

Dr. Ir. Nasar Buntu L, M.M.

Konsep Dasar Manajemen Industri Manufaktur



Konsep Dasar Manajemen Industri Manufaktur

Oleh : Dr. Ir. Nasar Buntu L, M.M.

Editor:

Dwi Mei Rinawan

Desain Sampul :

Bowo

Tata Letak :

Rian

Diterbitkan oleh:

Penerbit Media Guru

Website: www.mediaguru.co.id

Email: penerbitmediaguru@gmail.com

Ukuran : 14,8 x 21

Halaman : xiv + 336

Cetakan : Pertama

Tahun : 2022

ISBN.....

Hak cipta © 2022, pada penulis

Dilarang memperbanyak, memperbanyak sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas kasih karuniaNya buku ini dapat diselesaikan dengan judul “**Konsep Dasar Manajemen Industri Manufaktur**”.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungannya baik moral, ilmu pengetahuan maupun materiil dalam proses penyusunan buku ini, antara lain:

1. Rektor dan civitas akademika Universitas Internasional Batam.
2. Rektor dan civitas akademika Universitas Kristen Indonesia Toraja
3. Ayahanda Laurents Tambing dan ibunda Yohana Samperura, istri Elvin Leppe Satian, ananda Livina Jayne Tambing dan Lance Given Tambing, kakanda Median Karel, adinda (alm) Trianto Sosang dan Ferry Malino yang telah memberikan inspirasi maupun dukungan moril, materiil dan spiritual selama proses penulisan buku hingga selesai.

Akhir kata penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan dalam penyajian karena kelemahan penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi pihak-pihak yang membutuhkan demi penulisan selanjutnya yang lebih sempurna dalam bidang ilmu manajemen strategi dan perawatan mesin.

Batam,

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BAB 1 PRODUKSI DAN MANUFAKTUR.....	1
A. Pendahuluan	1
B. Fungsi Manufaktur.....	3
C. Prinsip Manufaktur	4
D. Sumber Daya Produksi (Input Produksi).....	6
1. Apakah Sumber Daya Produksi Itu?	6
2. Kegiatan Perusahaan dan Sirkulasi Modal	9
E. Output Produksi	10
1. Penciptaan Utilitas.....	10
2. Tujuan Perusahaan	11
3. Nilai Produk dan Efektivitas Produksi.....	12
F. Proses Produksi	12
1. Apakah Proses Produksi itu?	12
2. Produktivitas dan Fungsi Produksi.....	13
3. Nilai Tambah dan Produktivitas	15
G. Organisasi Produksi.....	16
1. Organisasi	16
2. Organisasi dalam produksi.....	17
BAB 2 SISTEM MANUFAKTUR.....	19
A. Pendahuluan	19
B. Aspek Struktural Dari Sistem Manufaktur.....	20
C. Aspek Transformasional Dari Sistem Manufaktur	20
D. aspek prosedural dari sistem manufaktur	22
E. Sistem Manufaktur Terintegrasi.....	25

BAB 3	SISTEM PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASI	27
	A. Pendahuluan	27
	B. Pemikiran Strategik.....	28
	C. Pengembangan Produksi Dan Manajemen Operasional	28
	D. Model Produksi Dan Manajemen Operasi	29
	E. Pendekatan Sistem Produksi Dan Manajemen Operasi ..	30
	F. Sistem Informasi Dalam Proses Manufaktur Dan Jasa	31
	G. Definisi Operasi	32
	1. Operasi Manufaktur	33
	2. Operasi Jasa.....	33
	3. Persamaan dan Perbedaan Operasi Jasa dan Manufaktur	35
	H. Definisi Pekerjaan Produksi dan Operasi	37
	I. Perbedaan Manajemen Produksi dan Manajemen Operasi	38
	J. Produksi dan Manajemen Operasi Sebagai Pusat Model Bisnis	39
	K. Proses Transformasi.....	40
	L. Biaya dan Pendapatan dalam Model Input-Output (I/O) ..	42
	1. Keterkaitan Input dengan Biaya Variabel (Langsung) ..	43
	2. Keterkaitan Transformasi dengan Biaya Tetap (Tidak Langsung).....	43
	3. Keterkaitan Output Dengan Pendapatan dan Keuntungan	44
	M. Keuntungan Model Input-Output Produksi dan Manajemen Operasi	46
	N. Produktivitas Sebagai Masalah Utama dalam Produksi dan Manajemen Operasi.....	47
	O. Langkah-Langkah Pengembangan Produksi dan Manajemen Operasi	48
BAB 4	UKURAN, LOKASI, DAN TATA LETAK BERBAGAI FASILITAS	55
	A. Pendahuluan	55
	B. Prosedur – Analisa Makro	57

1.	Kebutuhan Rantai Pasokan.....	59
2.	Standar Kepuasan Pelanggan	59
3.	Perencanaan Induk Strategis Dan Penetapan Acuan .	60
4.	Analisis Jaringan.....	62
5.	Pemilihan Tim	78
C.	Prosedur Analisis Mikro Dalam Pemilihan Tempat/Lokasi	78
1.	Pemilihan Komunitas.....	78
2.	Daftar Periksa (<i>Checklist</i>) Pemilihan Lokasi	80
3.	Faktor Lingkungan	80
4.	Zona Perdagangan Bebas.....	80
5.	Kunjungan Lokasi.....	81
6.	Keputusan Akhir Proses (Finalisasi).....	81
D.	Bergerak Dari Pemilihan Lokasi Ke Konstruksi.....	82
E.	Kesimpulan	84
BAB 5.	PERENCANAAN DAN DESAIN PRODUK.....	85
A.	Pendahuluan	85
B.	Desain Produk	89
1.	Dasar Desain Produk	89
2.	Mutu Produk.....	91
3.	Keandalan Produk	92
4.	Desain Ramah Lingkungan	95
5.	Pengurangan Biaya Desain	95
6.	Teknologi Kelompok (Group Technology)	97
C.	Struktur dan Pengembangan Produk.....	99
1.	Struktur Hirarkis Produk.....	99
2.	Daftar material (Bill of material)	99
3.	Komponen yang berlebihan.....	100
4.	Menghitung Komponen Bersih yang Diperlukan.....	100
BAB 6	PERENCANAAN DAN DESAIN PROSES	101
A.	Ruang Lingkup Dan Permasalahan Perencanaan Proses.	101
1.	Apa itu Perencanaan Proses?.....	101
2.	Fungsi Dasar Perencanaan Proses	101

B.	Desain Proses.....	102
1.	Masalah Utama Desain Proses	102
2.	Gambaran dan Analisis Aliran Kerja.....	102
3.	Pemilihan Stasiun Kerja	105
C.	Desain Operasi	107
1.	Masalah dalam Desain Operasi.....	107
2.	Analisis Sistem Manusia-Mesin	107
3.	Analisis Faktor Manusia	108
4.	Operasi Produktif.....	111
5.	Divisi Tenaga Kerja dan Desain Pekerjaan	112
6.	Pengaruh Pembelajaran	113
D.	Analisis Jalur Optimal.....	116
1.	Pengaturan Masalah.....	116
2.	Pemecahan dengan Pemrograman Dinamis	116
3.	Pemecahan masalah dengan Teknik Jaringan	118
E.	Keseimbangan Lini Produksi.....	119
1.	Cakupan Keseimbangan Lini Produksi	119
2.	Jumlah Stasiun Kerja yang Optimal	121
3.	Waktu Siklus Minimum	122
BAB 7	PERENCANAAN DAN DESAIN LOGISTIK	123
A.	Pendahuluan	123
1.	Menentukan Permasalahan Transportasi	123
2.	Prosedur Solusi Dalam Program Linier Tipe Transportasi	124
B.	Permasalahan Distribusi	127
1.	Permasalahan Transportasi Penjual	127
2.	Memecahkan Permasalahan Transportasi Penjual	127
BAB 8	ALIRAN INFORMASI MANAJERIAL DALAM SISTEM MANUFAKTUR.....	129
A.	Pendahuluan	129
1.	Aliran Informasi Dalam Manufaktur	129
2.	Proses Aliran Informasi	129

B.	Masalah Keputusan Dalam Arus Informasi Manajerial ...	130
1.	Permasalahan dalam Perencanaan Produksi Strategis.....	130
2.	Masalah Keputusan dalam Perencanaan Produksi Agregat.....	130
3.	Masalah Keputusan dalam Penjadwalan Produksi	131
4.	Masalah Keputusan dalam Pengendalian Produksi ...	131
BAB 9	MANAJEMEN KAPASITAS DAN PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT	133
A.	Pendahuluan	133
B.	Definisi Perencanaan Produksi	137
1.	Arti dari Perencanaan Produksi Agregat	137
2.	Perencanaan Produksi Jangka Pendek dan Jangka Panjang.....	137
C.	Contoh 1: Perencanaan Produksi Agregat.....	138
1.	Perencanaan Produksi	138
2.	Kapasitas Produksi	145
D.	Contoh 2: Perencanaan Produksi Manufaktur Agregat ...	148
1.	Biaya Dalam Perencanaan Agregat	149
2.	Kapasitas Produksi	150
3.	Perencanaan Produksi.....	153
4.	Pemilihan Perencanaan Produksi	160
5.	Kondisi Awal	162
BAB 10	MANAJEMEN PERSEDIAAN.....	163
A.	Pendahuluan	163
B.	Jenis-Jenis Situasi Persediaan	168
1.	Model Persediaan: Statis atau Dinamis.....	169
2.	Jenis Distribusi Permintaan: Tertentu/Pasti, Berisiko, dan Tidak Pasti	169
3.	Stabilitas Distribusi Permintaan: Tetap atau Bervariasi.....	171
4.	Permintaan Yang Berkelanjutan: Lancar atau Tidak Lancar/Putus-putus	171

5.	Distribusi Jangka Waktu: Tetap atau Bervariasi.....	172
6.	Sistem Permintaan: Terikat atau Bebas	172
C.	Biaya Persediaan	173
1.	Biaya Pemesanan.....	173
2.	Biaya Pengaturan dan Pergantian	173
3.	Biaya Menyimpan Persediaan	173
4.	Biaya Diskon	175
5.	Biaya Kehabisan Stok.....	175
6.	Biaya Menjalankan Sistem Persediaan.....	176
7.	Biaya Kebijakan Persediaan Tambahan	177
D.	Model Jumlah Pesanan Ekonomis (EOQ)	178
1.	Biaya Pemesanan Tahunan	179
2.	Biaya Penyimpanan Persediaan Tahunan	179
3.	Biaya Bahan Tahunan	181
4.	Biaya Total Tahunan.....	181
5.	Biaya Variabel Total Tahunan	182
6.	Contoh Perhitungan Biaya	182
7.	Perumusan EOQ.....	184
E.	Model Jumlah Produksi Ekonomis (EPQ)	184
F.	Pengelompokan ABC	187
1.	Bahan/Komponen Yang Penting atau Kritis	187
2.	Jumlah Nilai Tahunan Bahan	189
G.	Model Diskon Berdasarkan Jumlah Pembelian (<i>Quantity Discount Model</i>)	191
H.	Jangka Waktu Pengadaan	193
I.	Kebijakan Titik Pesanan (<i>Order Point Policies, Opp</i>)	196
J.	Sistem Persediaan Jumlah Tetap	197
1.	Titik Pemesanan Ulang dan Stok Cadangan (Stok Aman).....	199
2.	Pelaksanaan Sistem Persediaan Dengan Pesanan Jumlah Tetap.....	201
3.	Sistem Pengendalian Persediaan Jumlah Tetap Dengan Dua Bin.....	202

	K. Sistem Persediaan Tinjauan Waktu Tetap (Periodik).....	203
BAB 11	MANAJEMEN PROYEK	207
	A. Pendahuluan	207
	B. Pengaturan Proyek	212
	C. Kepemimpinan dalam Manajemen Proyek	212
	D. Aturan-Aturan Dasar dalam Manajemen Proyek	214
	E. Asal Usul Manajemen Proyek.....	215
	F. Jaringan Proyek	216
	G. Jalur Kritis dan Durasi Proyek.....	218
	H. Waktu Mulai Paling Awal dan Selesai Paling Cepat.....	219
	I. Waktu Mulai Yang Paling Lambat dan Selesai Yang Paling Lambat.....	221
	J. Waktu Longgar (SLACK)	223
	K. Pengurangan Durasi Proyek	224
	L. Analisa Biaya	226
	1. Contoh Analisa Biaya.....	226
	2. Biaya Perombakan Suatu Kegiatan	227
	3. Pengurangan Durasi Proyek.....	227
	4. Biaya Tetap.....	230
	M. Perombakan Banyak Jalur.....	232
	N. Kemungkinan Dalam Proyek	233
	O. Manajemen Sumber Daya	236
BAB 12	MANAJEMEN MUTU	241
	A. Pendahuluan	241
	B. Pencapaian Mutu	243
	C. Dimensi Mutu	245
	D. Biaya Mutu.....	251
	1. Biaya Pencegahan.....	251
	2. Biaya Penilaian Mutu (Inspeksi)	253
	3. Biaya Kegagalan	255
	4. Total Biaya Mutu	256
	E. Metodologi Pengendalian Mutu	256

1.	Lembar Pemeriksaan Data (<i>Data Check Sheets, DCS</i>)..	257
2.	Diagram Batang (<i>Bar Charts</i>)	259
3.	Histogram	259
4.	Analisis Pareto	260
5.	Bagan Sebab dan Akibat (Bagan Ishikawa atau Tulang Ikan)	262
F.	Pengendalian Proses Statistik (<i>Statistical Process Control, SPC</i>)	264
1.	Pengecekan dengan Variabel atau Atribut	265
2.	Penyebab Keberagaman Proses	266
3.	Bagan Pengendalian Mutu (<i>QC Charts</i>)	268
4.	Proses Stabil	271
5.	Pemilihan Proses	271
G.	Bagan Kendali Untuk Satu Variabel: Bagan X-Bar	273
H.	Bagan Kendali Untuk Beberapa Variabel: R-Charts	279
I.	Bagan Kendali Untuk Satu Atribut: P-Charts	280
J.	Bagan Kendali Untuk Banyak Atribut: C-Charts	283
K.	Penerimaan Sampel	285
1.	Rencana Pengambilan Sampel Tunggal (<i>Single Sampling Plans</i>)	287
2.	Rencana Pengambilan Sampel Berganda (<i>Multi-Sampling Plans</i>)	290
L.	Standar Mutu Internasional	291
BAB 13	MANAJEMEN PERAWATAN	295
A.	Pendahuluan	295
B.	Efektivitas dan Efisiensi Manajemen Perawatan	297
C.	Tujuan, Strategi dan Tanggung Jawab Perawatan	298
1.	Menentukan Tujuan Perawatan	298
2.	Perumusan Strategi	300
3.	Tanggung Jawab Perawatan	301
D.	penerapan strategi pada kegiatan perawatan	303

BAB 14 MANAJEMEN RANTAI PASOKAN (SCM)	305
A. Pendahuluan	305
B. Tujuan Suatu Rantai Pasok	306
C. Pentingnya Pengambilan Keputusan Rantai Pasok	308
D. Tahapan Keputusan dalam Rantai Pasok.....	308
1. Strategi atau desain rantai pasokan.....	308
2. Perencanaan rantai pasokan.....	309
3. Operasi rantai pasokan	310
E. Bentuk Proses Rantai Pasok	310
1. Bentuk Siklus Proses Rantai Pasok	311
2. Bentuk Push/Pull Proses Rantai Pasok	314
3. Proses Makro Rantai Pasok di Perusahaan.....	315
 BAB 15 PERENCANAAN SUMBER DAYA PERUSAHAAN (ERP)	319
A. Pendahuluan	319
1. Definisi ERP.....	319
2. Evolusi ERP.....	320
3. Pendekatan Sistem Terintegrasi.....	322
B. Manfaat Bisnis Dengan ERP.....	324
C. Modul ERP	326
D. Pilihan-Pilihan dalam Perancangan Erp.....	327
E. Kasus Bisnis dalam Penerapan ERP.....	328
1. Analisa Biaya-Manfaat Dalam Penerapan ERP	329
2. ERP Memberi Keunggulan Bersaing	330
F. Tantangan dalam Menerapkan Sistem ERP	330
 DAFTAR PUSTAKA	333
 PROFIL PENULIS.....	335

BAB 1

Produksi dan Manufaktur

A. PENDAHULUAN

Kata produksi (*production*) berasal dari bahasa latin "*producere*" yang berarti memimpin di depan dan mulai dikenal pada tahun 1483 dalam bahasa Inggris. Produksi adalah pembuatan sesuatu yang baru, baik berwujud dalam bentuk produk atau tidak berwujud dalam bentuk jasa. Sekarang ini, bentuk tidak berwujud juga termasuk dalam ruang lingkup produksi. Produksi adalah salah satu fungsi paling dasar dan penting dari kegiatan manusia dalam masyarakat industri modern dan sekarang dipandang sebagai kegiatan budaya.

Didalam perkembangannya, produksi mengalami perubahan bentuk:

1. Pada zaman dahulu alam merupakan satu-satunya sumber kekayaan sehingga pertanian, berburu, memancing, menambang, dan sejenisnya adalah kegiatan produktif dasar. Kategori ini sekarang dikenal sebagai industri primer.
2. Sekitar dua ratus tahun yang lalu, pelopor ekonomi seperti Adam Smith (1723 - 1790), David Ricard (1772 - 1823) dan John Stuart Mill (1806 - 1873) memasukkan 'manufaktur' sebagai elemen dalam penciptaan kekayaan dengan memperkenalkan konsep *vendability* (kemampuan menjual), yaitu melakukan produksi untuk kebutuhan pasar. Istilah *manufacture* (manufaktur) awalnya muncul pada tahun 1622, berasal dari bahasa latin '*manu factum*' yang berarti dibuat oleh tangan. Produksi dalam pengertian ini memberikan penekanan khusus pada pembuatan hal-hal yang berwujud (produk). Kategori

ini sekarang dikenal sebagai industri sekunder, yang meliputi manufaktur, konstruksi, dan pemenuh kebutuhan yang berfaat bagi masyarakat.

3. Menjelang bagian akhir abad kesembilan belas, konsep utilitas (manfaat/daya guna) muncul untuk digunakan oleh ekonom utilitas marjinal (penambahan daya guna) seperti William Stanley Jevons (1831-1882), Karl Menger (1840-1921) dan Marie Esprit Leon Walras (1834-1910). Secara ekonomi, utilitas adalah indeks yang menyatakan derajat kepuasan keinginan manusia. Istilah ini awalnya muncul pada tahun 1440 yang berasal dari bahasa Latin yaitu '*utilis*' yang artinya berguna. Dengan diperkenalkannya konsep ini, maka arti produksi diperluas menjadi penciptaan utilitas. Oleh karena itu, produksi juga termasuk jasa didalamnya seperti transportasi, penjualan, perdagangan, dan kegiatan jasa lainnya. Kategori ini sekarang dikenal sebagai industri tersier.

Seperti yang disebutkan di atas, tidak ada perbedaan yang jelas antara produksi material yang berwujud (*tangible*) dan produksi tidak berwujud (*intangible*) dari sudut pandang ekonomi dimana satu-satunya perbedaan signifikan antara dua bentuk produk meliputi:

1. Produk gratis (*free goods*) yang tersedia dalam jumlah tak terbatas tanpa biaya, seperti udara dan air sungai yang karenanya tidak perlu diproduksi.
2. Produk ekonomi (*economic goods*) yang terbatas jumlahnya dalam memenuhi keinginan manusia.

Produk ekonomi perlu diproduksi pada waktu dan tempat yang dibutuhkan sesuai dengan pengeluaran. Dalam hal ini, masalah kelangkaan (*scarcity*) menentukan produk-produk ekonomi.

Dalam arti sempit, produksi dipahami sebagai transformasi bahan mentah menjadi produk dengan serangkaian aplikasi energi yang masing-masing mempengaruhi perubahan yang terdefinisi dengan baik dalam karakteristik fisik atau bahan kimia. Karena definisi ini hanya berlaku untuk memproduksi barang (produk) berwujud seperti dalam industri

manufaktur ataupun proses pembuatan, maka disebut manufaktur (pabrikasi/perakitan). Tempat dalam melakukan manufaktur adalah pabrik atau bengkel. Perusahaan yang berkaitan dengan manufaktur adalah perusahaan manufaktur atau produsen.

Makna manufaktur awalnya adalah membuat sesuatu secara manual dengan tangan seperti yang disebutkan sebelumnya. Namun maknanya saat ini meluas, dimana manufaktur merupakan konversi desain menjadi produk jadi, sedangkan produksi memiliki arti yang lebih sempit yaitu tindakan fisik membuat produk. Di tahun 1983, CIRP (*International Conference on Production Research*) mendefinisikan manufaktur sebagai serangkaian kegiatan dan operasi yang saling terkait yang melibatkan desain, pemilihan bahan, perencanaan, produksi, penjaminan mutu, pengelolaan dan pemasaran produk industri manufaktur. Definisi ini mencakup keterkaitan desain yang tak terpisahkan ke dalam sistem manufaktur.

Manufaktur harus diakui sebagai serangkaian kegiatan produktif yang meliputi perencanaan, desain, pengadaan, produksi, penyimpanan, pemasaran, distribusi, penjualan maupun manajemen.

B. FUNGSI MANUFAKTUR

Manufaktur dalam bentuk produksi barang atau produk berwujud, memiliki sejarah panjang beberapa ribu tahun sebelumnya yang mencakup tiga bentuk penting menurut Hitomi (1994):

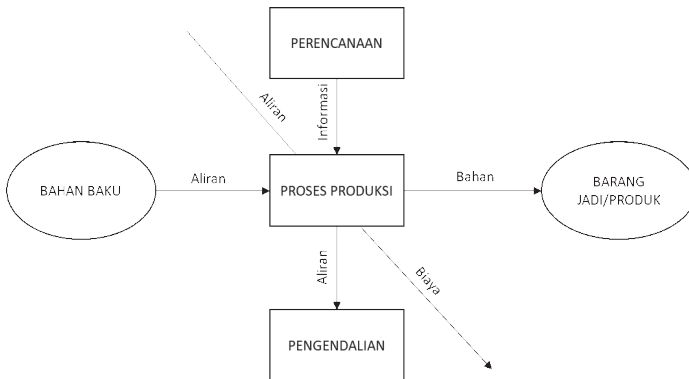
1. Menyediakan sarana dasar kebutuhan manusia.
Tanpa proses manufaktur atau produksi barang, maka manusia tidak dapat hidup dan ini semakin meningkat dalam masyarakat modern.
2. Penciptaan kekayaan bangsa-bangsa.
Kekayaan suatu negara atau bangsa dihasilkan dari manufaktur. Sebuah negara di mana proses manufakturnya telah habis akan menjadi miskin dan lemah.
3. Langkah-langkah menuju kebahagiaan manusia dan perdamaian dunia. Orang kaya dan negara yang sejahtera dapat memberikan

keamanan, kesejahteraan, dan kebahagiaan bagi rakyatnya sehingga negara tersebut tidak perlu lagi menginvasi negara/bangsa lain atau melakukan perang, sehingga pembuatan senjata yang merupakan musuh masyarakat bisa berhenti dan berdampak pada perdamaian dunia.

C. PRINSIP MANUFAKTUR

Untuk kegiatan manufaktur yang efisien, maka penyatuan dan harmonisasi tiga aliran seperti ditunjukkan di Gambar 1.1:

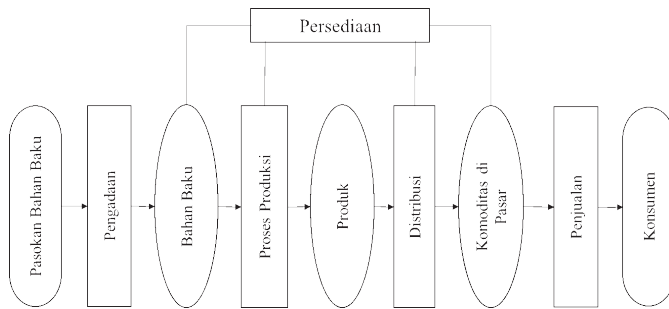
1. Aliran bahan yaitu konversi bahan mentah menjadi produk yang merupakan produksi teknis.
2. Arus informasi yaitu perencanaan dan pengendalian produksi.
3. Aliran biaya yaitu produksi ekonomis.



Gambar 1.1 Aliran-aliran Dalam Manufaktur

Produksi barang pada dasarnya adalah pemanfaatan sumber daya produksi (tenaga kerja, bahan, mesin, uang, dan informasi) terutama bahan baku dalam pembuatan produk jadi. Sistem input-output ini disebut sebagai proses produksi atau teknologi produksi yang secara sederhana disebut aliran bahan (produksi teknis).

Dari sudut pandang yang luas, aliran ini merupakan rangkaian fungsi yang berurutan: pengadaan, produksi, distribusi, persediaan dan penjualan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Aliran Bahan di dalam Sistem Manufaktur

Selama proses ini bahan baku diperoleh dari pemasok luar, diproses dan dirakit di pabrik dan disimpan di gudang sebagai persediaan, dan produk jadi dikirim ke konsumen sebagai komoditas di seluruh tahapan distribusi. Yang juga terlibat adalah sarana penanganan material secara fisik melalui maupun di antara fungsi-fungsi ini.

1. Arus informasi

Di era dimana konsumsi ditentukan oleh pasar (*market-in*) bukan berdasarkan hasil produksi (*product-out*), maka penting untuk memahami kebutuhan pasar yang tepat dan mencerminkan kebutuhan tersebut dalam proses produksi. Proses ini adalah fungsi manajemen atau teknologi manajemen yang melakukan perencanaan dan pengendalian yang disebut dengan aliran informasi (*flow of information*) seperti ditunjukkan di Gambar 1.1.

2. Perencanaan dan Pengendalian

Perencanaan (*planning*) adalah pemilihan tindakan di masa depan. Menurut perencanaan (jadwal) ini, kegiatan produksi dilakukan di sebuah pabrik. Pengendalian (*controlling*) adalah pengukuran dan koreksi kinerja kegiatan untuk memastikan bahwa tujuan dan rencana pengelolaan telah dicapai.

3. Aliran Biaya

Melalui proses produksi bahan baku diubah menjadi produk jadi dengan nilai tambah. Proses nilai tambah ini adalah aliran nilai (produksi ekonomis) atau disebut juga aliran biaya (*flow of cost*)

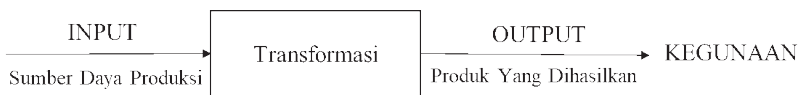
seperti digambarkan pada Gambar 1.1. Biaya terjadi melalui proses produksi dan terakumulasi dengan kegiatan produksi selanjutnya.

4. Pentingnya Arus Informasi

Aliran bahan baku (material) adalah fungsi dasar yang sangat diperlukan dalam manufaktur. Aliran ini disertai dengan aliran biaya karena bahan mentah diubah menjadi produk dengan nilai tinggi. Kekuatan pendorong dari fungsi ini adalah aliran informasi (*information flow*). Aliran bahan yang menghasilkan aliran biaya berlangsung sesuai dengan instruksi yang dikeluarkan dari arus informasi berdasarkan kebutuhan pasar. Tindakan sinergis ini mewujudkan kualitas tinggi, biaya rendah, dan pengiriman tepat waktu (*respons cepat*). Realisasi dari bentuk produksi ideal ini sekarang dilakukan di pabrik secara otomatis dengan proses manufaktur yang terintegrasi dengan komputer (*Computer-Integrated Manufacturing, CIM*).

5. Definisi Produksi/Manufaktur

Dalam pembahasan sebelumnya, produksi/manufaktur didefinisikan sebagai proses memproduksi barang secara ekonomis termasuk barang berwujud dan tidak berwujud (jasa) dari sumber daya produksi (proses produksi/produksi teknis), sehingga menciptakan utilitas (kegunaan) dengan meningkatkan nilai tambah (proses penciptaan nilai tambah/ekonomis produksi). Gambar 1.3 menunjukkan produksi dapat dilihat dengan baik sebagai sistem input-output.



Gambar 1.3. Sistem Input-Output

D. SUMBER DAYA PRODUKSI (INPUT PRODUKSI)

1. Apakah Sumber Daya Produksi Itu?

Definisi

Sumber daya produksi adalah input yang diperoleh/dibeli dari luar dan digunakan dalam proses produksi untuk pembuatan barang.

Klasifikasi klasik untuk sumber daya produksi dari sudut pandang para ekonom dibagi menjadi tiga kelompok berikut:

- a. Tanah: sumber daya alam
- b. Tenaga kerja: usaha manusia (fisik dan mental)
- c. Modal: barang ekonomi untuk reproduksi (perkakas, mesin, pabrik, bangunan, bahan baku dan sebagainya).

Kadang-kadang manajemen yang merupakan keterampilan mengelola dan mengoperasikan perusahaan dimasukkan untuk membedakannya dengan usaha manusia dalam proses produksi.

Sumber Daya Produksi dalam Sistem Manufaktur

Klasifikasi luas di atas terkait sumber daya produksi tidak begitu cocok untuk suatu analisis dalam penerapan proses produksi pada tingkat mikro. Oleh karena itu, sumber daya produksi dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori berikut yang memainkan peran penting dalam sistem manufaktur:

- a. Obyek produksi yaitu bahan-bahan yang digunakan dalam kegiatan produksi yang meliputi:
 - 1) Bahan utama yang diubah menjadi produk melalui proses produksi, seperti bahan mentah, suku cadang dan sebagainya yang membentuk produk
 - 2) Bahan pendukung yang ditambahkan ke bahan utama seperti cat atau tambahan untuk produksi seperti listrik dan minyak pelumas yang dikonsumsi selama proses produksi, cahaya dan pendingin udara yang mendukung tenaga kerja produktif, dan lain-lain.
- b. Sarana produksi yaitu media dimana bahan mentah diubah menjadi produk yang meliputi:
 - 1) Sarana produksi langsung atau fasilitas produksi yang secara langsung mengerjakan bahan mentah, misalnya mesin, peralatan, perangkat, jig dan perkakas, peralatan penanganan material, dan sebagainya.

2) Sarana produksi tidak langsung yang secara tidak langsung menjalankan kegiatan produktif, seperti tanah, jalan, gedung, gudang, dan sebagainya.

Objek produksi berubah dan dikonsumsi selama produksi, sedangkan sarana produksi dapat digunakan berulang kali selama jangka waktu tertentu (mesin tahan lama).

c. Tenaga kerja produktif yaitu kemampuan manusia termasuk jasmani, rohani, dan kemampuan mental seorang pekerja individu yang dengannya kegiatan produksi dilakukan. Suatu organisasi di mana dua orang atau lebih bekerja sama untuk tujuan umum memiliki kepentingan khusus di sebagian besar sistem manufaktur.

d. Informasi produksi yaitu bagaimana menerapkan pengetahuan/kecerdasan/ pengetahuan secara efektif dalam arti efisien dan ekonomis serta proses yang produktif selama proses manufaktur. Hal ini termasuk metode produksi dalam bentuk prosedur teknis dalam menerapkan proses produktif yang meliputi:

1) Teknologi produksi yang mengikuti tujuan hukum rekayasa (*engineering*) termasuk aturan empiris

2) Teknik produksi yang merupakan keterampilan subjektif yang diperoleh melalui pelatihan individu di mana pengalaman dan intuisi sangat diandalkan

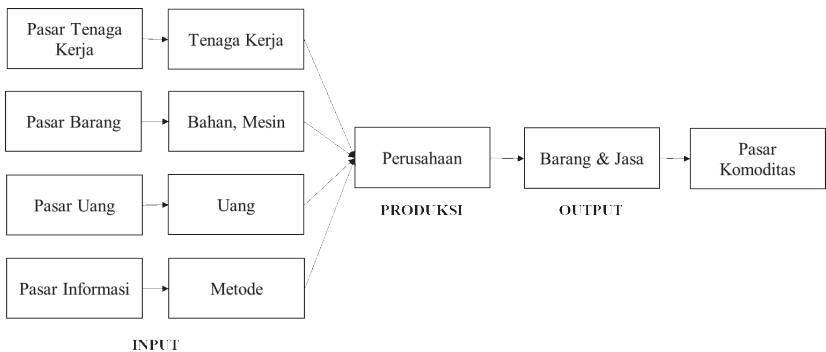
3) Produksi berbasis pengetahuan yang merupakan sistem handal berdasarkan aturan produksi

Informasi produksi adalah perangkat lunak (*software*) dan mengontrol tiga sumber daya lainnya dari produksi yang semuanya dalam bentuk perangkat keras (*hardware*). Sumber daya produksi ini menjadi semakin penting melalui penggunaan komputer sebagai sarana utama dari arus informasi.

2. Kegiatan Perusahaan dan Sirkulasi Modal

Kegiatan Perusahaan Manufaktur

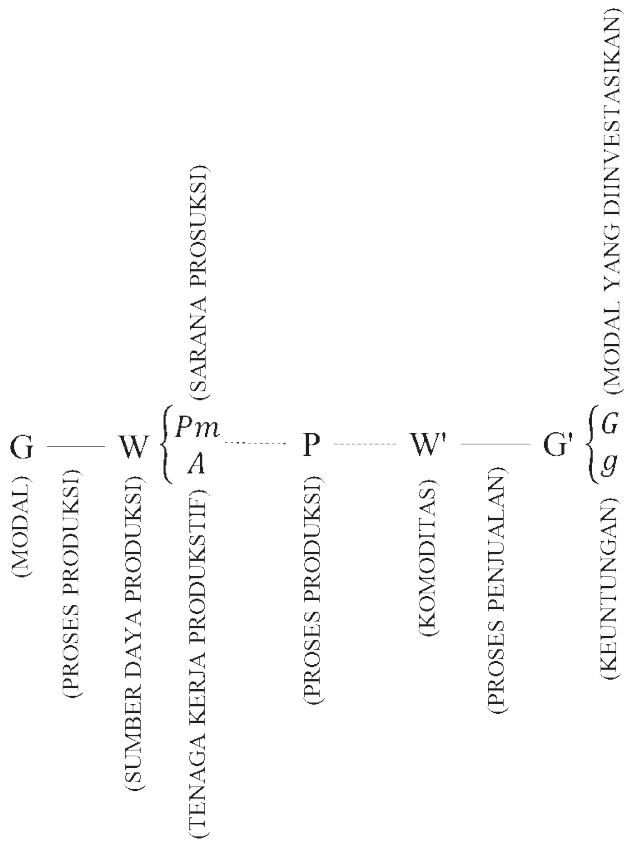
Dana diperlukan untuk memperoleh keempat sumber produksi di atas, karenanya dari sudut pandang teknik industri (*Industrial Engineering, IE*), input dalam produksi adalah manusia (*man*), bahan baku (*material*), mesin (*machine*), uang (*money*) dan metode (*method*). Perusahaan manufaktur menyediakan berbagai kebutuhan pasar dan komoditas produksi untuk dijual (didistribusikan dan ditukar) di pasar dan dikonsumsi oleh pelanggan seperti ditunjukkan pada gambar 1.4.



Gambar 1.4 Kegiatan Perusahaan

Perputaran Modal Menciptakan Keuntungan

Melalui kegiatan manufaktur di atas, maka perputaran modal ditunjukkan di gambar 1.5 dengan modal produksi akan meningkatkan dana awal dimana modal G digunakan untuk memperoleh sumber daya produksi W , sarana/fasilitas produksi P_m , dan tenaga kerja A . W diubah menjadi komoditi W' melalui proses produksi P , kemudian fungsi penjualan merubah W' menjadi G' (modal G yang diinvestasikan diawal dengan penambahan keuntungan g).



Gambar 1.5 Perputaran Modal Karl Marx's

E. OUTPUT PRODUKSI

1. Penciptaan Utilitas

Jenis Utilitas (Manfaat/Kegunaan)

Seperti disebutkan sebelumnya bahwa output yang dihasilkan melalui produksi adalah barang berwujud (produk) dan barang maupun tidak berwujud (jasa). Fungsi produksi (sisi penawaran) menciptakan utilitas (kegunaan). Dari sudut pandang ekonomi produksi, hal ini akan menghasilkan bentuk, waktu, dan tempat utilitas terhadap barang yang diproduksi.

Disutilitas (Produk Buangan) Yang Dihasilkan

Utilitas yang dibuat oleh fungsi produksi seharusnya bernilai positif. Namun berbagai produk sampingan dapat diproduksi selama proses ini ketika keadaan bahan mentah diubah menjadi produk jadi melalui tahapan produksi yang berurutan. Beberapa produk sampingan ini adalah limbah industri/gas pencemar udara. Produk juga dapat menghasilkan gas polusi udara dan dibuang sebagai limbah setelah digunakan. Limbah industri dan polusi udara pasti merusak lingkungan alam dan menghasilkan utilitas negatif atau disutilities yang berdampak buruk atau berbahaya bagi masyarakat sekitar.

Sangat penting untuk mencegah hal ini dengan membentuk tipe tertutup atau sistem produksi yang berorientasi daur ulang serta mengembangkan teknologi produksi baru untuk mencegah penciptaan bahaya bagi masyarakat. Ini disebut sebagai manufaktur hijau (*green manufacturing*).

Nilai Utilitas Berdasarkan Fungsi Pemasaran

Nilai utilitas adalah nilai pakai di luar nilai tukar (harga) atau kepuasan total yang diperoleh konsumen dari menggunakan produk yang dibeli (kepuasan pelanggan) karena pelanggan adalah raja. Penciptaan nilai manfaat/utilitas adalah hal penting dalam pemasaran atau fungsi penjualan yang didasarkan pada sisi permintaan.

Pemasaran

Pemasaran didefinisikan oleh *American Marketing Association* sebagai 'proses untuk merencanakan dan menerapkan pembentukan konsep suatu ide, komoditas dan jasa, penetapan harga, promosi dan distribusi penjualan sehingga menciptakan nilai tukar dari individu/ organisasi.

2. Tujuan Perusahaan

Keuntungan

Keuntungan yang perusahaan manufaktur peroleh melalui kegiatan produksi dirumuskan sebagai pengurangan biaya produksi

dari nilai produk (harga/pendapatan) sebagai nilai tambah yang diciptakan oleh produksi.

$$\text{Keuntungan} = \text{Harga} - \text{Biaya} \quad (1.1)$$

Tujuan perusahaan dapat dibagi menjadi dua kelompok:

- a. Tujuan laba yang akan dimaksimalkan oleh manajemen
- b. Tujuan sosial yang digunakan untuk berkontribusi pada kesejahteraan masyarakat

3. Nilai Produk dan Efektivitas Produksi

Dari sudut pandang praktis, nilai produk dan/atau keefektifan produksi dapat dijabarkan dari tiga aspek berikut:

- a. Fungsi dan mutu (*Quality, Q*)
- b. Biaya produksi dan harga (*Cost, C*)
- c. Kuantitas produksi dan pengiriman yang tepat waktu (*Delivery, D*)

Jadi tujuan utama produksi adalah untuk membuat produk sesuai yang diinginkan dengan cepat (*Just in Time, JIT*) dengan biaya terendah. Fungsi yang memberikan rencana/jadwal untuk tujuan tersebut disebut manajemen produksi.

