semua distribusi, dan dikenal sebagai bentuk parameter alternatif; ketersediaannya merupakan salah satu keuntungan penting dalam penggunaan @RISK (terutama karena seseorang mungkin perlu menggunakan metode pragmatis ini secara tepat dalam konteks di mana keterampilan matematika atau pemrograman seseorang mungkin tidak memungkinkan pendekatan tersebut untuk diterapkan). Contoh penggunaan parameter alternatif dalam @RISK ditunjukkan pada Gambar 9.36, dalam konteks distribusi PERT.



Gambar 9.36 Contoh Bentuk Parameter Persentil (Alternatif) Dari Distribusi PERT

9.3 PERKIRAAN DISTRIBUSI SATU SAMA LAIN

Dalam Bab 7, kita membahas bahwa model merupakan pernyataan hipotesis hubungan antar variabel (yang dapat digunakan untuk menghasilkan wawasan tentang suatu situasi, khususnya pada tahap awal evaluasi proyek), serta memiliki tujuan perhitungan. Dalam kedua kasus tersebut, model merupakan perkiraan terhadap realitas. Jadi, sering kali tidak ada jawaban yang benar-benar tepat (atau cara yang unik) untuk mengatasi masalah pemilihan distribusi.

Selain itu, meskipun penilaian risiko digunakan untuk meningkatkan estimasi (misalnya, hasil rata-rata, kemungkinan kasus dasar, dan untuk memberikan informasi yang wajar tentang kemungkinan kisaran), dalam sebagian besar konteks pengambilan keputusan bisnis, umumnya tidak ada persyaratan untuk tingkat akurasi yang sangat tinggi. Biasanya, ada kriteria non-kuantitatif lainnya, dengan analisis kuantitatif memainkan peran pendukung yang berharga dalam keseluruhan proses.

Jadi, model yang tepat (dan bernilai tambah yang berguna) dari situasi yang sama sering kali dapat dibangun dengan berbagai cara. Pada prinsipnya, banyak nilai dan wawasan juga dapat diperoleh dengan membandingkan berbagai pendekatan pemodelan dengan situasi yang sama (namun, karena alasan waktu, perbandingan semacam itu jarang dilakukan dalam praktik, kecuali di area tertentu yang dipilih atau tanpa pertimbangan formal dari proses perbandingan).

Di sisi lain, jika risiko dipetakan dan dikuantifikasi dengan cara yang tidak memiliki kemiripan yang cukup dekat dengan sifat risiko yang sebenarnya, maka jelas model tersebut akan tidak akurat dan mungkin menyesatkan. Bagian ini memberikan beberapa contoh pendekatan yang mungkin masuk akal dalam banyak kasus dalam pemodelan risiko bisnis umum, dan juga menunjukkan beberapa jebakan atau kesalahan yang sering terjadi dalam pemetaan risiko dan kalibrasi model.

Pilihan Pemodelan

Dalam banyak kasus, penggunaan satu distribusi di atas yang lain merupakan pilihan pemodelan. Contoh-contoh umum dibahas di bawah ini (sebagian besar telah disebutkan di

berbagai tempat sebelumnya dalam teks, jadi diskusi ini berfungsi untuk mengonsolidasikannya). Pertama, distribusi dapat digunakan untuk merepresentasikan variabel yang, pada kenyataannya, terdiri dari proses yang lebih terperinci. Misalnya:

Risiko kejadian (yang dicirikan oleh probabilitas) mungkin merupakan hasil dari banyak faktor yang mendasarinya:

- Kejadian seseorang ketinggalan kereta merupakan konsekuensi dari membandingkan waktu kedatangan kereta (yang tidak pasti) di stasiun dengan waktu (yang tidak pasti) yang dibutuhkan orang tersebut untuk pergi ke stasiun. Waktu kedatangan kereta di stasiun itu sendiri mungkin bergantung pada banyak faktor yang tidak pasti, sehingga proses penelusuran mundur dapat berlanjut tanpa batas (seperti yang dibahas dalam Bab 7); karenanya sebagian besar distribusi secara efektif merupakan representasi agregat dari proses yang lebih terperinci yang tidak dimodelkan secara eksplisit.
- Apakah pemain tenis tertentu memenangkan Kejuaraan (sebagai kejadian ya/tidak) bergantung pada kemenangannya di setiap pertandingan kualifikasi (yang juga merupakan kejadian ya/tidak, yang masing-masing dapat ditentukan oleh faktor-faktor dasar yang tidak pasti lainnya, seperti kondisi kebugaran, cedera, atau kesehatan lawan).
- Apakah siswa tertentu akan menjadi pemenang hadiah kelas atau tidak, bergantung pada nilai ujiannya yang berada di atas nilai ujian siswa terbaik berikutnya dalam sejumlah mata pelajaran yang memadai (proses yang sendiri dapat dimodelkan secara individual).
- Apakah ada penundaan lebih dari seminggu untuk memulai fasilitas manufaktur merupakan hasil dari banyak aspek kegiatan untuk membangun dan menguji fasilitas tersebut.

Proses kontinu non-simetris dapat digunakan sebagai pengganti proses dasar gabungan:

- Distribusi simetris positif (misalnya PERT) mungkin cukup untuk menangkap proses yang terdiri dari ketidakpastian umum (simetris), serta beberapa risiko kejadian yang dapat meningkatkan nilai hasil dalam beberapa kasus.
- Distribusi lognormal mungkin tepat sebagai proksi untuk keberadaan beberapa proses dasar yang bertindak secara perkalian.

Tentu saja, dalam beberapa kasus, pemodelan eksplisit terpisah dari proses yang lebih rinci ini berguna dan diperlukan, sedangkan dalam kasus lain pendekatan agregat mungkin masih cukup. Misalnya, jika seseorang memiliki data historis tentang frekuensi naik kereta untuk perjalanan harian ke tempat kerja, data tersebut dapat digunakan untuk mengisi model ya/tidak, dengan sifat dasar perjalanan kereta yang tidak relevan. Kedua, penggunaan distribusi terbatas mungkin cukup akurat dalam beberapa kasus, bahkan ketika distribusi sebenarnya tidak terbatas (terutama ketika penggunaan distribusi tidak terbatas akan menciptakan kompleksitas pemodelan yang berlebihan, dibandingkan dengan manfaat akurasi tambahan, misalnya):

- Distribusi Bernoulli mungkin merupakan proksi yang wajar (atau perkiraan pragmatis) untuk distribusi Poisson di mana, meskipun secara teori suatu peristiwa dapat terjadi

lebih dari satu kali (dalam satuan waktu tertentu), hal itu sangat tidak mungkin terjadi. Kami telah menunjukkan sebelumnya bahwa proses Poisson berintensitas rendah menyerupai proses Bernoulli dan bahwa, misalnya, ketika λ kurang dari sekitar 0,15 (15%), probabilitas terjadinya lebih dari satu proses kurang dari 1% per satuan waktu.

- Seseorang dapat secara umum menggunakan parameter probabilitas tetap untuk distribusi binomial, Poisson, atau distribusi lainnya, bahkan ketika (secara teori) terdapat beberapa ketidakpastian tentang nilai sebenarnya dari parameter tersebut.

Ketiga, jika distribusi kontinu bersifat simetris dan bermodel tunggal, akan ada sedikit perbedaan antara berbagai kemungkinan distribusi (selama nilai parameter dipilih dengan tepat):

- Seperti yang ditunjukkan sebelumnya, distribusi segitiga dapat memberikan perkiraan yang wajar untuk distribusi normal.
- Dalam kasus simetri, distribusi PERT juga akan memberikan perkiraan yang wajar untuk keduanya.
- Distribusi simetris lainnya (logistik, Student) juga akan memberikan profil yang cukup mirip.

Keempat, proses kontinu mungkin cukup untuk merepresentasikan proses diskrit, atau sebaliknya:

- Hampir selalu cukup akurat untuk memodelkan kuantitas finansial sebagai proses kontinu, daripada yang diskrit (yang unit minimumnya adalah sen, misalnya).
- Distribusi normal mungkin cukup untuk menangkap jumlah hasil (diskrit) untuk proses Poisson berintensitas tinggi.
- Skenario diskrit mungkin lebih tepat daripada rentang kontinu dalam beberapa kasus. Misalnya, seseorang mungkin memiliki estimasi nilai rendah, paling mungkin, dan tinggi untuk suatu proses (seperti waktu tempuh), sedangkan pada kenyataannya angka-angka ini masing-masing bisa menjadi nilai paling mungkin yang akan berlaku dalam masing-masing dari tiga skenario, dengan rentang variasi dalam setiap skenario di sekitar ini. Penggunaan rentang kontinu dalam skenario memberikan contoh proses gabungan.

Perbandingan Distribusi dan Pencocokan Parameter

Dalam pembahasan sebelumnya di bab ini, kami menunjukkan bagaimana distribusi dapat didekati secara pragmatis satu sama lain menggunakan fitur overlay visual di @RISK (seperti menemukan bahwa titik P1 dan P99 dari distribusi normal memberikan estimasi yang wajar dari parameter minimum dan maksimum dari distribusi segitiga yang mendekati). Kami juga menunjukkan bagaimana proses perkiraan dapat diformalkan untuk membuat distribusi yang parameternya (atau properti statistik lainnya, seperti persentil) cocok satu sama lain.

Secara umum, metode yang lebih formal ini menggunakan properti statistik dari fungsi distribusi, yang mungkin tidak selalu mudah untuk dikerjakan. Dalam kasus seperti itu, setidaknya saat menggunakan @RISK, seseorang sering kali dapat membuat perkiraan tersebut dengan menggabungkan penggunaan fungsi statistik RiskTheo dengan bentuk parameter alternatif dari distribusi dengan cara yang tepat.

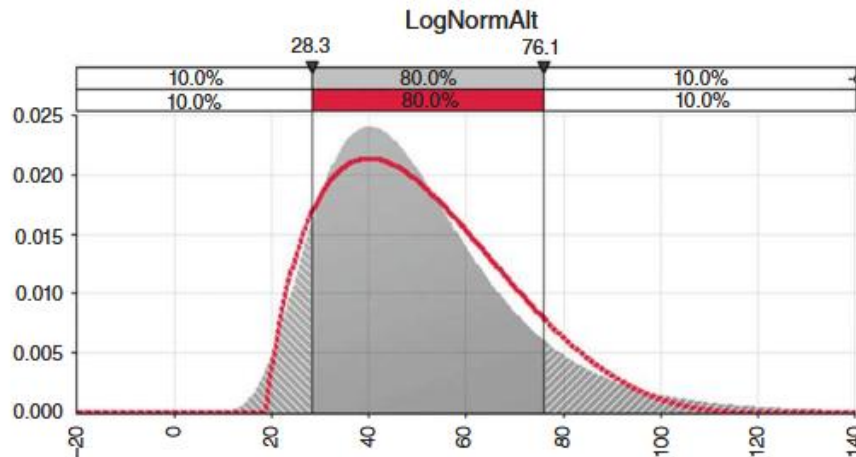
Misalnya, distribusi PERT sering kali memberikan perkiraan yang wajar dari distribusi kontinu lainnya, sehingga jika seseorang mengetahui rata-rata dan deviasi standar (μ , σ) dari distribusi lognormal (yang, tentu saja, tidak terbatas dalam arah positif), maka seseorang dapat menemukan distribusi PERT yang memiliki titik P10, kemungkinan besar, dan P90 yang sama dengan distribusi lognormal dengan:

- Membuat distribusi lognormal dengan parameter yang diberikan.
- Menggunakan RiskTheoPtoX (atau RiskTheoPercentile) untuk menetapkan P10 dan P90 dari distribusi ini, dan RiskTheoMode untuk menetapkan nilai kemungkinan terbesarnya.
- Membuat distribusi PERT menggunakan formulasi parameter alternatif, berdasarkan nilai P10, kemungkinan besar, dan P90 yang telah ditetapkan.

Gambar 9.37 menunjukkan perbandingan overlay untuk kasus di mana distribusi lognormal memiliki rerata dan deviasi standar masing-masing 50 dan 20. Distribusi diskrit umum juga dapat digunakan untuk memperkirakan proses berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang paling terkenal adalah menggunakan distribusi diskrit tiga titik untuk memperkirakan distribusi normal.

Misalnya, dengan distribusi normal, seseorang dapat menghitung P10, P50, dan P90, lalu menetapkan probabilitas (atau bobot) yang diperlukan untuk masing-masing sedemikian rupa sehingga distribusi diskrit umum yang dibentuk dengan nilai-nilai ini akan memiliki rerata dan deviasi standar yang sama dengan distribusi normal asli. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan menggabungkan GoalSeek Excel dengan penggunaan fungsi RiskTheo @RISK dan parameter alternatif dengan:

- Membuat distribusi normal dengan parameter yang diberikan.
- Menggunakan fungsi RiskTheoPtoX (RiskTheoPercentile) untuk menghitung P10, P50, dan P90.
- Menggunakan persentil ini sebagai tiga nilai x dari proses diskrit, di mana probabilitas untuk setiap titik didefinisikan sebagai p , $1 - 2p$, p , di mana p adalah nilai yang akan ditemukan (penggunaan probabilitas ini memastikan bahwa distribusi diskrit yang dihasilkan bersifat simetris dan dengan probabilitas yang berjumlah 100%; dengan kata lain, hanya ada satu variabel yang akan ditemukan, atau satu derajat kebebasan).
- Menggunakan fungsi RiskTheoStdDev untuk menghitung deviasi standar dari distribusi diskrit.
- Membuat sel yang menghitung selisih antara sel tersebut dan deviasi standar dari distribusi normal.
- Menjalankan GoalSeek untuk menyetel sel ini (yaitu selisih antara deviasi standar) ke nol dengan mengubah probabilitas.



Gambar 9.37 Perbandingan Distribusi Lognormal dan PERT dengan Nilai P10, Most Likely dan P90 yang Sama

Gambar 9.38 menunjukkan hasil dari proses ini, yang menunjukkan bahwa bobot sekitar 30%, 40%, dan 30% diperlukan agar kedua distribusi memiliki simpangan baku yang sama; ini dikenal sebagai aturan Swanson. Salah satu aplikasi penting adalah untuk bobot yang digunakan dalam model pohon keputusan: pohon adalah proses diskrit tetapi sering kali mewakili proses berkelanjutan yang mendasarinya.

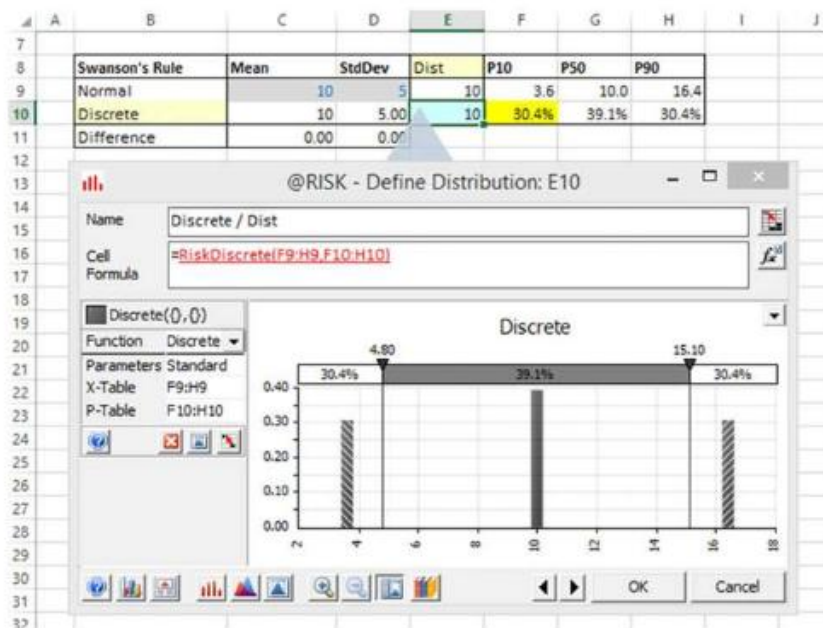
Jadi, untuk distribusi asumsi dasar tertentu, dan dengan nilai cabang diasumsikan sebagai persentil spesifik dari ini, seseorang tidak dapat memilih probabilitas cabang secara bebas. Perhatikan bahwa, karena distribusi normal simetris, bobot "30-40-30" berlaku untuk titik P10, P50, dan P90 dari distribusi tersebut, terlepas dari parameternya. Jika seseorang menerapkan proses yang sama pada distribusi non-simetris (seperti lognormal), maka seseorang perlu memecahkan dua faktor bobot (dengan yang ketiga adalah probabilitas yang diperlukan untuk membuat total 100%).

Dalam kasus ini, karena ada lebih dari satu item yang harus dipecahkan, seseorang perlu menggunakan Solver Excel (atau padanan alternatifnya) sebagai pengganti GoalSeek. Secara umum, bobot yang dibutuhkan untuk proses diskrit akan bergantung pada parameter distribusi lognormal. Jadi, dalam beberapa kasus, seseorang sering menggunakan bobot yang berlaku untuk distribusi normal ke distribusi lain, dan menerima bahwa kedua distribusi tersebut mungkin tidak memiliki parameter yang cocok secara sempurna.

Perhatikan bahwa dengan menggunakan pendekatan dasar yang sama, seseorang dapat menerapkan bobot (yang diturunkan dari normal) ke P10, P50, dan P90 dari distribusi mana pun, lalu menggunakan overlay, bentuk parameter alternatif, dan fungsi statistik untuk membandingkan distribusi. Gambar 9.39 menunjukkan pendekatan terkait yang menerapkan bobot yang diturunkan di atas ke persentil distribusi lognormal, yang darinya seseorang melihat bahwa akan ada perbedaan kecil antara rata-rata, dan perbedaan yang sedikit lebih besar antara deviasi standar dalam kasus ini.

Perhatikan bahwa pendekatan pencocokan parameter dan persentil yang ditunjukkan di sini tidak menggunakan kriteria yang sama seperti yang berlaku dalam penyesuaian distribusi umum (lihat Bab 13); pendekatan terakhir umumnya meminimalkan jarak antara

keduanya dengan mempertimbangkan semua titik dalam rentang.



Gambar 9.38 Derivasi Bobot yang Digunakan pada Nilai P10, P50 dan P90, untuk Aproksimasi Distribusi Normal dengan Distribusi Diskrit Umum

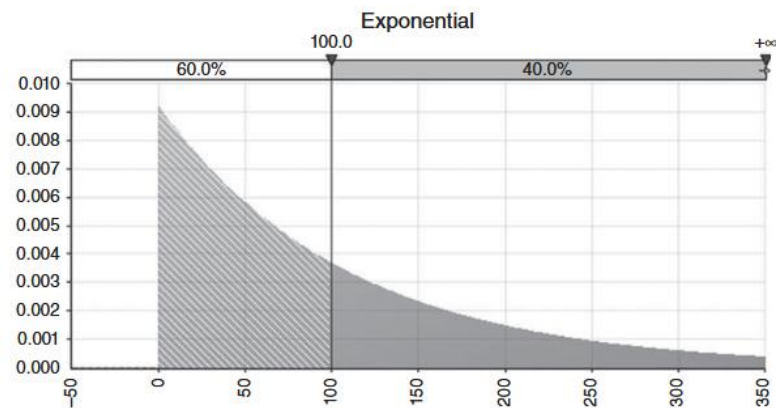
Beberapa Potensi Jebakan Terkait dengan Aproksimasi Distribusi

Dalam pembahasan di atas, kami bertujuan untuk menunjukkan beberapa contoh jenis perkiraan yang mungkin diperlukan dalam aplikasi bisnis praktis, dan yang secara umum mungkin juga memadai, kecuali konteks spesifik memiliki persyaratan yang sangat menuntut untuk keakuratan hasil numerik.

Applying Weights	Mean	StdDev	Dist	P10	P50	P90
Lognormal	50.0	20.0	33.63	28.3	46.4	76.1
Discrete	49.94	18.83	46.42	30.4%	39.1%	30.4%
Difference	0.06	1.17				

Gambar 9.39 Penggunaan Bobot 30-40-30 Untuk Distribusi Non-Normal Hanya Akan Memberikan Perkiraan

Di sisi lain, sangat sering orang mengamati bahwa metode perkiraan yang tidak tepat digunakan. Berikut ini kami berikan beberapa contoh di mana kehati-hatian mungkin perlu dilakukan. Seperti yang disebutkan dalam Bab 3, dan di berbagai tempat lain dalam teks ini, penggunaan kerangka kerja probabilitas-dampak dapat menjadi sangat ampuh dalam beberapa keadaan, dan merupakan perluasan alami dari pendekatan register risiko terhadap manajemen risiko (kualitatif).



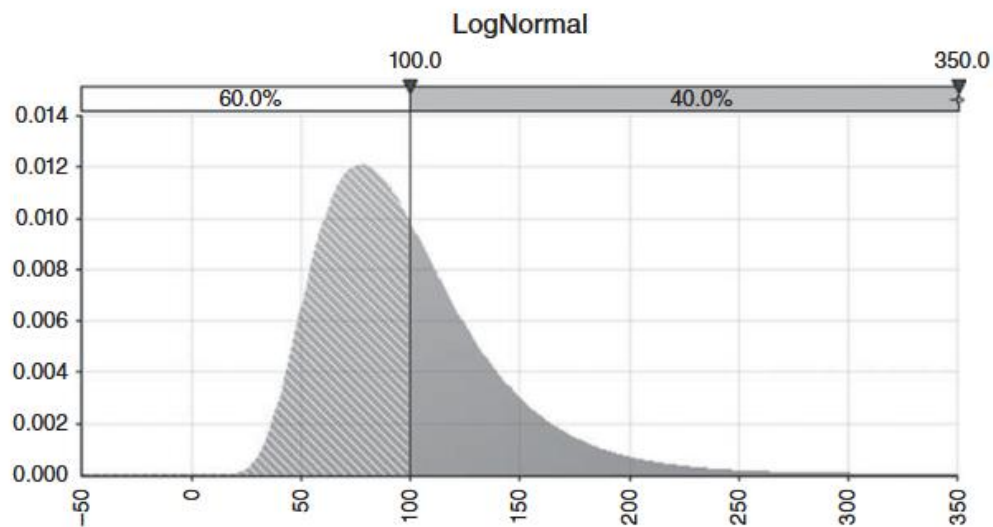
Gambar 9.40 Menggunakan Distribusi Eksponensial dengan P60 Sama dengan 100

Kami juga menjelaskan bagaimana pembuatan model risiko penuh dengan memperluas hasil pendekatan register risiko dapat memiliki beberapa masalah terkait; ini cenderung muncul ketika proses yang mendasarinya, pada kenyataannya, bukan bersifat risiko-peristiwa, tetapi kerangka kerja yang digunakan untuk menggambarkan risiko telah menuntun seseorang ke jalur ini. Misalnya, tim proyek mungkin telah mengidentifikasi bahwa ada risiko bahwa biaya tambahan mungkin timbul dalam proyek tersebut.

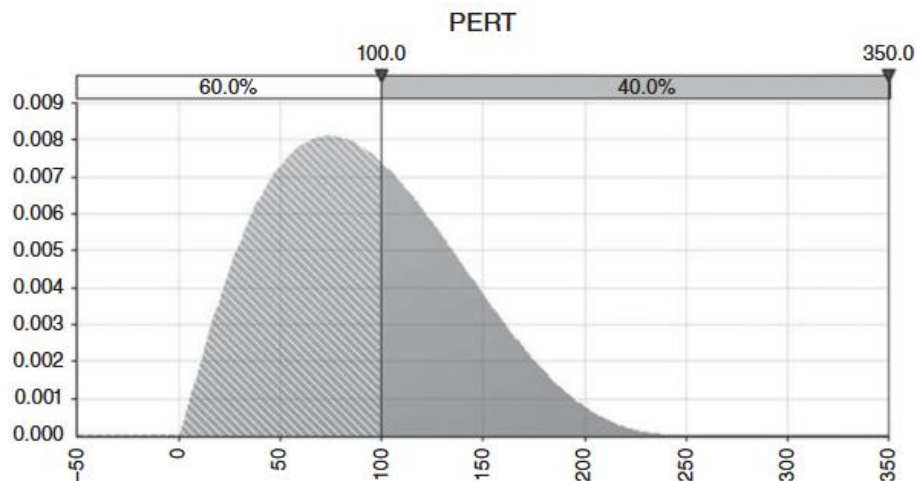
Jika struktur yang digunakan untuk mengklasifikasikan semua risiko adalah risiko probabilitas-dampak, maka (misalnya) risiko tersebut mungkin telah digambarkan sebagai "memiliki probabilitas 40% dan dampak sebesar \$100". Namun (seperti untuk kasus lain di mana seseorang mempertimbangkan ketidakpastian berkelanjutan dalam kerangka kerja seperti itu), mungkin saja "risiko" ini akan selalu terwujud (sehingga probabilitasnya pada dasarnya tidak relevan, yaitu 100%), dengan masalah, pada kenyataannya, adalah tingkat (atau ketidakpastian) dari biaya tambahan.

Dengan demikian, data yang diberikan tentang proses ini (yang mungkin berasal dari estimasi atau penilaian ahli) mungkin benar-benar sesuai dengan adanya peluang 40% bahwa biayanya akan menjadi Rp. 100.000 atau lebih (yaitu bahwa Rp. 100.000 mewakili P60 dari distribusi). Dengan kata lain, probabilitasnya, pada kenyataannya, adalah persentil dari distribusi dampak, bukan probabilitas terjadinya. Perhatikan bahwa untuk membuat distribusi aktual (dan menyelesaikan kalkulasi numerik) untuk biaya tambahan, seseorang perlu memilih distribusi ketidakpastian (berkelanjutan) yang sesuai, dan secara umum membuat asumsi tambahan (atau mencari informasi lebih lanjut dari penyedia data asli) pada nilai parameter lainnya:

- Gambar 9.40 menunjukkan konsekuensi penggunaan distribusi eksponensial, dan penggunaan asumsi tambahan bahwa biaya minimum adalah nol.
- Gambar 9.41 menunjukkan kasus distribusi lognormal, dan menggunakan asumsi tambahan bahwa biaya minimum adalah nol dan P90 adalah 150.
- Gambar 9.42 menunjukkan kasus distribusi PERT, dan menggunakan asumsi tambahan bahwa biaya minimum adalah nol dan maksimum adalah 250.



Gambar 9.41 Menggunakan Distribusi Lognormal dengan P60-nya Sama dengan 100



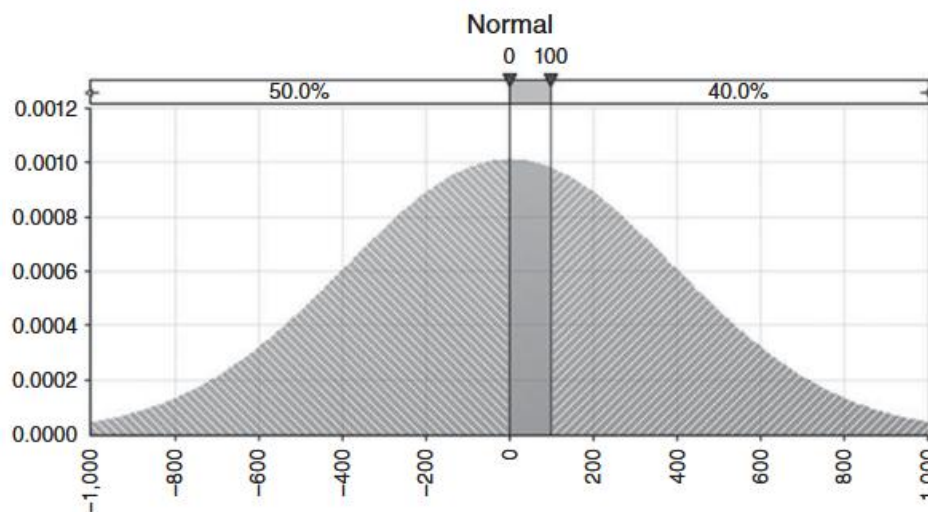
Gambar 9.42 Menggunakan Distribusi PERT Dengan P60 Yang Sama Dengan 100

Gambar 9.43 menunjukkan nilai rata-rata (mean) dalam setiap kasus, termasuk untuk asumsi dasar tersirat bahwa biaya tambahan sebesar Rp. 100.000 terjadi dalam 40% kasus. Kita dapat dengan jelas melihat perbedaan besar dalam konsekuensi, dan potensi bahwa kerangka dasar probabilitas-dampak salah menyatakan risiko ini, dalam kasus-kasus ini dengan pernyataan yang jauh lebih rendah dari rata-rata (dan kasus terburuk).

Distribution	Mean Value
Bernoulli, or using P*I multiplication	40
Exponential	109
LogNormal	98
PERT	91

Gambar 9.43 Perbandingan Nilai Rata-rata untuk Berbagai Asumsi Distribusi

Dalam beberapa kasus, pendekatan semacam itu mungkin melebihi-lebihkan nilai rata-rata. Misalnya, jika risiko telah diidentifikasi bahwa tingkat harga pasar suatu produk akan berbeda dengan yang telah direncanakan, sedangkan proses sebenarnya mungkin melibatkan fluktuasi di kedua arah di sekitar nilai dasar, maka seseorang mungkin memiliki situasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.44. Ini menggunakan distribusi normal dengan parameter yang sama seperti di atas (yaitu Rp. 100.000 sebagai P60), dan asumsi tambahan bahwa nilai rata-rata adalah nol. Dalam kasus ini, asumsi dasar (sebesar Rp. 40.000 untuk nilai rata-rata) melebihi-lebihkan angka sebenarnya (sebesar Rp. 0), bahkan jika asumsi itu tidak menangkap variabilitas dengan benar.



Gambar 9.44 Menggunakan Distribusi Normal dengan P60 Sama dengan 100 (Dalam Rp. X.000)

Dengan demikian, masalah di atas mungkin muncul secara umum ketika proses yang mendasarinya adalah ketidakpastian berkelanjutan, tetapi di mana kerangka kerja probabilitas-dampak disajikan sebagai alat kerja untuk membantu dan memfasilitasi proses kelompok. Area lain di mana kesalahan terkadang dibuat dengan kerangka kerja probabilitas-dampak adalah tidak melampirkan kerangka waktu pada probabilitas-kejadian.

Dalam beberapa kasus, kelalaian semacam itu mungkin tidak terlalu berdampak dalam praktik. Misalnya, jika suatu proyek akan dilaksanakan selama 3 atau 4 minggu ke depan, dengan setiap risiko terjadi paling banyak satu kali, maka kerangka waktu implisitnya adalah "selama fase pelaksanaan proyek"; ini mungkin cukup untuk banyak tujuan. Namun, jika kerangka waktu suatu proyek signifikan (seperti tahun), maka frasa (yang tampaknya kuantitatif) seperti "ada peluang 20% terjadinya suatu insiden" mungkin tidak memiliki banyak arti (dari perspektif kuantitatif): jelas ada perbedaan besar antara kemungkinan terjadinya 20% per bulan versus 20% per tahun, misalnya.

Selain itu, meskipun mungkin merupakan perkiraan yang wajar untuk mengasumsikan bahwa dalam kerangka waktu yang pendek suatu peristiwa dapat terjadi paling banyak satu kali (dan menggunakan distribusi Bernoulli), dalam kerangka waktu yang lebih panjang

seseorang mungkin perlu memperhitungkan beberapa kejadian, yang dapat mengubah distribusi yang digunakan, serta pendekatan dan struktur model.

	A	B	C	D
1				
2		From one-period to several		
3		Probability (occurrence) per period	15.0%	
4		Number of periods	10	
5		Probability (non-occurrence) per period	85%	=1-C3
6		Probability (non-occurrence) over these periods	19.7%	=C5^C4
7		Probability (occurrence) over these periods	80.3%	=1-C6
8				
9		From several periods to one		
10		Probability (occurrence) over several periods	80.3%	
11		Number of periods	10	
12		Probability (non-occurrence) over several periods	20%	=1-C10
13		Probability (non-occurrence) over one period	85.0%	=C12^(1/C11)
14		Probability (non-occurrence) over one period	15.0%	=1-C13
15				
16		Another way to collect pragmatic information		
17		Periods to wait until X% sure that event has been observed	10	
18		X% confidence that event would be observed in this time	80%	
19		Probability per period	15%	=1-(1-C18)^(1/C17)

Gambar 9.45 Kalibrasi Silang Probabilitas Kejadian untuk Periode Waktu

Dalam kasus suatu proses yang dapat terjadi paling banyak satu kali, relatif mudah untuk menyesuaikan probabilitas yang berlaku dalam satu periode agar sesuai untuk periode yang lebih lama: dengan asumsi bahwa terjadinya suatu risiko bersifat independen dari satu periode ke periode berikutnya, maka probabilitas tidak terjadinya risiko selama beberapa periode adalah hasil perkalian dari tidak terjadinya risiko pada setiap periode.

Oleh karena itu, probabilitas terjadinya risiko dalam periode apa pun dapat dihitung dari probabilitas terjadinya risiko dalam jangka waktu yang lebih lama, dan sebaliknya. Penyesuaian probabilitas yang diperlukan saat seseorang berpindah dari model satu periode ke model multiperioda, atau sebaliknya. Gambar 9.45 menunjukkan perhitungan dalam setiap kasus.

Perhatikan bahwa penerapan prosedur tersebut untuk mengklarifikasi pernyataan estimasi probabilitas tentu saja dapat menyebabkan perubahan besar pada hasil pemodelan kuantitatif (secara kasar, selama periode 5 tahun, probabilitas tahunan akan dikalikan lima, misalnya, meskipun perhitungan sebenarnya adalah perkalian seperti yang ditunjukkan dalam berkas). Bila terjadi perubahan nilai yang besar pada nilai model sebagai hasil klarifikasi tersebut, penting untuk menemukan cara alternatif untuk memeriksa ulang asumsi.

Misalnya, seseorang dapat mengajukan pertanyaan seperti "menurut Anda, berapa lama waktu yang dibutuhkan agar peristiwa tersebut terjadi dalam 90% kasus?" Seperti yang ditunjukkan dalam berkas, informasi tersebut dapat digunakan untuk mengkalibrasi ulang proses (jika terdapat perbedaan besar dalam estimasi tergantung pada pendekatannya, maka eksplorasi lebih lanjut mengenai alasannya akan menjadi penting dan dapat menghasilkan

wawasan tambahan).

	A	B	C	D	E
1					
2			P(occurrence)	P(Non-occurrence)	
3		Risk 1	10%	90%	=1-C3
4		Risk 2	5%	95%	=1-C4
5		Risk 3	5%	95%	=1-C5
6		Risk 4	10%	90%	=1-C6
7		Risk 5	5%	95%	=1-C7
8		Total	31%	69%	
9			=1-D8	=PRODUCT(D3:D7)	

Gambar 9.46 Kalibrasi-silang Probabilitas Kejadian untuk Beberapa Risiko

Secara umum, beberapa peristiwa risiko mungkin dapat terjadi lebih dari satu kali, tergantung pada jangka waktu yang dipertimbangkan, yang berarti bahwa risiko dapat diremehkan jika risiko tersebut hanya diperbolehkan terjadi satu kali: kerangka kerja probabilitas-dampak yang hanya memperbolehkan pertanyaan ya/tidak “apakah ada insiden?” mungkin mengajukan pertanyaan yang salah (yaitu “berapa banyak insiden?”).

Dalam kasus seperti itu, penggunaan distribusi Poisson sering kali lebih tepat. Faktanya, ini sering kali lebih mudah, karena parameter Poisson (intensitas) berskala linier terhadap waktu (tidak seperti probabilitas binomial atau Bernoulli), sehingga menyesuaikan intensitas merupakan pertanyaan sederhana tentang perkalian atau pembagian.

Di sisi lain, untuk memperbolehkan beberapa kejadian dalam setiap periode, seseorang mungkin diminta untuk menggunakan proses peracikan (karena setiap kejadian mungkin memiliki dampak yang berbeda, yang perlu dicatat secara terpisah); hal ini dapat mengubah struktur model, dan mungkin memerlukan penggunaan distribusi gabungan, seperti RiskCompound milik @RISK (lihat Bab 13). Terkait dengan konsep beberapa kejadian dari item risiko yang sama adalah perlakuan sejumlah risiko "kecil" sebagai satu item tunggal.

Misalnya, jika setiap risiko dalam satu set memiliki probabilitas kejadian yang cukup rendah, maka kecil kemungkinan lebih dari satu risiko akan terjadi (semakin banyak risiko yang ada, semakin besar kemungkinan setidaknya satu akan terjadi). Jadi, seseorang dapat mempertimbangkan untuk mengganti set risiko individual ini dengan satu item risiko, atau perwakilan kategori. Misalnya, Gambar 9.46 menunjukkan perhitungan yang mirip dengan yang di atas, di mana probabilitas kejadian (dari satu atau lebih risiko) dapat dilihat dengan menghitung hasil perkalian probabilitas tidak terjadinya masing-masing, dan mengurangkannya dari 100%.

Dengan kata lain, dalam contoh yang ditunjukkan, ada kemungkinan 31% bahwa setidaknya satu dari lima item tersebut terjadi, karena ada kemungkinan 69% bahwa tidak satu pun dari mereka terjadi. Dengan demikian, seseorang dapat mempertimbangkan untuk mengganti serangkaian risiko peristiwa dengan satu risiko peristiwa tunggal dengan kemungkinan kejadian yang lebih tinggi (dan mengabaikan bahwa mungkin ada kemungkinan kecil terjadinya beberapa kejadian ketika rangkaian lengkap dipertimbangkan).

Teknik ini mungkin sederhana sebagai sebuah konsep, meskipun dapat menjadi tantangan untuk dilakukan jika dampak dari setiap risiko sangat berbeda satu sama lain, karena dampak (atau distribusinya) yang seharusnya dikaitkan dengan terjadinya risiko peristiwa tunggal tidak terdefinisi dengan baik.

Dalam kasus seperti itu, metode yang lebih tepat adalah dengan menangkap dampak risiko individual dalam model, tetapi memperlakukan dampak agregatnya seolah-olah itu adalah satu item risiko (untuk tujuan analisis dan tampilan hasil). Dalam pendekatan Excel/VBA yang digunakan dalam Bab 12, hal ini akan dicapai dengan hanya menetapkan sel yang berisi kalkulasi agregat sebagai keluaran yang akan direkam selama simulasi, sedangkan dalam @RISK, sel akan ditandai dengan fungsi RiskMakeInput, seperti yang dibahas dalam Bab 13.

BAB 10

MEMBUAT SAMPEL DARI DISTRIBUSI

Bab ini menjelaskan perhitungan yang diperlukan untuk membuat sampel acak dari distribusi. Hal ini mendasar bagi pemodel yang ingin menggunakan pendekatan Excel/VBA, tetapi hanya relevan sebagai latar belakang bagi mereka yang menggunakan @RISK (yang mungkin memilih untuk membaca sekilas atau melewati bab ini). Dalam statistik tradisional (dan di Excel), fungsi distribusi mengembalikan ukuran probabilitas relatif atau kumulatif pada nilai variabel tertentu (bukan sampel acak), sedangkan dalam @RISK, fungsi distribusi secara langsung mengembalikan sampel (bukan informasi probabilitas). Seperti yang dijelaskan dalam Bab 8 (lihat Gambar 8.8), sampel acak dapat dibuat secara eksplisit dengan inversi fungsi distribusi kumulatif, yang melibatkan dua langkah:

- Pembuatan sampel acak dari distribusi kontinu seragam (standar), yaitu nilai acak antara nol dan satu (0% dan 100%). Di Excel, ini dapat dilakukan menggunakan fungsi RAND().
- Perhitungan persentil terkait dari distribusi.

Ingat kembali dari Bab 9 bahwa distribusi kumulatif adalah suatu fungsi, F , yang mengevaluasi probabilitas kumulatif, P , hingga titik x :

$$P = F(\text{Par1}, \dots, \text{ParN}, x)$$

di mana $\text{Par1}, \text{Par2} \dots$ adalah parameter distribusi (misalnya $\mu, \sigma, \alpha, \beta, \lambda, \text{Min}, \text{ML}, \text{Max}$). Proses inversi melibatkan pencarian, untuk nilai P apa pun, nilai x yang sesuai. Meskipun seseorang mungkin menganggap ini memerlukan prosedur pencarian, dalam banyak kasus rumus matematika untuk fungsi invers mudah ditemukan. Misalnya, dalam kasus distribusi Weibull, kami mencatat dalam Bab 9 bahwa fungsi kumulatifnya adalah:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$$

Oleh karena itu, untuk probabilitas kumulatif tertentu, P , kita ingin menemukan nilai x sehingga:

$$P = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$$

Dengan sedikit manipulasi matematika, mudah untuk melihat bahwa ini adalah:

$$x = \beta \cdot \left(\text{LN} \left(\frac{1}{1-P} \right) \right)^{1/\alpha}$$

Secara umum, fungsi invers memiliki P sebagai input (bersama dengan parameter distribusi) dan x sebagai output:

$$x = \text{FINV}(\text{Par}_1, \dots, \text{Par}_N, P)$$

Dengan demikian, sampel acak P (seperti yang dibuat menggunakan fungsi $\text{RAND}()$) akan membuat sampel acak dari distribusi tersebut. Jelas bahwa properti sampel- x yang dihasilkan dengan cara ini (seperti benar-benar akurat atau mewakili distribusi) akan bergantung pada properti (atau kualitas) sampel acak probabilitas (dengan asumsi bahwa perhitungan inversi dapat dilakukan secara tepat). Perlu dicatat bahwa, dalam beberapa kasus, proses inversi ini sangat sederhana sehingga keberadaannya dapat diabaikan, karena "tersembunyi di depan mata".

Misalnya, fungsi $\text{RAND}()$ secara langsung menghasilkan sampel dari distribusi kontinu seragam standar tanpa inversi yang jelas: karena kurva kerapatan adalah $f(x) = 1$, kurva kumulatif adalah $F(x) = x$, sehingga seseorang mencari nilai- x yang memenuhi $P = x$, yang tentu saja diberikan oleh (fungsi invers) $x = P$. Dengan demikian, nilai sampel, P , secara langsung memberikan nilai sampel, x . Demikian pula, ketika fungsi $\text{RAND}()$ dikombinasikan dengan pernyataan IF untuk mengambil sampel terjadinya atau tidaknya risiko jenis peristiwa, ini merupakan inversi dari distribusi kumulatif binomial (atau Bernoulli). Secara lebih umum, proses untuk membalikkan (atau mengambil sampel dari) distribusi bergantung pada fungsi spesifik, dan dapat dianggap termasuk dalam beberapa kategori yang mungkin:

- Di mana fungsi invers sudah ada di dalam Excel.
- Di mana fungsi invers dapat dengan mudah dinyatakan sebagai rumus (bentuk tertutup) (seperti dalam contoh di atas untuk distribusi Weibull), dan karenanya dapat dihitung secara langsung.
- Di mana beberapa bentuk pencarian, penelusuran, atau teknik iteratif diperlukan. Meskipun berlaku untuk semua kasus secara teori, teknik pencarian umumnya kurang efisien secara komputasional daripada perhitungan langsung (atau fungsi Excel) jika tersedia.

Tergantung pada fungsinya, salah satu dari metode ini akan menjadi yang paling tepat. Ini dibahas di bagian akhir bab ini.

10.1 FUNGSI INVERS YANG TERSEDIA SECARA LANGSUNG

Bagian ini menjelaskan distribusi yang fungsi inversnya tersedia secara langsung, baik secara langsung di Excel atau dengan menggunakan rumus sederhana yang dapat dibuat secara eksplisit.

Fungsi yang Disediakan Secara Langsung di Excel

Sejumlah fungsi invers tersedia di Excel. Untungnya, fungsi ini sering kali sesuai dengan situasi saat rumus bentuk tertutup tidak tersedia. Perhatikan bahwa seseorang dapat memilih untuk membuat algoritme sendiri untuk fungsi invers meskipun Excel menyediakan fungsi invers (misalnya, melalui pencarian internet sederhana seseorang dapat menemukan prosedur untuk membuat sampel dari distribusi normal); namun, secara umum tampaknya logis untuk

menggunakan pendekatan bawaan kecuali seseorang memiliki pengetahuan bahwa prosedur tersebut lebih baik daripada yang ada di Excel. Fungsi invers yang tersedia secara langsung di Excel adalah:

- BINOM.INV dapat digunakan untuk membuat sampel dari distribusi binomial; parameter Alpha dari fungsi tersebut akan merujuk ke P acak. Dalam versi sebelum Excel 2007, tidak ada fungsi yang setara (mis. "BINOMINV" tidak ada, sehingga teknik pencarian dapat digunakan).
- NORM.INV (atau NORMINV) dapat digunakan untuk mengambil sampel dari distribusi normal. Seseorang juga dapat menggunakan NORM.S.INV atau NORMSINV untuk mengambil sampel dari distribusi normal standar dan mengubah skala hasil dengan mengalikan dengan deviasi standar dan menambahkan rata-rata.
- LOGNORM.INV (atau LOGINV) dapat digunakan untuk mengambil sampel dari distribusi lognormal. Perhatikan bahwa fungsi ini menggunakan parameter logaritmik, bukan yang alami (lihat Bab 9).
- BETA.INV (atau BETAINV) dapat digunakan untuk mengambil sampel dari distribusi beta. Perhatikan bahwa fungsi ini dapat digunakan untuk menghasilkan sampel distribusi PERT, karena hubungan yang dijelaskan dalam Bab 9.
- GAMMA.INV (atau GAMMAINV) dapat digunakan untuk membuat sampel dari distribusi gamma.
- Fungsi T.INV (atau TINV) dapat digunakan untuk membuat sampel dari distribusi t (Student), CHISQ.INV (atau CHIINV) untuk distribusi chi-kuadrat, dan F.INV (atau FINV) untuk distribusi F. Perhatikan bahwa beberapa fungsi invers ini juga ada dalam bentuk dua sisi (seperti CHISQ.INV.RT, F.INV.RT, dan T.INV.2T), yang relevan untuk perhitungan statistik interval kepercayaan, tetapi tidak jika seseorang menginversikan distribusi untuk tujuan simulasi; oleh karena itu, kehati-hatian perlu dilakukan, seperti yang ditunjukkan dalam contoh di Bab 9 untuk distribusi t.

Gambar 10.1 Perhatikan bahwa file tersebut juga menunjukkan kedua bentuk parameterisasi distribusi lognormal (di mana, dalam kasus kedua, parameter alami pertama-tama diubah menjadi parameter logaritmik), serta menunjukkan distribusi PERT menggunakan perhitungan parameter yang dijelaskan dalam Bab 9. Kolom G berisi berbagai fungsi RAND(); pembaca akan melihat angka yang berbeda dengan menekan F9 (sehingga Excel menghitung ulang) saat menggunakan file tersebut.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

DISTRIBUTION NAME	PARAMETERS					Prob (RAND!)	Inverse Cumulative Distribution (or Percentile) As Excel Formula Cell Formula
Bernoulli/Binomial	n	P(Success)				16.6%	1 = BINOM.INV(C5,D5,G5)
Normal	Mean	StdDev				57.5%	30.87 = NORM.INV(G7,C7,D7)
Lognormal in Excel (LogNormal2 in @RISK)	m	s	μ	σ		82.3%	66.32 = LOGNORM.INV(G9,C9,D9)
Lognormal Using natural parameters converted to logarithmic	μ	σ	m	s		82.3%	66.32 = LOGNORM.INV(G10,E10,F10)
Standard Beta	Alpha	Beta				42.0%	0.25 = BETA.INV(G13,C13,D13)
BetaGeneral	Alpha	Beta	A(Min)	B(Max)		4.5%	82.56 = BETA.INV(G15,C15,D15,E15,F15)
PERT from Beta	Min	ML	Max			54.1%	105.23 = BETA.INV(G17,A17*(C17+4*D17+E17)/6,C17)/4
Gamma	Alpha	Beta				54.5%	5.52 = GAMMA.INV(G19,C19,D19)
Student or T	nDegFreedom					16.3%	-0.36 = T.INV(G21,C21)
Chi-Sq	nDegFreedom					18.2%	14.23 = CHISQ.INV(G23,C23)
F	nDegFreedom1	nDegFreedom2				48.5%	0.97 = F.INV(G25,C25,D25)

Gambar 10.1 Contoh Fungsi Invers Excel

Fungsi yang Rumusnya Dapat Dibuat dengan Mudah

Beberapa distribusi penting dan sering muncul tidak (pada saat penulisan) memiliki fungsi invers eksplisit di Excel, tetapi dapat dengan mudah dihitung dengan manipulasi sederhana rumus untuk fungsi distribusi kumulatif. Ini termasuk (dengan parameternya ditunjukkan dalam tanda kurung):

Kontinu seragam standar:

$$x = P$$

Seragam kontinyu (L, U):

$$x = L + P (U - L)$$

Bernoulli(p):

$$x = \mathbf{IF} (p \leq P, 1, 0)$$

Atau

$$x = \mathbf{IF} (p > 1 - p, 1, 0)$$

Segitiga (Min, ML, Maks):

$$x = \text{Min} + \sqrt{(P (ML - \text{Min}) (Max - \text{Min}))} \text{ if } P \leq \frac{ML - \text{Min}}{Max - \text{Min}}$$

$$x = \text{Max} - \sqrt{(1 - P) (ML - \text{Min}) (Max - \text{Min})} \text{ if } P > \frac{ML - \text{Min}}{Max - \text{Min}}$$

Eksponensial(β):

$$x = \beta \text{LN} \left(\frac{1}{1 - P} \right)$$

Geometris(p):

$$x = \text{ROUNDUP} \left(\frac{\text{LN}(1-P)}{\text{LN}(1-p)}, 0 \right) - 0$$

Weibull(α, β):

$$x = \beta \cdot \left(\text{LN} \left(\frac{1}{1-P} \right) \right)^{1/\alpha}$$

Integer seragam(L, U):

$$x = L + \text{INT} (P (U - L + 1))$$

Pareto(θ, α):

$$x = \frac{\alpha}{(1-P)^{\frac{1}{\theta}}}$$

Pareto2(B, Q):

$$x = -B \frac{B}{(1-P)^{\frac{1}{\theta}}}$$

Nilai Ekstrim Maks(a, b):

$$x = \alpha - b \text{LN} (- \text{LN}(P))$$

Nilai EkstrimMin(a, b):

$$x = \alpha + b \text{LN} (- \text{LN}(1-P))$$

Logistik(α, β):

$$x = \alpha + \beta \text{LN} \left(\frac{P}{1-P} \right)$$

Log-logistik(γ, β, α):

$$x = \gamma + \beta \left(\frac{P}{1-P} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

Contoh masing-masing fungsi ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2		DISTRIBUTION NAME	PARAMETERS				Prob (RAND)	Inverse Cumulative Distribution (or Percentile)			
3								As Excel Formula, Cell Formula			
4		Uniform on [0,1]					35.0%	0.35 * 05			
5		Uniform between L and U	L	U			67.2%	6.36 * (C7-D7)/(C7)			
6		Bernoulli	PSuccess				5.9%	0 * (F7-G7)/(C7)			
7		Bernoulli using RAND() and IF	30%								
8		Triangular	Min	ML	Max		58.6%	123.51 * (D7-E7)/(E7-C7) * (D7-E7)/(E7-C7)			
9		Geometric	PSuccess				99.3%	13 * (ROUNDUP(LN(1-G7)/LN(1-C7)),0)+1			
10		Exponential	Lambda/Beta				64.3%	3.43 * (C7)/(LN(1-G7))			
11		Weibull	Alpha	Beta			59.0%	2.83 * (D7)/(LN(1-G7))^(1/Beta)			
12		Integer Uniform between integers L and U	L	U			28.3%	1994 * (C7-D7)/(D7-C7)+1			
13		Integer Uniform between L and U (both integers)	1994	2013							
14		Pareto	Theta	a			64.8%	7.08 * (D7)/(1-G7)^(1/Theta)			
15		ParetoZ	B	Q			13.5%	0.05 * (C7-C23)/(Q23)-(1/G7)			
16		Extreme Value Max	a	b			67.7%	-7.42 * (C25-C25)/(LN(1-G7))			
17		Extreme Value Min	a	b			90.3%	-6.45 * (C27-C27)/(LN(1-G7))			
18		Logistic	Alpha	Beta			21.1%	27.36 * (C29-C29)/(G29*(1-G29))			
19		Log Logistic	Gamma	Beta	Alpha		3.4%	4.56 * (C31-C31)/(G31*(1-G31))^(1/Beta)			
20			4.00	3.00	2.00						

Gambar 10.2 Fungsi Invers Dihitung Secara Analitik

10.2 FUNGSI YANG MEMERLUKAN METODE PENCARIAN DAN PENCARIAN

Untuk distribusi tertentu, terutama yang diskrit, mungkin perlu menemukan sampel acak dalam mode bertahap bertahap di mana probabilitas diakumulasi dari nilai serendah mungkin ke atas, hingga nilai yang probabilitas kumulatifnya cocok dengan persentase acak ditemukan. Contohnya termasuk distribusi diskrit umum, Poisson, binomial negatif, dan hipergeometrik.

Tabel Pencarian

Distribusi diskrit umum diparameterisasi oleh tabel nilai dan probabilitas, dan karenanya distribusi kumulatif tidak dapat dinyatakan sebagai fungsi matematika dalam arti sebenarnya. Di sisi lain, dengan kumpulan nilai-x dan probabilitas kumulatifnya yang disusun dalam urutan menaik, seseorang dapat, untuk P tertentu, cukup mencari dalam tabel untuk nilai-x terbesar yang probabilitas kumulatifnya kurang dari atau sama dengan P (misalnya, menggunakan fungsi pencarian seperti INDEX, MATCH, dll.)

Seseorang juga dapat memilih untuk mengadaptasi tabel untuk memastikan bahwa data probabilitas secara otomatis berjumlah 100%. File Ch10.InverseFunctions.Discrete.xlsx berisi contoh, yang ditunjukkan pada Gambar 10.3, dan mencakup kasus-kasus di mana data ditata baik dalam baris maupun kolom. Dalam kasus pertama, data input ke fungsi tersebut terdapat dalam sel D2:F3, dengan area lain dari seluruh tabel C2:F5 digunakan untuk mengakumulasi dan mengubah skala probabilitas. Jika kita cermati rumus-rumus di sel I3 dan I8, kita dapat melihat bahwa sintaks rumus yang terperinci bergantung pada tata letak data (yang merupakan salah satu alasan untuk membuat fungsi yang ditentukan pengguna, seperti yang akan dibahas nanti).

Metode Pencarian

Distribusi Poisson memberikan contoh di mana pendekatan pencarian diperlukan. Fungsi kepadatan diberikan oleh:

$$f(i) = e^{-\lambda} \lambda^i / i!$$

dan fungsi kumulatif dengan:

$$F(i) = e^{-\lambda} \sum_{j=0}^{i} \frac{\lambda^j}{j!}$$

Perhatikan bahwa fungsi kepadatan, pada prinsipnya, mudah dihitung secara analitis, meskipun distribusi kumulatif tidak dapat dibalik secara analitis.

Discrete Distribution				
X-Value	10	15	25	
Probabilities	25%	45%	55%	
Cumulative Probability	0%	25%	70%	125%
Scaled Cum Prob	0%	20%	56%	100%

X-Value	Probab	Cumul	Scaled Cum Prob
10	0%	0%	
15	25%	25%	20%
25	55%	125%	100%

Gambar 10.3 Contoh Tabel Pencarian untuk Menghitung Invers

Prosedur inversi, untuk probabilitas tertentu, P , memerlukan pencarian bilangan bulat terbesar ($iEvents$) sehingga:

$$F(iEvents) \leq P$$

Karena kepadatan dan distribusi kumulatif keduanya tersedia di Excel (`POISSON.DIST` atau `POISSON` di versi Excel sebelumnya), ini dapat ditulis (menggunakan daftar parameter lengkap fungsi) sebagai pencarian bilangan bulat terbesar ($iEvents$) sehingga:

$$POISSON.DIST(iEvents, \lambda, 1) \leq P$$

Ini akan sulit untuk disiapkan dalam rentang Excel, karena ukuran rentang yang diperlukan berpotensi tidak terbatas. Namun, prosedur pencarian dapat disematkan dalam fungsi yang ditentukan pengguna, seperti yang dijelaskan nanti. Perhatikan juga bahwa suku $e^{-\lambda}$, meskipun selalu positif, menjadi kecil untuk λ yang besar (dan dapat mengevaluasi ke nol atau tidak akurat saat digunakan dalam prosedur komputasi), sedangkan dalam kasus seperti itu, distribusinya pada dasarnya adalah distribusi normal, meskipun mengembalikan bilangan bulat, bukan nilai kontinu.

Jadi, sampel dari distribusi normal dengan rata-rata λ dan deviasi standar λ dapat digunakan sebagai gantinya (lihat kode contoh nanti). Pembuatan sampel acak dengan metode iteratif (pencarian) tersebut juga berlaku untuk setiap proses diskrit yang fungsi kumulatif inversnya mungkin tidak tersedia secara analitis, tetapi di mana fungsi kumulatif tersedia secara langsung di Excel, atau fungsi kepadatan dapat dengan mudah dievaluasi (jika seseorang secara eksplisit melakukan kumulasi secara bertahap).

Secara khusus, distribusi binomial negatif dan hipergeometrik termasuk dalam kategori

ini (fungsi distribusi Excel NEGBINOM.DIST dan HYPGEOM.DIST dapat digunakan untuk mengevaluasi kurva kepadatan dan kumulatif, sedangkan fungsi sebelumnya NEGBINOMDIST dan HYPGEOMDIST hanya menyediakan kurva kepadatan, sehingga diperlukan proses eksplisit untuk mengumulasikan distribusi).

10.3 MEMBANDINGKAN SAMPEL YANG DIHITUNG

Pembaca yang tertarik dapat membandingkan nilai yang dibuat oleh proses inversi di atas (atau yang lain yang diimplementasikannya) dengan yang dihasilkan oleh @RISK. Namun, karena fungsi distribusi @RISK secara langsung menghasilkan sampel, seseorang tidak akan dapat melakukan perbandingan langsung, karena angka acak yang digunakan di Excel (dibuat menggunakan RAND()) tidak akan sama dengan yang secara implisit digunakan oleh @RISK.

Untuk tujuan pembahasan pada titik ini, kami bermaksud untuk hanya berfokus pada proses inversi (dan bukan kualitas angka acak yang dihasilkan untuk probabilitas), dan karenanya kami ingin membuat sampel distribusi @RISK pada probabilitas yang sama. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi RiskTheoPercentile (atau RiskTheoPtoX) yang diterapkan pada fungsi distribusi @RISK, dan menautkan parameter probabilitasnya ke yang sama yang digunakan dalam rumus inversi Excel yang sesuai. Misalnya, seseorang dapat memeriksa bahwa:

$$\text{WeibullSample}(\alpha, \beta, P) = \text{RiskTheoPercentile}(\text{Risk Weibull}(\alpha, \beta), P)$$

untuk semua nilai P , di mana WeibullSample dimaksudkan untuk mewakili fungsi Weibull invers yang diimplementasikan, dan seterusnya untuk fungsi lainnya. (Perhatikan bahwa P dapat divariasikan secara otomatis menggunakan RAND() atau distribusi RiskUniform, dan seseorang bahkan dapat memilih untuk menjalankan simulasi guna memeriksa bahwa perbedaan antara kedua nilai tersebut selalu sama dengan nol pada rentang nilai probabilitas yang luas.)

DISTRIBUTION NAME	PARAMETERS	Prob. (RAND)	Inverse Cumulative Distribution (or Percentile)	@RISK Dist	Sample of Given Abs. Diff.	Max Abs. Diff.
Uniform on [0,1]		0.4473	0.45 - .38	0.00	0.45	0.000
Uniform between L and U	L: 0.00 U: 1.00	0.125	0.00 - (1+0.75*(1-0.125))	1.44	0.00	0.000
Bernoulli	P (Success): 0.50	0.125	0 - (0.5*(1-0.125))	1	0	0.000
Triangular	Min: 0.00 Mode: 0.50 Max: 1.00	0.125	0.00 - (0.5*(1-0.125))	100.36	0.00	0.000
Geometric	P (Success): 0.50	0.125	0 - (0.5*(1-0.125))	3	0	0.000
Exponential	Rate: 0.50	0.125	0.47 - (0.5*(1-0.125))	0.84	0.47	0.000
Weibull	Alpha: 2 Beta: 0.50	0.125	0.39 - (0.5*(1-0.125))	1.56	0.39	0.000
Integer Uniform between integers L and U	L: 0.00 U: 2.00	0.125	0.00 - (0.5*(1-0.125))	2001	0.00	0.000
Pareto	Shape: 1.00 Scale: 0.50	0.125	0.18 - (0.5*(1-0.125))	5.41	0.18	0.000
Pareto2	Shape: 1.00 Scale: 0.50	0.125	0.18 - (0.5*(1-0.125))	0.02	0.18	0.000
Extreme Value Max	Shape: 0.00 Scale: 0.50	0.125	0.18 - (0.5*(1-0.125))	2.85	0.18	0.000
Extreme Value Min	Shape: 0.00 Scale: 0.50	0.125	0.18 - (0.5*(1-0.125))	6.32	0.18	0.000
Logistic	Alpha: 0.50 Beta: 0.50	0.125	0.18 - (0.5*(1-0.125))	29.31	0.18	0.000
LogLogistic	Gamma: 0.50 Beta: 0.50 Alpha: 0.50	0.125	0.18 - (0.5*(1-0.125))	21.20	0.18	0.000

Gambar 10.4 Perbandingan Fungsi Invers yang Ditetapkan Pengguna dengan Sampel dari @RISK

Contoh pendekatan ini, yang diimplementasikan untuk fungsi invers analitik yang dijelaskan di atas (pada prinsipnya, seseorang dapat melakukan ini untuk semua fungsi). Gambar 10.4 menunjukkan klip layar; khususnya, kolom N dari file tersebut menunjukkan bahwa perbedaan absolut maksimum antara kedua pendekatan tersebut adalah nol (setelah menjalankan 5000 sampel), yang menunjukkan bahwa fungsi tersebut mengembalikan nilai yang sama dalam semua kasus.