F. PROSES PRODUKSI

1. Apakah Proses Produksi itu?

Definisi Proses produksi

Proses produksi adalah transformasi dari input menjadi output dimana terjadi proses perubahan sumber daya produksi, khususnya sumber daya bahan mentah menjadi barang atau produk yang berwujud. Proses produksi tersebut umumnya terdiri dari beberapa tahap produksi berturut-turut lewat serangkaian operasi ataupun stasiun kerja atau fasilitas produksi untuk menghasilkan output

Aliran Material dengan Aliran Biaya

Adanya utilitas bentuk, waktu, dan tempat suatu produk mengalami peningkatan selama perubahan input menjadi output dan

disertai adanya nilai tambah (*added value*). Ini adalah aliran material/ bahan dengan aliran biaya di perusahaan manufaktur sebagaimana disebutkan dalam gambar 1.2.

2. Produktivitas dan Fungsi Produksi

Definisi Produktivitas

Sangat penting untuk merubah secara efektif (ekonomis dan efisien) sumber daya produksi menjadi barang yang diproduksi. Ukuran efektivitas selama proses transformasi disebut produktivitas yang secara abstrak dirumuskan sebagai perbandingan antara output dan input.

$$\text{Produktivitas} = \text{Output} : \text{Input} \quad (1.2)$$

Ini diartikan sebagai hubungan antara sumber daya fisik yang digunakan untuk produksi dan unit output yang dihasilkan dalam periode waktu tertentu.

Fungsi Produksi

Untuk menghitung produksi dengan benar perlu diketahui hubungan kuantitatif antara jumlah input dan output. Ini dinyatakan dengan fungsi produksi atau model produksi.

Model produksi untuk proses keluaran tunggal menyatakan hubungan antara input, x_1, x_2, \dots, x_n , dan output x_0 .

$$x_0 = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.3)$$

Model produksi digunakan untuk memperkirakan, menghitung, dan mengevaluasi produktivitas suatu bangsa atau perusahaan. Produk Nasional Bruto (GNP) Y sering dinyatakan dalam fungsi modal K dan tenaga kerja L .

$$Y = f(K, L) \quad (1.4)$$

Jenis Fungsi Produksi

Hitomi (1995) menjelaskan beberapa jenis model produksi sebagai berikut:

- a. Model koefisien tetap (model Leontief).

Jika k unit modal dan l unit tenaga kerja diperlukan untuk menghasilkan satu unit produk, maka dihasilkan rumusan sebagai berikut:

$$Y = \min(K/k, L/l) \quad (1.5)$$

- b. Model Cobb-Douglas (model Wicksell).

Jika tingkat teknologi adalah a dan elastisitas modal serta tenaga kerja berturut-turut adalah α dan β , maka:

$$Y = a \cdot K^\alpha \cdot L^\beta \quad (1.6)$$

dimana a berkaitan dengan kemajuan teknologi dalam waktu t dan dinyatakan sebagai $a_0 \cdot e^{ct}$, dimana a_0 dan c adalah konstanta. Hubungan $\alpha + \beta = 1$ sering diasumsikan untuk contoh kehidupan nyata.

- c. Model Substitusi Elastisitas Konstan (*Constant Elasticity of Substitution, CES*).

Jika elastisitas substitusi adalah konstanta σ , maka:

$$Y = [\kappa K^{(\sigma-1)/\sigma} + \lambda L^{(\sigma-1)/\sigma}]^{\sigma/(\sigma-1)} \quad (1.7)$$

di mana κ dan σ adalah parameter yang menunjukkan kondisi teknologi.

Produktivitas Rata-Rata dan Marjinal

Model produktivitas rata-rata dan marjinal dihitung dengan:

- Produktivitas rata-rata: $x_0/x_1, x_0/x_2, \dots, x_0/x_n$
- Produktivitas marjinal adalah kemampuan pertambahan satu unit input variabel untuk meningkatkan total output: $\delta x_0/\delta x_1, \delta x_0/\delta x_2, \dots, \delta x_0/\delta x_n$

Jenis Produktivitas

Isi dan bentuk dari input dan output menentukan berbagai jenis produktivitas sebagai berikut:

- Produktivitas fisik, di mana output diukur dalam satuan atau unit

- b. Produktivitas nilai, di mana output diukur dalam nilai keuangan
- c. Produktivitas faktor, seperti produktivitas tenaga kerja, produktivitas modal, produktivitas lahan, produktivitas bahan baku dan sebagainya yang terkait dengan masing-masing sumber daya produksi
- d. Produktivitas total, berkaitan dengan total sumber daya produksi yang menunjukkan ukuran keseluruhan terkait kontribusi sumber daya produksi terhadap efisiensi yang dicapai oleh sebuah perusahaan.

Peningkatan produktivitas adalah proposisi dasar dalam pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan di dunia modern terutama dalam masyarakat kapitalis. Di antara berbagai jenis produktivitas, produktivitas tenaga kerja biasanya dianggap yang paling penting dimana output diukur dalam unit tenaga kerja sehingga produktivitas disini adalah produktivitas tenaga kerja.

3. Nilai Tambah dan Produktivitas

Menggunakan nilai tambah (*value added*) untuk memperoleh produktivitas nilai tambah adalah kriteria yang paling penting dalam produktivitas industri. Nilai tambah adalah nilai yang murni diciptakan selama proses produksi yang dihitung dengan perumusan:

Prosedur pengurangan

$$\text{Nilai tambah} = \text{total produksi} - \text{biaya pembelian dari luar} \quad (1.8)$$

Prosedur penambahan

$$\text{Nilai tambah bersih} = \text{keuntungan} + \text{belanja pegawai} + \text{bunga} + \text{sewa tanah} + \text{pajak} \quad (1.9)$$

$$\text{Nilai tambah kotor} = \text{nilai tambah bersih} + \text{biaya penyusutan} \quad (1.10)$$

Pendapatan Domestik Bruto (PDB)

Total nilai tambah yang diciptakan suatu negara dalam satu tahun adalah Produk Domestik Bruto (PDB) atau *Gross Domestic Product* (GDP) yang menunjukkan kekuatan ekonomi suatu negara.

Efisiensi

Dalam industri manufaktur, kriteria efisiensi sering digunakan untuk menunjukkan produktivitas perusahaan. Seorang pelopor teknik industri. Efisiensi adalah kemampuan melakukan tugas yang diberikan berdasarkan waktu standar yang ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Waktu Standar}}{\text{Waktu Aktual}} \times 100(\%) \quad (1.11)$$

Jika angka efisiensi adalah sama atau melebihi 100 persen, maka kegiatan manufaktur dianggap efisien. Meningkatkan efisiensi tergantung pada dua faktor:

- a. Faktor subjektif:
 - 1) kemampuan kualitatif pekerja (keterampilan, kemampuan teknis, dan sebagainya).
 - 2) kemampuan kuantitatif pekerja (usaha kerja, peningkatan jam kerja, dan sebagainya).
- b. Faktor objektif yaitu melalui inovasi teknologi seperti otomatisasi pabrik, meningkatkan lingkungan kerja (kualitas kehidupan kerja), dan sebagainya.

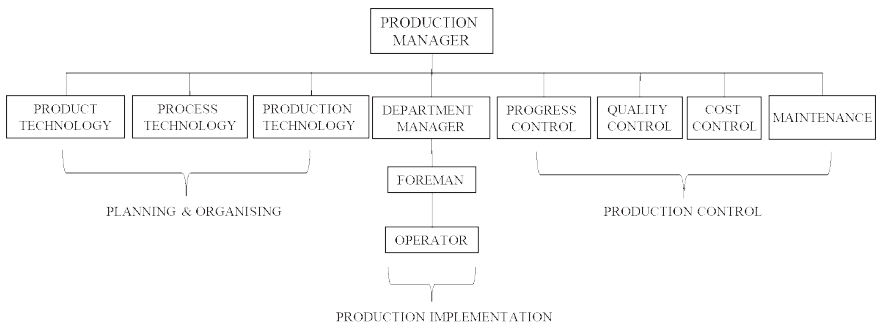
G. ORGANISASI PRODUKSI

1. Organisasi

Meskipun di pabrik yang sepenuhnya otomatis, pekerjaan manusia tetap memainkan peran penting dalam mengoperasikan pabrik-pabrik tersebut. Struktur dan kerangka kerja hierarki dan fungsi dimana pekerjaan manusia dilakukan secara efektif disebut organisasi.

2. Organisasi dalam produksi

Sebuah organisasi produksi terdiri dari hubungan lini dan staf, seperti yang digambarkan dalam Gambar 1.6. Manajer manajemen produksi menjalankan wewenangnya untuk mengalokasikan sumber daya produksi, memutuskan rencana dan jadwal produksi secara keseluruhan, memberikan jadwal ke setiap lini departemen, dan mengatur kinerja sehingga tujuan produksi secara keseluruhan terpenuhi.



Gambar 1.6 Organisasi Manufaktur

Organisasi staf membantu produktivitas di setiap lini kerja. Salah satu lini akan merencanakan kegiatan produksi melalui produk, proses, dan teknologi produksi dan yang lainnya akan menangani pengendalian kemajuan produksi, mutu, biaya dan perawatan.

BAB 2

Sistem Manufaktur

A. PENDAHULUAN

Frasa 'sistem manufaktur' secara historis digunakan pada awal 1815 yang berarti 'sistem pabrik' (Owen, 1815). Sebuah sistem manufaktur juga berarti serangkaian penemuan yang dibuat selama revolusi industri di Inggris. Dalam awal abad ke-20, pandangan sistem dalam manajemen dan manufaktur ditekankan sebagai manajemen ilmiah oleh Taylor (1911).

Istilah sistem manufaktur saat ini menandakan pandangan sistematis yang luas. Sistem manufaktur pada tahun 1961 disusun sebagai koordinasi penelitian teknik produksi dengan serangkaian kegiatan desain, pemrograman, sistem kendali, mesin, dan fabrikasi (Merchant, 1961). Hal ini juga diakui sebagai fungsi produksi yang mengkonversi bahan baku menjadi produk jadi, dan fungsi ini dikendalikan oleh sistem manajemen yang melakukan perencanaan dan pengendalian (Hitomi, 1962). Perlu dicatat bahwa dari sudut pandang yang lebih luas dari manufaktur, sistem produksi tidak hanya memainkan peran di dalam setiap perusahaan tetapi merupakan bagian dari struktur interaksi sosial, sistem penyelesaian, dan sistem dunia secara keseluruhan (Nijkamp, 1977). Selain itu, struktur produksi berinteraksi dengan struktur keamanan, struktur keuangan, dan struktur pengetahuan berbagai bangsa (Strange, 1988).

Menurut Hitomo (1975), ada tiga aspek dalam sistem manufaktur yaitu:

1. Aspek struktural
2. Aspek transformasional
3. Aspek prosedural

B. ASPEK STRUKTURAL DARI SISTEM MANUFAKTUR

Berdasarkan definisi struktural dari suatu sistem, sistem manufaktur adalah kumpulan perangkat keras terpadu yang mencakup fasilitas produksi (termasuk peralatan mesin, jig dan perlengkapan), peralatan pengolahan bahan, pekerja, dan perangkat pelengkap lainnya. Hal ini didukung oleh perangkat lunak, yaitu informasi produksi dalam bentuk metode dan teknologi produksi. Sistem ini bekerja pada objek produksi (bahan mentah dan komponen) untuk menghasilkan produk yang berguna yang memiliki fungsi tertentu, sehingga menciptakan utilitas yang memenuhi permintaan pasar. Dengan demikian aspek struktural dari sistem manufaktur membentuk struktur ruang statis (tata letak) pabrik. Hal ini mempengaruhi efektivitas transformasi proses dalam produksi, maka desain tata letak pabrik yang optimal adalah masalah aspek struktural sistem manufaktur.

Aspek struktural dari sistem manufaktur juga dapat dilihat sebagai sistem produksi, dimana frasa ini muncul pada tahun 1907. Sejak tahun 1943, frasa ini juga digunakan untuk mengartikan mekanisme yang dioperasikan oleh sistem berbasis pengetahuan di bidang kecerdasan buatan (*artificial intelligence*).

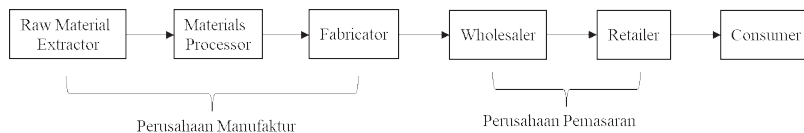
C. ASPEK TRANSFORMASIONAL DARI SISTEM MANUFAKTUR

Sistem manufaktur didefinisikan sebagai proses konversi sumber daya produksi, terutama bahan baku menjadi produk jadi yang bertujuan untuk produktivitas yang maksimum. Sistem ini berkaitan dengan aliran material dan merupakan sistem proses produksi.

Pengambilan keputusan yang optimal dalam aspek transformasional sistem manufaktur terutama tergantung pada teknologi manufaktur, termasuk proses produksi, peralatan mesin, dan perangkat teknik industri.

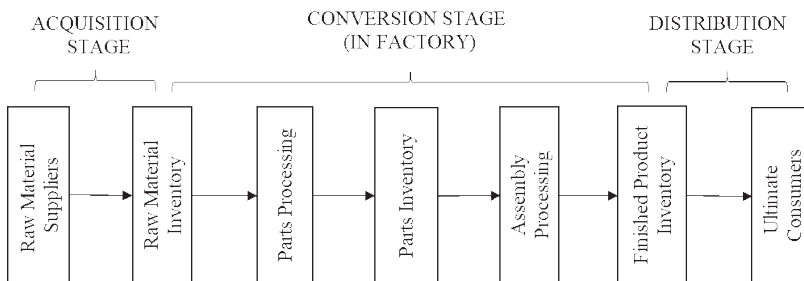
Dari sudut pandang ekonomi makro dan sosial, produk akhir yang diproduksi mencapai konsumen akhir melalui rantai yang panjang di organisasi. Rantai dimulai dengan pengestrakan bahan baku dari alam. Bahan baku ini diubah menjadi produk, dengan bentuk yang diinginkan

oleh pengguna akhir, berturut-turut melalui serangkaian organisasi seperti pengolah bahan dan pabrikaan. Produk yang dihasilkan akan dikirim ke pelanggan di mana dan kapan pun mereka menginginkannya melalui serangkaian perusahaan pemasaran seperti grosir dan pengecer, sehingga menghasilkan waktu dan tempat utilitas, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1. Sistem proses produksi ini meliputi rantai produsen dan distributor yang disebut sistem logistik (arti luas dari aliran material).



Gambar 2.1 Sistem Logistik

Ruang lingkup aliran bahan pada perusahaan manufaktur digambarkan pada Gambar 2.2. Bahan baku dan komponen (input ke pabrik) diperoleh dari pemasok dan disimpan sebagai persediaan bahan baku. Pada tahap konversi bahan baku diproses dengan mesin atau metode lain untuk membuat bagian dan sering disimpan sebagai persediaan suku cadang. Akhirnya suku cadang dan komponen yang dibeli dirakit untuk diproduksi produk jadi (output dari sistem manufaktur), menghasilkan penciptaan bentuk utilitas. Produk-produk tersebut biasanya disimpan di gudang sebagai produk jadi persediaan dan, sesuai dengan kebutuhan pasar, dikirim dan dikirimkan ke tujuan akhir pelanggan, sehingga menciptakan utilitas tempat dan waktu.



Gambar 2.2 Sistem Manufaktur Sebagai Suatu Aliran Bahan

Dari sudut pandang yang luas, aliran logistik merupakan suatu serial rantai fungsional dari pengadaan, produksi, distribusi, persediaan dan penjualan.

D. ASPEK PROSEDURAL DARI SISTEM MANUFAKTUR

Berdasarkan definisi prosedural dari sistem, sistem manufaktur dianggap sebagai prosedur operasi produksi yang merupakan sistem manajemen dalam suatu proses manufaktur (produksi). Hal ini yang disebut siklus manajemen yang meliputi perencanaan (*planning*), pelaksanaan (*implementation*) dan pengendalian (*controlling*). Siklus ini diperkenalkan dalam manajemen Jerman pada akhir abad ke-19 dan H. Fayol memperjelas fungsinya pada tahun 1916 (Fayol, 1916).

Sistem manajemen manufaktur merencanakan dan melaksanakan kegiatan untuk mengubah bahan mentah menjadi produk jadi untuk memenuhi tujuan produksi dan pengontrolan proses ini untuk mengurangi atau menghilangkan tingkat penyimpangan aktual kinerja dari yang direncanakan.

1. Manajemen

Manajemen adalah upaya untuk mencapai tujuan organisasi melalui integrasi semua sumber daya yang dimiliki, seperti manusia, mesin, bahan baku, dan uang, yang awalnya tidak berhubungan satu sama lain. Proses manajemen biasanya dianggap sebagai kombinasi dari beberapa prosedur, seperti:

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| a. menetapkan tujuan | g. mengarahkan |
| b. perencanaan | h. mengawasi |
| c. pengorganisasian | i. memotivasi |
| d. mengintegrasikan | j. mengukur kinerja |
| e. mengkoordinasikan | k. mengendalikan |
| f. mengalokasikan personel | l. dan sebagainya. |

2. Prosedur Manajemen Produksi

Prosedur keseluruhan sistem manajemen manufaktur (manajemen produksi) pada dasarnya terdiri dari dua fase, seperti ditunjukkan di Gambar 2.3.

Perencanaan produksi strategik

Hal ini berkaitan dengan masalah produksi strategik yang ada diantara sistem produksi dan lingkungan eksternal dalam membuat keputusan makro untuk mengadaptasi sistem produksi yang ramah lingkungan yang dampaknya biasanya dalam jangka panjang. Perencanaan ini relatif sulit karena prosedur penyelesaian umumnya tidak diketahui dan diserahkan kepada penilaian dan kemampuan kreatif manajemen puncak. Masalah utama yang harus dipecahkan dalam hal ini adalah sebagai berikut:

a. Menetapkan tujuan produksi

Ini adalah kegiatan pengambilan keputusan yang paling mendasar di bidang manufaktur. Hal ini terutama berkaitan dengan keluaran yang akan dihasilkan dengan memutuskan komoditas mana yang sistem produksi harus hasilkan. Perencanaan produksi memainkan peran penting dalam keputusan ini.

b. Perencanaan sumber daya produksi

Sumber daya produksi dibutuhkan untuk menghasilkan komoditas tertentu yang ditentukan oleh fungsi perencanaan produksi yang meliputi uang, fasilitas dan peralatan, bahan baku, dan personel. Penentuan kebutuhan, perencanaan dalam keterkaitannya dengan lingkungan luar, dan alokasi yang optimal ke berbagai divisi dari sistem manufaktur untuk produksi yang ekonomis dibuat dengan tepat. Ini disebut perencanaan sumber daya.

3. Operasional manajemen produksi

Hal ini berkaitan dengan permasalahan operasional produksi dari sistem manufaktur dan membuat keputusan mikro secara optimum yang umumnya dalam jangka pendek untuk melakukan kegiatan produksi yang efektif berdasarkan kebijakan yang berasal dari hasil perencanaan produksi strategik.

Prosedur operasional manajemen produksi ini terdiri dari lima tahap:

a. Perencanaan produksi agregat

Tahap ini menentukan jenis item produk dan jumlah yang akan diproduksi dalam periode waktu tertentu.

b. Perencanaan proses produksi

Tahap ini menentukan proses produksi (atau rute proses) di mana sumber daya secara efektif diubah menjadi produk jadi, bersama dengan tata letak yang sesuai dari fasilitas ini untuk melaksanakan urutan proses produksi yang telah ditentukan. Fungsi ini juga akan berinteraksi dengan fungsi desain produk untuk memastikan kemudahan pembuatan produk.

c. Penjadwalan produksi

Tahap ini menentukan rencana implementasi untuk jadwal waktu yang sudah ditentukan untuk setiap pekerjaan sesuai proses yang ditetapkan. Pertanyaan dalam tahap ini meliputi kapan, dengan mesin apa, dan siapa yang melakukan operasional tersebut?

d. Implementasi produksi

Tahap ini melaksanakan operasi produksi yang sebenarnya sesuai jadwal waktu yang ditentukan.

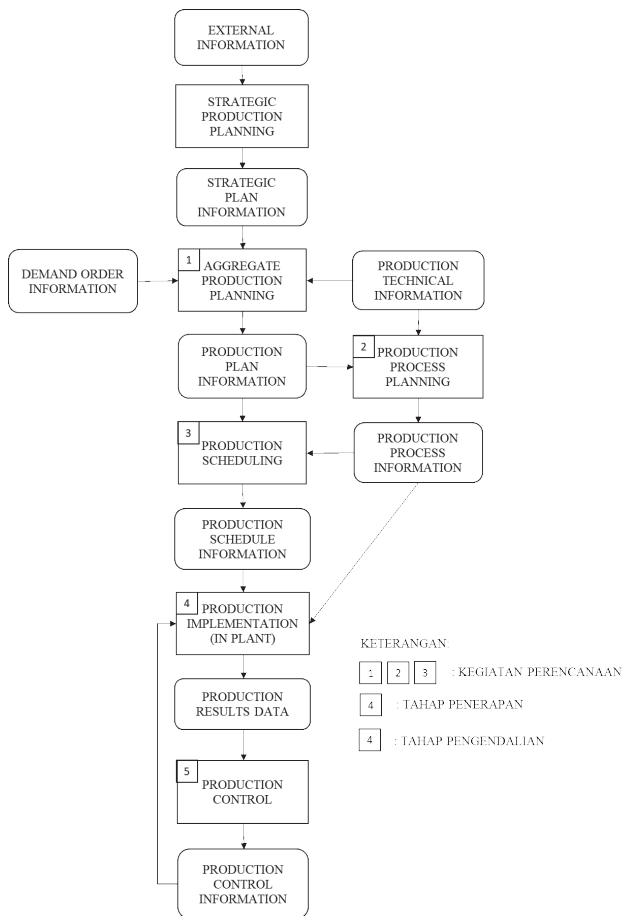
e. Pengendalian produksi

Didalam tahap ini dilakukan pengukuran terkait kemajuan produksi dan perbedaan kinerja aktual dengan standar produksi (rencana dan jadwal) yang ditetapkan pada tahap perencanaan 1, 2 dan 3. Penyimpangan ataupun perbedaan yang terjadi tersebut diukur dan dilakukan perbaikan.

Di atas adalah prosedur umum dalam sistem manajemen produksi dan keterkaitan fase I dan II serta lima tahap di II diwakili dalam diagram blok pada Gambar 2.3. Aliran ini adalah aliran informasi untuk efektifitas dan produksi yang ekonomis.

Tahap perencanaan proses produksi (2) berkaitan dengan teknologi produksi intrinsik, maka aliran teknologi informasi dalam fase I dan fase II (tahap 1, 3 dan 5) berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian yang merupakan kegiatan manajemen sehingga disebut juga aliran informasi manajerial. Fase I secara khusus membahas aliran informasi manajemen strategik.

Struktur dan prosedur operasional arus informasi tersebut yang dilakukan secara *on-line* dan *real-time* dengan pemanfaatan fasilitas komputer dan teknologi informasi disebut sistem informasi manufaktur.



Gambar 2.3 Aspek Prosedural Sistem Manufaktur

E. SISTEM MANUFAKTUR TERINTEGRASI

Aspek Mikro Dalam Produksi Mekanik

Bagian ini membahas prosedur rinci suatu proses produksi dalam memproduksi produk rakitan dengan komponen-komponen penyusun. Kegiatan dalam proses ini terdiri dari empat tahap:

1. Tahap desain produk.

Tahap ini menentukan spesifikasi teknologi dari produk untuk bisa memenuhi kebutuhan pasar melalui kegiatan penelitian dan pengembangan serta menyelesaikan desain/gambar akhir dari komponen/produk. Fitur desain industri dari aspek estetika dan kemudahan penggunaan ergonomis menjadi bahan pertimbangan selain desain fungsional terkait fungsi, mutu, keandalan dan keamanan pada produk.

2. Tahap perencanaan proses.

Tahap ini menentukan prosedur proses ataupun *machining* dari suku cadang dan perakitan produk, memilih peralatan mesin untuk melaksanakan operasional maupun jig dan perlengkapan untuk memegang benda kerja, menentukan urutan operasi yang akan dilakukan oleh fasilitas produksi, mengalokasikan alat pemotong dan peralatan yang diperlukan untuk setiap operasi, dan menentukan kondisi mesin atau proses.

3. Tahap pelaksanaan produksi.

Di dalam tahap ini, akan dilakukan pengadaan bahan baku dari pemasok luar (*procurement*), mengolah bahan mentah menjadi bagian-bagian (*machining*), merakit (*assembly*), menyesuaikan (*adjust*) dan memeriksa produk (*inspection*), serta mengirimkannya ke pasar/pelanggan (*shipping*).

4. Tahap manajemen produksi.

Tahap ini mempersiapkan rencana produksi agregat dan jadwal rinci untuk proses produksi di atas serta melakukan pengendalian produksi.

BAB 3

Sistem Produksi dan Manajemen Operasi

A. PENDAHULUAN

Organisasi diciptakan untuk menyediakan barang dan jasa kepada masyarakat. Barang merujuk kepada barang-barang yang diproduksi (*manufactured*), dirakit (*assembled*), dan diproses (*processed*). Barang adalah bentuk berwujud yang dapat diproduksi sebelum digunakan secara aktual dan dapat diinventarisasi. Disamping itu, jasa adalah sesuatu yang tidak berwujud, tidak dapat disimpan dan diberikan ketika pelanggan membutuhkannya. Studi terkait produksi dan manajemen operasi adalah studi operasi dan proses yang mengarah pada penciptaan barang dan jasa.

Istilah “manufaktur,” “produksi,” dan “operasi” digunakan secara bergantian dalam literatur untuk mewakili bidang produksi dan manajemen operasi. Jika satu istilah bisa mewakili antara produksi dan manajemen operasi, maka itu adalah manajemen operasi. Kebanyakan manajer produksi akan menerima sebutan manajer operasional tetapi tidak sebaliknya. Karena itu, manajemen operasi dapat digunakan sebagai pengganti produksi dan manajemen operasi.

Di era informasi saat ini, pentingnya pengambilan keputusan secara ilmiah telah meningkat pesat. Organisasi telah tumbuh dalam ukuran yang terus menjadi besar dan lebih mendunia. Dengan ukuran yang lebih besar, kompleksitas operasi juga meningkat dan jumlah keputusan yang harus dibuat juga meningkat. Akurasi dan waktu keputusan yang tepat diharapkan dari setiap eksekutif bisnis untuk mencapai tujuan organisasi dan bersaing secara efektif di pasar sehingga perlu adanya pendekatan

sistem. Sudut pandang sistem untuk mempelajari, menganalisis, dan menerapkan fungsi produksi dan manajemen operasi memerlukan pertimbangan yang berurusan dengan semua fungsi bisnis, seperti pemasaran dan keuangan.

B. PEMIKIRAN STRATEGIK

Sudut pandang sistem membutuhkan perencanaan strategik. Tujuan dan strategik harus sejalan dan realistis. Kita bisa mencontohkan dalam olahraga dimana permainan yang sedang dilatih disebut bisnis dan bahwa posisi pemain dikenal sebagai pemasaran, keuangan, operasional dan sebagainya. Pelatih yang sukses akan menekankan koordinasi fungsi-fungsi ini untuk mengejar strategik yang bertujuan untuk mencapai kemenangan. Strategi yang diterapkan di salah satu cabang olahraga bisa diterapkan juga di olahraga yang lain. Manajer dari semua area fungsional perlu untuk memahami produksi dan manajemen operasi dan mereka perlu memahami area yang berinteraksi dengan pekerjaannya. Memahami persaingan global membutuhkan pemahaman strategik organisasi dalam konteks karakter internasional terkait sistem manajemen operasional mereka sehingga manajer operasional harus fokus pada penggunaan pendekatan sistem untuk perencanaan strategis dan tindakan taktis. Perencanaan strategis dimulai dengan pengembangan strategi dalam perencanaan lini produksi.

C. PENGEMBANGAN PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASIONAL

Produksi dan manajemen operasi adalah fungsi kerja yang melakukan pembuatan barang dan penyediaan jasa yang juga menyediakan apa yang orang lain jual maupun kebutuhan pendanaan, sehingga mitra adalah hal yang tak terbantahkan dalam bisnis apa pun. Perencanaan lini produksi adalah titik awal untuk perencanaan strategis.

Bahasa manajemen operasi menjelaskan metode, alat, prosedur, tujuan, dan konsep yang berhubungan dengan pengelolaan manusia, material, fasilitas, energi, informasi, dan teknologi. Manajer operasional

harus belajar bagaimana mempelajari suatu proses dengan mengamati dan memetakan alirannya sehingga kinerjanya dapat ditingkatkan dari proses tersebut. Manajemen operasi memungkinkan keadaan proses produksi dapat dinilai, dimana produksi dan manajemen operasi sering dimulai dari awal dalam lini produk baru sehingga apa yang diketahui dari pengalaman sebelumnya akan digunakan untuk mengatasi masalah yang ditemui.

D. MODEL PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASI

Pengemudi bus adalah manajer operasi yang menilai kondisi mengemudi di jalan raya. Pengemudi tahu bagaimana hujan memperlambat kecepatan (v) dengan mengurangi jarak tempuh yang hanya bisa beroperasi sejauh s per hari (t). Manajer yang bertugas mengoperasikan armada bus dapat menggambarkan hubungan ini dengan $s = vt$, di mana s adalah output pengemudi dalam mil yang ditempuh per 8 jam sehari, v adalah kecepatan, diukur dalam mil per jam, dan $t = 8$ jam. Jika v adalah 50 mph dalam kondisi cerah dan 30 mph saat hujan, maka pengemudi hanya dapat mencapai 240 mil saat hujan. Strategi menyusun perbedaan 160 mil harus jelas bagi pengemudi dalam merencanakan pemberhentian untuk mencapai tujuan terakhir bus.

Metode penggambaran kuantitatif diatas sering digunakan dalam produksi dan manajemen operasi untuk membangun model sebagai penggambaran kondisi aktual. Model mengizinkan produksi dan manajemen operasi untuk menguji dampak t dan v yang berbeda. Model kuantitatif secara umum digambarkan dengan output per hari O , dimana $O = p \times t$. O berubah sebagai fungsi tingkat produksi per jam (p) dan jam kerja (t). Produksi dan manajemen operasi mengembangkan model untuk menggambarkan produktivitas (p) sebagai fungsi penjadwalan, pelatihan, teknologi, dan kapasitas.

Ada berbagai model produksi dan manajemen operasi yang biasa digunakan seperti model untuk melakukan pemilihan peralatan, tenaga kerja dan penjadwalan produksi, pengendalian mutu, penyimpanan, distribusi, lokasi pabrik, kapasitas output, perawatan, dan keputusan

terkait transportasi. Model keputusan mengorganisasikan elemen-elemen dari suatu masalah ke dalam tindakan yang dapat diambil, prakiraan hal-hal yang dapat terjadi yang akan mempengaruhi hasil dalam bentuk kemungkinan berbagai hasil yang terjadi. Dengan demikian, model keputusan mengatur semua bagian penting secara sistematis.

E. PENDEKATAN SISTEM PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASI

Ada dua pendekatan yang biasa digunakan dalam produksi dan manajemen operasi:

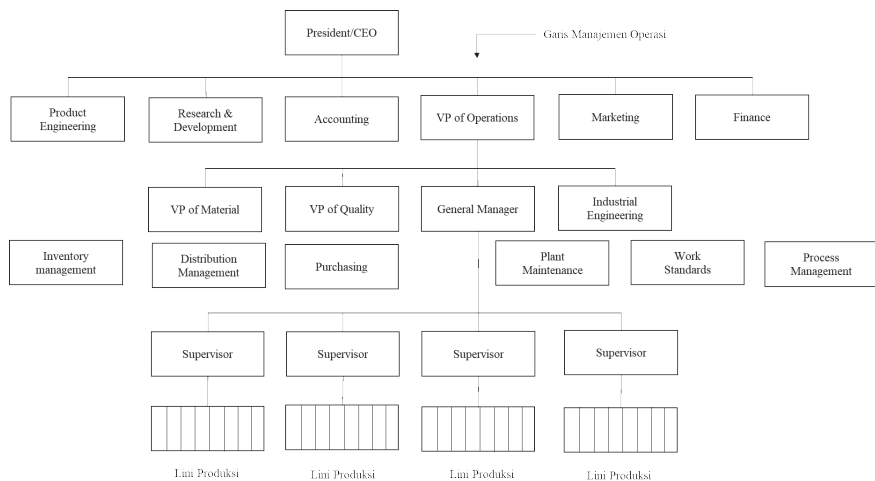
1. Pendekatan bidang fungsional, dan
2. Pendekatan sistem

Dengan pendekatan bidang fungsional, manajemen operasi diharapkan dapat menjalankan fungsi produksi dan manajemen operasi dengan referensi minimum terhadap bagian lain dari bisnis, seperti pemasaran dan keuangan. Pendekatan bidang fungsional berkonsentrasi pada tugas-tugas khusus yang harus dilakukan untuk membuat produk atau memberikan jasa. Pendekatan ini taktis bukan strategis. Banyak perusahaan menggunakan fungsi pendekatan ini sebagai acuan karena sifat manusia yang selalu ingin berkuasa dan meningkat. Kerja tim membutuhkan perhatian dan usaha dalam pendekatan ini.

Sebuah tipe struktur organisasi dengan hirarkis yang rinci terkait produksi dan manajemen operasi ditunjukkan pada Gambar 3.1. Departemen produksi dan manajemen operasi dipimpin oleh seorang wakil presiden senior dalam operasi yang merupakan General Manager serta memimpin bagian mutu, material, dan teknik. Bagan juga menunjukkan departemen pemasaran, keuangan, akuntansi, R&D, dan fungsi lainnya tetapi tidak rinci.

Tidak ada garis yang menghubungkan orang-orang di area fungsional lainnya dengan orang-orang di produksi dan manajemen operasi. Satu-satunya yang menghubungkan adalah di tingkat presiden. Di dalam area produksi dan manajemen operasi, ada sejumlah hubungan yang terbatas

dan ini terstruktur secara hirarkis. Bagan organisasi tradisional tidak mencerminkan pendekatan sistem di mana siapa pun dapat berbicara dengan orang lain jika mereka adalah bagian dari masalah atau bagian dari solusi, sehingga kerja tim sulit dicapai dengan fungsi mandiri ini.



Gambar 3.1 Struktur Organisasi Tradisional

Pendekatan sistem mengintegrasikan keputusan produksi dan manajemen operasi dengan semua fungsi bisnis lainnya. Ini adalah model yang menghubungkan dan mengkoordinasikan semua tim yang terlibat dalam organisasi. Tantangannya adalah membuat perusahaan tampil sebagai sebuah tim. Pendekatan ini mengharuskan semua orang bekerja sama dalam memecahkan masalah yang membutuhkan keterlibatan semua pihak. Ini dimulai dengan perencanaan strategis dan bergerak ke arah penerapan di lapangan.

F. SISTEM INFORMASI DALAM PROSES MANUFAKTUR DAN JASA

Berkembangnya fungsi jasa dalam manufaktur telah menimbulkan situasi di mana istilah operasi digunakan. Produsen menjadi lebih yakin dengan peluang bahwa mereka harus memenuhi kebutuhan jasa pelanggan. Sistem informasi memberikan data terkait kebutuhan

pelanggan sehingga manajemen operasi dapat menyediakan jasa yang dibutuhkan.

Sistem informasi memegang peranan penting dan juga mengendalikan fungsi jasa maupun manufaktur, sehingga pengetahuan tentang komputer, pemrograman komputer, jaringan, dan telekomunikasi sangat penting baik dalam lingkungan manufaktur maupun jasa. Perkembangan teknologi informasi yang menggabungkan kekuatan komputer dengan sejumlah besar data, telah tumbuh secara eksponensial yang memudahkan manajer dengan komputer menganalisis data dalam jumlah banyak (*big data*). Produksi dan manajemen operasi berada di garis depan dalam kemampuan berevolusi menerapkan sistem ini.

Operasi adalah istilah manajemen yang familiar dalam lingkungan sistem informasi, sehingga kata “operasi” sangat sesuai.

Pemrograman dan perawatan (keduanya fungsi jasa) telah menjadi semakin penting dalam proses manufaktur dimana peran jasa kepada pelanggan semakin dipandang sebagai bagian tak terpisahkan yang harus dimiliki produsen. Manufaktur berkaitan dengan industri jasa terkemuka seperti transportasi, perbankan, hiburan, pendidikan, dan perawatan kesehatan.

Perencanaan antar fungsi dengan berbagi informasi akan menjadi norma dan bukan pengecualian. Ketika sebuah diskusi berlaku sama baiknya untuk manufaktur dan jasa, hal itu akan merujuk kepada produksi dan manajemen operasi. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, semakin umum untuk menyebutnya manajemen operasi.

G. DEFINISI OPERASI

Operasi adalah tindakan yang memiliki tujuan tertentu yang dilakukan dengan metodologi tertentu sebagai bagian dari rencana kerja dengan proses yang dirancang untuk mencapai tujuan praktis dan konkret. Definisi ini berlaku untuk organisasi manufaktur dan jasa. Interpretasi ini lebih lanjut membenarkan penggunaan istilah operasi untuk manufaktur. Seorang manajer operasional bertanggung jawab untuk merencanakan,

mengorganisir, mengkoordinasikan, dan mengendalikan sumber daya organisasi untuk menghasilkan barang dan jasa yang diinginkan.

1. Operasi Manufaktur

Operasi manufaktur mengubah bahan menjadi barang dan produk yang diinginkan. Operasi dapat dideskripsikan dengan menggunakan kata kerja dan frase untuk objek yang berbeda seperti memakan dan memutar logam pada mesin bubut, memotong kertas, menjahit pakaian, menggergaji dan mengebor kayu, *sandblasting* kaca, membentuk plastik, membentuk tanah liat, perlakuan panas pada bahan, menyolder, menenun kain, mencampur bahan bakar, mengisi tangki, dan mengekstrusi kabel. Demikian pula, ada berbagai frase pemasangan (*assembly*), seperti menyatukan komponen, menempelkan lembaran kertas, memasang komponen, menyatukan bagian-bagian maupun mengolah makanan. Produk seperti mobil, pesawat terbang, televisi, furnitur, komputer, lemari es, dan bola lampu dibuat di pabrik. Di sisi lain, rantai makanan cepat saji seperti McDonald's melihat pengolahan sandwich dari daging, roti, dan bumbu sebagai penerapan manufaktur. Berbagai produk termasuk barang olahan seperti seperti cat, susu, keju, bahan kimia, dan lainnya juga termasuk dalam penerapan proses manufaktur. Meskipun ada perbedaan mencolok antara makanan segar dan makanan buatan pabrik tetapi pengolahan hasil pertanian tetap digolongkan kedalam proses produksi.

2. Operasi Jasa

Operasi jasa di lingkungan kantor cukup familiar seperti pengarsipan dokumen, menyetik input data, dan menjawab telepon. Ada daftar serupa dari kata kerja dan objek yang berlaku untuk pekerjaan yang dilakukan di bank dalam memberikan pinjaman, menggunakan sinar-X di rumah sakit, dan mengajar kelas di sekolah adalah beberapa contohnya. Manajemen operasi juga berlaku langsung dalam industri hiburan, pembuatan film, dan olahraga. Administrasi dalam hukum juga merupakan industri jasa penting yang membutuhkan manajemen operasi. Firma hukum menyadari pentingnya manajemen produktivitas, sistem informasi, dan peningkatan mutu. Pekerjaan yang tersedia untuk manajer operasional firma hukum

adalah salah satu indikasi sejauh mana pengacara yang paham manajemen operasi sangat dihargai.

Manajemen bencana (krisis) adalah area jasa lain yang merupakan bidang yang muncul di dalam produksi dan manajemen operasi. Bencana dapat disebabkan oleh kesalahan dan/atau teror atau alam seperti banjir, kebakaran, gempa bumi, angin topan, dan letusan gunung berapi. Dengan meningkatnya frekuensi bencana baik alam maupun buatan, maka kebutuhan akan pentingnya manajemen krisis makin meningkat. Respon pertama ketika krisis adalah harus mengatasi kebutuhan orang-orang yang terkubur, terluka, kelaparan, haus, dan membutuhkan tempat berteduh. Mereka membutuhkan perbekalan dan peralatan. Dalam hal ini, manajemen krisis mengantisipasi kebutuhan sebelum muncul berdasarkan pemahaman jenis bencana yang akan terjadi. Berurusan dengan akibat dari tragedi membutuhkan analisis awal tentang rantai pasokan untuk memberikan perawatan kesehatan dan penanganannya. Sudut pandang ini dapat diterima karena meringankan penderitaan manusia sehingga mendapat prioritas utama.

Dari sudut pandang sistem, antisipasi bencana terkadang dapat menghasilkan mitigasi kerusakan yang akan muncul. Dalam beberapa keadaan, hal itu bahkan dapat mencegah bencana agar tidak terjadi. Konsep produksi dan manajemen operasi dapat digunakan selama berbagai fase peristiwa bencana. Berbagai fase termasuk mengantisipasi dan menghentikan bencana, mitigasi bencana, dan persiapan untuk bencana.

Metodologi produksi dan manajemen operasi pertama kali dikembangkan dalam bidang manufaktur, tetapi sekarang telah diperluas ke bidang jasa dengan sukses. Industri jasa berkontribusi dalam peningkatan persentase tenaga kerja. Dengan demikian, perhatian lebih perlu diberikan untuk mencapai operasional yang lancar dan efisien dalam bidang jasa. Industri jasa meliputi rumah sakit, bank, restoran, maskapai penerbangan, hotel, pariwisata, kapal pesiar, lembaga pendidikan, department store, instansi pemerintah, pengetahuan manajemen, dan sebagainya.

Perbedaan antara mengelola organisasi barang dan jasa semakin berkurang saat ini, dan ada berbagai pengetahuan umum yang dapat digunakan untuk mengelola kedua jenis organisasi secara efektif dan efisien.

3. Persamaan dan Perbedaan Operasi Jasa dan Manufaktur

Ada sedikit perbedaan dari banyaknya persamaan antara produksi dan manajemen operasi di organisasi manufaktur dan jasa. Manufaktur adalah fabrikasi dan perakitan barang, sedangkan jasa menghasilkan pendapatan baik itu tidak terkait barang atau untuk membantu pengguna barang. Perbankan, transportasi, kesehatan, dan hiburan adalah berbagai contoh jasa. Jasa membantu memindahkan lokasi, kondisi keuangan, dan perasaan bahagia pelanggan. Produsen barang (*manufacturer*) semakin menyadari pentingnya melayani pelanggan, dan sistem jasa makin menyadari nilai dalam menggunakan kemampuan manufaktur.

Kesamaan antara jasa dan manufaktur dapat diketahui ketika operasi jasa didasarkan pada langkah-langkah berulang dalam pemrosesan informasi. Hampir sama dengan metode yang berlaku dalam penjadwalan produksi, desain pekerjaan dan desain tempat kerja, konfigurasi proses, dan pencapaian mutu. Pengulangan operasi jumlah besar pada barang yang kelihatan, seperti makanan cepat saji atau tes darah merupakan produksi, terlepas dari apakah mereka dikategorikan sebagai manufaktur atau jasa. Analogi serupa dapat dibuat untuk jumlah produksi dan jasa yang lebih sedikit.

Tidak adanya kesamaan dan adanya perbedaan yang signifikan antara manufaktur dan jasa ketika operasi melibatkan orang. Kegiatan dari orang ke orang lain membutuhkan perpindahan informasi dan/atau penanganan yang ditawarkan satu sama lain sulit untuk dijadwalkan karena waktu kegiatan lebih bervariasi dibandingkan dengan mesin. Interaksi manusia ke manusia melibatkan lebih banyak hal yang tidak berwujud daripada interaksi antara manusia dan mesin. Aspek kontak terkait jasa memerlukan metode yang berbeda dalam analisis dan sintesis daripada yang dibutuhkan dalam sistem manufaktur.

Pada saat yang sama, perhatian harus diberikan untuk menghindari jasa yang asal jadi karena menyangkut manusia, karena itu sulit mengendalikan mutu dan produktivitas pada jasa. Hal ini berdampak merugikan dalam kegiatan jasa karena pertimbangan cacat oleh manusia, sementara manufaktur dikagumi karena komponen teknologinya yang elegan dan efisien.

Jasa yang saat ini diberikan umumnya menggunakan cara inheren yang seringkali tidak efisien yang sebetulnya dapat diubah menjadi kegiatan berulang secara rasional dengan meniru apa yang bagus di lingkungan manufaktur tetapi tidak selalu tepat. Beberapa penerapan jasa tidak sesuai dengan konsep manufaktur di lapangan, seperti ketakutan yang muncul bisa jasa atau layanan yang diberikan oleh dokter didasarkan pada pengulangan model manufaktur. Pada saat yang sama, banyak aspek dari operasi bedah jantung adalah lebih baik untuk sistematisasi tersebut. Hal yang sama dapat dilakukan untuk tes darah, melakukan sinar-X, dan aspek berulang lainnya dalam bisnis perawatan kesehatan. Contoh yang sama bisa dilihat pada beberapa produk, seperti karya seni yang dibuat secara khusus. Nilai karya seni pasti berkurang kalau diproduksi.

Perbedaan signifikan lainnya antara penyediaan jasa dan manufaktur terjadi karena persediaan. Hal ini tidak dianggap mungkin untuk persediaan jasa. Misalnya, ketika orang yang memperbaiki mesin sedang menganggur, tidak ada cara untuk menyimpan waktu perbaikan yang dapat digunakan ketika dua mesin mati pada waktu bersamaan. Di sebagian besar bisnis jasa, penawaran lebih besar dari permintaan adalah salah satu faktor pemborosan yang besar.

Di sisi lain, banyak perusahaan menggunakan sistem otomatis untuk menyediakan informasi yang disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan seperti harga saham, obligasi, dan reksa dana bagi siapa saja dengan mengetahui kode tertentu. Permintaan panggilan telepon untuk informasi produk dijawab oleh suara digital yang menginstruksikan penelepon untuk menggunakan telepon *Touch-Tone* untuk memasukkan produk yang diminati dan nomor faxnya. Fax yang sesuai secara otomatis

ditransmisikan dalam satu menit. Seluruh transaksi jasa atau layanan ini adalah tanpa campur tangan manusia yang menjadi semakin umum dan melambangkan proses manufaktur dan/atau layanan otomatis. Dalam kasus ini, waktu layanan hanya dibatasi oleh teknologi dan tidak ada biaya untuk pasokan menunggu permintaan.

Teknologi pengenalan suara semakin baik sehingga era baru akan segera terjadi yang kemungkinan akan merevolusi fungsi layanan atau jasa. Kontak melalui komputer menjadi lebih ramah dan nyaman bagi pelanggan. Kemampuan mesin untuk memahami tanggapan pelanggan juga telah mengubah hubungan yang terjadi. Penalaran logis oleh komputer untuk permintaan layanan kemungkinan akan jauh lebih baik daripada yang dapat disediakan oleh *outsourcing*, karyawan *call-center* yang bahasa asli dan lingkungan budayanya berbeda dari penelepon. Keuntungan pengenalan suara ini dari komputer menggunakan Internet akan mengubah fungsi *outsourcing* pusat panggilan untuk bank, toko elektronik, dll. Teknologi *picking* dengan arahan suara secara langsung yang juga bisa diterapkan dalam penerimaan barang, penyimpanan, pengisian ulang, dan pengiriman, digunakan dalam merampingkan operasi pergudangan.

H. DEFINISI PEKERJAAN PRODUKSI DAN OPERASI

Definisi umum atau gabungan dari operasi menekankan desain rasional, kontrol yang hati-hati, dan pendekatan sistematis yang mencirikan metodologi produksi dan manajemen operasi. Produksi maupun operasi adalah payung besar yang selalu mencakup jasa dan sering mencakup manufaktur.

Produksi dan manajemen operasi adalah perencanaan sistematis, pelaksanaan, dan pengendalian operasi. Definisi ini menyiratkan bahwa manajemen diperlukan untuk memastikan bahwa tindakan memiliki tujuan dan dirancang untuk mencapai tujuan dan sasaran praktis. Produksi dan manajemen operasi memastikan bahwa pekerjaan itu dilakukan secara metodis, yaitu bercirikan metode dan keteraturan. Kenyataan yang ada bahwa suatu proses yang digunakan merupakan arahan manajemen untuk menerapkan suatu prosedur yang bekerja secara sistematis.

Manajemen operasi bertanggung jawab merencanakan suatu pekerjaan dengan progres yang baik dari satu langkah ke langkah lainnya. Rencana membutuhkan detail penyelesaian suatu pekerjaan. Rincian ini sering disebut perencanaan taktis. Tujuan praktis tidak bisa terwujud tanpa manajemen operasi yang mampu memberikan strategi dan taktik untuk tujuan pelayanan publik, yang dapat mencakup kemampuan untuk mendapatkan saham rute bus atau partisipasi dalam rencana daur ulang. Semua orang ingin bisa mendapatkan saham yang tidak memberikan keuntungan. Organisasi nirlaba membayar gaji dan memberikan layanan yang merupakan transformasi laba yang selalu diberi label sebagai pengeluaran. Ada kebutuhan untuk meninjau kembali mengapa beberapa organisasi menganggapnya memalukan untuk mendapatkan keuntungan.

Manajemen operasi menggunakan metodologi yang terdiri dari prosedur, aturan praktis, dan algoritme untuk menganalisis situasi dan menetapkan kebijakan. Mereka menerapkan berbagai jenis layanan dan proses manufaktur. Singkatnya, manajemen operasi terdiri dari berbagai taktik seperti menjadwalkan pekerjaan, menetapkan sumber daya termasuk orang dan peralatan, mengelola persediaan, memastikan standar kualitas, keputusan jenis proses yang mencakup keputusan kapasitas, kebijakan pemeliharaan, pemilihan peralatan, opsi pelatihan pekerja, dan urutan pembuatan komponen individu dalam satu set campuran produk.

I. PERBEDAAN MANAJEMEN PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASI

Manajemen produksi dan manajemen operasi memiliki beberapa perbedaan. Produksi adalah istilah lama dan banyak digunakan oleh para insinyur, ekonom, pengusaha, dan manajer untuk menggambarkan pekerjaan fisik baik di rumah maupun di pabrik untuk menghasilkan suatu produk material. Manajemen operasi adalah istilah yang lebih baru yang terkait dengan jasa yang dilakukan oleh organisasi seperti bank, perusahaan asuransi, layanan makanan cepat saji, dan maskapai penerbangan. Pekerjaan pemerintah juga merupakan bidang jasa.

Penyedia layanan kesehatan termasuk rumah sakit dan sekolah juga termasuk dalam kategori jasa. Menjadi penyelenggara Olimpiade atau kegiatan olahraga yang lain juga termasuk pekerjaan manajemen operasi dan banyak kegiatan lain dalam bidang jasa yang jumlahnya hampir sama dengan pekerjaan manufaktur.

Produsen barang mulai melihat layanan kepada pelanggan sebagai bagian dari mutu lini produk. Termasuk didalamnya adalah memperbaiki produk yang cacat serta menyediakan perawatan terjadwal secara teratur.

J. PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASI SEBAGAI PUSAT MODEL BISNIS

Lini produk barang dan jasa menentukan operasi yang diperlukan untuk menyesuaikan penawaran dan permintaan. Model bisnis menggabungkan kekuatan pemasaran (termasuk persaingan), investasi keuangan, dan biaya operasi. Model bisnis ini harus dipikirkan secara rinci selama perencanaan strategis.

Suatu produk yang tidak dapat dibuat atau dikirimkan tepat waktu, dengan mutu dan harga yang terjangkau harus disampaikan ke bagian pemasaran dan manajemen umum. Jika dukungan keuangan tidak cukup untuk mengembangkan proses yang memuaskan, hal tersebut harus disampaikan ke bagian keuangan dan pemasaran. Jika sumber daya karyawan tidak memadai untuk mengoperasikan proses, hal tersebut harus disampaikan ke bagian HRM, pemasaran, keuangan, dan manajemen umum. Kesemua hal ini menempatkan produksi dan manajemen operasi sebagai inti ataupun pusat dari model bisnis.

Detail perencanaan suatu model setelah diterima harus dipatuhi oleh semua fungsi bisnis. Ketika hasil tidak sesuai dengan rencana, penting untuk semua pihak memeriksa kembali asumsi awal dan membuat penyesuaian sesegera mungkin. Meskipun sesuatu benar secara umum, tetapi pendekatan sistem sangat penting terkhusus dalam lingkungan bisnis global.

K. PROSES TRANSFORMASI

Semua manajemen operasi dan sistem produksi melibatkan transformasi. Tujuan suatu departemen produksi/operasi adalah mengubah input (menggunakan tenaga kerja, mesin, dan bahan) menjadi barang dan jasa bermutu yang diinginkan dengan biaya minimum. Perubahan bahan dan komponen menambah nilai dan mengubahnya menjadi barang dan jasa yang ingin dimiliki konsumen. Bahan mentah dan komponen sebelum proses transformasi tidak dapat digunakan dan karenanya tidak memiliki kegunaan untuk konsumen. Penyediaan jasa memiliki kegunaan bagi konsumen bahkan jika tidak terjadinya perubahan (konversi) barang. Konversi dapat berupa perubahan lokasi atau terkait dengan pengecekan kesehatan pasien (misalnya mengunjungi dokter, teknisi memperbaiki AC pada musim panas, atau penyelamatan suatu daerah dari bencana selama badai).

Transformasi manufaktur dari bahan mentah menjadi barang jadi berhasil jika konsumen bersedia membayar lebih untuk barang dari biaya pembuatannya termasuk beban penjualan dan biaya umum serta administrasi lainnya. Perlu suatu pertimbangan apa yang harus dilakukan untuk membuat suatu produk. Bahan baku untuk kaca, baja, makanan, dan kertas tidak memiliki kegunaan tanpa transformasi teknologi. Proses baru akan terus-menerus dikembangkan untuk meningkatkan transformasi dan produk yang dapat diperoleh dari proses tersebut.

Aturan transformasi di atas juga sama berlaku untuk jasa konversi berhasil jika konsumen bersedia membayar lebih untuk layanan atau jasa dari biaya untuk menyediakannya, termasuk beban penjualan dan biaya umum serta administrasi lainnya. Salah satu contoh penggambaran transformasi jasa adalah penggunaan sistem informasi di bank. Menyetorkan cek di bank akan menghasilkan transfer dana elektronik (*Electronic Transfer of Funds, ETF*) dari suatu akun pembayaran ke akun berbayar yang jelas merupakan transformasi input-output.

Transformasi informasi lainnya adalah dengan mengambil data mentah dan mengubahnya menjadi rata-rata dan standar deviasi. Contoh

lainnya adalah karakteristik dari aspek operasi dalam penelitian pasar. Juga termasuk dalam contoh adalah mempertimbangkan transformasi yang ada di pusat bisnis penerbangan dalam memindahkan orang dari satu tempat (input) ke tempat lain (output) untuk mendapatkan keuntungan. Input maskapai penerbangan lainnya adalah bahan bakar, makanan, dan pelayanan pramugari.

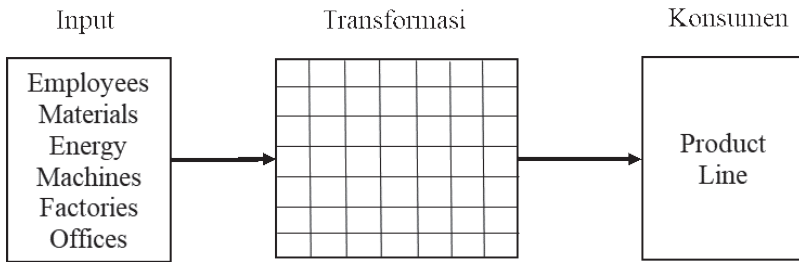
Gambar 3.2 merupakan model transformasi input-output secara umum yang berarti bahwa ini adalah bentuk standar yang dapat diterapkan pada sistem apa pun di mana konversi terjadi. Input dimasukkan ke dalam kotak transformasi yang mewakili proses dimana proses sering kali mencakup banyak sub-proses. Contoh seperti dalam proses pembuatan *sandwich burger*, maka sub-proses sangat penting termasuk didalamnya memasak *hamburger* dan memanggang roti.



Gambar 3.2 Model Transformasi Input-Output

Input digabungkan oleh proses yang menghasilkan produksi unit barang atau penciptaan jenis jasa. Satuan-satuan yang ditransformasi muncul dari berbagai fasilitas seperti pabrik, kantor dan lainnya dengan biaya tertentu. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan transformasi menentukan tingkat produksi. Input yang diubah muncul sebagai output untuk dijual atau digunakan secara menguntungkan. Model transformasi menggambarkan pekerjaan yang sedang dilakukan. Pekerjaan ini melibatkan penggunaan sumber daya yang terdiri dari orang, material, energi, dan mesin untuk mencapai transformasi.

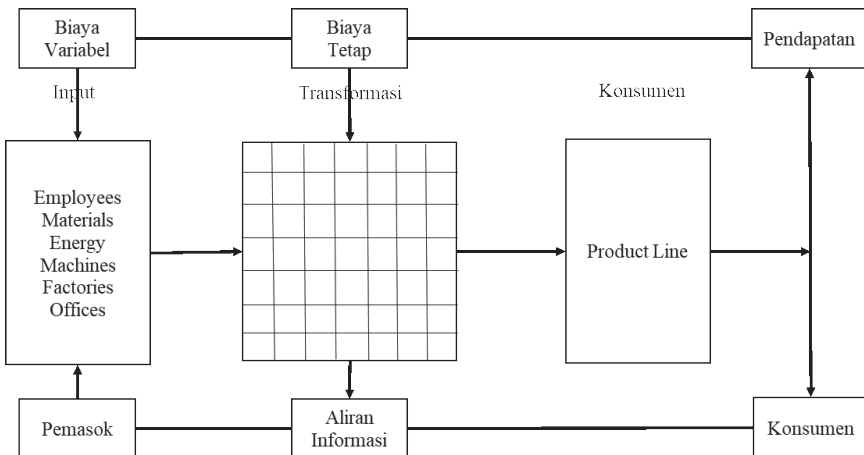
Gambar 3.3 menunjukkan pengembangan model transformasi input-output dimana ada banyak kotak dalam proses transformasi. Setiap kotak mewakili operasi yang menghasilkan lini produk yang dapat berupa barang atau jasa. Sistem P/OM yang produktif memiliki transformasi yang dirancang dengan baik.



Gambar 3.3 Pengembangan Model Input-Output Produksi dan Manajemen Operasi

L. BIAYA DAN PENDAPATAN DALAM MODEL INPUT-OUTPUT (I/O)

Manajemen biaya adalah fungsi utama yang terkait dengan semua aspek P/OM. Bagian penting dari biaya barang atau jasa berasal dari operasi. Gambar 3.4 menggambarkan bagaimana biaya terkait dengan model input-output. Mengontrol biaya menjadi perhatian utama bagi semua manajer.



Gambar 3.4 Biaya dan Struktur Pendapatan Model Input-Output Produksi dan Manajemen Operasi

Pada umumnya biaya dikategorikan ke dalam biaya variabel dan biaya tetap. Biaya mudah diukur meskipun perhitungan biaya *overhead* dapat diperdebatkan. Berbagai metodologi akuntansi juga dapat digunakan untuk menghitung biaya. Perbedaan di antara berbagai perhitungan tidak bisa diabaikan karena berdampak penting pada keputusan terkait produksi dan manajemen operasi. Produksi dan manajemen operasi dengan akuntansi jalan berdampingan dalam sistem yang sama dan mereka saling bergantung ketika pengukuran biaya berinteraksi dengan pengambilan keputusan produksi dan manajemen operasi. Mutu adalah kriteria kunci lain yang terkait dengan semua aspek produksi dan manajemen operasi yang berinteraksi dengan biaya dalam berbagai cara, seperti produktivitas, ketepatan waktu pengiriman, dan bentuk serta ukuran produk dan jasa.

1. Keterkaitan Input Dengan Biaya Variabel (Langsung)

Komponen input dari model transformasi yang diterapkan pada proses transportasi maskapai antara lain bahan bakar, makanan, gaji kru, perawatan, dan biaya lainnya. Biaya operasional variabel meningkat karena ada lebih banyak penerbangan yang diterbangkan dan lebih banyak orang yang terbang. Biaya variabel juga disebut biaya langsung karena dapat diterapkan langsung serta tanpa ambiguitas ke setiap unit yang diproses.

Alasan yang sama berlaku untuk contoh manufaktur. Biaya variabel untuk input meliputi tenaga kerja, energi, dan semua bahan yang dibeli dari pemasok dan digunakan untuk membuat produk. Bahan termasuk bahan baku, sub-assemblies, bahan setengah jadi, dan komponen. Semakin selesai bahan yang dibeli, semakin sedikit pekerjaan yang harus dilakukan oleh pembeli (yaitu semakin sedikit nilai yang dapat ditambahkan oleh pembeli). Lebih sedikit nilai tambah umumnya berarti lebih sedikit keuntungan.

2. Keterkaitan Transformasi Dengan Biaya Tetap (Tidak Langsung)

Biaya tetap juga disebut biaya tidak langsung karena merupakan bagian dari *overhead* dan harus dialokasikan ke unit output dengan beberapa rumus. Seringkali biaya per tahun yang juga disebut penyusutan

dihitung dengan membagi biaya investasi dengan jumlah tahun dalam perkiraan umur investasi. Misalnya, pesawat seharga \$30 juta dengan masa pakai 15 tahun akan menghasilkan \$2 juta depresiasi (penyusutan) per tahun. Hal ini disebut penyusutan garis lurus karena jumlah per tahun tidak berubah.

Menentukan biaya tetap yang sesuai untuk dibebankan kepada setiap pekerjaan, unit yang dibuat, atau jarak tempuh penumpang yang diterbangkan merupakan tanggung jawab bersama produksi dan manajemen operasi serta bagian akuntansi. Perusahaan penerbangan juga memiliki investasi dalam fasilitas pemeliharaan, terminal bandara, serta sistem pelatihan dan pendidikan, seperti halnya pekerja maupun manajemennya. Pembayaran yang dilakukan maskapai penerbangan untuk mendukung operasi bandar udara umumnya adalah biaya tetap dan bukan biaya variabel. Bandara seperti pabrik adalah fasilitas biaya tetap yang penting dimana maskapai penerbangan memperlakukan mereka sebagai biaya tetap karena biaya yang sama harus dipenuhi, tidak peduli berapa banyak penerbangan yang berangkat atau tiba di sana. Namun, jika bagian dari biaya bandara didasarkan pada jumlah penerbangan yang dilakukan maskapai, lalu kedua biaya yaitu biaya tetap dan biaya variabel (input) harus dipertimbangkan.

3. Keterkaitan Output Dengan Pendapatan dan Keuntungan

Dalam industri penerbangan, penumpang membayar maskapai untuk layanan transportasi. Jumlah penumpang (unit) yang diangkut (diproses) oleh maskapai adalah *output* (kadang-kadang hasil lebih menekankan tingkat *output*) dari sistem. Biasanya diukur dengan jarak (mil) penumpang terbang antara dua titik atau suatu satuan jarak dalam periode waktu tertentu. Hasil output dikelola untuk menyeimbangkan pasokan (kapasitas kursi) dan permintaan (untuk kursi). Permintaan tingkat transportasi antara dua titik terkait dengan faktor pemasaran, bukan hanya harga tiket pulang pergi yang murah.

Semua maskapai tidak mengenakan biaya yang sama untuk tiket pulang-pergi. Dengan menyesuaikan harga, maskapai penerbangan

seringkali dapat mempengaruhi persentase jumlah penumpang dalam penerbangan mereka. Keputusan pemasaran seperti itu merupakan bagian dari keseluruhan sistem yang mempengaruhi operasi. Perlunya cara keputusan pemasaran ini dalam koordinasi sistem untuk menghubungkan produksi dan manajemen operasi dengan area fungsional lain dalam kerangka model transformasi.

Pabrikasi dapat mengukur output dalam jumlah unit masing-masing jenis produk yang dihasilkannya. Produk memiliki banyak informasi variasi seperti ukuran dan rasa sehingga penerapan produksi dan manajemen operasi harus memiliki standar produksi dalam beberapa unit umum, seperti unit standar pasta gigi yang diproduksi. Kedua bentuk informasi akan mencerminkan variabilitas permintaan, tetapi perbedaan ukuran secara keseluruhan jauh lebih sedikit daripada laporan produk rinci. Tergantung pada tingkat permintaan, departemen pemasaran dapat merangsang penjualan dengan menurunkan harga atau menaikkan harga untuk memperlambat permintaan yang melebihi kemampuan pasokan.

Jika harga yang lebih rendah efektif dalam menghasilkan bisnis baru, maka permintaannya dikatakan elastis terhadap harga. Ketika ada elastisitas harga, operasi harus menjaga biaya rendah sehingga keuntungan dari harga rendah dapat diperoleh. Pemasaran pada akhirnya mengendalikan volume bisnis yang harus diproses oleh produksi. Perencanaan keuangan menentukan kapasitas operasi selama permintaan maksimal yang pada gilirannya diterjemahkan kembali ke jumlah biaya input yang perlu dibeli untuk memenuhi permintaan.

Perspektif sistem diperlukan untuk memastikan bahwa semua pelaku terhubung langsung ke kapasitas yang menghasilkan pendapatan dari sistem I/O. Sistem informasi membantu mendorong proses untuk tetap terhubung. Banyak jenis data yang ditransmisikan secara teratur antar pelaku dalam organisasi, misalnya tentang informasi tentang sedang dijual dan apa yang ada dalam persediaan yang mengarah pada keputusan penjadwalan produksi serta juga mengarah pada inisiatif oleh departemen penjualan. Tingkat persediaan secara terus-menerus diperiksa untuk

memastikan bahwa tidak terjadi stok yang habis dan berhati-hati dalam mengatur persediaan barang jadi.

M. KEUNTUNGAN MODEL INPUT-OUTPUT PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASI

Tujuan dari bagian ini adalah untuk menghubungkan persamaan keuntungan yang sangat penting untuk orang-orang dalam bisnis ke model transformasi input-output. Keuntungan I/O model diturunkan dari biaya dan pendapatan yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Model membebankan biaya dan pendapatan dari persamaan tradisional laba ke input dan seterusnya ke output melalui proses transformasi yang semuanya didasarkan pada periode waktu tertentu (t).

Dalam persamaan 3.1, total biaya TC, dikurangi pendapatan R akan menghasilkan keuntungan P:

$$P = R - TC \quad (3.1)$$

Dalam persamaan 3.2, total biaya TC sama dengan jumlah total biaya tetap FC, dan total biaya variabel vQ yaitu biaya variabel per unit (v) dikalikan dengan Q yang merupakan jumlah (volume) dalam unit produksi selama periode waktu t :

$$TC = FC + vQ \quad (3.2)$$

Persamaan 3.3 merupakan perhitungan pendapatan R yang harga per unit p dikalikan dengan jumlah produk Q yang dijual dalam waktu tertentu t :

$$R = pQ \quad (3.3)$$

Persamaan 3.4 adalah pernyataan tentang bagaimana faktor-faktor keuntungan atau laba P muncul bersamaan yang dapat juga dihitung dengan cara lain. Dengan mengatur laba sama dengan nol dan menyelesaikan volume permintaan akan memberikan jumlah produksi yang impas (balik modal). Analisis impas dibahas secara rinci di Lampiran A. Muncul pertanyaan tentang bagaimana volume permintaan berubah

sesuai permintaan terhadap harga yang diberikan. Isu menarik lainnya adalah hubungan FC dengan v seperti ditunjukkan di bawah:

$$P = R - TC = pQ - FC - vQ = (p - v)Q - FC \quad (3.4)$$

Tidak ada struktur model laba yang berubah dari waktu ke waktu karena persamaannya sama. Yang berubah adalah teknologi yang dapat digunakan oleh biaya tetap untuk membeli, dan pada gilirannya investasi tersebut bisa mempengaruhi biaya variabel. Selain itu telah terjadi perubahan besar dalam basis pengetahuan tentang proses produktivitas dan mutu yang dapat mereka berikan. Pengetahuan telah dikembangkan untuk bisa mempengaruhi volume output yang dapat diberikan oleh biaya tetap. Ini adalah sistem produksi (atau sistem operasi) dalam model laba yang telah banyak berubah. Kinerja sistem transformasi dari input-output telah diubah yang menghasilkan peningkatan produktivitas sistem. Bentuk sistem operasi telah berubah selama bertahun-tahun tetapi baru-baru ini lebih cepat lagi dimana sistem lebih produktif dan kurang padat karya.

N. PRODUKTIVITAS SEBAGAI MASALAH UTAMA DALAM PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASI

Produktivitas adalah variabel bisnis penting yang secara langsung berdampak pada kinerja, dimana peningkatan produktivitas meningkatkan laba bersih. Produksi dan manajemen operasi bertanggung jawab atas produktivitas suatu proses. Ini adalah faktor penting dalam kesuksesan keseluruhan perusahaan yang keunggulannya dalam pencapaian produktivitas adalah masalah utama dalam produksi dan manajemen operasi. Produktivitas mengukur kinerja proses suatu organisasi dalam melakukan pekerjaan. Produktivitas didefinisikan sebagai ukuran rasio output (O) dibagi dengan input (I). Manajemen operasi (MO) memandang pengukuran produktivitas sebagai hal penting dalam menilai kinerja kapasitas produktif organisasi selama periode waktu tertentu dan dibandingkan dengan suatu standar. Ketika output tinggi dan input rendah, maka sistem dikatakan efisien dan produktif tetapi semuanya relatif atau kita katakan kompetitif.

Produktivitas pada dasarnya mudah diukur untuk barang fisik. Lebih sulit untuk menemukan langkah-langkah yang tepat dalam beberapa output jasa seperti satuan pendidikan atau kesehatan. Pekerja dengan pengetahuan kreatif memberikan contoh lain output yang tidak berwujud yang sangat dihargai, tetapi sulit untuk dihitung. Upaya harus dilakukan untuk menilai nilai output ini dengan cara standar dalam memberikan tolok ukur (atau standar) dalam pengukuran.

O. LANGKAH-LANGKAH PENGEMBANGAN PRODUKSI DAN MANAJEMEN OPERASI

Model laba beroperasi secara berbeda sesuai dengan tahap pengembangan sistem operasi input-output perusahaan. Isu strategis ini harus dipahami oleh manajer area fungsional dan ditangani secara terkoordinasi. Tahapan tersebut mencerminkan sejauh mana kegiatan perusahaan telah dikoordinasikan dan dilaksanakan. Dengan demikian, tahap menentukan efektivitas perusahaan (kemampuan untuk melakukan hal-hal yang benar) dan efisiensi (kemampuan untuk melakukan hal-hal dengan benar). Suatu perusahaan berusaha meningkatkan tahap operasinya dengan harapan labanya akan meningkat, namun perlu untuk membandingkan tahap perkembangan perusahaan dengan pesaing.

Model laba input-output setiap perusahaan secara tidak langsung dan langsung mencerminkan dampak model input-output pesaing. Struktur biaya, harga, volume, dan margin keuntungan mencerminkan pengaruh dan luasnya persaingan. Jika semua pesaing berada pada tahap yang sama dan salah satu dari mereka mulai bergerak ke tingkat tahap yang lebih tinggi, maka hasil yang diharapkan adalah bahwa perusahaan yang maju akan mendapatkan pangsa pasar, sedangkan perusahaan yang lain mengalami penurunan pangsa dan volume di pasar. Hal ini yang kemudian diterjemahkan ke dalam biaya variabel yang lebih tinggi dan margin keuntungan yang lebih rendah. Produksi dan manajemen operasi harus terlibat dalam analisis kompetitif yang berarti bahwa semua yang terlibat dalam perencanaan perusahaan memahami sepenuhnya tahapan perkembangan semua perusahaan pesaing.

Bagaimana sebuah perusahaan mengelola model labanya memberikan wawasan tentang peran yang produksi dan manajemen operasi dapat berikan di perusahaan. Kapasitas dari suatu keputusan dan tingkat hasil ekonomi menunjukkan bagian dari sejarah pencapaian sebelumnya, selanjutnya adalah memilih teknologi baru yang digunakan untuk mengimbangi variabel biaya tenaga kerja yang tinggi juga ikut berperan. Tahap pengembangan tersebut juga berkaitan dengan pengelolaan tingkat hasil, perolehan mutu dan pencapaian keragaman produk.

Perusahaan pada tahap I beroperasi pada kondisi dimana tidak ada keunggulan kompetitif yang diperoleh dengan mengubah proses produksi. Oleh karena itu, prosesnya biasanya adalah relatif tidak efisien dan seringkali belum sempurna serta ketinggalan zaman karena tidak kelihatan adanya pengaruh manajemen dalam proses dan kurangnya perhatian pada produksi maupun operasi. Perusahaan pada tahap I tidak peduli pada mutu yang merasa pesaing tidak jauh lebih baik, sehingga semua orang tampak acuh tak acuh. Dalam perusahaan seperti itu, manajemen dan sumber dayanya tidak cukup untuk melakukan lebih dari memenuhi permintaan. Keinginan untuk bertahan dan lebih baik hanya terjadi ketika ada pesaing yang memiliki kemampuan yang sepadan. Ketidakpedulian terhadap mutu juga terjadi ketika perusahaan percaya bahwa bisnis yang berulang tidak akan terjadi biarpun seberapa bagus produk yang mereka hasilkan, misalnya seberapa besar kemungkinan seorang turis yang ke Antartika akan kembali dalam waktu dekat. Komunikasi berbasis internet yang cepat dan tersedia untuk semua orang juga mempengaruhi bisnis dan evaluasi yang berulang. Jadi keluarga yang tidak akan kembali ke Antartika mungkin menulis bahwa meskipun mereka tidak akan segera kembali tetapi mereka ingin orang lain tahu betapa buruknya layanan X dan betapa acuh tak acuhnya semua karyawan X terhadap kebutuhan mereka.

Perusahaan yang terbelakang tidak bisa bertahan lama di pasar yang didominasi oleh perusahaan tingkat tinggi. Tabel 3.1 memberikan matriks sederhana dalam mengkategorikan tahapan pengembangan produksi dan

manajemen operasi suatu perusahaan. Hal ini berlaku untuk lini produk manufaktur dan jasa.

Tabel 3.1. Tahap Pengembangan Produksi dan Manajemen Operasi

	Internal	Eksternal
Netral	Tahap I	Tahap II
Supportive	Tahap III	Tahap IV

Di lain pihak, ada perusahaan yang menggunakan operasi untuk memperoleh keunggulan dasar yang unik melalui pengembangan kemampuan khusus. Konsep terkait persaingan melalui kemampuan secara jelas dirumuskan oleh Stalk *et al.* (1992). Keuntungan yang diperoleh dapat bervariasi dari mempercepat distribusi hingga keunggulan taktis dalam mengelola persediaan atau keunggulan produk yang diperoleh dari pengembangan produk yang efektif dan manajemen mutu total (*total quality management, TQM*).

Perusahaan tahap IV menerapkan perbaikan terus-menerus (*continuous improvement, CI*) yang berarti bahwa mereka terus-menerus berusaha mengurangi barang/bahan terbuang atau rusak. Perusahaan dalam tahap ini secara agresif berusaha berinovasi dalam mengejar mutu untuk mampu bersaing. Perusahaan tahap IV memiliki tingkat keuntungan dasar yang khusus, sedangkan perusahaan Tahap I hampir tidak memiliki keuntungan ini. Perusahaan tahap II dan III berada di antara berbagai skala kinerja dan tingkat keuntungan.

Penjelasan berikut menggabungkan konsep tahapan pengembangan dalam perusahaan manufaktur menurut Wheelwright & Hayes (1985) serta Chase & Hayes (1991) di bidang jasa:

1. Perusahaan tahap I berpusat pada pemenuhan jumlah pengiriman dan penyediaan jasa saat diminta. Perusahaan tahap I tidak memiliki wawasan dalam perencanaan dan cenderung tidak peduli terhadap tujuan produksi dan manajemen operasi. Perusahaan dalam tahap ini reaktif terhadap permintaan dan tidak memiliki agenda terkait menjaga mutu serta lebih menekankan kontrol pekerja. Perusahaan

tidak memiliki kelebihan khusus dalam proses internal atau dibanding pesaingnya. Menurut Wheelwright & Hayes (1985) bahwa perusahaan ini seperti netral secara internal yang menunjukkan manajemen puncak tidak menganggap produksi dan manajemen operasi sebagai perangkat yang mampu memberikan keunggulan bersaing dan karena itu produksi dan manajemen operasi tidak dianggap sebagai hal penting.

2. Perusahaan tahap II mengelola proses produksi dan manajemen operasi secara tradisional dan memiliki wawasan perencanaan jangka pendek. Hal ini membuat upaya untuk mengamankan pesanan dan memenuhi keinginan jasa pelanggan. Tujuan utama perusahaan tahap II adalah untuk mengendalikan biaya. Mutu cenderung didefinisikan sebagai produk atau jasa yang tidak lebih buruk dari suatu standar. Perusahaan-perusahaan dalam tahap ini lebih memperhitungkan keuntungan dari skala ekonomi yang berarti bahwa perusahaan menghasilkan volume output yang meningkat dengan biaya rendah. Wheelwright & Hayes (1985) menggambarkan perusahaan seperti itu sebagai netral secara eksternal dan mereka berusaha untuk memiliki kesetaraan terkait produksi dan manajemen operasi dengan pesaing.
3. Perusahaan tahap III menerapkan dan mengelola proses manufaktur dan jasa mengikuti yang digunakan oleh perusahaan terkemuka. Chase & Hayes (1991) menggambarkan perusahaan dalam tahap ini sebagai pemberi jasa yang khas. Perusahaan tahap III melakukan berbagai upaya untuk meniru kemampuan khusus dari perusahaan terbaik. Program peningkatan mutu dan produktivitas dimanfaatkan sebagai usaha dalam menghasilkan barang yang terbaik. Perusahaan tahap III memiliki arah perencanaan jangka panjang yang didukung oleh strategi produksi dan manajemen operasi yang terperinci. Wheelwright & Hayes (1985) menggambarkan perusahaan seperti itu sebagai pendukung kegiatan secara internal yang berarti bahwa kegiatan produksi dan manajemen operasi mendukung posisi perusahaan tahap III bersaing dengan perusahaan sejenis.

4. Perusahaan tahap IV adalah penggerak produksi dan manajemen operasi. Perusahaan dalam tahap ini memiliki wawasan perencanaan jangka pendek dan jangka panjang yang terintegrasi. Perencanaan produksi dan manajemen operasi jangka panjang membutuhkan keunggulan dalam manajemen proyek untuk membawa perubahan yang diperlukan dalam beradaptasi dengan situasi, kondisi, dan lingkungan yang baru. Produksi dan manajemen operasi jangka pendek melibatkan pemenuhan standar dengan pengendalian proses produksi. Keduanya baik pertimbangan jangka pendek dan jangka panjang adalah elemen penting dalam keberhasilan perusahaan. Keduanya mengharuskan produksi dan manajemen operasi menjadi bagian dari tim strategi manajemen puncak karena proses produksi dianggap sebagai sumber keuntungan unik yang diperoleh melalui kemampuan khusus seperti halnya desain produk dan jasa.