10.4 MEMBUAT FUNGSI INVERS YANG DITENTUKAN PENGGUNA

Di sebagian besar teks ini, kami menggunakan rumus Excel untuk menghitung fungsi invers; ini membuat klip layar dapat dibaca. Namun, dalam praktiknya (dan dalam file yang digunakan di bagian selanjutnya dari Bab 12), ini diimplementasikan sebagai fungsi yang ditentukan pengguna (dalam VBA). Ada banyak keuntungan dalam melakukannya, termasuk:

- Fungsi yang memerlukan prosedur iteratif akan sangat sulit dievaluasi di Excel, sedangkan fungsi tersebut dapat dilakukan dengan mudah dalam loop perhitungan VBA.
- Fungsi yang didasarkan pada tabel pencarian dapat dibuat sehingga berfungsi baik jika data disediakan dalam baris atau kolom.
- VBA dapat mendeteksi versi Excel mana yang digunakan, sehingga jenis fungsi terbaru yang tersedia dalam versi Excel tersebut dapat digunakan (misalnya NORM.INV jika di Excel 2010 atau yang lebih baru, dan NORMINV di versi sebelumnya). Jika fungsi digunakan langsung di Excel, seseorang mungkin mengalami masalah kompatibilitas kecuali fungsi yang lebih lama selalu digunakan.
- Setiap fungsi dapat diberi nama yang sesuai dengan distribusi (misalnya MRWeibullP untuk distribusi Weibull); ini dapat membuat model lebih mudah dipahami, karena rumus yang tampak rumit digantikan oleh fungsi yang diberi nama.
- Argumen fungsi hanya perlu dicantumkan satu kali, meskipun nilai tersebut digunakan di beberapa tempat dalam rumus, sehingga referensi sel tidak diulang.
- Transformasi parameter yang diperlukan dapat dilakukan di dalam kode, sehingga membuat rumus lebih kecil. Misalnya, ini berlaku saat menghitung parameter logaritmik dari parameter alami untuk mengambil sampel distribusi lognormal, atau saat menghitung parameter yang diperlukan untuk distribusi umum beta untuk mengambil sampel distribusi PERT. Demikian pula, rumus multi-langkah yang lebih kompleks atau rumit untuk distribusi segitiga dapat dibuat sebagai satu set rumus di dalam fungsi, daripada berulang kali di berbagai sel Excel.
- Model umumnya akan tampak lebih kecil, terutama dalam kasus di mana rumus invers adalah rumus multi-langkah yang dapat dipecah menjadi beberapa langkah perhitungan.
- Setiap perubahan atau koreksi pada rumus hanya perlu dilakukan dengan satu perubahan pada kode VBA, sedangkan rumus di Excel yang telah digunakan di beberapa tempat akan mengharuskan setiap perubahan diubah. Selain waktu yang terbuang untuk melakukan perubahan tersebut, dalam model yang besar, seseorang

mungkin mengabaikan beberapa rumus yang perlu dikoreksi (karena angkanya acak, tidak selalu jelas bahwa perhitungannya mungkin salah).

- Fungsi lebih mudah disematkan dalam rumus Excel lainnya.
- Fungsi lebih mudah dipindahkan ke model lain, dengan risiko kesalahan yang lebih rendah saat menggunakan kembali atau menyalinnya (terutama jika fungsi ditautkan ke sel menggunakan referensi absolut).
- Tidak ada manfaat "praktik terbaik" dalam mencoba menghindari VBA dalam konteks ini, karena VBA akan tetap diperlukan untuk menjalankan simulasi.

Dalam teks berikut, kami menyediakan contoh-contoh terpilih dari kode VBA yang diperlukan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi yang ditentukan pengguna untuk pengambilan sampel distribusi yang dibahas dalam Bab 9. Kami tidak secara eksplisit menyediakan kode untuk setiap fungsi, karena prinsip-prinsipnya pada dasarnya sama dalam setiap kategori (yaitu cara-cara untuk menggunakan fungsi-fungsi invers Excel, atau teknik-teknik inversi atau pencarian yang tepat dapat dengan mudah diperluas dari satu distribusi ke distribusi lain dalam kategori yang sama).

Perhatikan bahwa implementasi VBA yang sebenarnya dari beberapa fungsi ini terdapat dalam file-file yang disediakan dengan Bab 12, bukan dengan file-file yang terkait dengan bab ini. Perhatikan juga bahwa, karena alasan ruang dan fokus, baris-baris komentar yang akan disertakan dalam kode asli (dan aspek-aspek lain, seperti beberapa pernyataan untuk mendeklarasikan variabel) umumnya tidak ditampilkan.

Pembaca yang tidak berpengalaman dalam VBA mungkin merasa terbantu untuk membaca sekilas bagian-bagian yang relevan dari Bab 12 sebelum melanjutkan; ini adalah Bagian 12.2 dan 12.5. Berikut ini, penulis telah menggunakan konvensi penamaannya sendiri untuk fungsi-fungsi; yaitu, nama fungsi dimulai dengan huruf MR, sehingga mudah dimasukkan ke dalam sel Excel dengan mengetik langsung (dan mengandalkan fitur pelengkapan otomatis Excel). Tentu saja, pembaca dapat menggunakan konvensi penamaan mereka sendiri jika mereka mau.

Distribusi Normal

Kode yang ditunjukkan di bawah ini untuk pengambilan sampel dari distribusi normal dirancang untuk mendeteksi versi Excel yang digunakan, dan menggunakan versi terbaru yang tersedia dalam versi Excel tersebut. Pendekatan semacam itu akan berlaku untuk fungsi invers Excel bawaan lainnya. Perhatikan bahwa fungsi seperti NORM.INV menjadi NORM_INV dalam VBA (karena sintaksis "." dicadangkan dalam VBA untuk memisahkan objek, metode, dan properti, dan seterusnya, dan karenanya tidak tersedia untuk digunakan dalam definisi fungsi).

Perhatikan juga bahwa fungsi yang ditentukan pengguna telah ditulis untuk memiliki Prob sebagai parameter terakhirnya. Dengan demikian, urutan parameter berbeda dengan yang ada dalam fungsi invers Excel. Dengan memiliki argumen sebagai parameter terakhir, argumen tersebut dapat, jika diinginkan, dijadikan parameter opsional (misalnya, jika seseorang ingin membuat fungsi yang penghilangan parameternya akan secara otomatis menghasilkan angka acak yang diambil dalam kode VBA, bukan dari lembar kerja Excel).

```

Function MRNormalP(mu, sigma, Prob)
    Set wsf = Application.WorksheetFunction

    If Application.Version <= 12 Then
        xSample = wsf.NormSInv(Prob, mu, sigma)
    Else
        xSample = wsf.Norm_Inv(Prob, mu, sigma)
    End If

    MRNormalP = xSample
End Function

```

Beta dan Distribusi Umum Beta

Kode untuk distribusi beta (standar) akan sama dengan kode untuk distribusi normal:

```

Function MRBetaP(alpha, beta, Prob)
    Set wsf = Application.WorksheetFunction
    If Application.Version <= 12 Then
        xSample = wsf.BetaInv(Prob, alpha, beta)
    Else
        xSample = wsf.Beta_Inv(Prob, alpha, beta)
    End If
    MRBetaP = xSample
End Function

```

Untuk distribusi umum beta, kita cukup menggunakan parameter opsional tambahan dari fungsi tersebut:

```

Function MRBetaGenP(alpha, beta, Min, Max, Prob)
    Set wsf = Application.WorksheetFunction
    If Application.Version <= 12 Then
        xSample = wsf.BetaInv(Prob, alpha, beta, Min, Max)
    Else
        xSample = wsf.Beta_Inv(Prob, alpha, beta, Min, Max)
    End If
    MRBetaGenP = xSample
End Function

```

Distribusi Binomial

Kode untuk distribusi binomial mencerminkan ketersediaan fungsi invers di Excel 2010 dan seterusnya. Di versi Excel sebelumnya, prosedur untuk mengakumulasi probabilitas secara iteratif digunakan.

```

Function MRBinomP(N, pSuccess, Prob)
    Set wsf = Application.WorksheetFunction

    CumProb = 0
    iEvents = 0

    If Application.Version <= 12 Then
        Do While CumProb <= Prob
            iEvents = iEvents + 1
            CumProb = CumProb + wsf.BinomDist(iEvents, N,
pSuccess, 1)
        Loop
    Else
        iEvents = wsf.Binom_Inv(N, pSuccess, Prob)
        iEvents = iEvents + 1
    End If

    MRBinomP = iEvents - 1
End Function

```

Distribusi Lognormal

Fungsi pertama di bawah ini setara dengan distribusi lognormal Excel, yang menggunakan parameter logaritma, bukan parameter alami.

```

Function MRLognorm2P(m, s, Prob)
    Set wsf = Application.WorksheetFunction

    If Application.Version <= 12 Then
        xSample = wsf.LogInv(Prob, m, s)
    Else
        xSample = wsf.LogNorm_Inv(Prob, m, s)
    End If

    MRLognorm2P = xSample
End Function

```

Fungsi berikut menggunakan parameter alami, yang diubah dalam kode menjadi parameter logaritmik, untuk membuat sampel distribusi.

```

Function MRLognormP(mu, sigma, Prob)
    m = Log((mu ^ 2) / Sqr(mu ^ 2 + sigma ^ 2))
    s = Sqr(Log(1 + (sigma / mu) ^ 2))
    MRLognormP = MRLognorm2P(m, s, Prob)
End Function

```


Distribusi Bernoulli

```

Function MRBernoulliP(pSuccess, Prob)
    If Prob <= pSuccess Then
        MRBernoulliP = 1
    Else
        MRBernoulliP = 0
    End If
End Function

```

Distribusi Segitiga

```

Function MRTRIANGP(Xmin, XML, Xmax, Prob)
    dTotRange = Xmax - Xmin
    dLowRange = XML - Xmin
    dHighRange = Xmax - XML
    CumPML = dLowRange / dTotRange
    If Prob <= CumPML Then

xSample = Xmin + Sqr(Prob * dLowRange * dTotRange)
    Else
        xSample = Xmax - Sqr((1 - Prob) * dHighRange * dTotRange)
    End If
    MRTRIANGP = xSample
End Function

```

Perhatikan bahwa fungsi akar kuadrat Excel SQRT digantikan oleh Sqr di VBA.

Distribusi PERT

Kode di bawah ini membuat distribusi PERT dari distribusi beta, seperti yang dijelaskan dalam Bab 9.

```

Function MRPERTP(Min, ML, Max, Prob)
    Set wsf = Application.WorksheetFunction

    mu = (Min + 4 * ML + Max) / 6
    dScale = 6 / (Max - Min)
    alpha = dScale * (mu - Min)
    beta = dScale * (Max - mu)

    If Application.Version <= 12 Then
        xSample = wsf.BetaInv(Prob, alpha, beta, Min, Max)
    Else
        xSample = wsf.Beta_Inv(Prob, alpha, beta, Min, Max)
    End If

```

```
MRPERTP = xSample
End Function
```

Distribusi Geometris

```
Function MRGeometricP(pSuccess, p)
Set wsf = WorksheetFunction
MRGeometricP = wsf.RoundUp(Log(1 - p) / Log(1 - pSuccess), 0) - 1
End Function
```

Perhatikan bahwa fungsi logaritma natural Excel LN memiliki fungsi yang sesuai Log di VBA.

Distribusi Weibull

```
Function MRWEIBULLP(alpha, beta, Prob)
MRWEIBULLP = beta * ((Log(1 / (1 - Prob))) ^ (1 / alpha))
End Function
```

Distribusi Weibull dengan Input Persentil

Dengan menggunakan rumus di Bab 9, seseorang dapat membuat bentuk parameter alternatif dari distribusi Weibull dengan memperoleh parameternya dari nilai persentil yang diberikan (misalnya P10 dan P90).

```
Function MRWEIBULLALTP(XL, XH, PL, PH, Prob)
alpha = Log(Log(1 - PH) / Log(1 - PL)) / Log(XH / XL)
beta = XH / (Log(1 / (1 - PH)) ^ (1 / alpha))
MRWEIBULLALTP = MRWEIBULLP(alpha, beta, Prob)
End Function
```

Distribusi Poisson

Fungsi yang ditentukan pengguna memungkinkan prosedur pencarian untuk disematkan dalam Do While...Loop untuk menambah bilangan bulat percobaan hingga hasil yang sesuai ditemukan:

```
Function MRPoissonP(Lambda, Prob)
CumProb = 0
iEvents = 0
Do While CumProb <= Prob
CumProb = Application.WorksheetFunction.Poisson_Dist(iEvents, Lambda, 1)
iEvents = iEvents + 1
Loop
MRPoissonP = iEvents - 1
```

End Function

Seseorang mungkin juga ingin menyesuaikan fungsi tersebut sehingga fungsi terbaru yang tersedia dapat digunakan, sesuai dengan versi Excel:

```
Function MRPoissonP(Lambda, Prob)
    Set wsf = Application.WorksheetFunction
    CumProb = 0
    iEvents = 0
    If Application.Version <= 12 Then ' Excel 2007 or lower
        Do While CumProb <= Prob
            CumProb = wsf.Poisson(iEvents, Lambda, 1)
            iEvents = iEvents + 1
        Loop
    Else ' Excel 2010 or more: The "." in the function is
        replaced by "_" in VBA
        Do While CumProb <= Prob
            CumProb = wsf.Poisson_Dist(iEvents, Lambda, 1)
            iEvents = iEvents + 1
        Loop
    End If
    MRPoissonP = iEvents - 1
End Function
```

Perhatikan juga bahwa mungkin lebih efisien secara komputasi untuk tidak menggunakan fungsi distribusi kumulatif Excel, karena – pada setiap iterasi Do While Loop – pemanggilan fungsi kumulatif (Poisson_Dist(iEvents, Lambda, 1)) mungkin memerlukan proses perulangan untuk menjumlahkan kepadatan diskret hingga kepadatan iEvents.

Di sisi lain, ketika fungsi kumulatif dihitung sebagai nilai kumulatif sebelumnya ditambah nilai fungsi kepadatan saat ini (yaitu sebagai $\text{CumProb} = \text{CumProb} + \text{dCumProb}$), tidak diperlukan perulangan lebih lanjut untuk mengevaluasi garis tersebut. Jadi, seseorang dapat melakukan kumulasi secara manual:

```
Function MRPoisson2P(Lambda, Prob)
    ExpLambda = Exp(-Lambda)
    CumProb = 0
    dratio = 1
    iEvents = 0
    Do While CumProb <= Prob
        dCumProb = ExpLambda * dratio
        CumProb = CumProb + dCumProb
        iEvents = iEvents + 1
        dratio = dratio * Lambda / iEvents
    Loop
End Function
```

```

Loop
MRPoisson2P = iEvents - 1
End Function

```

(Perbandingan pendekatan ini berada di luar cakupan teks ini saat ini, tetapi pembaca yang tertarik dapat memilih untuk bereksperimen lebih lanjut sendiri.) Perhatikan bahwa, dalam praktiknya, seseorang dapat menyertakan (di awal kode) pemeriksaan pada ukuran λ , sehingga ketika nilainya besar, pemanggilan fungsi dilakukan ke sampel dari distribusi normal sebagai gantinya, seperti yang disebutkan sebelumnya. Mengingat bahwa seseorang perlu menghasilkan bilangan bulat dari fungsi kontinu, untuk menghindari pembulatan ke bawah secara sistematis, "koreksi kontinuitas" sebesar 0,5 perlu diterapkan sebelum pembulatan ke bawah. Jadi, kode generik dalam kasus ini adalah:

$$\text{MRPoissonP}(\lambda, P) = \text{wsf.RoundDown}(\text{MRNormalP}(\lambda, \sqrt{\lambda}, P) + 0.5), 0)$$

Distribusi Diskrit Umum

Contoh sederhana dari kode tersebut adalah:

```

Function MRDiscreteP(X As Range, P As Range, Prob)
    Set wsf = Application.WorksheetFunction
    PScale = wsf.Sum(P)
    n = X.Count
    icount = 0
    CumP = 0
    Do While CumP < Prob
        icount = icount + 1
        CumP = CumP + P(icount) / PScale
    Loop
    MRDiscreteP = X(icount)
End Function

```

10.5 GENERALISASI LAINNYA

Bagian ini menjelaskan beberapa area lain yang mungkin berlaku dalam beberapa situasi, termasuk metode iteratif yang disempurnakan dan pembuatan add-in Excel.

Metode Iteratif menggunakan Teknik Numerik Spesifik

Secara teori, untuk setiap distribusi yang fungsi distribusi kumulatifnya dapat dievaluasi secara analitis, seseorang selalu dapat membayangkan penggunaan prosedur pencarian (seperti GoalSeek) untuk menemukan nilai- x yang probabilitas kumulatifnya sama dengan probabilitas sampel yang diberikan, P . Yaitu, untuk menemukan x , sedemikian rupa sehingga:

$$P = F(\text{Par1}, \dots, \text{ParN}, x)$$

Atau

$$F(\text{Par}1, \dots, \text{Par}N, x) - P = 0$$

Pada prinsipnya, pendekatan ini dapat diterapkan pada pengambilan sampel distribusi kontinu apa pun (untuk distribusi diskrit, seseorang dapat mempertimbangkan menggunakan Solver untuk membatasi ruang pencarian ke nilai uji yang valid, seperti bilangan bulat). Dalam praktiknya, metode iteratif atau pencarian harus dianggap sebagai "upaya terakhir", karena biasanya akan jauh lebih sederhana, dan lebih efisien secara komputasi, untuk melakukan inversi jika metode analitik yang tepat atau fungsi bawaan tersedia.

Selain itu, seseorang secara umum harus memastikan bahwa, sementara prosedur pencarian sedang berjalan, bagian model lainnya tidak diperbarui (yaitu distribusi lain di dalamnya tidak diambil sampelnya kembali), baik untuk pertimbangan kecepatan maupun integritas perhitungan (terutama jika ada ketergantungan antara distribusi tempat prosedur pencarian beroperasi dan distribusi lain dalam model).

Jika seseorang tetap membutuhkan prosedur iteratif tersebut (yang tidak diperlukan untuk distribusi yang dibahas dalam bab ini), seseorang idealnya akan menggunakan prosedur yang secara khusus disesuaikan untuk mencerminkan sifat distribusi yang bersangkutan (sehingga mengembalikan sampel dengan cara yang efisien secara komputasi). Misalnya, metode Newton–Raphson adalah metode iteratif umum untuk menyelesaikan persamaan:

$$g(x) = 0$$

dengan menggunakan iterasi:

$$x_{i+1} = x_i - \frac{g(x_i)}{g'(x_i)}$$

di mana g' adalah turunan dari g .

Prosedur ini mengharuskan fungsi kumulatif dan kepadatan dihitung secara analitis, karena keduanya menggunakan kemiringan fungsi pada setiap iterasi x_i untuk menemukan nilai berikutnya (jadi akan diselesaikan dengan sempurna dengan satu iterasi jika fungsi kumulatif adalah garis lurus); sebaliknya, GoalSeek tidak dapat menggunakan informasi tentang bentuk fungsional, jadi secara umum akan kurang efektif. Jika fungsi G dapat didiferensiasikan secara analitis dua kali (tidak hanya sekali, seperti di atas), maka seseorang dapat menggunakan metode Halley yang juga menggunakan informasi tentang perubahan kemiringan fungsi:

$$x_{i+1} = x_i - \frac{g(x_i)}{g'(x_i)} \left(\frac{1}{1 - \frac{g(x_i)g''(x_i)}{2(g'(x_i))^2}} \right)$$

Prosedur rekursif ini dapat diimplementasikan dalam fungsi yang ditentukan pengguna dan (menggunakan konstruksi Do While ...Loop) dijalankan hingga beberapa tingkat toleransi

tercapai (seperti ketika perbedaan antara dua nilai- x terbaru kurang dari beberapa ambang batas), sehingga iterasi dalam kode fungsi tidak memaksa bagian lain dari model untuk menghitung ulang. Untuk tujuan ilustrasi, kami menunjukkan penerapannya (menggunakan metode Newton–Raphson) pada kasus distribusi Weibull (seperti yang dibahas sebelumnya, untuk distribusi ini proses inversi mudah diimplementasikan secara analitis langsung, dan karenanya, pada kenyataannya, prosedur ini tidak akan digunakan).

Meskipun proses iteratif dapat dimulai dengan nilai- x apa pun, sebagai aturan umum, masuk akal untuk memulainya pada titik yang cukup sentral (seperti modus), jika tidak ada informasi lain. Rumus untuk fungsi kerapatan dan kumulatif telah ditunjukkan sebelumnya (dan dengan menetapkan turunan fungsi kerapatan ke nol) seseorang dapat dengan mudah menetapkan bahwa modus diberikan oleh:

$$Mode = \beta \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

Oleh karena itu, kode Newton-Raphson dapat terlihat seperti ini:

```
Function MRWEIBULLNRP(alpha, beta, Prob)
  Tol = 0.00001
  x = 0
  x1 = beta * (1 - 1 / alpha) ^ (1 / alpha) ' initiate at mode
of the distribution
  Do While Abs(x1 - x) >= Tol
    x = x1
    Smallfx = ((alpha * x ^ (alpha - 1)) / beta ^ alpha) *
Exp(-(x / beta) ^ alpha)
    BigFx = 1 - Exp(-(x / beta) ^ alpha)
    Numx = BigFx - Prob
    x1 = x - Numx / Smallfx
  Loop
  MRWEIBULLNRP = x1
End Function
```

Membuat Add-In

Saat berencana menerapkan simulasi ke sejumlah model yang berbeda, menyalin fungsi dari satu buku kerja ke buku kerja berikutnya bisa jadi merepotkan. Karena alasan ini, seseorang dapat membuat add-in yang berisi pustaka fungsi distribusi, yang disimpan dalam satu file (add-in) dan dapat diakses dari Excel. Prosedurnya sedikit bergantung pada versi Office yang dimiliki seseorang, tetapi pada prinsipnya buku kerja yang berisi fungsi yang relevan akan disimpan (di bawah opsi File/Save As) sebagai file add-in (dengan ekstensi .xlam atau .xla), lalu akan dimuat di bawah Opsi Excel/Add-In/Kelola Excel-Add-In.

Kerugian dari pendekatan ini adalah bahwa setiap pengguna model lainnya juga akan dapat mengakses add-in untuk bekerja dengan file tersebut. Pembuatan add-in bukanlah

pendekatan yang dibahas secara khusus dalam teks ini; Pada Bab 12, semua fungsi yang ditentukan pengguna yang diperlukan untuk distribusi terbalik ditempatkan langsung dalam modul kode VBA di dalam buku kerja, sehingga file tersebut mandiri.

BAB 11

MEMBUAT MODEL KETERGANTUNGAN ANTARA SUMBER RISIKO

Dalam bab ini, kami akan membahas bentuk-bentuk ketergantungan yang secara khusus berkaitan dengan pembuatan model risiko, berbeda dengan hubungan ketergantungan umum yang telah dibahas dalam Bab 7. Secara khusus, kami merujuk pada kasus-kasus di mana fungsi distribusi (atau pengambilan sampelnya) dipengaruhi oleh ketergantungan; ini terbagi dalam dua kategori utama:

- Ketergantungan parameter. Ini adalah kasus di mana parameter suatu distribusi ditentukan dari sampel distribusi lain (baik secara langsung maupun melalui perhitungan lain). Dengan demikian, parameter dapat berubah pada setiap iterasi (perhitungan ulang) simulasi. Jenis hubungan ini memiliki arah perhitungan (dan karenanya kausalitas tersirat) yang melekat di dalamnya.
- Ketergantungan pengambilan sampel. Ini adalah kasus di mana pengambilan sampel satu distribusi selama simulasi selaras dengan pengambilan sampel distribusi lain. Hubungan ini bersifat bersama, bukan bersifat arah atau kausal.

Ini dibahas secara terperinci di sisa bab ini.

11.1 KETERGANTUNGAN PARAMETER DAN KAUSALITAS SEBAGIAN

Ada beberapa kasus di mana seseorang mungkin ingin menentukan parameter suatu distribusi pada setiap iterasi (perhitungan ulang) simulasi; oleh karena itu parameter tersebut bergantung (secara langsung atau tidak langsung) pada sampel distribusi lain. Distribusi yang parameternya ditentukan dengan cara ini dapat dianggap sebagai distribusi dependen, sedangkan distribusi dengan parameter tetap dapat dianggap independen. Hasil sampel aktual dari distribusi dependen masih merupakan proses acak, tetapi nilai-nilai yang mungkin dipengaruhi oleh sampel dari distribusi independen.

Dengan demikian, proses (dependen) dapat digambarkan sebagai proses yang bergantung pada parameter, atau semi-dependen, atau sebagian bergantung, atau bergantung secara kondisional pada distribusi independen. Ada kausalitas tersirat dan terarah (sebagian), yang umumnya akan menciptakan korelasi bukan nol antara sampel proses independen dan semi-dependen selama simulasi.

(Namun, seperti yang dibahas kemudian, penerapan hubungan ini secara umum akan memberikan hasil simulasi yang berbeda dibandingkan jika hubungan pengambilan sampel berkorelasi diterapkan menggunakan koefisien korelasi terukur yang sama.) Ada beberapa jenis hubungan ketergantungan parameter yang mungkin, yang dapat dijelaskan dengan penekanan yang berbeda dalam konteks yang berbeda. Beberapa contohnya meliputi:

- Probabilitas bersyarat, di mana terjadinya satu risiko mengubah probabilitas terjadinya risiko lain. Misalnya:

- Probabilitas menemukan minyak di tempat tertentu dinilai lebih tinggi jika minyak telah dipastikan ada di dekatnya dalam kondisi geologi yang serupa.
- Tenaga kerja di satu perusahaan mungkin lebih mungkin melakukan pemogokan jika pekerja di perusahaan pesaing diberikan kenaikan gaji lebih lanjut dan tunjangan lainnya.
- Probabilitas proyek tertunda lebih dari 2 minggu mungkin bergantung pada apakah manajer proyek utama jatuh sakit selama fase perencanaan dan pelaksanaan proyek.
- Ketergantungan skenario, di mana parameter bergantung pada skenario proses (acak) lain yang terjadi. Misalnya:
 - Parameter yang menentukan panjang perjalanan atau biaya harian kegiatan konstruksi mungkin bergantung pada skenario cuaca yang terjadi pada hari tertentu.
 - Mungkin ada serangkaian rentang untuk kemungkinan nilai harga minyak di masa mendatang: satu rentang jika terjadi kemajuan signifikan baru dalam sumber energi alternatif (energi terbarukan, fusi nuklir), rentang lain tanpa kemajuan tersebut, dan rentang ketiga jika kemajuan tersebut tidak terjadi dan pertumbuhan populasi jauh lebih tinggi dari yang diharapkan.
- Ketergantungan berkelanjutan. Di sinilah parameter distribusi berkelanjutan bergantung pada item risiko lainnya. Misalnya:
 - Angka yang paling mungkin untuk pangsa pasar perusahaan mungkin bergantung pada jumlah pesaing (yang itu sendiri mungkin bergantung pada apakah ada pendatang baru atau pengganti produk).
 - Biaya yang paling mungkin (atau rata-rata) dari setiap rentang bahan masukan dapat ditentukan dari harga minyak, atau dari nilai tukar, dan seterusnya.
 - Di mana tingkat umum harga rumah dipengaruhi oleh tingkat pengangguran. □ Jika parameter yang menentukan kisaran volume penjualan suatu produk (misalnya minimum, kemungkinan besar, maksimum) berasal dari tingkat harga (yang diambil sampelnya secara independen pada setiap perhitungan ulang simulasi).
- Dalam serangkaian proyek, biaya satu proyek dapat menentukan nilai yang paling mungkin untuk biaya proyek berikutnya.
- Parameter yang bergantung pada kategori dan risiko kontekstual. Di sinilah terdapat beberapa kategori risiko, dengan rentang variasi item dalam setiap kategori ditentukan oleh nilai beberapa faktor risiko "kontekstual" yang relevan dengan kategori tersebut. Penggunaan kategori dapat menjadi bagian dari pendekatan yang dikombinasikan dengan salah satu metode di atas. Misalnya, mungkin ada beberapa kategori risiko (misalnya ekonomi makro, operasional, dll.), dengan setiap kategori berisi beberapa item risiko. Probabilitas terjadinya masing-masing item dan/atau rentang yang terkait dengan dampaknya akan bergantung pada kemunculan (atau nilai) item risiko tingkat kategori.

Berikut ini, kami berikan beberapa contoh untuk masing-masing hal tersebut.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		EVENT RISKS	Prob1	Prob2	ProbToUse			Rands()	Occurrence	
3		Project manager becomes ill			20%			0.89	0	=IF(H3<=E3,1,0)
4		Project is delayed	30%	70%	70%	=IF(I3=1,C4,D4)		0.24	1	=IF(H4<=E4,1,0)

Gambar 11.1 Contoh Penggunaan Probabilitas Bersyarat

Contoh: Probabilitas Bersyarat

Salah satu contoh sederhana dari ketergantungan parameter adalah probabilitas-kejadian bersyarat. Implementasi ini di Excel (lihat Gambar 11.1), menggunakan bentuk sederhana dari fungsi distribusi (bukan, misalnya, fungsi yang ditentukan pengguna yang dibahas dalam Bab 10). File ini menangkap kasus ketika ada hubungan antara manajer proyek yang jatuh sakit selama proyek (misalnya, dengan probabilitas sakit sebesar 20% yang mengakibatkan manajer tidak masuk kerja selama beberapa minggu), dan risiko umum bahwa proyek tertunda.

Probabilitas penundaan adalah 30% jika manajer tidak jatuh sakit, tetapi 70% jika ia jatuh sakit. Kejadian penyakit dapat ditangkap menggunakan kombinasi IF/RAND() untuk memberikan proses 1/0 (atau ya/tidak) yang terjadi pada 20% kasus (sel I3). Kejadian penundaan juga akan menggunakan kombinasi IF/RAND(), dengan probabilitas yang digunakan dalam rumus bergantung (melalui pernyataan IF) pada apakah (pada setiap perhitungan ulang simulasi) manajer sakit atau tidak, yaitu pada apakah peristiwa pertama telah terjadi (yaitu sel I3 menentukan nilai sel E4).

Tentu saja, orang juga dapat menggeneralisasi ini, sehingga tingkat penundaan (yaitu dampak atau konsekuensi risiko) ditentukan dari durasi penyakit, yaitu hubungan ketergantungan adalah antara dampak risiko, dan antara proses berkelanjutan (beberapa contoh serupa ditunjukkan kemudian).

Contoh: Penggerak Risiko Umum

Penggunaan penggerak risiko umum adalah ketika satu risiko memengaruhi parameter sejumlah distribusi (bukan hanya satu, seperti pada contoh di atas). Misalnya, seseorang mungkin memiliki beberapa area (dengan karakteristik geologi yang serupa) yang menurutnya terdapat minyak, dengan masing-masing memiliki kemungkinan ditemukannya minyak (berdasarkan estimasi dan informasi terkini).

Seseorang mungkin juga percaya bahwa jika minyak akhirnya ditemukan di area utama dan sentral (yang akan menjadi yang pertama dibor atau dieksplorasi lebih lanjut), maka kemungkinan adanya minyak di area lainnya harus dianggap lebih tinggi. Dengan demikian, model yang ditunjukkan pada Gambar 11.1 akan dimodifikasi untuk menyertakan beberapa area, dengan kemungkinan masing-masing bergantung pada hasil dari area utama. Gambar 11.2 menunjukkan contoh menggunakan pendekatan Excel (yang juga terdapat dalam buku kerja contoh yang sama seperti contoh di atas dengan satu pemicu).

OIL DISCOVERIES	Prob1	Prob2	ProbToUse	Rands()	Occurrence
Area 1: Main area			40%		
Area 2	30%	70%			
Area 3	30%	70%			
Area 4	30%	70%			
Area 5	30%	70%			

Gambar 11.2 Probabilitas Bersyarat dari Beberapa Peristiwa dengan Satu Pemicu Risiko''

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		CONTEXTUAL RISKS	Prob	Occurrence				
3		CR-1	60%	1				
4		CR-2	50%	1				
5		CR-3	40%	0				
6								
7			Driver	Occurrence of driver	Prob1	Prob2	ProbToUse	Occurrence
8		Risk 1	CR-1	1	30%	80.0%	80.0%	1
9		Risk 2	CR-1	1	30%	80.0%	80.0%	1
10		Risk 3	CR-2	1	30%	80.0%	80.0%	1
11		Risk 4	CR-2	1	30%	80.0%	80.0%	0
12		Risk 5	CR-3	0	30%	80.0%	30.0%	0
13		Risk 6	CR-3	0	30%	80.0%	30.0%	0
14		Risk 7	CR-1	1	30%	80.0%	80.0%	1
15		Risk 8	CR-1	1	30%	80.0%	80.0%	0
16		Risk 9	CR-2	1	30%	80.0%	80.0%	1
17		Risk 10	CR-1	1	30%	80.0%	80.0%	1

Gambar 11.3 Probabilitas Bersyarat Beberapa Peristiwa dengan Beberapa Kategori Penggerak Risiko

Contoh: Penggerak Risiko Kategori

Perluasan lebih lanjut dari pendekatan di atas adalah ketika terdapat beberapa penggerak risiko yang mendasarinya, yang masing-masing memengaruhi probabilitas terjadinya salah satu dari setiap rangkaian risiko lainnya, yaitu terjadinya setiap risiko yang mendasarinya memengaruhi probabilitas yang digunakan untuk terjadinya item dalam kategorinya.

Pada tingkat yang paling sederhana, model tersebut dapat dibangun dengan menyalin struktur dalam contoh di atas, sehingga setiap penggerak risiko memiliki strukturnya sendiri, dan probabilitas risiko yang bergantung padanya secara langsung dikaitkan dengan sel kejadian untuk penggerak tersebut. Ini akan benar secara komputasi, tetapi akan kurang fleksibel jika lebih banyak item risiko perlu ditambahkan, atau jika beberapa risiko individual perlu diubah dalam hal penggerak yang memengaruhinya.

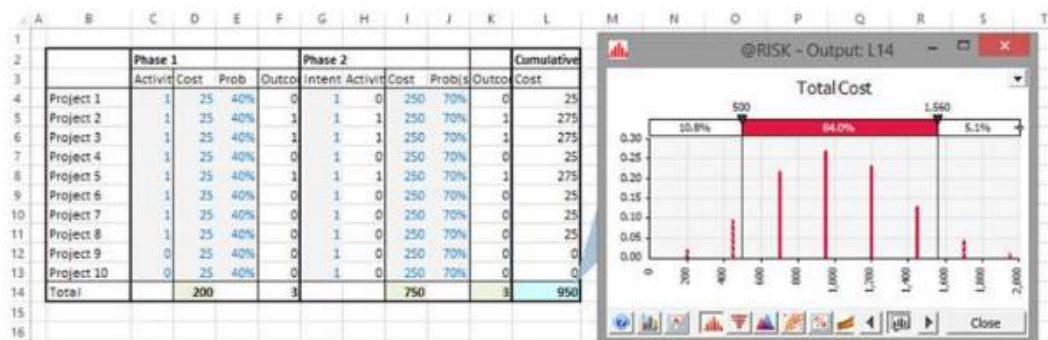
Fleksibilitas yang lebih besar akan tercapai jika setiap risiko individual juga memiliki kategori (nama penggerak risiko) yang melekat padanya, sehingga fungsi pencarian dapat digunakan untuk mengaitkan item individual dengan suatu kategori. File Ch11.Contextual.ConditionalProbability.xlsx berisi sebuah contoh; cuplikan layar ditampilkan pada Gambar 11.3.

Sel D8:D17 menggunakan fungsi pencarian (kombinasi INDEX/MATCH atau VLOOKUP dapat digunakan) untuk mengetahui apakah risiko kontekstual (CR-1, CR-2 atau CR-3) yang mendorong item tertentu telah terjadi atau belum (risiko kontekstual dapat berupa item

seperti keadaan ekonomi makro umum, masalah regulasi atau hukum tertentu, masuknya pesaing, keberhasilan pengembangan teknologi baru atau masalah lain yang memengaruhi banyak item risiko individual). Probabilitas terjadinya setiap risiko kemudian disesuaikan menurut apakah pendorong risiko kontekstualnya telah terjadi atau belum.

Contoh: Proyek Bertahap

Ketika proyek berlangsung dalam beberapa tahap (misalnya Tahap 1 dan Tahap 2), kemungkinan keberhasilan Tahap 2 dapat bergantung pada hasil di Tahap 1. Misalnya, Tahap 1 dapat melibatkan pelaksanaan pengujian yang menunjukkan kemungkinan keberhasilan Tahap 2 (atau keseluruhan). Penerapan pendekatan ini akan serupa dengan probabilitas bersyarat. Dalam kasus lain, seseorang mungkin ingin dapat secara eksplisit memutuskan apakah akan melanjutkan ke Tahap 2 (dengan demikian seseorang akan memiliki niat untuk melakukannya atau tidak), tetapi hanya akan dapat melakukannya jika Tahap 1 berhasil.



Gambar 11.4 Portofolio Proyek yang Terjadi Secara Bertahap

File Ch11.Project.TwoSteps.xlsx berisi perhitungan yang dimaksudkan untuk menghitung total pengeluaran dalam portofolio proyek, yang masing-masing dapat berlangsung dalam dua tahap. Gambar 11.4 menunjukkan klip layar model dan distribusi total pengeluaran di akhir Tahap 2. Pengguna dapat memutuskan proyek mana yang akan dilanjutkan di Tahap 1 (kolom C); masing-masing proyek ini memiliki biaya dan kemungkinan keberhasilan.

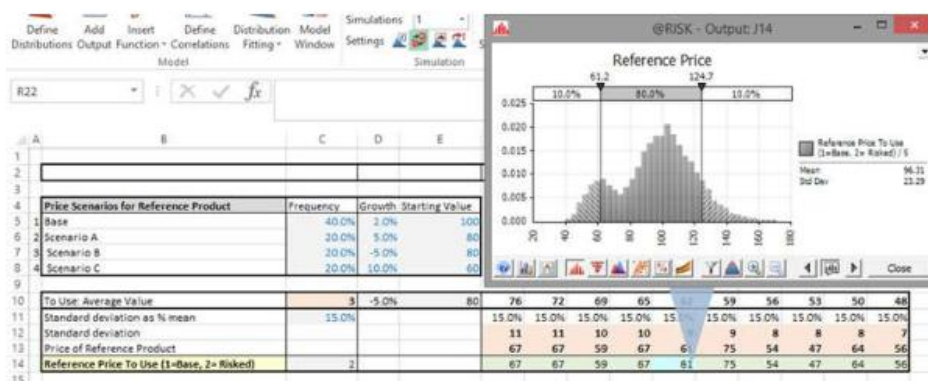
Setiap proyek memiliki parameter tujuan untuk Fase 2 (kolom G, ditetapkan ke 1 jika pengguna ingin melanjutkan Fase 2 setiap kali Fase 1 berhasil). Namun, proyek yang tidak berhasil di Fase 1 tidak memenuhi syarat untuk Fase 2; logika ini tercakup dalam pernyataan IF di kolom H. Perlu dicatat bahwa, secara umum, variabel pilihan (kolom C dan kolom G) menciptakan situasi optimalisasi portofolio; jika anggaran yang tersedia tidak mencukupi, seseorang mungkin tidak dapat melanjutkan beberapa proyek, meskipun pada prinsipnya diinginkan untuk melakukannya. Jadi, dalam kasus yang paling umum, model ini menangkap masalah optimalisasi dalam ketidakpastian.

Contoh: Skenario Ekonomi untuk Harga Komoditas Dasar

Pada Bab 7, kami menunjukkan contoh di mana nilai input perhitungan model bervariasi menurut skenario yang digunakan. Kita dapat menggeneralisasi hal ini sehingga dalam setiap skenario nilai variabel tidak pasti. Dengan kata lain, untuk setiap skenario

terdapat rentang ketidakpastian yang terkait dengan variabel tersebut. Distribusi harga produk dasar (atau referensi) diasumsikan mengikuti distribusi lognormal, yang volatilitasnya digambarkan sebagai persentase dari rata-ratanya.

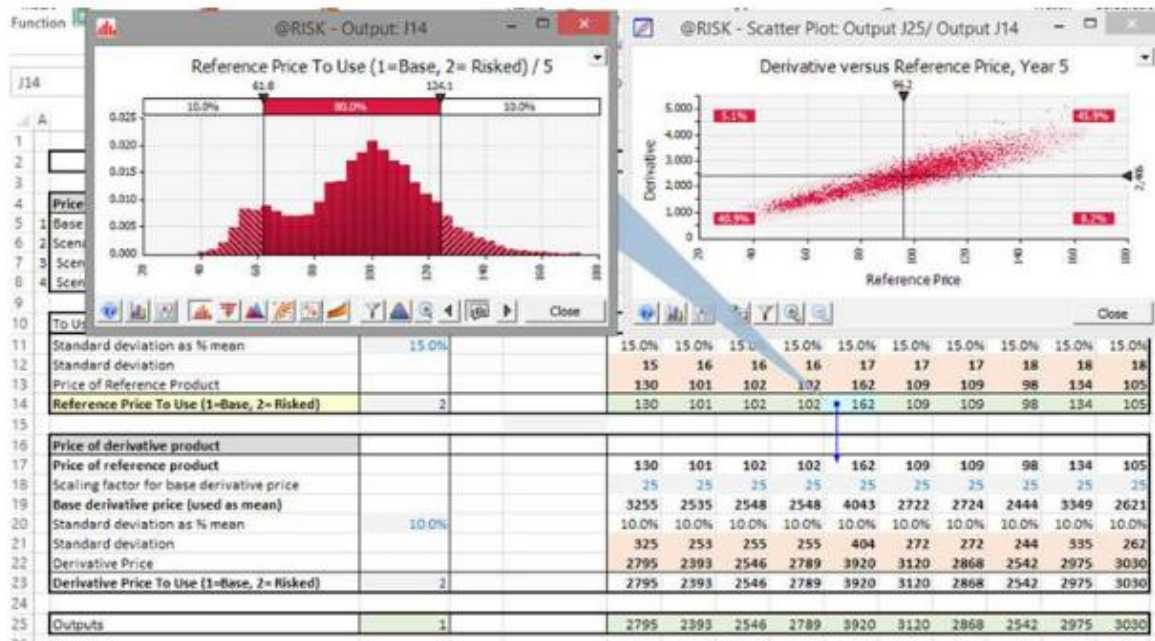
Namun, rata-rata bergantung pada skenario, dan dipilih menggunakan distribusi diskrit. (Secara umum, volatilitas dalam skenario juga dapat bergantung pada skenario, tetapi kami menggunakan angka tunggal sebesar 15% untuk memudahkan ilustrasi.) Gambar 11.5 menunjukkan cuplikan layar model, termasuk simulasi distribusi harga pada tahun ke-5. Perhatikan bahwa proses harga total memiliki volatilitas yang lebih tinggi daripada volatilitas masing-masing skenario, karena volatilitas total juga didorong oleh perubahan acak skenario, serta volatilitas (konstan) dalam skenario.



Gambar 11.5 Distribusi Harga untuk Produk Acuan dengan Rentang Ketidakpastian dalam Skenario Tak Pasti

Contoh: Harga Produk Derivatif

Contoh di atas dapat dikembangkan lebih lanjut, dengan harga produk acuan yang digunakan untuk menetapkan harga rata-rata (mean) produk derivatif, yang harga akhirnya memiliki variasi independennya sendiri di sekitar harga tersebut. Produk derivatif memiliki volatilitas 10% di sekitar angka mean-nya. Gambar 11.6 menunjukkan klip layar, termasuk simulasi distribusi harga derivatif pada tahun ke-5, dan sebaran plot harga acuan dan derivatif (yang menunjukkan korelasi erat, yang akan dibahas nanti dalam bab ini).



Gambar 11.6 Distribusi Harga untuk Produk Derivatif dengan Rentang Tak Pasti dan Harga Dasar Bergantung pada Produk Acuan

13	Price of Reference Product					99	47	66	64	76
14	Reference Price To Use (1=Base, 2= Risked)	2				99	47	66	64	76
15										
16	Calculations of Derivative Prices			FORMULAE IN COL F						
17	Scaling factors for base derivative price									
18	DP1					25	25	25	25	25
19	DP2					10	10	10	10	10
20	DP3					75	75	75	75	75
21	Base derivative price (used as mean)									
22	DP1			=F\$14*F18		2485	1179	1644	1588	1911
23	DP2			=F\$14*F19		994	472	657	635	764
24	DP3			=F\$14*F20		7454	3538	4931	4764	5732
25	Standard deviation									
26	DP1	10.0%		=F22*\$C26		248	118	164	159	191
27	DP2	12.0%		=F23*\$C27		119	57	79	76	92
28	DP3	8.0%		=F24*\$C28		596	283	394	381	459
29	Derivative Price									
30	DP1			=RiskLognorm(F22,F26)		2174	1243	1749	1700	1824
31	DP2			=RiskLognorm(F23,F27)		1023	674	580	780	656
32	DP3			=RiskLognorm(F24,F28)		6650	3653	4815	4736	6281
33	Derivative Price To Use (1=Base, 2= Risked)									
34	DP1	2		=CHOOSE(SC34,F22,F30)		2174	1243	1749	1700	1824
35	DP2	2		=CHOOSE(SC35,F23,F31)		1023	674	580	780	656
36	DP3	2		=CHOOSE(SC36,F24,F32)		6650	3653	4815	4736	6281
37										

Gambar 11.7 Distribusi Harga untuk Beberapa Produk Derivatif

Contoh: Harga Beberapa Produk Derivatif

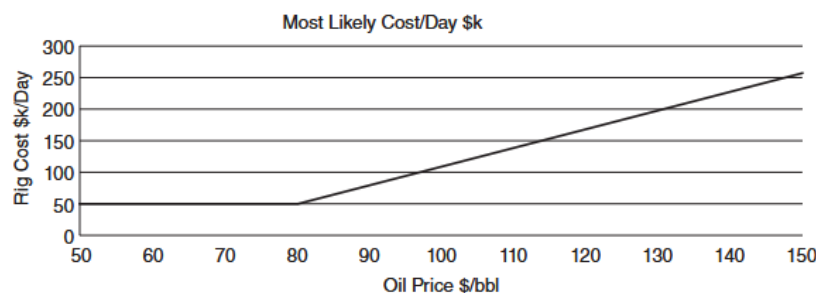
Contoh di atas dapat diperluas untuk mencakup beberapa produk derivatif, pada dasarnya dengan menyalin bagian model yang terkait dengan produk derivatif beberapa kali. Saat melakukannya, seseorang dapat mengubah tata letak model untuk membuat tabel item umum berdasarkan produk; ini dilakukan dalam contoh berikut. Modifikasi yang diperlukan untuk menyertakan beberapa produk derivatif; Gambar 11.7 menunjukkan klip layar. Sekali lagi, akan memungkinkan untuk menunjukkan distribusi harga setiap derivatif dan berbagai diagram sebar (misalnya satu derivatif terhadap yang lain); ini tidak dilakukan di sini karena prinsipnya sama seperti sebelumnya.

Contoh: Harga Minyak dan Biaya Rig

Dalam beberapa kasus, seseorang mungkin ingin menghubungkan variabel yang memiliki perilaku non-linier. Misalnya, seseorang mungkin percaya bahwa ada hubungan antara harga minyak umum dan biaya harian untuk menyewa rig minyak, seperti pada Gambar 11.8. Artinya, biaya per hari rig ditetapkan untuk harga minyak di bawah Rp. 80.000 per barel, dan kemudian meningkat secara linier ketika harga minyak berada di atas ambang batas ini.

Dalam model risiko, seseorang mungkin ingin tidak hanya mempertimbangkan bahwa harga minyak adalah variabel yang tidak pasti, tetapi juga bahwa nilai yang dihitung oleh garis tersebut mungkin hanya mewakili biaya harian rig yang paling mungkin, dengan biaya aktual memiliki rentang variasi di sekitar angka tersebut.

Contoh di mana harga minyak dianggap sebagai variabel yang didistribusikan secara lognormal, dengan setiap sampel acak digunakan untuk menghitung biaya rig yang paling mungkin, yang darinya kisaran biaya rig ditentukan, dan sampel acak diambil. Gambar 11.9 menunjukkan cuplikan layar, termasuk diagram sebaran biaya rig dan harga minyak, serta distribusi biaya rig. (Model menggunakan rentang -30% hingga $+50\%$ di sekitar angka yang paling mungkin untuk biaya rig.)



Gambar 11.8 Nilai Kasus Dasar untuk Biaya Rig sebagai Fungsi Harga Minyak

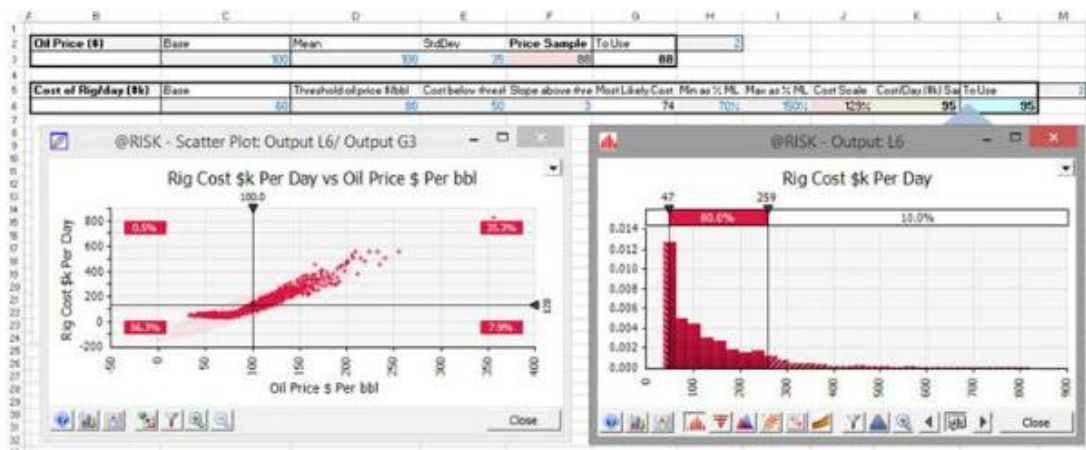
Contoh: Pesaing dan Pangsa Pasar

Contoh lain dari ketergantungan parameter adalah ketika seseorang ingin menentukan pangsa pasar yang akan dicapai perusahaan berdasarkan jumlah pesaing. Dalam kasus sederhana (ketika setiap perusahaan memiliki pangsa yang sama), seseorang dapat menulis hubungan antara pangsa pasar dan jumlah pesaing (N) sebagai berikut:

$$\text{Market share} = 1/(1 + N)$$

Bila digeneralisasikan ke pemodelan risiko, akan ada beberapa kemungkinan:

- Pangsa pasar memiliki rentang variasi (yaitu mengikuti distribusi), dengan rumus menghitung nilai yang paling mungkin (atau mungkin rata-rata).
- Jumlah pesaing dapat berupa angka yang dapat diubah secara manual, atau angka yang direpresentasikan oleh distribusi atau proses ketidakpastian.



Gambar 11.9 Simulasi Distribusi Biaya Rig dan Scatter Plot Biaya Rig terhadap Harga Minyak

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2				1	2	3	4	5			
3		Number of Competitors									
4		Number of Competitors: Starting		4	4	4	5	5	=G7		
5		New Entrant Intensity	1.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	=C5/H4		
6		New Entrant?		0	0	1	0	1	=RiskPoisson(H5)		
7		Number of Competitors: Ending	4	4	4	5	5	6	=H4+H6		
8		Number of Competitors: Average		4	4	4.5	5	5.5	=(H4+H7)/2		
9		Market Share									
10		Sampled Value		19.6%	22.6%	16.7%	16.6%	17.0%	=RiskPert(H12,H11,H13)		
11		Most Likely	1	20.0%	20.0%	18.2%	16.7%	15.4%	=C11/(1+H8)		
12		Minimum	0.8	16.0%	16.0%	14.5%	13.3%	12.3%	=C12*H511		
13		Maximum	1.2	24.0%	24.0%	21.8%	20.0%	18.5%	=C13*H511		
14											
15		Outputs		1	2	3	4	5			
16		Market Share		19.6%	22.6%	16.7%	16.6%	17.0%	=RiskOutput(.816,5)+H10		
17		Average		19.3%	18.3%	17.3%	16.5%	15.8%	=RiskMean(H16)		
18		P10		17.0%	15.0%	13.9%	12.9%	12.3%	=RiskPercentile(H16,10%)		
19		P90		21.7%	21.3%	20.9%	20.3%	19.7%	=RiskPercentile(H16,90%)		

Gambar 11.10 Model Ketidakpastian untuk Pangsa Pasar dan Jumlah Pesaing

Jumlah pesaing merupakan hasil dari proses Poisson di mana pesaing dapat muncul secara acak di setiap periode, tetapi dengan intensitas masuk yang berbanding terbalik dengan jumlah mereka di awal periode. Jadi, rata-rata, jumlah pesaing akan meningkat, bahkan saat tingkat masuk menurun seiring waktu. Jumlah pesaing di awal setiap periode digunakan untuk menentukan pangsa pasar yang paling mungkin, dengan pangsa pasar aktual diambil dari distribusi dengan variasi $\pm 20\%$ di sekitar angka yang paling mungkin.

Model tersebut menghitung (melalui simulasi) distribusi pangsa pasar yang dapat diamati di setiap periode. (Sekali lagi, perhatikan bahwa meskipun berkas ini dibuat dengan @RISK, berkas ini juga dapat dibuat dan dijalankan menggunakan Excel/VBA dengan menggunakan alat-alat di Bab 10 untuk membuat sampel distribusi dan alat-alat di Bab 12 untuk menjalankan simulasi; pembuatan tampilan grafis dapat dilakukan tetapi lebih rumit.) Gambar 11.10 menunjukkan model dan statistik (pasca-simulasi) yang menunjukkan rata-rata dan rentang pangsa pasar seiring perkembangannya dari waktu ke waktu (baris 17 hingga 19).

Gambar 11.11 menunjukkan rentang pangsa pasar di setiap tahun dari waktu ke waktu,

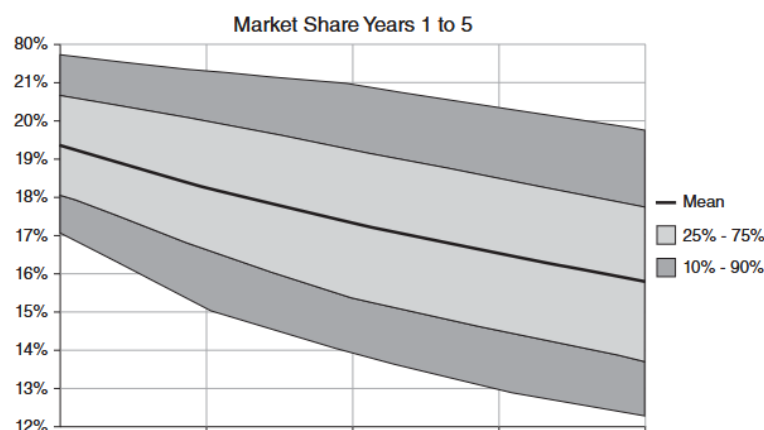
yang menunjukkan rata-rata, rentang P25–P75, dan rentang P10–P90 (ini menggunakan plot Tren Ringkasan di @RISK, tetapi tentu saja dapat juga dibuat sebagai bagan Excel jika statistik yang relevan dihitung di Excel). Gambar 11.12 menunjukkan overlay dari tiga distribusi pangsa pasar di tahun 1, 3, dan 5.

Contoh: Pengambilan Sampel Ulang atau Ketergantungan Berdasarkan Struktur Data

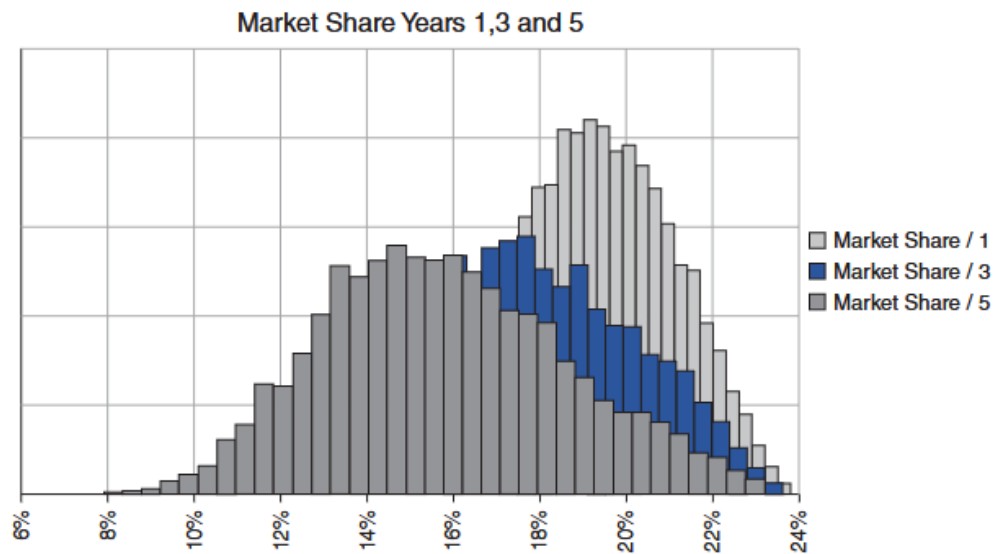
Dalam metode pengambilan sampel ulang, seseorang menghasilkan sampel input dengan mengambil sampel secara seragam dalam satu set data (data historis). Hal ini, pada prinsipnya, setara dengan pendekatan skenario, di mana terdapat banyak skenario dengan kemungkinan yang sama, yaitu dengan setiap titik data historis sesuai dengan satu skenario. Namun, karena skenarionya banyak dan sama kemungkinannya, akan lebih mudah untuk membuat sampel distribusi menggunakan proses yang seragam, daripada menggunakan distribusi diskrit umum (yang juga mengharuskan probabilitas dibuat eksplisit).

Pada prinsipnya, seseorang dapat mengambil sampel secara langsung dalam satu set data yang hanya terdiri dari satu variabel. Untuk beberapa variabel, seseorang akan mengambil sampel bilangan bulat yang bertindak sebagai nomor indeksasi untuk set data, dan menggunakan bilangan bulat ini untuk mencari nilai yang sesuai dalam data (pada setiap perhitungan ulang).

Misalnya, saat menangani data harian historis (seperti perubahan harga dua aset), seseorang dapat mengambil sampel hari acak dan menggunakan fungsi pencarian untuk melihat perubahan nilai kedua aset pada hari itu. Ini akan mempertahankan pola korelasi harian yang ada dalam data historis (pola yang bertahan selama beberapa hari harus ditangkap menggunakan pengambilan sampel blok data historis). Tentu saja, pendekatan semacam itu juga dapat digunakan untuk satu variabel. Jadi, implementasinya pada dasarnya sama dengan pendekatan skenario di atas, tetapi menggunakan distribusi seragam integer daripada distribusi diskrit umum.



Gambar 11.11 Perkembangan Waktu Rentang Pangsa Pasar



Gambar 11.12 Perkembangan Waktu Distribusi Pangsa Pasar

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	DATE FIELDS		RETURNING DATA FOR THAT WEEK				No. Data Points		200	=COUNT(D4:D203)			
2	Week Start (M WeekEnd (P))		Asset 1	Asset 2	Asset 3	Asset 4	Random P		0.0%	=RAND()			
3	31-Dec-14 04-Jan-15		5.40%	2.92%	2.95%	1.25%	Random Integer		172	=RINT((3*/2))			
4	07-Jan-15 11-Jan-15		-8.16%	-1.10%	-0.50%	0.59%	Multi-dimensional resampling as inputs (to a subsequent model)						
5	14-Jan-15 18-Jan-15		-2.42%	-1.17%	-2.04%	-1.57%							
6	21-Jan-15 25-Jan-15		-1.03%	2.03%	3.51%	0.00%	Sampled Values		Asset 1	Asset 2	Asset 3	Asset 4	
7	28-Jan-15 01-Feb-15		2.08%	1.55%	1.88%	1.69%			1.0%	-0.6%	0.5%	0.1%	=INDEX(D4:D203,514,1)
8	04-Feb-15 08-Feb-15		0.30%	0.84%	0.60%	0.16%	Correlation between Asset 1 and Asset 3						
9	11-Feb-15 15-Feb-15		0.16%	-0.70%	-0.64%	-0.44%							
10	18-Feb-15 22-Feb-15		1.47%	0.33%	0.33%	2.09%	Date		61.5%				
11	25-Feb-15 01-Mar-15		1.16%	1.16%	1.22%	0.15%	Simulated		61.0%				
12	04-Mar-15 08-Mar-15		1.24%	2.27%	2.71%	0.30%							

Gambar 11.13 Contoh Metode Resampling

Distribusi seragam integer (antara 1 dan 200, yaitu jumlah titik data) diimplementasikan dalam sel J4 (yang menggunakan rumus yang diberikan dalam Bab 10 untuk fungsi invers [persentil] saat bekerja di Excel). Integer yang disampel menggerakkan fungsi pencarian yang menyediakan nilai sampel dari keempat proses secara bersamaan. File tersebut juga menunjukkan korelasi antara proses untuk Aset 1 dan Aset 3, baik untuk data historis maupun untuk simulasi (sel J12 dan J13). Keuntungan utama metode resampling adalah:

- Metode tersebut tidak membuat asumsi apa pun tentang sifat distribusi, selain bahwa hasil masa lalu menentukan kemungkinan di masa mendatang. Jadi, jika seseorang memiliki pengetahuan terbatas tentang proses yang telah menghasilkan data, atau datanya tidak mulus, maka metode resampling dapat menjadi yang paling tepat.
- Peristiwa akan terjadi dengan frekuensi yang sama seperti dalam data historis. Khususnya, untuk hasil yang lebih jarang (ekor), distribusi yang diparameterisasi melalui ukuran statistik (atau disesuaikan dengan data historis) akan sering mengurangi frekuensi peristiwa tersebut.