Manajemen proyek adalah salah satu tanggung jawab produksi dan manajemen operasi yang menawarkan keuntungan signifikan bagi mereka yang berada dalam manajemen operasi yang mengetahui cara menggunakan metode manajemen proyek untuk berinovasi dengan cepat dan berhasil demi keunggulan daya saing. Wheelwright & Hayes (1985) menggambarkan perusahaan seperti itu sebagai pendukung eksternal, yang berarti bahwa strategi bersaing bersandar pada tingkat signifikan pada kemampuan manufaktur suatu perusahaan. Chase & Hayes (1991) menyimpulkan bahwa perusahaan tahap IV menawarkan jasa yang meningkatkan harapan pelanggan. Perusahaan tahap IV menggunakan pendekatan sistem untuk mengintegrasikan jasa dan kegiatan manufaktur.

Dibutuhkan banyak pekerjaan untuk maju melalui tahapan yang berurutan. Tidak mungkin bahwa suatu organisasi produksi dan manajemen operasi yang lagi berjalan dapat melewati satu tahap dan langsung melompat ke tahap yang lebih tinggi tanpa ada suatu tindakan. Hanya dengan re-organisasi total maka hal itu memungkinkan perusahaan tahap I menjadi perusahaan tahap III atau IV. Rekayasa ulang (*re-engineering*, REE) yang didefinisikan sebagai memulai dari awal untuk mendesain

ulang suatu sistem adalah cara yang menarik untuk menghindari masalah birokrasi dan melakukan lompatan tahapan, namun hal itu mahal dan jika tidak dilakukan dengan benar akan memiliki risiko kegagalan yang tinggi. Penguasaan prosedur produksi dan manajemen operasi yang mumpuni ini akan menurunkan risiko itu.

BAB 4

Ukuran, Lokasi, dan Tata Letak Berbagai Fasilitas

A. PENDAHULUAN

Pemilihan lokasi untuk pabrik atau pusat distribusi baru adalah proses yang rumit dan sulit yang harus didasarkan pada visi strategis organisasi, persyaratan rantai pasokan, dan kebutuhan pelanggan. Hal ini ditentukan baik secara kuantitatif maupun kualitatif, dimana pemilihan lokasi yang tepat biasanya melibatkan manajemen tingkat atas karena tingkat keberhasilan fasilitas baru akan berdampak besar pada seluruh organisasi.

Tujuan pemilihan lokasi adalah relokasi, perluasan, dan/atau desentralisasi. Dasar pemilihan lokasi bisa berbeda tergantung pada tujuannya (misalnya urgensi permasalahan dapat menghilangkan beberapa penilaian kuantitatif yang kompleks atau beberapa penelitian lokasi), tetapi perlu melakukan proses secara agregat yang dengan mengambil langkah-langkah umum untuk membuat keputusan yang baik. Banyak pemangku kepentingan akan memberikan alasan berbeda dalam memilih lokasi untuk fasilitas industri baru.

Tujuan dari semua pemilihan lokasi adalah untuk mengubah properti atau fasilitas yang ada menjadi suatu keunggulan bersaing. Gambar 4.1 menunjukkan sebuah organisasi harus bertransisi dari analisis strategi sebagai suatu gambaran besar dan misinya (analisis makro), penilaian lokasi yang dituju (analisis mikro) hingga tahap konstruksi.



Gambar 4.1 Kemajuan dari Konsep ke Realitas

Beberapa kesalahan yang umum dilakukan oleh perusahaan saat memilih lokasi adalah:

1. Melanjutkan pencarian lokasi tanpa perencanaan terkait fasilitas baru. Perusahaan harus mengetahui apa yang dicari dengan menetapkan kriteria terkait persyaratan lokasi, seperti ukuran gudang yang dibutuhkan organisasi, seperti apa bentuknya, berapa jarak kolom yang seharusnya, persyaratan dermaga dan jalan, dan sebagainya. Dari informasi ini, proses pemilihan lokasi dapat dipersempit ke properti-properti yang akan mengakomodasi bentuk desain bangunan asli serta perluasan yang direncanakan. Perusahaan jangan mencoba untuk menyesuaikan diri pada sesuatu yang tidak cocok dan segera menghapus dari daftar terkait lokasi yang tidak mengakomodasi fasilitas seperti yang dirancang.
2. Melakukan publikasi yang terlalu cepat (prematur). Ada keuntungan dan kerugian untuk menjaga pencarian suatu lokasi secara rahasia selama mungkin. Mengumumkan rencana kepada publik dapat mengakibatkan publikasi gratis, dukungan dari komunitas lokal, dan awal perekrutan karyawan. Di sisi lain, mengumumkan niat mencari lokasi dapat menaikkan harga tanah, membuka peluang bagi orang dan organisasi yang mencoba mempengaruhi keputusan serta berita-berita yang dapat merugikan perusahaan.
3. Gagal menggunakan daftar kriteria yang baik. Satu-satunya cara untuk menemukan lokasi yang sesuai dengan kebutuhan adalah melalui penggunaan daftar kriteria khusus yang terperinci. Untuk menjadi alat yang efektif, maka daftar kriteria harus selengkap mungkin dan harus mencakup faktor ekonomi jangka panjang dan pendek, komunitas, dan kualitas hidup.
4. Gagal untuk menyesuaikan rencana proyek dengan persyaratan masa depan dan tren teknologi. Perusahaan tidak boleh memilih lokasi hanya untuk kepentingan sesaat tetapi untuk jangka panjang, sehingga organisasi perlu mempertimbangkan diawal terkait lokasi yang bisa mengakomodasi peningkatan penjualan, kebutuhan bongkar muat (*crossdocking*), dan jenis produk yang berbeda.

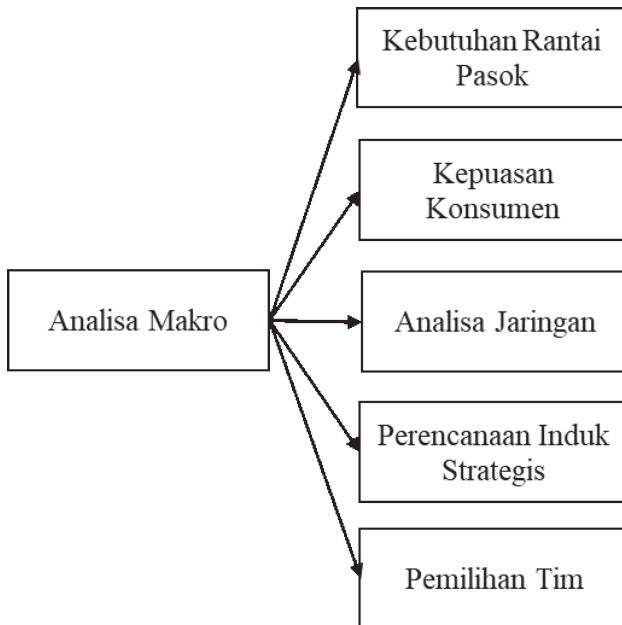
5. Gagal secara akurat memperkirakan biaya sebenarnya dari melakukan bisnis di setiap lokasi yang diusulkan.
Lokasi biaya terendah mungkin bukan tempat yang paling ekonomis untuk melakukan bisnis. Perbandingan lokasi harus mencakup analisis menyeluruh dan rinci terkait proyeksi biaya produksi termasuk biaya jasa dan utilitas seperti air, listrik, pembuangan limbah, pajak lokal, atau keamanan lokasi. Faktor-faktor ini dapat memiliki pengaruh biaya jangka panjang yang signifikan dalam operasional.
6. Memberikan pertimbangan terkait hal-hal yang tidak nyata pada waktu yang salah.
Tujuan dari analisis makro adalah menentukan dengan tepat cara terbaik untuk memanfaatkan lokasi dalam keunggulan bersaing sehingga menggunakan sudut pandang pribadi terkait lokasi bisa merubah penekanan proses dari kebutuhan strategis organisasi.
7. Tidak menggunakan konsultan untuk melengkapi keterampilan staf.
Mengumpulkan data terkait lokasi, proyeksi biaya operasi dengan tepat, dan mengevaluasi berbagai hal adalah proses yang memakan waktu yang tidak bisa terburu-buru. Organisasi hanya memiliki waktu atau sumber daya internal untuk melakukan pekerjaan ini dengan benar, sehingga konsultan perencanaan fasilitas dapat mengumpulkan data dan memberikan sumber saran yang akurat pada setiap aspek dalam proses pemilihan lokasi. Dengan luasnya pengetahuan dan aksesibilitas, maka konsultan memiliki cara yang efisien dan efektif untuk bergerak ke depan.

B. PROSEDUR – ANALISA MAKRO

Seperti yang diilustrasikan pada gambar 4.2, metodologi analisis makro terdiri dari lima bagian:

1. Organisasi harus membayangkan diri mereka sebagai bagian dari rantai pasokan yang membutuhkan perbaikan yang berkelanjutan di antara semua yang terkait sebagai tindakan dari permasalahan sebelumnya. Keuntungan dalam persaingan masa depan bergantung pada pemeriksaan proses perbaikan berkelanjutan yang berkaitan dengan rantai pasokan agregat (keseluruhan).

2. Kepuasan pelanggan adalah pemahaman bahwa persepsi dan harapan pelanggan lebih daripada harapan organisasi tentang apa yang diinginkan pelanggan sebagai hal penting dalam memaksimalkan keuntungan.
3. Analisis jaringan adalah penentuan rencana distribusi yang akan diberikan kepada pelanggan dengan barang yang tepat dalam jumlah yang tepat pada waktu dan tempat yang tepat sambil meminimalkan biaya distribusi melalui keseimbangan yang tepat antara biaya gudang (penyimpanan) dan biaya transportasi.
4. Rencana induk strategis adalah suatu pernyataan akan kebutuhan ruang (tempat), tenaga kerja, dan peralatan di masa depan untuk menganalisis dan menjelaskan akan rencana alternatif.
5. Pemilihan tim adalah pembentukan sekelompok orang lintas fungsi, baik dari internal dan eksternal organisasi yang membawa talentanya ke dalam proses.



Gambar 4.2 Analisa Makro

1. Kebutuhan Rantai Pasokan

Visi untuk suatu lokasi di masa depan dan untuk rantai pasokan agregat harus membahas konsep perubahan dan integrasi. Kebutuhan pelanggan, struktur perdagangan, dan fluktuasi permintaan pasar lebih cepat dari adaptasi organisasi terhadap hal tersebut. Dengan memahami dampak perubahan, integrasi dan perancangan fasilitas terkait konsep ini, maka organisasi dapat meningkatkan peluang dalam keuntungan bersaing.

2. Standar Kepuasan Pelanggan

Kebutuhan pelanggan terus berubah dan filosofi satu ukuran untuk semua sudah tidak berlaku. Pertumbuhan *e-commerce* telah mempengaruhi ukuran pesanan (berkurang) dan frekuensi pesanan (bertambah). Hal ini menyebabkan persepsi pelanggan tentang mutu yang bisa atau tidak merupakan penggambaran yang akurat dari mutu organisasi dalam mendorong keberhasilan bisnis dengan dengan fokus pada kebutuhan pelanggan.

Kepuasan pelanggan adalah sarana dimana perusahaan berusaha untuk membuat produknya berbeda, menjaga pelanggan setia, meningkatkan keuntungan, meningkatkan penjualan, dan menjadi pemasok pilihan. Kepuasan pelanggan tidak didasarkan pada apa yang dilakukan pemasok tetapi didasarkan pada apa yang pelanggan pikirkan tentang yang pemasok lakukan. Karena kepuasan pelanggan adalah proses berkelanjutan untuk memenuhi dan melampaui harapan pelanggan, maka organisasi harus selalu melakukan perbaikan terus-menerus dan selalu melihat kebutuhan konsumen.

Analisis makro terkait pemilihan lokasi harus memasukkan faktor kepuasan pelanggan karena berdampak pada mutu dan harga produk, ketepatan waktu pengiriman, persentase tingkat pengisian, dan kemampuan beradaptasi.

Kepuasan pelanggan dicapai melalui pemahaman tentang kebutuhan dan harapan. Organisasi harus bertanya pada diri mereka sendiri terkait

pertanyaan-pertanyaan berikut ketika mendefinisikan rencana induk strategisnya:

- a. Apa kebutuhan dan harapan organisasi kedepan?
- b. Apa pengaruh organisasi dalam mencapai kepuasan pelanggan dalam rantai pasokan?
- c. Bagaimana pelanggan memandang operasi, proses, dan sumber daya saat ini?
- d. Apakah ada kesenjangan antara apa yang saat ini bisa dilakukan dan apa yang sedang dilakukan untuk kepuasan pelanggan?
- e. Penawaran layanan apa yang dapat dibuat berdasarkan kebutuhan yang ada?
- f. Bagaimana organisasi mengukur, melacak, dan meningkatkan kinerja?

3. Perencanaan Induk Strategis Dan Penetapan Acuan

Perencanaan induk strategis adalah suatu proses dengan tujuh tahapan yang menjadi dasar atau acuan terkait biaya mana yang perlu dianalisa dan dikembangkan. Tanpa suatu acuan, pemilihan lokasi menjadi tidak jelas.

Tahap 1: Mendokumentasikan operasi yang ada

- a. Berapa biaya operasi sekarang?
- b. Apa kebutuhan dalam menghasilkan output dan penyimpanan saat ini?
- c. Berapa banyak persediaan aman yang dimiliki operasi sekarang?
- d. Apa prosedur operasi standar yang terdokumentasi? Bagaimana membandingkannya dengan apa yang sebenarnya terjadi di lapangan?
- e. Kebijakan apa yang ada dalam mengatur akuisisi, pemanfaatan, dan pelepasan sumber daya?
- f. Menetapkan acuan untuk mengukur rekomendasi perbaikan.

Tahap 2: Menentukan kebutuhan fasilitas untuk suatu waktu perencanaan yang ditentukan

- a. Berapa biaya operasi organisasi dalam tiga tahun ke depan? Lima tahun?
- b. Apa yang akan menjadi persyaratan dalam proses, penanganan material, dan penyimpanan organisasi di masa mendatang? Tiga tahun? Lima tahun?
- c. Apakah ada persediaan aman yang cukup untuk memenuhi permintaan yang diperkirakan?
- d. Apa tujuan perusahaan? Sumber daya apa yang dibutuhkan untuk memenuhi tujuan tersebut?
- e. Bagaimana tujuan perusahaan memperhitungkan dunia bisnis global yang dinamis?
- f. Apa dampak dari perubahan pesanan pelanggan pada kebutuhan pengambilan pesanan dari gudang?

Tahap 3: Mengidentifikasi kekurangan dalam operasi saat ini

- a. Apakah pelanggan perusahaan membutuhkan pengiriman yang lebih cepat, lebih banyak variasi, dan lebih banyak kemampuan beradaptasi?
- b. Apakah perusahaan berhasil mengirimkan produk tepat waktu?
- c. Apakah fasilitas, metode, peralatan, dan/atau tenaga kerja yang ada adalah yang paling efisien dan efektif? sarana untuk menangani persyaratan kapasitas dan prakiraan?

Tahap 4: Mengidentifikasi rencana alternatif

- a. Lokasi alternatif dan metode operasi apa yang dapat dipertimbangkan? Apa isu-isu kuantitatif dan kualitatif yang terkait dengan alternatif-alternatif ini?
- b. Bagaimana lokasi dan metode alternatif ini mengurangi atau menghilangkan kekurangan dalam operasi saat ini?

Tahap 5: Mengevaluasi rencana alternatif

Berapa biaya setelah pajak dari alternatif-alternatif tersebut?
Bagaimana dengan pengembalian investasi?

Tahap 6: Memilih dan menentukan rencana yang direkomendasikan

Apa saja persyaratan ruang, peralatan, personel, dan prosedur operasi standar fasilitas selama waktu perencanaan?

Tahap 7: Memperbarui rencana induk strategis

Bagaimana perubahan iklim usaha akan mempengaruhi enam langkah pertama dalam rencana induk strategis?

4. Analisis Jaringan

Pada dasarnya jaringan distribusi merupakan rangkaian simpul dan penghubung transportasi. Jaringan distribusi bisa mulai dari pengiriman langsung dari sumber ke titik permintaan item-item di toko hingga jaringan di berbagai lokasi yang kompleks. Desain jaringan distribusi tergantung pada berbagai faktor seperti jenis produk, jangkauan dan volume produk, penyebaran area geografis layanan, tingkat layanan yang dibutuhkan, dan jumlah serta jenis pelanggan. Kegiatan distribusi terjadi dalam lingkungan yang dinamis yang dipengaruhi oleh isu-isu bisnis seperti pasar global, tingkat keterlibatan pemerintahan, kondisi sekitar, dan energi. Pada saat yang sama, kebutuhan pelanggan meningkat terkait kecepatan, variasi, dan kemampuan beradaptasi sambil mengurangi biaya yang harus juga dipahami. Tentu saja, masalah ini berdampak pada tekanan internal akan kebutuhan distribusi untuk memusatkan, memanfaatkan pihak ketiga, meningkatkan sistem informasi, meningkatkan produktivitas, dan lebih lagi dalam memanfaatkan setiap orang yang terlibat. Oleh karena itu, satu-satunya cara untuk meningkatkan keunggulan distribusi adalah mengupayakan integrasi distribusi dengan menerapkan perencanaan strategis.

Perencanaan strategis adalah suatu proses untuk memutuskan tujuan perusahaan, perubahan tujuan, sumber daya untuk mencapai tujuan ini, dan kebijakan untuk mengatur perolehan, penggunaan, dan

penempatan sumber daya. Tujuan dari perencanaan strategis adalah untuk menentukan pendekatan keseluruhan untuk titik penyimpanan, transportasi, manajemen persediaan, layanan pelanggan, dan sistem informasi serta cara setiap bagian berhubungan untuk memberikan pengembalian investasi yang maksimal.

Perencanaan strategis adalah suatu perangkat yang dirancang untuk mengantisipasi perubahan kebutuhan yang dapat diprediksi dan yang waktunya dapat diantisipasi. Perencanaan strategis diarahkan pada peramalan kebutuhan masa depan yang cukup jauh sebelum kebutuhan aktual untuk memungkinkan waktu pengadaan yang cukup untuk memenuhi semua kebutuhan secara efisien. Peramalan dengan jangka waktu perencanaan yang panjang adalah bisnis berisiko dan perencanaan distribusi yang didasarkan pada peramalan seperti itu sering kali tidak dapat dijalankan. Namun demikian, peramalan adalah informasi yang terbaik yang tersedia mengenai masa depan dan sangat merugikan jika tidak menggunakan informasi itu untuk keuntungan suatu organisasi. Kenyataan yang ada bahwa satu-satunya cara untuk bertahan dalam lingkungan distribusi yang berubah dengan cepat seperti sekarang adalah dengan memiliki perencanaan strategis yang baik yang membahas kebutuhan distribusi masa depan dan faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi. Faktor-faktor tersebut adalah:

a. Pasar global

Pasar global terkait permasalahan distribusi karena di dunia sekarang ini tidak ada pilihan selain memahami implikasi strategi global pada semua keputusan distribusi. Saat terjadi pergeseran dalam pola perdagangan dunia, maka ini akan mengubah kebutuhan distribusi terkait perubahan lokasi dan jumlah gudang, peningkatan persediaan dalam distribusi, dan penciptaan peluang dan permasalahan transportasi baru.

b. Keterlibatan pemerintah

Kecenderungan global adalah pemerintah membuat berbagai aturan (deregulasi) di berbagai kegiatan terutama masalah transportasi. Penting bagi para profesional distribusi untuk memahami bahwa

pengaruh keterlibatan pemerintah pada distribusi, sehingga kepemimpinan distribusi harus berkewajiban mengikuti aturan pemerintah dalam hal distribusi.

c. Distribusi terbalik

Permasalahan yang erat kaitannya dengan isu keterlibatan pemerintah adalah masalah distribusi terbalik (pengembalian produk) ke tempat asal (titik pusat pengumpulan) untuk proses daur ulang. Penanganan mekanisme distribusi terbalik membutuhkan perhatian yang signifikan oleh para profesional distribusi karena perlu pemahaman berkaitan dengan undang-undang (peraturan) pemerintah dalam penanganan limbah di gudang dan masalah kepuasan pelanggan terkait daur ulang.

d. Kendaraan pengangkut

Pemerintah mendorong pengaturan kendaraan pengangkut termasuk kendaraan pengangkut di gudang dan selanjutnya mendorong penggunaan kendaraan listrik. Kendaraan pengangkut dengan sistem pembakaran yang akan dijual di masa depan harus memenuhi standar emisi yang lebih ketat yang dalam banyak penerapan di lapangan akan digantikan oleh kendaraan listrik.

e. Energi

Permasalahan lain yang berdampak pada lingkungan yang belum menjadi topik pertimbangan utama para profesional distribusi adalah masalah energi, dimana biaya energi merupakan perhatian utama perusahaan transportasi. Meskipun biaya ini cenderung kecil dalam keseluruhan biaya transportasi, tetapi perubahan signifikan dalam biaya energi dapat berdampak pada biaya transportasi termasuk biaya distribusi. Oleh karena itu penting untuk memperhitungkan masalah biaya energi dalam membuat semua keputusan distribusi.

f. Kecepatan

Sekarang ini tingkat perubahan yang cepat dalam semua aspek usaha manusia, seperti sosial, politik, ekonomi, teknologi, ekologi dan psikologis. Maka tidak mengherankan bahwa pengurangan waktu tunggu, masa pakai produk yang lebih pendek, dan peningkatan

perputaran persediaan menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam laju perubahan distribusi. Distribusi harus lebih banyak responsif karena tuntutan yang diberikan oleh pelanggan.

g. Keragaman

Keragaman pekerjaan yang harus ditangani oleh bagian distribusi akan terus meningkat, sehingga kebutuhan pengemasan khusus, penggabungan, penetapan harga, pelabelan, pengelompokan (*kitting*), dan pengiriman akan menjadi suatu kebutuhan. Distribusi akan diperlukan untuk melakukan operasi yang secara tradisional dipandang sebagai operasi manufaktur. Sistem dan prosedur akan diterapkan untuk menangani informasi yang sesuai dengan keinginan pelanggan.

h. Fleksibilitas

Aspek terpenting dari distribusi yang fleksibel adalah keserbagunaan terkait peralatan, sistem, dan pekerja. Desain, spesifikasi, dan implementasi peralatan serbaguna diperlukan untuk mencapai distribusi yang fleksibel. Rak penyimpanan di gudang dan peralatan penanganan material, serta peralatan transportasi harus dipilih dengan keserbagunaan yang memadai untuk menangani kebutuhan distribusi ketika diperlukan kapan saja. Demikian pula, sistem serbaguna berdampak pada penyesuaian kebutuhan pelanggan, identifikasi secara otomatis, komunikasi, dan dokumentasi termasuk tenaga kerja yang memiliki berbagai keahlian untuk mencapai distribusi yang fleksibel. Aturan kerja yang terlalu membatasi, klasifikasi pekerjaan yang berlebihan dan nilai tenaga kerja, serta pelatihan yang tidak memadai sering mengakibatkan kurangnya fleksibilitas dalam distribusi. Ada berbagai keahlian (*multiskill*) bisa menghilangkan hambatan di berbagai pekerjaan dan pekerja bisa lebih baik memahami implikasi dari kinerjanya. Di seluruh organisasi distribusi, ada kebutuhan untuk menghilangkan penghalang tradisional di berbagai tugas atau pekerjaan.

i. Modularitas

Tiga aspek terpenting dari struktur (modular) distribusi adalah modular aset distribusi, modular penugasan kerja, dan modularitas waktu. Permasalahan modular aset distribusi ada hubungannya dengan perluasan dan penyusutan ruang gudang dan penambahan atau pengurangan dari peralatan transportasi. Demikian pula untuk alat transportasi, keputusan pembelian dan sewa, serta persyaratan kontrak harus dievaluasi dengan mempertimbangkan fluktuasi lalu lintas jangka panjang dan jangka pendek. Tantangan modular tugas kerja berkaitan dengan keseimbangan pekerjaan harian di dalam gudang. Setelah orang diberi banyak keterampilan, maka penting untuk memastikan bahwa orang-orang ditugaskan sedemikian rupa untuk memungkinkan aliran bahan yang berkelanjutan melalui distribusi. Terakhir, untuk menyediakan modular distribusi modular adalah masalah modularitas waktu. Kreativitas dalam jadwal kerja karyawan dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap hasil operasi. Banyak operasi distribusi telah ditingkatkan secara signifikan dengan menyesuaikan jadwal pekerjaan, sehingga ada keseimbangan antara staf yang tersedia dengan tugas yang harus dilakukan. Ketidak mampuan mengatasi masalah modularitas waktu sering mengakibatkan operasi distribusi meghasilkan produktivitas rendah.

j. Harga

Syarat untuk keberhasilan suatu perusahaan adalah distribusi yang efisien, efektif, dan berbiaya rendah. Meskipun biaya distribusi kurang dari 10% dari harga yang harus pelanggan bayar tetapi bagi pelanggan harga tersebut tetap ingin dikurangi.

k. Sentralisasi

Akan ada lebih sedikit gudang terpusat yang besar di masa depan untuk menggantikan gudang yang banyak dan lebih kecil atau gudang terdesentralisasi di masa sebelumnya. Akan ada lebih sedikit manajer dan orang-orang administratif yang terlibat dalam distribusi karena distribusi terpadu yang diupayakan dan staff dalam distribusi akan terpusat. Seiring dengan sentralisasi gudang dan staf, maka akan

berdampak juga pada sentralisasi entri pesanan, layanan pelanggan, dan pemrosesan data. Hal ini akan berdampak pada peningkatan daya tanggap transportasi dengan biaya lebih rendah, fokus pada total biaya distribusi, realitas kepuasan pelanggan, kecepatan, variasi, dan kemampuan beradaptasi. Kecenderungan ke arah distribusi terpusat akan menghasilkan pergantian persediaan yang lebih tinggi yang pada gilirannya akan mengarah pada peluang baru untuk otomatisasi dan sistem informasi yang canggih

l. Logistik pihak ketiga (*Third Party Logistics*)

Logistik pihak ketiga (3PL) adalah pemanfaatan perusahaan luar untuk melakukan beberapa atau semua fungsi distribusi yang saat ini dilakukan secara internal. Sebagai perusahaan yang lebih baik memahami distribusi terintegrasi dan lebih memahami biaya distribusi, maka akan ada kecenderungan peningkatan *outsourcing* sebagai bagian dari fungsi distribusi.

m. Sistem informasi

Teknologi informasi mempengaruhi segalanya, mulai dari bisnis, pendidikan hingga hiburan sehingga tidak mengherankan bahwa teknologi informasi memiliki dampak besar pada masalah distribusi. Sangat jelas bahwa semua dokumen distribusi harus dikirimkan secara elektronik dan tidak melalui pos. Semua dokumen distribusi yang masih menggunakan kertas perlu diteliti dan dihilangkan bila memungkinkan. Penting bagi pimpinan distribusi untuk menyadari bahwa dokumen berarti penundaan, ada peluang kesalahan, pekerjaan tambahan sehingga merupakan pemborosan waktu dan uang. Sistem informasi distribusi harus *real-time* dan tanpa kertas serta terstandarisasi di seluruh distribusi rantai pasokan.

n. Produktivitas

Akuntabilitas kinerja di bidang distribusi harus ditingkatkan, maka distribusi manajemen harus menetapkan standar, mengidentifikasi peluang untuk perbaikan, mengukur kinerja, dan mengambil tindakan untuk memastikan peningkatan distribusi yang berkelanjutan. Seluruh fungsi distribusi harus menyadari bahwa produktivitas

harus ditingkatkan. Pilihan untuk mempertahankan kondisi yang ada tidak dapat diterima. Peningkatan produktivitas distribusi tidak hanya mencakup produktivitas tenaga kerja, tetapi juga hal lain yang berkaitan dengan tenaga kerja dalam suatu distribusi.

o. Orang

Pelanggan menjalankan bisnis distribusi tetapi kinerja bergantung pada orang-orang dalam distribusi. Kepuasan pelanggan dihasilkan dari kontak dengan orang-orang dalam distribusi dan dengan demikian merupakan hal yang penting. Masalah distribusi yang sedang berlangsungpun tetap tergantung pada orang. Pada masa lalu, orang-orang distribusi fokus pada hal-hal sempit, seperti memiliki keahlian khusus atau kekuatan teknis tetapi orang-orang distribusi semacam ini sudah tidak sesuai dengan kebutuhan distribusi. Orang-orang yang dibutuhkan dalam distribusi saat ini harus memiliki pandangan distribusi yang lebih luas, pemahaman distribusi yang lebih terintegrasi, berbasis tim, bisa mengikuti budaya organisasi, dan berperan aktif dalam rantai pasokan maupun kepuasan pelanggan.

a. *Perencanaan Jaringan Distribusi Strategis*

Perencanaan jaringan distribusi adalah salah satu bidang utama yang menerapkan perencanaan strategis. Suatu perencanaan jaringan distribusi strategis dikembangkan untuk memenuhi serangkaian kebutuhan tertentu dalam suatu waktu perencanaan. Perencanaan yang baik akan menentukan jaringan terbaik yang akan menyediakan pesanan pelanggan dengan barang yang tepat, dalam jumlah yang tepat, di tempat yang tepat, pada waktu yang tepat dan meminimalkan total biaya distribusi. Ketika jumlah gudang meningkat, maka biaya pengiriman berkurang dan biaya gudang meningkat. Kebalikannya ketika jumlah gudang berkurang, maka biaya pengiriman meningkat. Untuk meminimalkan total biaya distribusi, maka penting untuk menemukan keseimbangan terbaik dari berbagai biaya yang ada.

Tujuan dari perencanaan jaringan distribusi strategis adalah untuk menentukan perencanaan yang menunjukkan cara paling ekonomis

untuk mengirim dan menerima produk sambil mempertahankan atau meningkatkan kepuasan pelanggan atau dengan kata lain memaksimalkan keuntungan dan mengoptimalkan layanan. Perencanaan jaringan distribusi yang strategis biasanya menjawab berbagai pertanyaan berikut:

- 1) Berapa banyak pusat distribusi yang harus ada?
- 2) Di manakah lokasi pusat distribusi?
- 3) Berapa banyak persediaan yang harus disimpan di setiap pusat distribusi?
- 4) Pelanggan apa yang harus dilayani oleh setiap pusat distribusi?
- 5) Bagaimana seharusnya pelanggan memesan dari pusat distribusi?
- 6) Bagaimana seharusnya pusat distribusi memesan dari vendor?
- 7) Seberapa sering pengiriman harus dilakukan ke setiap pelanggan?
- 8) Bagaimana seharusnya tingkat layanan?
- 9) Metode transportasi apa yang harus digunakan?

Perencanaan jaringan distribusi adalah proses berurutan yang terus-menerus membutuhkan pembaharuan. Beberapa perusahaan terjebak untuk melakukan langkah c hingga f sebelum mengumpulkan dan memahami langkah yang paling penting, yaitu a dan b. Jawaban dalam perencanaan jaringan distribusi hanya baik ketika data dimasukkan untuk analisis.

Langkah-langkah yang diambil dalam desain distribusi meliputi:

- 1) Mendokumentasikan jaringan distribusi
- 2) Mengidentifikasi persyaratan pengiriman
- 3) Membangun database
- 4) Mengembangkan jaringan alternatif
- 5) Model biaya operasi tahunan
- 6) Mengevaluasi alternatif
- 7) Menentukan rencana. Berikut akan dibahas lebih rinci mengenai langkah-langkah dalam desain distribusi.

1) *Mendokumentasikan Jaringan Distribusi*

Langkah-langkah dalam mendokumentasikan jaringan distribusi, mengidentifikasi kebutuhan pengiriman, dan membangun database dapat dilakukan secara bersamaan. Tujuan utama dari langkah-langkah tersebut adalah untuk mendapatkan pemahaman tentang sistem yang sedang digunakan dan menentukan kebutuhan sistem ke depan. Untuk mendokumentasikan sistem yang ada, maka informasi harus dikumpulkan di sistem pusat distribusi dan transportasi. Dalam mengumpulkan informasi tentang distribusi pusat, sangat penting untuk mengumpulkan dari semua lokasi yang ada karena studi dapat mengakibatkan rekomendasi untuk menyelesaikan masalah, memindahkan atau memperluas fasilitas. Informasi berikut perlu dikumpulkan di setiap lokasi:

- a) Pemanfaatan ruang: menentukan pemanfaatan pusat distribusi.
Informasi ini akan memungkinkan dalam menentukan jumlah ruang persediaan aktual yang akan diperlukan dalam suatu fasilitas ketika analisis selesai. Informasi ini juga mengidentifikasi berapa banyak lagi persediaan yang dapat disimpan ke dalam lokasi tersebut.
- b) Tata letak dan peralatan: membuat daftar peralatan dan tata letak setiap fasilitas.
Jika suatu organisasi memiliki daftar peralatan yang tersedia, maka akan lebih mudah untuk menentukan kebutuhan investasi dalam pengembangan suatu fasilitas.
- c) Prosedur pengoperasian gudang: memahami prosedur pengerjaan dan pengiriman pesanan.
Jika ada dua lini produk di satu lokasi, maka apakah mereka dikerjakan dan dikirim bersamaan membutuhkan pemahaman akan perbedaan metode operasi di setiap fasilitas. Ini bisa menjelaskan mengapa satu fasilitas mencapai efisiensi hasil yang lebih tinggi per orang, maka perlu untuk memahami bagaimana pemenuhan pesanan dilakukan atau didorong ke pusat distribusi.

- d) Tingkat kepegawaian: mendokumentasikan tingkatan berdasarkan posisi. Suatu organisasi perlu memahami pekerjaan mana yang dapat digabungkan serta mengelompokkan gaji tenaga kerja berdasarkan tingkat termasuk tunjangannya.
- e) Volume penerimaan dan pengiriman: memahami jumlah truk masuk dan keluar serta jumlah dermaga.
Hal ini akan menjadi penting jika fasilitas diperlukan untuk meningkatkan kinerja hasil.
- f) Karakteristik bangunan: mengelompokkan karakteristik bangunan seperti tinggi, tingkat penerangan, luasan, dan sebagainya.
Pengelompokan ini untuk alasan yang sama seperti informasi tata letak tetapi perlu diingat untuk memperhatikan kemampuan dalam pengembangan bisnis.
- g) Akses ke lokasi: meninjau akses ke jalan raya utama.
Menentukan apakah hal ini akan memiliki berpengaruh pada biaya pengiriman.
- h) Biaya operasional tahunan: menghitung biaya sewa, pajak, asuransi, pemeliharaan, biaya energi, dan biaya fasilitas lainnya.
- i) Persediaan: mengumpulkan informasi tentang lama penggunaan dan tingkat persediaan, tingkat pengisian, batas stok pengaman, dan analisis ABC.
Dengan memiliki informasi ini, maka penghematan fasilitas gabungan dapat ditentukan. Perlu juga dikumpulkan stok yang bergerak lambat (*slow moving*) atau penggunaan musiman untuk membantu menentukan apakah harus dipusatkan di satu lokasi atau apakah tempat gudang umum yang harus digunakan. Perlu untuk mengetahui sasaran persediaan ke depan.
- j) Pelaporan kinerja: memahami ukuran kinerja dalam kebutuhan layanan, kelengkapan pesanan, akurasi pengiriman, dan sebagainya.

Informasi berikut harus dikumpulkan dalam sistem transportasi:

- a) Jenis dan diskon kargo: mengumpulkan jenis kargo dan tarif yang digunakan. Selain jenis kargo, perlu juga diketahui diskon berdasarkan operator maupun lokasi. Penting juga untuk memahami di mana diskon berlaku terkait berbagai parameter seperti rute, berat minimum dan sebagainya.
- b) Prosedur pengoperasian transportasi: memahami cara pemilihan moda transportasi tertentu dan bagaimana operator dipilih.
- c) Kebutuhan pengiriman: Berapa lama waktu pengiriman pengiriman ke pelanggan dan bagaimana kinerja operator diukur? Apakah kelengkapan pesanan diukur?
- d) Volume pengisian: berapa volume atau berat trailer? Informasi ini diperoleh dari setiap titik pengisian dan muatan tertentu dari barang dagangan umum.

Di akhir kunjungan ke lokasi, pertemuan tim proyek harus dilakukan untuk merangkum data yang dikumpulkan dan penilaian setiap lokasi. Penilaian ini akan memberikan wawasan bagi tim dalam operasional dan kemungkinan besar akan menemukan informasi yang tidak diketahui manajemen yang akan berguna dalam mengembangkan pilihan alternatif. Untuk mendokumentasikan kebutuhan jaringan distribusi masa depan, maka tidak hanya penting untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi tetapi juga untuk memahami strategi pemasaran dan perkiraan penjualan.

Daftar berikut mengidentifikasi pertanyaan yang harus dijawab oleh bagian pemasaran dan penjualan:

- a) Apakah ada produk baru yang muncul?
Dari mana produk tersebut berasal?
Apa ada target wilayah pasar secara geografis?
- b) Apakah tolok ukur pemesanan sekarang (ukuran pesanan minimum, dan sebagainya)?
Apakah ada perubahan persyaratan pesanan seperti pembebanan biaya untuk jasa pengiriman?

- c) Apa yang diinginkan pasar yang berpengaruh pada perubahan kemasan, grosir, produk massal dengan kebutuhan volume yang banyak?
- d) Apakah penjualan meningkat setiap tahun?
- e) Apakah terjadi pergeseran pelanggan?
Apakah cuma sedikit pelanggan yang menggunakan banyak volume?
- f) Apakah terjadi pergeseran geografis?
Apakah penjualan meningkat menurut wilayah geografis tertentu?

2) *Mengidentifikasi Persyaratan Pengiriman*

Salah satu persyaratan utama dalam menganalisis jaringan distribusi adalah persyaratan pengiriman mulai dari waktu penempatan pesanan hingga waktu penerimaan pengiriman. Jika persyaratan tidak dapat diidentifikasi, maka analisis kesenjangan kepuasan pelanggan harus dilakukan. Analisis kesenjangan adalah serangkaian pertanyaan yang ditujukan kepada staf internal dan pelanggan yang bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan antara persepsi pelanggan tentang kepuasan dan persyaratan kepuasan yang dipahami organisasi. Pada titik tertentu, penjualan menurun tajam karena meningkatnya persaingan yang berdampak pada jumlah pengiriman dan biaya yang dikeluarkan dengan asumsi mutu produk sama. Hal terpenting dalam suatu organisasi adalah menemukan kepuasan pelanggan terbaik yang bisa memaksimalkan keuntungan.

3) *Membangun Database*

Database pesanan yang akan dimodelkan dapat dibuat sejalan dengan jaringan yang sedang dirancang. Informasi ini harus mencakup lokasi pengiriman ke lokasi tertentu, berat pengiriman, produk yang dipesan, dan jumlah yang dipesan. Setelah data ditetapkan, maka langkah selanjutnya adalah memvalidasi datanya. Untuk memastikan bahwa informasi telah dipindahkan dengan benar, maka perlu mencetak beberapa dokumen dan membandingkan dengan cetakan manualnya. Juga perlu untuk menyiapkan ringkasan laporan, seperti

dokumen penjualan, barang yang terjual ataupun barang yang dikirim untuk pemeriksaan ulang dalam memastikan semua data dalam berkas telah dipindahkan atau dicatat. Setelah data divalidasi, maka berbagai analisis seperti analisis ABC digunakan berdasarkan pilihan, lokasi geografis, volume, dan volume produk menurut wilayah di suatu negara. Laporan ini harus digunakan untuk membantu menentukan berbagai pilihan lokasi.