Ada juga sejumlah kelemahan:

- Ada asumsi implisit bahwa masa depan pada dasarnya akan sama dengan masa lalu (dalam urutan yang berbeda); ini mungkin tidak realistis dan tidak mencerminkan

perubahan dalam konteks atau pengetahuan seseorang tentang situasi tersebut.

- Data historis hanya mewakili satu set hasil aktual. Namun, mungkin ada banyak "realitas" lain yang mungkin terjadi, tetapi tidak terjadi, dan karenanya tidak tertangkap dalam data (dan karenanya tidak akan pernah terjadi dalam skenario yang dimodelkan untuk masa depan).
- Jika set data historis kecil, masa depan hanya akan menangkap sejumlah kecil kemungkinan hasil. Di sisi lain, semakin besar set data historis (dengan menggunakan data dari periode waktu sebelumnya), semakin besar kemungkinan beberapa data menjadi tidak valid; proses biasanya tidak stabil dalam jangka waktu yang lama, karena definisi proses bisnis mungkin telah berubah, atau fasilitas produksi dirasionalisasi, atau inisiatif peningkatan kualitas diterapkan, dan sebagainya.
- Data yang diamati dapat mencerminkan hasil dari beberapa efek, termasuk respons manajemen terhadap hasil proses yang mendasarinya, sehingga proses yang mendasarinya mungkin tidak sebanding dengan data historis.

Sebagian besar metode resampling menggunakan sampling dengan penggantian, yang berarti bahwa titik yang diambil sampelnya dapat diambil sampelnya kembali. Dalam @RISK, terdapat fungsi RiskResample khusus yang memungkinkan pengambilan sampel dengan penggantian, tanpa penggantian dan secara berurutan (misalnya, untuk menunjukkan "penghidupan kembali" masa lalu secara berurutan). Sementara resampling menggunakan distribusi seragam integer mudah diterapkan di Excel/VBA, metode lain ini lebih rumit.

Korelasi Tersirat dalam Hubungan Ketergantungan Parameter

Contoh-contoh hubungan ketergantungan parameter di atas tentu saja menghasilkan koefisien korelasi yang terukur antara sampel yang dihasilkan untuk setiap proses. Misalnya, diagram sebar yang ditunjukkan pada Gambar 11.6 dengan jelas menunjukkan korelasi antara nilai produk turunan dan nilai produk referensi: nilai sampel yang lebih besar dari proses referensi berarti nilai rata-rata turunan lebih besar (dan demikian pula untuk nilai sampel yang lebih kecil), sehingga secara umum akan ada korelasi positif antara keduanya.

Kekuatannya ditentukan dari dampak relatif bagian independen dari variasi proses yang bergantung sebagian. Gambar 11.14 menunjukkan korelasi antara harga referensi dan harga turunan pada tahun ke-5, untuk berbagai nilai tingkat pergerakan independen dalam harga produk turunan (dinyatakan sebagai deviasi standarnya sebagai persentase dari rata-rata, seperti dalam contoh asli).

Gambar tersebut dengan jelas menunjukkan pengurangan korelasi seiring dengan peningkatan tingkat variasi independen dari proses dependen. Demikian pula, Gambar 11.15 menunjukkan matriks korelasi antara setiap produk (referensi dan turunan) untuk berkas yang ditunjukkan pada Gambar 11.7

Std/Mean	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%
Correl Ref-DP	99.3%	97.3%	94.4%	91.0%	87.3%	83.6%

Gambar 11.14 Penurunan Korelasi Seiring Meningkatnya Rentang Independen Variabel Semi-Dependen

Correlation in year 5	Ref	DP1	DP2	DP3
Ref	100%	92%	89%	95%
DP1	92%	100%	83%	87%
DP2	89%	83%	100%	84%
DP3	95%	87%	84%	100%

Gambar 11.15 Korelasi Silang Antara Harga Produk Yang Disimulasikan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Values for Process 1	Min	ML	Max					
3		Simulation 1	0	5	10					
4		Simulation 2	10	18	30					
5										
6		Values for Process 2	Min	ML	Max					
7		Simulation 1	20	50	80					
8		Simulation 2	20	50	80					
9										
10		Values Use	Min	ML	Max	Dist		@Risk Corr	Process 1	Process 2
11		Process 1	0	5	10	3.81		Process 1	100%	
12		Process 2	20	50	80	59.28		Process 2	70%	100%
13										
14		Simulation Data	Process 1		Process 2					
15		Iteration Number	Sim 1	Sim 2	Sim 1	Sim 2				
16		1	2.2	14.0	34.6	34.6				
17		2	4.9	18.9	48.8	48.8				
18		3	4.7	18.5	31.8	31.8				
19		4	5.8	20.8	66.9	66.9				
20		5	6.1	21.5	54.2	54.2				
21		6	4.0	17.2	58.1	58.1				
22		7	7.2	23.9	64.8	64.8				
23		8	5.7	20.6	32.8	32.8				
24		9	8.7	27.1	71.8	71.8				
25		10	3.0	15.4	51.1	51.1				
26		11	4.8	18.7	60.1	60.1				

Gambar 11.16 Perbandingan Efek Perubahan Parameter pada Sampel yang Diambil untuk Variabel Berkorelasi

11.2 KETERGANTUNGAN ANTARA PROSES SAMPEL

Kategori utama lain dari hubungan ketergantungan antara sumber risiko adalah yang menyangkut proses pengambilan sampel untuk dua atau lebih distribusi. Misalnya, dua distribusi dapat diambil sampelnya sedemikian rupa sehingga nilai-nilai yang lebih tinggi (persentil) cenderung muncul bersamaan, dan hal yang sama berlaku untuk nilai-nilai yang rendah. Hubungan korelasi (pengambilan sampel berkorelasi) dan kopula termasuk jenis ini, dengan kopula memungkinkan cara yang lebih tepat dan eksplisit untuk menentukan bagaimana persentil (sampel) distribusi harus muncul.

Fokus teks ini adalah pada prosedur korelasi, karena prosedur ini lebih dikenal dan diterima secara luas dalam konteks bisnis umum, dan cukup mudah diimplementasikan di Excel/VBA. Kami secara singkat memberikan pengantar tentang kopula, karena prosedur ini

secara bertahap menjadi lebih banyak digunakan dan tersedia dalam perangkat lunak tambahan.

Pengambilan Sampel Berkorelasi

Pembuatan hubungan korelasi melibatkan upaya memastikan bahwa distribusi diambil sampelnya secara bersama-sama, sehingga koefisien korelasi yang diinginkan antara sampel tercapai selama simulasi. Saat menggunakan @RISK, korelasi peringkat (Spearman) dari sampel digunakan sebagai ukuran target (bukan ukuran produk atau Pearson).

Perhatikan bahwa untuk sejumlah kecil sampel, mungkin tidak mungkin mencapai korelasi yang diinginkan dengan akurasi tinggi, tetapi seseorang harus dapat mencapai korelasi yang mendekati angka yang diinginkan saat jumlah sampel meningkat. (Seperti yang disebutkan dalam Bab 9, karena korelasi peringkat mengukur korelasi antara kumpulan bilangan bulat, untuk sejumlah titik sampel tertentu, hanya ada sejumlah terbatas angka korelasi peringkat yang dapat dicapai yang memungkinkan, sehingga mencapai angka prasetel yang tepat mungkin tidak memungkinkan, bahkan secara teori.)

Hubungan pengambilan sampel mengatur cara sampel dari setiap proses digunakan bersama selama simulasi. Dalam arti tertentu, ini seperti "di balik layar", sampel independen untuk setiap variabel pertama kali dibuat, sebelum diurutkan ulang untuk memasangkan nilai yang lebih besar dari satu dengan nilai yang lebih besar dari yang lain (untuk korelasi positif), dan juga untuk nilai yang lebih kecil. Set yang diurutkan ulang kemudian akan digunakan selama simulasi yang sebenarnya dijalankan.

Jadi, hubungan pengambilan sampel memiliki satu perbedaan utama dengan dependensi parameter: nilai suatu proses ditentukan hanya oleh parameternya sendiri, dan bukan oleh nilai yang lain. Contoh penggunaan @RISK. Ada dua proses, dan koefisien korelasi di antara keduanya diharapkan sebesar 70% (seperti yang dinyatakan dalam matriks korelasi).

Dua simulasi dijalankan; selama simulasi kedua, nilai parameter proses pertama diubah, sedangkan nilai parameter proses kedua tidak. Gambar 11.16 menunjukkan nilai yang digunakan untuk setiap proses pada setiap simulasi (baris 3 dan baris 4 untuk Proses 1; baris 7 dan baris 8 untuk Proses 2). Nilai sampel yang dihasilkan untuk masing-masing selama simulasi ditunjukkan dalam tabel data simulasi, dimulai pada baris 14.

Poin utamanya adalah bahwa meskipun nilai sampel untuk Proses 1 berubah saat parameternya diubah, nilai untuk Proses 2 tidak. Jadi, hubungan sampel tidak mengubah nilai sampel untuk suatu proses, hanya cara sampel tersebut digunakan bersama dengan nilai proses lainnya. Dalam pengertian itu, tidak ada gagasan tentang arah atau kausalitas antara variabel, sedangkan dalam hubungan ketergantungan parameter, satu variabel dapat dianggap independen dan yang lainnya (sebagian) bergantung.

Dalam istilah praktis, hubungan sampel pada dasarnya adalah proksi implisit untuk keberadaan kausalitas yang muncul karena variabel yang tidak secara eksplisit dalam model. Jadi:

- Harga dua produk mungkin berkorelasi karena harga masing-masing sangat terkait dengan harga bahan baku umum, tetapi harga bahan baku ini bukan merupakan item baris eksplisit dalam model.

- Tingkat penjualan kamera dan televisi mingguan di toko eceran mungkin berkorelasi, karena masing-masing didorong oleh situasi ekonomi umum (serta faktor-faktor lain), dengan situasi seperti itu tidak secara eksplisit terkandung dalam model.

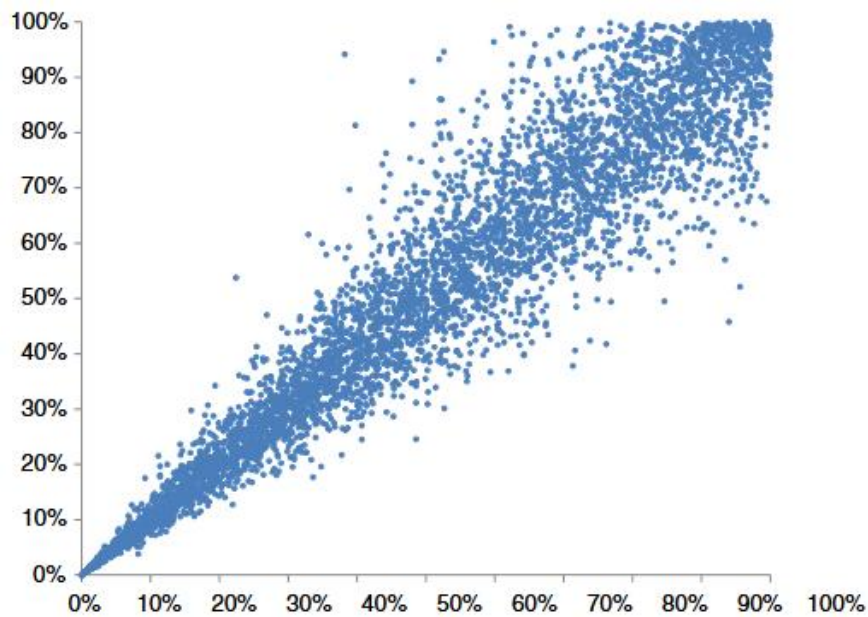
Kopula

Dalam arti tertentu, kopula dapat dianggap sebagai generalisasi dari pengambilan sampel berkorelasi, di mana seseorang dapat secara lebih eksplisit mengendalikan (atau menentukan) cara pengambilan sampel persentil gabungan (invers) dari distribusi; dalam hal itu, kopula merupakan peningkatan atas penggunaan metode korelasi.

Namun, kopula masih merupakan hubungan ketergantungan pengambilan sampel (yaitu, kopula memengaruhi pengambilan sampel distribusi, dan bukan parameternya), dan oleh karena itu banyak fitur pengambilan sampel berkorelasi dalam hal efeknya pada keluaran model serupa saat kopula digunakan. Beberapa jenis kopula yang penting adalah:

- Kopula Archimedean. Kopula ini memungkinkan ketergantungan pengambilan sampel menjadi lebih kuat di bagian-bagian tertentu dari distribusi gabungan:
- Kopula Gumbel menciptakan ketergantungan yang lebih kuat di bagian ekor atas distribusi gabungan.
- Kopula Clayton menciptakan ketergantungan yang lebih kuat di ekor bawah distribusi gabungan.
- Kopula Frank menciptakan ketergantungan yang lebih kuat di ekor atas dan bawah secara merata (dengan demikian "menjepit" setiap ekor).
- Kopula elips. Dalam beberapa hal, metode korelasi tradisional ini mirip.
- Kopula Gaussian (normal) mirip dengan penggunaan matriks korelasi tradisional, terutama jika diterapkan pada model yang semua distribusinya normal, meskipun bentuknya berbeda jika distribusi lain terlibat.
- Kopula t juga diatur oleh matriks korelasi, dan memiliki parameter integer yang mewakili jumlah derajat kebebasan; saat nilai parameter ini ditingkatkan, kopula tersebut menyatu menjadi kopula Gaussian (seperti distribusi Student (t) yang menjadi normal dalam keadaan yang serupa).

Gambar 11.17 memberikan contoh sampel persentil untuk dua seri data saat menggunakan kopula Clayton (grafik ini dibuat menggunakan add-in pemodelan risiko lain yang disebut ModelRisk, karena kemampuan tersebut bukan bagian dari @RISK saat artikel ini ditulis). Grafik menunjukkan ketergantungan yang lebih kuat untuk nilai persentil yang lebih rendah (misalnya karena penyebaran yang lebih sedikit pada plot sebar pada persentil rendah, persentil yang disampel dari satu akan mendekati persentil yang disampel dari yang lain, sedangkan untuk nilai persentil yang lebih tinggi, hal ini tidak terjadi).



Gambar 11.17 Contoh Hubungan Persentil Untuk Kopula Clayton

Ini adalah jenis situasi yang mungkin ingin digunakan untuk memodelkan pergerakan harga dalam aset keuangan (misalnya ekuitas), yang harganya mungkin cenderung turun bersamaan dalam situasi pasar yang tertekan, tetapi menunjukkan tingkat hubungan yang lebih rendah dalam kondisi normal dan positif. Pembahasan terperinci dan lengkap tentang kopula dan rumus terkaitnya berada di luar teks ini, karena ada banyak kemungkinan dan variasi yang telah dikembangkan dan diterapkan, dan implementasi Excel-nya lebih rumit daripada koefisien korelasi.

Perbandingan dan Pemilihan Ketergantungan Parameter dan Hubungan Pengambilan Sampel

Pada prinsipnya, jelas bahwa seseorang ingin menggunakan hubungan dalam model yang mencerminkan sifat situasi sejauh mungkin. Dari perspektif praktis, seseorang biasanya membuat pilihan untuk menggunakan ketergantungan parameter atau hubungan pengambilan sampel bersama. Namun, secara teori, hubungan ini tidak saling mengecualikan, dan keduanya dapat digunakan dalam proses yang sama.

Misalnya, nilai "tinggi" dari satu proses dapat mengubah parameter proses lain (misalnya, menyebabkannya menjadi "tinggi"), sementara pada saat yang sama pengambilan sampel berkorelasi dari proses akan berarti bahwa dalam rentang yang layak dari proses kedua pada perhitungan ulang (atau iterasi) tersebut nilai yang diambil sampelnya berada di ujung yang lebih tinggi dari rentang ini karena korelasi (karena distribusi pertama diambil sampelnya pada nilai yang tinggi). Jadi, untuk proses kedua, sampel "tinggi" akan diambil dari rentang yang sudah memiliki rentang layak "tinggi".

Namun, secara praktis, jarang sekali seseorang menggunakan kedua pendekatan tersebut secara bersamaan. Penggunaan ketergantungan parameter dapat dikatakan lebih sesuai dengan filosofi pemodelan umum, yang didasarkan pada penangkapan (atau penghipotesisan) hubungan antar variabel. Hubungan tersebut mengekspresikan kausalitas

terarah yang eksplisit dari satu variabel ke parameter variabel lain, sedangkan tidak ada kausalitas terarah seperti itu dalam hubungan pengambilan sampel bersama. Secara khusus, keberadaan koefisien korelasi bukan nol antara dua variabel tidak menyiratkan bahwa proses yang menghasilkan nilai-nilai tersebut adalah proses korelasi, karena kausalitas parsial juga menghasilkan korelasi terukur tersebut. Di sisi lain, penggunaan hubungan ketergantungan parameter memiliki beberapa potensi kerugian:

- Ini merupakan intervensi yang lebih mendasar dalam suatu model; umumnya memerlukan beberapa rumus untuk diubah, baris untuk ditambahkan, dan tautan rumus baru untuk dibuat.
- Mungkin terbuka untuk kritik jika hubungan antar item tidak dipahami secara memadai untuk membenarkan kausalitas atau arah yang telah dimodelkan.
- Mungkin sulit untuk mengkalibrasi model (misalnya memilih distribusi dan parameternya, serta rumus ketergantungan yang sesuai) sehingga korelasi tersirat antara variabel cocok dengan yang telah diukur dari data historis. Misalnya, dalam kasus satu produk derivatif yang harganya sebagian didorong oleh harga produk referensi, mungkin saja untuk menyesuaikan parameter proses (seperti deviasi standar masing-masing) untuk mencocokkan korelasi historis antara kedua proses. Namun, jika ada beberapa (atau lusinan) produk derivatif, mencapai tidak hanya korelasi dengan produk referensi, tetapi juga korelasi silang antara derivatif, akan jauh lebih menantang, dan berpotensi sangat memakan waktu, bahkan jika itu mungkin. (Minimal, diperlukan beberapa simulasi untuk dijalankan, dengan menggunakan metode coba-coba, atau dapat dianggap lebih formal sebagai masalah optimisasi.)

Hubungan pengambilan sampel memiliki kelebihan yang sesuai dengan kekurangan pendekatan ketergantungan parameter di atas:

- Implementasi pengambilan sampel berkorelasi tidak memerlukan intervensi struktural apa pun dalam model (selain menempatkan matriks korelasi di dalamnya); rumus model tidak berubah karena adanya hubungan ini, yang hanya memengaruhi cara sampel angka acak digunakan bersama-sama. Dengan demikian, korelasi dapat dibangun hampir sebagai "pikiran belakangan" untuk membangun model utama.
- Tidak ada persyaratan untuk memahami sifat hubungan, hanya data historis yang tersedia (atau estimasi dapat dibuat) untuk mengkalibrasi model (misalnya matriks korelasi). Dengan demikian, hubungan yang terkandung dalam set data historis dapat direplikasi selama simulasi, bahkan jika kausalitas mendasar yang sebenarnya tidak dipahami, atau terlalu rumit untuk ditangkap dalam model. □ Koefisien korelasi antara dua variabel mudah diukur; ini adalah perhitungan mekanis sederhana (pengukuran seperti itu tidak menilai apakah ada kausalitas parsial, yang hanya dapat diketahui atau dihipotesiskan dari informasi lain tentang situasi tersebut).

Oleh karena itu, mungkin ada godaan untuk menggunakan korelasi sebagai hubungan default dalam situasi pemodelan risiko. Di sisi lain, penting untuk diingat bahwa pengambilan sampel berkorelasi juga memiliki beberapa kelemahan:

- Umumnya, korelasi ini merupakan hubungan yang lebih lemah daripada

ketergantungan parameter. Jika digunakan secara tidak tepat, korelasi ini dapat menyebabkan penilaian rentang yang salah, atau kemungkinan hasil yang ekstrem.

- Seseorang mungkin tidak dapat mengubah (atau melakukan analisis sensitivitas terhadap) parameter satu proses tanpa juga mengubah parameter proses lainnya; jika tidak, seseorang dapat mengambil kesimpulan yang salah (lihat Gambar 11.16 sebelumnya dan berkas terkait).
- Dalam model sebelumnya yang menghubungkan jumlah pesaing dengan pangsa pasar perusahaan, penggunaan korelasi negatif antara variabel-variabel ini secara umum akan menjadi hubungan yang tidak tepat, atau hubungan yang mungkin rentan terhadap kesalahan yang tidak terduga: jika rentang yang mengatur jumlah pesaing digandakan (atau intensitas proses yang mendasari dan jumlah pesaing yang awalnya disajikan meningkat secara signifikan), perubahan ini tidak akan berdampak pada pangsa pasar.
- Jika seseorang mengkorelasikan biaya satu barel minyak dan biaya satu kilogram plastik berbasis minyak (atau turunan dekat dari minyak), maka peningkatan dalam rentang asumsi dasar yang mendasar untuk minyak tidak akan berdampak pada nilai sampel untuk biaya plastik.
- Jika pengeluaran iklan dikorelasikan dengan volume penjualan, penambahan jumlah tetap ke anggaran iklan dasar (misalnya menggandakannya) tidak akan berdampak pada volume penjualan, karena perubahan nilai pengeluaran iklan tersebut tidak akan memengaruhi pengambilan sampel distribusi untuk volume penjualan.

Faktanya, meskipun ketergantungan parameter menciptakan korelasi tersirat, poin penting namun halus adalah bahwa penggunaan hubungan ini dalam model multivariabel umumnya akan menghasilkan distribusi hasil yang berbeda dengan yang akan muncul jika pengambilan sampel berkorelasi diterapkan menggunakan koefisien korelasi yang tersirat oleh ketergantungan parameter. Jadi, dalam model multivariabel, korelasi merupakan proksi yang tidak memadai jika hubungan kausalitas diketahui atau dapat dinilai secara wajar. Hal ini ditunjukkan dalam contoh berikut.

Dalam Gambar 11.18 lima proses tak pasti, yang masing-masing mewakili arus kas suatu proyek. Proses-proses ini dijumlahkan untuk menghasilkan total, yang kemudian disimulasikan untuk menilai distribusi hasilnya. Di lembar kerja Causality, terdapat proses tak pasti tambahan, yang nilai sampelnya menentukan parameter rata-rata dari lima proses lainnya. Setelah menjalankan simulasi, kita dapat melihat distribusi output total, serta korelasi tersirat antara kelima variabel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.18.

Dalam lembar kerja Correl, tidak ada ketidakpastian umum, tetapi arus kas dari kelima proses tersebut dikorelasikan menggunakan nilai yang pada dasarnya sama dengan yang diamati dalam kasus kausalitas umum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.19. Gambar 11.20 menunjukkan overlay hasil simulasi. Kita dapat melihat bahwa proses dengan kausalitas parsial umum lebih menyebar (hasil simulasi menunjukkan deviasi standar 42,7 dibandingkan dengan 24,6 untuk kasus berkorelasi).

Secara khusus, efeknya terlihat di bagian ekor distribusi, di mana efek pada

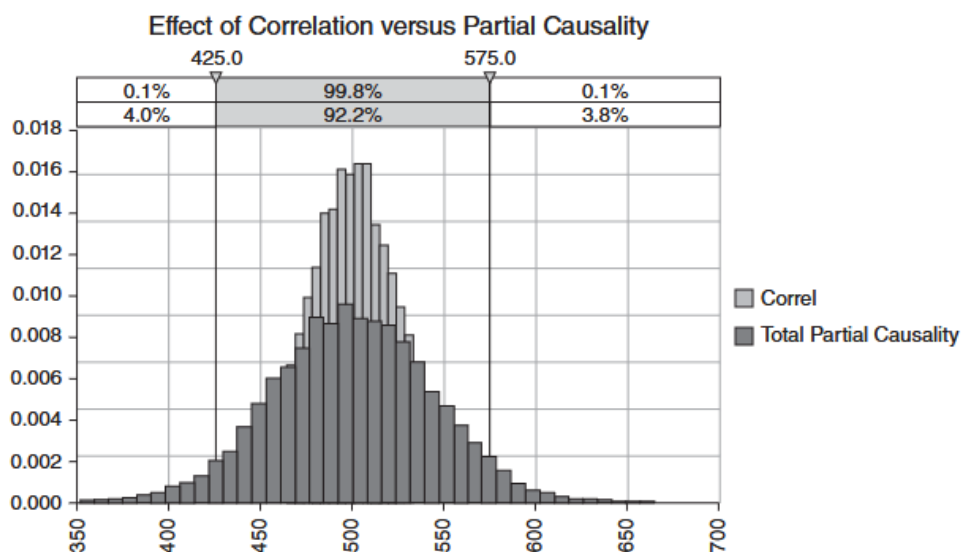
kemungkinan kejadian (yang tampaknya) langka bisa sangat signifikan. Misalnya, dalam satu kasus, nilai 575 atau lebih akan terjadi dengan frekuensi sekitar 0,1% (yang mungkin dianggap sebagai kejadian 1 banding 1000), sedangkan dalam kasus lain (kausalitas), frekuensi yang sesuai adalah sekitar 4% (yang mungkin dianggap signifikan, sebagai kejadian 1 banding 25).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		Common Item	100	8	115.1										
3															
4			Mean	StdDev	Sample		Simulation Results				Correl with each other (simulated)				
5		Project 1	115.1	2	115.3		Mean	StdDev			Project 1	Project 2	Project 3	Project 4	Project 5
6		Project 2	115.1	4	112.0		100.0	8.2			100%	87%	78%	69%	60%
7		Project 3	115.1	6	128.2		100.0	9.0			87%	100%	72%	64%	56%
8		Project 4	115.1	8	113.8		100.0	10.0			78%	72%	100%	57%	50%
9		Project 5	115.1	10	104.3		100.0	11.4			69%	64%	57%	100%	44%
10		Total			573.6		100.0	12.8			60%	56%	50%	44%	100%

Gambar 11.18 Simulasi Korelasi Silang yang Diimplikasikan oleh Ketergantungan Parsial dengan Penggerak Risiko Umum

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1																
2																
3																
4							Simulation Results									
5			Mean	StdDev	Sample		Mean	StdDev			@Risk Correl	Project 1 / S	Project 2 / S	Project 3 / S	Project 4 / S	Project 5 / S
6		Project 1	100	2	102.8		100.0	2.0			Project 1 / S	100%				
7		Project 2	100	4	102.7		100.0	4.0			Project 2 / S	87%	100%			
8		Project 3	100	6	98.7		100.0	6.0			Project 3 / S	78%	72%	100%		
9		Project 4	100	8	107.7		100.0	8.0			Project 4 / S	69%	64%	57%	100%	
10		Project 5	100	10	107.6		100.0	10.0			Project 5 / S	60%	56%	50%	44%	100%
11		Total			519.4		500.0	24.5								

Gambar 11.19 Model untuk Mensimulasikan Item Berkorelasi Menggunakan Korelasi yang Diimplikasikan oleh Penggerak Risiko Umum



Gambar 11.20 Hamparan Distribusi Simulasi Total Proyek yang Dihasilkan dari Hubungan Kausalitas dan Korelasi Parsial

Dengan demikian, hasil penerapan hubungan pengambilan sampel berbeda dengan hasil saat menggunakan kausalitas parsial, bahkan ketika koefisien korelasi yang digunakan dikalibrasi silang agar sama. Dengan demikian, jika terdapat kausalitas parsial yang umum, penting untuk mencoba menangkapnya dalam suatu model (atau setidaknya membandingkan efek kausalitas yang dihipotesiskan dengan hubungan pengambilan sampel). Memang, ini mungkin merupakan faktor yang (bisa dibilang) menyebabkan estimasi yang salah tentang kemungkinan gagal bayar dalam portofolio hipotek, yang mungkin merupakan salah satu penyebab Krisis Keuangan di awal abad ke-21.

Membuat Sampel Berkorelasi di Excel menggunakan Faktorisasi Cholesky

Saat menggunakan @RISK, pembuatan sampel berkorelasi merupakan prosedur bawaan yang mudah diterapkan oleh pengguna (dengan cukup memilih distribusi dan mengklik ikon Tentukan Korelasi; juga dijelaskan secara singkat di Bab 13). Saat menggunakan Excel/VBA, sampel berkorelasi dapat dibuat dengan menggunakan prosedur yang dikenal sebagai faktorisasi Cholesky (dari matriks korelasi), seperti yang dijelaskan di bawah ini. Jika hanya ada dua variabel yang akan dikorelasikan, seseorang dapat terlebih dahulu menggambar dua angka acak independen (r_1, r_2) dan ρ untuk koefisien korelasi apa pun (atau yang diinginkan), ρ – menghasilkan serangkaian angka acak baru (x_1, x_2) dengan mendefinisikan:

$$x_1 = r_1$$

$$x_2 = \rho r_1 + \sqrt{(1 - \rho^2)} r_2$$

Dengan cara ini, kumpulan data yang dihasilkan untuk x_1, x_2 akan dikorelasikan dengan koefisien ρ (setidaknya untuk kumpulan data yang cukup besar yang dibuat selama simulasi). Implementasi ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.21.

Dua kumpulan data yang terdiri dari 1000 titik independen diproduksi secara acak (menggunakan fungsi RAND() Excel) di kolom C dan kolom D, yang darinya dua variabel lainnya dihitung (kolom E dan kolom F), menggunakan rumus di atas. Koefisien korelasi yang diinginkan ditempatkan di sel D3, dengan D4 menghitung akar kuadrat. Terakhir, fungsi CORREL digunakan (sel F3) untuk mengukur korelasi antara dua kumpulan data terakhir ini; kita dapat melihat kecocokan yang dekat antara korelasi aktual dan nilai yang diinginkan.

	A	B	C	D	E	F
1						
2				Desired		Correl(X1, X2) in data samples
3			Correlation	62.7%		61.8%
4			Sqrt(1-Correl*Correl)	77.9%		
5						
6		Number	R1	R2	X1	X2
7		1		0.43	0.40	0.43
8		2		0.43	0.30	0.43
9		3		0.85	0.36	0.85
10		4		0.26	0.09	0.26
11		5		0.67	0.01	0.67
12		6		0.22	0.31	0.22
13		7		0.51	0.62	0.51
14		8		0.05	0.79	0.05
15		9		0.76	0.82	0.76
16		10		0.81	0.61	0.81
17		11		0.23	0.95	0.23
18		12		0.75	0.36	0.75
19		13		0.61	0.04	0.61
20		14		0.60	0.69	0.60
21		15		0.14	0.99	0.14
22		16		0.54	0.14	0.54
23		17		0.64	0.48	0.64
24		18		0.83	0.18	0.83
25		19		0.77	0.24	0.77
26		20		0.96	0.11	0.96

Gambar 11.21 Menguji Rumus untuk Menghasilkan Dua Sampel Berkorelasi

Rumus di atas dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \rho & \sqrt{(1-\rho^2)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix}$$

yang dapat disajikan dalam bentuk matriks pendek sebagai:

$$\mathbf{X} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{R}$$

Matriks C memiliki sifat (dalam kasus 2×2):

$$\mathbf{C} \cdot \mathbf{C}^T = \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix}$$

di mana CT adalah transpos matriks C.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2			Correlation Matrix	1	2	3	4					
3				100%	63%	62%	56%					
4				63%	100%	73%	62%					
5				62%	73%	100%	60%					
6				56%	62%	60%	100%					
7												
8			Cholesky as Excel Steps	1	2	3	4					
9				100%	0%	0%	0%	=SQRT(C3)				
10				63%	78%	0%	0%	=C4/C9	=SQRT(D4-C10^2)			
11				62%	44%	86%	0%	=C5/C9	=D5-C11^2/D10	=SQRT(E5-C11^2-D11^2)		
12				56%	33%	10%	74%	=C6/C9	=D6-C12^2/D10	=E6-C11^2-D11^2-D12^2/E11	=SQRT(F6-D12^2-E12^2-C12^2)	

Gambar 11.22 Perhitungan Matriks Cholesky untuk Empat Variabel

Dengan kata lain, C dapat dianggap sebagai akar kuadrat dari matriks korelasi. Jika terdapat lebih dari dua variabel, matriks C dapat dihitung dengan prosedur yang dikenal sebagai faktorisasi Cholesky dari matriks korelasi. Setelah dihitung, matriks tersebut dapat digunakan untuk membuat dari vektor (kolom) variabel acak yang independen – vektor (kolom) variabel yang akan dikorelasikan saat sampel berulang diambil. Contoh prosedur ini saat diterapkan pada matriks dua kali dua, matriks tiga kali tiga, dan matriks empat kali empat (masing-masing dalam lembar kerja 2 kali 2, 3 kali 3, dan 4 kali 4).

Dalam dua lembar kerja pertama dari file tersebut, perhitungan dilakukan dengan merujuk langsung hanya pada nilai-nilai dalam matriks korelasi, seperti dalam rumus di atas untuk kasus dua kali dua. Akan tetapi, untuk matriks yang lebih besar, hal ini tidak praktis, karena elemen-elemen matriks Cholesky, pada kenyataannya, terdiri dari elemen-elemen terhitung lainnya.

Misalnya, Gambar 11.22 menunjukkan perhitungan dalam kasus empat-kali-empat, yang darinya terlihat bahwa, meskipun kolom pertama matriks Cholesky (sel C9:C12, dengan rumusnya ditunjukkan dalam sel H9:H12) dihitung langsung dari matriks korelasi, nilai-nilai dalam kolom-kolom berikutnya (misalnya kolom D dengan rumus yang ditunjukkan dalam kolom I) memerlukan nilai-nilai lain dari matriks Cholesky. Setelah memeriksa rumus-rumus dengan saksama, kita dapat melihat bahwa prosedurnya (untuk pembentukan matriks Cholesky) adalah memperbaiki setiap kolom secara bergiliran, mengerjakan baris-baris kolom tersebut sebelum berpindah ke kolom berikutnya.

Dalam melakukannya, kita melakukan perhitungan yang mengambil nilai koefisien korelasi dalam sel yang sesuai dari matriks korelasi, dan memodifikasinya menggunakan angka-angka dari bagian-bagian tersebut (dari matriks Cholesky) yang telah dihitung pada titik tersebut. Misalnya, kita dapat melihat bahwa elemen diagonal matriks Cholesky dibentuk dengan mengurangi jumlah kuadrat nilai elemen baris sebelumnya dari matriks Cholesky dari koefisien korelasi yang sesuai, dan mengambil akar kuadrat dari jumlah ini.

Karena rumus tersebut menjadi besar dan rumit ketika ada beberapa variabel yang tidak pasti, setiap perubahan pada model (penambahan variabel, misalnya) akan sangat memakan waktu dan rawan kesalahan. Jadi, secara umum jauh lebih mudah untuk membuat dekomposisi Cholesky sebagai fungsi array yang ditentukan pengguna (yang inputnya adalah matriks korelasi), sehingga prosedur di atas untuk mengerjakan baris-baris dalam kolom-kolom tetap dapat diotomatisasi.

Secara khusus, ketika matriks berubah ukuran atau menjadi besar, pembuatan rumus eksplisit tidak akan menjadi cara yang sangat efisien untuk bekerja. Kode berikut telah digunakan dalam beberapa model contoh dalam teks ini (beberapa komentar dan prosedur pemeriksaan kesalahan telah dihilangkan dari kode yang ditampilkan dalam teks), dan ini dapat ditempatkan dalam modul kode baru dalam VBE (lihat Bab 12) untuk membuatnya tersedia dalam buku kerja.

```
Function MRCholesky(RCorrel As Range)
    Dim rCholesky() As Double
```

```

Function MRCholesky(RCorrel As Range)
    N = RCorrel.Rows.Count
    ReDim rCholesky(1 To N, 1 To N)
    For j = 1 To N ' Fix a column and then work down rows for
that column
        For i = 1 To N
            If i < j Then
                rCholesky(i, j) = 0
            Else
                If i = j Then
                    rsum = 0
                    For k = 1 To i - 1
                        rsum = rsum + rCholesky(i, k) * rCholesky(i, k)
                    Next k
                    rCholesky(i, j) = Sqr(RCorrel(i, i) - rsum) ' for i=j
                Else 'i>j
                    rsum = 0
                    For k = 1 To j - 1
                        rsum = rsum + rCholesky(i, k) * rCholesky(j, k)
                    Next k
                    rCholesky(i, j) = (1 / rCholesky(j, j)) * (RCorrel(i, j) - rsum)
                ' for i>j
            End If
        End If
    Next i
Next j
MRCholesky = rCholesky
Exit Function
End Function

```

Kode tersebut telah digunakan untuk menghitung fungsi yang ditunjukkan dalam lembar kerja UDF4by4Ex. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 11.23. Gambar tersebut juga menunjukkan langkah terakhir yang diperlukan dari proses dalam praktik, yang menggunakan fungsi array MMULT (dimasukkan menggunakan CTRL+SHIFT+ENTER) untuk mengalikan vektor kolom bilangan acak independen dengan matriks Cholesky. Hal ini akan menghasilkan sekumpulan bilangan acak yang (selama perhitungan ulang berulang) berkorelasi menurut matriks korelasi.

	1	2	3	4
Correlation Matrix	0.80%	0.31%	0.21%	0.01%
	0.29%	0.00%	0.70%	0.21%
	0.42%	0.70%	0.00%	0.00%
	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%

	1	2	3	4
Cholesky User-defined Funct	0.80%	0.31%	0.21%	0.01%
	0.29%	0.00%	0.70%	0.21%
	0.42%	0.70%	0.00%	0.00%
	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%

	1	2	3	4
Random	0.53	0.95	0.08	0.40

Gambar 11.23 Pembuatan Matriks Cholesky dengan Fungsi Array yang Ditentukan Pengguna

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Correlation Matrix	1	2	3	4				
3		1	100%	62%	62%	58%				
4		2	62%	100%	72%	62%				
5		3	62%	72%	100%	58%				
6		4	58%	62%	58%	100%				
7										
8		Cholesky as Excel Steps	1	2	3	4				
9		1	100%	0%	0%	0%				
10		2	62%	78%	0%	0%				
11		3	62%	44%	85%	0%				
12		4	58%	22%	12%	74%				
13										
14		Rands	0.36	0.86	0.54	0.41				
15		MMULT	0.36	0.89	0.95	0.88	=TRANSPOSE(MMULT(C9:F12,TRANSPOSE(C14:F14)))			
16		MRMULT	0.36	0.89	0.95	0.88	=MRMULT(C9:F12,C14:F14)			
17										

Gambar 11.24 Pembuatan Sampel Acak sebagai Vektor Baris atau Kolom dengan Fungsi yang Ditentukan Pengguna

Mengenai langkah terakhir ini, perkalian matriks tersebut hanya mungkin jika vektor bilangan acak berada dalam kolom. Jika bilangan tersebut membentuk baris dalam model, maka fungsi TRANSPOSE (array) dapat digunakan dalam fungsi MMULT, dan hasilnya perlu disematkan dalam fungsi TRANSPOSE lain, agar bilangan yang berkorelasi tersebut dapat disejajarkan dalam baris dengan bilangan asli.

Pembuatan fungsi yang ditentukan pengguna untuk langkah perkalian terakhir ini dapat lebih efektif, karena akan menghindari keharusan mentransposisi rentang dua kali dalam Excel, yang dapat merepotkan. Gambar 11.24 memperlihatkan penggunaan fungsi tersebut (MRMULT), dan kode yang digunakan diberikan kemudian. Di baris 15 (sel C15:F15), kita melihat rumus transposisi ganda yang akan diperlukan tanpa fungsi tersebut. Sel C16:F16 dan J9:J12 memperlihatkan bahwa fungsi tersebut berfungsi, baik angka acak yang dimasukkan berada dalam baris maupun kolom.

Function MRMult(Matrix As Range, Vector As Range)

```
'Array function to multiply matrices; Returns column vector if
'Vector is a column; Returns row vector if Vector is a row
Set wsf = Application.WorksheetFunction
Dim CalcMatrix()
```

```
NRows = Vector.Rows.Count
```

```
NCols = Vector.Columns.Count
```

```
If NCols = 1 Then
```

```
    ReDim CalcMatrix(1 To NRows, 1 To 1)
```

```
    CalcMatrix = wsf.MMult(Matrix, Vector)
```

```
Else
```

```
    ReDim CalcMatrix(1 To 1, 1 To NRows)
```

```
    CalcMatrix = wsf.Transpose(wsf.MMult(Matrix,
wsf.Transpose(Vector)))
```

```
End If
```

```
MRMult = CalcMatrix
```

```
End Function
```

Oleh: Dr. Agus Wibowo

Beberapa generalisasi lebih lanjut dari pendekatan ini dibahas dalam Bab 12, karena di sini kami hanya ingin fokus pada prinsip-prinsipnya.

Bekerja dengan Matriks Korelasi yang Valid

Saat mengkorelasikan lebih dari dua variabel, pilihan elemen koefisien korelasi yang diinginkan di antara keduanya tidak sembarangan. Misalnya, jika variabel pertama berkorelasi dengan variabel kedua sebesar 90%, dan variabel kedua dengan variabel ketiga, juga sebesar 90%, maka tampaknya logis bahwa harus ada hubungan yang cukup kuat antara variabel pertama dan ketiga (karena masing-masing berkorelasi erat dengan variabel kedua). Faktanya, dalam kasus ini, koefisien korelasi harus setidaknya sekitar 62% (lihat nanti).

Fakta bahwa beberapa kombinasi koefisien tidak diperbolehkan juga dapat dilihat dengan mengingat kembali bahwa banyak rumus dalam faktorisasi Cholesky melibatkan pengambilan akar kuadrat dari argumen yang dihitung (yang hanya valid jika argumen tersebut positif), atau pembagian dengan kuantitas yang dihitung (yang hanya valid jika argumennya bukan nol). Dari sudut pandang matematika, matriks korelasi hanya valid jika bersifat positif semi-definit (setara dengan semua nilai eigennya yang tidak negatif).

Secara intuitif, karena matriks Cholesky adalah akar kuadrat dari matriks korelasi, matriks tersebut hanya dapat dihitung untuk matriks tertentu (yaitu positif semi-definit), seperti halnya akar kuadrat dari bilangan riil hanya berlaku untuk bilangan non-negatif. Pada prinsipnya, jika matriks korelasi dibuat dengan mengambil data historis aktual, maka matriks tersebut harus valid (atau konsisten). Namun, dalam praktiknya, bahkan data aktual dapat menghasilkan matriks yang tidak konsisten:

- Jika tidak ada cukup titik data dibandingkan dengan variabel (misalnya 10 variabel tetapi hanya 8 titik data untuk masing-masing variabel), atau jika beberapa variabel sepenuhnya bergantung pada variabel lainnya.
- Karena kesalahan statistik atau pengukuran jika data dikumpulkan dari berbagai sumber. Contoh umum menyangkut data aset keuangan, di mana, karena perbedaan zona waktu atau proses pelaporan data harga penutupan secara manual, satu sumber data melaporkan data yang tertunda (seperti yang sebenarnya terjadi satu atau dua periode sebelumnya).
- Jika seseorang memperkirakan nilai untuk koefisien korelasi, terutama jika terdapat lebih dari tiga variabel, sehingga hubungan tersirat antara beberapa variabel tidak mudah diikuti.

Di @RISK, seseorang dapat menggunakan fungsi array RiskCorrectCorrmat sebagai langkah perantara untuk "mengoreksi" ketidakkonsistenan apa pun dalam matriks korelasi yang diinginkan, lalu menautkan matriks yang dikoreksi ini ke matriks berkorelasi aktual yang digunakan untuk simulasi:

- Perhitungan korelasi default melibatkan modifikasi matriks korelasi untuk membuat matriks yang nilai eigen minimumnya tidak negatif. Hal ini dilakukan dengan mengurangi nilai eigen terkecil dari diagonal matriks korelasi (yang kemudian membuatnya lebih besar dari 100%, karena nilai terkecil akan bernilai negatif untuk

matriks yang tidak konsisten) dan kemudian menskalakan ulang elemen-elemen seluruh matriks sehingga elemen-elemen diagonal baru masih sama dengan 100%, yaitu dengan membuat matriks $(C - \lambda I)/(1 - \lambda)$, di mana C adalah matriks korelasi asli, λ adalah nilai eigen terkecilnya dan I adalah matriks identitas.

- Seseorang dapat mengesampingkan faktor koreksi default dan menggunakan matriks pembobotan opsional, sehingga beberapa angka korelasi tidak akan terpengaruh oleh proses koreksi, yang mungkin masuk akal jika beberapa angka telah diukur dari data sedangkan yang lain hanya berupa estimasi.

Gambar 11.25 menunjukkan lembar kerja Tidak Konsisten, yang menunjukkan bahwa (untuk contoh yang dijelaskan di atas) korelasi sebesar 10% antara variabel pertama dan ketiga tidak valid, dengan prosedur Cholesky yang menghasilkan kesalahan. Gambar 11.26 menunjukkan kasus serupa menggunakan @RISK (dalam lembar kerja @RISK), di mana (sel C8:E10) fungsi RiskCorrectCorrmat digunakan tanpa menentukan faktor pembobotan apa pun, sedangkan sel J8:L10 secara eksplisit menggunakan faktor pembobotan (yang opsional) sehingga matriks akhir (J13:L15) diubah hanya dengan mengubah nilai korelasi antara variabel pertama dan ketiga.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Correlation Matrix		1	2	3			
3			1	100%	90%	90%			
4			2	90%	100%	10%			
5			3	90%	10%	100%			
6									
7		Cholesky as Excel Steps		1	2	3			
8			1	100%	0%	0%			
9			2	90%	44%	0%			
10			3	90%	-163%	#NUM!			
							=C4	=SQRT(1-C4^2)	
							=C5	=(D5-C5*C4)/SQRT(1-C4^2)	=SQRT(E5-C5^2-(D5-C5*C4)^2/(1-C4^2))

Gambar 11.25 Contoh Matriks Korelasi yang Tidak Valid

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		Desired matrix	Var 1	Var 2	Var 3				Desired matrix	Var 1	Var 2	Var 3			
3		Var 1		100%	90%	90%			Var 1		100%	90%			
4		Var 2		90%	100%	10%			Var 2		90%	100%	10%		
5		Var 3		90%	10%	100%			Var 3		90%	10%	100%		
6															
7		Corrected Matrix w/o weighting							Weighting Matrix (optional)						
8				1.00	0.74	0.74					0	100	100		
9				0.74	1.00	0.08					100	0	0		
10				0.74	0.08	1.00					100	0	0		
11															
12		@RISK Correlations	@RISK Dist	@RISK Dist	@RISK Dist	@RISK Dist	@RISK Dist		Corrected Matrix with weighting						
13		@RISK Dist to Correlate in BF\$13						0.5			1.00	0.90	0.90		
14		@RISK Dist to Correlate in BF\$14						0.5			0.90	1.00	0.62		
15		@RISK Dist to Correlate in BF\$15						0.5			0.90	0.62	1.00		
16															
17															
18															
19															
20															
21															

Gambar 11.26 Menggunakan Fungsionalitas @RISK untuk Membuat Matriks Korelasi yang Disesuaikan

Korelasi Deret Waktu

Seseorang mungkin memiliki dua atau lebih proses yang berkembang seiring waktu, dan mungkin diinginkan untuk menerapkan korelasi di antara keduanya. Sementara topik yang lebih umum tentang pemodelan deret waktu dibahas nanti dalam bab ini, dalam kasus yang paling sederhana, seseorang mungkin ingin mengkorelasikan perubahan antara beberapa deret waktu dalam setiap periode, sambil mengasumsikan tidak ada korelasi antara perubahan dalam satu periode dan perubahan di periode berikutnya.

Korelasi tersebut, pada prinsipnya, dapat diimplementasikan menggunakan prosedur di atas, baik di Excel/VBA maupun di @RISK. Namun, karena asumsi bahwa tidak ada hubungan antara perubahan lintas periode, matriks korelasi akan menjadi besar tetapi sebagian besar berisi nol, dan akan sulit digunakan.

Di @RISK, fitur khusus (Buat Deret Waktu Berkorelasi) tersedia dalam ikon Tentukan Korelasi; ini dapat digunakan untuk mengimplementasikan hanya satu matriks korelasi yang berlaku dalam setiap periode, dengan matriks ini digunakan kembali di semua periode (dengan asumsi koefisien korelasi konstan dari waktu ke waktu, jika tidak, beberapa matriks atau matriks sparse yang besar perlu digunakan). Hal ini dikenal (dalam @RISK) sebagai penggunaan beberapa Instansi dari matriks korelasi yang sama.

O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
9	10		OptValue \$/unit						
64	75	=O5*(1+P10)							
476	348	=O6*(1+P11)							
239	326	=O7*(1+P12)							
64	75	=MIN(P5:P7)	257						
-5%	17%	=RiskNormal(\$E10,\$F10,RiskCorrmat(NewMatrix2,1,1)			@RISK Corr Oil / 1 in \$G\$ Gas / 1 in \$G Electricity / 1 in \$G\$12				
11%	-27%	=RiskNormal(\$E11,\$F11,RiskCorrmat(NewMatrix2,2,1)			Oil / 1 in \$G\$ 1				
20%	36%	=RiskNormal(\$E12,\$F12,RiskCorrmat(NewMatrix2,3,1)			Gas / 1 in \$G 60%	1			
					Electricity / 1 60%	60%	1		
0	0	=IF(MATCH(MIN(P5:P7),P5:P7,0)=MATCH(MIN(O5:O7),O5:O7,0),0,1)							

Gambar 11.27 Nilai Fleksibilitas Opsi Riil saat Pergerakan Harga Berkorelasi

Implementasi ini dalam contoh fasilitas produksi fleksibel sebelumnya (lihat Bab 4). Gambar 11.27 menunjukkan bahwa (dalam kasus korelasi positif) keuntungan bersih dari kemungkinan peralihan berkurang dari sekitar Rp. 400.000 menjadi sekitar Rp. 250.000 (karena frekuensi, dan jumlah yang diperoleh dari, peralihan akan lebih sedikit). (Perhatikan bahwa korelasi tersebut tidak memengaruhi tren harga, hanya perubahannya dalam setiap periode; dengan parameter lain, satu seri dapat mengalami tren menurun dan yang lain meningkat, bahkan saat pergerakan dalam setiap periode di sekitar tren tersebut berkorelasi.)

11.3 KETERGANTUNGAN DALAM DERET WAKTU

Banyak model Excel yang bersifat peramalan, sehingga ada komponen waktu untuk pengembangan variabel (seperti harga, volume, pendapatan, biaya, laba, dan sebagainya). Dalam banyak kasus, seseorang dapat menggunakan teknik pemodelan standar untuk

meramalkan variabel dari waktu ke waktu, bahkan saat ketidakpastian hadir. Misalnya, dalam beberapa model sebelumnya yang melibatkan peramalan dari waktu ke waktu (seperti penilaian fleksibilitas peralihan, dan pengembangan harga produk referensi dan derivatif), kami mengasumsikan model standar (diskrit) untuk pengembangan harga dari waktu ke waktu, yaitu bahwa persentase perubahan dalam setiap periode terdistribusi secara normal.

Faktanya, ini adalah perkiraan untuk proses waktu berkelanjutan, di mana perubahan harga sesaat didistribusikan secara normal (menghasilkan proses lognormal untuk perkembangan harga waktu berkelanjutan), dan merupakan kasus khusus dari model deret waktu umum. Dalam literatur keuangan, terdapat berbagai macam pendekatan pemodelan deret waktu. Dalam konteks seperti itu, pertama-tama, kata "model" umumnya merujuk pada formulasi matematika (persamaan) yang menggambarkan perubahan sesaat (dalam waktu berkelanjutan) dari satu variabel, seperti harga saham, atau suku bunga jangka pendek (daripada merujuk pada implementasi perhitungan tersebut).

Demikian pula, terdapat persamaan (model) untuk beberapa variabel yang mungkin saling terkait, seperti perubahan sesaat pada suku bunga jangka pendek dan jangka panjang. Beberapa persamaan ini memiliki solusi eksak (bentuk tertutup, analitik), sedangkan yang lain memerlukan simulasi atau teknik numerik lainnya. Ketika bekerja di Excel, secara umum, seseorang juga bekerja dengan sumbu waktu diskret (bukan kontinu), sebuah fakta yang mungkin juga perlu diperhitungkan ketika mengkalibrasi model dengan analisis data historis.

Beberapa hubungan inti dijelaskan dalam bagian ini, meskipun topiknya sangat kaya, dengan cakupan lengkap yang berada di luar cakupan teks ini. Perhatikan bahwa beberapa contoh file di bagian ini hanya dibuat di Excel. File tersebut juga dapat dengan mudah dibuat menggunakan @RISK. Selain itu, @RISK menyediakan kemungkinan untuk menyesuaikan data deret waktu dengan proses, yang dapat sangat berguna dalam praktik, jika seseorang memiliki data tetapi tidak mengetahui deret yang tepat untuk digunakan, atau parameternya.

Gerak Brown Geometris

Model gerak Brown pada dasarnya adalah padanan formal dari rumus pertumbuhan yang sering digunakan dalam model Excel, di mana perubahan nilai kuantitas (harga, volume, dll.) dari satu periode ke periode berikutnya diberikan oleh tingkat pertumbuhan. Tingkat pertumbuhan tersebut mungkin merupakan proses yang tidak pasti atau acak. Jadi, dalam banyak konteks keuangan perusahaan dan "pemodelan perusahaan" lainnya, seseorang menerapkan persamaan di Excel (misalnya untuk pengembangan harga dari waktu ke waktu, dengan tingkat pertumbuhan g), seperti:

$$P_{i+1} = P_i(1 + g)$$

yang dapat ditulis sebagai:

$$P_{i+1} - P_i = P_i g$$

Jika g dianggap sebagai proses tak tentu, yang perubahannya independen dari satu periode ke periode berikutnya, yang mengikuti distribusi normal (dengan parameter μ, σ), dan jika sumbu waktu dianggap kontinu, maka seseorang dapat menulis persamaan analog untuk perubahan sesaat dalam P untuk setiap perubahan sesaat dalam waktu sebagai:

$$dP = \mu P dt + \sigma P N(0,1) \sqrt{dt}$$

Persamaan ini menggambarkan proses gerak Brown geometris (GBM); akar kuadrat yang mengalikan simpangan baku disebabkan oleh fakta bahwa varians proses independen dapat ditambahkan (seperti yang dibahas sebelumnya dalam teks), dan karenanya berskala linier dalam waktu, sehingga simpangan baku berskala sebagai akar kuadrat waktu. Suku terakhir dalam persamaan terkadang disebut gerak Brown sederhana (atau proses Wiener), dan mewakili bagian acak dari gerakan, sehingga persamaan GBM dapat ditulis sebagai:

$$dP = \mu P dt + \sigma P dW$$

Di mana:

$$dW = N(0,1) \sqrt{dt}$$

Implementasi berbagai pendekatan yang terkait dengan hal ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.28. Model tersebut mengasumsikan bahwa ada sekumpulan data historis untuk pengembangan variabel harga (selama empat periode), dan menggunakan data ini untuk mengkalibrasi berbagai model deret waktu, yang nilai awal variabelnya sama dengan data historis (yaitu 100), tetapi, karena fluktuasi acak, perkembangan harga pada setiap titik waktu secara umum akan berbeda dengan periode yang sesuai. Nilai akhir data historis adalah 120, sehingga orang akan berharap bahwa setiap model menghasilkan nilai yang sama dengan ini secara rata-rata.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Historic Data	Mean	Volatility		Starting	1	2	3	4
3		Share Price				100.0	110.0	95.0	105.0	120.0
4		Simple Returns	4.66%	12.76%			10.00%	-13.64%	10.53%	14.29%
5		LN Returns	4.56%	12.92%			9.53%	-14.66%	10.01%	13.35%
6										
7		Model 1: Simple Returns using simple compounded average	Mean	Volatility		Starting				
8		Normally-D Simple Changes	4.66%	12.76%		100.0	105.3	108.5	114.3	113.8
9		Simple Returns					5.32%	3.05%	5.35%	-0.42%
10		Mean					5.32%	3.05%	5.35%	-0.42%
11		Volatility					0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12										
13		Model 2: LN Returns using Average of LN Returns	Mean	Volatility		Starting				
14		Normally-D Ln Changes	4.56%	12.92%		100.0	116.9	117.3	122.0	103.1
15		Ln Returns					15.62%	0.36%	3.88%	-16.77%
16		Mean					15.62%	0.36%	3.88%	-16.77%
17		Volatility					0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
18										
19		Model 3: LN Returns Forecast based on adjusted Average LN	Mean	Volatility	Adjusted Mean	Starting				
20		Normally-D Ln Changes adjusted drift	4.56%	12.92%	3.72%	100.0	112.1	109.2	99.3	126.4
21		Ln Returns					11.44%	-2.60%	-9.53%	24.10%
22		Mean					11.44%	-2.60%	-9.53%	24.10%
23		Volatility					0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
24										
25		Model 4: Closed Form for any time	Mean	Volatility	Adjusted Mean		1	2	3	4
26		Ending Value	4.56%	12.92%	3.72%	100.0	96.4	103.7	96.1	87.1

Gambar 11.28 Berbagai Implementasi Formula Pertumbuhan

Tabel perhitungan yang ditunjukkan untuk setiap model adalah sebagai berikut:

- Model 1 menggunakan pendekatan pemodelan perusahaan tradisional, yang data historisnya juga digunakan untuk menghitung persentase pengembalian sederhana di setiap periode.
- Model 2 menggunakan data historis untuk menghitung laba logaritmik (yaitu logaritma natural rasio harga dari satu periode ke periode berikutnya), yang kemudian digunakan untuk membuat sampel dari distribusi normal di setiap periode berdasarkan data ini secara langsung. Sampel ini kemudian dipangkatkan dan digunakan untuk menghitung harga pada periode berikutnya:

$$P_{i+1} = P_i e^{N(\mu, \sigma)}$$

- Model 3 menggunakan prosedur yang sama dengan Model 2, tetapi tingkat pertumbuhan rata-rata yang digunakan disesuaikan dengan faktor “koreksi konveksitas”:

$$P_{i+1} = P_i e^{N\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}, \sigma\right)}$$

- Model 4 menghitung ekuivalen dengan Model 3 pada periode waktu T:

$$P_T = P_0 e^{N\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T, \sigma\sqrt{T}\right)}$$

Gambar 11.29 menunjukkan potongan layar dari bagian berkas yang sama, khususnya angka numerik di kolom M menunjukkan rata-rata nilai akhir pada periode 4, yang dihitung dengan simulasi. Perhatikan bahwa nilai dalam Model 2 tidak sesuai dengan angka historis, sedangkan nilai dalam model lain sesuai. Dengan kata lain, saat menggunakan prosedur peracikan waktu kontinu berdasarkan perhitungan pengembalian logaritmik (dan proses eksponensial yang sesuai untuk perhitungan maju), penyesuaian konveksitas Model 3 (dan 4) diperlukan.

J	K	L	M	N
4				
120.0				
14.29%	=J3/I3-1			
13.35%	=LN(J3/I3)			
177.5	=I8*(1+RiskNormal(\$C8,\$D8))		Mean at end	Difference
17.66%	=J8/I8-1		120.0	-0.001
4.66%	=RiskMean(J9)			
12.76%	=RiskStdDev(J9)			
84.6	=I14*EXP(RiskNormal(\$C\$14,\$D\$14))		Mean at end	Difference
-23.04%	=LN(J14/I14)		124.0	3.995
4.56%	=RiskMean(J15)			
12.92%	=RiskStdDev(J15)			
101.8	=I20*EXP(RiskNormal(\$E20,\$D20,RiskStatic(\$C20)))		Mean at end	Difference
8.84%	=LN(J20/I20)		120.0	-0.018
3.72%	=RiskMean(J21)			
12.93%	=RiskStdDev(J21)			
4			Mean at end	Difference
105.7	=F26*EXP(RiskNormal(\$E26*J25,\$D26*SQRT(J25),RiskStat		120.0	0.002

Gambar 11.29 Perbandingan Rata-rata Simulasi dengan Nilai Asli untuk Berbagai Formula Pertumbuhan

Gambar 11.29 memberikan intuisi lebih lanjut untuk ini (dan pada dasarnya merupakan bentuk yang disederhanakan dari Model 2 di atas); berkas ini menghitung rata-rata selama simulasi proses yang mengeksponensialkan sampel distribusi normal dengan perhitungan bentuk tertutup, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.30.

Faktor penyesuaian konveksitas akan terlihat dalam banyak model deret waktu, baik yang diperoleh dari prosedur pemasangan (seperti yang dapat dilakukan di @RISK) atau diterapkan secara langsung. Metode GBM sering diperluas ke pendekatan lompatan, di mana sejumlah guncangan berdistribusi Poisson dapat terjadi dalam periode apa pun, masing-masing dengan dampak yang ukurannya terdistribusi normal, misalnya.

Model Mean-Reversion

Seperangkat model deret waktu penting lainnya adalah model dengan sifat mean-reverting. Proses yang terkadang dianggap mean reverting adalah:

- Suku bunga. Suku bunga yang tinggi akan memperlambat ekonomi, yang mengarah pada kemungkinan penurunan suku bunga, dan suku bunga yang rendah akan merangsang ekonomi, yang mengarah pada kebutuhan suku bunga untuk naik di kemudian hari.

	A	B	C	D
1				
2		Data		
3		Mean	10.0%	
4		StdDev	30.0%	
5				
6		Simulation:		
7		Normal	15.2%	=RiskNormal(C3,C4)
8		Exponential	116.4%	=EXP(C7)
9		Average	115.6%	=RiskMean(C8)
10				
11		Closed-Form	115.6%	=EXP(C3+C4*C4/2)

Gambar 11.30 Contoh Efek Konveksitas Dari Penerapan Rumus Non-Linier Pada Nilai Yang Tidak Pasti

- Harga komoditas. Harga komoditas yang lebih tinggi akan mengurangi permintaan dan memperlambat ekonomi makro, yang menyebabkan jatuhnya harga komoditas, sedangkan harga yang rendah akan merangsang ekonomi, yang menyebabkan kenaikan harga. Tren tersebut dapat ditumpangkan dalam inflasi umum, sehingga pembalikan rata-rata merupakan perilaku jangka pendek atau menengah dalam tren naik jangka panjang, misalnya.

Beberapa contoh model pembalikan rata-rata (terutama untuk suku bunga) meliputi: Model pembalikan rata-rata dasar:

$$dr = \alpha(\mu - r)dt + \sigma r dW$$

Model Cox–Ingersoll–Ross:

$$dr = \alpha(\mu - r)dt + \sigma dW$$

Model Ornstein–Uhlenbeck (Vasicek):

$$dr = \alpha(\mu - r)dt + \sigma\sqrt{r}dW$$

Kehadiran pengurangan pada suku pertama di setiap persamaan menghasilkan suku negatif ketika r lebih besar dari μ , dan suku positif ketika r lebih kecil dari μ , sehingga menciptakan proses yang kembali ke μ secara rata-rata, tetapi tunduk pada variasi acak saat melakukannya. Model pengembalian rata-rata juga dapat diimplementasikan di mana beberapa variabel saling berhubungan.

Misalnya, seseorang dapat memiliki model untuk prakiraan harga minyak jangka pendek dan jangka panjang (atau suku bunga jangka pendek dan jangka panjang), dengan harga minyak jangka panjang dianggap tumbuh (mungkin menurut model gerak Brown geometris), dan harga jangka pendek mengikuti proses pengembalian rata-rata yang target pengembalian rata-ratanya adalah harga jangka panjang.

Dalam kasus seperti itu, bagian acak dari perubahan di setiap periode dapat saling berkorelasi, seperti yang disebutkan sebelumnya dalam bab ini. Pembaca dapat menemukan lebih banyak tentang model tersebut dan contoh lainnya melalui pencarian internet atau literatur sederhana.

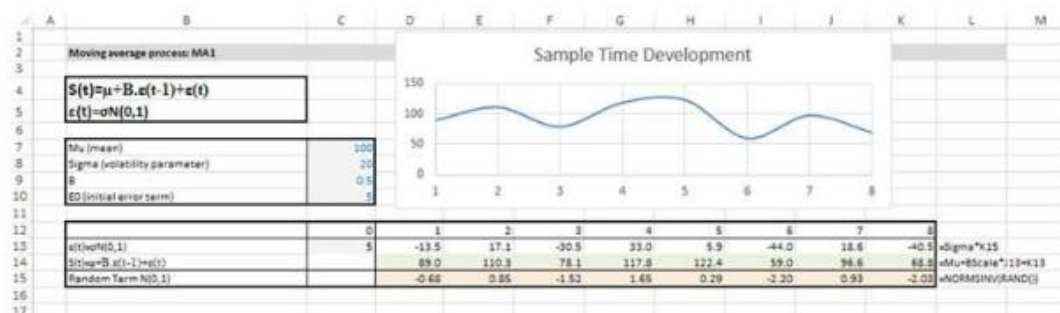
Model Rata-rata Bergerak

Terdapat berbagai macam model rata-rata bergerak, yang berarti terdapat variasi di sekitar rata-rata jangka panjang (dan bukan berarti nilai variabel sebelumnya diperhitungkan secara eksplisit). Misalnya, proses rata-rata bergerak orde pertama sama dengan rata-ratanya, ditambah suku “kesalahan” acak, ditambah faktor skala yang diterapkan pada suku kesalahan pada periode sebelumnya:

$$\varepsilon_t = \sigma N(0,1)$$

$$S_t = \mu + \varepsilon_t + B\varepsilon_{t-1}$$

Model orde kedua akan mencakup faktor penskalaan untuk istilah galat dua periode sebelumnya. Implementasi ini di Excel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.31.



Gambar 11.31 Contoh Deret Waktu Rata-Rata Bergerak

Model Autoregresif

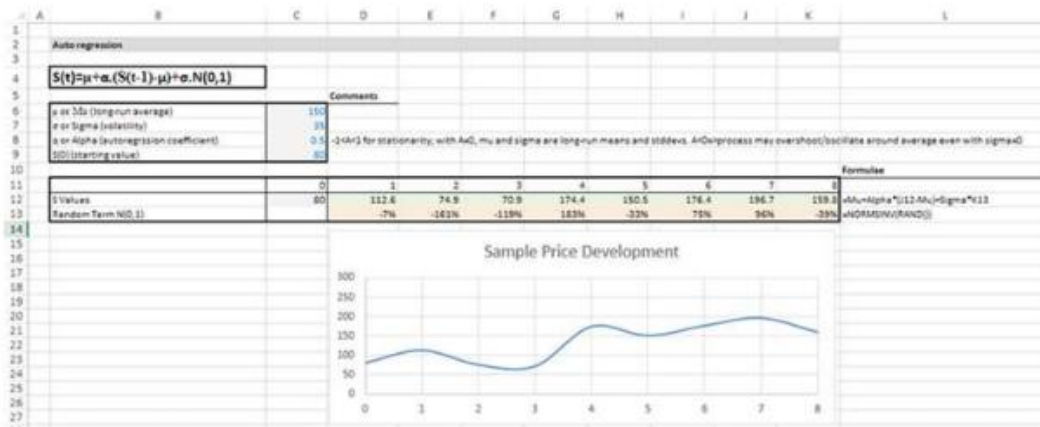
Kategori lain dari model deret waktu adalah model dengan proses autoregresif. Misalnya, model autoregresif orde pertama dalam waktu diskrit adalah suatu proses (di sini disebut S_t), di mana:

$$S_t = \mu + \alpha(S_{t-1} - \mu) + \sigma N(0,1)$$

Atau

$$S_t - \mu = \alpha(S_{t-1} - \mu) + \sigma N(0,1)$$

Dengan demikian, pada saat ini, jarak variabel dari rata-rata jangka panjang, μ , terkait (dengan faktor skala α , koefisien autoregresi) dengan jarak pada periode waktu sebelumnya, serta memiliki variasi acak di sekitarnya (diatur oleh volatilitas, σ). Proses ini memerlukan nilai awal, S_0 , dan dengan demikian ada empat parameter.



Gambar 11.32 Contoh Deret Waktu Autoregresif

Proses orde kedua (dan orde ketiga) serupa, dengan rumus yang disesuaikan untuk mencerminkan bahwa nilai dari dua periode sebelumnya juga mudah dipahami:

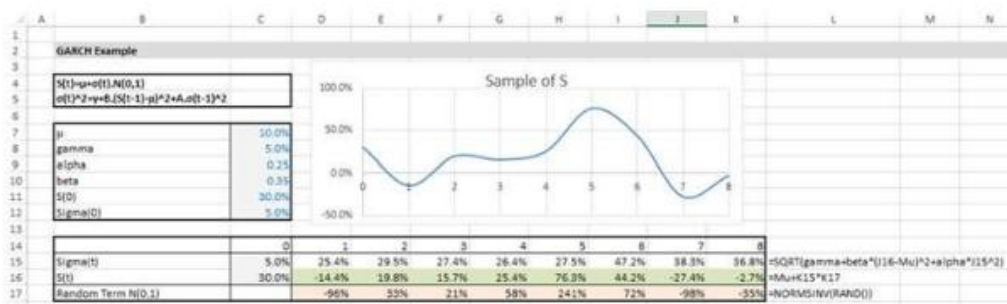
$$S_t - \mu = \alpha_1(S_{t-1} - \mu) + \alpha_2(S_{t-2} - \mu) + \sigma N(0,1)$$

Implementasi proses orde pertama di Excel, di mana suku acak ditangkap menggunakan fungsi invers Excel langsung; padanan @RISK, tentu saja, juga mudah diimplementasikan. Contoh ditunjukkan pada Gambar 11.32. Contoh proses autoregresif yang lebih kompleks mencakup interaksi dua deret waktu, seperti dalam model heteroskedastisitas kondisional autoregresif tergeneralisasi (GARCH); dalam model ini, parameter volatilitas tidak konstan, tetapi membentuk deret waktu kedua yang terkait dengan proses S:

$$\sigma^2 = \gamma + \beta(S_{t-1} - \mu)^2 + \alpha\sigma_{t-1}^2$$

$$S_t = \mu + \sigma_t N(0,1)$$

Implementasi proses orde pertama di Excel (Gambar 11.33), di mana suku acak ditangkap menggunakan fungsi invers Excel langsung; padanan @RISK, tentu saja, juga mudah diimplementasikan.



Gambar 11.33 Contoh Deret Waktu Garch

Proses yang Searah (Terintegrasi)

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, ketika berurusan dengan deret waktu untuk beberapa variabel, penciptaan deret waktu yang perubahan acaknya saling berkorelasi tidak selalu berarti bahwa mereka bergerak ke arah yang sama: korelasi hanya memengaruhi pengambilan sampel dari setiap distribusi relatif terhadap rata-ratanya sendiri, sehingga deret tersebut dapat berkembang dalam pengertian yang berbeda, tergantung pada sifat setiap deret waktu dan parameternya.

Tentu saja, terkadang seseorang menginginkan dua deret memiliki kesearahan antara perkembangan jangka panjangnya, dan ini dapat dicapai dengan memastikan hubungan yang lebih erat antara deret tersebut (secara langsung antara nilai atau parameternya).

Misalnya, jika suatu proses "independen" berkembang secara acak, sedangkan yang lain diskalakan dari sini tetapi memiliki istilah kesalahannya sendiri, maka proses tersebut akan memiliki kesearahan di antara keduanya. Ini mirip dengan beberapa contoh yang diberikan sebelumnya, seperti yang menghubungkan harga produk derivatif dengan harga produk referensi, jadi tidak dibahas lebih lanjut.

Peralihan Keadaan Acak dan Rantai Markov

Sebelumnya dalam teks ini kami memberikan contoh di mana skenario yang dipilih secara acak pada setiap perhitungan ulang (iterasi) memengaruhi parameter yang akan digunakan untuk suatu proses untuk semua periode waktu mendatang; dengan kata lain, pada setiap perhitungan ulang, satu skenario tunggal diterapkan di semua periode waktu. Secara lebih umum, seseorang dapat membuat model di mana skenario yang digunakan berubah dari satu periode waktu ke periode waktu berikutnya secara acak.

Lebih jauh, seseorang dapat membiarkan probabilitas bahwa skenario tertentu akan terjadi pada titik waktu tertentu bergantung pada skenario mana yang diterapkan pada titik waktu sebelumnya, dan dengan demikian menggunakan matriks probabilitas untuk peralihan satu keadaan (skenario) ke keadaan lain, seperti dalam rantai Markov. Ini mudah diterapkan dengan menggunakan fungsi diskrit umum, di mana (menggunakan fungsi pencarian) probabilitas yang berlaku untuk keadaan yang akan berlaku dalam periode tersebut dicari dalam matriks probabilitas transisi tergantung pada keadaan periode sebelumnya (berakhir).

Aspek pemodelan ini seharusnya cukup mudah diterapkan bagi setiap pembaca yang telah mengikuti diskusi hingga titik ini; Tantangannya sering kali adalah mengkalibrasi matriks transisi, karena data historis perlu dialokasikan ke beberapa negara bagian (yang mungkin sewenang-wenang sampai batas tertentu), dan beberapa skenario peralihan negara mungkin tidak pernah muncul secara historis, sedangkan matriks menuntut agar berbagai kemungkinan peralihan didefinisikan.

BAB 12

PENGGUNAAN EXCEL/VBA UNTUK PEMODELAN SIMULASI

Dalam bab ini, kami menggunakan contoh model sederhana untuk menunjukkan elemen dasar yang diperlukan untuk membuat dan menjalankan model simulasi menggunakan Excel dan VBA. Kami berasumsi bahwa pembaca tidak memiliki pengalaman sebelumnya dengan VBA, dan bermaksud untuk memberikan deskripsi langkah demi langkah dengan cukup rinci agar pemula dapat menirunya. Sebagian besar bab berfokus pada aspek mekanis yang diperlukan untuk mengotomatiskan proses penghitungan model berulang kali dan menyimpan hasilnya.

Tujuannya adalah untuk berfokus pada isu-isu tersebut dalam konteks yang sederhana, terpisah dari diskusi terperinci mengenai desain model risiko, pemilihan distribusi dan pengambilan sampel, hubungan ketergantungan, dan isu-isu lain yang dibahas sebelumnya dalam teks. Memang, bab ini bertujuan untuk dapat diakses sebagai pengantar aspek simulasi murni jika harus dibaca secara mandiri, yaitu tanpa merujuk ke bagian teks lainnya.

Di bagian akhir bab ini, kami menjelaskan bagaimana teknik-teknik khusus pemodelan risiko dapat diintegrasikan dengan pendekatan simulasi (terutama penyertaan rangkaian distribusi yang lebih kaya yang dibahas dalam Bab 9 dan Bab 10, dan penggunaan teknik-teknik pengambilan sampel berkorelasi, sebagaimana dibahas dalam Bab 11). Kami juga menyebutkan beberapa area generalisasi dan kecanggihan lebih lanjut yang mungkin dapat dipertimbangkan.

12.1 DESKRIPSI MODEL CONTOH DAN RENTANG KETIDAKPASTIAN

Model sederhana yang kami gunakan sebagai titik awal untuk diskusi. Ini bertujuan untuk memperkirakan anggaran yang mungkin diperlukan untuk liburan keluarga. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.1, model awal menunjukkan total biaya yang diperkirakan sebesar Rp. 10.000.000. Untuk tujuan di sini, kami tidak melakukan upaya sungguh-sungguh untuk menangkap sifat sebenarnya dari distribusi ketidakpastian untuk setiap item (seperti yang dibahas dalam Bab 9). Kami juga membuat asumsi (yang tidak kalah pentingnya) bahwa item baris dalam model sesuai dengan faktor pemicu risiko (lihat Bab 7). Hal ini dilakukan untuk mempertahankan fokus pada aspek inti yang relevan untuk bab ini. Secara khusus, kami akan berasumsi bahwa:

- Setiap item dapat mengambil nilai (acak) apa pun dalam rentang yang seragam (dengan nilai yang sama kemungkinannya).
- Ada beberapa risiko kejadian yang mungkin terjadi dengan probabilitas tertentu, yang berdampak (dalam bentuk biaya tambahan) saat terjadi. Dalam contoh ini, risiko ini diasumsikan terkait dengan perubahan ketersediaan penerbangan atau hotel dibandingkan dengan paket dasar. Risiko kejadian ditampilkan secara terpisah dari model dasar (dalam bentuk daftar risiko kecil). Demi konsistensi penyajian, kami telah mengadaptasi model asli untuk menyertakan risiko kejadian ini, dengan nilainya

menjadi nol dalam kasus dasar. Rentang biaya tambahan saat suatu kejadian terjadi diasumsikan seragam (dan, untuk hotel, mencakup kemungkinan bahwa mungkin ada yang sedikit lebih murah, karena batas bawah rentang meluas ke nilai negatif).

A	B	C
1	BUDGET FOR FAMILY VACATION	
2		
3	CORE ITEMS	
4		BASE (\$)
5	Flight	1000
6	Hotel	3000
7	Taxis/transfers etc	1000
8	Food and drink	2000
9	Insurance	1000
10	Tourist attractions	1000
11	Presents, misc items	1000
12	Total (\$)	10000

Gambar 12.1 Model Biaya Dasar (Dalam Rp. X.000)

Nilai yang digunakan untuk probabilitas dan rentang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.2.

A	B	C	D	E	F
1	BUDGET FOR FAMILY VACATION				
2					
3	CORE ITEMS		Risk (Uncertainty) Ranges		
4		BASE (\$)	Min	Max	
5	Flight	1000	900	1300	
6	Hotel	3000	2500	4500	
7	Taxis/transfers etc	1000	900	1500	
8	Food and drink	2000	1800	2400	
9	Insurance	1000	900	1100	
10	Tourist attractions	1000	600	2500	
11	Presents, misc items	1000	800	1500	
12	Total (\$)	10000			
13					
14	EVENT RISKS				
15		BASE (\$)	Prob	Min	Max
16	Extra cost due to planned flight being unavailable	0	20%	500	2000
17	Extra cost due to planned hotel being unavailable	0	15%	-200	1500
18	Total (\$)	0			
19					
20	TOTAL (\$)	10000			

Gambar 12.2 Model Biaya Dengan Nilai Yang Menentukan Rentang Ketidakpastian

12.2 MEMBUAT DAN MENJALANKAN SIMULASI: LANGKAH-LANGKAH UTAMA

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah utama yang diperlukan untuk membuat dan menjalankan simulasi menggunakan pendekatan Excel/VBA, termasuk pembuatan sampel acak dasar, penghitungan model berulang, dan cara-cara sederhana untuk menyimpan hasil. Nanti dalam bab ini, kami membahas teknik-teknik yang lebih umum yang dapat digunakan dalam banyak situasi pemodelan di dunia nyata untuk menciptakan lebih banyak fleksibilitas di beberapa area.

Menggunakan Nilai Acak

Tahap berikutnya, di mana fungsi Excel RAND() digunakan untuk menghasilkan angka acak yang terdistribusi seragam antara nol dan satu; ini digunakan untuk membuat nilai acak dalam rentang ketidakpastian:

- Untuk rentang kontinu seragam:

$$\text{Nilai atau Dampak} = \text{Min} + (\text{Maks} - \text{Min}) * \text{RAND}()$$

- Untuk terjadinya peristiwa risiko:

$$\text{Kejadian atau Tidak} = \text{JIKA}(\text{RAND}() \leq \text{Prob}, 1, 0)$$

Dampak akhir dari risiko peristiwa dihitung dengan mengalikan angka kejadian dengan dampak (sehingga hasilnya akan menjadi nilai nol untuk kasus tidak terjadinya dan sama dengan dampak dalam kasus terjadinya), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.3. Contoh ini cukup sederhana sehingga beberapa poin penting tentang kasus yang lebih umum mungkin diabaikan:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Columns:** A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P.
- Rows:** 1 to 20.
- Section 1: CORE ITEMS (Rows 5-12)**
 - Column B: CORE ITEMS
 - Column C: BASE (\$)
 - Column D: Risk (Uncertainty) Ranges
 - Column E: Min
 - Column F: Max
 - Column G: Random()
 - Column H: Values
- Section 2: EVENT RISKS (Rows 14-17)**
 - Column B: EVENT RISKS
 - Column C: BASE (\$)
 - Column D: Prob
 - Column E: Min
 - Column F: Max
 - Column G: Random()
 - Column H: Random()
 - Column I: Occurrence Impact (\$)
 - Column J: Impact
- Formulas (Columns K, L, M, N, O, P):**
 - Column K: =RAND()
 - Column L: =D5*(F5-D5)*K5
 - Column M: =D6*(F6-D6)*K6
 - Column N: =D7*(F7-D7)*K7
 - Column O: =D8*(F8-D8)*K8
 - Column P: =D9*(F9-D9)*K9
 - Column Q: =D10*(F10-D10)*K10
 - Column R: =D11*(F11-D11)*K11
 - Column S: =SUM(L5:L11)

Gambar 12.3 Model Biaya Dengan Distribusi Ketidakpastian

- Untuk kejelasan penyajian konsep inti pada tahap ini, nilai tak pasti yang dihasilkan digunakan sebagai masukan untuk model berulang (paralel) (yaitu yang ada di kolom L, bukan di kolom C asli). Tentu saja, sebagian besar model terlalu rumit untuk dibangun dan dipelihara dua kali dengan cara ini: umumnya, nilai tak pasti akan diintegrasikan ke dalam model asli, misalnya dengan menggunakan pernyataan IF atau fungsi CHOOSE untuk bertindak sebagai sakelar yang menentukan apakah area masukan ke model asli (yaitu kolom C) akan menggunakan nilai dasar atau nilai tak pasti (sehingga nilai dasar perlu disimpan di tempat lain dan kolom C diganti dengan rumus).
- Jika distribusi lain diperlukan, seperti yang dibahas dalam Bab 10, fungsi RAND() akan digunakan sebagai masukan ke dalam kalkulasi fungsi distribusi kumulatif terbalik.

Menggunakan Makro untuk Melakukan Perhitungan Ulang Berulang dan Menyimpan Hasilnya

Dengan model yang telah dibangun sejauh ini, pengguna dapat menekan tombol F9

(yang memerintahkan Excel untuk menghitung ulang), sehingga fungsi RAND() akan diambil sampelnya kembali, dan nilai model akan diperbarui. Dengan kata lain, setiap penggunaan F9 akan membuat skenario baru untuk input yang tidak pasti dan untuk total biaya. Otomatisasi langkah ini (sehingga dapat diulang berkali-kali) dapat dilakukan menggunakan prosedur perulangan dalam makro VBA.

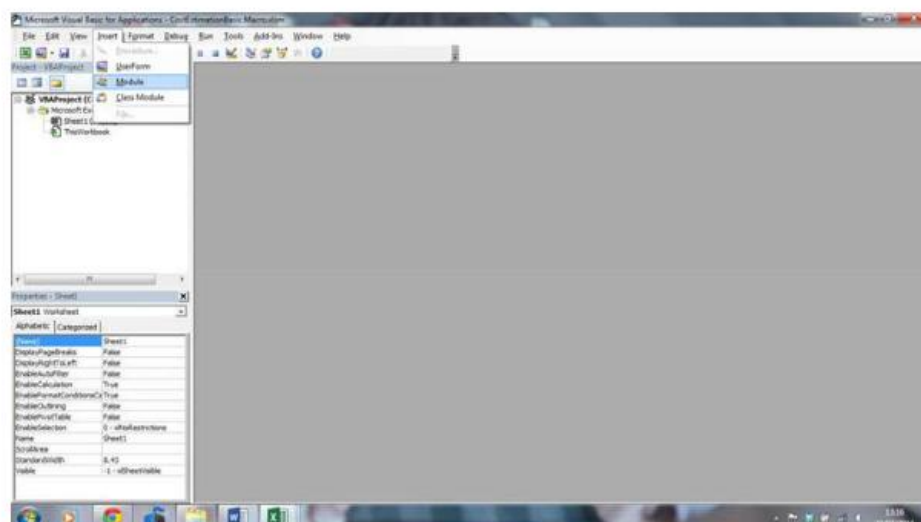
Kode VBA (makro) untuk simulasi, sehingga makro di dalamnya perlu diaktifkan. dapat digunakan sebagai titik awal bagi pembaca yang ingin membangun model dari awal dengan mengikuti langkah-langkah yang dijelaskan di bawah ini; dalam kasus tersebut, buku kerja harus disimpan ulang sebagai buku kerja yang mendukung makro, dengan ekstensi .xlsm, saat menggunakan Excel 2007 dan seterusnya.

Bekerja dengan VBE dan Memasukkan Modul Kode VBA

Visual Basic Editor (VBE) dapat diakses menggunakan pintasan Alt+F11 atau (mulai dari Excel 2007 dan seterusnya) dari tab Pengembang. (Tab Developer biasanya disembunyikan secara default dan dapat ditampilkan menggunakan Opsi Excel, misalnya di Excel 2013 pilih Customize Ribbon di bawah Opsi [Excel] dan centang kotak untuk tab Developer; prosedur untuk Excel 2007 dan 2010 serupa tetapi sedikit berbeda, tetapi pembaca seharusnya dapat menemukannya tanpa kesulitan.)

Setelah berada di VBE, seseorang perlu memasukkan modul baru (Insert/Module) ke dalam buku kerja (Project) yang sedang digunakan (bukan ke dalam buku kerja lain yang mungkin juga terbuka); operasi ini ditunjukkan pada Gambar 12.4. Jendela kode juga akan muncul setelah modul dimasukkan; jika tidak, View/Code dapat digunakan untuk menampilkannya.

Selanjutnya, seseorang dapat mulai mengetik makro (disebut Sub, untuk subroutine) dengan memberinya nama yang sesuai, misalnya MRRunSim (spasi dan kata yang disediakan oleh Excel/VBA tidak diperbolehkan). (Prosedur dasar yang sama berlaku untuk fungsi yang ditentukan pengguna, dengan kata Fungsi digunakan sebagai pengganti Sub; fungsi juga memerlukan pernyataan return. Bagian 12.5.3 menyediakan informasi lebih lanjut.)



Gambar 12.4 Editor Visual Basic (VBE)

Mengotomatiskan Perhitungan Ulang Model

Pernyataan VBA `Application.Calculate` menghitung ulang model (Application merujuk pada aplikasi Excel). Ini sama dengan menekan F9 di Excel, dan sintaks yang diperlukan juga dapat ditetapkan dengan merekam makro saat seseorang menekan F9 (misalnya memilih Developer/Record Macro, menekan F9, lalu menggunakan Developer/Stop Recording), dan melihat kode yang akan disisipkan ke dalam modul baru di dalam VBE. Pada tahap ini, kode akan berbunyi:

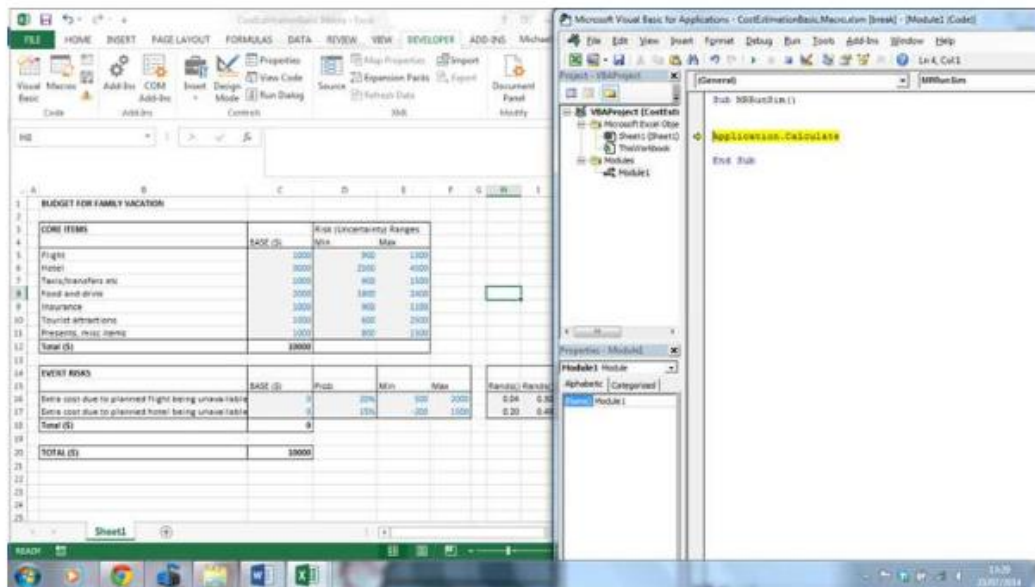
```
Sub MRRunSim()  
    Application.Calculate  
End Sub
```

GAMBAR 12.4 Editor Visual Basic (VBE) Sering kali lebih mudah untuk mengubah ukuran jendela VBE dan Excel sehingga keduanya ditampilkan berdampingan, dengan masing-masing mengambil setengah layar. Ini akan memungkinkan pengujian kode yang lebih transparan dengan mengamati pembaruan lembar kerja saat kode dijalankan atau diuji.

Umumnya, daripada menjalankan kode sekaligus (lihat nanti), seseorang dapat terlebih dahulu menjalankannya langkah demi langkah menggunakan F8 berulang kali dari dalam jendela VBE (menempatkan kursor di awal Sub), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.5. Baris kode yang akan dieksekusi akan diarsir kuning, dan saat dieksekusi nilai-nilai yang dipengaruhi oleh fungsi `RAND()` akan berubah.

Membuat Loop untuk Menghitung Ulang Berkali-kali

Tahap selanjutnya dalam proses ini adalah menempatkan kode dalam loop, sehingga dapat dijalankan beberapa kali secara otomatis. Saat pertama kali mengembangkan dan menguji kode, seseorang akan membuat loop yang hanya akan berjalan beberapa kali (seperti 10); setelah kode tersebut berfungsi, tentu saja, kita akan meningkatkannya (biasanya) menjadi beberapa ribu. Struktur perulangan inti adalah perulangan For (yang ditutup dengan pernyataan `Next`, sehingga kode tersebut tahu untuk kembali ke awal perulangan dan menambah nomor indeksasi `i` sebanyak satu):



Gambar 12.5 Layar Terpisah Model Ketidakpastian Dan VBE Dengan Jendela Kode

Mengotomatiskan Perhitungan Ulang Model

Pernyataan VBA `Application.Calculate` menghitung ulang model (`Application` merujuk ke aplikasi Excel). Ini analog dengan menekan F9 di Excel, dan sintaksis yang diperlukan juga dapat dibuat dengan merekam makro saat seseorang menekan F9 (misalnya memilih `Developer/Record Macro`, menekan F9 lalu menggunakan `Developer/Stop Recording`), dan melihat kode yang akan disisipkan ke dalam modul baru di dalam VBE. Pada tahap ini, kode tersebut akan berbunyi:

```
Sub MRRunSim()
    For i = 1 To 10
        Application.Calculate
    Next i
End Sub
```

Sekali lagi, seseorang dapat melangkah melalui makro menggunakan F8 (seseorang dapat keluar dari prosedur langkah-demi-langkah menggunakan tombol `Reset [ ]` di VBE, untuk menghindari keharusan menjalankan semua 10 loop jika seseorang merasa bahwa kode tersebut berfungsi). Tentu saja, pada titik ini, model tersebut menghitung ulang nilai-nilai baru pada setiap lintasan melalui loop, tetapi hasilnya belum disimpan.

Menambahkan Komentar, Indentasi, dan Jeda Baris

Saat kode mulai menjadi lebih panjang dan sedikit lebih rumit, sebaiknya tambahkan baris komentar untuk mendokumentasikan apa yang ingin dicapai. Baris komentar adalah baris yang dimulai dengan apostrof dan (otomatis) muncul dalam teks hijau. Komentar tidak akan dijalankan saat kode dijalankan, tetapi akan dilewati. Untuk kode yang sangat sederhana, komentar mungkin dianggap tidak perlu. Namun, biasanya lebih baik untuk membuat komentar saat kode ditulis (dan bukan setelahnya), karena jika tidak, dokumentasi item

penting atau batasan penerapan kode akan mudah terabaikan.

Oleh karena itu, secara umum, komentar sebaiknya digunakan bahkan dalam situasi sederhana, untuk menghindari kasus yang muncul saat kode yang dikembangkan secara bertahap tanpa komentar menjadi sangat rumit untuk diaudit. Penggunaan lain dari baris komentar adalah untuk mempertahankan fungsi alternatif yang dapat digunakan secara fleksibel (misalnya, dihidupkan atau dimatikan) tanpa harus terus menulis ulang (dan menguji) kode: dengan hanya menambahkan atau menghapus tanda apostrof sebelum kode yang relevan, baris tersebut akan diperlakukan sebagai komentar atau sebagai kode yang dapat dieksekusi (metode ini juga berguna saat menguji kode).

Membuat indentasi pada baris kode dapat meningkatkan transparansi visual. Misalnya, kode dalam loop For...Next dapat dibuat indentasi. Ini dapat dilakukan dengan tombol tab (lebar tab indentasi dapat dikurangi dari [default] empat menjadi satu atau dua menggunakan menu Tools/Options VBE); ini sering kali lebih disukai saat beberapa indentasi diperlukan (misalnya loop for dalam loop).

Penggunaan " _ " (SPACE UNDERSCORE diikuti dengan menekan ENTER) melanjutkan kode pada baris baru, dan sering kali akan membantu membuat baris kode yang panjang lebih mudah dibaca. (Teknik ini digunakan secara selektif dalam file yang disediakan, meskipun saat menampilkan kode dalam teks, kami sering menghapus komentar untuk membantu fokus pada baris kode.)

Menentukan Output, Menyimpan Hasil, Rentang Bernama, dan Pernyataan Penugasan

Output simulasi hanyalah item-item yang akan dicatat pada setiap perhitungan ulang simulasi sehingga dapat dianalisis nanti. Minimal, ini akan mencakup setidaknya satu output model tradisional (yaitu hasil perhitungan) tetapi umumnya juga dapat mencakup nilai-nilai beberapa input atau kuantitas antara, sehingga bentuk-bentuk analisis hasil lainnya dapat dilakukan. Cara yang paling kuat untuk menentukan output adalah dengan memberi nama sel Excel yang berisi output tersebut. Misalnya, pernyataan Range("O20") akan selalu merujuk ke sel O20, dan dengan demikian mungkin tidak lagi merujuk ke sel keluaran yang diinginkan jika baris ditambahkan dalam lembar kerja Excel sebelum baris 20 yang ada (yang berisi keluaran dalam model asli).

Serupa halnya, jika hasil akan disimpan langsung ke dalam lembar kerja model (seperti dalam contoh sederhana kita), maka masuk akal juga untuk memberi nama tidak hanya sel keluaran tetapi juga awal (atau tajuk) sel tempat hasil akan ditempatkan, sehingga ini dapat bertindak sebagai titik referensi untuk operasi penyimpanan, yang posisinya akan berubah satu baris atau kolom pada setiap lintasan melalui loop simulasi.

Jadi, secara umum, saat menggunakan VBA, lebih baik merujuk ke sel Excel (atau rentang) sebagai rentang bernama, daripada referensi sel (menggunakan Formula/NameManager). Saat melakukannya, sering kali berguna, lebih fleksibel, dan kuat untuk memastikan bahwa nama memiliki cakupan buku kerja (bukan lembar), meskipun ada beberapa pengecualian.

Hal ini memungkinkan sel dirujuk di lembar kerja lain (dan dari kode VBA) menggunakan rentang bernama tanpa harus mengubah kode (misalnya, jika bagian dari model

dipindahkan ke lembar kerja lain), dan tanpa memerlukan referensi eksplisit ke lembar kerja tertentu. Tentu saja, jika rentang bernama digunakan di Excel, penting untuk mengejanya dengan cara yang sama saat digunakan dalam kode VBA. Dalam hal ini, akan sangat membantu jika menggunakan tombol F3 di Excel untuk menempelkan daftar rentang bernama, lalu menyalinnya ke kode VBA saat diperlukan. Dalam contoh kami:

- Sel L20 telah diberi nama SimOutput, yang dapat dirujuk dalam VBA sebagai Range("SimOutput").Value.
- Sel O20 telah diberi nama NCalcs, sehingga NCalcs=Range("NCalcs").Value dapat digunakan untuk menentukan jumlah kalkulasi ulang dalam Excel, yang kemudian dibaca ke VBA. Meskipun nama yang sama telah digunakan untuk rentang bernama Excel dan variabel kode VBA, definisi yang mendasarinya berbeda: satu adalah rentang di Excel dan yang lainnya adalah variabel VBA (seseorang dapat memberi mereka nama yang berbeda jika ini dianggap membingungkan).

Ada juga banyak opsi untuk tempat data hasil dapat disimpan. Umumnya, akan lebih baik untuk menempatkannya dalam lembar kerja hasil yang terpisah, yang akan dilakukan nanti dalam bab ini. Untuk saat ini, kami menggunakan pendekatan yang paling sederhana, yaitu menempatkannya langsung di lembar kerja model, misalnya di beberapa area kosong di bawah, atau di samping, kalkulasi. Hal ini dilakukan:

- Di Excel, dengan memberi nama sel L22 sebagai SimResultsHeader.
- Di VBA, dengan menggunakan properti offset dari suatu rentang untuk memastikan bahwa nilai keluaran simulasi ditempatkan secara berurutan satu baris di bawah nilai sebelumnya saat loop For dijalankan (saat nilai i bertambah 1 pada setiap lintasan melalui loop).

Kode (tidak termasuk komentar) pada titik ini berbunyi:

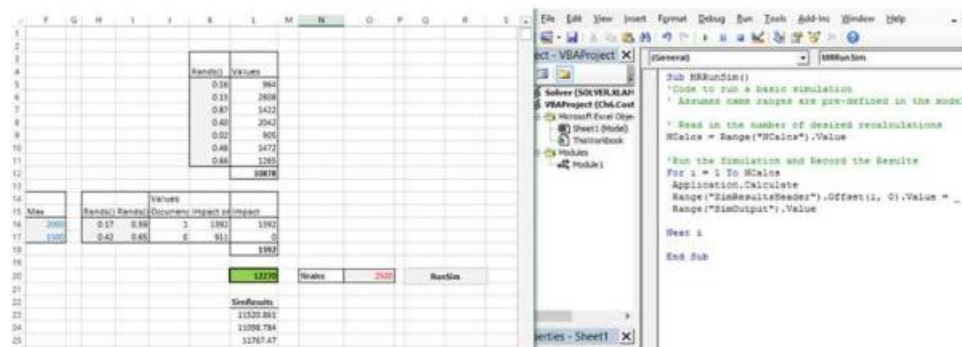
```
Sub MRRunSim()
NCalcs = Range("NCalcs").Value
For i = 1 To NCalcs
    Application.Calculate
    Range("SimResultsHeader").Offset(i, 0).Value =
    Range("SimOutput").
    Value
Next i
End Sub
```

Perhatikan bahwa tanda "=" digunakan untuk menetapkan nilai dari sisi kanan ke sisi kiri, yaitu, ini adalah operator penugasan, bukan pernyataan kesetaraan. Ini mungkin membingungkan bagi sebagian orang pada awalnya, tetapi sebenarnya sama seperti di Excel: seseorang menulis "=B2" di sel C2, untuk menetapkan nilai sel B2 ke nilai di sel C2. Pernyataan penugasan akan dijalankan secara signifikan lebih cepat daripada operasi Salin/Tempel yang sesuai (yang awalnya mungkin tampak lebih intuitif); Prosedur Salin/Tempel umumnya tidak

direkomendasikan, dan tidak digunakan dalam teks ini.

Menjalankan Simulasi

Seseorang dapat menelusuri kode (menggunakan F8 dalam VBE), dan hasilnya akan mulai muncul di lembar kerja model. Tentu saja, dalam praktiknya, seseorang biasanya ingin menjalankan seluruh kode setelah fase pengujian selesai.



Gambar 12.6 Kode Simulasi Dasar dan Hasil Pertama

Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, meskipun sering kali cara termudah adalah membuat tombol (atau objek lain di Excel) yang diberi makro. Misalnya, seseorang dapat menyisipkan kotak teks (Sisipkan/Teks/Kotak Teks di Excel) dan memberinya label Jalankan Simulasi (misalnya) lalu klik kanan pada kotak tersebut untuk memilih Tetapkan Makro dari menu tarik-turun; setelah makro ditetapkan, mengeklik kotak teks akan menjalankan makro. Atau, Kontrol Formulir dapat disisipkan dari tab Pengembang menggunakan Sisipkan/Kontrol Formulir, dan makro ditetapkan ke kontrol yang disisipkan (seperti tombol). Cara lain untuk menjalankan kode meliputi:

- Dari dalam jendela VBE, menggunakan F5 (kursor dapat ditempatkan di mana saja dalam subrutin saat melakukan ini).
- Dari Excel, menggunakan Alt+F8, atau Makro/Jalankan pada tab Pengembang.

Saat kode menjadi lebih besar, seseorang mungkin ingin menjalankannya hingga titik tertentu sebelum melangkah melalui baris demi baris; ini dapat dilakukan dengan menggunakan CTRL+F8 untuk menjalankan kode ke posisi kursor, dari titik mana seseorang dapat melangkah maju menggunakan F8. Atau, seseorang dapat mengatur titik henti dengan mengklik di margin kode dan menggunakan F5 untuk menjalankan kode hingga titik henti, dan melangkah maju menggunakan F8 sesudahnya (seseorang dapat mengklik di margin untuk menghapus titik henti). Gambar 12.6 menunjukkan hasil menjalankan simulasi.

12.3 ANALISIS HASIL DASAR

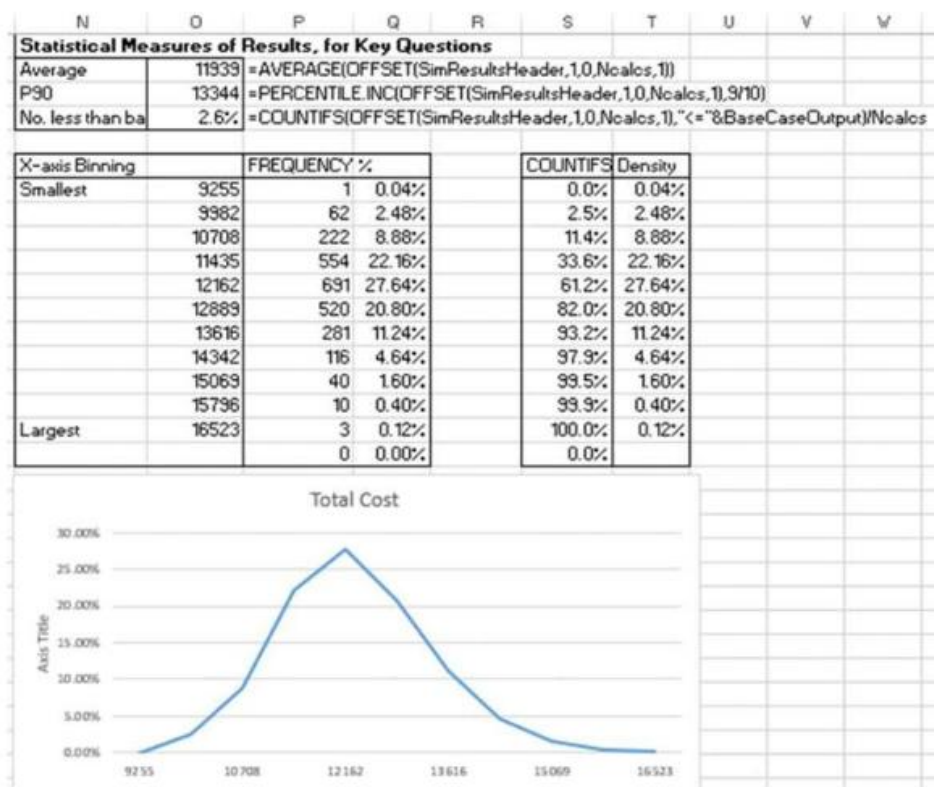
Membangun Ukuran Statistik Utama dan Grafik Hasil

Dalam kasus yang paling sederhana, seseorang dapat memilih untuk membangun ukuran statistik utama secara langsung dalam lembar kerja model. Dengan menggunakan nilai dalam sel bernama NCalcs, fungsi statistik dapat diberikan argumen yang dinamis dan merujuk ke rentang tertentu tempat data hasil dimuat (dengan cara ini, hasil simulasi sebelumnya tidak

sebelumnya tidak tertimpa). Seseorang dapat menghapus rentang Excel (menggunakan VBA) dengan menerapkan metode `ClearContents`.

Untuk mendeteksi rentang yang akan dihapus secara otomatis, akan berguna jika rentang hasil tidak bersebelahan dengan rentang lain di lembar kerja (selain bidang judul `SimResults`); properti `CurrentRegion` dari suatu rentang dapat digunakan untuk menemukan rentang yang terdiri dari semua sel yang bersebelahan, yang (setelah tajuk dikecualikan) menentukan rentang yang akan dihapus. Kodenya adalah:

```
With Range("SimResultsHeader")
    NResRows = .CurrentRegion.Rows.Count
    If NResRows > 1 Then
        Range(.Offset(1, 0), .Offset(NResRows - 1, 0)).ClearContents
    Else
        'Do Nothing
    End If
End With
```



Gambar 12.8 Hasil Simulasi Dasar, Statistik, dan Grafik

Beberapa poin yang perlu diperhatikan:

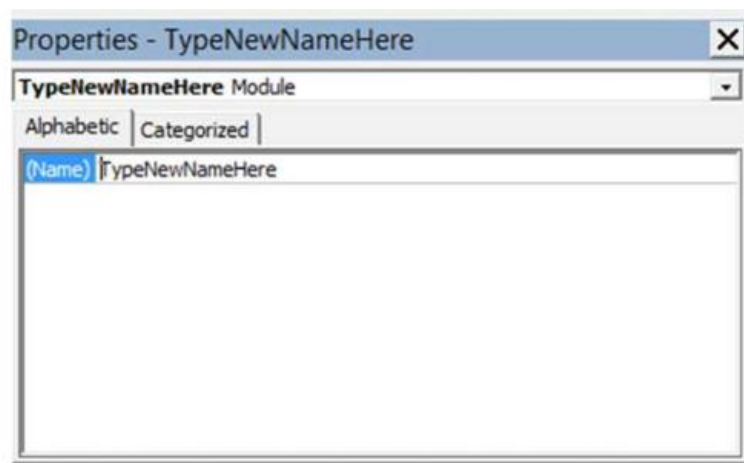
- Konstruksi `With ... End With` memastikan bahwa seseorang menggunakan rentang `SimResultsHeader` sebagai titik referensi untuk semua operasi yang terdapat dalam konstruksi tersebut.

- Jumlah baris yang akan dihapus bergantung pada jumlah titik data dalam rentang hasil saat ini, bukan pada jumlah kalkulasi yang diinginkan (NCalcs) yang direncanakan untuk proses berikutnya.
- Pernyataan If ...Then memastikan bahwa teks header tidak dihapus: jika tidak ada hasil yang disimpan saat ini, maka jumlah baris di wilayah header saat ini akan menjadi satu (yaitu tidak lebih besar dari satu) dan dengan demikian kode akan berpindah ke baris Else (yang mengakibatkan tidak ada operasi yang dilakukan).
- Jika seseorang tidak mengetahui sintaksis ini untuk properti CurrentRegion dari suatu rentang, seseorang dapat merekam makro saat pintasan Excel untuk prosedur yang setara dilakukan (yaitu CTRL+SHIFT+*).
- Saat kode menjadi lebih kompleks, seseorang dapat mempertimbangkan untuk membagi kode saat ini untuk Sub menjadi dua subrutin terpisah: satu untuk menghapus konten dan yang lainnya untuk menjalankan simulasi, lalu memanggil masing-masing secara bergantian dari makro induk (ini dilakukan dalam beberapa contoh di bab ini).

Memodularisasi Kode

Saat kode menjadi lebih besar, biasanya lebih baik untuk menyusunnya dalam bentuk modular, di mana tugas-tugas yang secara logis berbeda dilakukan dalam subrutin terpisah, yang dikembangkan dan diuji secara terpisah. Subrutin induk kemudian digunakan untuk memanggil prosedur individual dalam urutan yang sesuai. Saat melakukannya, seseorang dapat menggunakan kotak Nama di Jendela Properti VBE untuk memberi nama modul agar jelas di mana kode yang dimodularisasi dapat ditemukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.9.

Ini dilakukan dalam banyak contoh di teks selanjutnya. Untuk beberapa prosedur yang terdapat dalam modul terpisah, seseorang mungkin ingin menjalankannya secara independen dengan membuat tombol terpisah di Excel untuk prosedur tersebut. Ketika prosedur digunakan dari prosedur lain dalam kode VBA, seseorang dapat menggunakan pernyataan Call untuk memanggilnya, seperti ditunjukkan dalam berkas contoh.



Gambar 12.9 Jendela Properti VBE

Pemantauan Waktu dan Kemajuan

Fungsi Timer dalam VBA dapat digunakan di dua tempat kode untuk mencatat waktu proses. Misalnya, seseorang dapat mencatat waktu menggunakan `StartTime=Timer()` di awal kode, dan di akhir kode menggunakan `EndTime=Timer()`, sehingga waktu proses (dalam detik) adalah selisih antara keduanya. Tentu saja, seseorang juga dapat menggunakan teknik tersebut untuk mengukur waktu proses hanya pada bagian kode.

(Pengukuran ini sebenarnya tidak terlalu tepat, dalam arti bahwa waktu proses simulasi akan bergantung pada apakah aplikasi lain berjalan di latar belakang pada prosesor komputer pada saat yang sama, tetapi meskipun demikian sering kali memberikan indikasi umum yang berguna, terutama jika seseorang menguji opsi yang mungkin berdampak besar pada waktu proses.) Setelah simulasi selesai, seseorang dapat menampilkan total waktu proses ke StatusBar Excel dengan memasukkan (di akhir kode):

```
Application.StatusBar = "RunTime" & Round(SimRunTime, 2) & "Seconds"
```

Demikian pula, jumlah rata-rata perhitungan ulang per detik dapat dihitung dan ditampilkan di akhir simulasi. Umpan balik selama simulasi berlangsung dapat berguna untuk memberikan persentase penyelesaian, terutama saat menggunakan perhitungan ulang dalam jumlah besar (atau saat pembaruan layar dimatikan, seperti yang dibahas di bawah). Hal ini dapat dilakukan dengan menambahkan dalam loop:

```
Application.StatusBar = Round((i / NCalcs) * 100) & "% Complete"
```

12.4 FITUR SEDERHANA LAINNYA

Fitur-fitur sederhana lainnya dapat diterapkan, dan dibahas secara singkat di bagian ini, meskipun tidak diterapkan dalam contoh file yang disediakan.

Mengambil Input dari Pengguna pada Waktu Proses

Alternatif untuk menggunakan sel bernama Excel guna menentukan jumlah perhitungan ulang adalah dengan menanyakan hal ini kepada pengguna saat kode dijalankan. Misalnya:

```
NCalcs = Application.InputBox("Ketikkan jumlah perhitungan ulang yang diperlukan, sebagai Integer")
```

akan membuat variabel `NCalcs` dalam kode VBA. Nilai ini perlu ditempatkan dalam model, bukan nilai lama apa pun dalam rentang Excel `NCalcs`, dengan menggunakan:

```
Range("NCalcs").Value = NCalcs
```

Fitur terakhir yang mengambil input pengguna pada waktu proses dikomentari dalam file contoh, tetapi dapat diimplementasikan dengan menghapus tanda apostrof sebelum dua baris kode yang sesuai. Seseorang juga dapat mengizinkan identifikasi sel keluaran untuk ditetapkan

pada waktu proses (alih-alih menjadikannya sebagai sel yang telah ditentukan sebelumnya di Excel) dengan:

```
Set SimOutput = Application.InputBox("Select Output Cell", Type:=8)
```

Pernyataan Set di sisi kiri diperlukan untuk menunjukkan bahwa kita bekerja dengan objek (sel) dan bukan nilai sederhana. Pernyataan Type:=8 di sisi kanan mendefinisikan bahwa sifat input adalah referensi sel. Pengambilan input pengguna pada waktu proses mungkin tampak fleksibel, tetapi memiliki kelemahan yaitu sering kali seseorang ingin dapat menjalankan beberapa simulasi berulang kali tanpa mengubah aspek apa pun dari simulasi tersebut (misalnya definisi sel output, atau jumlah perhitungan ulang); dalam kasus seperti itu, mungkin merepotkan untuk harus memberikan input tersebut pada setiap simulasi yang dijalankan. Oleh karena itu, pendekatan ini tidak diterapkan dalam teks ini.

Menyimpan Beberapa Output

Seseorang mungkin ingin menganalisis hubungan antara nilai variabel dalam model. Misalnya, seseorang mungkin ingin membuat diagram sebar dari nilai dan input dan output, atau dari dua output, atau untuk menghitung koefisien korelasi antara input dan output atau antara kuantitas antara dan salah satunya, dan seterusnya. Tentu saja, dalam kasus seperti itu, seseorang perlu menyimpan data untuk setiap variabel yang relevan, lalu menerapkan proses statistik atau grafis yang diperlukan pada data ini.

Untuk menciptakan fleksibilitas maksimum dalam menentukan item mana yang akan disimpan selama simulasi (yang akan kita sebut sebagai output), sering kali lebih mudah untuk memiliki area prasetel yang ditetapkan sebagai area output (dengan rentang yang diberi nama yang sesuai sehingga dapat dirujuk dari VBA).

Dengan cara ini, pendefinisian output baru hanya melibatkan pembuatan referensi rumus dari sel di area output ke sel dalam model yang berisi perhitungan yang relevan. Jadi, jika seseorang perlu mengubah output mana yang direkam, seseorang dapat melakukannya dengan perubahan sederhana pada sel yang dirujuk, daripada harus mengganti nama sel yang dihitung. Pendekatan ini digunakan nanti dalam bab ini, dan dikombinasikan dengan penempatan definisi output dalam lembar kerja terpisah dari buku kerja.

12.5 UMUMKAN KEMAMPUAN INTI

Banyak aspek dari pendekatan di atas dapat digeneralisasi. Fitur-fitur yang dibahas dalam bagian ini adalah fitur-fitur yang diimplementasikan dalam contoh file yang ditampilkan kemudian, dan karenanya tidak ditampilkan secara terpisah dalam file-file mereka sendiri, meskipun penting.

Menggunakan Praktik Terbaik VBA Terpilih

Sejumlah langkah sederhana lainnya dapat diambil untuk meningkatkan transparansi dan ketahanan kode VBA, terutama karena kode tersebut menjadi lebih besar dan berisi prosedur atau analisis yang lebih kompleks.

- Memerlukan deklarasi variabel. Ini dapat dilakukan dengan menempatkan pernyataan

Option Explicit di bagian atas modul kode, atau di bawah Tools/Options dengan mencentang kotak Require Variable Declaration. Keuntungan utama dari melakukan hal ini adalah bahwa seseorang akan diberi tahu jika suatu variabel digunakan yang belum dideklarasikan. Secara khusus, kesalahan pengetikan dalam kode yang lebih kompleks dapat diketahui (mungkin ada banyak variabel dengan nama yang cukup panjang tetapi mirip, misalnya). Selain itu, secara komputasi lebih efisien, karena memori dialokasikan sebelum variabel digunakan. Deklarasi variabel dilakukan menggunakan pernyataan Dim, dan tipe data utamanya adalah Integer (nilai dari -32.767 hingga 32.767), Long (bilangan bulat dari -2.147.483.648 hingga 2.147.483.647) dan Double (nilai desimal apa pun dari sekitar -1.797.693.104.348.696.326.569.909.792.624.000 hingga 1.797.693.104.348.696.326.569.909.792.624.000). Rentang mungkin juga diperlukan saat variabel rentang dibuat. Contoh ini digunakan dalam model berikutnya dalam teks ini.

- Merujuk ke rentang menggunakan referensi lengkap, sehingga secara eksplisit jelas di lembar kerja mana (dan mungkin buku kerja mana) rentang tersebut akan ditemukan. Ini belum diterapkan dalam contoh sederhana sejauh ini, tetapi berpotensi penting dalam kasus yang lebih kompleks. Dalam contoh dalam teks, semua buku kerja berdiri sendiri dan umumnya menggunakan rentang bernama dari cakupan buku kerja, dan karenanya referensi lengkap umumnya tidak diperlukan dalam contoh khusus kami.

Meningkatkan Kecepatan

Masalah peningkatan kecepatan dalam model simulasi umumnya rumit dan memiliki banyak segi. Ada beberapa masalah yang berkaitan dengan langkah-langkah proses individual, seperti pembuatan sampel angka acak, penghitungan ulang model, proses untuk menyimpan hasil dan proses untuk menganalisis hasil (seperti proses penyortiran dan pengelompokan, dan penghitungan statistik), serta masalah yang lebih bersifat struktural, seperti tata letak buku kerja. Beberapa aspek inti untuk memastikan pendekatan yang cukup efisien meliputi:

- Menggunakan pernyataan penugasan, daripada operasi Salin/Tempel (seperti yang dibahas sebelumnya).
- Mendeklarasikan variabel dalam kode VBA (seperti yang dibahas sebelumnya).
- Menonaktifkan pembaruan layar Excel saat simulasi berjalan, dan mengaktifkannya kembali di akhir. Untuk melakukannya, seseorang akan menempatkan pernyataan berikut di awal dan akhir kode (untuk memastikan bahwa, minimal, selama eksekusi loop For, pembaruan dimatikan):

```
Application.ScreenUpdating = False
Application.ScreenUpdating = True
```

- Kita dapat menghapus atau menonaktifkan penggunaan Bilah Status yang dibahas sebelumnya untuk menghindari kalkulasi yang tidak perlu dan komunikasi yang tidak perlu.
- Memisahkan proses melakukan kalkulasi pada data hasil dari simulasi. Misalnya, dalam

kasus model yang digunakan sejauh ini, fungsi statistik hasil dievaluasi ulang pada setiap kalkulasi ulang, sedangkan ini hanya diperlukan setelah simulasi selesai. Kita dapat menerapkan berbagai pendekatan untuk memastikan bahwa fungsi tersebut tidak dihitung pada setiap kalkulasi ulang simulasi:

- Menghapus rumus di awal simulasi apa pun, lalu mengembalikannya di akhir (secara otomatis). Ini memungkinkan, tetapi sintaksis yang diperlukan untuk menulis rumus ke Excel menggunakan kode VBA bisa jadi rumit (misalnya, dalam fungsi COUNTIFS, tanda kutip ganda diperlukan untuk menghindari tanda kutip tunggal di sekitar "<=" agar tidak menimbulkan kesalahan) dan fungsi array untuk frekuensi akan lebih rumit lagi.
- Letakkan hasil dalam lembar kerja terpisah, yang hanya dirujuk saat dibutuhkan dan perhitungan ulangnya dinonaktifkan selama simulasi. Ini adalah metode yang akan kita gunakan dalam contoh-contoh selanjutnya.
- Kita mungkin harus melakukan penyelidikan yang lebih menyeluruh terhadap waktu yang dibutuhkan oleh berbagai tahap proses dan mencoba menemukan metode untuk meningkatkan kinerja masing-masing.
- Secara umum, peningkatan kecepatan yang signifikan dapat dicapai dengan menggunakan array VBA untuk menghasilkan angka acak dan menyimpan hasil sejauh mungkin. Contoh-contoh ini diberikan kemudian dalam bab ini, tetapi kita tidak membahasnya di sini (meskipun potensinya penting) untuk tetap fokus pada konsep-konsep utama, dan untuk bekerja terlebih dahulu dengan pendekatan yang lebih sederhana yang awalnya lebih mudah diimplementasikan.

Membuat Fungsi yang Ditentukan Pengguna

Penggunaan fungsi yang ditentukan pengguna memegang peranan penting saat membangun model simulasi di Excel/VBA. Ini termasuk:

- Untuk melakukan kalkulasi statistik khusus pada set data atau pada output, seperti menghitung semi-deviasi data output (seperti yang dijelaskan dalam Bab 8).
- Untuk menghitung fungsi invers (persentil) untuk mengambil sampel dari distribusi (lihat Bab 10).
- Untuk membuat korelasi antara sampel acak (lihat Bab 11).

Seperti yang disebutkan dalam Bab 10, beberapa pembaca mungkin juga ingin menyimpan fungsi mereka sebagai add-in terpisah, daripada di setiap buku kerja individual. Contoh fungsi yang ditentukan pengguna telah disediakan sebelumnya dalam teks. Untuk tujuan penyelesaian presentasi, dan bagi mereka yang menggunakan fungsi tersebut untuk pertama kalinya, kami mencatat beberapa poin inti:

- Suatu fungsi akan ditempatkan dalam modul kode buku kerja, seperti subrutin.
- Nama suatu fungsi dapat dipilih dari serangkaian kemungkinan yang luas, tetapi ada beberapa kata terbatas yang tidak diperbolehkan; sebagian besar prinsip yang sama berlaku untuk subrutin.
- Suatu fungsi harus memiliki pernyataan return di titik yang sesuai (biasanya hampir di akhir), yang menentukan hasilnya yang akan ditampilkan ke Excel.

- Fungsi dapat dimasukkan ke Excel baik dengan mengetik langsung atau di bawah menu Sisipkan/Fungsi, yang dapat ditemukan dalam kategori fungsi yang ditentukan pengguna.
- Suatu fungsi mungkin perlu didefinisikan sebagai Volatile jika harus dihitung ulang (pada setiap perhitungan ulang Excel) bahkan jika parameternya tidak berubah (seperti halnya dengan fungsi Excel RAND(), misalnya). Jika perlu, ini dapat dilakukan dengan menggunakan pernyataan Application.Volatile di awal suatu fungsi; lihat di tempat lain untuk contoh.
- Fungsi array dapat dibuat, dan dimasukkan seperti fungsi array Excel lainnya, yaitu dengan menggunakan CTRL+SHIFT+ENTER. Kode VBA juga umumnya perlu memiliki array untuk menyimpan nilai-nilai ini; array tersebut perlu dideklarasikan (menggunakan pernyataan Dim), dan biasanya harus diubah ukurannya pada waktu proses (menggunakan ReDim). Contoh yang menggambarkan hal ini adalah fungsi untuk melakukan dekomposisi Cholesky (Bab 11).

12.6 MENGOPTIMALKAN STRUKTUR DAN TATA LETAK MODEL

Meskipun ada banyak keuntungan dengan memiliki sebagian besar aspek model dalam satu lembar kerja, ada keuntungan dengan memiliki beberapa lembar kerja dalam beberapa kasus. Dalam konteks model simulasi, mungkin berguna dan paling fleksibel untuk memiliki fungsionalitas tertentu pada lembar kerja terpisah:

- Lembar kerja "model" dapat berisi (sering kali idealnya dalam satu lembar kerja) perhitungan utama (termasuk input dalam banyak kasus).
- Lembar kerja "kontrol simulasi" dapat berisi sel yang menentukan jumlah perhitungan ulang yang akan dijalankan dan tombol untuk menjalankan kode, mengatur opsi pengguna lainnya, seperti apakah hasil sebelumnya akan dihapus atau disimpan saat simulasi baru dijalankan, dan untuk membantu navigasi di sekitar buku kerja, misalnya. (Jika alat navigasi tersebut disertakan, maka lembar kerja ini dapat diaktifkan secara otomatis di akhir simulasi.)
- Lembar kerja "tautan keluaran" yang digunakan untuk menautkan ke kalkulasi dalam model yang ingin disimpan dalam simulasi tertentu.
- Lembar kerja "hasil" yang menyimpan hasil simulasi dan dapat dihapus atau ditimpa saat simulasi baru dijalankan, atau hasil baru dapat disisipkan secara otomatis di setiap proses (dengan atau tanpa penghapusan hasil lama).
- Lembar kerja "analisis" yang menautkan ke lembar hasil (seperti yang dijelaskan kemudian; ini dilakukan sedemikian rupa sehingga model menjadi tangguh dan fleksibel saat lembar kerja hasil dihapus dan ditambahkan, dengan menggunakan tautan tidak langsung daripada tautan langsung).