4) *Mengembangkan Pilihan*

Setelah data dikumpulkan, langkah selanjutnya meliputi pengembangan tempat lokasi pilihan dan metode operasi. Masukan yang digunakan untuk menentukan pilihan terdiri dari kunjungan lokasi, kebutuhan masa depan, analisis database, dan survei layanan pelanggan. Metode yang digunakan untuk pemilihan setiap tempat akan berbeda-beda.

Tempat lokasi bukan satu-satunya pilihan untuk dipertimbangkan sebagai pilihan, dimana metode operasi juga harus dipertimbangkan terkait kriteria seperti konsolidasi pengiriman vendor, pemusatan barang-barang yang bergerak lambat di satu tempat, memisahkan divisi-divisi perusahaan, dan pengiriman langsung oleh vendor. Setelah lokasi pilihan ditentukan, maka data harus dikumpulkan terkait biaya pengiriman, biaya gudang, dan biaya tenaga kerja untuk lokasi pilihan.

5) *Pemodelan Biaya Operasi Tahunan*

Pemodelan dengan perangkat lunak tidak menjamin jawaban yang benar. Pemodelan seharusnya hanya digunakan sebagai alat untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan. Nilai sebenarnya dalam distribusi perencanaan adalah pengetahuan yang diperoleh dari pemahaman cara kerja sistem distribusi perusahaan, pengetahuan tentang perencanaan distribusi, dan imajinasi dalam menggunakan model dengan jaringan distribusi yang benar-benar bermanfaat. Pilihan bisa fokus pada biaya tetapi berdampak pada penggunaan jumlah fasilitas yang banyak, sehingga penting untuk

memiliki beberapa kriteria lain untuk menilai model yang digunakan, seperti:

- a) Biaya administrasi dan biaya pemrosesan pesanan
Biasanya biaya ini meningkat seiring dengan jumlah gudang. Dibutuhkan lebih banyak upaya untuk mengoordinasikan dan mengelola fasilitas-fasilitas dengan jaringan yang lebih besar.
- b) Siklus dan biaya penyimpanan stok pengaman (*safety stock*)
Lebih banyak gudang berarti lebih banyak total persediaan. Teori persediaan menyebutkan bahwa persediaan pengaman akan bertambah dengan bertambahnya jumlah fasilitas.
- c) Pengaruh ukuran pesanan pelanggan
Pelanggan yang dekat dengan gudang umumnya cenderung memesan lebih sering dan dalam jumlah yang lebih kecil daripada pelanggan yang jauh. Ini menunjukkan bahwa biaya pengiriman cenderung meningkat per volume dengan meningkatnya jumlah fasilitas.
- d) Biaya perpindahan antar gudang
Semakin banyak pusat distribusi, maka semakin besar masalah koordinasi dan semakin besar kecenderungan untuk memindahkan persediaan antar fasilitas karena ketersediaan persediaan yang tidak seimbang.
- e) Negosiasi pengurangan biaya pergudangan dan pengiriman
Semakin sedikit fasilitas, maka semakin besar volume individu dan karenanya semakin banyak kesempatan untuk menegosiasikan pengaturan yang lebih menguntungkan dalam layanan pergudangan dan pengiriman.

Apapun metode pemodelan apa yang digunakan, pendekatan keseluruhan akan mendekati langkah-langkah berikut:

- a) Memvalidasi jaringan yang ada
Langkah ini menggunakan model komputer untuk mensimulasikan biaya yang ada dan membandingkannya dengan biaya sebenarnya.

- b) Menjalankan jaringan pilihan
Setelah model valid, maka jaringan pilihan harus dijalankan untuk volume sekarang dan volume peramalan (*forecast*).
- c) Membuat ringkasan dan peringatan
Membuat tabel untuk meringkas berbagai biaya dari jaringan pilihan dan menabelkan daftar biaya pusat distribusi satu per satu.
- d) Meringkas semua biaya tahunan dan faktor kepuasan
Membuat tabel yang menunjukkan semua faktor biaya dan layanan dari suatu jaringan pilihan.
- e) Melakukan analisis sensitivitas
Analisis sensitivitas didasarkan pada analisa proses yang bisa mengubah beberapa komponen data. Ini bisa menjadi biaya yang tidak pasti atau memiliki potensi untuk berubah. Dengan memodifikasi parameter tunggal ini, maka pengaruh pada proses dapat dikendalikan.
- f) Menentukan semua biaya investasi terkait dengan setiap pilihan
Biaya-biaya yang termasuk seperti biaya peralatan gudang baru yang diperlukan untuk menghemat ruang, biaya ekspansi, dan biaya konstruksi atau modifikasi bangunan apa pun seperti penambahan pintu dermaga.

6) Mengevaluasi Pilihan

Analisis ekonomi membandingkan rencana jaringan yang direkomendasikan untuk semua pilihan. Untuk melakukan analisis ini, maka organisasi harus menentukan semua investasi dan penghematan terkait dengan masing-masing pilihan. Berbagai biaya seperti biaya peralatan gudang baru, biaya konstruksi, dan modifikasi bangunan apa pun harus dimasukkan. Selain itu, informasi berikut harus diperhitungkan, seperti relokasi karyawan, pesangon, relokasi saham, relokasi komputer, pajak, relokasi peralatan maupun penjualan dari tanah dan bangunan yang ada.

Hasil dari langkah ini harus berupa pengembalian investasi

dari setiap pilihan dibandingkan dengan investasi yang dikeluarkan. Setelah langkah ini selesai, maka analisis sensitivitas terhadap berbagai biaya yang berfluktuasi dan penghematan untuk melihat pilihan mana yang paling stabil harus dilakukan. Untuk melengkapi analisis, maka analisis kualitatif harus dilakukan untuk melihat faktor-faktor lain seperti layanan pelanggan dan kemudahan dalam penerapan. Setelah kesimpulan diperoleh, selanjutnya jadwal implementasi bertahap berbasis waktu harus disusun berisi daftar langkah-langkah utama yang digunakan dalam memindahkan jaringan distribusi dari sistem yang ada ke sistem baru.

7) *Menentukan Rencana*

Langkah terakhir dalam proses perencanaan jaringan distribusi adalah menyampaikan hasilnya kepada manajemen puncak. Hal ini harus dilakukan agar manajemen dapat memahami dampak dari strategi pada total bisnis. Komunikasi ini harus menjelaskan tidak hanya yang berkaitan dengan faktor keuangan berupa biaya transportasi dan gudang, tetapi juga penjualan secara keseluruhan dan kepuasan pelanggan.

b. Jangan Mengabaikan Pentingnya Distribusi

Distribusi adalah pengelolaan persediaan untuk mencapai kepuasan pelanggan. Saat ini, banyak perusahaan telah menyadari bahwa distribusi adalah bagian terdepan dalam peningkatan kepuasan pelanggan dan pengurangan biaya. Penting untuk diingat bahwa rencana jaringan distribusi strategis yang baik adalah persyaratan keberhasilan dan bahwa itu tidak boleh hanya terdiri dari ide, pemikiran, atau kemungkinan yang keabsahannya belum diteliti. Rencana jaringan distribusi didasarkan pada satu set tempat mengenai volume penjualan masa depan, tingkat persediaan, biaya transportasi, dan biaya gudang. Persyaratan harus didefinisikan, dianalisis, dan dievaluasi dan harus menghasilkan pengembangan spesifik serangkaian persyaratan strategis. Rencana jaringan distribusi yang baik berorientasi pada tindakan dan bertahap waktu dan menjaga kebutuhan pelanggan utama di garis depan setiap saat.

5. Pemilihan Tim

Setelah kebutuhan untuk mengidentifikasi lokasi sudah rampung, maka tim seleksi internal harus dibentuk. Manajemen fasilitas dapat membuat proses pemilihan lokasi lebih mudah dengan juga membangun kerjasama dengan sumber daya eksternal, seperti:

- a. Pialang atau perantara (*broker*)
- b. Pengembang ekonomi
- c. Agensi pemerintahan
- d. Penyedia kebutuhan
- e. Konsultan

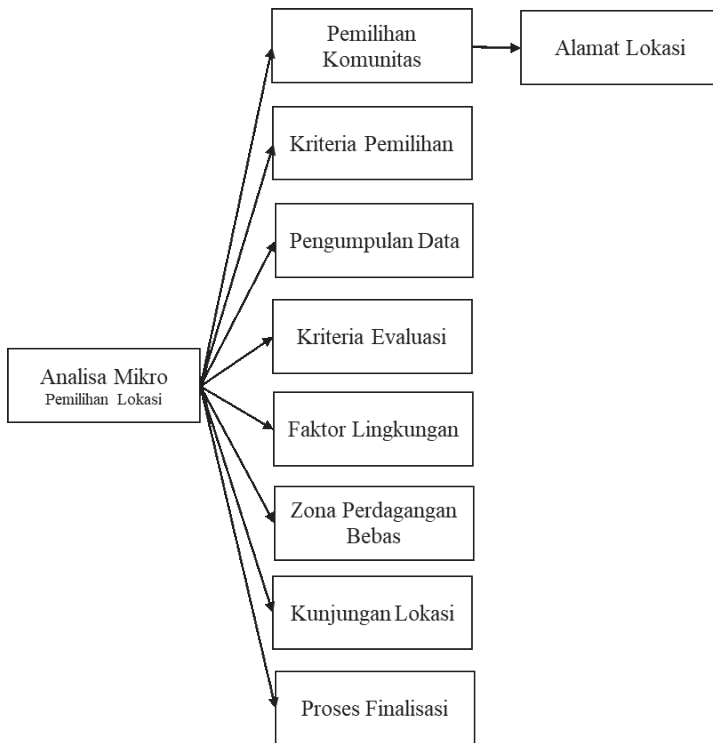
Setelah daerah geografis untuk fasilitas baru telah ditetapkan dan manajemen telah menyetujui rencana strategisnya (*Strategic Master Plan*), maka pekerjaan memilih komunitas dan tempat terbaik dimulai. Ini merupakan yang paling sulit dan bagian dari proses yang memakan waktu sehingga dukungan dari sumber luar akan membantu tim internal mempersempit daftar calon potensial dalam penentuan tempatnya.

C. PROSEDUR ANALISIS MIKRO DALAM PEMILIHAN TEMPAT/LOKASI

Setelah “gambaran besar” telah dianalisis dan analisis makro dikembangkan, maka pekerjaan tingkat mikro di mana lokasi atau tempat tertentu harus mulai dipilih yang rinciannya dijelaskan di Gambar 4.3.

1. Pemilihan Komunitas

Setelah daerah umum untuk pemilihan lokasi ditentukan melalui analisis makro, maka tim seleksi harus mengidentifikasi komunitas tertentu di dalam daerah tersebut untuk pertimbangan yang lebih serius. Setiap komunitas akan memberikan dan mengelola undang-undang maupun program-program yang diamanatkan oleh pemerintah yang berbeda, maka tim pemilihan lokasi harus memberikan perhatian khusus untuk menilai setiap komunitas terhadap kriteria dan tujuan perusahaan. Oleh karena itu, tim harus melihat dan mengevaluasi komunitas yang harus siap ketika fasilitas yang diusulkan datang nantinya.



Gambar 4.3 Analisa Mikro

Daftar periksa (*checklist*) adalah metode ideal untuk mengetahui perilaku dan tren suatu masyarakat. Berikut adalah beberapa pertanyaan umum yang dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu komunitas:

- a. Apakah kebijakan pemerintah mendukung industri dan kemajuan suatu tempat?
- b. Bagaimana sistem pendidikan dan pelatihan dapat diterima mulai dari pendidikan dasar anak sampai universitas?
- c. Apakah layanan kota beroperasi pada tingkat yang dapat diterima dalam kemajuan masyarakat?
- d. Bagaimana kualitas hidup dari segi belanja, hiburan, dan fasilitas kesehatan?

- e. Apakah ada layanan pendukung yang dapat diakses untuk industri, seperti bengkel perbaikan dan mesin?
- f. Lingkungan perumahan seperti apa?
- g. Dapatkah angkatan kerja dibentuk tanpa mengorbankan kebutuhan keterampilan dan produktivitas?
- h. Apakah jasa konstruksi dan kontraktor cukup untuk membangun sebuah fasilitas?
- i. Insentif ekonomi apa yang ditawarkan?

Salah satu faktor ekonomi yang penting adalah pajak lokal atas persediaan, terutama karena biaya ini dapat bervariasi secara signifikan dari satu lokasi ke lokasi lain.

2. Daftar Periksa (*Checklist*) Pemilihan Lokasi

Organisasi harus menggunakan daftar periksa pemilihan lokasi yang komprehensif sebagai bagian dari penilaian lokasi tertentu. Daftar periksa berguna untuk menggali informasi terkait tempat lokasi yang sedang dipertimbangkan. Tidak disarankan bagi tim pemilihan lokasi mencari informasi tidak penting yang hanya merupakan persepsi individu melainkan harus memberikan gambaran akurat tentang lokasi serta kelebihan dan kekurangannya.

3. Faktor Lingkungan

Fasilitas yang bersih sekalipun perlu menyadari akan peraturan yang melindungi lingkungan. Tim pemilihan lokasi harus menyadari bahwa akan ada dampak bagi perusahaan yang membeli suatu tempat dengan harga murah tetapi memiliki biaya pembersihan yang mahal berupa warisan yang ditinggalkan oleh penyewa sebelumnya.

4. Zona Perdagangan Bebas

Salah satu pertimbangan dalam memilih sebuah lokasi pabrik adalah apakah lokasi tersebut berada dalam zona perdagangan bebas (FTZ) atau tidak dan apakah FTZ memenuhi kebutuhan perusahaan atau tidak. FTZ bertujuan untuk menarik dan mempromosikan perdagangan dan pembelian internasional. Barang luar negeri dan dalam negeri dapat

disimpan, diproduksi, dan diproses bebas bea di FTZ yang biasanya merupakan daerah khusus dengan fasilitas gudang dan ruang kawasan industri dan akses ke semua moda transportasi.

Perusahaan yang bermaksud mengimpor produk untuk pabrikasi atau penjualan harus meneliti kelayakannya dari FTZ. Keuntungannya adalah:

- a. Bea pabean dan pajak pendapatan internal jika berlaku, dibayarkan hanya ketika barang dagangan dipindahkan dari zona perdagangan luar negeri ke wilayah pabean untuk konsumsi.
- b. Barang dapat diekspor dari zona bebas bea dan pajak.
- c. Barang dagangan dapat tetap berada di suatu zona tanpa batas waktu, baik dikenakan bea masuk atau tidak.

Perusahaan harus memperhatikan bahwa komoditas dan industri tertentu dikecualikan dari pertimbangan zona, seperti minuman beralkohol, tembakau, senjata api, bahan fosfor putih, gula, dan bahan yang mungkin terbukti merugikan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Tidak ada perdagangan eceran yang diperbolehkan di FTZ.

5. Kunjungan Lokasi

Tim harus mengunjungi semua calon lokasi pada putaran akhir dengan mengukur faktor yang belum sempat diukur ataupun yang belum diukur dalam informasi sebelumnya dan penilaian akhir dapat didasarkan pada informasi yang baru ini. Penelitian lebih lanjut harus dilakukan pada setiap kunjungan lokasi, termasuk wawancara mendalam dengan manajer bisnis serupa. Tim proyek harus memperhatikan dinamika pasar tenaga kerja, biaya bisnis, dan infrastruktur pendukung.

6. Keputusan Akhir Proses (Finalisasi)

Setelah lokasi dipilih, maka produktivitas harus dipertahankan atau dengan kata lain suasana bisnis seperti biasa harus dihasilkan untuk memenuhi rantai pasokan dan kebutuhan pelanggan sebaik mungkin. Langkah-langkah berikut dapat diambil untuk memastikan bahwa relokasi atau rencana pengembangan perusahaan berjalan lancar:

- a. Mengidentifikasi dan berkomunikasi dengan karyawan.
- b. Mengatasi masalah pelatihan dan perekrutan untuk fasilitas baru.
- c. Menjadwalkan semua pengumuman resmi dengan bijaksana terkait pengumuman ke masyarakat yang terlalu dini dapat menghilangkan dan melemahkan semangat karyawan.
- d. Menugaskan individu atau tim untuk memantau semua aspek fasilitas baru, bukan hanya konstruksi atau perpindahan tetapi juga terkait pajak, peraturan, sumber daya manusia, dan telekomunikasi yang semuanya memiliki peran penting dalam suksesnya akomodasi lokasi, sehingga semua ini harus dipertimbangkan dan ditangani baik dengan bangunan atau relokasi itu sendiri.

Pemilihan lokasi adalah langkah nyata berikutnya setelah perencanaan jaringan distribusi strategis yang menganalisis jaringan distribusi perusahaan dan mengembangkan kebutuhan fasilitas dan kebutuhan layanan pelanggan berdasarkan rencana induk strategis gudang. Pemilihan lokasi adalah analisis mikro terkait kebutuhan perusahaan dan dengan menggunakan pendekatan terstruktur di mana kriteria diidentifikasi, ditentukan lokasinya, diukur, dipertimbangkan, dan dievaluasi sehingga memungkinkan perusahaan untuk melihat pilihan yang terbaik untuk perluasan atau relokasi.

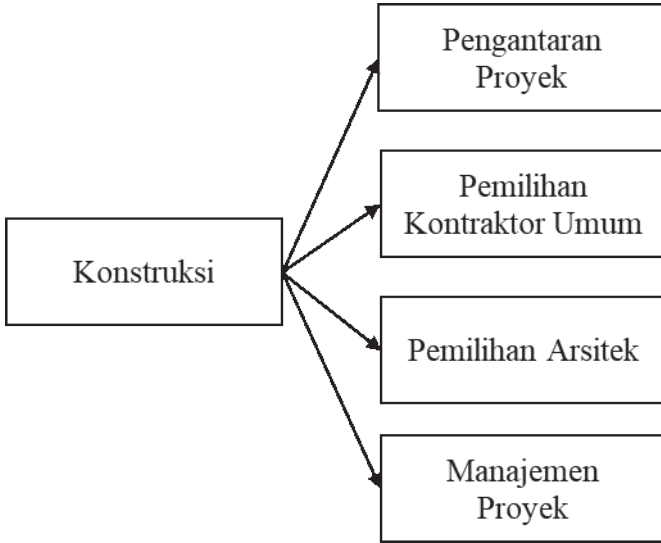
Tim harus sepenuhnya menyadari larangan dan batasan, misalnya pengendalian polusi atau konsumsi energi yang ada di setiap lokasi oleh badan-badan pemerintah sebelum membuat keputusan yang tetap. Melalui proses analisis jaringan distribusi, evaluasi lokasi dan negosiasi yang cermat, perusahaan dapat memilih lokasi yang menawarkan fleksibilitas, keserbagunaan, dan manfaat selama bertahun-tahun.

D. BERGERAK DARI PEMILIHAN LOKASI KE KONSTRUKSI

Membangun fasilitas industri seperti pabrik atau pusat distribusi adalah hal yang sulit yang bisa memakan waktu dua tahun dari awal sampai akhir. Seharusnya tidak ada pertanyaan tentang mengapa sesuatu dilakukan, siapa yang melakukannya, atau seberapa efisien hal itu pada

operasi organisasi. Sayangnya banyak proyek yang dipenuhi dengan konflik, perubahan dan penundaan yang tidak terduga yang pada akhirnya ada kesadaran bahwa bangunan tersebut tidak mencerminkan apalagi memuaskan kebutuhan perusahaan hari ini, besok, atau tahun depan.

Untuk mewujudkan suatu konsep, maka perencanaan dan implementasi yang cermat dari empat elemen utama konstruksi harus berurutan seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses Konstruksi

Pembangunan maupun perluasan pusat distribusi atau fasilitas manufaktur adalah pekerjaan kompleks yang jika tidak dikelola dengan baik akan dapat menambah biaya organisasi, menunda penggunaan yang sangat dibutuhkan dan berdampak buruk pada laba perusahaan. Konstruksi fasilitas yang efektif membutuhkan tindakan yang seimbang antara harapan, biaya, ruang lingkup, jadwal, mutu, dan operasi yang sedang berlangsung.

Suatu fasilitas distribusi tertentu dapat menelan biaya besar yang membutuhkan waktu enam bulan untuk merencanakan, sembilan bulan untuk membangun, tiga bulan untuk *fit-up* (penyesuaian), dan dua bulan

untuk siap digunakan. Proses ini membutuhkan keterlibatan konsultan, arsitek, teknisi, agen penjual, bankir, pengacara, pengembang ekonomi, pemerintah, kontraktor umum, subkontraktor, dan pemasok sehingga proses pembangunan sering dipandang sebagai gangguan bisnis dan bukan sebagai keberhasilan pertumbuhan dan kesuksesan finansial bagi perusahaan.

Dengan perencanaan yang tepat dan dengan penggunaan sumber daya internal dan eksternal, proses pembangunan dapat dikelola dengan baik. Proyek dapat diselesaikan tepat waktu, anggaran dapat dipertahankan, dan mutu dapat tercapai. Prosesnya tidak akan merugikan dan pengeluaran maupun pengorbanan bisa berkurang jika langkah-langkah berikut ini diambil:

- a. Menetapkan kriteria realistis dalam pemilihan lokasi.
- b. Memilih metode kontrak atau pengiriman proyek yang paling sesuai dengan kebutuhan organisasi.
- c. Memilih tim konstruksi terbaik untuk menangani proyek.
- d. Mengelola proyek dengan penuh semangat.

Saat proses pemilihan lokasi berlangsung, kadang-kadang tim melupakan tujuan akhir untuk menemukan dan membangun fasilitas sesuai dengan rencana induk strategis, sehingga tim harus menghindari godaan untuk berkompromi dengan kriteria lokasi yang akan mengubah fungsi bangunan.

E. KESIMPULAN

Mengembangkan rencana yang komprehensif dalam pemilihan lokasi dan konstruksi akan memastikan misi dan tujuan organisasi yang dibahas dalam konsep menjadi proses yang nyata. Melalui suatu kombinasi kesadaran, penelitian, refleksi, dan kepemimpinan, organisasi dapat yakin bahwa properti yang mereka pilih dan fasilitas yang pada akhirnya mereka bangun akan meningkatkan laba (*return on asset*) meningkatkan keunggulan bersaing, dan menyediakan sumber daya, proses, dan metodologi bagi keunggulan bersaing sebenarnya dalam rantai pasokan.

BAB 5

Perencanaan dan Desain Produk

A. PENDAHULUAN

1. Apakah Perencanaan Produk itu?

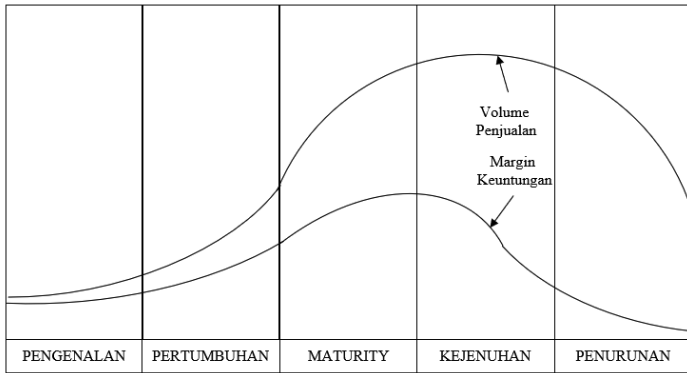
Perencanaan produk adalah merupakan fungsi pengambilan keputusan melalui suatu penelitian dan pengembangan barang-barang material baru yang memenuhi kebutuhan pasar. Ini adalah fungsi yang berkesinambungan dalam lingkungan yang dinamis dari suatu persaingan karena setiap produk tunggal umumnya memiliki waktu pemakaian yang terbatas.

2. Siklus Hidup (Life cycle) Produk

Siklus hidup produk adalah periode dari waktu produk mulai dirancang sampai ketika tidak lagi menguntungkan yang cenderung menurun karena kecenderungan yang tinggi untuk multi produk dengan batch kecil dan diversifikasi.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.1, volume penjualan dan pendapatan untuk suatu produk baru akan cenderung meningkat pada periode awal setelah diperkenalkan. Selanjutnya akan mengalami periode pertumbuhan karena adanya pengakuan dan penerimaan pelanggan yang meningkat dengan pesat dengan adanya peningkatan daya beli. Pada periode ketika volume penjualan masih meningkat dan produk saingan tambahan muncul di pasar, maka keuntungan cenderung menurun karena penurunan harga jual untuk bisa bersaing. Dalam saturasi dan periode penurunan, kesegaran produk mungkin hilang dan berdampak

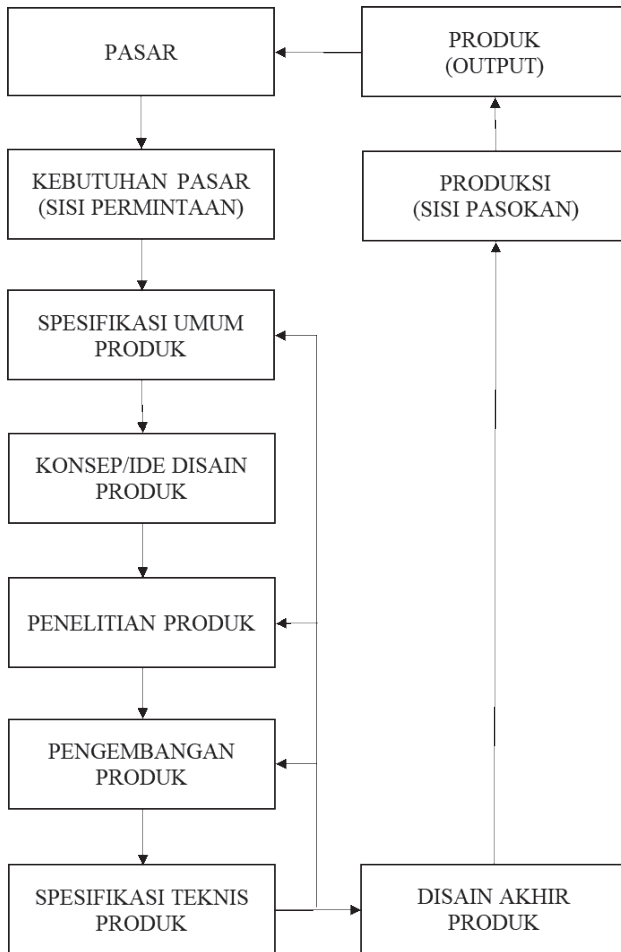
pada volume penjualan yang menurun sehingga keuntungan juga akan berkurang drastis. Dalam periode seperti itu, upaya harus diarahkan pada pengurangan biaya produksi dengan pemanfaatan metode yang efektif seperti analisis nilai dan volume penjualan maupun laba harus dipertahankan dengan melakukan promosi penjualan serta melakukan perubahan minor atau modifikasi produk yang ada dengan ide-ide baru.



Gambar 5.1 Siklus Hidup Suatu Produk

3. Sistem Perencanaan untuk Produk Baru

Dalam sistem perencanaan untuk produk baru seperti yang digambarkan pada gambar 5.2, kebutuhan pasar sangat penting untuk diketahui. Dengan informasi berdasarkan riset pasar atau berdasarkan data dari departemen pemasaran dan penjualan perusahaan, maka spesifikasi umum dari produk ditentukan. Ketika ide produk diusulkan untuk memenuhi komoditas pasar, maka spesifikasi teknis dapat ditentukan dengan kemampuan kreatif dari divisi penelitian dan pengembangan (*Research and Development, R&D*) sehingga mengarah ke desain akhir suatu produk. Pada tahap ini, beberapa perubahan spesifikasi umum produk yang telah ditentukan sebelumnya bisa dilakukan karena ide desain untuk produk baru tidak selalu berhubungan langsung dengan kenyataan. Oleh karena itu, keputusan yang dibuat untuk membawa produk baru ke produksi aktual tergantung pada apakah kompromi yang dibuat dalam penerapan di manufaktur menerima keinginan pasar.



Gambar 5.2 Perencanaan Produk Baru

Alat desain seperti penyebaran fungsi mutu (*quality function deployment*) dapat digunakan untuk memilih antara kebutuhan pasar dan aktual desain yang dapat dicapai atau karakteristik manufaktur yang dimiliki. Mengikuti divisi R & D, desain produk yang menentukan bentuk detail suatu produk diselesaikan pada tahap akhir perencanaan produk sehingga produk dapat melakukan fungsi tertentu berdasarkan spesifikasi teknis produk.

Desain produk diubah menjadi produk melalui produksi. Barang-barang manufaktur didistribusikan ke pasar, kemudian ke konsumen akhir.

4. Penelitian dan Pengembangan Produk

Produk baru diciptakan melalui beberapa rantai fungsi, yaitu penelitian (riset) produk, produk pengembangan, dan desain produk.

- a. Penelitian produk meliputi penelitian dasar dan penelitian terapan.
 - 1) Penelitian dasar adalah penemuan hukum/pengetahuan ilmiah baru yang sering tidak menghasilkan produk yang konkrit.
 - 2) Penelitian terapan dilakukan untuk menciptakan produk baru dalam suatu batasan waktu dan biaya.
- b. Pengembangan produk bertujuan untuk membangun prototipe/model produk baru yang dihasilkan dalam penelitian produk. Ini diikuti oleh desain produk yang dijelaskan di bagian selanjutnya.

5. Properti Industri dan Kewajiban Produk

Ketika sebuah produk baru ditemukan, paten harus dikeluarkan. Paten untuk produk yang baru ditemukan adalah salah satu properti industri. Properti industri yang lain adalah model manfaat (utilitas), desain dan merek dagang. Kekayaan intelektual juga tunduk pada perlindungan hak cipta. Di sisi lain, ini tidak termasuk pengetahuan terkait rahasia industri dan teknologi.

Jika suatu produk yang dijual di pasar telah menyebabkan kerugian pribadi/fisik selama penggunaannya, maka desainer/perusahaan produk harus memikul tanggung jawab hukum. Hal ini yang disebut kewajiban produk (*product liability*).

6. Aspek Perangkat Lunak dan Layanan Produk

Kebutuhan akan aspek perangkat lunak (*software*) semakin tinggi untuk produk masa kini dalam bentuk perangkat keras (*hardware*), misalnya komputer yang merupakan perangkat keras tidak beroperasi tanpa program yang berguna dalam bentuk perangkat lunak (*software*).

Seiring kemajuan ekonomi, struktur industri suatu negara berubah dari industri primer ke industri sekunder (produksi barang) dan selanjutnya ke industri tersier (produksi jasa). Margin keuntungan yang lebih besar diperoleh dalam produksi jasa (perdagangan) daripada produksi barang (pertanian dan manufaktur) yang dikenal dengan hukum Petty-Clark yang diperkenalkan oleh W. Petty pada tahun 1691.

B. DESAIN PRODUK

1. Dasar Desain Produk

a. *Apa itu Desain Produk?*

Desain produk adalah fungsi pembuatan gambar atau penggambaran grafis lainnya dari suatu produk/komponen dalam melakukan fungsi yang diperlukan berdasarkan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan pada tahap perencanaan produk.

b. *Tiga Aspek Desain Produk*

Desain produk mengandung tiga aspek/fase berikut:

1) Desain fungsional.

Aspek ini menunjukkan bahwa desain harus mengekspresikan bentuk dan mendefinisikan fungsi yang harus dimiliki oleh produk yang akan diproduksi. Fungsi berarti karakteristik fungsional yang harus dimiliki produk selama operasi, maka ada nilai guna dihasilkan dan manfaat (utilitas) yang diberikan kepada pengguna akhir (konsumen). Fungsi dibagi menjadi:

- a) fungsi dasar, yang tanpanya produk tidak diperlukan
- b) fungsi sekunder, yang mendukung fungsi dasar dan sering memberikan diferensiasi produk.

Diferensiasi produk adalah produksi berbagai produk dan hal itu menciptakan pasar baru yang disebut segmentasi pasar. Selain itu, produk mungkin sering melibatkan fungsi tidak perlu yang berarti tidak memiliki fungsi karakteristik. Fungsi ini sering diberikan pada produk dalam upaya meningkatkan daya tarik ke pasar tetapi harus dihilangkan sebanyak mungkin untuk mengurangi biaya produksi dan menghemat sumber daya.

- 2) Desain produksi (desain untuk kemampuan manufaktur).

Aspek desain ini berkaitan dengan produksi yang mudah dan ekonomis selama proses perubahan bahan mentah menjadi produk jadi baik dari sudut pandang teknologi manufaktur maupun perencanaan proses produksi. Efektivitas dari desain fase ini berkaitan erat dengan peningkatan produktivitas dan pemotongan biaya produksi. Desain dalam pembongkaran yang bertujuan untuk memudahkan pembongkaran produk di akhir masa pakainya untuk dilakukan daur ulang bahan yang juga sangat penting dilihat dari sudut pandang pelestarian lingkungan.

- 3) Desain industri (pemasaran).

Aspek ini berkaitan dengan desain bentuk (gaya/model) yang digunakan untuk mempengaruhi orang/konsumen agar membeli produk karena daya tariknya. Aspek ini juga mencakup desain kemudahan dalam penggunaan produk oleh pelanggan akhir berdasarkan aspek teknis manusia (desain ergonomis). Dalam tahap desain ini, harus ada perhatian untuk memastikan bahwa aspek desain fungsional dan produksi tidak diabaikan atau dikompromikan tidak dapat diterima. Desain industri sering menghasilkan peningkatan biaya karena harus menyediakan fungsi sekunder dan tidak perlu yang akan meningkatkan daya tarik pasar dan pendapatan penjualan.

c. ***Fitur Penting dalam Desain Produk***

Fitur berikut ditekankan dalam desain produk, yaitu:

- 1) fungsi yang efektif
- 2) mutu, keandalan, dan perawatan
- 3) produksi yang ekonomis
- 4) penanganan yang mudah oleh pengguna (aspek teknis manusia)
- 5) penampilan estetika
- 6) aspek penghematan sumber daya
- 7) barang/komponen terbuang yang minimum.

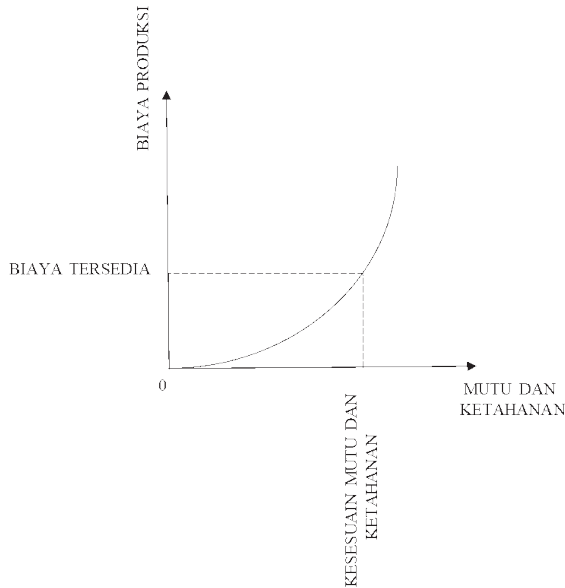
2. Mutu Produk

a. *Faktor penting yang ada dalam Produk Jadi*

Faktor yang paling penting untuk dipertimbangkan dalam produk jadi adalah:

- 1) *Mutu* dalam melakukan fungsi dan memiliki fitur-fitur yang pelanggan butuhkan serta tujuan produk dirancang
- 2) *Keandalan* untuk mempertahankan mutu selama masa pakai produk
- 3) *Keamanan* dari bahaya (hazard) selama penggunaan produk.

Biaya cenderung meningkat dengan meningkatnya mutu dan keandalan, sehingga tingkat mutu dan keandalan yang sesuai harus diputuskan sehubungan dengan biaya yang dapat diterima seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3. Dalam lingkungan pasar yang sangat bersaing, desain harus berusaha meningkatkan mutu dan meminimalkan biaya produksi.



Gambar 5.3. Hubungan antara Mutu dan Ketahanan Produk dengan Kebutuhan Biaya Produksi

b. Apa itu mutu?

Mutu sulit untuk didefinisikan tetapi secara harafiah mutu adalah kebaikan suatu produk yang berarti bagaimana memenuhi kebutuhan pelanggan dengan baik dan termasuk karakteristik utama yang membedakan satu produk dengan produk lainnya. Dua jenis mutu adalah:

- 1) mutu terukur yaitu mutu yang karakteristiknya dapat dinyatakan secara kuantitatif dan diharuskan lebih besar dari tingkat kepuasan tertentu
- 2) mutu yang tidak diukur secara fisik yaitu mutu yang dirasakan sampai batas tertentu oleh suatu uji kepekaan.

c. Desain Bermutu

Tingkat mutu suatu produk adalah masalah desain produk dan juga desain proses. Yang pertama adalah tingkat mutu desain dan selanjutnya adalah tingkat mutu produksi.

- 1) Tingkat mutu desain berhubungan langsung dengan segmen pasar yang mana manajemen puncak (pimpinan di perusahaan) ingin layani sehingga mutu yang setinggi mungkin relatif terhadap harga produk adalah yang diinginkan atau dengan kata lain nilai produk yang besar. Desainer produk cenderung melakukan kesalahan dalam merancang produk dengan mutu berlebihan yang menyebabkan tingginya biaya produksi dan penurunan daya jual sehingga disarankan untuk mencegah kesalahan ini dengan menetapkan spesifikasi umum suatu produk.
- 2) Tingkat mutu produksi berkaitan dengan jumlah barang rusak atau jelek yang dihasilkan selama proses produksi. Rekayasa mutu adalah perangkat yang ampuh dalam proses ini.

3. Keandalan Produk

a. Apa itu Keandalan Produk?

Keandalan produk berkaitan dengan operasi yang bebas dari kegagalan dan kemampuan produk untuk menjaga mutu dan menjalankan fungsinya secara memuaskan sepanjang jangka waktu

tertentu dalam kondisi kerja tertentu. Tujuan ini sangat penting untuk mencegah kegagalan sehingga tercapai keandalan tinggi dan desain untuk mudah diperbaiki ketika kegagalan terjadi (perawatan yang mudah). Hal ini menyebabkan masa penggunaan produk (*product life*) yang merupakan durasi operasi yang memuaskan bisa meningkat karena adanya penerapan teknologi yang terencana termasuk berbagai cara perbaikan.

b. Perumusan Matematika terkait Keandalan Produk

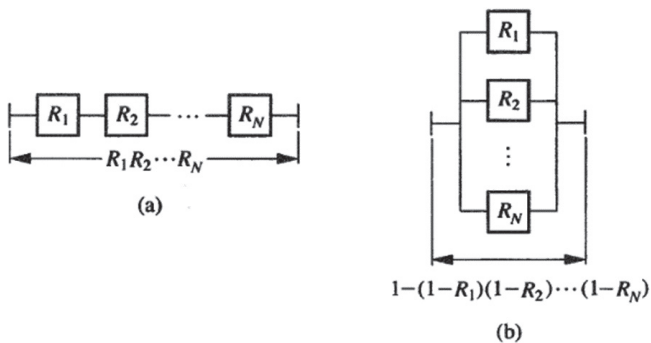
Keandalan suatu produk yang terdiri dari N komponen individual masing-masing dengan reliabilitas R_i ($j = 1, 2, \dots, N$) dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Rumus keandalan Lusser untuk sistem seri dengan komponen N dirangkai secara seri seperti ditunjukkan di gambar 5.4(a):

$$R_p = \prod_{j=1}^N R_j \tag{5.1}$$

- 2) Keandalan sistem paralel dengan N komponen terhubung secara paralel seperti ditunjukkan di gambar 5.4(b):

$$R_p = 1 - \prod_{j=1}^N (1 - R_j) \tag{5.2}$$



Gambar 5.4. Ketahanan Sistem Untuk: (a) Sistem Seri; (b) Sistem Paralel

c. **Desain Keandalan**

Ada beberapa metode desain untuk meningkatkan keandalan produk sebagai berikut:

1) Sistem redundan (berulang).