Lembar Kontrol Simulasi

Berisi data tentang jumlah perhitungan ulang yang ingin dijalankan (rentang bernama NCalcs dibuat dengan cakupan global). Lembar ini juga berisi tombol untuk menjalankan simulasi (yang secara otomatis berarti lembar hasil baru akan disisipkan), serta tombol untuk

menghapus semua lembar hasil yang ada. Perhatikan bahwa kami telah memberi nama pada setiap lembar kerja menggunakan kotak Properti di dalam jendela VBE, dan ini adalah nama yang digunakan dalam kode. Ada juga beberapa tombol untuk membantu navigasi di sekitar buku kerja, seperti membuka lembar kerja model atau analisis, misalnya:

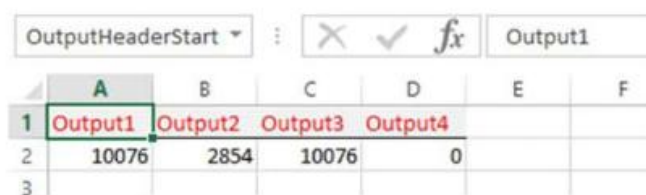
```
Sub MRGOTOModel()
    With ThisWorkbook
        ModelSheet.Activate
    End With
End Sub
```

Di dalam modul kode, terdapat pula prosedur untuk mengembalikannya ke lembar kontrol simulasi ini; prosedur ini dijalankan secara otomatis di akhir simulasi.

```
Sub MRGOTOsimControl()
    With ThisWorkbook
        SimControlSheet.Activate
    End With
End Sub
```

Lembar Tautan Output

Penggunaan lembar kerja terpisah untuk menautkan ke item yang dihitung dalam model menciptakan tingkat fleksibilitas yang tinggi untuk mengubah output yang disimpan selama simulasi berjalan. Misalnya, seseorang mungkin ingin menambahkan output baru, atau memutuskan bahwa beberapa output yang diambil sebelumnya tidak lagi diperlukan. Dalam contoh file, sel A1 dari lembar kerja yang sesuai telah diberi rentang bernama Excel `OutputHeaderStart`.



	A	B	C	D	E	F
1	Output1	Output2	Output3	Output4		
2	10076	2854	10076	0		
3						

Gambar 12.10 Penggunaan Lembar Kerja Terpisah untuk Merujuk Sel Keluaran

Pengguna harus mengetik nama output di sepanjang baris pertama (dalam rentang yang bersebelahan), dan menempatkan tautan sel ke model di baris kedua, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.10. Meskipun hanya sel pertama dari rentang header yang ditentukan, karena jumlah output dapat berubah, seseorang dapat merujuk ke rentang header lengkap (dalam kasus ini A1:D1) menggunakan:

```
Set outrngHeader =
```

```
Range("OutputHeaderStart").CurrentRegion.Rows(1)
```

Sisi kanan mengembalikan baris pertama dari wilayah sel A1 saat ini (yaitu sel A1:D1 dalam kasus ini) dan menentukannya ke variabel `outrngHeader`. Oleh karena itu, jika lebih banyak keluaran ditambahkan, rentang ini akan menyesuaikan secara otomatis. Pernyataan `Set` diperlukan karena variabel yang bersangkutan merupakan objek (yaitu rentang dalam kasus ini) dan bukan nilai.

Lembar Hasil

Secara umum, akan lebih fleksibel dan kuat jika hasil simulasi ditempatkan di lembar kerja baru, daripada di lembar kerja model. Meskipun seseorang dapat bekerja dengan satu lembar kerja hasil yang telah ditetapkan sebelumnya, biasanya lebih mudah untuk memiliki beberapa lembar kerja yang memungkinkan, yang secara otomatis dimasukkan setiap kali simulasi dijalankan. Tentu saja, setelah beberapa kali simulasi dijalankan, seseorang mungkin ingin menghapus secara manual yang tidak diperlukan lagi.

Namun, secara umum, akan lebih mudah untuk memiliki mekanisme untuk menghapus semuanya secara otomatis berdasarkan permintaan. Penyisipan lembar kerja hasil secara otomatis pada setiap simulasi mudah dilakukan; penghapusan lembar kerja juga mudah, asalkan ada mekanisme untuk membedakan lembar kerja yang tidak ingin dihapus dari lembar kerja yang ingin dihapus.

Dalam contoh kode berikut, kami secara otomatis memberi nama lembar kerja hasil sebagai `Results1`, `Results2`, `Results3`, dan seterusnya. Pada awal simulasi, kode menghitung jumlah lembar kerja tersebut dalam buku kerja, lalu menambahkan lembar kerja baru ke buku kerja, termasuk nomor yang sesuai dalam namanya, yaitu jika buku kerja sudah berisi `Results1` dan `Results2`, maka lembar kerja yang ditambahkan akan menjadi `Results3`. (Bagian kode ini perlu dijalankan sebelum menjalankan loop simulasi, sehingga dapat ditempatkan langsung dalam kode atau (seperti di bawah) digunakan sebagai subrutin terpisah yang dipanggil pada titik tersebut.)

Perhatikan bahwa fungsi tersebut mengulang semua lembar kerja (objek lembar kerja) dalam buku kerja menggunakan konstruksi `For Each ... Next`. Fungsi VBA `Left` mencari tujuh karakter pertama dari nama, dan karakter-karakter ini diubah menjadi huruf kapital menggunakan fungsi `UCase`. Jika teks yang dihasilkan sama dengan `"RESULTS"` maka variabel `iCount` akan bertambah satu, jika tidak, satu karakter akan berpindah ke lembar berikutnya.

```
Function MRCountResSheets()  
    Dim wksSheet As Worksheet  
    Dim iCount As Integer  
    iCount = 0  
    With ThisWorkbook  
        For Each wsht In Worksheets  
            If UCase(Left(wsht.Name, 7)) = "RESULTS" Then  
                iCount = iCount + 1  
            Else
```

```

        'Do nothing
    End If
Next wksht
End With
MRCountResSheets = iCount
End Function

```

Kode untuk menambahkan lembar tersebut adalah:

```

With ThisWorkbook
    isheetCount = MRCountResSheets ' count number of results
    sheets in model
    isheetNo = isheetCount + 1 ' number of sheet to be inserted
    .Worksheets.Add.Name = "Results" & isheetNo ' insert sheet
End With

```

Kode untuk menjalankan simulasi tentu saja harus menulis data dari baris 2 lembar kerja tautan keluaran ke dalam lembar kerja hasil yang baru dibuat (pada setiap perhitungan ulang). Data hasil ditulis ke dalam baris berurutan lembar hasil (dimulai dari baris 2), dan akhirnya nama tajuk keluaran ditempatkan di baris 1 lembar hasil:

```

'Define output ranges and where results are to be written to
Set outrngHeader = Range("OutputHeaderStart").CurrentRegion.Rows(1)
icolcount = outrngHeader.Columns.Count
Set outrng = outrngHeader.Offset(1, 0) 'range of actual output values
Set resrng1 = Worksheets("Results" & isheetNo).Range("A1")
With resrng1
    Set resrng2 = Range(.Offset(0, 0), .Offset(0, icolcount - 1))
End With
'Run the Simulation and Record the Results to the new sheet
NCalcs = Range("NCalcs")
For i = 1 To NCalcs    Application.Calculateresrng2.Offset(i, 0).Value
= outrng.Value
Next i
'Place headers
resrng2.Value = outrngHeader.Value

```

Umumnya, seseorang ingin memiliki kode yang menghapus semua lembar kerja hasil dengan mengklik tombol. Dengan cara yang sama seperti sebelumnya, kode berikut menggunakan konstruksi For Each ... Next untuk mengulang semua lembar kerja dalam buku kerja dan menghapus yang dimulai dengan kata “RESULTS” saat diubah menjadi huruf kapital. Perhatikan juga bahwa penggunaan Application.DisplayAlerts=False di bagian awal kode memastikan bahwa eksekusi kode tidak terhenti; Excel akan meminta (dan menunggu) input pengguna sebelum menghapus lembar kerja; kode akan kembali ke default setelah dijalankan,

menggunakan pernyataan `Application.DisplayAlerts=True`:

```
Sub MRDeleteResultsSheets()
    Dim ResSheet As Worksheet

    Application.DisplayAlerts = False
    For Each ResSheet In ActiveWorkbook.Worksheets
        If UCase(Left(ResSheet.Name, 7)) = "RESULTS" Then
            ResSheet.Delete
        Else
            'Do nothing
        End If
    Next ResSheet
    Application.DisplayAlerts = True
End Sub
```

	A	B	C	D	E
1					
2		Result Sheet To Analyse (type name of sheet)	Results1		
3					
4		Output Variable: For individual analysis	Output1		
5		Average	11950		
6		Standard Deviation	1075		
7	10%	P10	10611		
8	50%	P50	13407		
9	90%	P90	13407		
10		Prob(<=base)	2.6%		
11					
12		Correlation of Output Variables	Output1	Output2	55.2%

Gambar 12.11 Penggunaan Lembar Analisis Yang Terhubung Secara Tidak Langsung Ke Lembar Hasil

Penggunaan Lembar Analisis

Ada beberapa keuntungan dalam menyusun analisis hasil dalam lembar kerja terpisah dengan lembar kerja yang berisi data hasil:

- Memungkinkan (seperti di atas) penghapusan lembar kerja hasil tanpa menghapus rumus apa pun yang diperlukan untuk analisis.
- Lembar kerja analisis tunggal dengan analisis terstandar dapat dibuat, dengan rumus yang dibuat sehingga data hasil yang dirujuk dapat dipilih oleh pengguna secara fleksibel, dan tanpa harus membangun kembali tautan rumus. Ini dilakukan dengan menggunakan fungsi INDIRECT (bukan [misalnya] fungsi CHOOSE), sehingga tidak ada tautan rumus langsung ke lembar kerja hasil (yang dapat disisipkan atau dihapus secara terpisah dari lembar kerja analisis).
- Untuk mempercepat simulasi, seseorang dapat mematikan perhitungan lembar kerja analisis sehingga analisis hanya dilakukan setelah simulasi selesai (ketika perhitungan lembar kerja analisis diaktifkan kembali), daripada dilakukan pada setiap perhitungan

ulang simulasi. (Perhatikan bahwa ini hanya akan sepenuhnya efektif jika buku kerja lainnya ditutup ketika simulasi dijalankan, atau perhitungan ulangnya juga dimatikan.) Untuk mengaktifkan dan menonaktifkan perhitungan ulang dalam lembar kerja analisis tertentu, seseorang akan menyertakan kode seperti berikut (masing-masing di awal dan di akhir simulasi):

```
Sub MRSwitchOffCalcAnalysis()
With AnalysisSheet
.EnableCalculation = False
End With
End Sub
Sub MRSwitchOffCalcAnalysis()
With AnalysisSheet
.EnableCalculation = True
End With
End Sub
```

Gambar 12.11 memperlihatkan lembar kerja Analisis dalam contoh file, setelah simulasi dijalankan, dengan beberapa statistik keluaran inti yang sudah terpasang. Keterkaitan dengan lembar kerja hasil tertentu yang ingin dipertimbangkan ditetapkan dengan mengetikkan nama lembar kerja hasil yang diinginkan di sel C2. Statistik tepat di bawahnya ditetapkan menggunakan fungsi Excel biasa (serta fungsi semi-deviasi yang disebutkan sebelumnya), dengan rentang yang dirujuk fungsi tersebut disesuaikan secara otomatis menggunakan referensi tidak langsung yang disediakan oleh nama lembar kerja hasil. Misalnya, rentang yang digunakan dalam setiap fungsi:

OFFSET(INDIRECT(\$C\$2&"!A1"), 1, MATCH(\$C\$4, INDIRECT(\$C\$2&"!"&"1:1"), 0) - 1, NCalcs, 1)

Rumus yang tampak rumit ini hanya menyatakan bahwa rentang adalah rentang yang didefinisikan dengan merujuk ke sel A1 dari lembar kerja yang ditentukan dalam sel C2, dan dari titik tersebut, membuat rentang yang dimulai satu baris di bawahnya (yaitu di baris 2), tetapi di mana posisi kolom untuk memulai rentang yang ditentukan (menggunakan fungsi MATCH) sebagai kolom yang judulnya (di baris 1 dari lembar kerja hasil yang dirujuk) cocok dengan nama keluaran yang telah dimasukkan dalam sel C4 dari lembar kerja analisis.

Dari titik awal ini, rentang tinggi NCalcs dibuat, dan bertindak sebagai masukan ke fungsi. (Rumus ini mengasumsikan bahwa setiap set hasil memiliki jumlah titik data yang sama, sama dengan NCalcs; seseorang dapat menggeneralisasi di atas, tetapi kode simulasi juga perlu disesuaikan untuk mencatat nilai NCalcs untuk setiap simulasi dalam lembar kerja hasilnya sendiri.) Ada banyak generalisasi lebih lanjut yang mungkin dari titik ini:

- Seseorang juga dapat membuat DataTable hasil untuk statistik tertentu. Misalnya:

- Seseorang dapat membuat tabel satu arah yang menunjukkan rata-rata untuk semua keluaran dalam lembar kerja tertentu (ini dilakukan dalam contoh selanjutnya).
- Seseorang dapat membuat tabel satu arah yang menunjukkan korelasi dari masing-masing dari banyak keluaran dengan satu keluaran tunggal dan khusus. Jika keluaran terakhir ini adalah keluaran model asli (yaitu angka terhitung), sedangkan yang lain merujuk pada nilai sel masukan model, maka angka tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan tabel korelasi dasar, seperti yang digunakan dalam diagram risiko tornado, misalnya.
- Seseorang juga dapat membuat grafik. Namun, rentang data bagan di Excel tidak mengizinkan bentuk referensi tidak langsung yang digunakan di atas (pada saat penulisan); oleh karena itu, data bagan umumnya harus merujuk langsung ke data hasil. Atau, seseorang dapat menulis makro terpisah untuk mengambil data hasil spesifik yang diperlukan dan menempatkannya ke dalam kolom yang telah ditentukan sebelumnya yang dapat ditautkan ke bagan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Gambar 12.12 menunjukkan klip layar lembar kerja Analisis, yang menunjukkan dua DataTable; yang ditunjukkan pada baris 14 hingga 18 adalah matriks korelasi antara semua keluaran (dihitung untuk data dari lembar kerja Results1 yang didefinisikan dalam sel C2), dan yang ditunjukkan pada baris 20 hingga 24 adalah nilai rata-rata dari beberapa keluaran untuk simulasi yang berbeda atau kumpulan data hasil.

14		55.2%	Output1	Output2	Output3	Output4
15	Output1		100.0%	55.2%	81.2%	52.3%
16	Output2		55.2%	100.0%	67.5%	2.5%
17	Output3		81.2%	67.5%	100.0%	2.2%
18	Output4		52.3%	2.5%	2.2%	100.0%
19						
20		11950	Output1	Output2	Output3	Output4
21	Results1		11950	3509	11596	250
22	Results2		11888	3462	11570	213
23	Results3					
24	Results4					

Gambar 12.12 Contoh Tambahan Analisis Output: Korelasi Silang Output Untuk Kumpulan Data Hasil Terpilih

Beberapa Simulasi

Sering kali simulasi perlu dijalankan jika rumus dalam model berubah, koreksi dilakukan, keluaran lain ingin ditangkap atau jika nilai parameter telah diubah. Dalam banyak kasus seperti itu, tidak ada alasan khusus untuk perlu membandingkan hasil simulasi yang diperbarui dengan hasil simulasi sebelumnya. Namun, dalam keadaan lain, seseorang mungkin ingin dapat menyimpan dan membandingkan hasil dari satu simulasi dengan hasil simulasi lainnya.

Misalnya, seseorang mungkin ingin melihat efek dari tindakan mitigasi atau keputusan lain pada suatu proyek, seperti untuk menilai apakah akan menerapkan tindakan mitigasi risiko

(dengan biaya tertentu) dengan membandingkan hasil sebelum dan sesudah mitigasi. Secara lebih umum, dampak keputusan lain dapat ditangkap dalam sebuah model (seperti "risiko keputusan" yang terkait dengan apakah manajemen internal mengesahkan solusi teknis tertentu yang disarankan, seperti yang dibahas dalam Bab 2 dan 7), dan seseorang mungkin ingin melihat distribusi hasil tergantung pada keputusan mana yang diambil.

Pada prinsipnya, saat menggunakan pendekatan di atas (di mana lembar kerja hasil terpisah dimasukkan secara otomatis untuk setiap simulasi), menjalankan beberapa simulasi tidak menimbulkan masalah khusus: seseorang dapat dengan mudah mengubah model sesuai kebutuhan, menjalankan kembali simulasi, dan membandingkan hasilnya, yang akan dicatat dalam lembar kerja terpisah.

Contoh Tambahan Analisis Output: Korelasi Silang Output untuk Kumpulan Data Hasil Terpilih, dan Nilai Rata-rata untuk Setiap Output untuk Beberapa Kumpulan Data Seseorang juga dapat mengotomatiskan proses mengubah data dalam model dengan menanamkan simulasi dasar yang dijalankan dalam loop kedua (luar) dalam kode VBA, sehingga simulasi dijalankan pada setiap lintasan melalui loop luar ini.

Nomor indeks loop ini (1 untuk simulasi pertama, 2 untuk yang kedua, dan seterusnya) kemudian akan ditetapkan ke nilai sel Excel, dan sel ini akan menyebabkan fungsi pencarian Excel mengembalikan nilai parameter yang diperlukan untuk simulasi tertentu yang dijalankan. Misalnya, loop simulasi luar akan berbentuk `For j = 1 to 5...Next j` (di mana lima simulasi akan dijalankan), dan seseorang kemudian akan memberi nama sel dalam model Excel (misalnya) `jIndex`, sehingga, dengan loop luar kode, seseorang menyertakan baris seperti:

```
Range ("jIndex")=j
```

sehingga nilai `jIndex` berubah untuk setiap simulasi, dan nilai ini digunakan untuk menentukan nilai parameter model untuk simulasi yang dijalankan (dengan menggunakannya sebagai argumen fungsi pencarian Excel).. Adaptasi utama pada file contoh sebelumnya adalah:

- Penyertaan data yang diperlukan untuk setiap simulasi dalam lembar kerja model. Dalam kasus ini, kami berasumsi bahwa kami menguji pengaruh nilai maksimum semua item dasar yang berbeda, menggunakan tiga nilai yang mungkin untuk masing-masing (yang pertama adalah kasus dasar asli).
- Penyertaan sel bernama `jIndex` dalam lembar model, dan penggunaan sel ini untuk menggerakkan fungsi `CHOOSE`, yang kemudian ditautkan ke nilai asli untuk nilai maksimum setiap variabel.
- Penyertaan sel bernama `NSims` dalam lembar kerja kontrol simulasi.
- Penambahan loop luar ke kode VBA.

Gambar 12.13 menunjukkan perubahan dalam lembar kerja model, dan kode yang ditunjukkan di bawah ini menyoroti perubahan utama pada bagian VBA.

Dalam setiap kasus di atas, satu masalah yang mungkin relevan (tergantung pada jumlah perhitungan ulang yang dijalankan dan persyaratan akurasi) adalah bahwa seseorang tidak akan memiliki kendali atas angka acak yang dihasilkan oleh fungsi RAND(); dengan demikian, beberapa perbedaan dalam hasil berbagai simulasi akan didorong oleh angka acak yang berbeda yang digunakan dalam setiap simulasi, bukan oleh perubahan yang terjadi dalam model. Mengatasi hal ini memerlukan pengendalian pembuatan angka acak, dan akan dibahas nanti dalam bab ini.

Tentu saja, teknik mekanis yang digunakan sejauh ini dalam bab ini dalam praktiknya akan dikombinasikan dengan alat lain yang dibahas dalam teks ini, termasuk desain model yang tepat (Bab 7), penggunaan distribusi (Bab 9), pembuatan sampelnya (Bab 10), dan korelasi atau ketergantungan di antara keduanya (Bab 11). Bagian ini menyajikan beberapa contoh sederhana untuk menunjukkan bagaimana hal ini dapat dilakukan dalam praktik.

Oleh: Dr. Agus Wibowo

Berbagai model yang, demi kemudahan penyajian, semuanya termuat dalam lembar kerja Model tunggal. File template memiliki fitur-fitur berikut:

- Struktur inti dan komponen simulasinya didasarkan pada kapabilitas yang ditunjukkan sebelumnya dalam bab ini (kecuali bahwa kami belum menyertakan fungsionalitas simulasi ganda).
- Ada sejumlah distribusi yang dibangun sebagai fungsi yang ditentukan pengguna:
- Bernoulli.
- Beta, beta umum, PERT.
- Normal dan lognormal (dengan parameter natural dan logaritmik).
- Weibull, dengan bentuk parameter standar dan persentil (alternatif).
- Kode untuk melakukan dekomposisi Cholesky disertakan, seperti halnya fungsi yang ditentukan pengguna yang disebutkan dalam Bab 11 (MRMult), yang melakukan perkalian matriks yang diperlukan untuk vektor baris dan kolom.

Kelima model yang disertakan dalam lembar kerja Model tunggal (dan keluarannya terekam dalam lembar kerja OutputLinks) masing-masing dijelaskan di bawah ini. Sebagian besar masalah ini seharusnya dapat dijelaskan sendiri oleh pembaca yang telah membaca sisa teks ini, jadi uraiannya singkat.

Model 1: Agregasi Daftar Risiko menggunakan Distribusi Bernoulli dan PERT

Model 1 berisi daftar risiko umum di mana kejadian risiko dikaitkan dengan dampak yang diambil dari distribusi PERT, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.14.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2		MODEL 1: Risk Register using Bernoulli and PERT Distributions										
3												
4		Risk Item	Prob	Rands	Occur	Min	ML	Max	Rands	PERT	Impact	
5		Risk 1	35%	0.46	0	8	10	15	0.64	10.9	0.00	
6		Risk 2	35%	0.77	0	8	10	15	0.06	8.7	0.00	
7		Risk 3	35%	0.23	1	8	10	15	0.99	13.6	13.59	
8		Risk 4	35%	0.22	1	8	10	15	0.62	10.8	10.81	
9		Risk 5	35%	0.31	1	8	10	15	0.94	12.7	12.70	
10		Risk 6	35%	0.89	0	8	10	15	0.06	8.7	0.00	
11		Risk 7	35%	0.19	1	8	10	15	0.38	10.0	9.98	
12		Risk 8	35%	0.84	0	8	10	15	0.68	11.1	0.00	
13		Risk 9	35%	0.25	1	8	10	15	0.41	10.1	10.07	
14		Risk 10	35%	0.99	0	8	10	15	0.76	11.4	0.00	
15		Total									57.1	

Gambar 12.14 Menggunakan Model Template Simulasi: Contoh 1

	A	B	C	D	E	F	G
17		MODEL 2: Cost Budget using Lognormal					
18							
19			Mean	StdDev	Rands	Lognormal	
20		Cost 1	100	25	0.50	97	
21		Cost 2	100	25	0.93	139	
22		Cost 3	100	25	0.34	88	
23		Cost 4	100	25	0.59	103	
24		Cost 5	100	25	0.87	128	
25		Cost 6	100	25	0.18	77	
26		Cost 7	100	25	0.26	83	
27		Cost 8	100	25	0.34	87	
28		Cost 9	100	25	0.54	99	
29		Cost 10	100	25	0.79	118	
30		Total				1019.9	

Gambar 12.15 Menggunakan Model Template Simulasi: Contoh 2

Model 2: Estimasi Biaya Menggunakan Distribusi Lognormal

Model 2 berisi estimasi biaya, di mana item diasumsikan mengikuti distribusi lognormal, dan ditunjukkan pada Gambar 12.15.

Model 3: Estimasi Biaya Menggunakan Parameter Persentil Weibull

Model 3 berisi estimasi biaya, di mana item diasumsikan mengikuti distribusi Weibull, diparameterisasi dengan nilai P10 dan P90 (seperti yang dibahas dalam Bab 9), dan ditunjukkan pada Gambar 12.16.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
32		MODEL 3: Cost Budget using alternate parameter form of Weibull							
33									
34			XL	XH	PL	PH	Rands	WeibullAlt	
35		Cost 1	80	150	10%	90%	0.94	157	
36		Cost 2	80	150	10%	90%	0.68	130	
37		Cost 3	80	150	10%	90%	0.75	135	
38		Cost 4	80	150	10%	90%	0.43	112	
39		Cost 5	80	150	10%	90%	0.70	131	
40		Cost 6	80	150	10%	90%	0.36	108	
41		Cost 7	80	150	10%	90%	0.30	103	
42		Cost 8	80	150	10%	90%	0.31	104	
43		Cost 9	80	150	10%	90%	0.74	134	
44		Cost 10	80	150	10%	90%	0.09	78	
45		Total						1192.2	

Gambar 12.16 Menggunakan Model Template Simulasi: Contoh 3

Model 4: Estimasi Biaya Menggunakan Distribusi Berkorelasi

Model 4 berisi estimasi biaya, yang mana item diasumsikan mengikuti distribusi Weibull yang diparameterisasi dengan nilai P10 dan P90 (seperti pada Model 3), yang mana distribusi ini dikorelasikan menggunakan matriks korelasi yang telah ditetapkan. Matriks Cholesky diproduksi menggunakan fungsi yang ditetapkan pengguna dan dikalikan dengan array angka acak (juga fungsi array yang ditetapkan pengguna MRMULT yang dibahas dalam Bab 11) untuk membuat sampel acak akhir, dan ditunjukkan pada Gambar 12.17.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
47		MODEL 4: Correlated Items													
48															
49		CORRELATION	Cost 1	Cost 2	Cost 3	Cost 4	Cost 5		CHOLESKY	Cost 1	Cost 2	Cost 3	Cost 4	Cost 5	
50		Cost 1	100%	50%	50%	50%	50%		Cost 1	100%	0%	0%	0%	0%	
51		Cost 2	50%	100%	50%	50%	50%		Cost 2	50%	87%	0%	0%	0%	
52		Cost 3	50%	50%	100%	50%	50%		Cost 3	50%	29%	82%	0%	0%	
53		Cost 4	50%	50%	50%	100%	50%		Cost 4	50%	29%	20%	79%	0%	
54		Cost 5	50%	50%	50%	50%	100%		Cost 5	50%	29%	20%	16%	77%	
55															
56			XL	XH	PL	PH	Rands	Correl Rands	WeibullAlt						
57		Cost 1	80	150	10%	90%	0.26	26%	99						
58		Cost 2	80	150	10%	90%	0.58	63%	99						
59		Cost 3	80	150	10%	90%	0.84	98%	99						
60		Cost 4	80	150	10%	90%	0.58	92%	99						
61		Cost 5	80	150	10%	90%	0.52	96%	99						
62		Total							494.1						

Gambar 12.17 Menggunakan Model Template Simulasi: Contoh 4

Model 5: Menilai Fleksibilitas Operasional

Model 5 mirip dengan model yang dibahas dalam Bab 4 untuk menilai fleksibilitas operasional (bukan di hadapan korelasi). Pergerakan harga setiap sumber energi terdistribusi secara normal. Setelah simulasi dijalankan, hasil keluaran yang relevan (dalam hal ini

Sampel Distribusi sebagai Fungsi yang Ditetapkan Pengguna

Dalam teks sejauh ini, kami membuat sampel acak (untuk nilai probabilitas) di Excel menggunakan RAND(), lalu menggunakan rumus untuk distribusi kumulatif terbalik guna membuat sampel. Seseorang dapat mempertimbangkan alternatif di mana nilai probabilitas yang setara dibuat langsung di VBA menggunakan fungsi Rnd yang setara. Dalam kasus seperti itu, nilai probabilitas tentu saja tidak lagi menjadi parameter input ke fungsi tersebut, misalnya kode seperti (di mana Prob ditautkan ke sel Excel yang berisi fungsi RAND()):

```
Function MRWEIBULLP(alpha, beta, Prob)
    MRWEIBULLP = beta * ((Log(1 / (1 - Prob))) ^ (1 / alpha))
End Function
```

malah akan berbunyi:

```
Function MRWEIBULL(alpha, beta)
    Application.Volatile
    Prob = Rnd
    MRWEIBULL = beta * ((Log(1 / (1 - Prob))) ^ (1 / alpha))
End Function
```

Pendekatan ini akan membuat fungsi yang – saat ditempatkan di sel Excel – secara langsung menyediakan sampel distribusi (analog dengan fungsi distribusi @RISK). Namun, pendekatan ini tidak akan mudah jika seseorang ingin membuat sekumpulan angka acak berkorelasi (perhatikan bahwa prosedur korelasi yang telah kami terapkan adalah prosedur di mana probabilitas berkorelasi, dan dengan demikian, implikasinya, korelasi peringkat sampel memiliki koefisien korelasi yang sama, sedangkan secara umum penerapan matriks Cholesky setelah sampel dari distribusi dibuat bukanlah pendekatan yang valid).

Sampel Probabilitas sebagai Fungsi Array yang Ditentukan Pengguna

Salah satu kemungkinan untuk dapat memasukkan angka acak dengan cepat (untuk merepresentasikan sampel probabilitas) dalam rentang multisel adalah dengan menggunakan fungsi array. Fungsi array yang ditentukan pengguna MRRandArray1().

Fungsi ini tidak memiliki argumen dan dapat digunakan untuk memilih sembarang rentang sel (yang bersebelahan) di Excel dan memasukkan fungsi sebagai fungsi array (misalnya menggunakan CTRL+SHIFT+ENTER). Fungsi ini menghitung jumlah baris dan kolom dalam rentang yang dipilih dan menempatkan angka acak di setiap sel. Gambar 12.19 menunjukkan contoh yang dilakukan dalam tiga kasus: rentang kolom, rentang baris, dan rentang dengan beberapa baris dan kolom:

```
Function MRRandArray1()
    Application.Volatile

    Dim Storage() As Double
```

```

NCols = Application.Caller.Columns.Count
NRows = Application.Caller.Rows.Count
ReDim Storage(1 To NRows, 1 To NCols)

For i = 1 To NRows
For j = 1 To NCols
    Storage(i, j) = Rnd()
Next j
Next i
MRRandArray1 = Storage
End Function

```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		Demonstration of MRRandArray1 function: Select Multicell Range, type name of function, press CTRL+SHIFT+ENTER													
2															
3		In column													
4		0.94													
5		0.15													
6		0.30													
7		0.73													
8		0.25													
9		0.95													
10															
11		In a row													
12		0.28	0.61	0.37	0.54	0.64	0.66	0.15	0.69	0.94	0.77				
13															
14		In multiple rows													
15		0.43	0.77	0.71	0.21	0.17	0.66	0.98	0.77	0.57	0.38				
16		0.28	0.76	0.24	0.70	0.61	0.19	0.96	0.82	0.66	0.07				
17		0.47	0.10	0.66	0.78	0.46	0.01	0.53	0.61	0.86	0.31				
18															

Gambar 12.19 Membuat Fungsi Array Yang Ditentukan Pengguna Untuk Menghasilkan Angka Acak Dalam Baris Atau Kolom

Sampel Probabilitas Berkorelasi sebagai Fungsi Array yang Ditentukan Pengguna

Sejauh ini dalam teks ini, matriks Cholesky yang diperlukan untuk membuat sampel probabilitas berkorelasi telah ditempatkan secara eksplisit di Excel, dan perkalian matriks yang diperlukan juga telah dilakukan di Excel. Karena kedua langkah tersebut dapat ditulis sebagai fungsi yang ditentukan pengguna, keduanya dapat digabungkan (dengan berbagai cara), khususnya sehingga:

- Matriks korelasi akan ditampilkan di Excel (tetapi bukan matriks Cholesky).
- Pembuatan angka acak mentah, faktorisasi Cholesky, dan perkalian matriks akhirnya akan dilakukan dalam kode VBA.
- Fungsi array yang ditentukan pengguna akan digunakan di Excel untuk menghasilkan serangkaian angka acak berkorelasi baik dalam satu baris atau satu rentang kolom, berdasarkan langkah-langkah di atas.
- Fungsi tersebut akan menggunakan matriks korelasi sebagai argumen opsional: jika tidak ada matriks, sekumpulan angka acak dapat ditempatkan dalam rentang ukuran apa pun (seperti dalam contoh di atas), sedangkan jika ada matriks korelasi, maka jumlah elemen dalam rentang tersebut harus sama dengan jumlah variabel (baik baris

maupun kolom) dalam matriks korelasi.

Fungsi array yang ditentukan pengguna `MRRandArray2()`. Fungsi tersebut tidak memiliki argumen yang diperlukan; matriks korelasi bersifat opsional, seperti yang dijelaskan di atas. Gambar 12.20 menunjukkan klip layar dari berbagai kemungkinan, termasuk penggunaannya dalam bentuk baris dan kolom (dengan ukuran yang sesuai) saat ada matriks korelasi, dan dalam bentuk baris dan kolom (dengan ukuran apa pun) saat tidak ada matriks korelasi.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Generating Correlated Numbers as an Array Function with an Optional Argument																
2																	
3	1. With a Correlation Matrix (as an optional argument)																
4	(size of range must be same as that of matrix)																
5								Column form			Row form						
6			100%	63%	62%	58%		0.61			0.78	0.52	0.59	0.97	[=MRRandArray2(C6:F9)]		
7			63%	100%	73%	62%		0.46									
8			62%	73%	100%	58%		1.03									
9			58%	62%	58%	100%		0.79	[=MRRandArray2(C6:F9)]								
10																	
11	2. Without any specified Correlation Matrix																
12	(range can be any size)																
13								Column form			Row form						
14								0.35			0.26	0.84	0.21	0.23	0.51	0.62	[=MRRandArray2()]
15								0.04									
16								0.89									
17								0.49									
18								0.41									
19								0.93	[=MRRandArray2()]								

Gambar 12.20 Membuat Fungsi Array yang Ditentukan Pengguna untuk Menghasilkan Sampel Berkorelasi atau Tidak Berkorelasi dalam Baris atau Kolom

Kode tersebut ditunjukkan di bawah ini. Fungsi utama membuat panggilan terpisah ke fungsi `MRRands`, yang menghasilkan sekumpulan angka yang tidak berkorelasi, dan dianggap Pribadi sehingga hanya dapat diakses dari modul kode ini (dan bukan dari buku kerja Excel, misalnya); ini dilakukan karena alasan ketahanan penggunaan. Perlu dicatat bahwa, dalam praktiknya, seseorang mungkin ingin membangun beberapa prosedur pemeriksaan kesalahan (misalnya, dalam hal ukuran rentang, atau apakah prosedur Cholesky dapat dilakukan tanpa menghasilkan kesalahan, dan seterusnya). Ini tidak dilakukan di sini untuk mempertahankan fokus pada aspek komputasi dan algoritmik inti.

```
Function MRRandArray2(Optional ByVal RCorrel As Range = Nothing)
    Dim Storage1() As Double
    Dim Storage2() As Double
    Set wsf = Application.WorksheetFunction
    With Application.Caller ' find size of input range
        NRangeTypeCols = .Columns.Count
        NRangeTypeRows = .Rows.Count
    End With
    If RCorrel Is Nothing Then
        ' no correlation matrix given; Generate random numbers only
        If NRangeTypeCols = 1 Then
            ReDim Storage1(1 To NRangeTypeRows)
```

```

        Storage1 = MRRands(NRangeTypeRows)
        MRRandArray2 = wsf.Transpose(Storage1)
    Else 'NRangeTypeRows = 1
        ReDim Storage1(1 To NRangeTypeCols)
        Storage1 = MRRands(NRangeTypeCols)
        MRRandArray2 = Storage1
    End If
    Exit Function
Else ' Do Cholesky factorisation and generate random numbers
    NCols = RCorrel.Columns.Count
    ReDim Storage1(1 To NCols)
    ReDim Storage2(1 To NCols, 1 To NCols)
    Storage1 = MRRands(NCols)
    Storage2 = MRCholesky(RCorrel)

    If NRangeTypeCols = 1 Then
        MRRandArray2 = wsf.MMult(Storage2,
wsf.Transpose(Storage1))
    Else ' NRangeTypeRows = 1
        MRRandArray2 = wsf.Transpose(wsf.MMult(Storage2,
wsf.Transpose(Storage1)))
    End If
End If
End Function

Private Function MRRands(ByVal NCols)
    Application.Volatile
    'Provides an array of random numbers
    Dim Storage() As Double
    ReDim Storage(1 To NCols)
    For i = 1 To NCols
        Storage(i) = Rnd()
    Next i
    MRRands = Storage
End Function

```

Menetapkan Nilai dari VBA ke Excel

Saat membuat sampel acak untuk probabilitas dalam VBA, alih-alih menautkannya ke lembar kerja dengan menggunakan fungsi, seseorang dapat menetapkan nilai ke sel yang sesuai. File Ch12.RandsAssignedFromVBA.xlsm berisi contoh di mana makro digunakan untuk menetapkan angka acak ke dalam rentang yang telah ditentukan sebelumnya (diberi nama RangetoAssignRands di Excel, dan ditampilkan sebagai berbayang dalam klip layar pada Gambar 12.21). Setelah makro dijalankan (tombol dapat digunakan), rentang diisi dengan nilai acak yang ditetapkan dari VBA, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.22. Kode yang digunakan juga ditampilkan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
3		Var1												Assign Rands	
4		Var2													
5		Var3													
6		Var4													
7		Var5													
8															

Gambar 12.21 Rentang Nama Yang Dimasukkan Ke Dalam Angka Acak

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
3		Var1	0.85	0.17	0.66	0.28	0.87	0.73	0.39	0.10	0.62	0.11		Assign Rands	
4		Var2	0.67	0.31	0.09	0.63	0.55	0.58	0.84	0.93	0.21	0.15			
5		Var3	0.72	0.81	0.32	0.85	0.78	0.38	0.58	0.37	0.52	0.47			
6		Var4	0.59	0.77	0.33	0.26	0.87	0.26	0.16	0.16	0.24	0.18			
7		Var5	0.52	0.96	0.39	0.30	0.67	0.23	0.69	0.33	0.05	0.94			
8															

Gambar 12.22 Rentang Lengkap setelah Penugasan Angka Acak

```

Sub MRAssignRandstoRange()
    Dim Storage() As Double
    With Range("RangetoAssignRands")
        NCols = .Columns.Count
        NRows = .Rows.Count

    End With
    ReDim Storage (1 To NROWS, 1 To NCols)
    For i = 1 To NROWS
        For j = 1 To NCols
            Storage(i, j) = Rnd()
        Next j
    Next i
    Range ("RangetoAssignRands") .Value = Storage
End Sub

```

Mengontrol Urutan Angka Acak

Seseorang dapat mengontrol benih acak yang digunakan untuk menghasilkan angka acak di VBA, sehingga urutan angka acak dapat diulang. Ini melibatkan penggunaan Rnd dengan argumen negatif (seperti Rnd(-1)) untuk mengulang urutan yang diikuti oleh Randomize dengan argumen positif (seperti Randomize(314159)), di mana nilai yang berbeda untuk argumen tersebut dapat digunakan untuk memberikan urutan yang berbeda, tetapi dapat diulang.

Demi kejelasan dan fleksibilitas saat prosedur digunakan berulang kali, setiap urutan yang dihasilkan sebelumnya dihapus, dan jumlah item yang akan dihasilkan ditentukan oleh pengguna dalam lembar kerja Excel. Dalam praktiknya, dalam model yang lebih besar dan saat

menggunakan pendekatan multi-lembar kerja yang dibahas sebelumnya dalam bab ini, kedua masukan pengguna ini akan ditempatkan pada lembar kerja yang dikhususkan untuk masalah kontrol simulasi. Gambar 12.23 menunjukkan contoh menjalankan prosedur untuk menghasilkan 20 angka acak, menggunakan benih tetap 314159.

	A	B	C	D	E
1					
2		Results List		Seed	314159
3			0.53		
4			0.27	Size of Set	20
5			0.60		
6			0.93		
7			0.19	Generate Rands	
8			0.09		
9			0.04		
10			0.19		
11			0.92		
12			0.60		
13			0.65		
14			0.10		
15			0.13		
16			0.38		
17			0.31		
18			0.42		
19			0.60		
20			0.92		
21			0.08		
22			0.18		
23					

Gambar 12.23 Pembangkitan Seperangkat Angka Acak Menggunakan Benih Tetap

Pembaca yang bekerja dengan berkas tersebut dapat memverifikasi bahwa rangkaian angka yang dihasilkan tidak berubah jika prosedur dijalankan ulang pada nilai benih yang sama. Berikut ini adalah kode yang digunakan dalam berkas (termasuk panggilan subrutin untuk menghapus angka sebelumnya); kode ini mengasumsikan bahwa sel yang diperlukan telah diberi nama sebelumnya di Excel (yang pada dasarnya seharusnya sudah jelas di sini), yaitu SeedNo, NSizeofSet, dan RandsList, dengan yang terakhir merujuk ke sel tajuk rentang tempat hasil disimpan:

```
Sub MRGenRands ()
  Rnd (-1)
  N = Range ("SeedNo") . Value
  Randomize (N)
  Call MRClearPreviousRands
  with Range ("RandsList")
    For i = 1 To Range ("NSizeofSet")
      .Offset(i, 0) = Rnd()
    Next i
  End With
End Sub
```

End Sub

```
Sub MRClearPreviousRands ()
```

```
With Range ("RandsList")
```

```
    NROws = .CurrentRegion.Rows.Count
```

```
If NROws <> 1 Then ' use this to avoid clearing out header when
data range is empty
```

```
    Set RngToClear = Range(.Offset(1, 0), .Offset (NROws - 1, 0) )
```

```
    RngToClear.ClearContents
```

```
Else ' Do Nothing
```

```
End If
```

```
End With
```

```
End Sub
```

Prosedur untuk menghasilkan urutan angka yang berulang ini dapat dikombinasikan dengan pendekatan sebelumnya untuk menghasilkan angka dalam VBA dan kemudian menetapkan ke Excel. Dari perspektif simulasi, seseorang dapat menghasilkan semua angka yang diperlukan sebelum simulasi dimulai dan menetapkan (sebagian) angka tersebut ke dalam model pada setiap perhitungan ulang simulasi. Gambar 12.24 berisi contoh ini, berdasarkan generalisasi dari contoh sebelumnya.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Seed to Use	354159	
3	Var1		0.53	0.27	0.60	0.93	0.19	0.09	0.04	0.19	0.92	0.60	Number of Sequences	1	
4	Var2		0.65	0.10	0.13	0.38	0.31	0.42	0.60	0.92	0.08	0.18	Assign Rands		
5	Var3		0.30	0.14	0.77	0.33	0.44	0.16	0.56	0.62	0.86	0.33			
6	Var4		1.00	0.72	0.56	0.47	0.18	0.67	0.52	0.39	0.20	0.46			
7	Var5		0.83	0.69	0.89	0.94	0.98	0.71	0.72	0.99	0.42	0.86			
8															
9															

Gambar 12.24 Pembuatan Urutan Set Angka Acak Menggunakan Benih Tetap

Gambar 12.24 berisi klip layar tempat pengguna memperbaiki benih dan juga menentukan jumlah urutan yang diperlukan. Dalam konteks simulasi, setiap urutan akan sesuai dengan perhitungan ulang (iterasi) simulasi, sehingga seseorang dapat menetapkan angka ini menjadi beberapa ribu, misalnya; pembaca yang bekerja dengan file tersebut akan dapat melakukannya, dan melihat bahwa urutan yang berbeda dihasilkan. Seperti yang disebutkan sebelumnya, seseorang juga akan melihat bahwa metode ini untuk menghasilkan angka acak menghasilkan kecepatan simulasi yang akan ditingkatkan secara signifikan dibandingkan dengan metode sebelumnya.

Kode yang digunakan adalah sebagai berikut (sekali lagi, ini mengasumsikan bahwa sel yang berisi benih dan jumlah urutan telah diberi rentang bernama yang telah ditetapkan sebelumnya di Excel; dan dalam praktiknya item ini dapat ditempatkan dalam lembar kerja terpisah yang didedikasikan untuk masalah kontrol simulasi):


```

Sub MRGenRandsinArraySequence ()
Dim Storage1 () As Double
Dim Storage2() As Double
    'Find size of array to generate, and create its storage space
    With Range ("RangetoAssignRands")
        NCols = .Columns.Count
        NROWS = .Rows.Count
    End With
    NSeq = Range ("NSequences") . Value

    ReDim Storage1 (1 To NROWS, 1 To NCols, 1 To NSeq)
    ReDim Storage2 (1 To NROWS, 1 To NCols)

    'Fix the Seed, taking it from the sheet
    Rnd (-1)
    N = Range ("SeedNo") . Value
    Randomize (N)

    'Generate the numbers within the VBA array
    For k = 1 To NSeq
        For i = 1 To NROWS
            For j = 1 To NCols
                Storage1(i, j, k) = Rnd()
            Next j
        Next i
    Next k

    'Place Numbers sequentially in Excel i.e. as if doing a
    simulation with repeated sets of rands
    For k = 1 To NSeq ' This would be an outer simulation loop
        For i = 1 To NROWS
            For j = 1 To NCols
                Storage2(i, j) = Storage1 (i, j, k)
            Next j
        Next i
    Range ("RangetoAssignRands") .Value = Storage2
    'SIMULATION RECALCULATION WOULD GO IN HERE
    Next k
End Sub

```

Perhatikan bahwa kode tersebut pertama-tama menghasilkan semua angka acak yang diperlukan dalam larik tiga dimensi, sebelum hanya menggunakan sebagian dari larik tersebut pada setiap penugasan ke Excel, yang sesuai dengan perhitungan ulang simulasi di mana angka indeksasi k menentukan iterasi atau perhitungan ulang] dari loop simulasi. Prosedur ini juga

dapat digeneralisasi lebih lanjut dengan penyertaan korelasi antara angka acak.

Artinya, dengan matriks korelasi yang ditetapkan dalam suatu model, dekomposisi Cholesky-nya akan dilakukan murni dalam VBA dan faktor-faktor tersebut digunakan untuk membuat larik dalam VBA yang menghasilkan angka berkorelasi. Artinya, dalam kode di atas, larik `Storage1` akan digabungkan dengan prosedur Cholesky untuk menghasilkan larik baru angka berkorelasi, yang kemudian akan menjadi angka yang ditetapkan ke Excel pada setiap perhitungan ulang simulasi.

Prinsip-prinsip untuk melakukannya merupakan perluasan langsung dari pendekatan di atas dan karenanya tidak dibahas lebih lanjut di sini. Dalam hal membandingkan kecepatan berbagai pendekatan.

Gambar 12.25 menunjukkan model standar yang digunakan dalam setiap kasus. Model telah dibuat agar perhitungan di dalamnya mewakili jenis operasi yang umumnya terjadi dalam model risiko umum, yaitu menggunakan distribusi pengambilan sampel, operasi aritmatika, dan fungsi pencarian. Probabilitas yang dihasilkan digunakan untuk mengambil sampel distribusi Weibull menggunakan bentuk parameter persentil, jumlah kolom dibentuk, nilai maksimum dari jumlah ini ditentukan dan posisi maksimum ini dalam rentang jumlah ditemukan. Keluaran simulasi ditetapkan sama dengan maksimum ini dan posisinya.

Pembaca dapat menguji kecepatan lari dari dua pendekatan (waktu lari dilaporkan dalam setiap kasus di akhir simulasi); dalam pengujian penulis terhadap pendekatan ini, metode penugasan berjalan sekitar dua kali lebih cepat daripada metode pembuatan dalam lembar kerja. Perlu dicatat bahwa dalam perbandingan ini kami hanya mengubah cara angka acak dibuat; kami tidak mengubah cara hasil disimpan; pada prinsipnya, kalkulasi keluaran dapat ditulis (pada setiap putaran simulasi) ke dalam larik VBA, dengan lembar kerja hasil diisi dari larik ini di akhir simulasi; pembaca yang tertarik dapat bereksperimen dengan efek masalah tersebut pada waktu lari.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Probabilities	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3		Var1	0.94	0.95	0.20	1.00	0.68	0.40	0.15	0.59	0.84	0.32	
4		Var2	0.40	0.06	0.03	0.24	0.45	0.72	0.84	0.65	0.89	0.66	
5		Var3	0.60	0.92	0.68	0.73	0.29	0.41	0.80	0.83	0.76	0.87	
6		Var4	0.05	0.44	0.18	0.11	0.08	0.34	0.75	0.85	0.79	0.67	
7		Var5	0.64	0.88	0.88	0.14	0.21	0.44	0.67	0.63	0.44	0.88	
8													
9													
10		Model Calculations											
11													
12		P10	80										
13		P90	150										
14													
15		Values	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
16		Var1	156.0	159.3	93.7	182.7	129.8	110.1	87.6	123.7	143.4	103.9	
17		Var2	110.5	71.6	61.7	96.8	114.3	132.9	143.6	127.8	148.1	128.2	
18		Var3	124.6	152.7	129.9	133.3	102.0	110.8	139.9	142.6	136.2	146.6	
19		Var4	67.8	113.5	91.1	82.1	75.6	106.2	135.1	144.2	138.7	128.9	
20		Var5	127.0	146.9	147.9	86.3	93.8	112.9	129.2	126.5	113.1	147.2	
21		Total	585.9	644.0	524.3	581.2	515.4	572.9	635.4	664.8	679.5	654.8	
22													
23		Maximum	679.5										
24		Position of Maximum	9										
25													
26													

Gambar 12.25 Model yang Digunakan untuk Membandingkan Kecepatan Penugasan dengan Penggunaan Fungsi

Pengurutan dan Pembekuan Sampel Distribusi

Seperti yang disebutkan dalam Bab 7, ketika model simulasi memerlukan makro (atau prosedur lain) untuk dijalankan pada setiap perhitungan ulang simulasi, angka acak input umumnya perlu "dibekukan" pada setiap iterasi; hal ini khususnya terjadi ketika menggunakan prosedur iteratif yang merujuk pada nilai dalam model (seperti GoalSeek, Solver atau resolusi referensi melingkar), karena prosedur tersebut mungkin tidak akan pernah konvergen jika nilai dalam model berubah, karena prosedur tersebut umumnya akan menyebabkan buku kerja menghitung ulang saat prosedur diulang.

Dengan demikian, pendekatan untuk menghasilkan probabilitas dalam lembar kerja akan memerlukan rentang input tambahan yang berisi nilai yang ditetapkan untuk masing-masing pada setiap iterasi/perhitungan ulang simulasi, menggunakan pernyataan penugasan sederhana. Hal ini mudah dilakukan pada prinsipnya. Namun, akan ada kerugiannya karena rentang yang berisi fungsi RAND() sedang diambil sampelnya kembali selama prosedur iteratif tersebut, bahkan jika nilai sampel tersebut tidak digunakan dalam perhitungan. Hal ini akan memperlambat perhitungan, dan dapat menimbulkan masalah integritas dalam hal mengetahui nilai masukan mana yang sebenarnya menghasilkan setiap nilai keluaran.

Oleh karena itu, penggunaan pernyataan penugasan menggunakan nilai yang dihasilkan dari kode VBA dapat menjadi salah satu cara untuk menerapkan prosedur pembekuan (yaitu tidak diperlukan prosedur pembekuan terpisah yang formal, melainkan pada setiap perhitungan ulang simulasi, nilai yang dibuat dalam VBA ditetapkan ke dalam model, yang kemudian dihitung ulang dan prosedur tambahan dijalankan, sebelum melanjutkan ke langkah simulasi berikutnya).

Tantangan Praktis dalam Penggunaan Array dan Operasi Penugasan

Pembuatan sampel probabilitas dalam VBA memiliki sejumlah keuntungan yang disorot di atas, yaitu:

- Kecepatan yang lebih baik.
- Kemampuan untuk mengendalikan urutan angka acak, dan karenanya mengulang simulasi secara tepat.
- Integrasi yang lebih mudah dalam loop simulasi prosedur lain yang memerlukan sampel distribusi untuk dibekukan.

Namun, kelemahan utama dari metode tersebut dalam praktiknya adalah ketika kumpulan nilai probabilitas (misalnya fungsi RAND() atau nilai yang ditetapkan) tidak berada dalam rentang yang berdekatan, dan/atau memiliki peran selanjutnya yang berbeda. Misalnya, jika beberapa variabel harus dikorelasikan bersama, dan yang lainnya tidak, atau proses acak terpisah dihitung dengan nilai probabilitas yang tidak berada dalam rentang tunggal yang berdekatan (misalnya kejadian dan dampak dalam contoh daftar risiko), maka pendekatan penugasan tersebut menjadi lebih sulit untuk diterapkan: seseorang perlu mengembangkan mekanisme untuk menghitung jumlah variabel acak dalam model (untuk menentukan ukuran larik VBA), dan juga mekanisme untuk menetapkan nilai dari larik ke tempat yang relevan dalam model.

Algoritma Angka Acak Khusus

Sejauh seseorang memutuskan untuk menghasilkan angka acak dalam VBA, seseorang juga dapat mempertimbangkan untuk mengembangkan algoritma sendiri untuk melakukannya (seperti menggunakan metode Mersenne Twister yang terkenal sebagai pengganti fungsi VBA Rnd()). Upaya seperti itu umumnya tidak mudah; tentu saja, banyak algoritma seperti itu tersedia di @RISK, jadi ini tidak dibahas lebih lanjut di sini.

Aspek Lainnya

Tentu saja, dengan waktu yang cukup, dan pengembangan keahlian yang tepat, pada prinsipnya seseorang dapat mengembangkan aplikasi Excel/VBA lebih lanjut, dan akhirnya menciptakan berbagai macam fungsi. Jelas, semakin canggih yang dikembangkan, semakin banyak orang mungkin bertanya apakah fungsi yang setara sudah tersedia dalam add-in, dan jika demikian, apakah penggunaan add-in akan lebih hemat waktu dan biaya.

Secara khusus, isu-isu seperti kecepatan pembuatan berbagai macam keluaran grafis berkualitas, penggunaan serangkaian distribusi yang luas (terutama dalam bentuk parameter alternatif) dan berbagai isu mengenai kontrol simulasi merupakan keuntungan yang signifikan dalam penggunaan @RISK (yang lainnya disebutkan dalam Bab 13). Dalam praktiknya, mungkin setelah beberapa aktivitas eksplorasi awal telah dilakukan menggunakan pendekatan Excel/VBA, sering kali lebih efektif untuk bekerja dengan add-in seperti @RISK, terutama dalam konteks di mana penilaian risiko kuantitatif ditujukan untuk mencapai penerimaan dan implementasi organisasi yang luas dalam proses penilaian risiko yang terstandarisasi.

BAB 13

PEMODELAN SIMULASI

Bab ini membahas aspek inti penggunaan @RISK untuk merancang dan membangun model simulasi. Kami berasumsi bahwa pembaca adalah pemula dalam perangkat lunak ini, dan telah merancang bab ini sehingga dapat berdiri sendiri dari sudut pandang mekanisme dan fitur dasar. Namun, membaca bab ini saja tidak akan cukup untuk membangun model risiko bernilai tambah; konsep yang diperlukan untuk melakukannya telah dibahas sebelumnya dalam teks ini. Bab ini bertujuan untuk menyediakan dasar untuk mempelajari fitur inti perangkat lunak, daripada membahas masalah pemodelan dan penyesuaian organisasi terkait yang dibahas di tempat lain.

Kami tidak bertujuan untuk membahas semua aspek perangkat lunak; sebaliknya, kami menekankan topik-topik yang diperlukan untuk bekerja dengan model dalam teks ini, serta fitur-fitur yang secara umum penting dari perspektif pemodelan. Jadi, kami tidak membahas rangkaian lengkap opsi grafik, mekanisme terperinci untuk memformatnya, kami juga tidak membahas semua kemungkinan analisis hasil, fungsi, atau fitur lainnya; pembaca yang menginginkan cakupan yang lebih lengkap dapat merujuk ke manual yang disediakan dalam perangkat lunak, serta fitur Bantuan, dokumentasi dan contoh lain yang disediakan bersama perangkat lunak (termasuk versi uji coba), dan situs web Palisade.

Seperti yang dijelaskan di awal teks, pembaca yang menggunakan versi uji coba perangkat lunak (yang waktunya terbatas) dapat memilih untuk membaca sekilas bab ini (dan bagian buku lainnya) sebelum mengunduh perangkat lunak untuk mempelajari beberapa contoh secara lebih spesifik. Kami memulai bab ini dengan contoh sederhana yang menunjukkan elemen dasar yang diperlukan untuk membuat dan menjalankan simulasi menggunakan @RISK; contohnya sama dengan yang digunakan dalam Bab 12 untuk pembaca yang menggunakan pendekatan Excel/VBA. Kami kemudian memperkenalkan beberapa model contoh tambahan untuk menunjukkan aspek utama lain dari perangkat lunak, yang banyak di antaranya digunakan (atau disebutkan) dalam contoh sebelumnya dalam teks. Di bagian akhir bab, kami membahas beberapa fitur tambahan, termasuk penggunaan makro VBA dengan @RISK.

13.1 DESKRIPSI MODEL CONTOH DAN RENTANG KETIDAKPASTIAN

Model sederhana yang akan kita gunakan sebagai titik awal pembahasan. Model ini bertujuan untuk memperkirakan anggaran yang mungkin diperlukan untuk liburan keluarga. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.1, model awal menunjukkan total biaya yang diperkirakan sebesar Rp. 10.000.000. Untuk tujuan ini, kami tidak melakukan upaya sungguh-sungguh untuk menangkap sifat sebenarnya dari distribusi ketidakpastian untuk setiap item (seperti yang dibahas dalam Bab 9). Kami juga membuat asumsi (yang tidak kalah pentingnya) bahwa item baris sesuai dengan pemicu risiko (lihat Bab 7). Hal ini dilakukan untuk mempertahankan fokus pada aspek inti yang relevan untuk bab ini. Secara khusus, kami akan

mengasumsikan bahwa:

- Setiap item dapat mengambil nilai (acak) apa pun dalam rentang yang seragam (dengan nilai yang sama kemungkinannya).
- Ada beberapa risiko kejadian yang mungkin terjadi dengan probabilitas tertentu, masing-masing memiliki dampak (dalam bentuk biaya tambahan) saat terjadi. Dalam contoh ini, risiko ini diasumsikan terkait dengan perubahan ketersediaan penerbangan atau hotel dibandingkan dengan paket dasar. Risiko kejadian ditampilkan secara terpisah dari model dasar (dalam bentuk daftar risiko kecil). Demi konsistensi penyajian, kami telah mengadaptasi model asli untuk menyertakan risiko kejadian ini, dengan nilainya menjadi nol dalam kasus dasar. Kisaran biaya tambahan saat suatu kejadian terjadi diasumsikan seragam (dan untuk hotel, mencakup kemungkinan bahwa mungkin ada yang sedikit lebih murah, karena batas bawah kisaran meluas ke nilai negatif).

A	B	C
1	BUDGET FOR FAMILY VACATION	
2		
3	CORE ITEMS	
4		BASE (\$)
5	Flight	1000
6	Hotel	3000
7	Taxis/transfers etc	1000
8	Food and drink	2000
9	Insurance	1000
10	Tourist attractions	1000
11	Presents, misc items	1000
12	Total (\$)	10000

Gambar 13.1 Model Biaya Dasar (Dalam Rp. X.000)

File (yang dimodifikasi) Gambar 13.2 menunjukkan nilai yang digunakan untuk probabilitas dan rentang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.2.

A	B	C	D	E	F
1	BUDGET FOR FAMILY VACATION				
2					
3	CORE ITEMS		Risk (Uncertainty) Ranges		
4		BASE (\$)	Min	Max	
5	Flight	1000	900	1300	
6	Hotel	3000	2500	4500	
7	Taxis/transfers etc	1000	900	1500	
8	Food and drink	2000	1800	2400	
9	Insurance	1000	900	1100	
10	Tourist attractions	1000	600	2500	
11	Presents, misc items	1000	800	1500	
12	Total (\$)	10000			
13					
14	EVENT RISKS				
15		BASE (\$)	Prob	Min	Max
16	Extra cost due to planned flight being unavailable	0	20%	500	2000
17	Extra cost due to planned hotel being unavailable	0	15%	-200	1500
18	Total (\$)	0			
19					
20	TOTAL (\$)	10000			

Gambar 13.2 Model Biaya dengan Nilai yang Menentukan Rentang Ketidakpastian

13.2 MEMBUAT DAN MENJALANKAN SIMULASI

Cuplikan layar pada Gambar 13.3 memperlihatkan (sebagian) bilah alat @RISK (dalam versi 6.3) yang berisi ikon-ikon utama untuk memulai. Mengingat pembahasan sebelumnya dalam teks bahwa inti dari simulasi adalah penghitungan ulang model secara berulang saat inputnya divariasikan secara bersamaan (dengan mengambil sampel acak dari distribusi probabilitas, yang mungkin juga saling berkorelasi), kita dapat melihat ikon-ikon yang benar-benar mendasar yang diperlukan untuk tujuan memulai @RISK (dalam arti menerapkan langkah-langkah inti ini) hanya beberapa:

Tentukan Distribusi. Ini dapat digunakan untuk menempatkan distribusi dalam sel (untuk alasan transparansi, parameter distribusi umumnya berupa referensi sel, bukan angka yang dikodekan secara kaku).

Tambahkan Keluaran. Ikon ini digunakan untuk menentukan sel (atau rentang sel) sebagai keluaran; nilai tersebut dicatat pada setiap iterasi selama simulasi, dan tersedia untuk analisis pasca-simulasi dan tampilan grafis.

Sisipkan Fungsi. Ikon @RISK ini dapat digunakan untuk memasukkan distribusi serta statistik dan fungsi lainnya; fungsi tersebut juga dapat dimasukkan menggunakan ikon Sisipkan Fungsi Excel (meskipun seseorang kemudian harus mencari kategori fungsi @RISK yang berlaku dalam daftar fungsi lengkap). Seperti di Excel, fungsi @RISK juga dapat dimasukkan dengan mengetik langsung, tetapi sering kali sintaksisnya terlalu rumit untuk hal ini, kecuali dalam kasus khusus. Perhitungan Ulang Acak/Statistis.



Gambar 13.3 Ikon Inti untuk Membangun dan Menjalankan Model Simulasi dengan @RISK

Ikon ini () dapat digunakan untuk mengganti (mengalihkan) nilai yang ditampilkan dalam fungsi distribusi antara nilai tetap (statis) dan nilai acak. Saat nilai acak ditampilkan, penekanan F9 berulang kali dapat digunakan untuk mendapatkan gambaran kasar tentang rentang nilai yang akan dihasilkan selama simulasi, dan untuk menguji model.

Iterasi. Dalam terminologi yang digunakan dalam @RISK, iterasi mewakili satu sampel tunggal dari semua distribusi dalam model dan kalkulasi ulang model, sedangkan simulasi (tunggal) terdiri dari pelaksanaan beberapa (banyak) iterasi (atau kalkulasi ulang).

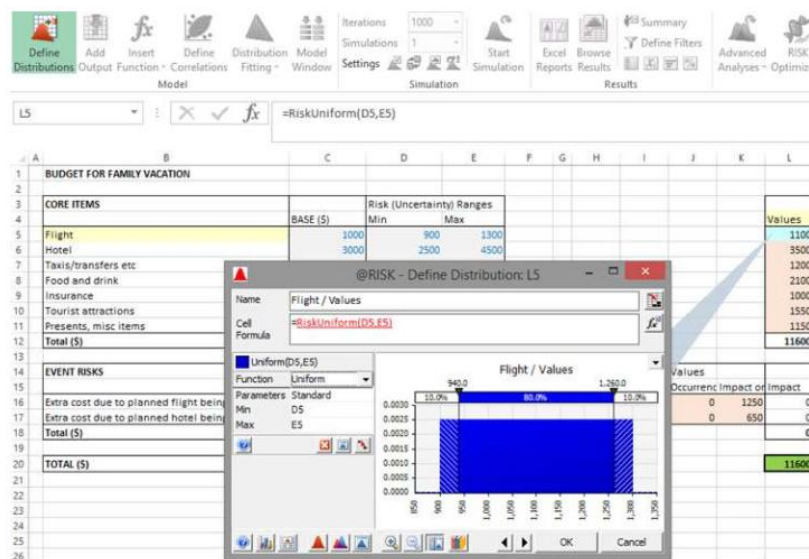
Mulai Simulasi. Tombol ini akan menjalankan simulasi dengan jumlah iterasi yang dipilih.

Telusuri Hasil. Jika grafik hasil tidak muncul secara otomatis, maka seseorang dapat menggunakan ikon Telusuri Hasil (yang biasanya akan muncul sebagai pengaturan default jika ikon sakelar Tampilkan Grafik Hasil Secara Otomatis () dipilih). Tombol Tab dapat digunakan untuk berpindah di antara keluaran jika ada beberapa.

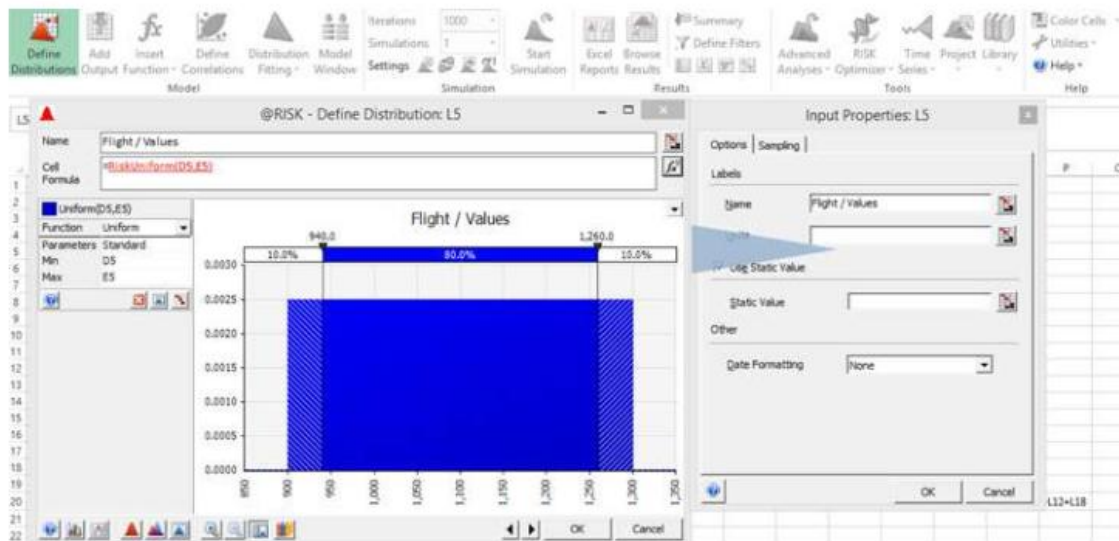
Menggunakan Distribusi untuk Membuat Sampel Acak

Pada gambar 13.4 berisi model di mana kami telah menggunakan ikon Tentukan Distribusi untuk menangkap rentang ketidakpastian baik untuk item biaya inti maupun untuk dampak risiko kejadian (menggunakan distribusi RiskUniform), dan kejadian kejadian risiko menggunakan distribusi RiskBernoulli (lihat Bab 9 untuk pembahasan terperinci tentang distribusi). Perhatikan bahwa seseorang dapat menggunakan referensi sel sebagai parameter distribusi menggunakan ikon. Hasil dari proses ini ditunjukkan pada Gambar 13.4. Contoh ini cukup sederhana sehingga beberapa poin penting tentang kasus yang lebih umum mungkin mudah diabaikan:

- Untuk kejelasan penyajian konsep inti pada tahap ini, nilai tak pasti yang dihasilkan digunakan sebagai masukan untuk model berulang (paralel) (yaitu yang ada di kolom L, bukan di kolom C asli). Tentu saja, sebagian besar model terlalu rumit untuk dibangun dan dipelihara dua kali dengan cara ini: umumnya, nilai tak pasti akan diintegrasikan ke dalam model asli.
- Saat menggunakan @RISK untuk menimpa nilai sel input dalam model yang ada, beberapa pendekatan dapat dilakukan:
 - a. Menyalin nilai asli (kasus dasar) ke rentang model yang terpisah, sehingga nilai ditampilkan secara eksplisit, dan mengganti konten sel input asli dengan pernyataan IF (atau, lebih umum, fungsi CHOOSE) yang digerakkan oleh sakelar model yang mengarahkan nilai model (misalnya 1 = kasus dasar, 2 = nilai berisiko). Ini adalah pendekatan yang umumnya lebih disukai penulis karena sering kali paling transparan, fleksibel, dan tangguh, dan akan sering digunakan dalam banyak contoh dalam teks (terutama yang kasus dasarnya didefinisikan secara eksplisit; dalam beberapa kasus, hanya aspek risiko yang disorot).
 - b. Hapus konten sel sebelum menempatkan distribusi di dalamnya. Secara umum, ini tidak ideal, karena seseorang akan kehilangan nilai asli (atau kasus dasar) dari input.



Gambar 13.4 Model Biaya dengan Distribusi Ketidakpastian



Gambar 13.5 Menetapkan Properti Distribusi Input

Masukkan distribusi langsung ke dalam sel (yaitu tanpa menghapus konten sel terlebih dahulu). Dalam kasus ini (pada pengaturan default), @RISK akan secara otomatis memasukkan fungsi RiskStatic ke dalam daftar argumen fungsi distribusi. Misalnya, jika ini dilakukan di sel C5, kontennya akan menjadi `=RiskUniform(D5,E5,RiskStatic(1000))`. Seseorang juga dapat memasukkan fungsi RiskStatic (dan menautkan nilainya ke sel) ke dalam distribusi yang awalnya tidak berisi satu pun dengan menggunakan Properti Input yang dapat diakses menggunakan ikon, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.5. Ada sejumlah kelebihan dan kekurangan dari pendekatan ini, tetapi secara umum ini bukanlah pendekatan yang kami gunakan dalam teks ini, yang sebagian besar bergantung pada sakelar.

Meninjau Efek Sampel Acak

Saat distribusi ditempatkan dalam sel, nilai yang ditampilkan dapat dipilih sebagai statis atau acak. Pilihan dapat ditetapkan dengan menggunakan tombol Acak/Statis. Saat menggunakan opsi statis, nilai yang ditampilkan adalah nilai yang ditetapkan melalui argumen RiskStatic (jika ada sebagai argumen distribusi) atau sebagai salah satu opsi yang ditetapkan melalui ikon Pengaturan Simulasi (), dan akan dibahas lebih rinci nanti. Simulasi dapat dijalankan bahkan saat model ditampilkan dalam tampilan statis, karena ini hanyalah pilihan tampilan; saat simulasi dijalankan, nilai acak digunakan secara otomatis (secara default).

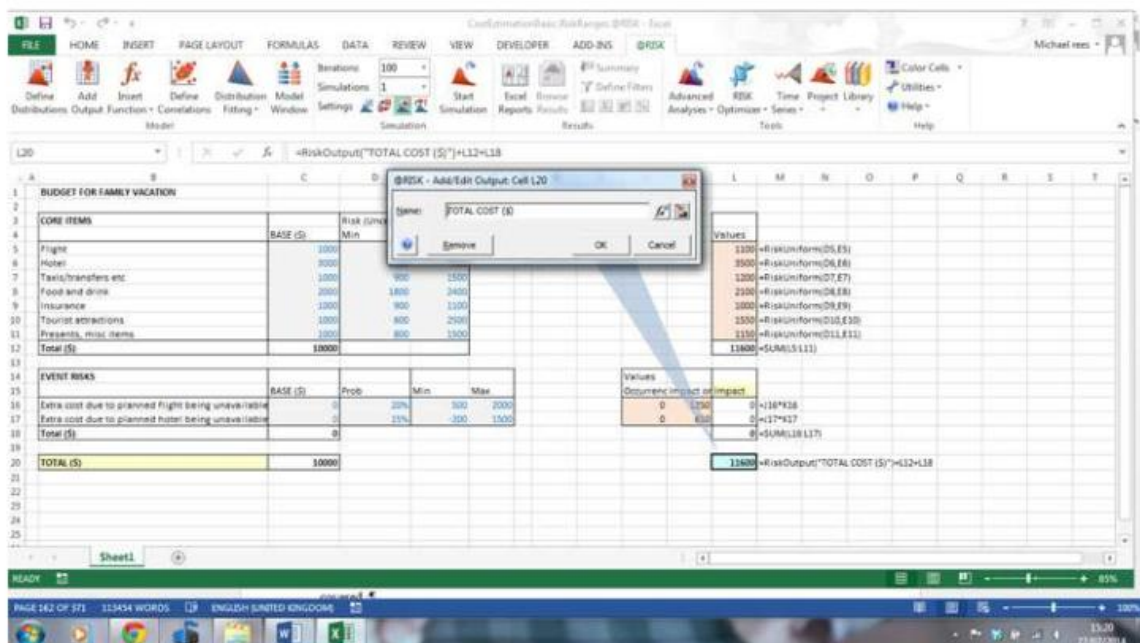
Saat pilihan untuk menampilkan nilai acak dibuat, seseorang dapat menekan F9 berulang kali (untuk memaksa Excel menghitung ulang), yang akan membuat sampel acak baru. Penggunaan teknik ini dapat bermanfaat untuk mendapatkan gambaran kasar tentang rentang nilai yang akan dihasilkan selama simulasi, dan untuk menguji model. Memang, sering kali ketika bekerja dengan model simulasi, lebih baik bekerja dalam mode acak ini, sehingga model mencerminkan sifat acak yang sebenarnya dari situasi tersebut (kadang-kadang, ini bisa membingungkan). Misalnya, untuk membandingkan efek perubahan struktural dalam model dengan versi sebelumnya, atau untuk beberapa jenis diagnostik kesalahan lainnya, seseorang mungkin ingin menggunakan tampilan statis untuk sementara waktu.

Perhatikan bahwa dalam tampilan acak, fungsi distribusi secara langsung menyediakan sampel acak, daripada mengembalikan nilai probabilitas kumulatif atau kepadatan probabilitas (seperti halnya dengan fungsi distribusi Excel dan sebagian besar pendekatan statistik tradisional lainnya untuk menyajikan distribusi). Dengan demikian, proses pembuatan sampel acak secara eksplisit dengan inversi fungsi distribusi kumulatif (Bab 10) tidak diperlukan saat menggunakan @RISK. Proses inversi seperti itu umumnya digunakan "di balik layar" di @RISK, dan tidak eksplisit bagi pengguna.

Menambahkan Output

Setelah menekan F9 beberapa kali (misalnya, untuk memeriksa apakah perhitungan tampaknya berjalan), biasanya output akan ditetapkan untuk simulasi. Output adalah sel yang nilainya akan dicatat pada setiap perhitungan ulang (iterasi) simulasi. Tujuan utama penetapan output adalah untuk memastikan bahwa kumpulan data sepenuhnya tersedia untuk analisis pasca-simulasi (seperti pembuatan grafik); fungsi statistik simulasi, seperti RiskMean (lihat nanti), tidak memerlukan sumber datanya untuk ditetapkan sebagai output.

Dalam model contoh, sel L20 telah ditetapkan sebagai output dengan memilih sel dan menggunakan ikon Tambah Output, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.6. Seseorang dapat menetapkan nama output yang diinginkan, atau cukup membiarkan nama default perangkat lunak (dalam kasus terakhir ini, fungsi properti RiskOutput() yang muncul di sel tidak akan berisi argumen eksplisit; jika tidak, argumennya adalah kolom teks dengan nama yang dipilih).



Gambar 13.6 Menambahkan Output

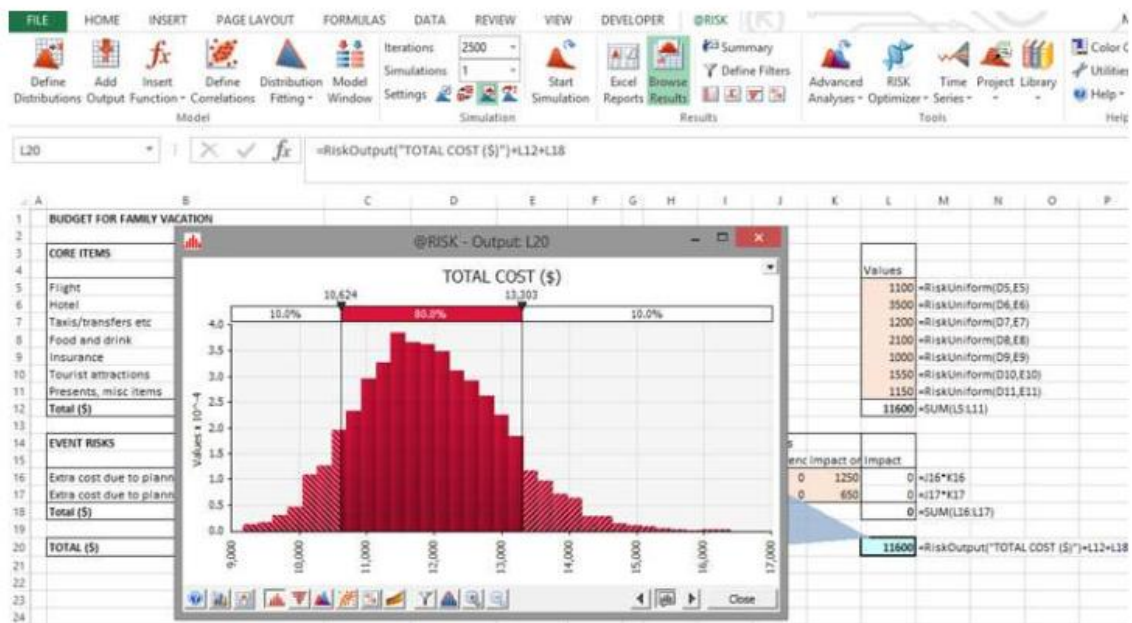
Menjalankan Simulasi

Simulasi dapat dijalankan hanya dengan menekan ikon Mulai Simulasi. Untuk

menjalankan model awal (dan saat mengembangkan model yang besar atau kompleks), Anda dapat memilih untuk menjalankan hanya sejumlah kecil perhitungan ulang (yang disebut Iterasi dalam @RISK), dan menjalankan lebih banyak iterasi setelah model mendekati tahap akhir, atau keputusan harus dibuat dengannya. Menu tarik-turun dapat digunakan untuk mengatur jumlah iterasi, atau nomor alternatif (seperti 2500) dapat dimasukkan secara langsung.

Melihat Hasil

Secara default, @RISK memiliki ikon Tampilkan Grafik Hasil Secara Otomatis () yang dipilih, sehingga grafik keluaran simulasi akan ditampilkan secara otomatis (jika ada beberapa keluaran, tombol Tab dapat digunakan untuk berpindah di antara keluaran tersebut). Jika ikon tidak dipilih, atau grafik tidak muncul, maka ikon Telusuri Hasil dapat digunakan (jika tidak ada keluaran yang tersedia untuk dilihat, Anda mungkin lupa menentukan keluaran apa pun!). Tombol Tab dapat digunakan untuk menelusuri beberapa sel keluaran. Gambar 13.7 menunjukkan hasil dari menjalankan 2500 iterasi dengan model contoh. Seperti yang disebutkan sebelumnya dalam teks, analisis hasil biasanya akan berkisar pada menjawab, secara statistik, pertanyaan-pertanyaan utama yang telah diajukan terkait dengan situasi, seperti:



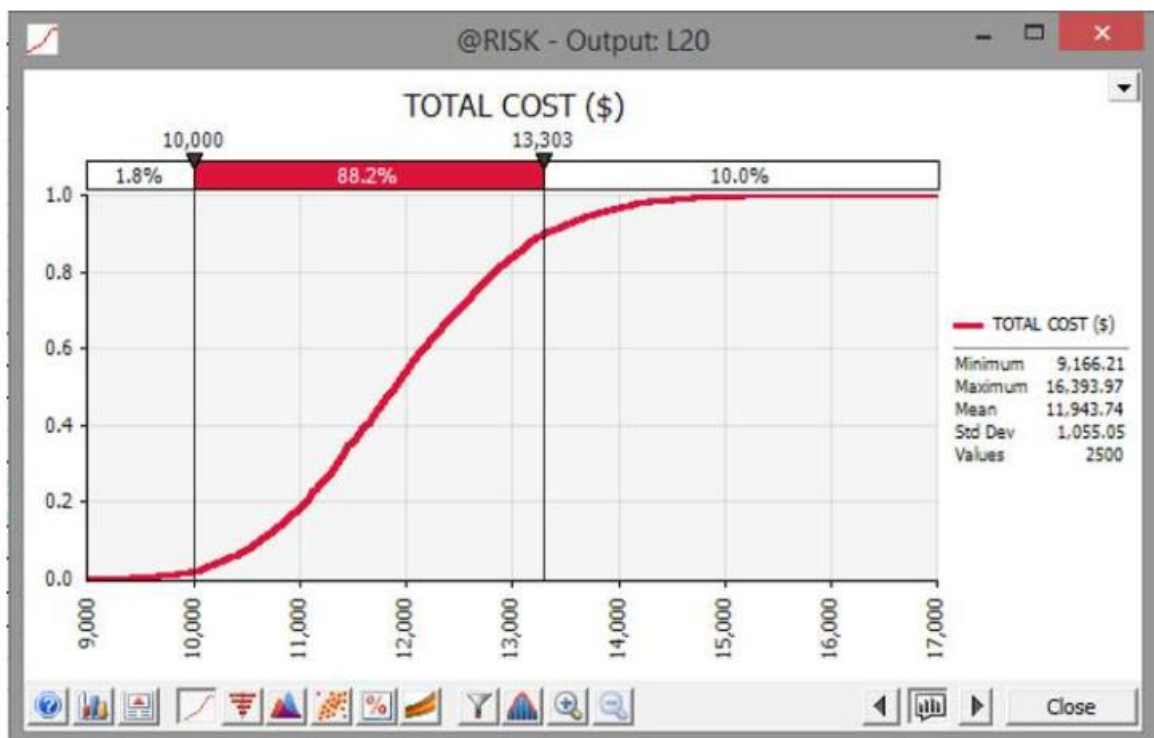
Gambar 13.7 Simulasi Distribusi Total Biaya (Dalam Rp. X.000)

- Berapa biaya dalam 10% kasus terburuk, atau 10% kasus terbaik?
- Seberapa besar kemungkinan biaya liburan akan lebih murah atau sama dengan rencana awal?
- Berapa biaya rata-ratanya?

Beberapa jawaban ini dapat dilihat dari grafik (misalnya anggaran P10 sekitar Rp. 10.600.000, dan P90 sekitar Rp. 13.300.000), sedangkan yang lain memerlukan informasi atau tampilan tambahan:

- Garis pembatas pada grafik dapat dipindahkan ke tempat yang diinginkan dengan memilih dan memindahkannya dengan kursor; garis tersebut memberikan informasi tentang distribusi hasil, tanpa mengubahnya. Misalnya, seseorang mungkin ingin menempatkan garis pada nilai kasus dasar (Rp. 10.000.000) untuk melihat kemungkinan berada di bawah angka dasar sekitar 2%.
- Seseorang dapat menampilkan kurva sebagai kurva kumulatif, bukan kurva kepadatan. Ini dapat dilakukan dengan mengklik kanan pada grafik dan memilih Opsi Grafik untuk menampilkan dialog yang sesuai, atau menggunakan ikon yang setara () langsung pada grafik.
- Seseorang dapat menambahkan legenda statistik ke grafik, baik dengan mengklik kanan pada grafik dan memilih Tampilan (lalu memilih Legenda) atau dengan menggunakan panah tarik-turun di kanan atas grafik () untuk memilih Legenda (dengan Statistik).

Gambar 13.8 menunjukkan grafik kumulatif menaik dengan legenda statistik dan garis pembatas ditempatkan pada nilai kasus dasar. Penggunaan Opsi Grafik cukup intuitif, dan ada sejumlah tab yang dapat digunakan, misalnya untuk mengubah statistik mana yang ditampilkan dalam legenda, warna grafik, dan sebagainya. Ini sebagian besar sangat mudah digunakan dan intuitif, dan meskipun digunakan di berbagai titik dalam teks selanjutnya, umumnya tidak dibahas secara terperinci di sini.



Gambar 13.8 Kurva Naik Kumulatif untuk Simulasi Total Biaya (Dalam Rp. X.000)

Bagi pembaca yang telah membaca Bab 12, dapat dicatat bahwa hasil statistik dasar serupa (meskipun tidak identik) dengan yang ditampilkan dalam konteks Excel/VBA. Akan

tetapi, antarmuka visual secara keseluruhan, dan kemudahan serta kecepatan melihat dan menganalisis masukan dan hasil secara grafis jauh lebih cepat, lebih kaya, dan lebih fleksibel; ini merupakan salah satu keuntungan utama menggunakan @RISK.

Penyimpanan Hasil

Ada sejumlah kemungkinan untuk menyimpan data hasil yang, secara default, ditampilkan saat pertama kali menyimpan model (default dapat diubah di bawah Utilities/Application Settings/General/Save Results). Kemungkinan tersebut meliputi:

- Tidak menyimpan hasil (sehingga seseorang dapat menjalankan kembali simulasi saat diperlukan).
- Menyimpan hasil dalam buku kerja (set data hasil tidak terlihat, tetapi berada di balik layar).
- Menggunakan file data eksternal (ekstensi.rsk) yang (selain ekstensinya) memiliki nama yang sama dengan file model, dan terdapat dalam folder yang sama.
- Di dalam Pustaka @RISK. Fitur ini tidak dibahas dalam teks ini, karena merupakan aplikasi basis data terpisah yang menggunakan SQL Server, dan meskipun canggih, berada di luar cakupan fokus pemodelan teks ini.

Untuk banyak keperluan sehari-hari, sering kali lebih mudah untuk menyimpan hasil dalam buku kerja. Dengan sejumlah besar iterasi, jumlah data yang disimpan dapat membuat file buku kerja menjadi sangat besar, dalam hal ini salah satu opsi lain dapat dipertimbangkan. Seseorang dapat menghapus hasil yang disimpan sepenuhnya (untuk meminimalkan ukuran file jika mengirimkannya melalui email, misalnya) di bawah Utilitas/Hapus Data @RISK/Hasil Simulasi.

Beberapa Simulasi

Sering kali diperlukan untuk menjalankan simulasi jika rumus dalam model berubah, koreksi dilakukan, seseorang ingin menangkap keluaran lain atau jika nilai parameter telah diubah. Dalam banyak kasus seperti itu, tidak ada alasan khusus untuk membandingkan hasil simulasi yang diperbarui dengan hasil simulasi sebelumnya. Namun, dalam keadaan lain, seseorang mungkin ingin dapat menyimpan dan membandingkan hasil dari satu simulasi yang dijalankan dengan hasil simulasi lainnya.

Misalnya, seseorang mungkin ingin melihat dampak dari langkah-langkah mitigasi atau keputusan lain pada suatu proyek, seperti untuk menilai apakah akan menerapkan langkah mitigasi risiko (dengan biaya tertentu) dengan membandingkan hasil sebelum dan sesudah mitigasi. Secara lebih umum, dampak dari keputusan lain dapat ditangkap dalam suatu model (seperti "risiko keputusan" yang terkait dengan apakah manajemen internal mengesahkan solusi teknis tertentu yang disarankan, seperti yang dibahas dalam Bab 2 dan 7), dan seseorang mungkin ingin melihat distribusi hasil tergantung pada keputusan mana yang diambil.

Dalam @RISK, seseorang dapat menjalankan beberapa simulasi menggunakan fungsi RiskSimtable (setiap simulasi menggunakan jumlah iterasi yang sama). Fungsi tersebut memerlukan daftar nilai sebagai argumennya, dan ini digunakan secara berurutan dalam simulasi berurutan. Dengan demikian, pendekatan yang paling fleksibel biasanya adalah menggunakan fungsi dengan argumen integer (dari satu ke atas).

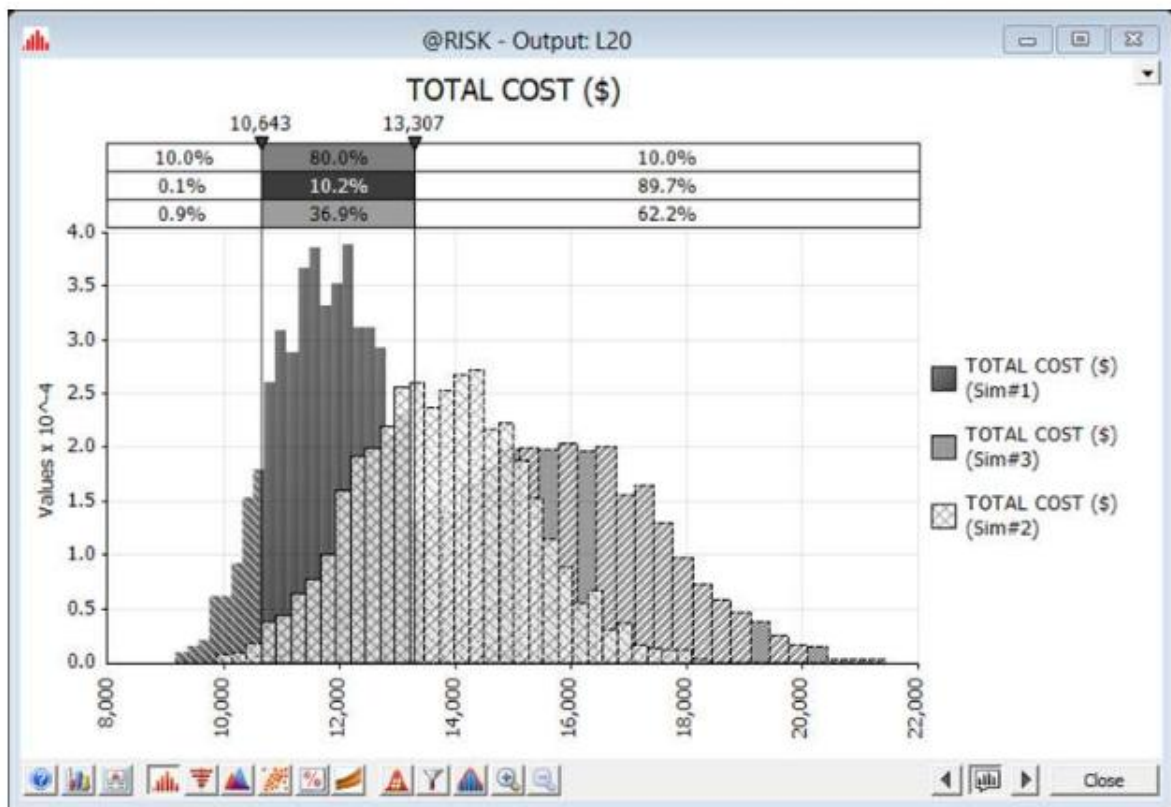
Oleh karena itu, fungsi ini hanya menunjukkan jumlah simulasi tertentu yang sedang dijalankan, dan dapat bertindak sebagai nomor indeksasi untuk fungsi pencarian Excel yang menyediakan nilai parameter aktual untuk simulasi tertentu tersebut. Ketika simulasi tidak berjalan, fungsi RiskSimtable mengembalikan nilai argumen pertamanya, sehingga untuk kenyamanan, biasanya masuk akal untuk elemen pertama dari rentang yang nilainya dicari sebagai kasus dasar (yaitu nilai yang paling sering diinginkan untuk digunakan). Contoh implementasi ini, di mana adaptasi utama yang diperlukan adalah:

- Penyertaan dalam lembar kerja model data yang diperlukan untuk setiap simulasi. Dalam kasus ini, kami berasumsi bahwa kami menguji efek dari perubahan nilai maksimum semua item dasar, menggunakan tiga nilai yang mungkin untuk masing-masing (yang pertama adalah kasus dasar asli).
- Penyertaan sel yang berisi RiskSimtable dalam model, dan penggunaan sel ini untuk menjalankan fungsi CHOOSE, yang kemudian ditautkan ke nilai asli untuk nilai maksimum setiap variabel (sel yang berisi fungsi RiskSimtable juga telah diberi nama rentang jIndex agar konsisten dengan penyajian di Bab 12, meskipun ini tidak diperlukan).
- Mengubah jumlah simulasi menjadi tiga dalam menu tarik-turun pada bilah alat utama @RISK.

Gambar 13.9 menunjukkan perubahan pada lembar model. Secara default, setiap simulasi di @RISK akan menggunakan rangkaian angka acak yang sama, untuk memastikan bahwa perbedaan dalam hasil berbagai simulasi hanya akan didorong oleh perubahan yang terjadi dalam model dari satu simulasi ke simulasi berikutnya (seseorang dapat mengubah default untuk model tertentu pada Setelan Simulasi/Pengambilan Sampel dan pada menu tarik-turun Beberapa Simulasi, dengan memilih Semua Menggunakan Benih yang Sama). Gambar 13.10 menunjukkan hasil menjalankan model untuk tiga simulasi dan menggunakan fitur overlay untuk melapisi hasilnya. (Ikon overlay dapat diakses dengan membuat grafik hasil simulasi seperti yang ditunjukkan sebelumnya)

Risk (Uncertainty) Ranges			Random Values			Data for Multiple Simulations on To Use			
Min	Max		Random	Values		1	2	3	jIndex
900	1950	=B5	0.52	1444	Output2	1300	1625	1950	1950 =CHOOSE(jINDEX,P5,Q5,R5)
2500	6750	=B6	0.07	2813		4500	5625	6750	6750 =CHOOSE(jINDEX,P6,Q6,R6)
900	2250	=B7	0.71	1861		1500	1875	2250	2250 =CHOOSE(jINDEX,P7,Q7,R7)
1800	3600	=B8	0.91	3444		2400	3000	3600	3600 =CHOOSE(jINDEX,P8,Q8,R8)
900	1650	=B9	0.92	1591		1100	1375	1650	1650 =CHOOSE(jINDEX,P9,Q9,R9)
600	3750	=B10	0.17	1142	Output3	1500	3125	3750	3750 =CHOOSE(jINDEX,P10,Q10,R10)
800	2250	=B11	0.75	1889		1500	1875	2250	2250 =CHOOSE(jINDEX,P11,Q11,R11)
				34185					

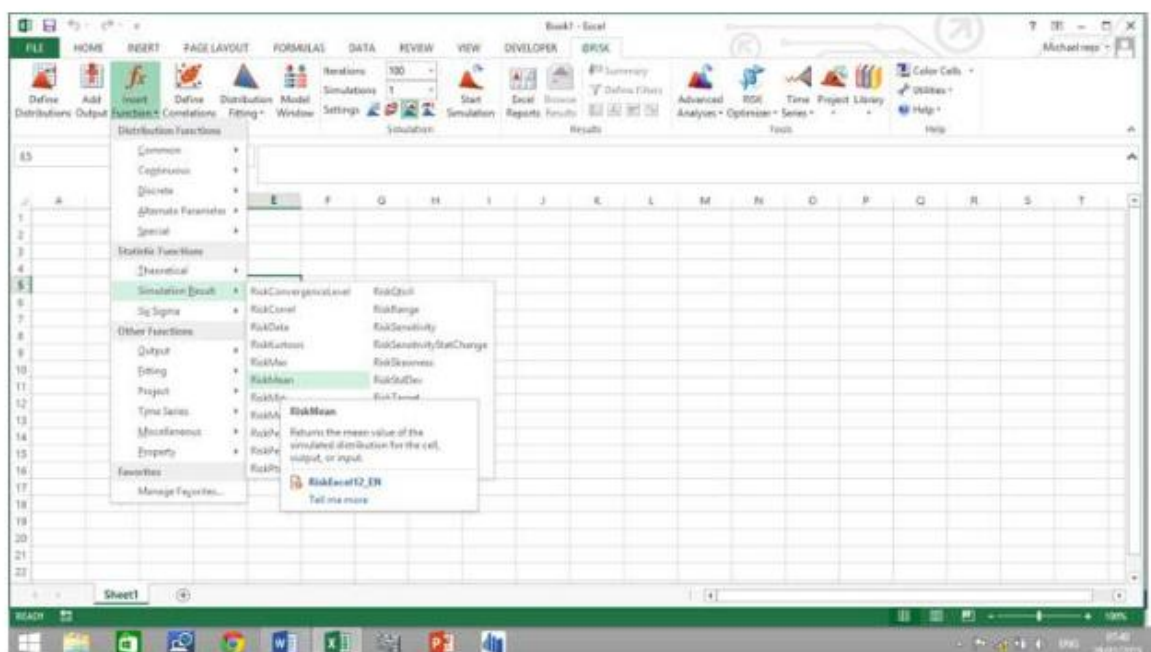
Gambar 13.9 Model yang Diadaptasi untuk Menjalankan Beberapa Simulasi dalam Urutan Otomatis



Gambar 13.10 Menumpuk Hasil Tiga Simulasi

Fungsi Statistik Hasil

@RISK memungkinkan statistik hasil simulasi ditulis langsung ke dalam sel Excel, menggunakan fungsi Statistik @RISK (seperti RiskMean); fungsi ini dapat diakses melalui ikon Sisipkan Fungsi @RISK, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.11.



Gambar 13.11 Penggunaan Ikon Fungsi Sisip @RISK

Beberapa poin penting yang berkaitan dengan fungsi ini adalah:

- Sumber data yang dibutuhkan setiap fungsi hanyalah referensi ke sel Excel. Sumber data ini sering kali sudah ditetapkan sebagai keluaran simulasi. Namun, tidak ada persyaratan untuk hal ini agar statistik simulasi dapat ditampilkan, tetapi simulasi tentu saja harus dijalankan.
- Ada beberapa pengulangan di antara fungsi-fungsi tersebut. Misalnya, RiskPtoX sama dengan RiskPercentile, dan RiskXtoP sama dengan RiskTarget. Selain itu, fungsi dengan Q sebagai pengganti P (seperti RiskQtoX) berfungsi dengan persentil menurun (di mana $P+Q=1$).
- Setiap fungsi memiliki parameter opsional yang sesuai dengan nomor simulasi (bila beberapa simulasi telah digunakan):
 - a. Jika parameter tidak disertakan, hasil simulasi pertama akan ditampilkan.
 - b. Jika seseorang menggunakan fitur RiskSimtable dengan cara yang ditunjukkan di atas (yaitu argumennya adalah bilangan bulat dari satu ke atas yang ditempatkan dalam rentang Excel), maka nomor simulasi dalam fungsi statistik dapat ditautkan ke dalam sel rentang tersebut (sehingga fungsi statistik dapat lebih mudah disalin untuk menunjukkan hasil statistik tersebut untuk setiap simulasi).

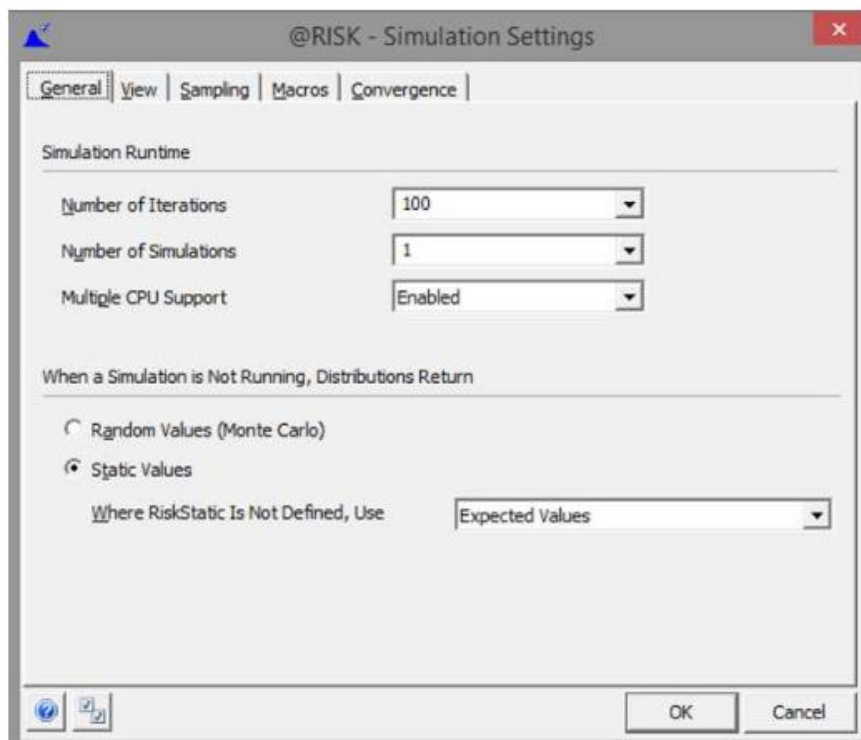
Fungsi-fungsi tersebut juga dapat diakses melalui Bilah Rumus Excel menggunakan ikon Sisipkan Fungsi, dan terdapat dalam kategori @RISK Statistics. Dalam kategori ini, seseorang juga dapat menemukan fungsi RiskResultsGraph yang lama, yang menempelkan grafik hasil simulasi ke dalam buku kerja di akhir setiap simulasi. Fungsi statistik (yang terpenting adalah RiskStdDev) tidak menyertakan istilah koreksi yang sering kali diperlukan agar statistik sampel dapat memberikan estimasi yang tidak bias.

Dengan demikian, fungsi-fungsi tersebut secara efektif mengasumsikan bahwa sampel adalah populasi, yang, untuk ukuran sampel yang besar (jumlah iterasi), umumnya merupakan perkiraan yang dapat diterima (lihat Bab 8 dan 9). Secara default, fungsi-fungsi tersebut hanya menghitung di akhir simulasi; fungsi-fungsi tersebut dapat diatur untuk menghitung ulang di setiap iterasi simulasi di bawah opsi-opsi dalam Pengaturan/Sampling, meskipun hal ini jarang diperlukan.

Sintaks fungsi terkadang dapat membingungkan, karena "Sumber data" adalah referensi sel, tetapi statistiknya terkait dengan distribusi nilai sel tersebut selama simulasi. Misalnya, jika seseorang hendak menggunakan fungsi RiskXtoP untuk menghitung probabilitas bahwa hasil aktual suatu proyek lebih kecil dari nilai dasarnya, maka orang tersebut mungkin mempunyai rumus seperti ini:

$$= \text{RiskXtoP}(\text{BaseCaseCellRef}, \text{BaseCaseCellRef}, \text{SimulationNumber})$$

Rumus seperti itu hanya akan berlaku dalam tampilan statis (atau kasus dasar); sementara argumen fungsi pertama mengidentifikasi sel yang distribusi pasca-simulasinya akan ditanyakan, argumen kedua perlu merujuk ke nilai tetap. Selain itu, dalam tampilan statis (atau



Gambar 13.13 Dialog Pengaturan Simulasi

Biasanya, B2 mungkin merupakan nilai kasus dasar, misalnya. Fungsi RiskStatic akan muncul secara default ketika seseorang mencoba menempatkan distribusi @RISK dalam sel yang berisi angka; ini merupakan mekanisme perlindungan untuk memastikan bahwa angka tersebut tidak hilang, dan juga tindakan praktis untuk memungkinkan misalnya kasus dasar ditampilkan.

Namun, dalam teks ini, kami tidak menggunakan fungsi RiskStatic di sebagian besar contoh yang diberikan. Sebaliknya, kami lebih suka menggunakan sakelar dalam model (umumnya fungsi IF atau CHOOSE) untuk secara eksplisit mengontrol apakah model menggunakan sampel acak dari distribusi sebagai inputnya, atau menggunakan nilai kasus dasar (atau nilai tetap lainnya) untuk input. Ketika pendekatan ini digunakan, jika seseorang memilih tampilan statis, maka di bawah Nilai Statis, ada beberapa opsi mengenai apa yang dapat ditampilkan oleh distribusi (yaitu ketika fungsi RiskStatic tidak ada). Ini tersedia di menu tarik-turun, dan menyediakan beberapa opsi tampilan tambahan yang tidak akan ada jika fungsi RiskStatic digunakan:

- Mode. Nilai modal sering kali sesuai dengan kasus dasar.
- Nilai Harapan yang Benar. Menampilkan nilai rata-rata berguna ketika semua masukan adalah distribusi kontinu dan model bersifat linier, karena perhitungan kemudian akan menunjukkan rata-rata (teoretis) dari perhitungan yang akan muncul selama simulasi.
- Persentil. Seseorang dapat dengan cepat melihat efek dari bias sistematis apa pun dalam asumsi masukan, seperti efek menempatkan semua masukan sebagai nilai P30 atau nilai P70, misalnya.
- Nilai "Diharapkan". Ini adalah pengaturan default, dan menunjukkan nilai yang paling

dekat dengan rata-rata, tetapi masih valid. Untuk distribusi kontinu, nilainya akan sama dengan rata-rata; untuk distribusi diskrit, nilainya akan menjadi hasil valid yang paling dekat dengan rata-rata. Penggunaan ini sebagai default adalah fitur lama, seperti dalam versi @RISK sebelum versi 5 (yaitu sekitar sebelum akhir 2008), opsi lain di atas tidak ada; dapat dikatakan, nilai default yang lebih tepat untuk versi selanjutnya adalah menggunakan nilai modal (jika diinginkan, ini dapat diubah di bawah Utilities/Application Settings/Default Simulation Settings).

Argumen RiskStatic (jika ada) juga mengatur nilai yang akan ditempatkan di sel jika fitur swap digunakan untuk menukar fungsi (Utilities/Swap Out Functions). Jika RiskStatic tidak ada, fungsi akan ditukar sesuai dengan pengaturan di dalam Utilities/Application Settings/Swap Functions. (Penukaran dapat digunakan jika model akan dikirim ke seseorang yang tidak memiliki @RISK; di sisi lain, dengan pendekatan yang diambil di sebagian besar teks ini [yaitu menggunakan sakelar model], pertukaran tersebut tidak akan diperlukan.)

Pembangkit Angka Acak dan Metode Pengambilan Sampel

Seperti yang dibahas secara luas dalam teks, untuk membuat sampel distribusi (baik di Excel/VBA dan di @RISK) umumnya diperlukan untuk membalikkan fungsi distribusi kumulatif, sebuah proses yang memerlukan sampel acak dari distribusi kontinu seragam standar. Dengan demikian, kualitas sampel yang dihasilkan pada akhirnya bergantung pada kualitas metode untuk menghasilkan sampel dari distribusi kontinu seragam standar. Pembuatan angka-angka tersebut bukanlah hal yang sepele; banyak algoritma telah dikembangkan oleh para peneliti dalam statistik (dan bidang terkait) yang bertujuan untuk menghasilkan angka "acak".

Algoritma tersebut (umumnya) sepenuhnya deterministik, dalam arti bahwa setelah titik awal (atau "benih") diketahui, maka angka-angka lain dalam urutan tersebut mengikuti. Salah satu kerumitan dalam algoritma tersebut adalah bahwa angka-angka yang dihasilkan harus benar-benar mewakili proses, tetapi juga tidak bias secara sistematis. Misalnya, jika seseorang diminta untuk memilih lima angka yang paling mewakili distribusi kontinu seragam antara nol dan satu, mungkin orang tersebut akan berpikir untuk memilih 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 0,9; Demikian pula untuk 10 angka, seseorang mungkin berpikir 0,05, 0,15, 0,25, ..., 0,85, 0,95.

Akan tetapi, kita dapat melihat bahwa (generalisasi tersirat) algoritma ini bias (dan karenanya tidak benar-benar representatif), karena bagian-bagian tertentu dari rentang (misalnya, angka 0,43728) hanya akan dipilih jika jumlah sampel (iterasi) yang digunakan sangat besar. Selain membuat sampel yang tidak bias dan representatif, kriteria lebih lanjut dalam desain algoritma tersebut adalah panjang siklus sebelum angka-angka tersebut berulang (karena komputer adalah instrumen yang terbatas, pengulangan pada akhirnya akan terjadi secara teori untuk algoritma apa pun), serta kecepatan komputasi.

Dalam @RISK, ada banyak cara yang memungkinkan untuk mengendalikan pembuatan angka acak (Pengaturan Simulasi/Pengambilan Sampel); ini termasuk algoritma Mersenne Twister default (digunakan dari versi 5) dan RAN3I lama (digunakan sebelum versi 5). Mersenne Twister secara luas dianggap efektif, dan pada dasarnya lebih unggul daripada algoritme lain dalam perangkat lunak (pada saat penulisan); secara umum tidak ada alasan untuk menggunakan metode pembangkitan lainnya.

Sample	Monte Carlo	Latin Hypercube
1	0.931	0.931
2	0.523	0.523
3	0.078	0.078
4	0.928	0.828
5	0.374	0.374
6	0.625	0.625
7	0.838	0.738
8	0.088	0.188
9	0.091	0.291
10	0.953	0.453

Gambar 13.14 Adaptasi Angka Acak dalam Sampling Latin Hypercube

Perangkat lunak ini juga berisi dua kemungkinan "jenis pengambilan sampel", yang dikenal sebagai Monte Carlo (MC) dan Latin Hypercube (LH). Yang terakhir melakukan "stratifikasi" angka acak, sehingga angka-angka tersebut terdistribusi secara merata dalam setiap interval probabilitas. Gambar 13.14 menunjukkan sampel 10 angka acak yang diambil dari distribusi kontinu seragam antara nol dan satu, menggunakan pengambilan sampel MC dan LH. Secara umum, seseorang akan berharap untuk menemukan satu sampel acak dalam setiap interval dengan panjang 0,1, yaitu satu angka antara 0 dan 0,1, satu angka antara 0,1 dan 0,2, dan seterusnya. Seseorang dapat melihat bahwa dengan pengambilan sampel MC, hal ini tidak selalu terjadi: angka yang diambil untuk sampel ke-4, ke-7, ke-8, ke-9, dan ke-10 berada dalam interval di mana angka tersebut sudah ada. Dalam pendekatan LH, sampel-sampel ini telah diganti dengan angka-angka yang berbeda, memastikan bahwa ada satu sampel dalam setiap interval (probabilitas yang sama). Secara umum, orang mungkin menganggap LH sebagai metode yang lebih unggul. Sayangnya, perbandingannya tidak sesederhana yang mungkin orang kira. Argumen umum yang digunakan untuk mendukung penggunaan LH adalah:

- Diperlukan lebih sedikit iterasi untuk mencapai akurasi tertentu.
- Sebaiknya luangkan sedikit waktu ekstra untuk menghasilkan sampel acak yang lebih baik, karena waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan sampel acak merupakan bagian yang relatif kecil dari keseluruhan pertimbangan waktu. Pertama, waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan simulasi merupakan bagian yang sangat kecil dari total waktu yang dibutuhkan untuk membangun, menguji, dan bekerja dengan model. Kedua, waktu komputasi untuk menjalankan simulasi juga dipengaruhi oleh sifat model dan perhitungan ulangnya, dan oleh penyortiran data pasca-simulasi serta pemrosesan hasil. Terutama jika modelnya besar, tetapi hanya memiliki sedikit sumber risiko, banyak waktu akan dihabiskan untuk perhitungan, daripada pengambilan sampel, sehingga untuk model dengan sejumlah besar perhitungan (relatif terhadap jumlah item risiko), metode pengambilan sampel yang lebih unggul harus lebih disukai. Di sisi lain, beberapa poin utama yang menentang LH adalah:
- Akurasi yang dicapai setelah menjalankan sejumlah iterasi tertentu bukanlah ukuran

yang relevan untuk membandingkan kedua metode; yang relevan adalah total waktu komputasi (dan mungkin juga kebutuhan memori komputer). Pengukuran total waktu komputasi harus mencakup waktu persiapan setelah seseorang memulai simulasi tetapi sebelum benar-benar mulai menghitung ulang model (ini sering tidak termasuk dalam beberapa pengukuran dasar waktu simulasi atau kecepatan simulasi). Faktor-faktor ini lebih sulit bagi pengguna untuk memperkirakan daripada hanya membandingkan jumlah iterasi (meskipun secara intuitif jelas bahwa, untuk melakukan stratifikasi, pengambilan sampel LH lebih intensif secara komputasi dan memori daripada MC).

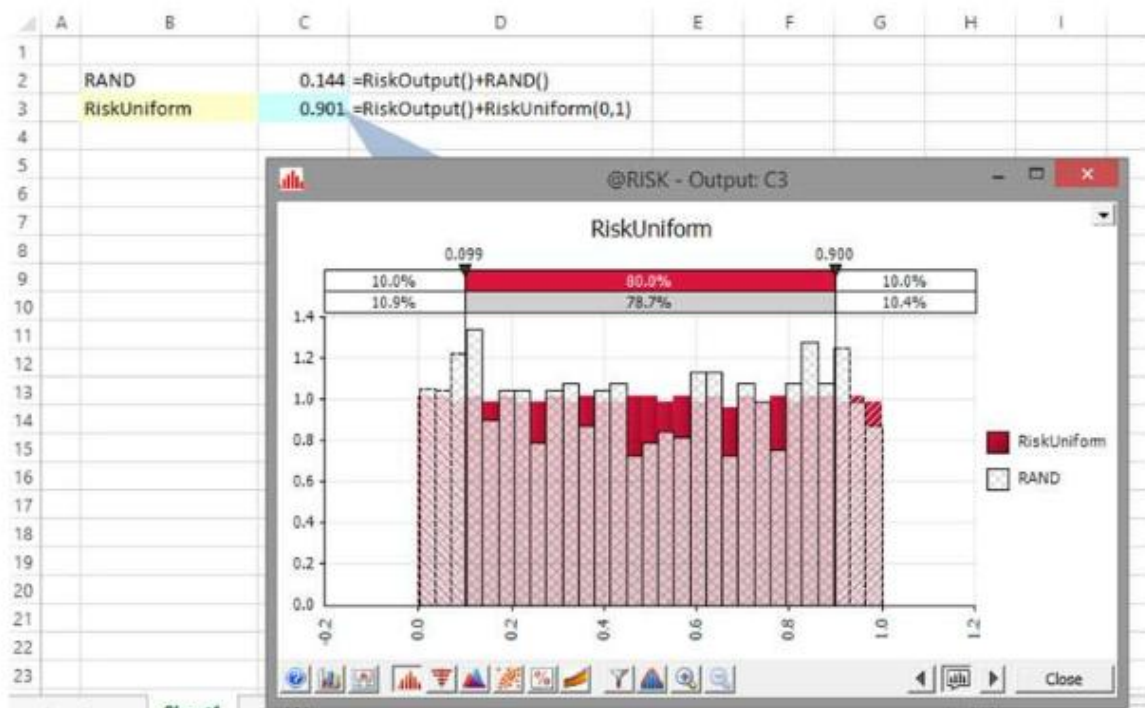
- Dalam @RISK, LH melakukan stratifikasi hanya dalam pengertian univariat, sehingga segera setelah ada beberapa risiko, efek stratifikasi mulai hilang: namun, situasi multivariasi seperti itu justru merupakan situasi ketika pemodelan simulasi kemungkinan besar diperlukan. Dengan demikian, manfaat LH diencerkan dalam banyak model kehidupan nyata.

Salah satu kerumitan dalam merancang pengujian yang kuat untuk membandingkan metode adalah bahwa dalam sebagian besar model simulasi, seseorang tidak mengetahui apa nilai (atau distribusi) keluaran yang tepat; inilah alasan mengapa simulasi dijalankan sejak awal! Namun, kasus khusus di mana nilai yang benar diketahui adalah ketika seseorang menggunakan simulasi untuk memperkirakan nilai π (3,14159...).

Contoh ditunjukkan kemudian dalam teks dalam konteks Bahasa Makro @RISK (Kit Pengembang XDK); ini tampaknya menunjukkan bahwa LH sedikit lebih disukai untuk model dengan sejumlah kecil variabel (katakanlah kurang dari 10), yang di luar itu hanya ada sedikit pilihan di antara keduanya.

Perbandingan Sampel Excel dan @RISK

Keberadaan metode pembangkitan angka acak yang efektif adalah salah satu manfaat menggunakan @RISK sebagai pengganti Excel/VBA. Seseorang dapat secara kasar membandingkan efektivitas relatif metode angka acak menggunakan setiap pendekatan dengan membandingkan hasil pengambilan sampel fungsi RAND() Excel secara berulang dengan hasil distribusi RiskUniform antara nol dan satu. Efektivitas pengambilan sampel semacam itu penting, karena di Excel/VBA dan @RISK, sampel semacam itu diperlukan untuk membuat (dengan inversi) sampel distribusi lainnya.



Gambar 13.15 Hamparan Sampel Excel dan @RISK dari Distribusi Kontinu Seragam Standar

Contoh hasil ditunjukkan pada Gambar 13.15 sebagai hamparan grafis (setelah menjalankan simulasi model setiap fungsi juga didefinisikan sebagai keluaran @RISK untuk membantu dalam pembuatan grafik hamparan); pengaturan @RISK menggunakan pembuatan Mersenne Twister dan pengambilan sampel Latin Hypercube (menggunakan benih yang dipilih secara acak pada waktu proses). Secara visual, distribusi angka yang dihasilkan oleh @RISK lebih merata. Metode yang lebih formal untuk mengukur kemanjuran atau metode pembuatan angka acak tersedia, tetapi umumnya sangat matematis dan berada di luar cakupan teks ini.

Jumlah Iterasi

Tentu saja, jika semua hal lain sama, menjalankan lebih banyak iterasi akan memberikan hasil yang lebih akurat. Jika seseorang perlu membenarkan atau memperkirakan jumlah iterasi yang diperlukan, seseorang dapat menggunakan opsi Pengaturan/Konvergensi dalam @RISK, dan mengatur jumlah iterasi ke Otomatis pada bilah alat utama.

Mengulang Simulasi dan Memperbaiki Benih

Simulasi dapat diulang secara tepat, jika diinginkan. Seseorang mungkin ingin melakukan ini jika hasilnya belum disimpan atau tidak sengaja tertimpa. Pada prinsipnya, pengulangan simulasi adalah latihan yang murni kosmetik (misalnya, untuk menghindari diskusi bernilai tambah rendah tentang mengapa angka P90 berubah sangat sedikit, padahal itu hanya hasil dari keacakan statistik, yang mungkin tidak memiliki pengaruh praktis pada keputusan, tetapi dapat merepotkan untuk ditangani dalam diskusi dengan manajemen!). Simulasi dapat diulang jika semua kondisi berikut terpenuhi:

- Jenis pengambilan sampel dan metode generator sama.
- Jumlah iterasi sama.

- Benih yang digunakan untuk menjalankan simulasi sama. Untuk mengulang simulasi, benih tidak perlu ditetapkan seperti itu; sebaliknya, benih simulasi sebelumnya perlu diketahui dan digunakan lagi. Namun, dalam praktiknya, sering kali perlu untuk menetapkan benih pada beberapa nomor pilihan dan menggunakannya untuk semua model yang dijalankan. Benih dapat ditetapkan di bawah Pengaturan Simulasi/Pengambilan Sampel.
- Model (dan lingkungan pemodelan) sama. Gagasan memiliki model yang sama mungkin tampak jelas, tetapi merupakan persyaratan yang halus dalam banyak hal, dan benar-benar mengacu pada lingkungan pemodelan serta model, misalnya:
- Jika posisi distribusi diubah dalam model (seperti barisnya ditukar), model akan berubah, karena setiap distribusi dapat menggunakan angka acak yang sebelumnya digunakan untuk yang lain.
- Jika distribusi ditambahkan ke model, maka model tersebut telah berubah; meskipun distribusi tersebut tidak ditautkan ke rumus apa pun dalam model, urutan angka acak akan berbeda.
- Jika buku kerja lain yang berisi @RISK terbuka saat simulasi dijalankan pada model, hasilnya secara umum akan berbeda jika buku kerja lain ini ditutup. Meskipun buku kerja lain ini tidak ditautkan ke model dalam pengertian kalkulasi apa pun, saat keduanya terbuka, keduanya akan berbagi urutan angka acak yang digunakan.

Data yang diperlukan untuk pengulangan simulasi (dengan ketentuan model dan konteksnya tidak berubah) juga terdapat sebagai bagian dari informasi dalam Laporan Cepat yang dapat dibuat dengan mengklik ikon opsi Edit dan Ekspor () pada grafik keluaran, atau menggunakan ikon Laporan Excel pada bilah alat utama.

Kecepatan Simulasi

Kecepatan simulasi @RISK sebagian besar ditentukan oleh komputer yang digunakan, serta struktur, ukuran, dan logika model. Sejumlah ide sederhana dapat digunakan untuk meminimalkan waktu proses, tetapi tentu saja ide-ide tersebut biasanya tidak akan memiliki pengaruh yang signifikan. Ide-ide tersebut meliputi (tercantum kira-kira dalam urutan yang paling mudah hingga yang paling rumit untuk diterapkan secara umum):

- Tutup buku kerja yang tidak digunakan dalam simulasi, serta aplikasi lainnya.

Dalam Pengaturan Simulasi:

- Matikan opsi Pembaruan Jendela (Tampilan) dan Tampilkan Perhitungan Ulang Excel, dan opsi pembaruan waktu nyata lainnya (dalam simulasi), termasuk pemantauan konvergensi dan pembaruan fungsi statistik selama simulasi (kecuali jika nilai antara diperlukan selama simulasi, yang jarang terjadi).
- Ubah opsi Kumpulkan Sampel Distribusi ke Tidak Ada; sebagai alternatif, tandai input tertentu dengan fungsi RiskCollect() dan ubah pengaturan ke Input yang Ditandai dengan Kumpulkan, sehingga data input untuk sampel ini akan tersedia untuk tornado dan analisis terkait.
- Hapus grafik, grafik, dan tabel yang tidak diperlukan dari model, karena ini mungkin memerlukan waktu yang signifikan untuk dihitung dan diperbarui, terutama Tabel Data

Excel. Seperti yang disebutkan dalam Bab 7, alternatifnya adalah dengan meletakkan item-item ini pada lembar kerja terpisah yang perhitungan ulangnya dimatikan selama simulasi berlangsung dan dihidupkan kembali di akhir (ditunjukkan secara terperinci dalam Bab 12).

- Kerjakan item-item yang secara umum meningkatkan kecepatan perhitungan ulang tunggal suatu model. Misalnya, pastikan bahwa semua makro menggunakan pernyataan penugasan, bukan Salin/Tempel, dan bahwa semua fungsi pencarian dipilih dengan tepat dan digunakan secara paling efisien, serta pertimbangkan apakah referensi melingkar dapat dihapus melalui perumusan ulang atau penyederhanaan model.
- Instal Excel dan @RISK secara lokal, alih-alih dijalankan melalui jaringan.
- Tingkatkan memori fisik sistem (mis. RAM).

Situs web Palisade dan sumber daya terkaitnya [atau fungsi dukungan teknisnya] mungkin dapat memberikan informasi lebih lanjut bila diperlukan.

13.4 FITUR UTAMA LAINNYA

Bagian ini menjelaskan secara singkat fitur-fitur utama @RISK lebih lanjut. Banyak di antaranya digunakan dalam contoh-contoh yang ditunjukkan sebelumnya dalam teks. Beberapa fitur ini juga dapat diimplementasikan dalam pendekatan Excel/VBA, meskipun melakukannya seringkali cukup merepotkan dan memakan waktu.