Dari persamaan (5.2) terlihat bahwa keandalan sistem redundan (paralel) meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah komponen sehingga meningkatkan redundansi adalah salah satu metode untuk membangun keandalan sistem yang tinggi. Tetapi perlu dicatat bahwa redundansi menyebabkan peningkatan berat produk dan total biaya produksi serta peningkatan kemungkinan terjadinya kesalahan manusia karena kompleksitas yang lebih besar dari produk.

2) Metode modular.

Untuk meningkatkan kemampuan dalam perawatan yang berhubungan dengan kemudahan dan perbaikan cepat bagian / produk yang gagal, maka penting untuk merancang produk sehingga perbaikan atau pembaruan atau penggantian bagian produk yang aus dapat dilakukan dengan mudah. Metode modular (blok bangunan) merupakan salah satu cara untuk mencapai tujuan ini karena dalam metode ini komponen/unit yang digunakan untuk membentuk suatu produk adalah bebas/otonom dari yang lain.

3) Desain gagal-aman.

Untuk meningkatkan keandalan desain dan keselamatan, desain gagal-aman (*fail-safe*) adalah metode desain di mana ketika suatu produk disusun oleh beberapa komponen dan salah satu komponen mengalami gangguan, maka komponen sisa akan diatur ulang untuk terus mendukung beban sehingga masalah kegagalan produk bisa dicegah. Bahkan ketika terjadi kegagalan, fungsi produk akan tetap aman. Metode desain ini berguna dalam kasus di mana kegagalan akan mengakibatkan kerugian keuangan yang besar atau membahayakan manusia.

4) Desain yang sangat mudah dipahami (*foolproof*).

Desain tersebut menggabungkan mekanisme dimana kesalahan manusia bisa dicegah.

4. Desain Ramah Lingkungan

Konsep Desain Ekologis (Ramah Lingkungan) dan Penilaian Siklus Hidup (Life-Cycle)

Desain ramah lingkungan atau desain hijau sangat penting sekarang ini untuk mengurangi penggunaan sumber daya alam dan mencegah gangguan terhadap masyarakat (dis-utilitas). Hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan daur ulang suku cadang setelah digunakan dan dengan mengurangi pembuangan limbah. Konsep ini dilakukan dengan mempertimbangkan siklus hidup suatu produk mulai dari pengadaan bahan baku, produksi, konsumsi, daur ulang/pembuangan pada tahap awal desain, desain untuk siklus hidup produk/kepedulian pada lingkungan.

Evaluasi beban total terhadap lingkungan melalui masa pakai produk siklus disebut penilaian siklus hidup atau *life-cycle assessment* (LCA). Desain produk diperlukan untuk meminimalkan total biaya sepanjang penggunaan produk.

5. Pengurangan Biaya Desain

a. Biaya Desain

Biaya yang dibutuhkan dalam desain itu sendiri biasanya hanya 5% dari total biaya, namun desain yang buruk dapat mempengaruhi total biaya sebesar 70% (Boothroyd, 1988). Oleh karena itu penting untuk melakukan pengurangan biaya desain yang baik. Berbagai teknik yang efektif untuk mengurangi biaya dalam tahap desain dijelaskan dibawah ini.

b. Penyederhanaan Desain

Standardisasi dan penyederhanaan merupakan dua faktor kunci dalam teknik industri yang berguna dalam desain dan produksi yang ekonomis. Kemampuan untuk mengganti komponen yang bermasalah dengan mudah, keandalan produk, dan perawatan dapat ditingkatkan

dengan melakukan standarisasi produk, suku cadang, bahan baku, rute proses, dan sebagainya. Seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (5.1), keandalan menurun seiring dengan meningkatnya jumlah komponen yang terhubung secara serial karenanya jumlah komponen untuk suatu produk harus dikurangi dan mekanisme serta struktur produk harus disederhanakan sebanyak mungkin. Hal inilah yang disebut penyederhanaan desain. Metode desain ini juga akan meningkatkan kemampuan manufaktur suatu desain.

c. Analisis Nilai (Value Analysis)

Biasanya ada beberapa pilihan dalam struktur komponen, bahan baku, alur kerja, dan faktor-faktor lain dalam proses pembuatan produk untuk menghasilkan produk dengan fungsi tertentu, seperti bahan baku harus dipilih dengan memperhitungkan biaya bahan dan memperhitungkan biaya produksi.

Analisis biaya/rekayasa nilai atau *value analysis/value engineering* (VA/VE) adalah perangkat yang efektif untuk tujuan ini yang merupakan sistem lengkap untuk mengidentifikasi dan menangani faktor-faktor yang menambah biaya atau usaha dalam membuat suatu produk tetapi tidak berkontribusi pada nilai produk. Analisa ini adalah perangkat yang berguna dalam desain dan produksi dengan hemat sumber daya karena teknik ini menghasilkan nilai tertinggi dalam komponen atau produk yang memiliki fungsi yang diperlukan dalam menghasilkan biaya paling rendah. Nilai dirumuskan dengan:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Mutu}}{\text{Biaya}} \quad (5.3)$$

Persamaan (5.3) menunjukkan bahwa semakin tinggi mutu barang yang diproduksi dengan biaya yang ditentukan atau biaya barang yang diproduksi rendah dengan mutu yang ditentukan, maka semakin tinggi nilai barang-barang itu.

Lima langkah yang diambil dalam proses analisis nilai, sebagai berikut:

- 1) pemilihan produk (produk apa yang akan dianalisa?)
- 2) penyelidikan fungsi dan menghilangkan fungsi yang tidak perlu (apakah fungsi produk?)
- 3) uji biaya (berapa biaya produk?)
- 4) apakah ada alternatif (pencarian alternatif?)
- 5) perbandingan biaya (berapa biaya alternatif?)

Kemudian produk/komponen atau rute proses dengan biaya lebih rendah tetapi menyediakan fungsi yang dibutuhkan akan dipilih.

6. Teknologi Kelompok (*Group Technology*)

a. Menentukan Teknologi Kelompok

Teknologi kelompok adalah teknik dan filosofi untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan mengelompokkan berbagai bagian yang memiliki kesamaan bentuk, dimensi, dan/atau rute proses. Teknik ini berkontribusi pada efisiensi produksi multi produk dengan batch kecil serta mengurangi biaya desain. Selain itu, teknologi kelompok sekarang juga diterapkan dalam masalah manajemen produksi, seperti penggunaan mesin secara optimal dan penjadwalan produksi.

Teknologi kelompok pertama kali diperkenalkan dan dikembangkan di Rusia oleh Mitrofanov (1966) yang memperhatikan kesamaan sejumlah bagian yang berbeda dan mengklasifikasikannya menjadi beberapa sel kelompok. Prinsip-prinsip dan penerapan teknologi kelompok telah diterapkan di berbagai industri di dunia dengan manfaat yang signifikan dalam manufaktur dan desain.

b. Keuntungan Teknologi Kelompok

Ada beberapa keuntungan menggunakan teknologi kelompok sebagai berikut:

- 1) Dampak produksi massal.

Dengan mengelompokkan berbagai jenis komponen yang berbeda dan penggunaan sistem pengkodean klasifikasi suku cadang yang efektif, maka jenis produksi berubah dari produksi berdasarkan permintaan/pesanan (*jobbing*) menjadi produksi lot atau massal.

- 2) Kemungkinan pola aliran kerja yang lancar (*flow-shop pattern*).
Dengan menerapkan teknologi pengelompokan, maka alur kerja diharapkan menjadi pola aliran kerja yang lancar, karenanya waktu dan biaya untuk penanganan material dan waktu tunggu antar tahap berkurang serta proses perencanaan dan penjadwalan disederhanakan.
- 3) Pengurangan waktu dan biaya pengaturan.
Keuntungan paling signifikan dari penerapan teknologi pengelompokan dalam kegiatan produksi adalah bahwa waktu dan biaya pengaturan untuk setiap pekerjaan berkurang karena beberapa pekerjaan dikelompokkan dan diproses secara berurutan sehingga jig dan alat yang sama dapat digunakan. Dalam penerapannya, perkakas dan perlengkapan khusus dapat efektif digunakan untuk mengurangi waktu pengaturan.
- 4) Tata letak teknik pengelompokan (seluler).
Karena pola aliran yang lancar (*flow-shop pattern*) diharapkan ketika teknologi pengelompokan diterapkan, maka diasumsikan bahwa peralatan mesin akan ditata sebagai suatu kelompok. Hal ini sangat menyederhanakan aliran material dan penanganannya.
- 5) Ekonomi.
Teknologi pengelompokan secara signifikan menghemat biaya produksi karena bagian dengan bentuk, dimensi, dan/atau rute proses yang serupa dikelompokkan dan dibuat dalam lot yang sama, kadang-kadang terjadi bahwa bagian dibuat jauh sebelum tanggal jatuh tempo atau mungkin terlambat yang bisa menimbulkan biaya persediaan atau sejumlah penalti/denda. Kelemahan ini dapat dihindari dengan program teknologi pengelompokan yang sesuai.

c. Sistem Klasifikasi dan Pengkodean

Persyaratan mendasar dalam teknologi pengelompokan adalah sistem klasifikasi dan pengkodean. Ini digambarkan melalui suatu nomor kode dengan karakteristik tertentu dari suatu komponen

dengan bentuk geometris dan/atau rute proses (pengaturan, urutan operasi seperti fabrikasi logam, permesinan dan perakitan, inspeksi dan pengukuran) untuk memproduksi komponen tersebut. Dengan mengumpulkan komponen-komponen dengan nomor kode yang sama dan mengelompokkannya ke dalam sel kelompok, desain, perencanaan proses, manufaktur, dan estimasi biaya dibuat lebih sistematis yang seringkali dengan menggunakan komputer.

Dalam penerapan teknologi kelompok, sistem yang digunakan untuk mengklasifikasikan dan memberikan kode suatu komponen memainkan peran penting dalam keberhasilannya. Namun tidak ada satu sistem pengkodean yang sesuai untuk digunakan disemua tujuan secara umum.

C. STRUKTUR DAN PENGEMBANGAN PRODUK

1. Struktur Hirarkis Produk

Sebagian besar produk mekanis dirakit dari beberapa komponen yang diproduksi sendiri atau dibeli. Beberapa komponen merupakan komponen yang kompleks (*sub-assembly*) yang terdiri dari beberapa komponen tunggal (*unit*) yang tidak dapat dibongkar lagi. Oleh karena itu, suatu produk adalah hasil rakitan akhir dari beberapa *sub-assembly* dan komponen tunggal yang dapat dibuat dari bahan mentah atau dibeli dari luar.

2. Daftar material (Bill of material)

Untuk menggambarkan produk mekanis secara keseluruhan, maka diperlukan data komponen (*sub-assembly*, komponen tunggal dan bahan mentah yang digunakan untuk membuat produk) dan data tentang struktur produk beserta data tentang dengan apa produk dibuat.

Proses rinci dari suatu produk akhir dan lokasi penggunaan suku cadang yang merupakan daftar material (*bill of material*, BOM) sebagai berikut:

- a. Daftar ringkasan BOM (ringkasan produk).

Daftar ini menunjukkan total penggunaan setiap item yang dikumpulkan ke dalam satu daftar terkait produk.

- b. Daftar BOM tiap tingkatan atau single-level (struktur produk).

Daftar ini menunjukkan hubungan antara produk, *sub-assembly* dan komponen tunggal seperti struktur dan jumlahnya pada satu tingkatan. Berdasarkan konfigurasi BOM, sistem manajemen data produk atau product data management (PDM) memainkan peran penting sebagai database umum dalam menjalankan berbagai perangkat dalam industri manufaktur seperti CAE (*Computer Aided Engineering*), CAD (*Computer Aided Design*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*).

3. Komponen yang berlebihan

Setelah produk yang akan diproduksi telah selesai ditentukan berdasarkan perencanaan produksi beserta jenis dan kebutuhan jumlah sub-assembly/komponen tunggal beserta bahan baku, maka perlu dilakukan perhitungan komponen sisa atau berlebihan sehingga dihasilkan daftar komponen yang lebih dari BOM. Dengan menggunakan daftar inventaris, informasi tentang kebutuhan bersih komponen-komponen dan bahan baku diperoleh. Prosedur ini digunakan dalam perencanaan kebutuhan material (*material requirement planning, MRP*).

4. Menghitung Komponen Bersih yang Diperlukan

Jumlah suku cadang dan bahan baku yang dibutuhkan selama produksi pada periode tertentu dapat dihitung dengan mengalikan jumlah produk akhir yang diproduksi oleh fungsi perencanaan produksi dengan jumlah kebutuhan komponen/bahan untuk produk-produk yang ditunjukkan dalam BOM. Dengan mengurangi jumlah persediaan dari total kebutuhan tersebut, maka kebutuhan bersih komponen/bahan adalah dihitung.

BAB 6

Perencanaan dan Desain Proses

A. RUANG LINGKUP DAN PERMASALAHAN PERENCANAAN PROSES

1. Apa itu Perencanaan Proses?

Proses produksi atau rute proses adalah urutan operasi produksi dimana bahan mentah secara efektif diubah menjadi produk yang direncanakan yang harus ditentukan setelah perencanaan produksi agregat dan penyelesaian desain produk. Pengambilan keputusan inilah yang disebut perencanaan proses. Hal ini tergantung pada jenis dan jumlah produk yang harus diselesaikan, jenis bahan mentah dan suku cadang, fasilitas produksi dan teknologi yang ada, dan sebagainya.

2. Fungsi Dasar Perencanaan Proses

Tugas perencanaan proses mencakup dua tahap dasar berikut (Timms dan Pohlen, 1970):

- a. *Desain proses* yaitu pengambilan keputusan skala makro dari keseluruhan rute proses untuk mengubah bahan mentah menjadi produk.
- b. *Desain operasi* adalah pengambilan keputusan skala mikro dari setiap operasi/stasiun kerja yang terdapat dalam rute proses.

Keputusan mengenai desain proses sering menjadi umpan balik dalam perencanaan produk sistem, menyerukan modifikasi desain produk dan pengembangan produk lebih lanjut. Hasil desain operasi mengarah pada implementasi produksi, yaitu aktual pekerjaan/operasi yang dilakukan di pabrik.

B. DESAIN PROSES

1. Masalah Utama Desain Proses

Fungsi Desain Proses

Permasalahan keputusan penting dalam desain proses adalah:

- a. untuk menganalisa alur kerja dalam mengubah bahan mentah menjadi barang jadi (analisa aliran lini produk)
- b. untuk memilih stasiun kerja setiap operasi yang termasuk dalam alur kerja.

Kedua aspek desain proses diatas saling terkait dan karenanya harus diputuskan serentak. Di suatu pabrik yang sudah berjalan, alur kerja harus diputuskan berdasarkan operasi di mana fasilitas produksi yang ada mampu beroperasi. Di sisi lain di kasus pabrik yang sama sekali baru, maka alur kerja yang efektif dirancang dulu kemudian stasiun kerja ditentukan sesuai dengan penanaman modal yang ada.

2. Gambaran dan Analisis Aliran Kerja

a. Aliran Kerja

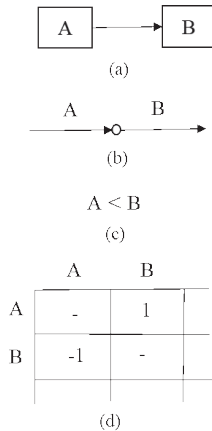
Aliran kerja adalah suatu kumpulan dan urutan operasi dalam proses perubahan bahan mentah menjadi produk. Hal ini ditentukan oleh teknologi produksi dan manufaktur yang mendasari pembentukan desain operasi dan perencanaan tata letak.

b. Hubungan yang merupakan keharusan

Ada dua kemungkinan hubungan antara dua operasi:

- 1) Urutan parsial di antara dua operasi, dimana urutan ini disebut hubungan prioritas hubungan seperti ditunjukkan di gambar 6.1.
- 2) Tidak ada hubungan prioritas antara dua operasi dan operasi tersebut bisa dilakukan secara bersamaan dan paralel.

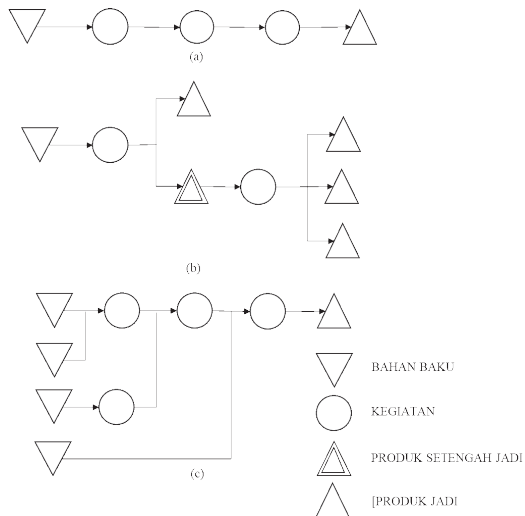
Aliran kerja adalah urutan operasi di mana ada hubungan prioritas.



Gambar 6.1. Hubungan Operasi atau Kegiatan: (a) Diagram Alir, (b) Diagram Panah, (c) Simbol Pemesanan, (d) Matrik Hubungan

c. Pola aliran kerja

Ada tiga pola intrinsik (umum) aliran kerja, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.2 (Harrington, 1973).

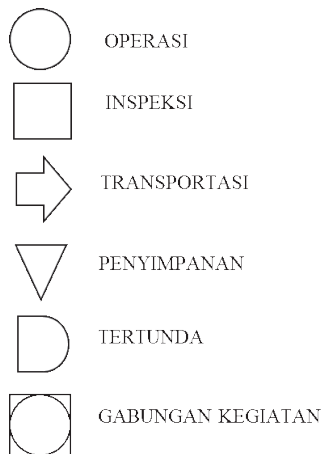


Gambar 6.2. Tipe Dasar Bentuk Aliran Kerja

- 1) Pola proses berurutan (tandem), yaitu rangkaian linier dari suatu operasi individu mulai dari penerimaan satu bahan input utama sampai produk jadi selesai, misalnya fabrikasi komponen logam, pengolahan kapas, dan sebagainya.
- 2) Pola proses penguraian (disjungtif), yaitu sebuah pola progresif penguraian (*dis-assembly*) menjadi beberapa produk dan produk lain dari satu bahan baku yang sering disebut produksi bersama, misalnya kilang minyak, pabrik pengolahan bijih tambang, dan sebagainya.
- 3) Pola proses kombinasi (sintesis), yaitu suatu pola produksi produk utama dengan menggabungkan (merakit) beberapa benda kerja dan/atau bagian yang diproduksi oleh beberapa operasi paralel, misalnya merakit mobil, satu set TV, printer, dan sebagainya

d. Lambang Proses

Kegiatan yang ada dalam aliran kerja dikelompokkan ke dalam lima bagian utama, yaitu operasi, transportasi, inspeksi, penundaan, dan penyimpanan sesuai dengan standar untuk bagan operasi dan aliran proses yang diadopsi dari ASME (*the American Society of Mechanical Engineers*) yang diperkenalkan sejak tahun 1947. Gambar 6.3 menunjukkan simbol untuk kegiatan ini.



Gambar 6.3 Simbol Kegiatan Bagan Proses

e. **Bagan Proses**

Dengan menggunakan simbol di atas, bagan yang menunjukkan urutan operasi yang terdiri dari alur kerja manufaktur beberapa tingkat dapat digambarkan yang disebut diagram proses. Ini dapat berupa bagan proses operasi, bagan aliran proses, bagan kegiatan yang berbarengan (proses manusia dan mesin), bagan tempat kerja (menggunakan tangan kanan dan tangan kiri), bagan proses perakitan, atau bagan siklus gerak simultan.

f. **Aliran kerja yang efisien**

Secara umum, ada beberapa pilihan aliran kerja dalam merubah bahan baku dan komponen menjadi produk jadi, tergantung pada jumlah produksi (volume permintaan, ukuran lot ekonomis), kapasitas produksi yang ada (ketersediaan teknologi produksi, tingkat otomatisasi), mutu produk (akurasi, toleransi), bahan baku (sifat bahan, kemampuan mengalami proses mesin), dan sebagainya. Aliran kerja terbaik (termasuk pemilihan bahan baku dan rute proses yang optimal) dipilih dengan mengevaluasi setiap pilihan berdasarkan kriteria dalam meminimalkan total waktu atau biaya produksi yang dinyatakan dalam perumusan di persamaan (6.1) dan (6.2).

$$\begin{aligned} \text{Total waktu produksi} &= \sum [\text{waktu perpindahan antar tahap} + \text{waktu} \\ &\quad \text{tunggu} + \text{waktu pengaturan} + \text{waktu operasi} \\ &\quad + \text{waktu inspeksi}] \end{aligned} \quad (6.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya produksi} &= \text{biaya bahan} + \sum [\text{biaya perpindahan antar tahap} \\ &\quad + \text{biaya pengaturan} + \text{biaya operasi} + \text{biaya alat} \\ &\quad \text{dan jig} + \text{biaya inspeksi} + \text{biaya persediaan barang} \\ &\quad \text{dalam proses}] \end{aligned} \quad (6.2)$$

di mana \sum terkait dengan semua tahapan produksi.

3. **Pemilihan Stasiun Kerja**

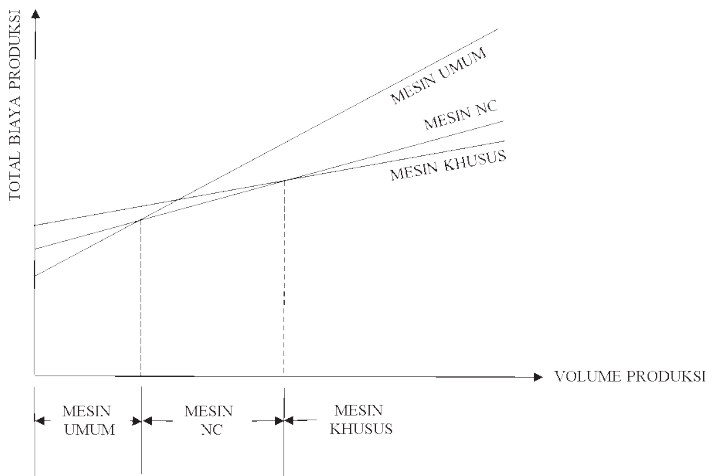
a. **Pemilihan Stasiun Kerja yang Ekonomis**

Stasiun kerja untuk aliran kerja yang diperlukan dipilih secara ekonomis dengan memilih dari berbagai pilihan yang tersedia yaitu

kombinasi fasilitas produksi yang paling murah atau peralatan mesin bersama-sama dengan kapasitas tenaga kerja operasi.

b. Pemilihan Fasilitas Produksi yang Optimal dengan Analisis Titik Impas (break-even analysis)

Karena volume output mempengaruhi total biaya produksi, fasilitas produksi harus dipilih sesuai dengan jumlah produksi. Gambar 6.4 menunjukkan bagaimana memilih peralatan mesin yang optimal sesuai dengan produksi yang diharapkan atau volume penjualan melalui grafik dan analisis titik impas. Seperti yang terlihat pada gambar ini, biaya tetap yang terkait dengan pelaksanaan operasi meningkat seiring dengan tingkat otomatisasi yang meningkat, sementara biaya variabel per unit output, termasuk daya biaya dan biaya tenaga kerja akan menurun. Stasiun kerja yang hemat biaya dengan menggunakan perangkat mesin serba guna (*general-purpose machine*) pada volume produksi kecil, peralatan mesin yang dikendalikan secara numerik (*numerically-controlled machine*) untuk volume produksi sedang, dan perangkat mesin dengan tujuan khusus (*special-purpose machine*) untuk volume produksi yang besar.



Gambar 6.4 Pemilihan Fasilitas Produksi Berdasarkan Volume Produksi

C. DESAIN OPERASI

1. Masalah dalam Desain Operasi

a. *Fungsi Desain Operasi*

Langkah selanjutnya setelah desain proses adalah desain operasi. Hal ini berkaitan dengan keputusan rinci dalam pelaksanaan produksi yaitu jenis operasi yang akan dilakukan dalam proses produksi (isi dari setiap operasi dan metode yang akan dilakukan). Isi dari setiap operasi ditentukan berkaitan dengan desain proses dan dapat dipecah menjadi beberapa langkah, seperti memuat benda kerja ke dalam pencengkram (*chuck*) alat mesin, menghidupkan mesin serta membongkar benda kerja dari *chuck* dan menempatkannya pada konveyor.

b. *Analisis Operasi*

Metode operasi dapat dianalisis dari sudut pandang kombinasi elemen mesin dan elemen manusia (*man-machine system*), pekerja operasi (yang mungkin memiliki perbedaan besar dalam keterampilan), dan penyederhanaan pekerjaan.

2. Analisis Sistem Manusia-Mesin

a. *Tujuan Analisis Sistem Manusia-Mesin*

Analisis sistem manusia-mesin dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengurangi atau menghilangkan waktu berhenti (menganggur) pekerja atau mesin merupakan tujuan pemilihan stasiun kerja. Kombinasi manusia-mesin pada dasarnya dipilih untuk meminimalkan waktu siklus operasi secara keseluruhan dengan waktu menganggur paling sedikit.

b. *Bagan Manusia-Mesin*

Perangkat utama dalam analisis sistem manusia-mesin adalah bagan manusia-mesin. Ini adalah penggambaran grafis dari isi suatu operasi dan metode dalam kegiatan bersama dari manusia dan mesin. Bagan menunjukkan periode kerjasama, kerja mandiri, dan waktu menganggur dalam skala waktu tertentu. Setiap waktu

mengganggu akan diperiksa untuk kemungkinan mengurangi atau menghilangkannya sehingga menghasilkan bagan manusia-mesin yang direvisi dengan perbaikan metode yang sesuai. Dengan proses manufaktur yang otomatis, maka peran pekerja operasi menjadi kurang penting kecuali untuk kegiatan pengadaan bahan baku, pengaturan dan pergantian perangkat dan jig, perawatan produktif, inspeksi produk, dan sebagainya.

3. Analisis Faktor Manusia

a. *Perangkat untuk Analisis Faktor Manusia*

Ketika peran pekerja operasi sangat penting dalam produktivitas seperti dalam operasi perakitan, maka analisis faktor manusia dibuat untuk menentukan gerakan yang efisien dan waktu yang tepat dalam melakukan suatu pekerjaan. Dua teknik yang efektif untuk mencapai tujuan ini adalah:

- 1) Studi gerak (*motion study*) adalah prosedur sistematis untuk membagi pekerjaan menjadi elemen paling dasar yang mungkin, mempelajari elemen-elemen ini secara terpisah dan hubungannya satu sama lain, dan menentukan metode yang paling efisien dari melakukan pekerjaan.
- 2) Studi waktu (*time study*) adalah prosedur sistematis untuk mengukur lamanya waktu yang dibutuhkan dan menetapkan standar waktu yang diizinkan untuk melakukan pekerjaan berdasarkan pengukuran isi pekerjaan dengan metode yang ditentukan oleh operator yang memiliki keterampilan rata-rata, bekerja dengan usaha yang rata-rata serta dalam kondisi normal.

Studi gerak dan studi waktu dipelopori oleh Frank B. & Lillian Gilbreth serta Frederick W. Taylor, masing-masing pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20. Studi ini adalah teknik dasar dari teknik industri tradisional yang terkait erat satu dengan yang lain. Istilah umum terkait teknik ini dalam mempelajari pekerjaan manusia dan penyelidikan semua faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja manusia adalah studi waktu dan gerak, studi kerja atau teknik dalam menentukan metode.

Salah satu teknik untuk mengevaluasi tugas pekerja operasional adalah analisis tangan kanan dan kiri dengan bagan tangan kanan dan kiri (bagan tempat kerja atau bagan proses operator) yang disiapkan untuk menunjukkan gerakan tubuh keseluruhan pekerja gerakan secara rinci yang bertujuan untuk menghilangkan gerakan yang tidak efektif.

b. *Ekonomi Gerak dan Therblig*

Setelah memperoleh informasi terkait tugas suatu operasi melalui analisis tangan kanan dan kiri, maka setiap elemen kerja dievaluasi secara kritis untuk menghilangkan pemborosan atau gerakan yang melelahkan. Untuk membantu dalam mengevaluasi prinsip-prinsip ekonomi gerak yang berguna terutama diterapkan dalam gerakan fisik, yang pertama kali dikemukakan dan dikembangkan oleh Gilbreths yang kemudian dikembangkan oleh yang lain. Prinsip dasar dari ekonomi gerak terdiri dari 22 pernyataan yang disusun dalam tiga bagian utama:

- 1) penggunaan tubuh manusia
- 2) pengaturan dan kondisi tempat kerja
- 3) desain alat dan perlengkapan

Ketika diperlukan untuk memperoleh informasi yang sangat rinci mengenai suatu operasi, maka studi gerakan mikro diterapkan berdasarkan analisis gambar bergerak. Analisis skala mikro dari pekerjaan manusia ini juga dikembangkan oleh Gilbreth yang menyimpulkan bahwa semua gerakan terdiri dari 17 gerakan dasar elemen gerak yang disebutnya *therbligs* (namanya sendiri yang dieja terbalik). Pola kerja manusia yang masuk akal dan efisien dibuat dengan mengidentifikasi dan menganalisis setiap elemen kerja dengan *therbligs* ini, menghilangkan *therbligs* (jenis gerakan) yang tidak efektif, dan menerapkannya ke dalam rencana kerja yang terintegrasi.

c. *Metode Studi Waktu/Pengukuran Kerja*

Studi waktu atau pengukuran kerja digunakan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan setiap pekerjaan operasi

dan untuk menentukan standar operasi sehingga diperoleh hasil kerja sesuai harapan yang awalnya diperkenalkan oleh C. Babbage pada paruh pertama abad ke-19 dan kemudian oleh F.W. Taylor pada paruh kedua abad ke-19. Metode utama analisis dijelaskan di bawah ini.

1) Studi waktu dengan *stopwatch*.

Pada studi ini, elemen kerja diatur waktunya secara langsung dengan bantuan *stopwatch*. Dari analisis ini standar waktu ditetapkan untuk setiap elemen pekerjaan. Perekam video dapat digunakan juga dalam studi ini.

2) Waktu gerak dasar sintetis atau standar waktu yang telah ditentukan.

Metode ini adalah kumpulan standar waktu valid yang ditetapkan sebagai dasar gerakan tugas yang diberikan. Standar ini digunakan sebelum memulai suatu tugas untuk memperkirakan elemen kerja rasional dan tingkat kecepatannya maupun akurasi tanpa menggunakan *stopwatch* atau perekam waktu serta perangkat gerakan lainnya.

Dua prosedur utama dalam menetapkan standar waktu yang ditentukan adalah:

1) Faktor kerja (*work factor*)

Sistem ini berkaitan dengan variabel utama berikut yang mempengaruhi waktu operasi, seperti:

- a) anggota tubuh yang melakukan gerakan
- b) jarak yang ditempuh
- c) berat yang dibawa
- d) kebutuhan pengendalian manual

Nilai waktu gerak faktor kerja yang diukur dalam satuan 0,0001 menit ditentukan sebagai langkah acuan dan memungkinkan pengaruh variabel-variabel utama ini ditentukan.

2) Metode pengukuran waktu (*methods-time measurement*).

Ini adalah prosedur yang menganalisis setiap operasi manual menjadi gerakan dasar, seperti meraih, menggerakkan, membuat gerakan engkol, memutar, memberikan tekanan, memegang, memposisikan, melepaskan, membuat gerakan tubuh, dan menggerakkan mata. Sistem ini menetapkan setiap gerakan dengan kecepatan normal suatu standar waktu yang telah ditentukan yang diukur dalam satuan waktu 0,00001 jam yang diukur secara natural berdasarkan gerakan dan kondisi dimana operasi dibuat. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengukuran adalah:

- a) semua gerakan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan diringkas dengan benar untuk kedua tangan kiri dan kanan
- b) standar waktu untuk setiap gerakan ditentukan dari tabel data metode-waktu.

4. Operasi Produktif

a. *Daftar Operasi*

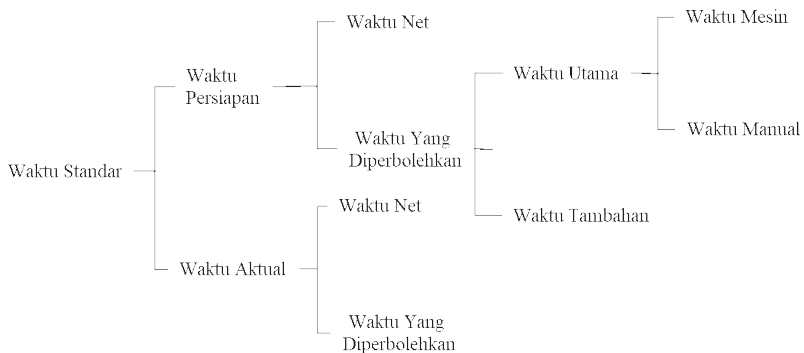
Dengan menentukan kombinasi mesin dan pekerja, tugas yang harus dilakukan oleh pekerja operasi dan standar waktu untuk tugas atau pekerjaan yang diberikan, maka suatu urutan operasi yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan bisa diidentifikasi. Ini tercantum dalam dokumen yang disebut daftar operasi (*operation sheet*).

Daftar proses dan daftar operasi bersama-sama memberikan semua informasi yang diperlukan dalam menentukan manufaktur keseluruhan secara rinci dari suatu proses produksi.

b. *Waktu standar (standard time)*

Pada setiap operasi tunggal, waktu standar dapat ditentukan. Ini adalah waktu keseluruhan di mana suatu operasi harus diselesaikan pada kinerja standar dan terdiri dari elemen waktu seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.5. Nilai waktu yang diamati dari operasi akan dicatat dalam suatu studi waktu kemudian dimodifikasi ke

waktu yang dibutuhkan dalam melakukan operasi pada kecepatan standar atau normal dengan suatu teknik yang disebut peringkat kinerja (*performance rating*), dimana waktu disini adalah waktu dasar atau waktu normal. Untuk menentukan waktu standar, maka perlu ada waktu tambahan untuk kebutuhan pribadi, kelelahan yang tidak dapat dihindari, dan penundaan tambahan yang bisa terjadi. Tambahan selanjutnya dapat dibuat untuk alasan lain, misalnya sebagai bagian dari skema pembayaran yang ditambahkan ke waktu standar untuk menentukan waktu yang diperbolehkan.



Gambar 6.5 Struktur Waktu Standar

5. Divisi Tenaga Kerja dan Desain Pekerjaan

a. Latar Belakang Divisi Tenaga Kerja

Pola pikir dalam perkembangan sekarang ini bahwa nilai tenaga kerja telah diabaikan dalam masyarakat yang mengakibatkan perubahan signifikan dalam peran pekerjaan manual. Peran penting dan efektifnya divisi tenaga kerja sudah dilakukan oleh Xenophon diawal tahun 394 SM dan di zaman modern diakui oleh Adam Smith pada tahun 1876. Konsep tersebut diterapkan oleh H. Ford pada tahun 1913 dengan menggunakan sistem konveyor untuk melakukan produksi massal mobil model T, dimana metode baru dalam produktivitas tinggi ini dinamai sistem Ford. Pekerjaan tidak manusiawi yang berulang-ulang dikritik dalam film terkenal yaitu

Modern Times pada tahun 1936 oleh Charlie Chaplin dan sekarang sedang dipertimbangkan kembali dalam rangka memberikan rasa hormat dan martabat manusia yang lebih besar di dunia kerja. Pada tahun 1972, perusahaan mobil Volvo di Swedia menghapuskan sistem konveyor dan menggunakan kelompok pekerja yang memiliki keahlian khusus (otonom) dalam merakit mobil. Dari perkembangan ini, maka dikembangkan dua metode industri:

- 1) Membangun manufaktur otomatis sebanyak mungkin untuk menghilangkan masalah keterampilan rendah dari tenaga kerja
- 2) Merancang pekerjaan yang bernilai bagi pekerja dan fleksibilitas tenaga kerja.

b. *Desain Pekerjaan untuk Mutu Kehidupan Kerja yang Lebih Baik*

Dengan metode yang disebutkan di atas, maka lingkungan kerja ditingkatkan dengan desain pekerjaan sebagai berikut:

- 1) rotasi pekerjaan (*job rotation*) yang mengubah pekerjaan pekerja secara berkala
- 2) perluasan pekerjaan (*job enlargement*) yang memperluas pekerjaan pekerja
- 3) pengayaan pekerjaan (*job enrichment*) yang meningkatkan pengetahuan ataupun keterampilan pekerja pada pekerjaannya

Upaya desain pekerjaan dilakukan untuk meningkatkan dan memperbaiki mutu pekerjaan manual serta membangun mutu kehidupan kerja (*quality of working life*) yang lebih baik, sehingga seorang pekerja atau sekelompok pekerja melaksanakan tugas pekerjaannya di bawah suatu sistem pengendalian diri dan dengan motivasi. Contohnya adalah operasi satu sel atau sistem perakitan berkelompok yang melakukan perakitan beberapa produk secara efisien dan ekonomis.

6. Pengaruh Pembelajaran

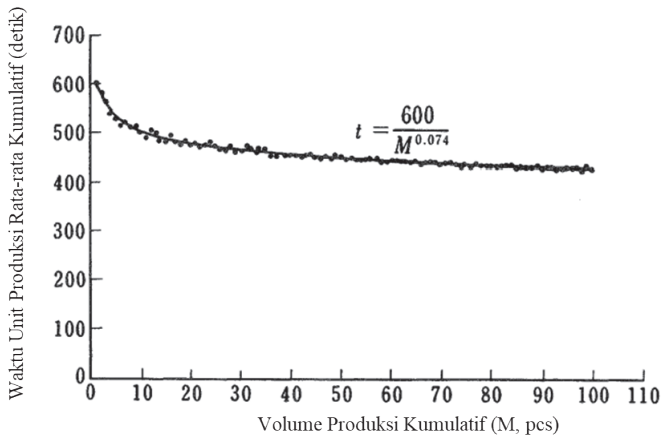
a. *Arti dan Latar Belakang Efek Pembelajaran*

Secara umum dapat diamati bahwa untuk operasi yang paling sederhana, maka waktu operasi suatu unit berkurang saat

operasi diulang. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan tingkat keterampilan operator, peningkatan metode produksi seperti modifikasi isi dan urutan operasi, penggunaan jig dan perlengkapan yang efektif, pengaturan ulang kondisi permesinan, peningkatan penerapan manajemen dan sebagainya. Fenomena ini disebut pengaruh pembelajaran (*learning effect*). Pengaruhnya besar ketika jumlah kumulatif produksi kecil dan akan menurun dengan meningkatnya jumlah kumulatif produksi. Oleh karena itu, karakteristik ini sangat penting pada produksi selama waktu tertentu (*jobbing production*) dan produksi lot volume rendah (*low-volume production*).

b. Kurva Pembelajaran

Pengaruh pembelajaran digambarkan dengan bagan yang disebut kurva pembelajaran (*learning curve*). Hal ini diilustrasikan pada gambar 6.6 berupa grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu produksi unit rata-rata kumulatif dan volume produksi kumulatif.



Gambar 6.6 Kurva Pembelajaran

Setelah bagian mendatar dari kurva pembelajaran tercapai, maka masalah tingkat kinerja disederhanakan yang tidak selalu menunggu dalam waktu yang lama dalam pengembangan standar waktu

terutama dalam produksi *jobbing*. Dalam hal ini analisis harus memiliki kemampuan observasi yang dalam dan penilaian yang matang atau bisa juga menggunakan data standar berdasarkan metode pengukuran waktu (*methods-time measurement, MTM*).

c. Fungsi Produksi-Kemajuan

Ada hubungan linear antara jumlah produksi kumulatif (variabel bebas) M dan waktu produksi unit rata-rata kumulatif (variabel terikat) t pada kertas bilogaritimik. Fenomena ini ditemukan oleh Wright pada tahun 1936 yang menghasilkan perumusan matematika dalam pengaruh pembelajaran yang sering disebut fungsi produksi-kemajuan:

$$t = t_1/M^k \tag{6.3}$$

di mana t_1 adalah waktu produksi unit yang diperlukan untuk memproduksi unit pertama dan k adalah koefisien pembelajaran yang menunjukkan kemiringan kurva pembelajaran pada kertas bilogaritimik dengan persamaan di atas diubah menjadi perumusan berikut:

$$\ln t = \ln t_1 - k \ln M \tag{6.4}$$

Total waktu produksi yang diperlukan untuk memproduksi sejumlah unit M yang telah ditentukan sebelumnya, maka dapat diperkirakan dari (8.3) sebagai berikut:

$$T_M = tM = t_1M^{1-k} \tag{6.5}$$

Oleh karena itu, waktu produksi unit yang diperlukan untuk memproduksi unit ke- M adalah:

$$t_M = T_M - T_{M-1} = t_1(1 - k) / M^k \tag{6.6}$$

Rasio waktu produksi unit kumulatif ketika jumlah tertentu diproduksi dengan jumlah produksi dua kali lipat disebut tingkat pembelajaran (*learning rate*) yang dirumuskan dengan:

$$r_1 = \frac{t_1 / (2M)^k}{t_1 / M^k} \quad (6.7)$$

Jika suatu pengurangan 100x% dalam jam kerja per unit produksi terjadi selama jumlah dua kali lipat yang digambarkan dengan kurva pembelajaran 100(1 - x)%, maka hal ini dapat dirumuskan dengan:

$$1 - x = 2^{-k} \quad (6.8)$$

D. ANALISIS JALUR OPTIMAL

1. Pengaturan Masalah

a. *Arti Analisis Jalur Optimal*

Biasanya ada beberapa jalur atau pola proses pilihan dalam merubah bahan baku menjadi produk jadi. Untuk memilih satu jalur proses terbaik di antara berbagai pilihan, maka digunakan analisis jalur optimal (*optimum routing analysis*) atau perencanaan proses optimal (*optimal process planning*).

b. *Prosedur dalam Analisis Jalur Optimal*

Masalah jalur yang optimal memiliki jumlah kombinasi yang terbatas dan solusi untuk berbagai jenis kombinsasi masalah ini selalu dapat diperoleh dengan menghitung total waktu atau biaya produksi untuk semua jalur yang mungkin dengan coba-coba dan kemudian memilih jalur dengan waktu atau biaya paling sedikit. Prosedur perhitungan lengkap ini membutuhkan berbagai upaya perhitungan yang rumit ketika masalah mencakup sejumlah besar tujuan. Pemrograman dinamis dan teknik jaringan adalah dua metode untuk memecahkan berbagai masalah ini dengan sedikit perhitungan.

2. Pemecahan dengan Pemrograman Dinamis

a. *Latar Belakang Pemrograman Dinamis*

Pemrograman dinamis (*dynamic programming*) adalah teori keputusan bertingkat yang merupakan teknik optimasi yang

dikembangkan oleh R. Bellman pada tahun 1957. Teknik ini mula-mula memecahkan sebagian kecil dari masalah, kemudian berdasarkan solusi optimal tersebut akan memecahkan masalah secara berurutan yang pada akhirnya solusi optimal untuk keseluruhan masalah akan diperoleh. Solusi optimal dihitung dari persamaan fungsi rekursif dengan maksimum atau minimum yang dihasilkan dari prinsip optimalitas.

b. Teknik Pemrograman Dinamis

Prosedur dasar dalam pemrograman dinamis adalah:

- 1) Kondisi sistem pada tahap i dinyatakan dengan variabel kondisi $x(i)$.
- 2) Keputusan dibuat pada setiap tahap untuk mengubah kondisi sistem. Hanya nilai sekarang dari variabel kondisi yang dikaitkan dengan keputusan tersebut. Dalam sistem diskrit yang memiliki kepastian (deterministik), maka kondisi sistem pada tahap $i + 1$ yang dinyatakan dalam tahap i , keadaan $x(i)$, dan keputusan $u(i)$ adalah:

$$x(i + 1) = T[x(i), u(i), i] \quad (6.9)$$

dimana T adalah transformasi

- 3) Ukuran kinerja yang akan dimaksimalkan atau diminimalkan ditetapkan dalam proses keputusan multi-tahap atau tingkatan
- 4) Kemungkinan urutan keputusan seperti $[u(1), u(2), \dots, u(N)]$, di mana N merupakan sejumlah tahapan dalam kasus diskrit yang deterministik adalah suatu kebijakan atau aturan. Kebijakan seperti memaksimalkan atau meminimalkan ukuran kinerja adalah kebijakan optimal yang menghasilkan solusi optimal dalam keputusan multi-tahap. .
- 5) Prinsip optimalitas adalah prinsip dasar untuk mendapatkan solusi optimal dengan pendekatan pemrograman dinamis. Prinsip ini menyatakan bahwa kebijakan yang optimal memiliki perangkat dimana apa pun kondisi awal dan keputusan awal,

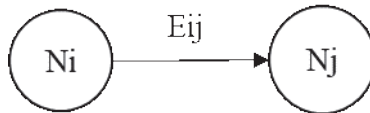
maka keputusan yang lain harus merupakan kebijakan yang optimal dengan memperhatikan hasil keputusan dari keputusan pertama (Bellman, 1957).

- 6) Berdasarkan prinsip optimalitas, urutan keputusan yang optimal untuk nilai optimal untuk ukuran kinerja yang akan diperoleh sebagai fungsi dari kondisi awal dan jumlah tahapan dimana tingkat kesuksesannya ditentukan oleh persamaan fungsi rekursif dengan maksimum atau minimum.

3. Pemecahan masalah dengan Teknik Jaringan

a. Teknik Jaringan

Kombinasi dari satu set simpul yang menunjukkan kondisi produk diwakili oleh lingkaran dan satu set busur yang menunjukkan kegiatan digambarkan berupa segmen garis atau panah yang menghubungkan dua simpul yang berdekatan disebut suatu jaringan. Ilustrasi dari gambar ini adalah kasus jaringan dengan busur langsung atau panah seperti ditunjukkan di gambar 6.7.



Gambar 6.7 Analisa Jaringan

Dari gambar terdapat busur E_{ij} yang menghubungkan dua simpul N_i dan N_j sehingga kedua simpul terhubung. Jika urutan simpul dan busur yang ada seperti $N_1, E_{12}, N_2, E_{23}, \dots, N_{k-1}, E_{k-1,k}, N_k$, maka ini disebut rantai atau jalur dari simpul N_1 ke simpul N_k . Ketika $N_1 = N_k$, maka itu membentuk siklus langsung. Suatu jaringan langsung asiklik adalah salah satu yang memiliki jalur langsung dan tidak mengandung siklus atau loop.

Definisi di atas terkait jaringan hampir sama dengan definisi untuk grafik dimana nilai kapasitas didefinisikan lewat busur E_{ij} dalam jaringan. Kapasitas adalah waktu pemrosesan pada masing-masing anak panah. Selain itu, jaringan sering berisi dua simpul khusus yang

disebut sumber (titik awal dalam suatu jaringan) dan suatu hasil (titik akhir dalam suatu jaringan).

b. Jalur Terpendek (Algoritma)

Masalah yang biasa dipertimbangkan saat ini adalah bagaimana menemukan jalur yang akan memiliki total kapasitas minimum di sepanjang jalur. Inilah yang disebut jalur atau rantai terpendek.

Untuk jalur langsung asiklik akan diberikan nomor pada simpul dan semua kegiatan mengarah dari simpul bernomor lebih kecil ke simpul bernomor lebih tinggi seperti pada teknik PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). Masalah saat ini kemudian dapat diselesaikan dengan algoritma berikut untuk menemukan jalur terpendek dari simpul h ke simpul k (Moore, 1962).

Algoritma jalur terpendek:

Langkah 1 : Mengatur sebagai evaluasi untuk simpul h dengan $e_h = 0$.

Langkah 2 : Melanjutkan dengan memberi label pada simpul yang tersisa (dipilih dalam urutan menaik) menurut rumus berikut:

$$e_j = \min_{i=h, h+1, \dots, j-1} (e_i + d_{ij}) \quad (6.11)$$

Langkah 3 : Ketika simpul k telah diberi label, maka e_k adalah nilai jalur terpendek dari simpul h ke simpul k . Jalur ditentukan dengan menelusuri mundur dari simpul k ke semua simpul sedemikian rupa sehingga:

$$e_i + d_{ij} = e_j, \quad j = k, k-1, \dots, h+1, h. \quad (6.12)$$

E. KESEIMBANGAN LINI PRODUKSI

1. Cakupan Keseimbangan Lini Produksi

a. Arti dari Keseimbangan Lini (Line Balancing)

Tahapan produksi di dalam lini perakitan terhubung erat misalnya oleh suatu jalur konveyor dimana setiap tahapan produksi tergantung pada tahap sebelumnya sehingga waktu produksi harus disamakan

untuk semua tahap untuk memastikan kelancaran aliran produksi. Jenis dari produk yang terus menerus ini disebut sistem lini produksi. Keseimbangan lini berkaitan dengan sistem ini dan bertujuan untuk pengambilan keputusan yang optimal dalam hal:

- 1) waktu siklus (*cycle time*)
- 2) jumlah stasiun kerja atau tahap produksi
- 3) pengelompokan elemen kerja dengan menugaskannya pada stasiun kerja yang sama sedemikian rupa sehingga urutan prioritasnya terjamin.

Keseimbangan lini untuk kasus produksi massal yang terus menerus, di mana satu produk item dirakit pada satu jalur perakitan adalah masalah paling mendasar pada keseimbangan lini item (model) tunggal. Sekarang ini, diperlukan untuk membuat beberapa item produk pada satu jalur perakitan bahkan untuk kasus produksi massal seperti pada perakitan mobil. Keseimbangan line dalam beberapa item (model) atau campuran memerlukan keseimbangan lini yang optimal seperti urutan yang optimal dalam merakit berbagai item produk tersebut yang harus diputuskan dengan penjadwalan yang singkat.

b. Masalah Keseimbangan Lini

Untuk menentukan keseimbangan lini yang tepat, maka informasi dasar berikut dibutuhkan:

- 1) item produk dan jumlah produksinya
- 2) operasi atau elemen kerja, waktu dan urutannya untuk menyelesaikan masing-masing barang produk
- 3) struktur jalur perakitan (jumlah stasiun kerja) dan kemampuan teknologinya, dan sebagainya.

Dua pendekatan berikut terkait masalah keseimbangan lini perakitan bisa digunakan yang diadopsi dari Moore (1962):

- 1) Menemukan jumlah optimal stasiun kerja dalam waktu siklus tertentu
- 2) Meminimalkan waktu siklus sehingga total waktu tunda yang diberikan tetap untuk semua stasiun kerja.

c. Kriteria Keseimbangan Lini

Total waktu tunda (*delay time*) yang disebutkan di atas dinyatakan dengan:

$$D = \sum_{k=1}^N \tau - (\sum_{i \in I_k} t_i) = N_\tau - T \tag{6.13}$$

di mana τ adalah waktu siklus, N adalah jumlah stasiun kerja, t_i adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan operasi (elemen kerja) ke- z ($z = 1, 2, \dots, I$), I adalah jumlah elemen kerja, I_k adalah sekumpulan elemen kerja yang ditetapkan pada k stasiun kerja ($k = 1, 2, \dots, N$), dan t_i adalah jumlah total waktu operasi.

Maka indeks keseimbangannya adalah:

$$E = T/N\tau = 1 - D/N\tau \tag{6.14}$$

Keseimbangan lini dianggap baik jika indeks ini di atas 95%.

2. Jumlah Stasiun Kerja yang Optimal

Perhitungan Dasar untuk Jumlah Stasiun Kerja

Untuk memulainya, perlu untuk mendapatkan solusi terkait masalah keseimbangan lini seperti waktu operasi untuk setiap elemen kerja sama dengan atau kurang dari waktu siklus:

$$t \leq \tau \quad (i = 1, 2, \dots, I) \tag{6.15}$$

Jumlah minimum stasiun kerja yang mungkin dalam suatu lini perakitan diberikan sebagai:

$$N_{\min} = \min \left(\text{integer } N \mid N \geq \sum_{i=1}^I \frac{t_i}{\tau} \right) = \left\lceil \frac{T}{\tau} \right\rceil \tag{6.16}$$

di mana $\lceil \cdot \rceil$ adalah bilangan bulat terkecil yang sama dengan atau lebih besar dari T/τ .

Jika persamaan di atas terpenuhi, maka jalur perakitan berada dalam keseimbangan minimal yang merupakan solusi paling optimal dimana dalam kasus praktis keseimbangan ini jarang tercapai.

Perlu diketahui bahwa jumlah stasiun kerja tidak pernah kurang dari jumlah elemen kerja yang memiliki waktu operasi lebih besar dari setengah waktu siklus, oleh karena itu jumlah minimum stasiun kerja yang layak (N_{feas}) adalah:

$$N_{feas} = \{\text{jumlah}i | t_i > \tau / 2\} \tag{6.17}$$

Di sisi lain, jumlah maksimum stasiun kerja yang mungkin untuk perakitan lini adalah jumlah elemen kerja ketika waktu operasinya hampir sama dengan waktu siklus:

$$N_{max} = I \tag{6.18}$$

Berbagai hasil dari perumusan diatas, jumlah optimal stasiun kerja N^* dalam kisaran berikut:

$$\text{rmax}(N_{min}, N_{feas}) \leq N^* \leq N_{max} \tag{6.19}$$

3. Waktu Siklus Minimum

Perhitungan Dasar untuk Waktu Siklus

Waktu siklus dinyatakan dengan:

$$\tau = \begin{cases} H/Q & \text{(a)} \\ \max_{1 \leq k \leq I} \sum_{i \in k} t_i & \text{(b)} \end{cases} \tag{6.20}$$

di mana H adalah periode produksi yang ditentukan sebelumnya dan Q adalah jumlah produksi yang direncanakan, (b) menunjukkan maksimum jumlah waktu pemrosesan untuk setiap bagian pekerjaan yang ditentukan dalam I stasiun kerja.

Tiap bagian kerja dikelompokkan dan ditentukan ke setiap stasiun kerja serta memenuhi hubungan prioritas teknologi, sehingga jumlah waktu berhenti yang terjadi pada stasiun kerja atau total waktu tunda D diminimalkan tergantung pada waktu siklus yang diperoleh di atas.

BAB 7

Perencanaan dan Desain Logistik

A. PENDAHULUAN

1. Menentukan Permasalahan Transportasi

Berbagai permasalahan seperti alokasi bahan baku yang dibeli dari berbagai pemasok ke berbagai divisi manufaktur dan pengiriman barang jadi yang diproduksi di berbagai pabrik ke berbagai distributor/pasar disebut permasalahan transportasi.

Model Pemrograman Linier Tipe Transportasi

Permasalahan transportasi dasar dirumuskan dengan pemisalan M sebagai sumber pasokan (pabrik) mengirimkan sejumlah produk ke N titik pengiriman (pasar atau tujuan), seperti yang digambarkan pada Gambar 10.1. Jumlah yang tersedia di sumber, jumlah yang dibutuhkan di tujuan, dan biaya unit transportasi dari masing-masing sumber untuk masing-masing tujuan ditunjukkan pada gambar pada tabel 10.1.

Ketika pasokan dan permintaan seimbang, maka:

$$\sum_{i=1}^M a_i = \sum_{j=1}^N b_j \quad (7.1)$$

di mana a_i adalah pasokan yang tersedia di pabrik i ($i = 1, 2, \dots, M$) dan b_j adalah permintaan yang dibutuhkan di pasar j ($j = 1, 2, \dots, N$).

Jika pasokan dan permintaan tidak seimbang, maka sumber dummy atau tujuan dummy ditambahkan untuk memperhitungkan kelebihan permintaan atau kelebihan produksi masing-masing.

Menentukan jumlah yang akan dipindahkan dari sumber i ke tujuan j dengan x_{ij} , maka kita dapat merumuskan masalah transportasi untuk menemukan x_{ij} untuk mencapai biaya yang paling kecil z .

Tujuan:

$$\text{minimalkan } z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} \cdot x_{ij} \quad \text{Type equation here.} \quad (7.2)$$

Batasan:

$$\sum_{j=1}^M x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (7.3)$$

$$\sum_{i=1}^M x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (7.4)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N) \quad (7.5)$$

c_{ij} adalah biaya transportasi per unit produk dari pabrik i ke pasar j .

Model di atas disebut program linier tipe transportasi dan merupakan program linier tipe khusus.

2. Prosedur Solusi Dalam Program Linier Tipe Transportasi

a. Aturan Dasar Dalam Menyelesaikan Program Linier Tipe Transportasi

Karena persamaan (7.1) sama dengan $\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij}$, maka diperoleh

variabel bebas sebanyak $(M + N - 1)$ secara keseluruhan. Variabel $M \times N$ x_{ij} dan variabel $[MN - (M + N - 1)]$ yang merupakan variabel non-dasar ditetapkan dengan nilai nol, sedangkan variabel $(M + N - 1)$ disebut variabel dasar dengan nilai tidak sama dengan nol berdasarkan persamaan (7.3) dan (7.4). Oleh karena itu, ketika $a_i \neq 0$ ($i = 1, 2, \dots, M$) dan $b_j \neq 0$ ($j = 1, 2, \dots, N$), maka setidaknya satu elemen bukan nol harus ada di setiap baris dan di setiap kolom.

Dengan adanya variabel baru u_i ($i = 1, 2, \dots, M$) dan v_j ($j = 1, 2, \dots, N$), sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 z &= \sum_{i,j} c_{ij}x_{ij} - \sum_i u_i \left(\sum_j x_{ij} - a_i \right) - \sum_j v_j \left(\sum_i x_{ij} - b_j \right) \\
 &= \sum_{i,j} (c_{ij} - u_i - v_j)x_{ij} + \sum_i u_i a_i + \sum_j v_j b_j
 \end{aligned}
 \tag{7.6}$$

sehingga diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

$$c_{ij} = u_i + v_j \text{ (untuk variabel dasar)} \tag{7.7}$$

$$s_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j) \text{ (untuk variabel non dasar)} \tag{7.8}$$

Variabel baru ($M + N$) dengan u_i ($i = 1, 2, \dots, M$) dan v_j ($j = 1, 2, \dots, N$) dapat secara khusus ditentukan oleh persamaan (10.7) dengan menetapkan u_i atau v_j sama dengan nol. Ketika kondisi (7.8) tidak terpenuhi, maka selanjutnya kita dapat mengurangi total biaya transportasi dengan berturut-turut menukar variabel non-basis yang memiliki s_{ij} terbesar dengan variabel dasar tertentu.

b. Memperoleh Solusi Awal yang Layak untuk Program Linier Tipe Transportasi

Ada tiga cara untuk mendapatkan solusi layak awal sebagai berikut:

- 1) Aturan Sudut Barat Laut (*Northwest Corner Rule*).

Pada aturan ini dimulai di sudut barat laut dari tabel yang terdiri dari x_{ij} s dengan mengalokasikan ke sel (1,1) sebanyak yang dibutuhkan untuk tujuan 1 atau sebanyak yang dapat disediakan oleh sumber 1 (mana yang lebih sedikit atau $\min[a_1, b_1]$). Jika kebutuhan tujuan 1 sudah terpenuhi, maka tidak ada lagi penugasan ke sel lain di kolom pertama sehingga kita pindah ke sel (1, 2) dari baris pertama dengan mengalokasikan $\min(a_1 - b_1, b_2)$ ke sel ini dan seterusnya. Dengan melanjutkan cara ini, maka kita dapat memenuhi semua kebutuhan dan menghabiskan persediaan.

- 2) Aturan Biaya Transportasi Unit Terkecil (*Least Unit Transportation Cost Rule*).

Dimulai dari kombinasi pabrik dan pasar yang memiliki biaya transportasi per unit terkecil dengan mengalokasikan ke sel ini sebanyak dibutuhkan, jadi tidak ada tugas yang diperlukan untuk sel lain di baris ini ketika semua produk habis atau di kolom ini ketika semua permintaan terpenuhi. Proses yang sama dilanjutkan untuk kombinasi pabrik dan pasar dengan biaya transportasi per unit terkecil kedua, ketiga, dan seterusnya.

- 3) Metode Pendekatan Vogel (*Vogel's Approximation Method*).

Pada pendekatan ini, selisih antara biaya transportasi unit terkecil kedua dan terkecil dihitung di setiap baris atau di setiap kolom sehingga dapat ditetapkan sel dengan biaya transportasi unit terkecil di baris atau pada kolom yang memiliki selisih paling besar. Alokasi maksimal diberikan pada sel tersebut yang dilanjutkan dengan menghapus baris atau kolom ini. Prosedur yang sama dilanjutkan dimana metode ini akan menghasilkan solusi kelayakan awal yang relatif mendekati solusi optimal.

c. **Algoritma Transportasi**

Prosedur solusi secara umum untuk menyelesaikan permasalahan program linier tipe transportasi adalah sebagai berikut:

Langkah 1 : Menghasilkan solusi awal yang layak berdasarkan salah satu dari metode *Northwest Corner Rule*, *Least Unit Transportation Cost Rule* atau *Vogel's Approximation Method*.

Langkah 2 : Memilih baris (atau kolom) dengan jumlah variabel dasar terbesar dari solusi awal dengan menetapkan bahwa baris (atau kolom) dengan $u_i = 0$ atau $v_j = 0$ serta menghitung semua nilai u_i dan v_j yang lain pada variabel dasar dengan menggunakan persamaan (10.7).

Langkah 3 : Menghitung s_{ij} untuk semua variabel non-dasar menggunakan persamaan (10.8).

Langkah 4 : Jika $s_{ij} \geq 0$ untuk semua variabel non-dasar, maka solusi sudah optimal.

Jika tidak, maka dilanjutkan dengan memasukkan nilai pada sel non-basis yang memiliki nilai s_{ij} negatif terbesar serta menggambar jalur batu loncatan (*stepping stone path*) yang merupakan jalur tertutup dan menentukan jumlah maksimum untuk yang dapat dinaikkan dengan melakukan pengurangan untuk sel lain dalam satu jalur sehingga jumlah total tiap baris dan kolom tetap sama. Selanjutnya memperbarui tabel dan kembali ke langkah 2.

Metode jalur batu loncatan (*stepping stone path*) yang digunakan pada langkah 4 adalah prosedur untuk memasuki sel dengan nilai negatif terbesar ke dalam variabel basis dan menetapkan jumlah maksimum yang dapat dinaikkan. Sebagai kompensasi untuk ini, nilai-nilai variabel dasar (basis) dalam baris dan kolom yang berisi sel dikurangi dan selanjutnya nilai variabel dasar di baris dan di kolom yang berisi variabel dasar yang diturunkan akan ditingkatkan, dan seterusnya. Akhirnya dibuat jalur batu loncatan agar tidak melanggar batasan pada persamaan (7.3) dan (7.4).

B. PERMASALAHAN DISTRIBUSI

1. Permasalahan Transportasi Penjual

Pengaturan untuk meminimalkan total jarak transportasi atau perjalanan ataupun waktu yang diperlukan untuk mengedarkan produk yang dibuat di pabrik di antara beberapa tempat (pasar) adalah merupakan permasalahan transportasi penjual.

2. Memecahkan Permasalahan Transportasi Penjual

Masalah transportasi atau perjalanan dapat diselesaikan dengan berbagai metode berikut menurut Conway *et al.* (1967):

- a. Metode *Branch and Bound* untuk mendapatkan solusi optimal. Namun, metode ini membutuhkan banyak waktu dalam

perhitungan ketika ukuran masalah juga besar. Metode ini biasa diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan skala besar.

- b. Pendekatan pemrograman dinamis untuk mendapatkan solusi optimal dengan membangun persamaan fungsional rekursif berdasarkan prinsip optimalitas.
- c. Pendekatan heuristik dengan memulai dari pabrik dan langkah pertama adalah mengambil rute ke pasar yang terdekat dari pabrik, lalu ke pasar terdekat dari pasar saat ini, dan seterusnya sampai semua tempat telah dikunjungi.

BAB 8

Aliran Informasi Manajerial dalam Sistem Manufaktur

A. PENDAHULUAN

1. Aliran Informasi Dalam Manufaktur

Aliran material adalah fungsi dasar yang sangat diperlukan dalam manufaktur. Aliran ini disertai dengan aliran biaya dan bahan mentah diubah menjadi produk dengan penambahan nilai. Kekuatan pendorong fungsi ini adalah aliran informasi. Aliran material yang menyertai aliran biaya berlangsung sesuai dengan instruksi dari aliran informasi berdasarkan kebutuhan pasar. Tindakan sinergis ini mewujudkan kualitas tinggi (Q), biaya rendah (C) dan pengiriman tepat waktu atau respons cepat (D).

2. Proses Aliran Informasi

Proses arus informasi dalam sistem manufaktur atau produksi adalah dengan langkah-langkah berikut:

- a. perencanaan produksi strategis
- b. manajemen operasional produksi
 - 1) perencanaan produksi agregat
 - 2) perencanaan proses produksi
 - 3) penjadwalan produksi
 - 4) pelaksanaan produksi
 - 5) pengendalian produksi.

Pelaksanaan produksi (2d) merupakan fungsi produksi dimana dilakukan kegiatan nyata dari produksi/fabrikasi di tempat produksi dalam bentuk aliran material melalui operasi dan proses produksi. Perencanaan

proses produksi (2b) merupakan fungsi desain adalah berkaitan dengan teknologi produksi intrinsik atau awal yang disebut aliran informasi teknologi.

Kegiatan lain yaitu perencanaan produksi strategis (1), produksi agregat perencanaan (2a), penjadwalan produksi (2c), dan pengendalian produksi (2e) merupakan serangkaian sistem manajemen yaitu aliran informasi manajerial yang memiliki fungsi manajemen strategi. Pada perlakuan fase (1) tertentu aliran administrasi, atau informasi manajemen strategis. Struktur dan prosedur operasi arus informasi secara *on line*, *real-time* dengan pemanfaatan fasilitas komputer dan teknologi informasi disebut sistem informasi manufaktur.

B. MASALAH KEPUTUSAN DALAM ARUS INFORMASI MANAJERIAL

1. Permasalahan dalam Perencanaan Produksi Strategis

Isu-isu strategis menangani hal-hal yang berkaitan dengan hubungan antara sistem dan lingkungan yang biasanya dalam jangka panjang (5 sampai 10 tahun). Masalah utama dari perencanaan produksi strategis adalah:

- a. perencanaan produk baru
- b. perencanaan laba jangka panjang
- c. penanaman modal untuk pembangunan pabrik baru
- d. manufaktur internasional

2. Masalah Keputusan dalam Perencanaan Produksi Agregat

Perencanaan produksi agregat menentukan jenis item produk dan jumlah yang akan diproduksi dalam periode waktu tertentu. Permasalahan utama yang terkait dengan hal ini adalah:

- a. perencanaan produksi jangka pendek
- b. perencanaan produksi jangka panjang
- c. penggabungan produk yang optimal
- d. analisis ukuran lot

- e. perencanaan kebutuhan material (MRP)
- f. kelancaran produksi
- g. peramalan produksi

3. Masalah Keputusan dalam Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi menentukan rencana penerapan aktual terkait waktu jadwal untuk setiap pekerjaan yang terdapat dalam rute proses yang dilakukan. Masalah utama yang timbul adalah:

- a. urutan pekerjaan
- b. penjadwalan operasi untuk aliran dan tempat kerja
- c. penjadwalan proyek

4. Masalah Keputusan dalam Pengendalian Produksi

Pengendalian produksi akan bisa mengurangi atau menghilangkan penyimpangan kinerja produksi aktual dengan standar produksi terkait rencana dan jadwal. Permasalahan penting yang harus dipecahkan adalah:

- a. pengendalian proses
- b. pengendalian persediaan
- c. pengendalian mutu
- d. pengendalian biaya

BAB 9

Manajemen Kapasitas dan Perencanaan Produksi Agregat

A. PENDAHULUAN

Kapasitas aktual dari suatu rantai pasokan atau departemen manufaktur atau jasa adalah batas kapasitas penggunaan terbesar yang dapat dicapai dengan konfigurasi sumber daya yang ada dan perencanaan penggabungan produk atau jasa yang diterima. Mengubah penggabungan produk atau jasa dapat mengubah kapasitas realisasi aktual untuk menghasilkan output. Memodifikasi konfigurasi sumber daya, peralatan, dan orang-orang yang ada dalam tenaga kerja rantai pasokan akan mengubah kapasitas aktual. Sudut pandang sistem juga melihat uang sebagai bagian dari sumber daya karena uang dapat diubah menjadi mesin baru yang bisa mengubah kapasitas output aktual yang dapat dihasilkan. Sudut pandang sistem juga termasuk ide-ide yang strategi yang dapat meningkatkan kapasitas rantai pasokan dengan pengeluaran yang minimum.

Rumus untuk kapasitas terukur aktual dari departemen manufaktur atau jasa ditentukan dengan:

$$C = T \times E \times U \quad (9.1)$$

dimana:

C = kapasitas terukur aktual (dalam unit yang dikonversi ke waktu standar dalam jam)

T = ketersediaan waktu aktual

E = efisiensi

U = penggunaan atau utilitas

T ditentukan dengan menghitung jumlah waktu yang tersedia ketika memanfaatkan dengan sepenuhnya sumber daya yang sudah ada untuk membuat dan mengirimkan hasil produk. Dengan menggandakan jumlah mesin, truk, dan sebagainya akan menggandakan juga T (jumlah waktu yang tersedia). E adalah efisiensi dimana waktu T dapat digunakan untuk membuat dan mengirimkan berbagai jenis produk. Kemudian $T \times E$ setara dengan waktu standar (jam) yang tersedia untuk membuat dan mengirimkan produk. U adalah berapa banyak kapasitas proses maksimal yang tersedia dapat digunakan. Kurangnya pesanan atau rusaknya sistem produksi akan mengurangi U. Ketika T dan E dan U dikalikan, maka hasilnya adalah C yaitu kapasitas aktual yang sedang atau telah digunakan. Tabel 9.1 mengilustrasikan perhitungan dari perumusan diatas.

Tabel 9.1 Utilisasi Kapasitas (C)

Produk	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat
T101	25	20	65	18	30
T102	65	10	25	40	0
MW11	40	90	50	70	80
Total	130	120	140	128	110

Dengan mengasumsikan bahwa nilai kapasitas proses maksimum dari pabrik untuk data yang diberikan pada tabel 9.1 adalah 150 jam (waktu standar), maka proses tidak pernah mencapai hasil maksimal dengan yang paling dekat untuk mencapai hasil maksimal adalah pada hari Rabu. Seperti yang dijelaskan secara singkat sebelumnya, ada berbagai alasan mengapa sistem tidak mencapai penggunaan maksimum. Sistem dengan *bottleneck* (proses dengan hasil maksimal) dan gangguan aliran tidak akan pernah bisa mencapai hasil produk yang maksimal.

Efisiensi E adalah faktor proporsional yang digunakan untuk mengubah satuan proses maksimal menjadi waktu standar. Sistem mesin dan orang yang bekerja lebih lambat memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada yang memiliki output produktif yang lebih tinggi. Seringkali, efisiensi yang terbaik dalam suatu tingkatan adalah 1 (100%). Diharapkan bahwa

variasi efisiensi akan terjadi dan terkadang sumber variasi dapat dilacak. Jika variasinya signifikan, maka itu harus diperbaiki. Fluktuasi kapasitas yang tidak dapat dijelaskan merupakan hal yang tidak menyenangkan dan tidak menguntungkan.

Jika rantai pasokan beroperasi pada 90% dari waktu standar karena pemasok (di suatu tempat di sepanjang jalur rantai pasokan) telah mengirimkan produk yang cacat, maka tindakan perbaikan harus diambil dengan menggunakan persediaan yang dimiliki dan masalahnya harus dipecahkan karena berdampak pada pengiriman masa depan. Bagian pemasaran mungkin telah menjamin pengiriman, sehingga pemberitahuan ke pelanggan dan janji terkait tindakan perbaikan mencerminkan sifat mendesak dari suatu sistem berkaitan dengan masalah yang begitu sering mempengaruhi manajemen kapasitas.

U yang melambangkan pemanfaatan suatu proses diterapkan sebagai koreksi proporsional terhadap waktu standar ketika ada gangguan rantai pasokan. Bahkan ketika semuanya berjalan sesuai rencana, nilai U seringkali kurang dari 100%. Jika sistem beroperasi lebih cepat, nilai U bisa melebihi 100%. Ada pro dan kontra terkait dengan menjalankan sistem operasi di atas kapasitas pengenal maksimum. Berapa lama kapasitas maksimum terlampaui juga diperhitungkan.

U adalah ukuran yang harus diwaspadai ketika menjadi tujuan manajemen untuk menjaga U sedekat mungkin dengan 100%. Ada alasan ekonomi yang kuat untuk tidak mengoperasikan departemen produksi di atas kapasitas. Misalnya, secara ekonomi masuk akal untuk menghentikan produksi ketika kuota output yang direncanakan telah terpenuhi dan persediaan aman sudah cukup. Mematikan sistem produksi selama 2 jam dari 8 jam sehari berarti nilai U menjadi 75% atau kapasitas operasional yang terukur secara aktual akan berkurang seperempatnya. Untuk berbagai alasan, itu mungkin suatu hal yang bagus.

Manajemen harus menyadari bahwa rantai pasokan terdiri dari bagian-bagian yang kompleks dimana beberapa di antaranya tidak dapat berfungsi sesuai kapasitas untuk waktu yang lama. Biaya dari

hasil proses yang tidak terjual harus dianalisa. Berapa lama menyimpan output sisa sebagai persediaan? Apakah ada fluktuasi permintaan yang butuh cadangan atau cadangan (*buffer*) sudah tersedia? Biaya penggunaan kapasitas yang sembarangan dari suatu rantai pasokan untuk menghindari pemanfaatan kurang dari 100% harus disadari merupakan hal yang membuang-buang waktu dan uang karena takut terlihat menyia-nyikan atau tidak terpakainya kapasitas. Suatu model keputusan yang sesuai dapat dibuat untuk mengatur hasil rantai pasokan yang tepat berdasarkan pemaksimalan kinerja sistem secara keseluruhan.

Sebagai contoh, asumsikan bahwa U adalah 0,963. Kemungkinan ini akan dilihat sebagai faktor pemanfaatan yang lebih masuk akal daripada 0,750. Manajemen produksi dan operasi secara umum, tidak akan mentolerir situasi permanen di mana faktor pemanfaatan di bawah 0,900 tetapi tetap saja bahwa angka target akan tergantung pada situasi. Misalnya dalam organisasi jasa, tinggi nilai U mungkin diperlukan untuk menjaga antrian tetap pendek. Siklus sistem permintaan rantai pasokan dapat diharapkan untuk siklus antara faktor pemanfaatan dalam kisaran 70% dan kemudian hingga lebih dari 100% kapasitas. Perusahaan industri siklis dengan produk yang sama akan lebih suka memiliki kelebihan kapasitas cadangan dan berharap untuk beroperasi secara efektif dalam pemanfaatan kapasitas ideal 100%.

Menggunakan data pada tabel 9.1, maka nilai standar aktual 130 jam pada hari Senin diperoleh sebagai berikut:

$$C = T \times E \times U = 150 \times 0,9 \times 0,963 = 130 \text{ jam standar aktual}$$

Rasio jam standar aktual dengan jam standar maksimum sama dengan $130/150 = 0,87$ atau 87%.

Misalkan di sebuah bank, ada enam tempat *teller*. Jika bank buka selama 8 jam per hari, maka kapasitas maksimum yang dirancang adalah 48 jam. Ini adalah keputusan jangka panjang karena jumlah tempat *teller* tidak dapat diubah setiap hari. Jika ada hanya empat *teller* pada hari tertentu maka kapasitas operasi adalah 32 jam. Pengoperasian

kapasitas dapat diubah setiap hari (bahkan setiap jam) dengan mengubah nomor dari *teller*. Kapasitas operasi tidak boleh lebih dari kapasitas yang dirancang. Pemanfaatan aktual dari empat *teller* bisa kurang dari 32 jam (misalnya 27 jam) berdasarkan jumlah nasabah yang berkunjung ke bank.

Situasi yang sama berlaku juga untuk toko kelontong dengan satu kasir dan pasar swalayan dengan lusinan konter kasir. Jumlah kamar operasi di rumah sakit adalah kapasitas desain maksimum yang dimiliki. Banyaknya kursi di sebuah restoran juga adalah kapasitas desain maksimum dengan tingkat layanan dan lamanya waktu pelanggan menunggu di kursi akan menentukan kapasitas restoran tersebut.

Berkaitan dengan itu, kapasitas operasional maksimum juga dapat didefinisikan sebagai kapasitas proses maksimum yang berkelanjutan dari barang atau jasa. Kapasitas operasi menjelaskan bagaimana banyaknya unit dapat dipasok per unit waktu. Dalam industri jasa, bank mungkin membandingkan jumlah maksimum orang yang dapat diproses oleh *teller* bank per jam dengan jumlah maksimum orang yang dapat diproses ATM per jam. Ini adalah perbandingan kapasitas rantai pasokan layanan atau jasa.

B. DEFINISI PERENCANAAN PRODUKSI

1. Arti dari Perencanaan Produksi Agregat

Karena sumber daya yang tersedia untuk produksi seperti bahan baku, mesin, tenaga kerja, dana dan sebagainya terbatas, maka diinginkan untuk mengalokasikan secara efektif dan memanfaatkan sumber daya produksi tersebut untuk menentukan jenis dan jumlah yang optimal dari produk untuk diproduksi. Ini adalah perencanaan produksi agregat dalam periode waktu tertentu (biasanya rentang yang relatif panjang, seperti dalam satuan bulan atau tahun).

2. Perencanaan Produksi Jangka Pendek dan Jangka Panjang

Jika rentang waktunya pendek yang biasanya kurang dari satu tahun, maka ini adalah perencanaan produksi jangka pendek (statis) dengan faktor waktu tidak dipertimbangkan dalam kasus ini. Pada sisi lain jika rentang

waktunya lama seperti beberapa tahun, maka kita perlu memasukkan faktor waktu dalam analisis. Ini adalah perencanaan produksi jangka panjang (dinamis).

Perencanaan agregat (AP) fokus pada tempat pekerjaan dilakukan baik itu di dalam pabrik manufaktur atau pada fasilitas jasa. Manajer operasi harus menangani perencanaan tenaga kerja dimana jumlah karyawan sangat terkait dengan output yang dihasilkan dalam proses transformasi input-output. Perencanaan tenaga kerja secara langsung berkaitan dengan pengendalian persediaan berdasarkan perkiraan permintaan. AP adalah proses untuk mengembangkan rencana produksi umum untuk semua jenis pekerjaan di organisasi.