Parameter Alternatif

Sebagian besar distribusi @RISK dapat digunakan dalam bentuk parameter alternatif; yaitu ketika beberapa atau semua parameter distribusi merupakan persentil dari distribusi, bukan parameter standar. Dalam Bab 9, kami membahas manfaat melakukannya, dan juga memberikan beberapa contoh; pembaca dapat membaca diskusi tersebut untuk informasi lebih lanjut.

Fungsi Statistik Input

Selain menyediakan statistik untuk hasil simulasi, @RISK memiliki fungsi bawaan yang menyediakan statistik distribusi input. Fungsi-fungsi tersebut mengembalikan nilai "teoretis" dari fungsi distribusi inputnya, karena tidak diperlukan simulasi untuk menghitungnya. Parameter fungsi tersebut analog dengan parameter untuk keluaran, kecuali bahwa sumber data adalah sel yang berisi fungsi distribusi (bukan kalkulasi keluaran), dan namanya diubah sebagaimana mestinya, yaitu RiskTheoMean, RiskTheoStddev, RiskTheoPtoX, RiskTheoXtoP, dan seterusnya. Fungsi-fungsi tersebut khususnya sangat ampuh ketika digunakan bersama dengan formulasi parameter alternatif, misalnya:

- Seseorang dapat menggunakan RiskTheoMax untuk menemukan nilai maksimum dari distribusi terbatas yang dibuat menggunakan angka P90 dalam bentuk parameter alternatif.
- Seseorang dapat menggunakan RiskTheoPtoX untuk menemukan nilai persentil untuk distribusi yang dibuat dengan parameter standar, atau RiskTheoMode untuk menemukan modus distribusi tersebut.

Teknik-teknik ini dapat dikombinasikan untuk memperkirakan satu distribusi dengan distribusi lainnya dengan mencocokkan angka persentil atau parameter lainnya, seperti yang ditunjukkan dalam Bab 9.

Membuat Ketergantungan dan Korelasi

Sebelumnya dalam teks ini, kita membahas topik pemodelan ketergantungan, termasuk teknik untuk menangkap ketergantungan umum (Bab 7) dan ketergantungan antara sumber risiko (Bab 11); dalam kasus terakhir ini, kita mencatat bahwa ketergantungan tersebut dapat berupa bentuk yang bergantung pada parameter (yang diimplementasikan melalui rumus Excel) atau bentuk pengambilan sampel (yang diimplementasikan melalui algoritme yang digunakan untuk menghasilkan angka acak, dan mencakup pembuatan sampel berkorelasi atau yang ditautkan melalui fungsi kopula).

Di @RISK, pembuatan pengambilan sampel berkorelasi mudah dilakukan dengan menggunakan ikon Tentukan Korelasi untuk membuat matriks korelasi di Excel, yang kemudian diisi dengan data atau estimasi. Seperti yang disebutkan di Bab 11, nilai yang digunakan dalam matriks (final) ini juga dapat diambil dari nilai yang dihitung dalam matriks lain (seperti yang dihasilkan dari penggunaan fungsi array RiskCorrectCorrmat untuk memodifikasi matriks [asli] yang tidak konsisten atau tidak valid). Pada Bab 11, kami juga menyebutkan bahwa deret waktu yang berkorelasi hanya dalam periode tertentu dapat dibuat menggunakan ikon ini. Deret berkorelasi juga sering muncul saat menggunakan fitur Deret Waktu secara eksplisit (seperti Deret Waktu/Fit), yang akan disebutkan secara singkat nanti.

Diagram Sebar dan Grafik Tornado

Salah satu keuntungan signifikan penggunaan @RISK dibandingkan Excel/VBA adalah kemudahan dan fleksibilitas dalam membuat tampilan visual data hasil. Tentu saja, saat menggunakan tampilan tersebut, penting untuk tidak melupakan pesan utama yang mungkin ditampilkan oleh tampilan tersebut. Seperti yang dibahas dalam Bab 7, dalam beberapa kasus, seseorang umumnya perlu merancang model sehingga grafik yang sesuai dapat ditampilkan kepada para pengambil keputusan, dan agar model tersebut selaras dengan proses penilaian risiko umum.

Ada serangkaian opsi grafis yang besar (dan terus bertambah) dalam @RISK, sehingga tidak mungkin untuk membahasnya secara komprehensif. Di bagian ini, kami akan membahas secara singkat diagram sebar dan beberapa aspek grafik tornado, dengan mengingat bahwa beberapa konsep dasar telah dibahas di Bab 8, dan beberapa hasil yang menggunakan diagram sebar telah disajikan di berbagai tempat lain dalam teks (Bab 4 dan 11). Pembaca yang tertarik dengan penyajian yang lebih luas tentang opsi dalam @RISK tentu saja dapat menjelajahi kemungkinan tampilan dengan merujuk ke Bantuan @RISK dan sumber daya lainnya.

Penting untuk diingat bahwa hubungan yang ditunjukkan melalui diagram sebar juga mencerminkan efek hubungan ketergantungan. Misalnya, jika variabel X dari diagram sebar sangat terkait dengan variabel lain (seperti berkorelasi positif dengannya), maka setiap perubahan dalam nilai X akan dikaitkan dengan perubahan pada variabel lain, sehingga variabel Y dapat berubah secara signifikan, bahkan jika hubungan langsung yang tampak antara X dan Y tidak sekuat itu. Secara default, diagram sebar @RISK menunjukkan keluaran

pada sumbu y dan masukan pada sumbu x. Akan tetapi, sering kali berguna untuk menunjukkan nilai keluaran pada setiap sumbu (misalnya, pendapatan dan biaya, yang masing-masing merupakan hasil dari beberapa proses yang tidak pasti).

Selain itu, seseorang mungkin juga tertarik pada tampilan yang setara di mana nilai-X adalah nilai yang terkait dengan beberapa item yang awalnya tidak disertakan dalam model (seperti total biaya hotel, yaitu ketidakpastian dasar dan risiko kejadian secara bersamaan). Salah satu cara untuk menampilkan item tersebut adalah dengan membuat sel model baru yang berisi perhitungan ini, dan menetapkan sel ini sebagai keluaran simulasi, sehingga nilainya dicatat dan diagram sebar dapat dibuat.

Gambar 13.16 contoh untuk mengilustrasikan beberapa opsi tampilan. Model tersebut merupakan perluasan dari model yang ditunjukkan pada Bab 7 (yang berisi faktor pendorong umum ketidakpastian), dengan perluasan untuk membuat ketergantungan parameter (seperti yang dibahas pada Bab 11); yaitu, biaya tenaga kerja unit (sel G3) adalah nilai yang tidak pasti yang menentukan nilai yang paling mungkin untuk setiap elemen biaya lainnya, yang juga tidak pasti. Total biaya proyek adalah jumlah dari elemen-elemen biaya yang tidak pasti ini, tetapi tentu saja biaya tenaga kerja per unit tidak termasuk dalam perhitungan total biaya.

Gambar 13.16 berisi potongan layar dari berkas tersebut, yang di dalamnya semua ketidakpastian dimodelkan sebagai distribusi PERT. Setelah simulasi, seseorang dapat membuat diagram sebar keluaran terhadap sel lain (selama sel terakhir ini telah ditetapkan sebagai keluaran, atau merupakan distribusi masukan, termasuk yang mungkin telah ditetapkan menggunakan fungsi RiskMakeInput; lihat nanti). Gambar 13.17 menunjukkan diagram sebar total biaya proyek terhadap biaya tenaga kerja per unit. Kita dapat melihat bahwa ada kemungkinan sekitar 80% bahwa proyek tersebut akan menelan biaya lebih dari dasar awal sebesar Rp. 50.000.000; untuk melihatnya, kita dapat menjumlahkan dua persentase yang berada di atas titik ini pada sumbu y ini (seperti dalam Bab 7, nilai dasar adalah nilai saat setiap masukan ditetapkan ke nilai yang paling mungkin).

Kita juga dapat melihat bahwa ada korelasi sekitar 80% antara item-item tersebut. Sehubungan dengan diagram tornado, ada banyak kemungkinan variasi tampilan grafik tornado, yang dibahas secara singkat di bawah ini. Grafik tornado klasik (yaitu grafik yang dihasilkan dalam versi perangkat lunak yang lebih lama, seperti sebelum versi 5, yang dirilis pada tahun 2008) menyediakan dua kemungkinan tampilan utama:

- Bentuk korelasi.
- Bentuk regresi.

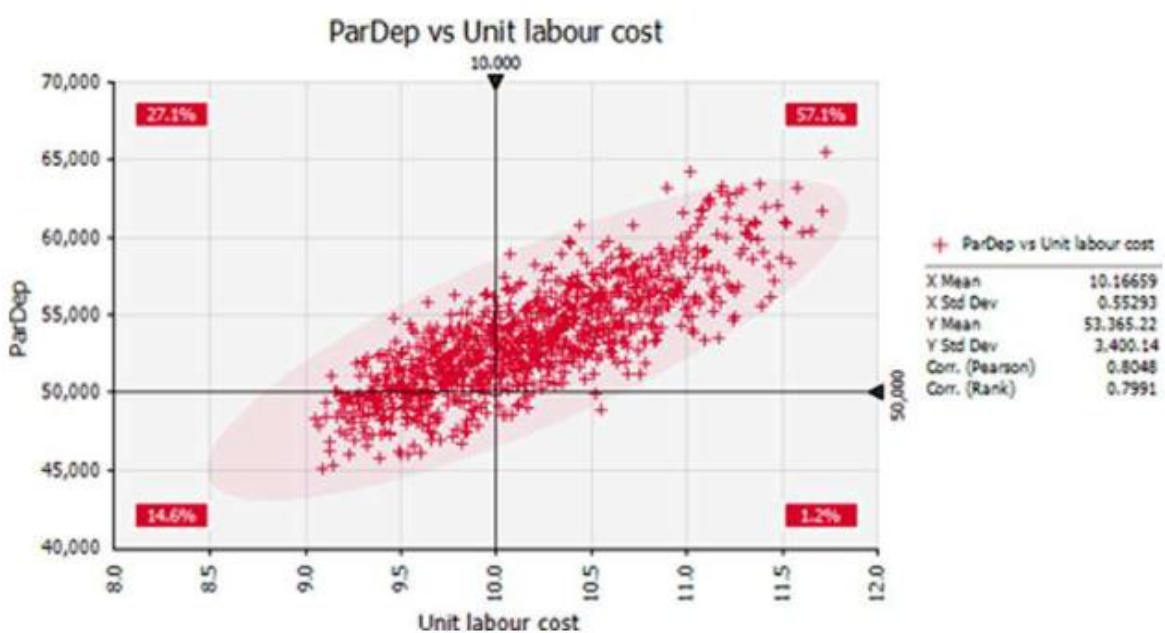
Bentuk korelasi menunjukkan koefisien korelasi antara keluaran yang dipilih dan masukan. Beberapa poin khusus perlu diperhatikan:

- Perhitungan koefisien korelasi biasanya memerlukan kumpulan data yang besar agar sangat andal (yaitu memiliki interval kepercayaan yang cukup sempit); perbedaan kecil antara koefisien biasanya tidak penting.
- Mengenai diagram sebar, ukuran tersebut, secara default, secara implisit akan mencakup efek dari hubungan ketergantungan apa pun dalam model, dan merupakan ukuran yang valid ketika ketergantungan tersebut ada.

Poin-poin ini dapat diilustrasikan dengan contoh yang sama seperti di atas. Gambar 13.18 menunjukkan diagram tornado dari koefisien korelasi menggunakan pengaturan default (dalam @RISK 6.3, dengan Analisis Sensitivitas Cerdas diaktifkan) dan menjalankan 1000 iterasi. Kita melihat bahwa koefisien korelasi tidak semuanya identik, meskipun setiap distribusi memiliki peran dan nilai parameter yang sama. (Perhatikan bahwa bilah tornado dapat diberi nama yang sesuai dengan menggunakan ikon Properti [] di dalam jendela Tentukan Distribusi untuk mengetikkan nama yang diinginkan [atau mengambilnya dari referensi sel], yang menghasilkan fungsi properti RiskName yang muncul dengan daftar argumen fungsi distribusi utama.)

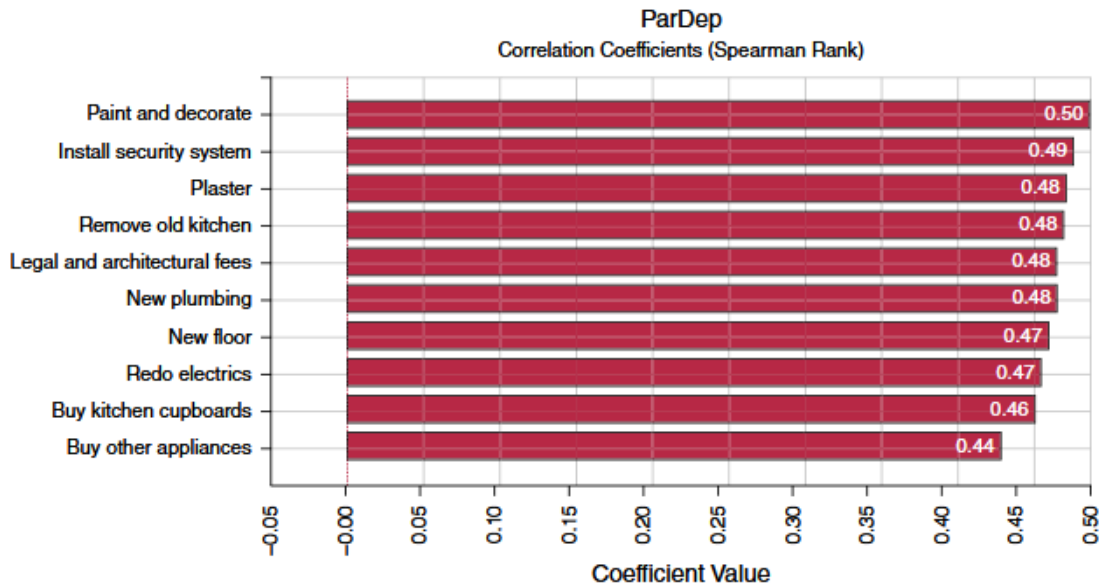
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2				Min	ML	Max	PERT
3		Unit labour cost		9	10	12	9.5
4							
5		Description	Cost/unit: ML	Min	ML	Max	PERT
6				80%		80%	
7		Remove old kitchen	500	3806	4757	7136	5086
8		Redo electrics	500	3806	4757	7136	4932
9		New plumbing	500	3806	4757	7136	4749
10		Plaster	500	3806	4757	7136	4154
11		Paint and decorate	500	3806	4757	7136	5057
12		New floor	500	3806	4757	7136	4360
13		Buy kitchen cupboards	500	3806	4757	7136	5310
14		Buy other appliances	500	3806	4757	7136	6061
15		Install security system	500	3806	4757	7136	5091
16		Legal and architectural fees	500	3806	4757	7136	4265
17		Total					49065

Gambar 13.16 Model Biaya dengan Penggerak Umum Nilai Paling Mungkin untuk Setiap Item yang Tidak Pasti

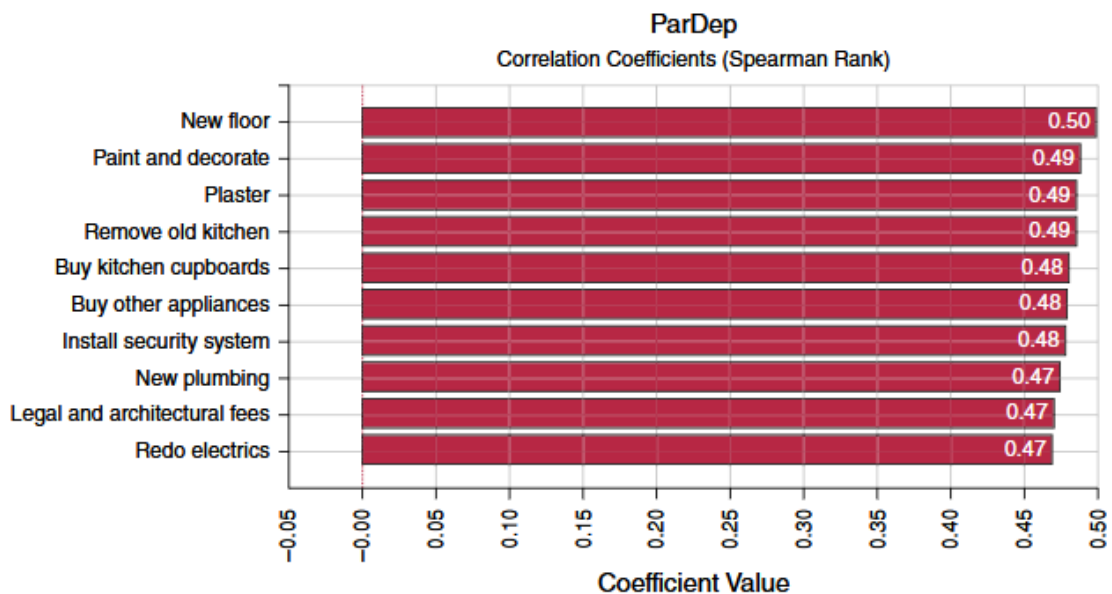


Gambar 13.17 Diagram Sebar Total Biaya terhadap Biaya Tenaga Kerja Unit

Bagan serupa saat 10.000 iterasi dijalankan ditunjukkan pada Gambar 13.19, yang menunjukkan bahwa koefisien lebih mendekati satu sama lain dalam nilai.



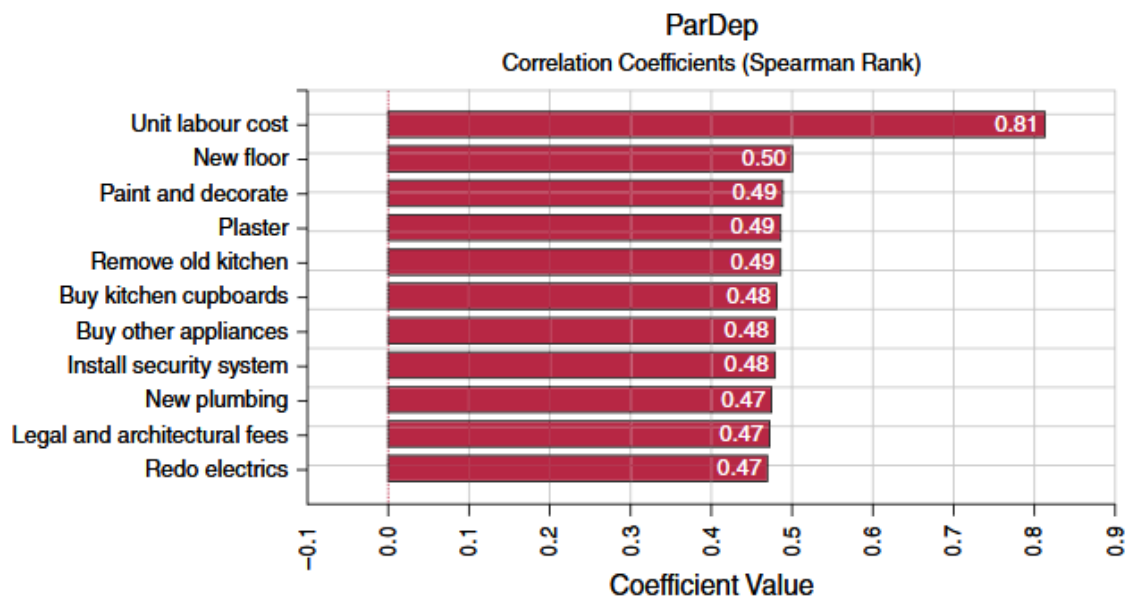
Gambar 13.18 Bagan Tornado Koefisien Korelasi dengan Analisis Sensitivitas Cerdas Diaktifkan (1000 Iterasi)



Gambar 13.19 Bagan Tornado Koefisien Korelasi dengan Analisis Sensitivitas Cerdas Diaktifkan (10.000 Iterasi)

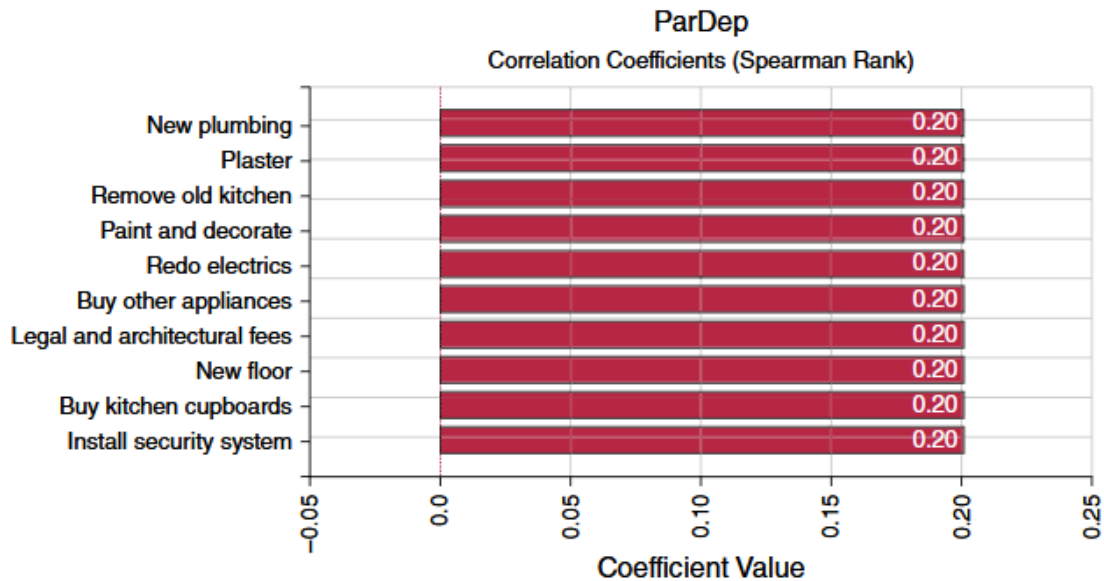
Perhatikan bahwa grafik tidak menunjukkan biaya tenaga kerja unit sebagai item; ini karena pengaturan default telah menyaring item ini. Dengan menonaktifkan Analisis Sensitivitas Cerdas (menggunakan tab Pengambilan Sampel di bawah Pengaturan Simulasi, misalnya), seseorang dapat menghasilkan bagan seperti pada Gambar 13.20, di mana item ini berada di

tempat pertama. Pengguna yang memutuskan bahwa bilah tersebut tidak akan ditampilkan sama sekali dapat mengklik kanan pada bilah tersebut untuk menyembunyikannya, dan tidak perlu mengubah pengaturan dan menjalankan ulang simulasi. Perhatikan bahwa dalam model ini, penggunaan opsi Koefisien Regresi akan menghasilkan grafik seperti pada Gambar 13.21. Dengan kata lain, koefisiennya berukuran sama, tetapi tidak cocok dengan koefisien korelasi. Selain itu, item biaya tenaga kerja unit dikecualikan meskipun opsi Analisis Sensitivitas Cerdas dijalankan pada pengaturan yang dinonaktifkan.



Gambar 13.20 Bagan Tornado Koefisien Korelasi dengan Analisis Sensitivitas Cerdas Dinonaktifkan

Kita dapat mengingat dari pembahasan di Bab 8 bahwa kemiringan garis regresi (tradisional, kuadrat terkecil) yang berasal dari data dalam diagram sebar terkait erat dengan koefisien korelasi antara nilai X dan Y, dan dengan deviasi standar masing-masing. Namun, analisis regresi tersebut biasanya hanya valid jika inputnya independen, yang dalam kasus ini tidak demikian. Gambar 13.22 contoh di mana item yang tidak pasti semuanya independen. Dari Gambar 13.22, orang dapat melihat bahwa opsi Koefisien Regresi dalam kasus ini memiliki koefisien yang mirip dengan yang akan dihasilkan oleh opsi Koefisien Korelasi, yang ditunjukkan pada Gambar 13.23.

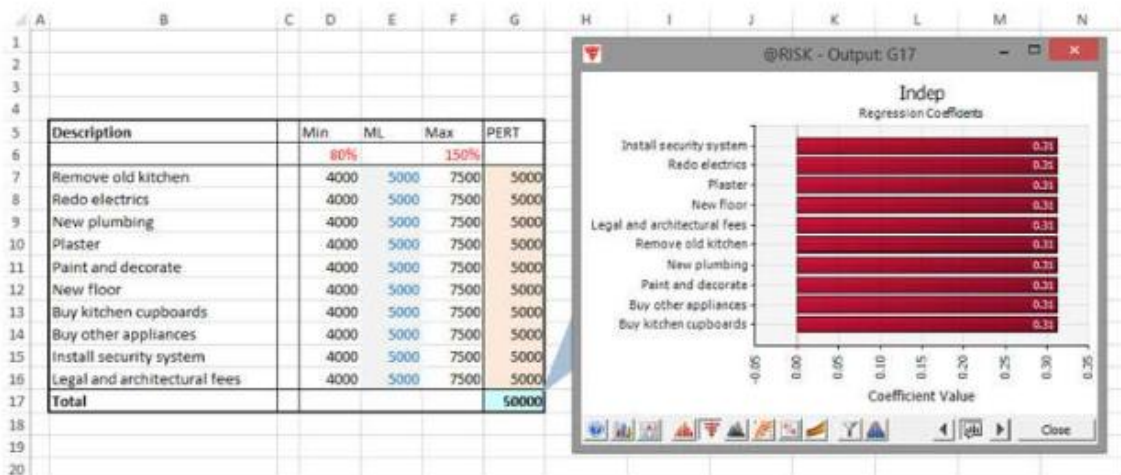


Gambar 13.21 Bagan Tornado Koefisien Regresi

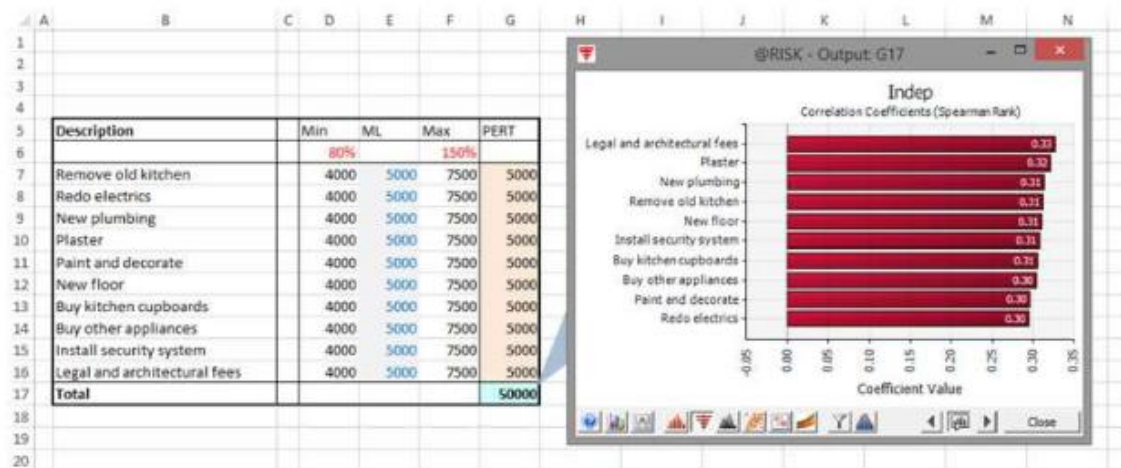
Dalam kasus di mana item-itemnya independen, jumlah kuadrat koefisien regresi akan bertambah menjadi satu, dan karenanya angka kuadrat ini mewakili kontribusi terhadap varians dari total output. Pilihan untuk menampilkan grafik tornado adalah Nilai yang Dipetakan Regresi. Seperti yang dibahas dalam Bab 8, kemiringan garis regresi yang ditempatkan melalui diagram sebar terkait dengan koefisien korelasi dan deviasi standar masing-masing:

$$Slope = \frac{\rho_{xy}\sigma_y}{\sigma_x}$$

Karena kemiringan menggambarkan jumlah pergerakan nilai y jika nilai x berubah satu satuan, jelas bahwa jika nilai x diubah sebesar σ_x maka nilai y akan berubah sebesar $\rho_{xy}\sigma_y$. Dengan demikian, nilai yang dipetakan dapat langsung diturunkan dari nilai koefisien regresi (yaitu koefisien korelasi yang diturunkan melalui regresi) dengan mengalikan masing-masing dengan deviasi standar keluaran. Sekali lagi, perhitungan tersebut hanya masuk akal jika distribusi masukan bersifat independen satu sama lain, karena dengan adanya ketergantungan, pergerakan satu variabel akan dikaitkan dengan pergerakan variabel lain, sehingga keluaran akan dipengaruhi oleh lebih dari yang tersirat melalui perubahan satu variabel saja.

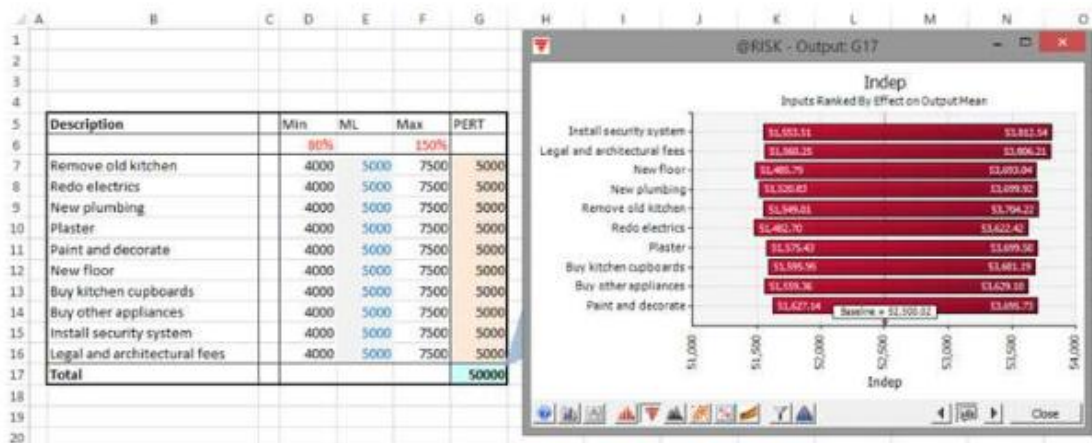


Gambar 13.22 Bagan Tornado Koefisien Regresi untuk Item Independen

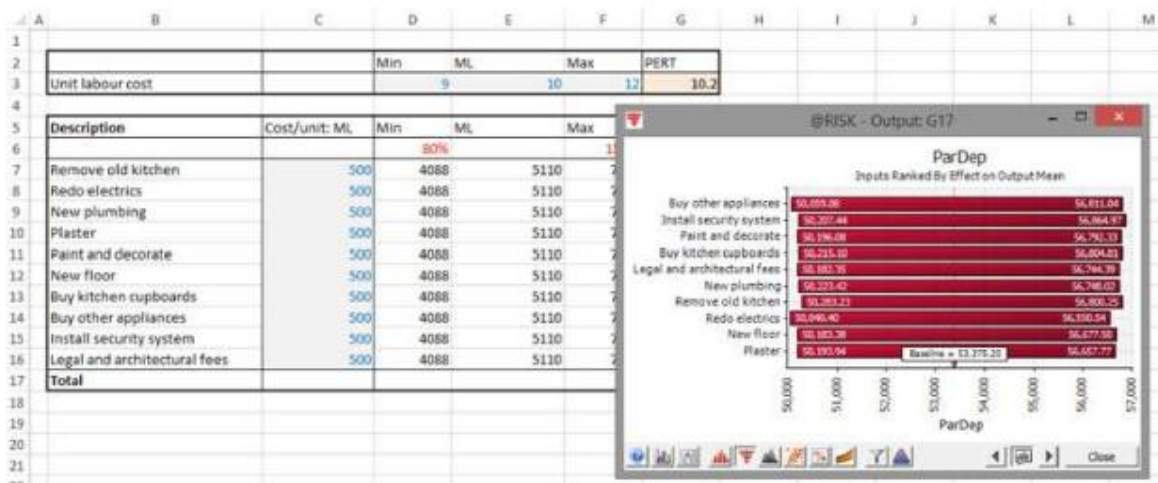


Gambar 13.23 Bagan Tornado Koefisien Korelasi untuk Item Independen

Bentuk lain dari bagan tornado adalah Perubahan Rata-rata Keluaran. Hal ini pada dasarnya berbeda dengan grafik tornado yang dibahas di atas, karena tidak didasarkan pada koefisien korelasi. Sebaliknya, nilai rata-rata (bersyarat) dari output dihitung untuk nilai input yang rendah dan juga untuk nilai input yang tinggi. Gambar 13.24 menunjukkan contoh (menggunakan model di mana item-itemnya independen). Terkait dengan grafik tersebut, hal-hal berikut ini perlu diperhatikan: Terdapat beberapa kesalahan statistik di dalamnya, dalam arti bahwa batang-batangnya tidak berukuran sama, meskipun variabel-variabelnya memiliki peran dan nilai yang sama.



Gambar 13.24 Penggunaan Grafik Tornado Rata-rata Perubahan Output: Item Independen



Gambar 13.25 Penggunaan Grafik Tornado Rata-rata Perubahan Output: Item dengan Penggerak Risiko Umum

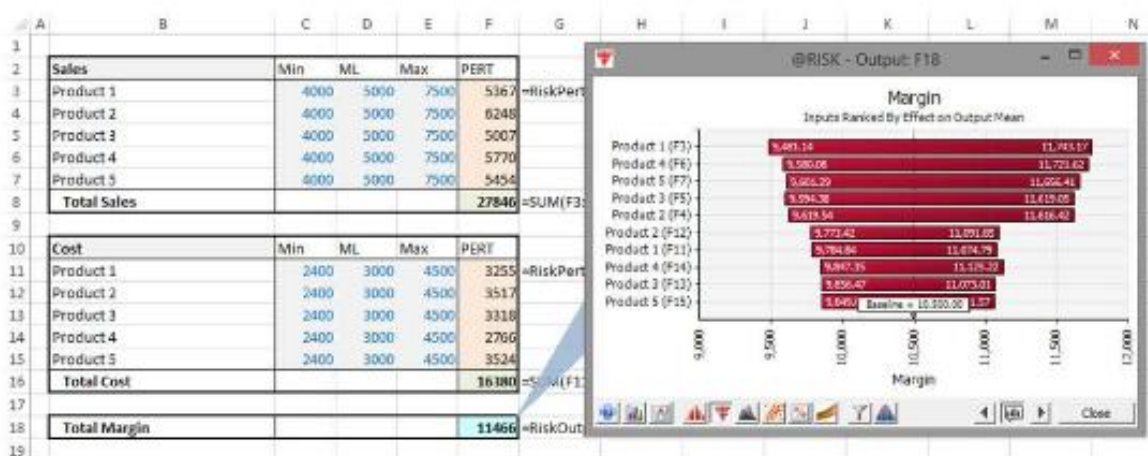
- Ketergantungan antara item akan tercermin dalam grafik. Gambar 13.25 menunjukkan grafik ekuivalen untuk model yang memiliki kausalitas umum (sebagian), seperti yang dijelaskan sebelumnya.
- Tidak ada arah yang jelas dari efek peningkatan nilai variabel (tidak seperti grafik yang digerakkan oleh korelasi); lihat Gambar 13.26 dan 13.27.

Gambar 13.26 berisi contoh di mana margin yang dihasilkan oleh perusahaan dihitung sebagai selisih antara total penjualan lima produk dan biaya produksi produk, dengan asumsi bahwa semua item bersifat independen. Gambar 13.26 menunjukkan model yang menggunakan diagram tornado Change in Output Mean, dan Gambar 13.27 menunjukkan diagram Regression-Mapped Values. Dari pembahasan di atas, dan juga mengaitkannya dengan poin-poin yang lebih umum yang dibuat sebelumnya dalam teks, sejumlah poin sering kali perlu diingat saat menggunakan diagram tornado dalam praktik:

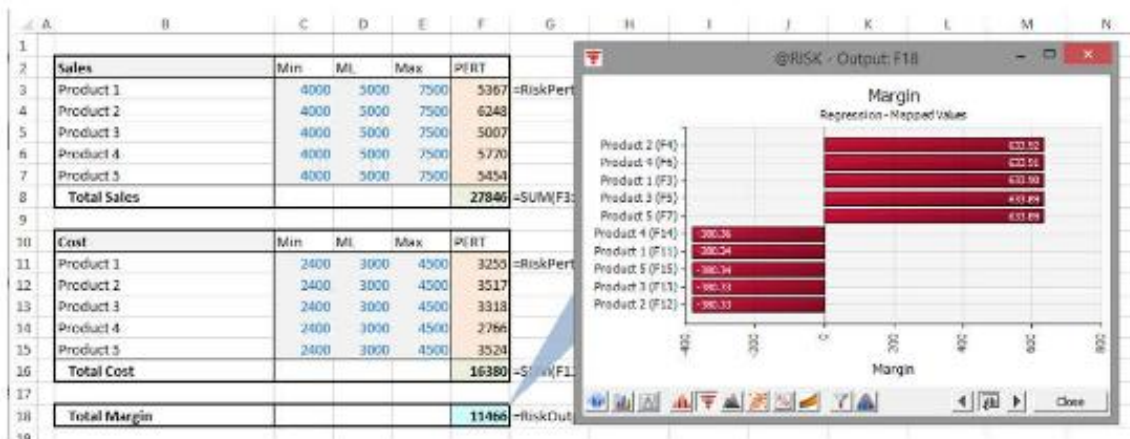
- Bagan tersebut menunjukkan dampak variabilitas item yang tidak pasti, sedangkan

(seperti yang dibahas dalam Bab 7), dalam banyak kasus, dampak keputusanlah yang sering kali sama atau lebih penting dari perspektif pengambilan keputusan; dengan demikian, orang tidak boleh mengabaikan bahwa "badai keputusan" mungkin perlu diproduksi oleh proses eksplisit yang terpisah.

- Secara umum, karena ada berbagai macam kemungkinan tampilan, dan beberapa di antaranya tidak mudah untuk ditafsirkan dengan tepat, orang perlu mempertahankan fokus yang tajam pada tujuan dan aspek komunikasi umum.
- Grafik tornado sering kali dapat dengan cepat memberikan beberapa wawasan umum yang berguna (bagi pemodel) tentang perilaku model, dan kontribusi berbagai masukan model terhadap profil risiko keseluruhan, bahkan jika tidak digunakan untuk tahap komunikasi atau proses berikutnya.
- Grafik mungkin memiliki peran yang berbeda pada berbagai tahap proses penilaian risiko
- Awalnya, grafik tersebut dapat memberikan beberapa ide tentang di mana mencari kemungkinan mitigasi. Meski demikian, jangan sampai kita abaikan bahwa grafik tidak akan memberikan wawasan tentang faktor-faktor yang bersifat eksogen terhadap model, termasuk keputusan proyek mana yang mungkin tersedia, atau apakah item risiko tertentu dapat dikurangi sama sekali, atau berapa biayanya.
- Nantinya dalam proses tersebut (seperti ketika semua keputusan proyek telah diambil, dan semua tindakan mitigasi telah direncanakan), grafik tersebut dapat memberikan wawasan tentang sumber risiko residual, yang menurut definisinya, adalah risiko yang telah disimpulkan tidak dapat dikendalikan dengan cara yang efisien secara ekonomi.
- Jadi, dalam kedua kasus tersebut, grafik mungkin lebih relevan bagi partisipan proyek daripada bagi manajemen senior (sementara tornado keputusan jauh lebih relevan bagi kelompok tersebut).



Gambar 13.26 Penggunaan Grafik Tornado Rata-rata Perubahan Output untuk Model dengan Variabel yang Bertindak dalam Arti Positif dan Negatif



Gambar 13.27 Penggunaan Grafik Tornado Nilai Regresi yang Dipetakan untuk Model dengan Variabel yang Bertindak dalam Arti Positif dan Negatif

Aplikasi Khusus Distribusi

@RISK berisi beberapa distribusi yang tidak mudah tersedia dalam pendekatan Excel/VBA, atau yang sering kali berguna karena alasan lain. Bagian ini menjelaskan beberapa di antaranya secara singkat. Fungsi RiskMakeInput dapat digunakan untuk menandai sel Excel yang dihitung sehingga @RISK memperlakukannya (untuk tujuan analisis hasil) seolah-olah itu adalah distribusi; yaitu, selama simulasi (saat nilai sel berubah jika memiliki distribusi lain sebagai preseden), nilai dalam sel dicatat, sedangkan presedennya diabaikan.

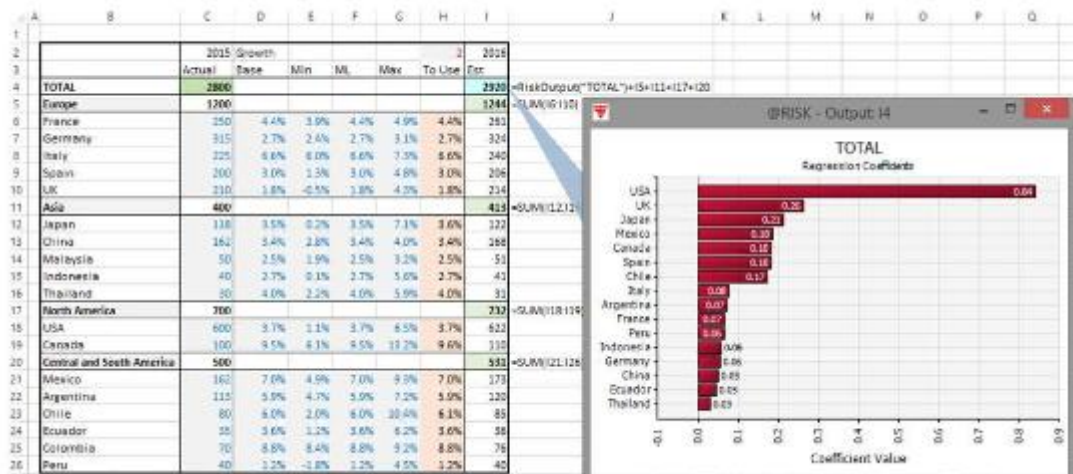
Nilai yang direkam membentuk serangkaian titik yang untuk tujuan analisis (seperti produksi diagram sebar atau diagram tornado) diperlakukan seolah-olah itu adalah nilai yang direkam dari distribusi input "murni" lainnya; perbedaan utamanya adalah bahwa nilai distribusi preseden tidak lagi digunakan dalam analisis. Bagi pembaca yang telah mempelajari Bab 12, penggunaan fungsi ini akan sama dengan menangkap nilai dalam sel seolah-olah itu adalah keluaran simulasi lainnya, dan kemudian mengabaikan distribusi preseden dalam analisis apa pun; dengan demikian, prosedur yang setara sudah tersedia di Excel. Ada beberapa potensi penggunaan fungsi yang penting dalam praktik:

- Untuk menggabungkan risiko yang lebih kecil menjadi satu risiko yang lebih besar.
- Untuk memperlakukan data ringkasan tingkat kategori seolah-olah itu adalah masukan.
- Dalam daftar risiko, untuk menggabungkan proses kejadian dan dampak, sehingga keduanya disajikan sebagai risiko tunggal.

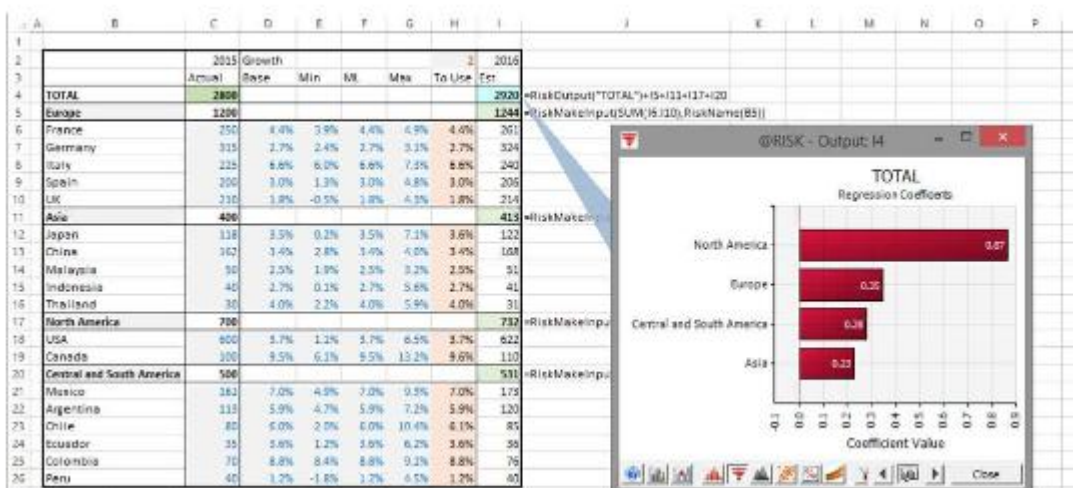
Berikut ini menunjukkan contoh-contohnya. Gambar 13.28 menunjukkan model di mana perkiraan pendapatan untuk perusahaan ditetapkan dengan memperkirakan pendapatan masa depan untuk setiap negara, dengan total regional juga ditampilkan; ada sel sakelar untuk memungkinkan penggunaan kasus dasar atau kasus risiko. Gambar 13.28 menunjukkan tornado regresi yang dihasilkan dari menjalankan model risiko.

Dalam praktiknya, mungkin diinginkan untuk melihat grafik tornado tersebut berdasarkan perincian regional; namun, total regional bukanlah input model. Gambar 13.29 berisi penggunaan fungsi RiskMakeInput, yang telah ditempatkan di sekitar perhitungan total regional. Gambar 13.29 memperlihatkan model dan grafik tornado yang dihasilkan (perhatikan

juga penggunaan fungsi RiskName yang digunakan dalam RiskMakeInput).



Gambar 13.28 Bagan Tornado untuk Model dengan Banyak Item Baris

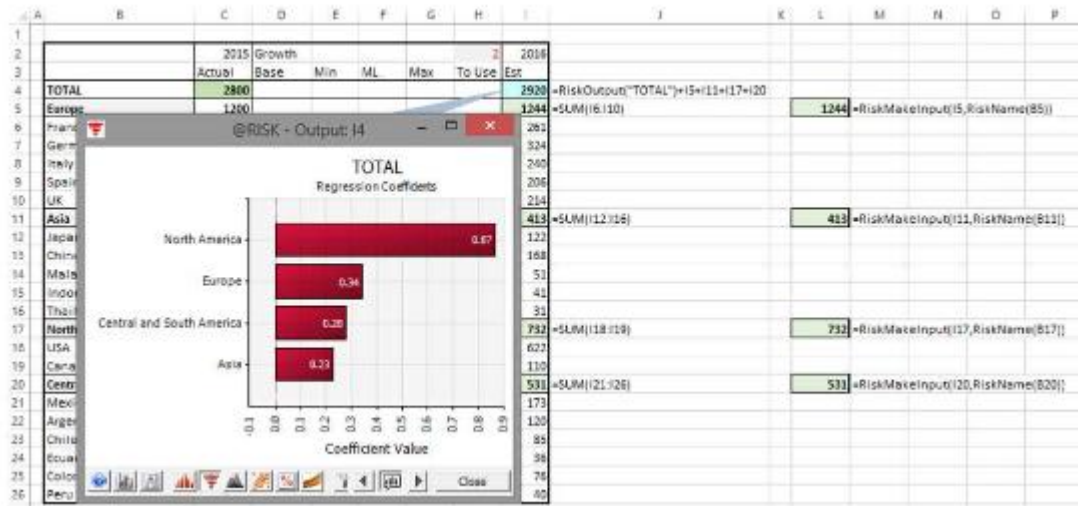


Gambar 13.29 Bagan Tornado untuk Model dengan Item Ringkasan Menggunakan RiskMakeInput

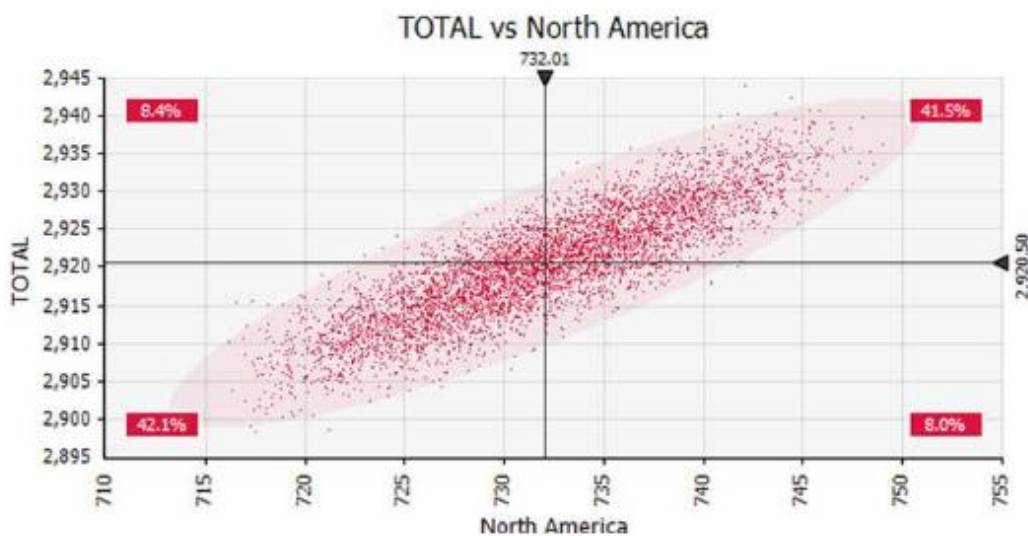
Perhatikan bahwa, dalam praktiknya, penempatan fungsi tersebut di sekitar rumus lain (yaitu parameter fungsi RiskMakeInput) mungkin sulit dilakukan dan rentan terhadap kesalahan; prosedur alternatif adalah membuat sel "dummy", yang tidak memiliki peran dalam perhitungan model yang sebenarnya, tetapi merupakan sel (ditempatkan di mana saja dalam model) yang berisi fungsi RiskMakeInput yang parameternya hanyalah referensi ke perhitungan model asli yang ingin diperlakukan sebagai input.

Pendekatan ini menghasilkan hasil yang sama hanya karena semua preseden pada perhitungan aktual diabaikan, dengan sel yang diubah menjadi input menyediakan data pasca-simulasi yang digunakan untuk menghasilkan bagan. File Gambar 13.20 berisi contoh, yang ditunjukkan pada Gambar 13.30 (sel yang terisi di kolom L adalah sel tiruan); grafik tornado memiliki profil hasil yang sama seperti pada contoh sebelumnya, tetapi tidak diperlukan

intervensi dalam model itu sendiri. Perhatikan bahwa diagram sebar juga dapat dibuat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.31 untuk total penjualan dibandingkan dengan penjualan di wilayah Amerika Utara.



Gambar 13.30 Penggunaan RiskMakeInput sebagai Sel Dummy dalam Model



Gambar 13.31 Diagram Sebar Total Pendapatan Dibandingkan dengan Amerika Utara

Prinsip yang sama berlaku dalam konteks daftar risiko, seperti yang ditunjukkan di bawah ini. File Gambar 13.32 menunjukkan daftar risiko dengan grafik tornado dari total simulasi; secara default, setiap sumber risiko (yaitu distribusi) adalah input, sehingga kejadian dan dampaknya ditunjukkan dengan batang terpisah pada diagram tornado (batang); lihat Gambar 13.32. Gambar 13.32 pada dasarnya memuat model yang sama, tetapi sel tambahan (kolom M) disertakan, yang merupakan referensi sel sederhana ke kolom terhitung K, dan sel-sel ini merupakan argumen untuk fungsi RiskMakeInput.

Gambar 13.33 memperlihatkan model yang dihasilkan dan grafik tornado. Fungsi lain

yang berguna adalah RiskCompound. Properti dasarnya adalah untuk secara langsung menyediakan hasil penambahan sejumlah sampel acak secara bersamaan. Misalnya, seseorang dapat menguji efek penambahan dua distribusi kontinu seragam (yang kita ketahui dari Bab 9 menghasilkan distribusi segitiga), dengan hanya menempatkan rumus Tunggal

$$C4 = \text{RiskCompound}(2, \text{RiskUniform}(0,1))$$

dalam sel Excel (dalam kasus ini, sel C4), dan menjalankan simulasi. Gambar 13.34 menunjukkan hasil dari hal ini. Tentu saja, penggunaan utama fungsi ini menyangkut kasus-kasus di mana jumlah distribusi yang akan ditambahkan tidak tetap dan dampak masing-masing tidak pasti (dan independen satu sama lain):

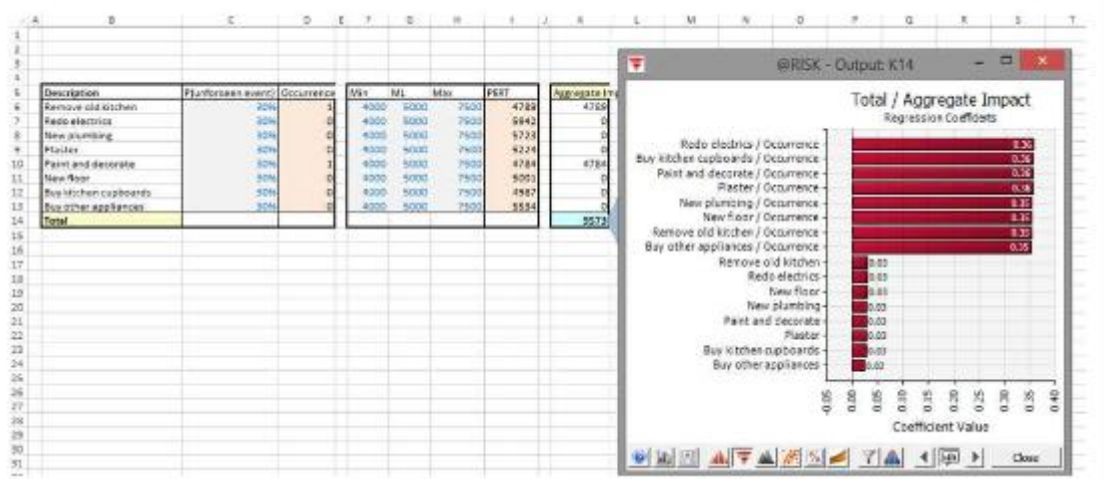
- Jika jumlah item diketahui, maka seseorang dapat dengan mudah menempatkan setiap distribusi dampak yang mendasarinya dalam sel Excel yang terpisah dan menjumlahkannya.
- Jika dampaknya adalah angka tetap, maka angka tetap ini dapat dikalikan dengan jumlah item (yang tidak pasti).

Fungsi ini menjumlahkan sampel-sampel distribusi dampak yang independen; seseorang tidak dapat dengan mudah mengalikan jumlah item dengan satu angka dampak, karena ini akan menyiratkan bahwa dampak dari semua proses sepenuhnya bergantung satu sama lain (yaitu semua tinggi atau semua rendah secara bersamaan), dan dengan demikian akan menciptakan rentang yang lebih luas (biasanya tidak tepat). Aplikasi meliputi operasi dan asuransi:

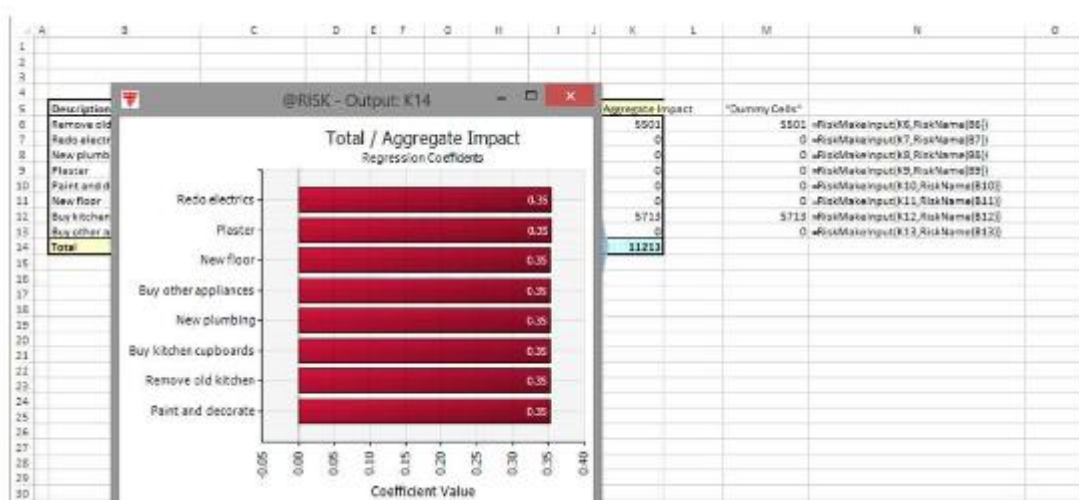
- Jumlah panggilan layanan pelanggan yang masuk per menit mungkin tidak pasti, begitu pula waktu (atau sumber daya) yang diperlukan untuk melayani panggilan tersebut.

Jumlah kecelakaan mobil di suatu wilayah per bulan mungkin tidak pasti, begitu pula dampaknya (atau kerugian asuransi) untuk setiap kecelakaan. Daftar risiko umum, di mana risiko dapat terjadi lebih dari satu kali, tetapi masing-masing memiliki dampak yang berbeda. Fungsi ini juga dapat diterapkan dalam peramalan bisnis umum, di mana item generik digunakan.

Misalnya, pelanggan baru generik (yaitu tidak diketahui dan tidak spesifik) dapat membeli dalam jumlah yang tidak pasti tahun depan, dan seseorang mungkin ingin membuat ramalan di mana jumlah pelanggan baru adalah angka yang tidak pasti dari dalam berbagai prospek umum. Gambar 13.35 berisi contoh yang berisi daftar item, yang setiap "risiko" dapat terjadi lebih dari satu kali (item tersebut dapat berupa jumlah pelanggan dengan jenis pertanyaan tertentu yang menghubungi pusat layanan pelanggan, misalnya).

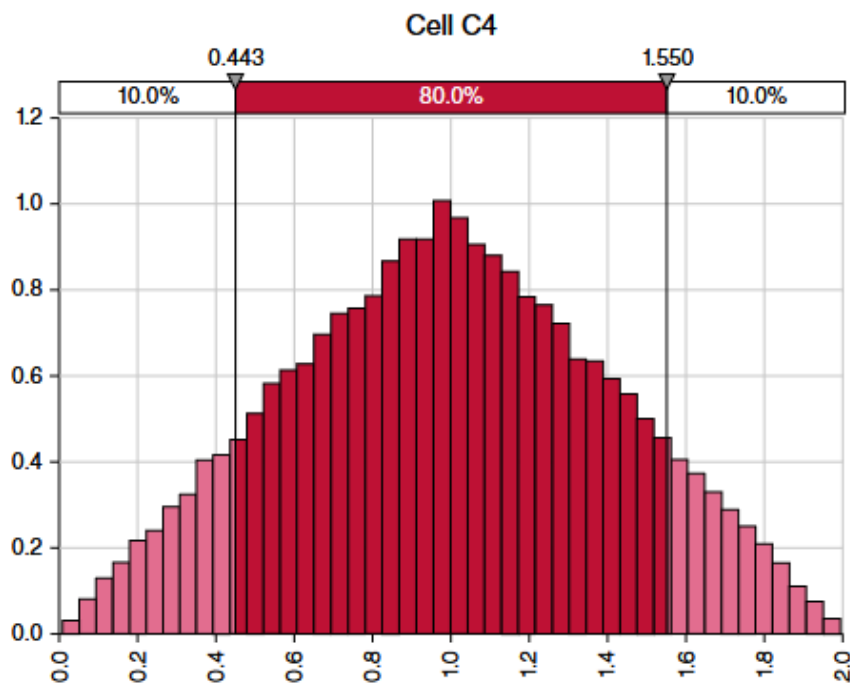


Gambar 13.32 Bagan Tornado Risiko dengan Distribusi Kejadian dan Dampak Terpisah



Gambar 13.33 Bagan Tornado dengan Kejadian dan Dampak yang Digabungkan Menjadi Satu Faktor Risiko

Intensitas kejadian adalah parameter yang digunakan dalam distribusi Poisson di kolom D (kolom ini akan berisi distribusi Bernoulli dalam daftar risiko tradisional). Kolom K berisi fungsi RiskCompound, yang menjumlahkan sejumlah sampel independen dari distribusi dampak, dengan angka ini adalah angka yang diambil sampelnya oleh proses Poisson. Gambar 13.35 menunjukkan klip layar model dan hasil simulasi. Meskipun tidak ditampilkan di sini, pembaca akan dapat memverifikasi bahwa diagram tornado dari keluaran memperlakukan item di kolom K (yaitu distribusi gabungan) sebagai masukan, sehingga tidak perlu secara eksplisit juga menggunakan fungsi RiskMakeInput untuk melakukannya.



Gambar 13.34 Proses Segitiga sebagai Distribusi Gabungan

Output Grafis Tambahan dan Alat Analisis

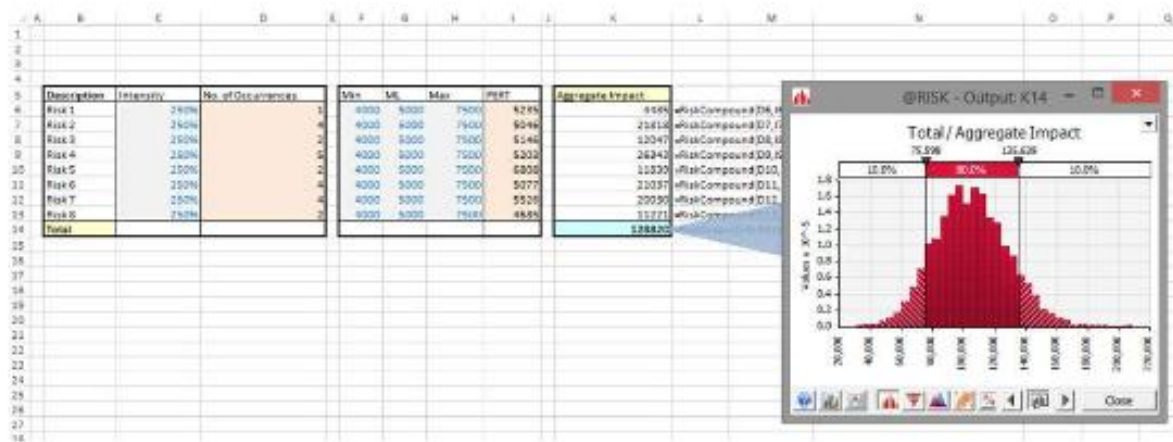
Ada berbagai macam kemungkinan tampilan grafis dan pelaporan lainnya dengan @RISK. Beberapa di antaranya adalah:

Laporan Cepat. Ini adalah ringkasan satu halaman yang berguna yang berisi grafik dan statistik utama untuk setiap keluaran, termasuk merekam data yang diperlukan untuk mengulang simulasi pada prinsipnya (misalnya jika model atau lingkungan pemodelan tidak berubah). Ringkasan Plot tren untuk rangkaian data waktu (diagram "kipas"); contoh digunakan dalam Bab 11 dalam model mengenai pengembangan pangsa pasar dari waktu ke waktu. Laporan Excel. Ikon bilah alat ini memungkinkan seseorang untuk membuat sejumlah laporan di Excel. Fitur analisis tambahan (di bawah ikon Analisis Lanjutan) meliputi:

- Pencarian Sasaran. Ini analog dengan Pencarian Sasaran Excel, dan dapat digunakan, misalnya, untuk menemukan nilai yang diperlukan dari variabel masukan sehingga beberapa target terpenuhi dalam (misalnya) 90% kasus.
- Analisis Stres. Hal ini memungkinkan seseorang untuk menjalankan simulasi guna melihat efek pada output jika distribusi input dibatasi pada sebagian rentang (seperti semuanya berada pada titik P90 atau lebih).
- Analisis Sensitivitas Lanjutan. Ini menjalankan beberapa simulasi, satu untuk setiap set nilai yang diinput, di mana input tersebut dapat berupa nilai yang dipilih dari suatu distribusi (seperti persentil yang ditentukan) atau nilai input statis.

Masing-masing prosedur ini umumnya perlu menjalankan beberapa simulasi untuk melakukan analisis. Pembaca yang tertarik dapat menjelajahnya lebih lanjut menggunakan contoh

bawaan manual dan fitur Bantuan dalam perangkat lunak.



Gambar 13.35 Portofolio Proses Gabungan dan Total Output yang Disimulasikan

Audit Model dan Pemeriksaan Sense

Tentu saja, model risiko dapat menjadi sangat rumit karena area data input yang lebih besar dibandingkan dengan model statis, potensi diperlukannya lebih banyak detail pada beberapa baris item, dan kebutuhan akan rumus yang bekerja secara fleksibel di berbagai skenario input yang lebih luas.

Seperti yang dibahas dalam Bab 7, ketika dihadapkan dengan model yang menghasilkan hasil yang tidak intuitif, model tersebut mungkin salah, atau intuisi seseorang mungkin salah; dalam kasus terakhir, model tersebut akan sering terbukti menjadi alat yang berharga untuk mengembangkan intuisi dan pemahaman seseorang lebih jauh.

@RISK memiliki sejumlah teknik untuk membantu memperoleh gambaran umum tentang suatu model, mempertimbangkan integritasnya, dan mencari kesalahan. Beberapa fitur inti meliputi:

- Ikon Jendela Model pada bilah alat menyediakan gambaran umum tentang distribusi dalam model. Sangatlah bermanfaat untuk melihat jenis distribusi umum yang digunakan (diskrit, kontinu), karena hal ini sering kali memberikan beberapa indikasi yang wajar tentang konteks model umum (misalnya register risiko versus ketidakpastian kontinu). Kita juga dapat melihat apakah ada item yang berkorelasi, dan sel mana yang ditetapkan sebagai keluaran. Pengetahuan tentang keluaran yang diinginkan (untuk model yang tidak kita buat sendiri) merupakan bagian informasi yang sangat penting; model Excel tradisional tidak secara langsung memberi tahu kita tentang sel keluaran, sedangkan pengetahuan ini penting untuk mengetahui tujuan model.
- Menggunakan grafik tornado dan diagram sebar untuk mendapatkan gambaran umum cepat tentang faktor risiko utama dalam suatu model.
- Data Simulasi. Ikon bilah alat memungkinkan kita mengakses data simulasi (). Kita dapat menggunakan ini untuk mengurutkan atau memfilter data (misalnya untuk menemukan iterasi yang menghasilkan nilai kesalahan, atau hasil tidak biasa lainnya,

dan untuk melihat nilai masukan terkait yang diterapkan). Kita juga dapat menelusuri data ini, sementara nilai dalam lembar kerja Excel diperbarui di setiap langkah. Sebagai contoh, dalam model dengan ketergantungan parameter, jika nilai yang paling mungkin dari distribusi PERT bervariasi sepanjang simulasi (seperti yang ditentukan dari sampel distribusi lain), tetapi nilai minimum dan maksimumnya dikodekan secara kaku dan tidak dikaitkan dengan nilai yang paling mungkin, maka mungkin muncul kasus di mana nilai yang paling mungkin lebih kecil dari minimum, sehingga distribusi tidak dapat dibentuk dan muncul kesalahan. Jenis kesalahan ini dibuat transparan dengan meninjau iterasi individual yang menyebabkan munculnya kesalahan.

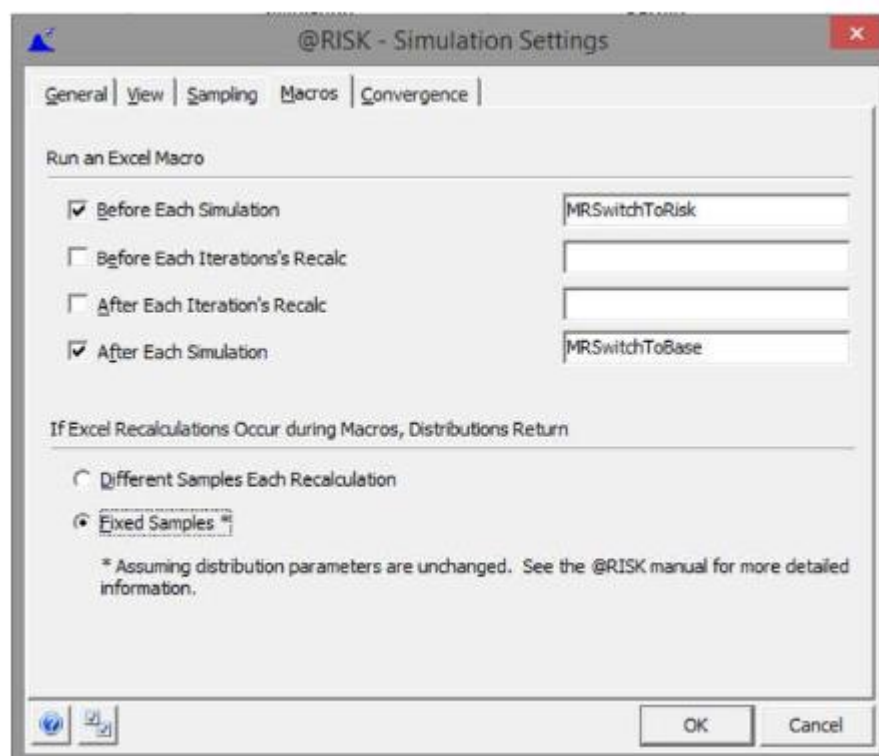
- Pada tab Pengaturan/Tampilan Simulasi, seseorang dapat mencentang kotak yang sesuai dengan Tampilkan Perhitungan Ulang Excel atau Jeda pada Kesalahan Output. Opsi pertama akan memperlambat simulasi, jadi umumnya tidak boleh digunakan sebagai pengaturan default.

13.5 BEKERJA DENGAN MAKRO DAN BAHASA MAKRO @RISK

Bagian ini menjelaskan beberapa elemen utama dalam bekerja dengan makro VBA saat menggunakan @RISK, termasuk pengenalan bahasa makro @RISK sendiri.

Menggunakan Makro dengan @RISK

Pada prinsipnya, penggunaan makro dengan @RISK mudah. Tentu saja, bagi banyak orang, salah satu alasan untuk menggunakan @RISK adalah untuk menghindari keharusan menggunakan makro! Meskipun demikian, terkadang penggunaan makro yang cukup sederhana berguna atau diperlukan.



Gambar 13.36 Tab Makro pada Dialog SimulationSettings

Pada Bab 7, kami menyebutkan beberapa kasus umum yang mengharuskan makro, seperti:

- Sebelum atau setelah simulasi, untuk mengubah nilai sakelar, sehingga nilai risiko digunakan selama simulasi, tetapi kasus dasar ditampilkan segera setelah simulasi selesai berjalan. Demikian pula, seseorang mungkin perlu menghapus Data/Filter Excel sebelum simulasi, atau menjalankan GoalSeek atau Solver sebelum atau setelah simulasi, dan seterusnya.
- Pada setiap iterasi simulasi, untuk menjalankan prosedur seperti resolusi referensi melingkar, atau menggunakan GoalSeek atau Solver.

Pada prinsipnya, makro yang terkait dengan prosedur tersebut dapat ditempatkan di tempat yang tepat dalam tab SimulationSettings/Makro. Gambar 13.36 menunjukkan contoh, di mana prosedur yang digunakan dalam Bab 7 untuk mengubah sakelar ditempatkan di tab; saat pengguna menjalankan simulasi (menggunakan ikon Mulai Simulasi), sakelar model akan terlebih dahulu diaktifkan untuk memastikan bahwa nilai risiko digunakan, dan setelah simulasi, prosedur untuk mengaktifkan nilai dasar akan dijalankan.

Jika makro perlu dijalankan pada setiap iterasi, ada lebih banyak potensi kerumitan; seperti yang dibahas dalam Bab 7, secara umum seseorang ingin sampel distribusi dibekukan saat prosedur tersebut berjalan. Untungnya, ini mudah dicapai di @RISK (versi 6.3 dan seterusnya), karena seseorang cukup memilih opsi Sampel Tetap di kotak dialog. Seperti yang ditunjukkan kotak dialog, ini tidak akan menjadi prosedur yang valid jika makro mengubah nilai parameter distribusi, yang akan menjadi situasi yang sangat tidak biasa; bahkan jika ada dependensi parameter dalam model, karena sampel distribusi tetap, parameter distribusi dependen tidak akan berubah selama perhitungan ulang tersebut kecuali parameter distribusi independen diubah oleh makro.

Dalam versi sebelum 6.3, meskipun ada kotak dialog yang secara sepintas mirip dengan yang di atas, opsi Sampel Tetap tidak ada. Dalam kasus tersebut, seseorang umumnya perlu memperbaiki sampel distribusi menggunakan makro terpisah untuk menetapkan nilai dari distribusi ke sel tetap (analog dengan yang dibahas dalam Bab 12), dan juga sering membuat sel yang merujuk langsung ke nilai tetap ini, yang akan didefinisikan sebagai input menggunakan fungsi RiskMakeInput, untuk mencatat nilai sampel yang benar-benar digunakan dan untuk tujuan menghasilkan keluaran grafis. Untungnya, prosedur seperti itu tidak lagi diperlukan. (Pengecualian untuk persyaratan ini adalah ketika model menggunakan iterasi Excel untuk mengatasi sirkularitas, dalam hal ini prosedur perbaikan dibangun ke dalam @RISK, tetapi tidak eksplisit bagi pengguna.

Perhatikan bahwa proses ini, bagaimanapun, tidak dapat diamati dengan mudah: sementara metode iteratif Excel akan diselesaikan dalam tampilan Statis, dalam tampilan Acak, saat Excel beriterasi untuk mencoba mengatasi sirkularitas, sampel baru dari distribusi diambil dari setiap iterasi, dan karenanya target untuk proses iteratif terus bergerak. Perhatikan juga bahwa jika seseorang menguji model yang berisi makro dengan menggunakan F8 di VBA untuk melangkah melewatinya, seseorang dapat mengamati hasil yang tidak sama dengan yang akan terjadi saat simulasi benar-benar dijalankan: melangkah melewatinya dapat menyebabkan

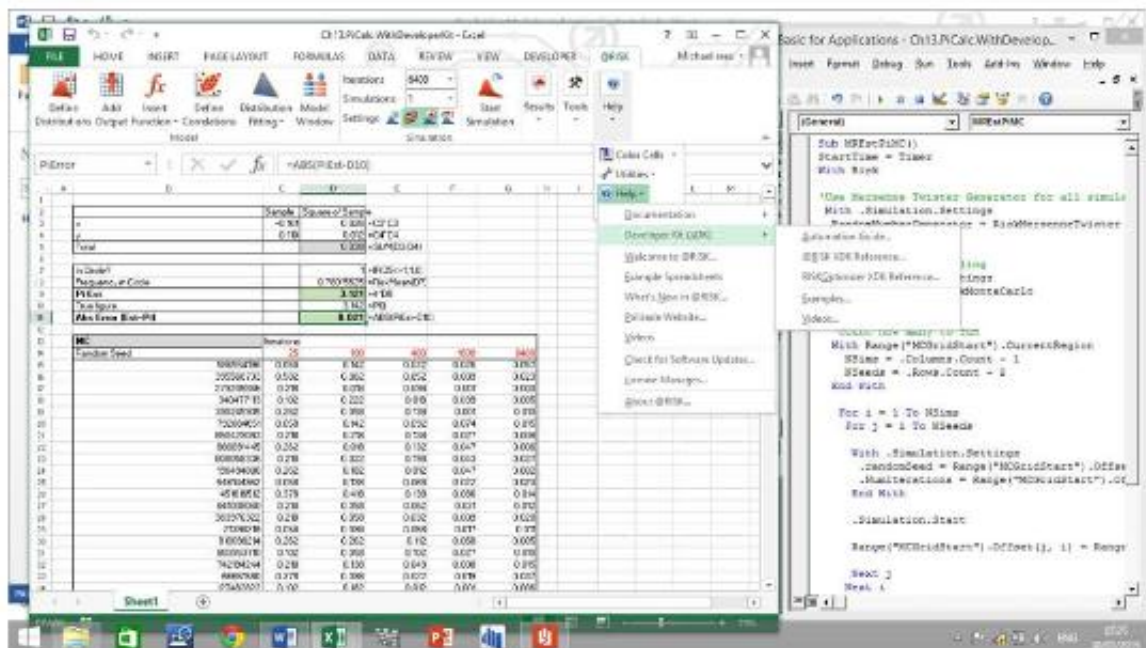
lembar kerja diperbarui, yang sering kali menyebabkan distribusi diambil sampelnya kembali, sedangkan selama simulasi, nilainya akan tetap saat menggunakan opsi Sampel Tetap.

Bahasa Makro @RISK atau Kit Pengembang: Pendahuluan

Di atas, kami membahas penggunaan fungsionalitas @RISK untuk mengelola urutan makro VBA umum. Selain itu, @RISK memiliki bahasa makro sendiri, yang dikenal sebagai Bahasa Makro VBA atau Kit Pengembang @RISK untuk Excel (XDK). Informasi tentang ini dapat ditemukan di bawah menu Bantuan umum dalam @RISK, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.37. Beberapa penggunaan umum alat ini adalah:

- Untuk membuat antarmuka "kotak hitam" di mana pengguna hanya perlu menekan tombol di Excel untuk meluncurkan makro untuk menjalankan simulasi. Makro semacam itu juga dapat meminta informasi kepada pengguna (seperti jumlah iterasi yang diinginkan, atau jenis pengambilan sampel yang ingin digunakan, dll.), sehingga pengguna tidak harus berinteraksi langsung dengan (atau mempelajari) bilah alat @RISK.
- Untuk mengubah Pengaturan Simulasi pada waktu proses, sehingga default yang sama digunakan, terlepas dari apa yang saat ini ditetapkan pada bilah alat.
- Untuk menghasilkan statistik dan laporan keluaran.
- Untuk mengotomatiskan prosedur lain yang akan memakan waktu untuk diterapkan.

Berikut ini, kami memberikan contoh penggunaan alat-alat ini untuk menjalankan simulasi berulang kali, untuk mengubah aspek-aspek pengambilan sampel angka acak dan metode pembangkitan, serta untuk menghasilkan laporan data simulasi.



Gambar 13.37 Mengakses Menu Bantuan XDK

Menggunakan XDK untuk Menganalisis Metode Pembangkitan Angka Acak dan Pengambilan Sampel

Pada bagian ini, kami menggunakan XDK untuk menunjukkan bagaimana seseorang dapat membandingkan efektivitas metode pembangkitan angka acak di @RISK. Kami mulai dengan mencatat bahwa kasus khusus model simulasi di mana nilai sebenarnya dari output diketahui adalah kasus di mana seseorang memperkirakan nilai π (3,14159...) dengan metode “dartboard”:

- Gambarkan sampel acak x dan y dari distribusi kontinu seragam antara minus satu dan plus satu (ini mewakili posisi akhir anak panah yang mendarat di dalam kotak).
- Untuk setiap penarikan, uji apakah jumlah kuadrat dari dua variabel kurang dari satu: ketika berpusat di titik asal, lingkaran didefinisikan oleh titik x dan y , yang memenuhi $x^2 + y^2 = 1$, sehingga ini dapat digunakan untuk menguji apakah anak panah mendarat di dalam papan dart melingkar.
- Gunakan fungsi RiskMean untuk melaporkan frekuensi pengujian yang menunjukkan bahwa jumlah tersebut berada di dalam lingkaran, dan kalikan ini dengan empat. Di akhir simulasi, frekuensi kasus ini akan menjadi sekitar $\pi/4$ (karena lingkaran dengan jari-jari satu memiliki luas yang sama dengan π , sedangkan persegi yang ditarik di sekitar lingkaran tersebut memiliki luas empat).

Contoh pasca-simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 13.38.

Untuk menguji efektivitas setiap jenis pengambilan sampel (MC atau LH, yang dibahas sebelumnya dalam bab ini), seseorang dapat melakukan perhitungan yang sama beberapa kali dengan masing-masing jenis, dan mengukur waktu proses dan akurasi:

- Jalankan simulasi menggunakan setiap jenis, di mana setiap simulasi menggunakan nilai awal yang sama.
- Ukur waktu proses setiap simulasi.
- Hitung kesalahan dibandingkan dengan nilai sebenarnya.
- Ulangi hal di atas secara otomatis berkali-kali, menggunakan nilai awal angka acak baru setiap kali, dan bandingkan akurasi hasil dengan waktu yang dibutuhkan.

Hasil menjalankan 30 simulasi untuk setiap metode, dan untuk berbagai jumlah iterasi. Hasil ringkasan ditunjukkan pada Gambar 13.39. (Kumpulan benih yang dipilih secara acak digunakan untuk setiap metode pengambilan sampel, ditunjukkan dalam tabel hasil di kolom B.) Tabel ringkasan menunjukkan rata-rata (lebih dari 30 simulasi) kesalahan (dalam istilah absolut) untuk jenis pengambilan sampel MC dan LH, untuk berbagai jumlah iterasi, serta total waktu proses.

Perbandingan seperti itu, tentu saja, masih belum sempurna, karena waktu proses dapat dipengaruhi oleh proses lain yang terjadi di komputer pada saat yang sama. Seperti disebutkan dalam Bab 6, ketika jumlah iterasi meningkat dengan kelipatan empat (yaitu dari 25 menjadi 100 menjadi 400, dan seterusnya), kesalahannya secara umum harus setengah (hukum akar kuadrat terbalik). Hal ini secara umum dikonfirmasi dalam kasus ini: jika seseorang mempertimbangkan nilai kesalahan metode LH, membandingkan kolom G (6400 iterasi) dengan kolom C (25 iterasi), rasio kesalahannya adalah $0,012/0,184$ (sekitar 6,6%); ini

sama dengan mengurangi separuh galat asli (0,184) empat kali lipat, yaitu menjadi seperenam belas dari nilai asli.

	A	B	C	D	E
1					
2			Sample	Square of Sample	
3	x		-0.193	0.037	=C3*C3
4	y		-0.225	0.051	=C4*C4
5	Total			0.088	=SUM(D3:D4)
6					
7	In Circle?			1	=IF(D5<=1,1,0)
8	Frequency in Circle			0.7794	=RiskMean(D7)
9	Pi Est			3.118	=4*D8
10	True figure			3.142	=PI()
11	Abs Error (Est-Pi)			0.024	=ABS(PiEst-D10)

Gambar 13.38 Model untuk Menghitung π Menggunakan Metode Dartboard

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Summary (average of 30 simulations for each method)	Iterations						Run Time
3		Average Absolute Error	25	100	400	1600	6400		Seconds
4		Monte Carlo	0.210	0.124	0.076	0.027	0.013		474
5		Latin Hypercube	0.184	0.100	0.035	0.022	0.012		527
6		Ratio LH/MC	88%	81%	47%	82%	79%		111%
7									
8		RESULTS TABLES FOR INDIVIDUAL SIMULATION RUNS							
9									
10		MC	Iterations						
11		Random Seed	25	100	400	1600	6400		
12		586554196	0.058	0.142	0.022	0.026	0.057		
13		395568703	0.582	0.062	0.052	0.009	0.023		
14		279245856	0.218	0.018	0.098	0.001	0.000		
15		340477113	0.102	0.222	0.018	0.039	0.005		
16		390245905	0.262	0.058	0.138	0.001	0.010		
17		792084651	0.058	0.142	0.092	0.074	0.013		
18		830429083	0.218	0.218	0.138	0.027	0.006		
19		880093445	0.262	0.018	0.132	0.047	0.006		
20		808056936	0.218	0.022	0.148	0.048	0.027		

Gambar 13.39 Ringkasan Hasil Metode Papan Dart Dua Dimensi

Dari percobaan khusus ini, dapat disimpulkan bahwa LH secara umum mengurangi galat statistik sekitar 20% dibandingkan dengan MC dengan mengorbankan sekitar 10% waktu komputasi lebih banyak (waktu komputasi dalam kasus ini didominasi oleh kasus-kasus di mana 6400 iterasi dijalankan). Perhatikan bahwa seseorang dapat menyatakan ini dengan cara alternatif: untuk mengurangi galat hingga 80% dari nilai asli secara umum akan memerlukan (menggunakan hukum akar kuadrat terbalik) bahwa jumlah iterasi ditingkatkan sekitar 56% (karena $80\% = 1,5625$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa akan lebih efisien (dari perspektif waktu) untuk menggunakan metode LH (memerlukan waktu tambahan 10%) daripada iterasi tambahan dari metode MC (memerlukan waktu tambahan 56%).

Percobaan di atas melibatkan simulasi yang dijalankan berulang-ulang, yang masing-masing memerlukan perubahan (dibandingkan dengan yang sebelumnya) setidaknya satu dari nilai awal, atau jumlah iterasi, atau jenis pengambilan sampel. Tentu saja, ini dapat dilakukan secara manual, tetapi jelas akan sangat merepotkan (dan seseorang juga harus mengukur

waktu proses secara tepat). Oleh karena itu, XDK ideal untuk percobaan semacam itu. Berkas Ch13.PiCalc.2D.WithDeveloperKit.xlsm berisi implementasi prosedur di atas menggunakan XDK. Saat menggunakan XDK, seseorang perlu membuat referensi ke add-in @RISK di bawah Alat/Referensi dalam Editor Visual Basic], untuk mengakses model objek @RISK; langkah ini tidak ditampilkan di sini.

Gambar 13.40 menunjukkan klip layar berkas, yang darinya seseorang dapat melihat bahwa tombol telah dibuat sehingga pengguna dapat menjalankan subrutin untuk jenis pengambilan sampel MC dan LH, atau menjalankannya secara individual. Kode yang digunakan dalam berkas dibagi menjadi dua subrutin (yang pada dasarnya identik), satu yang menjalankan simulasi jika pengambilan sampel Monte Carlo digunakan dan yang lainnya untuk Latin Hypercube. Jadi, rutin utama untuk menjalankan keduanya adalah:

```
Sub MRRunBoth()
    Call MREstPiMC
    Call MREstPiLH
End Sub
```

dengan kode lengkap untuk simulasi terkait MC adalah:

```
Sub MREstPiMC()
    StartTime=Timer

    With Risk
        'Use Mersenne Twister Generator for all simulations
        With .Simulation.Settings
            .RandomNumberGenerator = RiskMersenneTwister
        End With
        'Run Monte Carlo Sampling
        With .Simulation.Settings
            .SamplingType = RiskMonteCarlo
        End With
        'count how many to run
        With Range ("MCGridStart") .CurrentRegion
            NSims = .Columns.Count - 1
            NSeeds = .Rows.Count - 2
        End With
        For i = 1 To NSims
            For j = 1 To NSeeds
                With .Simulation.Settings
                    .randomSeed = Range ("MCGridStart") .Offset (j, 0)
                    .NumIterations = Range ("MCGridStart") .Offset (0, i)
                End With
                .Simulation.Start
            
```

```

        Range ("MCGridStart") .Offset (j, i) = Range ("PiError")
    Next j
Next i
End With 'end Risk
EndTime = Timer
Range ("RunTimeMC") = EndTime - StartTime
End Sub

```

Kode analog berlaku untuk simulasi terkait LH, dengan adaptasi sederhana dari baris yang merujuk pada jenis pengambilan sampel, dari RiskMonteCarlo ke RiskLatinHypecube, serta mengadaptasi rentang yang dirujuk untuk persyaratan dan penyimpanan data, yaitu rentang yang telah ditetapkan sebelumnya dengan nama Excel MCGridStart (sel B13) dan LHGridStart (sel B48). Dari contoh ini, beberapa sintaksis utama dalam XDK seharusnya terlihat, seperti cara mengatur metode generator angka acak, jenis pengambilan sampel, jumlah iterasi, dan cara menjalankan (memulai) simulasi. Fungsi VBA Timer digunakan untuk mengukur total waktu yang telah berlalu untuk menjalankan semua simulasi dan semua iterasi untuk setiap metode. Mengenai perbandingan metode MC dengan metode LH, seseorang dapat berargumen bahwa pengujian di atas secara tidak adil lebih memihak pada pengambilan sampel LH, karena pengujian ini hanya dilakukan terhadap dua variabel (atau dimensi) yang tidak pasti: seperti yang dinyatakan sebelumnya, proses stratifikasi yang digunakan oleh tipe pengambilan sampel LH @RISK dilakukan sebagai proses satu dimensi untuk setiap variabel, sehingga efeknya akan berkurang dalam model multivariabel.

Faktanya, adalah mungkin untuk menggeneralisasikan eksperimen agar memiliki lebih banyak variabel, sehingga perbandingan akan lebih adil dalam kasus yang lebih umum di mana terdapat banyak sumber ketidakpastian. Misalnya, alih-alih merujuk pada “papan panah” melingkar (dalam dua dimensi), seseorang dapat merujuk pada bola (dalam tiga dimensi), yang volumenya adalah $VU3 = 4\pi$, di mana VU3 merujuk pada volume bola satuan dalam tiga dimensi; kotak yang mengelilingi bola ini akan memiliki volume 8 (yaitu 23), sehingga “anak panah” akan mendarat di dalam bola dengan frekuensi $f_3 = \frac{4\pi}{3,8}$, atau $\frac{\pi}{6}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2			Sample	Square of Sample									
3		x1	-0.187	0.035	=C3^2								
4		x2	-0.010	0.000	=C4^2								
5		Total		0.035	=SUM(D3:D4)								
6													
7		In Hypersphere?		1	=IF(D5<=1,1,0)								
8		Frequency in Hypersphere		1	=PtdMean(D7)								
9		Pi Est		4.000	=4*1^D8*(V)								
10		True Pi		3.142	=PI()								
11		Abs Error (Est-Pi)		0.858	=ABS(PEst-D10)								
12													
13		MC	Iterations										
14		Random Seed	25	100	400	1000	6400						
15		586554196	0.058	0.142	0.022	0.026	0.057						
16		395568703	0.582	0.062	0.052	0.009	0.023						
17		279245856	0.218	0.018	0.098	0.001	0.000						
18		340477113	0.102	0.222	0.018	0.039	0.005						
19		390245905	0.262	0.058	0.138	0.001	0.010						
20		792064651	0.058	0.142	0.092	0.074	0.015						
21		850429063	0.218	0.218	0.138	0.027	0.006						
22		880591445	0.262	0.018	0.132	0.047	0.008						
23		809058336	0.218	0.022	0.199	0.043	0.027						
24		198494888	0.262	0.182	0.012	0.047	0.002						
25		546144952	0.058	0.138	0.068	0.022	0.023						
26		451616512	0.378	0.418	0.138	0.086	0.014						
27		641038050	0.218	0.058	0.062	0.021	0.012						
28		383570322	0.218	0.058	0.032	0.009	0.028						
29		21390318	0.058	0.098	0.058	0.017	0.011						

Gambar 13.40 Model yang Digunakan untuk Menjalankan Metode Papan Dart Dua Dimensi

Number of Dimensions, N	Frequency that Dart is Within Sphere	Avg. Throws Needed Per Hit
2	78.5%	1.27
4	30.8%	3.24
6	8.1%	12.38
8	1.6%	63.07
10	0.2%	401.54

Gambar 13.41 Frekuensi Pukulan yang Diharapkan dengan Metode Papan Dart Multidimensi

Sebenarnya, kita dapat menggeneralisasi hal ini lebih jauh. Dalam empat dimensi, volume bola satuan diberikan oleh $f_3 = \frac{4\pi}{3,8}$, atau $\frac{\pi}{6}$ sedangkan kotak di sekitarnya adalah 16, dan dalam lima dimensi, $VU_5 = \frac{8\pi^2}{15}$ (dengan demikian, suku pangkat yang berkaitan dengan π meningkat satu untuk setiap dua peningkatan dimensi). Dengan demikian, untuk menguji efek MC versus LH dalam model multivariabel, kita akan bekerja hanya dalam dimensi genap, dengan menggunakan rumus:

$$VU_N = \frac{\pi^2}{n!}$$

di mana N adalah bilangan (genap) variabel (dimensi), $n = N/2$ (atau $N = 2n$) dan ! menunjukkan faktorial. Volume kotak di sekitarnya adalah 2^N . Jadi, frekuensi, f , saat anak panah mendarat di dalam hipersfer diberikan oleh:

$$f = \frac{\pi^2}{2^N n!}$$

Dengan demikian, dimana f_{est} adalah frekuensi yang diestimasi (yaitu seperti yang diukur dalam simulasi), nilai estimasi π (π_{est}) akan diberikan oleh $\pi_{est} = 4(f_{est}n!)^{\frac{1}{n}}$. Oleh karena itu, pada prinsipnya, pengujian multidimensi mudah dilakukan. Faktanya, tantangan praktisnya adalah nilai f dengan cepat menjadi kecil saat N ($2n$) menjadi besar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.41.

Dengan demikian, jumlah iterasi yang dibutuhkan akan menjadi besar. Gambar 13.42 berisi model yang diperlukan untuk menguji hal di atas dengan 10 variabel input (yaitu di mana "papan panah" adalah hipersfer 10 dimensi). Karena frekuensi mengenai target rendah (yaitu sekitar 0,2%), model telah dijalankan dengan 102.400 iterasi (yaitu 6400 kali 16), dan untuk 30 benih yang sama seperti pada contoh di atas. Selain itu, statistik ringkasan (kesalahan absolut dan waktu berjalan) dicatat untuk setiap simulasi.

Gambar 13.42 menunjukkan klip layar model, yang ditata sedikit berbeda dengan contoh sebelumnya. Untuk meminimalkan dampak dari kasus apa pun saat prosesor komputer terikat dengan beberapa aktivitas lain, simulasi berjalan secara bergantian antara tipe pengambilan sampel MC dan LH (ketimbang melakukan semua simulasi MC diikuti oleh semua simulasi LH, seperti yang dilakukan di atas). Baris 35 berisi kolom tajuk yang digunakan untuk menentukan sebelumnya sebagian besar rentang bernama yang digunakan dalam kode (yang ditunjukkan di bawah).

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2			Sample	Square of Sample			
3		x1	-0.683	0.467	=C3*C3		
4		x2	0.593	0.352	=C4*C4		
5		x3	-0.772	0.595	=C5*C5		
6		x4	0.325	0.106	=C6*C6		
7		x5	0.671	0.450	=C7*C7		
8		x6	0.114	0.013	=C8*C8		
9		x7	-0.255	0.065	=C9*C9		
10		x8	-0.009	0.000	=C10*C10		
11		x9	-0.408	0.166	=C11*C11		
12		x10	-0.062	0.004	=C12*C12		
13		Total		2.218	=SUM(D3:D12)		
14							
15		In Hypersphere?		0	=IF(D13<=1,1,0)		
16		Frequency in Hypersphere		0	=RiskMean(D15)		
17		Pi Est		0.000	=4*(120*D16)^(1/5)		
18		True figure		3.142	=PI()		
19		Abs Error (Est-Pi)		3.142	=ABS(PiEst-D18)		
20							
21		Iterations	102400				
22							
23		RESULTS SUMMARY					
24		Average	0.0363	0.0362	68.36	68.67	
25		LH/MC		99.65%		100.45%	
26							
27		Conditional Averages					
28		Cut Off points for times			60	60	
29		No. of sets			22	23	
30		Averages	0.0383	0.0373	51.011	51.323	
31		LH/MC		97.26%		100.61%	
32							
33							
34		RESULTS DETAIL	Error		Run Time		
35		Random Seed Header	MC	LH	MC	LH	
36		586554196	0.054	0.043	50.2	50.2	
37		395568703	0.025	0.007	50.7	51.3	
38		279245856	0.012	0.000	52.0	51.5	
39		340477113	0.033	0.023	51.5	51.9	

Gambar 13.42 Ringkasan Hasil Metode Papan Dart 10 Dimensi


```

Sub MRRunBoth ()
With Risk
    'Use Mersenne Twister Generator for all simulations, and fix
num-
ber of iterations
    With .Simulation.Settings
        .RandomNumberGenerator = RiskMersenneTwister
        .NumIterations = Range ("NIterations") .Value
    End With
    'Initiate runtime tracking variable
    RunTime = 0
    'count how many simulations to run, according to seed list
    With Range ("SeedListHeader") .CurrentRegion
        NSeeds = .Rows. Count - 2
    End With
    For i = 1 To NSeeds ' Run simulation for each sampling type
        With .Simulation.Settings
            .randomSeed = Range ("SeedListHeader") .Offset (i, 0)
        End With
        '##### DO MC SAMPLING METHOD
        'Set sampling to Monte Carlo
        With .Simulation.Settings
            .SamplingType = RiskMonteCarlo
        End With
        ' Measure time and run simulation, and record error
        StartTime = Timer
        .Simulation.Start
        EndTime = Timer
        RunTime = EndTime - StartTime
        Range ("ErrorHeaderMC") .Offset (i, 0) = Range ("PiError")
        Range ("RunTimeHeaderMC") .Offset (i, 0) = RunTime
        '##### DO LH SAMPLING METHOD
        With .Simulation.Settings
            SamplingType = RiskLatinHypercube
        End With
        ' Measure time and run simulation, and record error
        StartTime = Timer
        .Simulation.Start
        EndTime = Timer
        RunTime = EndTime - StartTime
        Range ("ErrorHeaderLH") .Offset (i, 0) = Range ("PiError")
        Range ("RunTimeHeaderLH") .Offset (i, 0) = RunTime
    Next i 'next seed value
End With 'Risk

```

End Sub

Dalam hal hasil agregat, kita dapat mencatat (baris 24 dan baris 25) bahwa pada dasarnya tidak ada perbedaan dalam akurasi, atau persyaratan waktu proses rata-rata, antara pendekatan tersebut. Pemeriksaan lebih dekat terhadap kumpulan data mengungkapkan bahwa sebagian besar waktu proses sekitar 50 detik, tetapi beberapa jauh lebih tinggi; baris 30 dan baris 31 berisi rata-rata yang berlaku saat waktu proses di atas 60 detik dikecualikan (mungkin proses lain berjalan di latar belakang selama proses tersebut); namun, melakukan hal itu tidak mengubah gambaran umum.

Hasilnya tampaknya menunjukkan bahwa hanya ada sedikit perbedaan antara jenis pengambilan sampel, dengan yang satu sama baiknya dengan yang lain. Perhatikan bahwa struktur pengujian ini bisa dibilang sedikit lebih menyukai metode MC, karena model yang digunakan kecil (dalam hal jumlah kalkulasi yang dilakukan setelah sampel acak dibuat); dalam model yang lebih besar, proporsi waktu yang dihabiskan untuk menghasilkan angka acak (dibandingkan dengan total waktu proses termasuk menghitung ulang model) akan lebih sedikit daripada dalam model kecil, sehingga total waktu komputasi MC akan lebih dekat dengan LH, meskipun akurasi LH mungkin sedikit lebih baik.

Sebagai kesimpulan, tampaknya LH adalah metode yang sedikit lebih unggul ketika ada sejumlah kecil variabel model (kurang dari sekitar 10), sedangkan untuk sejumlah besar variabel, ada sedikit perbedaan antara metode. Pembaca yang tertarik (dengan waktu yang cukup) tentu saja dapat menguji sendiri masalah ini, karena infrastruktur dasar untuk melakukannya disediakan dalam model (misalnya, lebih banyak iterasi dan simulasi dengan nilai benih yang berbeda dapat dijalankan, atau jumlah dimensi ditingkatkan).

Menggunakan XDK untuk Membuat Laporan Data Simulasi

Penggunaan XDK yang hebat lainnya adalah untuk membuat laporan atau aspek lain dari data simulasi, seperti yang ditunjukkan dalam contoh berikut. File Gambar 13.43 berisi kode yang memungkinkan seseorang untuk membuat sekumpulan angka acak berkorelasi dan menyimpan nilainya dalam lembar kerja data. Salah satu penerapannya adalah jika seseorang perlu bekerja dengan angka acak "beku" (seperti yang dibahas sebelumnya dalam bab dan dalam teks), jika prosedur lain perlu dijalankan pada setiap iterasi. Dalam kasus seperti itu, seseorang dapat membuat semua angka terlebih dahulu dan kemudian menggunakannya secara berurutan sebagai angka tetap dalam simulasi berikutnya.

Gambar 13.43 menunjukkan sebuah contoh. Baris 4 berisi lima variabel acak (distribusi PERT) yang berkorelasi sesuai dengan matriks korelasi yang ditunjukkan. Tombol tersebut menjalankan makro GenerateData yang memerintahkan XDK untuk menjalankan simulasi (yang menghasilkan sampel berkorelasi) dan kemudian menghasilkan laporan data di Excel (untuk mengatur ukuran sampel yang diperlukan, pengguna memasukkan nilai dalam sel bernama NSamples, yang berisi nilai 20 dalam klip layar); kodenya ditunjukkan di bawah ini.

```
Sub GenerateData ()
With Risk
```

```

'Ensure that sheet containing the data gets writ-
ten into the same workbook
With .ApplicationSettings
    .ReportPlacement = RiskActiveWorkbook
    .ReportOverwriteExisting = True
End With
With .Simulation. Settings
    .NumIterations = Range ("NSamples") . Value
End With
.Simulation.Start
.GenerateExcelReports RiskSimulationReportData
End With
End Sub

```

XDK memiliki banyak opsi lain yang dapat dieksplorasi lebih lanjut oleh pembaca yang tertarik dengan merujuk ke menu Bantuan dan manual yang terkait dengannya.

13.6 APLIKASI DAN FITUR TAMBAHAN YANG ADA DI DALAMNYA

Bagian ini memberikan gambaran umum tentang beberapa area aplikasi dan fitur lain yang ada di dalam perangkat lunak @RISK.

	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4	Variable 5
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RISK Correlations	in \$B\$4	in \$C\$4	in \$D\$4	in \$E\$4	in \$F\$4
in \$B\$4	1				
in \$C\$4	50%	1			
in \$D\$4	50%	50%	1		
in \$E\$4	50%	50%	50%	1	
in \$F\$4	50%	50%	50%	50%	1

Nsamples: 20

Generate Samples and Place in Data Sheet

Gambar 13.43 Model untuk Menghasilkan Seperangkat Angka Acak Berkorelasi

Optimasi

Seperti yang disebutkan di berbagai tempat dalam teks ini, terdapat hubungan erat antara optimasi dan pemodelan risiko:

- Pemodelan optimasi muncul dalam kasus ketika beberapa masukan model adalah variabel pilihan (seperti tanggal peluncuran yang dapat dipilih seseorang untuk meluncurkan proyek, atau persentase partisipasi yang mungkin ingin diambil seseorang dalam aset atau proyek bisnis).

- Pemodelan risiko muncul ketika model memiliki masukan yang nilainya tidak pasti (dan mungkin dapat dikontrol hanya dengan menyesuaikan konteks tempat seseorang beroperasi), seperti yang dibahas di seluruh buku ini.

Banyak situasi kehidupan nyata mungkin mengandung karakteristik optimasi dan ketidakpastian. Dalam banyak kasus, mungkin sulit untuk membuat satu model yang valid untuk semua kemungkinan kasus; misalnya, sehingga profil ketidakpastian ditangkap dengan benar untuk pemilihan variabel pilihan (keputusan) apa pun yang dibuat. Karena alasan ini, teknik heuristik (pragmatis) sering digunakan, dan teknik tersebut dapat cukup akurat (sebagian karena sifat datar dari kurva optimisasi di sekitar titik optimalnya, seperti yang disebutkan dalam Bab 6).

Namun demikian, terkadang, seseorang dapat membangun model yang inputnya terdiri dari variabel pilihan dan variabel tak pasti, dan di mana profil ketidakpastian ditangkap secara akurat untuk semua kombinasi variabel pilihan. Hal ini khususnya berlaku ketika model terdiri dari penjumlahan serangkaian item atau proyek independen, seperti halnya dalam banyak situasi portofolio (di mana total output portofolio hanyalah jumlah dari elemen-elemennya). Jadi, jika setiap proyek dalam portofolio bersifat independen, aspek-aspek konstruksi portofolio dapat dianggap sebagai masalah optimisasi.

Contoh diberikan dalam Bab 4, di mana kami menyajikan serangkaian proyek independen dan mempertimbangkan optimisasi tanggal peluncurannya (menggunakan Solver). Solusi semacam itu juga dapat dicari menggunakan alat Evolver Palisade, yang merupakan bagian dari DecisionTools Suite, yang juga merupakan bagian dari @RISK. Di sisi lain, ketika aspek dari setiap proyek tidak pasti (seperti investasi awal yang dibutuhkan atau profil arus kas masa depan), maka pengoptimalan harus memperhitungkan hal ini. Dalam teori portofolio keuangan standar, banyak algoritme pengoptimalan terkait memanfaatkan matematika dasar yang tertanam dalam suatu situasi.

Namun, dalam kasus yang paling umum, seseorang mungkin harus berulang kali membuat serangkaian nilai uji coba untuk bertindak sebagai uji solusi optimal, menjalankan simulasi untuk melihat profil ketidakpastian yang akan dihasilkan untuk serangkaian asumsi uji coba ini dan mengulangnya untuk serangkaian nilai uji coba lainnya. Tentu saja, pilihan solusi mana yang optimal akan bergantung pada pengguna yang mendefinisikan kriteria yang tepat, yang berhubungan dengan statistik distribusi output; misalnya, seseorang mungkin ingin menemukan solusi yang memaksimalkan rata-rata atau meminimalkan variabilitas (deviasi standar) dari beberapa metrik proyek (seperti arus kas pada tahun tertentu, atau nilai sekarang bersih).

Proses pembuatan serangkaian nilai uji coba secara otomatis, dan menjalankan simulasi untuk setiap serangkaian nilai uji coba, difasilitasi oleh penggunaan alat RiskOptimizer yang tertanam dalam @RISK Industrial. Nilai percobaan yang dihasilkan tidak sepenuhnya acak, tetapi sebagian menggunakan informasi mengenai solusi percobaan sebelumnya untuk menghasilkan yang lain, dan karena itu lebih efisien daripada sekadar menjalankan banyak simulasi untuk melakukannya (secara teori, seseorang dapat menghasilkan nilai percobaan melalui satu proses pengambilan sampel acak, memperbaikinya, lalu menjalankan simulasi

penuh, sebelum beralih ke serangkaian nilai percobaan yang dihasilkan secara acak).

Alat ini cukup mudah digunakan, setelah model dibuat dengan cara yang valid (misalnya, sehingga tanggal peluncuran proyek dapat diubah, jika item ini akan dioptimalkan, seperti yang dibahas dalam contoh di Bab 4), kriteria pengoptimalan ditetapkan dan batasan didefinisikan. Dalam konteks ini, seperti yang disebutkan sebelumnya dalam teks, penting untuk mencoba memahami (pada tingkat intuitif) apa pengaruh ketidakpastian terhadap solusi optimal akhir, karena ada potensi untuk menciptakan kompleksitas yang tidak perlu jika tidak. Misalnya, rute optimal untuk bepergian melintasi kota mungkin sama terlepas dari apakah seseorang menganggap waktu tempuh pada setiap segmen tetap atau apakah seseorang menganggapnya tidak pasti.

Di sisi lain, kesimpulan ini dapat diubah oleh toleransi risiko dan/atau non-simetri ketidakpastian, serta non-linearitas dalam situasi pemodelan: misalnya, demi selalu tiba tepat waktu, seseorang dapat memutuskan untuk bersepeda ke tempat kerja, meskipun, rata-rata, itu membutuhkan waktu lebih lama daripada naik kereta, karena dalam beberapa kasus perjalanan kereta api dapat mengalami gangguan parah. Dalam kasus ini, alat pengoptimalan merupakan metode yang ampuh, karena teknik pragmatis mungkin tidak memadai.

Penyesuaian Distribusi dan Deret Waktu terhadap Data

@RISK memiliki dua kategori utama kemampuan penyesuaian:

- Penyesuaian distribusi.
- Penyesuaian deret waktu.

Masing-masing cukup mudah dipahami dari perspektif mekanika perangkat lunak, meskipun teori dan konsep yang mendasari mengenai berbagai prosedur dan kriteria penyesuaian lebih kompleks, dan berada di luar cakupan teks ini. Perhatikan bahwa prosedur penyesuaian memperhitungkan seluruh rangkaian data, tidak seperti beberapa pendekatan untuk pencocokan parameter yang dibahas dalam Bab 9. Berikut ini, kami hanya membuat beberapa pernyataan yang paling berhubungan langsung dengan masalah pemodelan.

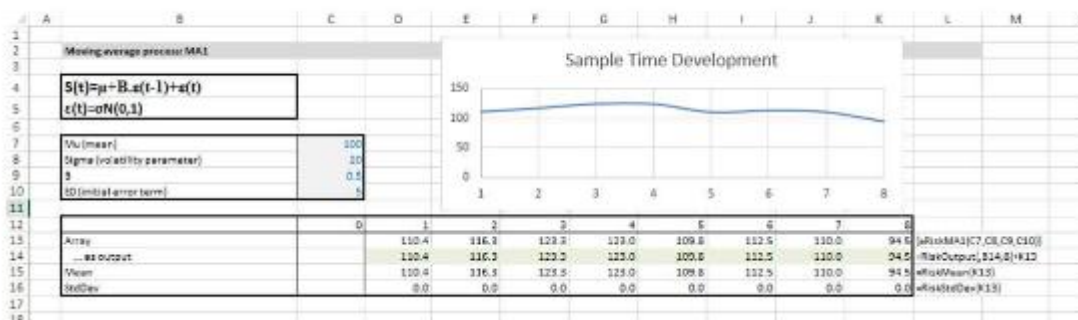
Saat menggunakan penyesuaian distribusi, seseorang (secara implisit) mengasumsikan bahwa titik data saling independen, dan semuanya merupakan sampel acak yang diambil dari distribusi yang sama dengan parameter yang sama. Prosedur tersebut kemudian menemukan, untuk setiap distribusi yang dicoba, parameter distribusi tersebut yang paling sesuai dengan data, sebelum memberi peringkat pada penyesuaian (yang paling sesuai) dari distribusi ini.

Seperti yang disebutkan dalam Bab 9, saat menggunakan penyesuaian sebagai alat pemilihan distribusi, dalam praktiknya seseorang terkadang cukup menggunakan distribusi penyesuaian terbaik, sedangkan untuk yang lain, seseorang mungkin percaya bahwa menggabungkan proses penyesuaian dengan aspek lain dari pemilihan distribusi (seperti penggunaan metode ilmiah atau konseptual) adalah tepat. Seseorang juga secara implisit berasumsi bahwa distribusi dasar yang menghasilkan kumpulan data adalah salah satu yang tersedia dalam prosedur penyesuaian (jadi, misalnya, seseorang tidak akan secara langsung menemukan penyesuaian yang wajar untuk menggabungkan proses).

Terakhir, seperti yang disebutkan dalam Bab 9, prosedur apa pun yang didasarkan pada data secara implisit mengasumsikan integritas dan validitas data. Prosedur penyesuaian Deret

Waktu berlaku untuk sekumpulan titik data yang telah terjadi dalam waktu (dan yang tidak independen satu sama lain, dalam arti bahwa urutan terjadinya diperlukan untuk memperhitungkan penyesuaian, tidak seperti untuk penyesuaian distribusi sederhana). Seseorang kemudian dapat menemukan deret waktu penyesuaian terbaik, untuk satu deret, atau menggunakan Penyesuaian Batch saat data dari beberapa deret tersedia; jika korelasi ditemukan di antara mereka, alat penyesuaian juga dapat menghasilkan deret waktu berkorelasi.

Perhatikan bahwa, secara umum, pembuatan banyak proses deret waktu tidak secara eksplisit memerlukan fungsionalitas deret waktu @RISK, seperti yang ditunjukkan contoh-contoh yang dibahas dalam Bab 11. Namun, kemampuan untuk menemukan (melalui penyesuaian) deret waktu yang tepat untuk dibuat merupakan fitur penting dari perangkat lunak. Jika seseorang ingin membuat deret waktu secara langsung, ini dapat dilakukan dengan cara yang mirip dengan Bab 11, seperti yang dibahas di bawah ini. Gambar 13.44 contoh fungsi rata-rata bergerak orde pertama yang juga diimplementasikan menggunakan Excel dalam Bab 11. Fungsi-fungsi ini adalah fungsi array; pada saat penulisan, fungsi-fungsi ini tidak boleh ditetapkan secara langsung sebagai keluaran simulasi; seseorang dapat membuat referensi sel untuk fungsi-fungsi tersebut, dan menetapkan sel ini sebagai keluaran; lihat Gambar 13.44.



Gambar 13.44 Contoh Rangkaian Waktu Rata-Rata Bergerak Menggunakan @RISK

Integrasi MS Project

Seperti yang dibahas sebelumnya dalam teks, jadwal proyek (dan analisis biaya terintegrasi) dapat dibuat di Excel, asalkan struktur proyek cukup sederhana; memang, simulasi jadwal dapat dilakukan dalam kasus seperti itu (lihat contoh di Bab 4). Namun, sangat sering, struktur proyek sedemikian rupa sehingga perubahan asumsi input (seperti lamanya durasi tugas) akan mengubah jalur kritis dalam proyek, mungkin dengan mengubah struktur percabangan.

Misalnya, kegagalan pada tahap pengujian produk dapat berarti bahwa seseorang perlu bercabang ke tugas desain ulang produk. Dalam kasus seperti itu, alat seperti Microsoft Project dapat sangat berguna, karena alat tersebut secara khusus dirancang untuk menangkap hubungan tersebut. Kemampuan Project @RISK memungkinkan pengguna yang memiliki MS Project dan @RISK untuk bekerja dengan file yang pada dasarnya saling terkait; file .mpp dapat "diimpor" sehingga muncul di Excel dan durasi tugas dapat diubah (di Excel), dengan jadwal

proyek dihitung ulang di MS Project dan kemudian diperbarui di Excel juga; kedua aplikasi terbuka secara bersamaan.

Perhatikan bahwa alat ini dapat digunakan untuk membuat model jadwal biaya terpadu di Excel, sehingga durasi tugas (atau biaya) dapat diubah, atau analisis sensitivitas item dapat dijalankan, bahkan saat tidak ada risiko atau kemampuan simulasi @RISK yang digunakan. Tentu saja, simulasi juga dapat dijalankan; biasanya tanggal akhir proyek atau subtugas (serta beberapa estimasi biaya) akan ditetapkan sebagai keluaran dan disimulasikan, distribusi setiap plot yang dihitung dan sebaran (misalnya biaya dan jadwal) ditampilkan, seperti yang ditunjukkan dalam Bab 4.

Fitur Lainnya

Seperti yang dinyatakan sebelumnya, teks ini belum mencoba untuk mencakup semua aspek @RISK secara komprehensif. Pembaca yang ingin mengetahui lebih lanjut dapat merujuk ke menu Bantuan dalam perangkat lunak, dan berbagai file, utilitas dan sumber daya lain yang disediakan dengannya, serta situs web Palisade dan sumber daya terkaitnya.

13.7 MANFAAT @RISK DIBANDINGKAN DENGAN PENDEKATAN EXCEL/VBA

Berikut ini adalah ringkasan singkat dari beberapa poin penting yang berkaitan dengan manfaat penggunaan @RISK dibandingkan dengan Excel/VBA (yang gratis dan ada di mana-mana). Daftar ini tidak dimaksudkan untuk menjadi daftar yang lengkap, tetapi untuk menyoroti banyak poin penting yang disebutkan di berbagai tempat dalam teks:

Penggunaan @RISK memfasilitasi banyak aspek dari proses membangun model risiko dan mengomunikasikan konten, konsep, dan hasilnya. Umumnya, hal ini membuat langkah-langkah utama menjadi lebih mudah, lebih cepat, lebih transparan, dan lebih tangguh, terutama karena kemampuan grafis dan alat statistik, serta kemudahan dalam membuat hubungan ketergantungan pengambilan sampel. Tersedia sekumpulan besar distribusi dan parameter, dan bentuk parameter persentil (alternatif) tersedia untuk sebagian besar distribusi.

Beberapa distribusi khusus juga akan sulit ditiru dengan pendekatan Excel/VBA. Banyak aspek simulasi dan pemilihan angka acak yang mudah dikontrol, termasuk kemampuan untuk mengulang simulasi secara tepat, melakukan beberapa simulasi, memilih algoritme pembuatan angka acak, dan jenis pengambilan sampel. Selain itu, mudah untuk disematkan dalam prosedur simulasi yang perlu dijalankan pada setiap iterasi. Ada alat bantu untuk mengaudit model, dan untuk melakukan analisis hasil yang lebih baik.

Fungsionalitas tambahan mencakup kemampuan untuk menyesuaikan distribusi dan deret waktu dengan data, untuk melakukan pengoptimalan dalam ketidakpastian, dan untuk mengintegrasikan Microsoft Project dengan Excel. Jelas, sebagian besar fungsionalitas ini (paling banter) akan sangat rumit dan memakan waktu untuk diterapkan di Excel/VBA, dan upaya untuk melakukannya kemungkinan akan mengurangi tugas inti untuk menyediakan dukungan keputusan yang bernilai tambah. Model umumnya dapat disusun tanpa pertimbangan khusus yang diberikan pada lokasi distribusi risiko di dalamnya, atau pada apakah rentangnya perlu berdekatan satu sama lain. Umumnya tidak diperlukan pengodean

VBA (meskipun VBA dasar dapat berguna pada kesempatan tertentu, bahkan jika tidak sepenuhnya diperlukan). Ini adalah aplikasi yang telah dicoba dan diuji, sedangkan kode VBA yang ditulis khusus lebih mungkin mengandung kesalahan pengodean atau tidak kuat. Singkatnya, lebih banyak waktu dapat difokuskan pada penciptaan wawasan, solusi dan rekomendasi, serta penciptaan nilai tambah dalam konteks bisnis dan organisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboutorab, H., & Hussain, K. (2023). *Rancangan strategi mitigasi risiko Hotel X dengan menggunakan RMP* .
- Adelia, M. (2019). *Derivatif dalam mengelola risiko bisnis: Memperkuat fleksibilitas dan strategi keuangan* .
- Adin, Z., & Izzati, I. H. Y. (2023). Model of business risks and their impact on operational performance of SMEs.
- Adiwarman Karim. (2006). *Bank Islam: Analisis Fiqih dan Risiko Pembiayaan* .
- Altman, E. I., & Saunders, A. (2021). *Credit risk measurement: Developments over the last 20 years* . Journal of Banking & Finance, 25(1), 1-15.
- Anonim. (2021a). *8 Risk identification methods to discover your business risks* . Indeed Career Advice. <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/risk>
- Aven, T. (2022). *Foundations of risk analysis* (3rd ed.). Wiley.
- Basel Committee on Banking Supervision. (2021). *International convergence of capital measurement and capital standards* . Bank for International Settlements.
- Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2022). *Investments* (12th ed.). McGraw-Hill.
- Brigham, E. F., & Houston, J. F. (2023). *Fundamentals of financial management* (16th ed.). Cengage Learning.
- Cox, L. A. (2023). *Risk analysis: Foundations, models, and methods* . Springer.
- Crockford, N. (2021). *An introduction to risk management* (5th ed.). Cambridge University Press.
- Crouhy, M., Galai, D., & Mark, R. (2021). *Risk management* . McGraw-Hill.
- Crouhy, M., Galai, D., & Mark, R. (2022). *The essentials of risk management* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Damodaran, A. (2021). *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset* (4th ed.). Wiley.
- Damodaran, A. (2023). *Strategic risk taking: A framework for risk management* . Wharton School Publishing.
- Dowd, K. (2023). *Measuring market risk* (3rd ed.). Wiley.

- Duffie, D., & Singleton, K. J. (2023). *Credit risk: Pricing, measurement, and management* . Princeton University Press.
- Fabozzi, F. J. (2023). *The handbook of financial instruments* (2nd ed.). Wiley.
- Fama, E. F. (2020). *Foundations of finance* . Basic Books.
- Fraser, J., Simkins, B., & Narvaez, K. (2022). *Implementing enterprise risk management: Case studies and best practices* . Wiley.
- Froot, K. A., Scharfstein, D. S., & Stein, J. C. (2019). *Risk management: Coordinating corporate investment and financing policies* . Journal of Finance, 48(5), 1629-1658.
- GARP. (2022). *Financial risk manager handbook* (9th ed.). Wiley.
- Gordy, M. B. (2022). *A risk-factor model foundation for ratings-based bank capital rules* . Journal of Financial Intermediation, 12(3), 199-232.
- Haimes, Y. Y. (2021). *Risk modeling, assessment, and management* (4th ed.). Wiley.
- Hillson, D. (2021). *The risk management handbook: A practical guide to managing the multiple dimensions of risk* . Routledge.
- Hopkin, P. (2022). *Fundamentals of risk management: Understanding, evaluating, and implementing effective risk management* (6th ed.). Kogan Page.
- Hubbard, D. W. (2023). *The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it* . Wiley.
- Hull, J. C. (2023). *Risk management and financial institutions* (6th ed.). Wiley.
- ISO 31000:2018. (2018). *Risk management — Guidelines* . International Organization for Standardization.
- Jorion, P. (2022). *Value at risk: The new benchmark for managing financial risk* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Kahneman, D. (2022). *Thinking, fast and slow* . Farrar, Straus and Giroux.
- Kaplan, R. S., & Mikes, A. (2012). Managing risks: A new framework. *Harvard Business Review* , 90(6), 48-60.
- Leonenko, K., Liashevskaya, V., & Fomina, Y. (2021). The impact of globalization processes on business risks.
- Linsmeier, T. J., & Pearson, N. D. (2021). *Risk measurement: An introduction to value at risk* . University of Illinois.
- Luhmann, N. (2020). *Risk: A sociological theory* . Routledge.

- March, J. G., & Shapira, Z. (2020). *Managerial perspectives on risk and risk taking* . Management Science, 33(11), 1404-1418.
- Markowitz, H. M. (2021). *Portfolio selection: Efficient diversification of investments* . Yale University Press.
- Merton, R. C. (2019). *Continuous-time finance* . Wiley-Blackwell.
- Mishkin, F. S. (2021). *The economics of money, banking, and financial markets* (13th ed.). Pearson.
- Moosa, I. A. (2023). *Operational risk management: A practical approach to intelligent data analysis* . Wiley.
- Power, M. (2019). *The risk management of everything: Rethinking the politics of uncertainty* . Demos.
- Rebonato, R. (2022). *Coherent stress testing: A Bayesian approach to the analysis of financial stress* . Wiley.
- Saunders, A., & Cornett, M. M. (2021). *Financial institutions management: A risk management approach* (10th ed.). McGraw-Hill.
- Sharpe, W. F. (2020). *Investments* (8th ed.). Pearson.
- Shiller, R. J. (2021). *Irrational exuberance* (3rd ed.). Princeton University Press.
- Smithson, C. W. (2021). *Managing financial risk: A guide to derivative products, financial engineering, and value maximization* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Stulz, R. M. (2022). *Risk management & derivatives* (3rd ed.). Cengage Learning.
- Taleb, N. N. (2021). *Antifragile: Things that gain from disorder* . Random House.
- Tarantino, A. (2020). *Risk management handbook for corporate, government, and nonprofit organizations* (5th ed.). Wiley.

RISIKO BISNIS

DAN

CONTOH PRAKTIKNYA

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

BIO DATA PENULIS



Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang. dan dari Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW) Salatiga. 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. Sejak tahun 2023 penulis tercatat sebagai Dosen luar biasa di Fakultas Ekonomi & Bisnis (FEB) Universitas Diponegoro Semarang. 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 978-623-8642-87-8 (PDF)