C. CONTOH 1: PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT

Dengan mengambil contoh kasus perusahaan yang memproduksi satu produk untuk memahami permasalahan yang dialami seperti ditunjukkan pada Tabel 9.2 dengan memberikan permintaan yang diharapkan terkait produk untuk 12 bulan ke depan. Ketika memecahkan masalah AP, maka dibuat asumsi implisit bahwa permintaan aktual sama dengan permintaan yang diharapkan. Kesenjangan antara permintaan yang diharapkan dan yang sebenarnya dapat dimasukkan selama revisi perencanaan. Perencanaan umumnya direvisi setelah interval waktu tertentu seperti satu bulan atau kuartal. Ketentuan dalam persediaan yang aman (*safety stock*) juga dapat dimasukkan dalam perkiraan permintaan untuk mengatasi perbedaan ini. Permintaan pada Tabel 9.2 bervariasi dari tertinggi 800 pada periode ke-8 hingga terendah 200 dalam periode ke-9.

Tabel 9.2 Permintaan Yang Diharapkan

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Rata-rata
Permintaan yang diharapkan	210	244	600	300	480	610	560	800	200	400	380	540	5520	460

1. Perencanaan Produksi

Ada tiga perencanaan yang berbeda untuk memenuhi persyaratan produksi. Dalam perencanaan ketiganya, total produksi dalam 12 bulan sama dengan total permintaan pada Tabel 9.2, yaitu 5520. Namun,

perencanaan ini menghasilkan jumlah produksi yang berbeda untuk setiap bulan. Strategi perencanaan ini meliputi:

- a. Perencanaan pada suatu jumlah tertentu (*level plan*), di mana jumlah unit yang sama diproduksi dalam setiap periode yaitu produksi rata-rata yang dihasilkan di seluruh jangka waktu perencanaan
- b. Perencanaan sesuai permintaan (*chase plan*), di mana jumlah unit yang diproduksi pada setiap periode sama dengan permintaan pada periode tersebut dengan menghasilkan apa yang dibutuhkan di setiap periode.
- c. Strategi campuran (*hybrid strategy plan*) adalah campuran dari dua strategi dasar sebelumnya dimana jumlah produksi konstan pada periode tertentu (beberapa bulan) sesuai tingkat produksi dan berubah ketika ada perubahan tingkat produksi dengan perubahan bisa beberapa kali.

Berdasarkan contoh kasus yang ada, maka perencanaan untuk tiap strategi sebagai berikut:

- a. Perencanaan rata-rata (tetap)

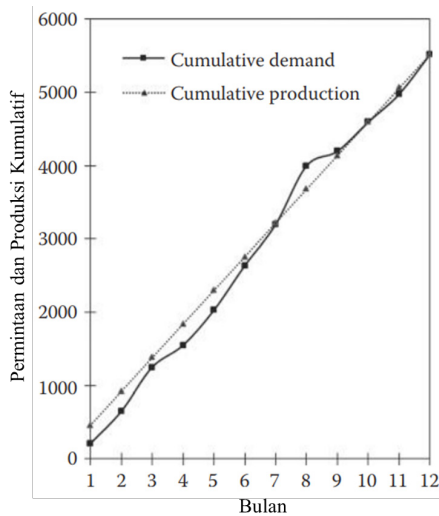
Dalam perencanaan ini, jumlah produksi rata-rata konstan sesuai tingkat permintaan yaitu 460 ($= 5520/12$). Rincian perencanaan ini diberikan pada Tabel 9.3. Perencanaan ini menghasilkan persediaan di beberapa bulan dan kekurangan di bulan-bulan lainnya. Jumlah persediaan/kekurangan dapat diperoleh dengan membandingkan permintaan dan produksi. Misalnya pada bulan pertama permintaan 210 dan produksi 460. Oleh karena itu, 250 ($= 460 - 210$) unit tersedia sebagai persediaan. Di bulan kedua, permintaan 440 dan produksi 460. Produksi melebihi permintaan sebanyak 20 unit dan oleh karena itu persediaan meningkat menjadi 270 ($= 250 + 20$). Dalam periode ketiga, permintaan 600 melebihi produksi 460 sebanyak 140 unit. Karena itu, 140 unit akan ditarik dari persediaan untuk memenuhi permintaan dan persediaan berkurang 140 unit menjadi total 130 unit. Ini adalah bagaimana tingkat persediaan dihitung. Tingkat persediaan juga dapat dihitung dengan hanya

mengambil perbedaan antara produksi kumulatif dan permintaan kumulatif pada setiap periode. Kolom ketiga yang diturunkan dari kolom kedua menunjukkan permintaan kumulatif.

Permintaan kumulatif dalam suatu bulan adalah total semua permintaan hingga dan termasuk bulan tersebut. Misalnya, permintaan kumulatif untuk periode 3 adalah 210, 440, dan 600 (total = 1250). Dalam periode tertentu, akan ada persediaan jika produksi kumulatif melebihi permintaan kumulatif dan akan terjadi kekurangan jika produksi kumulatif lebih kecil dari permintaan kumulatif. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.3, ada kekurangan di bulan 8 dan 9. Ada kekurangan 320 unit di bulan 8 karena pada akhir bulan kedelapan telah dihasilkan total 3680 unit tetapi permintaannya 4000 unit. Pada bulan berikutnya akan diproduksi 460, sedangkan permintaan 200 unit. Jadi kekurangannya turun menjadi 60 unit. Ini adalah bagaimana perhitungan dilakukan dari periode 1 sampai periode terakhir. Pada bulan 10 dan 12, persediaan atau kekurangan adalah nol. Gambar 9.1 memberikan representasi grafis dari perencanaan rata-rata pada suatu periode. Akumulatif permintaan (garis nyata) dan produksi kumulatif (garis putus-putus) diplot dalam gambar untuk menunjukkan bahwa dalam beberapa periode garis putus-putus berada di atas garis nyata yang menunjukkan persediaan dan di bawah garis nyata yang menunjukkan kekurangan pada periode lain. Garis nyata di atas garis putus-putus di bulan 8 dan 9 menunjukkan kekurangan seperti yang dibahas sebelumnya. Tingkat persediaan atau kekurangan (*shortage*) adalah nol pada periode 10 dan 12. Perlu dicatat bahwa perencanaan ini mungkin tidak berhasil di industri jasa karena jasa tidak dapat diinventarisasi. Perencanaan sesuai permintaan yang dibahas selanjutnya akan lebih tepat untuk industri jasa.

Tabel 9.3 Perencanaan Produksi Tetap

Bulan	Permintaan yang diharapkan	Rencana Produksi	Permintaan Kumulatif	Produksi Kumulatif	Persediaan
1	210	460	210	460	250
2	440	460	650	920	270
3	600	460	1250	1380	130
4	300	460	1550	1840	290
5	480	460	2030	2300	270
6	610	460	2640	2760	120
7	560	460	3200	3220	20
8	800	460	4000	3680	-320
9	200	460	4200	4140	-60
10	400	460	4600	4600	0
11	380	460	4980	5060	80
12	540	460	5520	5520	0
Total	5520	5520			
Rata2					



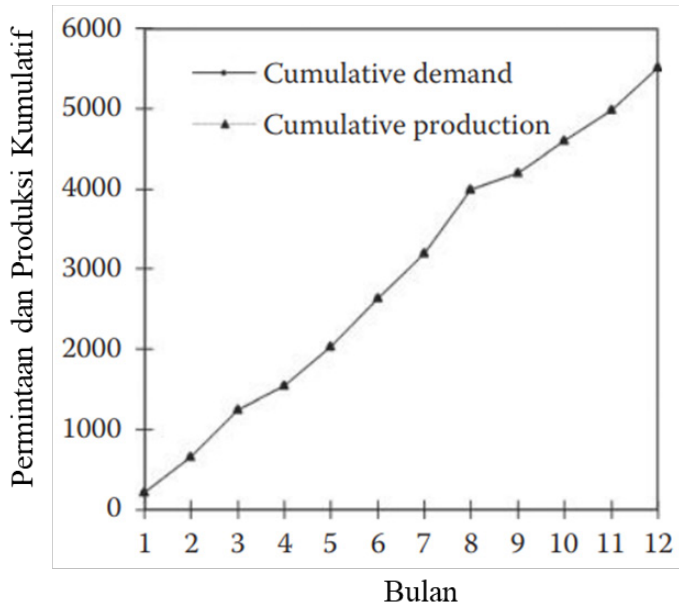
Gambar 9.1 Penggambaran Grafis dari Perencanaan Bertingkat

b. Perencanaan sesuai permintaan

Dalam perencanaan ini, produksi sama dengan permintaan di setiap periode. Pada contoh kasus, 210 akan diproduksi di bulan pertama, 440 di bulan kedua, 600 di bulan ketiga, dan seterusnya sampai total 5520 pada akhir tahun. Perencanaan ini disebut juga perencanaan pengejaran (*chase plan*) karena produksi mengejar permintaan. Persediaan dan kekurangan dihitung seperti yang dihitung dalam perencanaan yang mana tidak ada persediaan dan kekurangan di rencana ini. Rincian perencanaan diberikan pada Tabel 9.4 dengan produksi kumulatif dan grafik permintaan kumulatif tumpang tindih seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.2.

Tabel 9.4 Data Perencanaan Sesuai Permintaan

Bulan	Permintaan yang diharapkan	Permintaan Kumulatif	Rencana Produksi	Produksi Kumulatif	Persediaan
1	210	210	210	210	0
2	440	650	440	650	0
3	600	1250	600	1250	0
4	300	1550	300	1550	0
5	480	2030	480	2030	0
6	610	2640	610	2640	0
7	560	3200	560	3200	0
8	800	4000	800	4000	0
9	200	4200	200	4200	0
10	400	4600	400	4600	0
11	380	4980	380	4980	0
12	540	5520	540	5520	0
Total	5520				
Rata2					



Gambar 9.2 Grafik Perencanaan Sesuai Permintaan

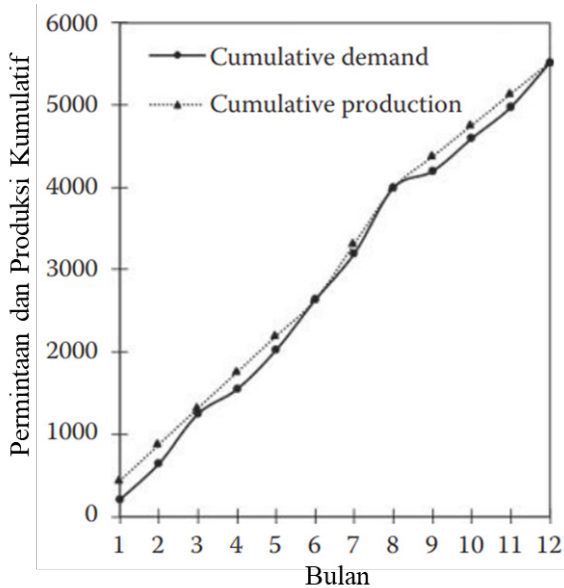
c. Perencanaan campuran (*Hybrid*)

Perencanaan campuran (*Hybrid*) adalah penggabungan dari perencanaan rata-rata dan perencanaan sesuai permintaan. Perencanaan rata-rata dan sesuai permintaan merupakan perencanaan yang ekstrem yang didasarkan pada tingkat produksi konstan dan berubah di setiap bulan. Dalam perencanaan campuran akan dilakukan perencanaan produksi pada tingkat produksi konstan tertentu yang dipilih untuk beberapa bulan, kemudian berubah di tingkat produksi yang lain selama beberapa bulan berikutnya, dan dapat berubah lagi. Ada banyak perencanaan campuran yang salah satu perencanaan tersebut ditunjukkan pada Tabel 9.5. Di dalam perencanaan ini, 440 unit diproduksi per bulan selama 6 bulan pertama, kemudian produksi level diubah menjadi 680 per bulan untuk 2 bulan

ke depan; dan akhirnya 380 unit adalah diproduksi per bulan selama 4 bulan terakhir. Pada contoh ini, 440 mewakili rata-rata dari 6 bulan pertama, 680 adalah rata-rata bulan 7 dan 8, dan 380 adalah rata-rata dari 4 bulan terakhir. Persediaan dan kekurangan dihitung seperti yang dilakukan sebelumnya pada perencanaan rata-rata. Tabel 9.5 menunjukkan tingkat persediaan atau kekurangan. Contoh penggambaran perencanaan secara grafis ditunjukkan pada Gambar 9.3. Perencanaan ini didasarkan pada penilaian dan penggabungan perencanaan yang berbeda akan memberikan tingkat persediaan/kekurangan yang berbeda pula.

Tabel 9.5 Perencanaan Produksi Campuran

Bulan	Permintaan yang diharapkan	Permintaan Kumulatif	Rencana Produksi	Produksi Kumulatif	Persediaan
1	210	210	440	440	230
2	440	650	440	880	230
3	600	1250	440	1320	70
4	300	1550	440	1760	210
5	480	2030	440	2200	170
6	610	2640	440	2640	0
7	560	3200	680	3320	120
8	800	4000	680	4000	0
9	200	4200	380	4380	180
10	400	4600	380	4760	160
11	380	4980	380	5140	160
12	540	5520	380	5520	0
Total	5520				
Rata2					



Gambar 9.3 Grafik Perencanaan Campuran

2. Kapasitas Produksi

Kelayakan perencanaan yang dibahas pada bagian sebelumnya tergantung pada kapasitas produksi pabrik. Sebuah pabrik mungkin beroperasi dalam satu atau dua shift atau beberapa pabrik bahkan mungkin bekerja sepanjang waktu selama tiga shift juga. Dalam pembahasan ini akan digunakan kasus pabrik yang beroperasi dalam satu shift dan dapat bekerja lembur jika diperlukan. Kapasitas produksi ditentukan sebagai jumlah unit yang dapat diproduksi dalam satu shift dalam waktu normal. Kapasitas ini dapat ditingkatkan dengan bekerja lembur dimana kapasitas lembur umumnya ditentukan sebagai persentase dari waktu normal. *Outsourcing* (subkontrak) juga dapat meningkatkan kapasitas produksi internal.

Setiap pabrik dirancang dalam kapasitas waktu normal tertentu dan investasi di mesin maupun fasilitas produksi dibuat untuk mencapai kapasitas tersebut. Dalam perencanaan agregat diasumsikan bahwa investasi fasilitas tidak akan berubah selama periode perencanaan karena

ini adalah investasi jangka panjang. Pengaturan tambahan (marjinal) terhadap kapasitas produksi dapat dilakukan dengan mengubah tenaga kerja. Pengaturan yang besar dalam kapasitas produksi adalah dengan mengubah tingkat tenaga kerja yang dapat dilakukan dalam kasus-kasus di mana output sebagian besar bergantung pada tenaga kerja (terutama dalam industri jasa).

Dalam contoh 1, pabrik dapat dirancang untuk memproduksi 460 unit per bulan selama waktu normal dalam satu shift yang mewakili tingkat produksi 460 di setiap periode. Hal ini sesuai untuk perencanaan tetap (*level plan*).

Dalam perencanaan sesuai permintaan (*chase plan*), produksi bervariasi dari yang terendah 200 pada periode 9 hingga tinggi 800 dalam periode 8. Dalam merancang tingkat permintaan pabrik untuk perencanaan sesuai permintaan dengan memisalkan pabrik dirancang pada tingkat 500 unit per bulan, maka dalam hal ini pabrik akan tetap menganggur untuk beberapa waktu dalam suatu periode ketika produksi kurang dari 500 dan sebaliknya jika kebutuhan produksi lebih dari 500, maka lembur dan/atau subkontrak harus digunakan. Pabrik bahkan dapat dirancang untuk memproduksi 800 unit per bulan selama waktu normal. Dalam hal ini, pabrik akan tetap menganggur selama beberapa bulan kecuali bulan 8 ketika permintaan 800. Pabrik juga bisa dirancang pada 200 unit per bulan selama waktu normal yang merupakan permintaan terendah di setiap bulan. Dalam hal ini, lembur dan/atau subkontrak akan digunakan di semua bulan kecuali di bulan 9 saat permintaan 200.

Dalam perencanaan campuran (hibrid) di mana tingkat produksinya 440 per bulan dalam 6 bulan pertama yang kemudian meningkat menjadi 680 per bulan untuk 2 bulan berikutnya, dan akhirnya tingkat produksi adalah 380 per bulan selama 4 bulan terakhir. Misalkan pabrik dirancang dengan kapasitas produksi 480 unit per bulan selama waktu normal, maka dalam perencanaan ini selama 6 bulan pertama akan diproduksi 440 unit setiap bulan dan akan ada kapasitas menganggur 40 ($= 480 - 440$) unit di setiap bulan. Demikian pula, selama 4 bulan terakhir kapasitas

menganggur akan menjadi $100 (= 480 - 380)$ unit per bulan karena tingkat produksi adalah 380 per bulan. Pada bulan ke 7 dan 8, tingkat produksinya adalah 680 tetapi hanya 480 unit yang dapat diproduksi selama waktu normal. Tambahan 200 unit harus diperoleh dengan kerja lembur dan/atau subkontrak. Misalkan lembur dibatasi hingga 20% dari produksi waktu normal, artinya $96 (= 20\% \text{ dari } 480)$ unit dapat diproduksi selama waktu lembur. Jadi akan diproduksi 480 unit selama waktu normal per bulan dan 96 unit selama waktu lembur per bulan. Karena total produksi seharusnya 680, maka sisa $104 (= 680 - 480 - 96)$ unit akan diperoleh melalui subkontrak. Jumlah maksimum unit yang dapat disubkontrakkan tergantung pada ketersediaan pemasok yang sesuai.

Masing-masing perencanaan diatas memiliki implikasi yang berbeda-beda dalam biaya. Berbagai bagian atau komponen dalam perencanaan agregat seperti yang dibahas di atas meliputi kerja waktu normal, kerja lembur, subkontrak, perubahan tingkat produksi waktu normal, persediaan, kekurangan, dan kapasitas yang menganggur. Mengubah tingkat produksi dapat dicapai dengan mengubah tingkat tenaga kerja ke atas atau ke bawah. Biaya komponen ini ditambahkan bersama-sama untuk menemukan total biaya sebuah perencanaan. Perencanaan tersebut dibandingkan berdasarkan total biaya untuk menentukan perencanaan terbaik.

Selanjutnya akan dijelaskan perhitungan berbagai biaya menggunakan contoh 2 dan 3. Contoh 2 adalah produsen yang membuat produk untuk dijual yang dapat diinventarisasi atau disimpan ketika kapasitas produksi lebih besar dari permintaan. Contoh 3 mempelajari perencanaan agregat di laboratorium pengujian darah yang tipe perencanaannya banyak dijumpai dalam industri jasa. Ketika laboratorium memiliki kapasitas pengujian yang lebih banyak daripada permintaan pengujian, maka beberapa pengujian menganggur dan peralatan pengujian kurang dimanfaatkan. Perbedaan utama antara contoh 2 dan 3 adalah bahwa dalam industri jasa, persediaan tidak dapat dilakukan selama periode ketika permintaan jasa turun di bawah kapasitas pasokan jasa yang ada.

D. CONTOH 2: PERENCANAAN PRODUKSI MANUFAKTUR AGREGAT

Data yang diberikan pada Tabel 9.6 menunjukkan permintaan agregat yang diharapkan (*expected aggregate demand*) dalam suatu produk manufaktur. Suatu kumpulan data serupa akan digunakan untuk contoh 3 yang berhubungan dengan perencanaan produksi jasa agregat untuk laboratorium pengujian darah. Kasus dalam industri jasa dan industri manufaktur menggunakan jumlah tingkat permintaan, kapasitas produksi, dan biaya yang digunakan sama tetapi tiap kasus digunakan untuk mengembangkan strategi yang berbeda dalam menyesuaikan pasokan dan permintaan.

Tabel 9.6 Data Permasalahan Perencanaan Agregat di Manufaktur

Bulan	Permintaan yang diharapkan	Hari kerja	Permintaan yang diharapkan setiap hari
Jan	400	22	18.18
Feb	440	20	22.00
Mar	600	22	27.27
Apr	396	21	18.86
Mei	480	20	24.00
Jun	610	22	27.73
Jul	560	19	29.47
Agu	650	22	29.55
Sep	450	22	20.45
Okt	350	21	16.67
Nov	380	20	19.00
Des	540	20	27.00
Total	5856	251	
Rata-rata	488		23.33

Tabel 9.6 juga menunjukkan jumlah hari kerja dalam setiap bulan selama perencanaan 12 bulan. Total permintaan per tahun adalah 5.856

unit produk dengan rata-rata 488 unit per bulan. Permintaan bervariasi dari tertinggi 650 unit di bulan Agustus hingga terendah 350 unit di bulan Oktober. Jumlah keseluruhan dari hari kerja dalam setahun adalah 251. Permintaan per hari untuk setiap bulan dan permintaan rata-rata dalam periode perencanaan 12 bulan juga termasuk dalam tabel ini.

Perencanaan di perusahaan manufaktur sangat tergantung pada berbagai biaya dan kapasitas produksi yang dipengaruhi oleh strategi perencanaan dalam mengatasi berbagai permasalahan terkait permintaan yang berfluktuasi. Perlu juga untuk memperhatikan jumlah hari kerja yang berbeda di setiap periode karena hari libur, juga setiap bulan akan memiliki jumlah hari yang berbeda.

1. Biaya Dalam Perencanaan Agregat

Biaya dalam perencanaan agregat meliputi:

- a. Biaya penyimpanan/persediaan (*holding/carrying cost*): biaya ini dihitung pada jumlah unit yang disimpan yang terjadi pada kondisi di mana pasokan (kapasitas produktif) lebih besar dari permintaan.
- b. Biaya kekurangan (*stock-out/shortage/back order cost*): biaya ini terjadi ketika unit permintaan lebih besar dari penawaran (kapasitas produktif).
- c. Biaya tenaga kerja selama waktu normal.
- d. Biaya tenaga kerja lembur.
- e. Biaya subkontrak atau outsourcing.
- f. Biaya peningkatan tingkat produksi (perekrutan pekerja).
- g. Biaya penurunan tingkat produksi (pemecatan pekerja).
- h. Biaya bahan

Biaya penyimpanan/persediaan (*holding/carrying cost*) biasanya mencakup biaya modal, penyimpanan, asuransi, dan sebagainya. Biaya ini ditentukan per unit per periode. Hal ini muncul ketika pasokan produksi lebih besar dari permintaan.

Biaya kekurangan (*stock-out/shortage/backorder cost*) adalah biaya yang dikeluarkan karena tidak terpenuhinya permintaan

tepat waktu. Ketika terjadi kekurangan, maka permintaan akan hilang atau menumpuk (*backlog*). Penumpukan permintaan berarti pelanggan menunggu pesanan dipenuhi dalam periode yang akan datang. Pesanan yang hilang dan pesanan yang menumpuk dapat menimbulkan biaya yang besar. Hilangnya pesanan terkadang diterjemahkan ke dalam hilangnya kepercayaan pelanggan selamanya. Dalam industri manufaktur, biaya kekurangan biasanya didasarkan pada perkiraan pendapatan yang hilang yang bisa diperbaiki dengan memberikan diskon kepada pelanggan terkait pengiriman yang terlambat. Ada juga potensi kerusakan reputasi perusahaan dalam keandalan yang dapat mempengaruhi bisnis dan pendapatan di masa depan. Dalam contoh ini, kita mengasumsikan bahwa permintaan tertunda/menumpuk (*backlog*). Biaya kekurangan dihitung dalam per unit selama berhenti per periode waktu.

Biaya tenaga kerja waktu normal adalah fungsi dari tingkat upah normal per jam dan jumlah jam kerja selama waktu normal di setiap bulan. Demikian pula, biaya tenaga kerja lembur adalah fungsi dari tingkat upah lembur per jam dan jumlah jam kerja lembur. Biaya subkontrak adalah biaya untuk membeli produk dari pemasok luar dan ditetapkan sebagai biaya per unit yang dibeli.

Biaya bahan per unit adalah biaya bahan dari mana barang tersebut diproduksi. Tingkat produksi dapat diubah naik atau turun dengan merekrut atau memecat (PHK) pekerja yang menjadi biaya pengeluaran dalam menyesuaikan tingkat produksi. Perkiraan contoh yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 9.7. Penetapan biaya aktual membutuhkan pemahaman yang benar dari semua elemen tentang karakteristik sistem tertentu dan data terkait biaya yang akan timbul.

2. Kapasitas Produksi

Kelayakan suatu perencanaan produksi tergantung pada kapasitas produksi pabrik. Informasi yang menetapkan kapasitas produksi meliputi jumlah hari kerja dalam setiap bulan, jumlah shift yang beroperasi, jumlah pekerja, jumlah jam lembur yang diizinkan, dan jumlah unit maksimum yang dapat dibeli melalui subkontrak (*outsourcing*). Sebuah

Tabel 9.7 Contoh Data Biaya Perencanaan Produksi Agregat di Manufaktur

Biaya kekurangan per unit per periode (\$)	100
Biaya penyimpanan/persediaan per unit per periode (\$)	25
Biaya peningkatan level produksi per unit (\$)	200
Biaya penurunan level produksi per unit (\$)	300
Gaji tenaga kerja per jam dalam waktu normal (\$)	20
Gaji tenaga kerja per jam dalam waktu lembur (\$)	30
Biaya sub-contracting (outsourcing) per unit (\$)	650
Biaya bahan per unit (\$)	100

pabrik mungkin beroperasi dalam satu shift atau dalam dua shift; beberapa pabrik bahkan dapat bekerja sepanjang waktu selama tiga shift. Semua contoh yang digunakan dalam pembahasan adalah untuk operasi satu shift. Kapasitas produksi normal ditentukan sebagai jumlah unit yang dapat diproduksi dalam suatu shift tunggal selama waktu normal oleh sejumlah pekerja tertentu. Kapasitas ini dapat meningkat dengan bekerja lembur; dan kapasitas lembur umumnya ditentukan sebagai persentase kapasitas waktu normal. *Outsourcing* (subkontrak) dapat meningkatkan kapasitas produksi internal dan penyesuaian kapasitas produksi dilakukan dengan mengubah jumlah pekerja.

Untuk contoh ini diasumsikan waktu produksi per unit 4 jam dan masing-masing pekerja memiliki 8 jam kerja per hari serta dengan mengasumsikan jumlah pekerja tetap konstan untuk setiap bulan dan tidak ada barang yang cacat diproduksi. Disamping itu, perkiraan permintaan dapat ditingkatkan untuk memungkinkan pengiriman sejumlah unit barang yang dibutuhkan. Hal ini sering dilakukan di tempat kerja yang waktu produksinya singkat. Dalam hal ini, pemecahan masalah AP dengan asumsi sederhana bahwa permintaan aktual sama dengan permintaan yang diharapkan dan produksi tidak memiliki cacat. Perbedaan yang muncul antara permintaan yang diharapkan dan yang sebenarnya dapat diperbaiki pada saat revisi perencanaan secara berkala.

Langkah pertama dalam mengembangkan perencanaan produksi alternatif adalah menetapkan tingkat produksi per hari untuk setiap bulan. Tingkat produksi ini tetap konstan dalam bulan tertentu tetapi dapat berubah dari satu bulan ke bulan berikutnya.

Contoh perhitungan dalam tingkat produksi per hari dan jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk memenuhi suatu tingkat produksi sebagai berikut:

- a. Tingkat produksi bulanan per hari: Tingkat produksi per hari dalam waktu bulan tertentu merupakan fungsi dari produksi pada bulan tersebut dan jumlah hari kerja pada bulan tersebut.

Tingkat produksi per hari = produksi per bulan/hari kerja pada bulan tersebut.

Misalkan pada bulan tertentu, katakanlah Maret diharapkan untuk memproduksi 600 unit dan jumlah hari kerja adalah 22, maka untuk memproduksi 600 unit dalam 22 hari diperoleh tingkat produksi per hari $600/22 = 27,27$. Hasil pecahan dapat diinterpretasikan dengan berbagai cara yang mana bisa dibulatkan dan diperlakukan sebagai persediaan atau dapat diselesaikan dengan menggunakan lembur. Disini digunakan tingkat produksi 27,27 unit dengan memproduksi 27 unit pada hari itu, kemudian produksi terus bekerja pada produk yang belum selesai pada hari berikutnya.

- b. Jumlah pekerja yang dibutuhkan: Jumlah pekerja yang dibutuhkan pada setiap hari tertentu adalah fungsi dari permintaan produksi untuk hari itu, jumlah jam kerja pada hari itu, dan waktu produksi (waktu yang dibutuhkan untuk satu unit yang sama dengan 4 jam dalam contoh ini).

Jumlah pekerja = (produksi \times waktu produksi per unit)/jam kerja.

Pada bulan Maret misalkan setiap karyawan produksi bekerja selama 8 jam per hari dan waktu produksi yang dibutuhkan adalah 4 jam per unit sehingga untuk mencapai tingkat produksi 27,27 dibutuhkan

jumlah pekerja sebanyak $(27,27 \times 4)/8 = 13,64$. Tenaga kerja 13,64 dianggap sebagai 13 pekerja waktu penuh dan 0,64 pekerja paruh waktu.

3. Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi menentukan jumlah unit yang akan diproduksi per harinya. Untuk contoh ini, jumlahnya tetap konstan dalam bulan tertentu tetapi dapat berubah dari satu bulan ke bulan berikutnya. Tabel 9.6 memberikan perkiraan permintaan per hari untuk setiap bulan dalam suatu waktu perencanaan. Perhitungan permintaan yang diharapkan per hari seperti dijelaskan sebelumnya. Permintaan yang diharapkan per hari berfluktuasi antara minimum 16,67 pada bulan Oktober hingga maksimum 29,55 pada bulan Agustus. Permintaan rata-rata per hari untuk periode 12 bulan adalah 23,33.

Akan dikembangkan perencanaan berbeda yang menentukan jumlah unit yang diproduksi di setiap bulan dengan mengembangkan empat rencana produksi berikut:

- a. Tingkat tertentu
- b. Sesuai permintaan
- c. Campuran
- d. Perencanaan yang menggunakan lembur.

Tiga di antaranya sudah dibahas dalam Contoh 1.

Diasumsikan bahwa pabrik saat ini disiapkan untuk memproduksi 21 unit per hari.

- a. Perencanaan pada suatu tingkat tertentu/tetap (rata-rata)

Dalam perencanaan tetap, produksi per hari adalah konstan pada tingkat permintaan rata-rata selama periode 12 bulan yaitu 23,33 unit per hari. Tabel 9.8 memberikan contoh perhitungan dalam perencanaan ini. Produksi pada bulan tertentu dihitung dengan mengalikan jumlah hari dalam bulan tersebut dengan tingkat produksi per hari (23,33). Angka produksi dibulatkan ke bilangan bulat terdekat. Misalnya pada bulan Januari, 513 digunakan untuk jumlah unit yang

diproduksi, sedangkan $23,33 \times 22 = 513,26$. Namun, permintaan pada Januari hanya 400 unit. Oleh karena itu, $113 (= 513 - 400)$ unit masuk ke persediaan. Pada bulan Februari, $467 (= 23,33 \times 20)$ unit diproduksi, sedangkan permintaan yang diharapkan adalah untuk 440 unit. Oleh karena itu, 27 unit ($= 467 - 440$) ditambahkan persediaan dan tingkat persediaan pada akhir Februari adalah 140. Pada bulan Maret, produksi adalah $513 (= 23,33 \times 22)$ yang 87 unit kurang dari permintaan (600 unit). Oleh karena itu, 87 unit ditarik dari persediaan untuk memenuhi permintaan bulan Maret. Tingkat persediaan pada akhir Maret menjadi 53. Dengan cara yang sama, perhitungannya dilanjutkan.

Dalam beberapa bulan, produksi kurang dari permintaan dan tidak ada cukup unit dalam persediaan untuk memenuhi permintaan. Dalam situasi seperti itu, kekurangan terjadi seperti pada bulan Juli diproduksi 117 unit yang lebih sedikit dari permintaan ($= 443 - 560$). Hanya 37 unit tersedia dalam persediaan pada akhir Juni sehingga 37 unit ini digunakan untuk menutupi kekurangan Juli namun masih akan terjadi kekurangan sebanyak 80 unit ($= 117 - 37$). Pada bulan Agustus kekurangan meningkat menjadi 217, kemudian menurun menjadi 154 unit pada bulan September, dan kemudian menurun menjadi 14 unit pada bulan Oktober. Pada akhir November, ada 73 unit dalam persediaan dan akhirnya persediaan nol pada akhir Desember dengan total produksi sama dengan permintaan. Namun demikian, dengan perencanaan tingkat akan terjadi situasi terlalu banyak persediaan (stok) dan situasi kehabisan persediaan meskipun mengakhiri tahun dengan persediaan nol.

Biaya persediaan dan kekurangan setiap bulan dihitung dengan mengalikan persediaan atau kekurangan akhir bulan dengan biayanya, dimana bisa juga dijumlahkan semua persediaan akhir bulan (jumlah semua persediaan akhir bulan = 697) dan juga jumlah kekurangan akhir bulan (jumlah semua kekurangan akhir bulan = 465). Dengan mengalikan angka-angka ini dengan biayanya masing-masing, maka total biaya persediaan adalah \$17.425 (697×25) dan total

biaya kekurangan adalah \$46.200 (462×100). Jumlah seluruhnya produksi selama waktu reguler adalah 5856, sehingga biaya tenaga kerja waktu normal adalah \$468.480 ($= 5856 \times 4 \times 20$). Total biaya bahan adalah \$585.600 (5856×100). Tingkat produksinya berubah dari 21 menjadi 23,33 di bulan Januari. Setelah itu produksi tingkat tetap konstan di 23,33. Oleh karena itu, biaya perubahan tingkat produksi adalah \$466 ($= 2,33 \times 200$) dan total biaya tahunan dari perencanaan ini adalah \$1.118.171.

Tabel 9.8 Contoh Perencanaan Tetap = 23.33 Unit Produk Manufaktur Yang Dapat Disimpan

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Permintaan yang diharapkan (unit)	400	440	600	396	480	610	560	650	450	350	380	540	5856
Hari kerja	22	20	22	21	20	22	19	22	22	21	20	20	251
Produksi per hari (unit)	23.33	23.33	23.33	23.33	23.33	23.33	23.33	23.33	23.33	23.33	23.33	23.33	
Total produksi (unit)	513	467	513	490	467	513	443	513	513	490	467	467	5856
Kelebihan/kekurangan persediaan (unit)	113	27	-87	94	-13	-97	-117	-137-	63	140	87	-73	
Persediaan/kekurangan akhir (unit)	113	140	53	147	134	37	-80	-217	-154	-14	73	0	
Persediaan akhir (unit)	113	140	53	147	134	37	0	0	0	0	73	0	697
Kekurangan akhir (unit)	0	0	0	0	0	0	80	217	154	14	0	0	465
Biaya persediaan (\$)	2825	3500	1325	3675	3350	925	0	0	0	0	1825	0	17425
Biaya kekurangan (\$)	0	0	0	0	0	0	8000	21700	15400	1400	0	0	46500
Perubahan di level produksi	2.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Perubahan di level produksi - naik	2.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.33
Perubahan di level produksi - turun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biaya perubahan level produksi naik (\$)	466	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	466
Biaya perubahan level produksi turun (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b. Perencanaan Sesuai Permintaan (*Case Plan*)

Pilihan lain selain perencanaan di suatu level adalah perencanaan sesuai permintaan (*chase plan*) di mana tingkat produksi per hari di setiap bulan sama dengan permintaan per hari di bulan itu. Produksi per hari berubah dari 1 bulan ke bulan berikutnya. Rincian perencanaan ini sesuai contoh yang ditunjukkan pada Tabel 9.9. Dalam perencanaan ini, tidak ada persediaan atau kekurangan namun tingkat produksi yang digunakan disesuaikan setiap bulannya. Pada bulan Januari, tingkat produksi adalah 18,18 unit per hari. Oleh karena itu, tingkat produksi berkurang 2,82 (21 - 18,18) unit, dengan asumsi perusahaan manufaktur disiapkan untuk memproduksi 21 unit per hari. Pada bulan Februari, tingkat produksi meningkat menjadi 22 dan tingkat harus disesuaikan ke atas sebesar 3,82 (tingkat di bulan Februari – tingkat di bulan Januari = 22 - 18.18) unit.

Tabel 9.9 Contoh Perencanaan Sesuai Permintaan di Manufaktur

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Permintaan yang diharapkan (unit)	400	440	600	396	480	610	560	650	450	350	380	540	5856
Hari kerja	22	20	22	21	20	22	19	22	22	21	20	20	251
Produksi per hari (unit)	18.18	22.00	27.27	18.86	24.00	27.73	29.47	29.55	20.45	16.67	19.00	27.00	
Total produksi (unit)	400	440	600	396	480	610	560	650	450	350	380	540	5856
Kelebihan/kekurangan persediaan (unit)	Tidak ada persediaan atau kekurangan dalam perencanaan ini												
Perubahan level produksi (unit)	-2.82	3.82	5.27	-8.42	5.14	3.73	1.75	0.07	-9.09	-3.79	2.33	8.00	
Perubahan level produksi – naik (unit)	0	3.82	5.27	0	5.14	3.73	1.75	0.07	0	0	2.33	8.00	30.11
Perubahan level produksi – turun (unit)	2.82	0	0	8.42	0	0	0	0	9.09	3.79	0	0	24.11
Jumlah pekerja	9.09	11.00	13.64	9.43	12.00	13.86	14.74	14.77	10.23	8.33	9.50	13.50	

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.9, tingkat produksi harus disesuaikan ke atas dalam Maret (5,27), Mei (5,14), Juni (3,73), Juli (1,75), Agustus (0,07), November (2,33), dan Desember (8.00). Angka dalam kurung menunjukkan jumlah penyesuaian ke atas. Pada bulan Januari, April, September, dan Oktober, tingkat produksi

harus disesuaikan masing-masing sebesar 2,82, 8,42, 9,09 dan 3,79. Jumlah penyesuaian ke atas seluruhnya adalah 30,11 dengan biaya \$6023 ($30,11 \times 200$). Penyesuaian total ke bawah adalah 24,11 dengan biaya \$7234 ($24,11 \times 300$). Total produksi selama waktu normal adalah 5856. Oleh karena itu, biaya tenaga kerja waktu normal adalah \$468,480 ($= 5856 \times 4 \times 20$) dan total biaya bahan adalah \$585.600 ($= 5856 \times 100$). Jumlah seluruhnya biaya tahunan dari paket ini adalah \$1.067.336.

c. Perencanaan Campuran (Hibrid)

Perencanaan tetap di suatu level dan sesuai permintaan berada di dua situasi ekstrem. Perencanaan tingkat mempertahankan tenaga kerja utuh dimana tidak ada pemecatan dan karyawan merasa aman. Strategi penyesuaian dengan permintaan, maka sangat penting untuk menjelaskan kepada tenaga kerja bagaimana kepentingannya diwakili oleh strategi ini yang mempekerjakan dan memecat sesuai dengan sistem permintaan pelanggan. Pertimbangan ini menyebabkan timbulnya gagasan bahwa kita dapat memiliki perencanaan campuran atau hibrid di mana produksi tingkat dijaga konstan pada tingkat tertentu selama beberapa bulan dan kemudian diubah ke tingkat yang lain. Hal ini menambahkan beberapa stabilitas untuk kepentingan karyawan sambil menghasilkan penghematan pada pergeseran permintaan musiman. Tingkat produksi dapat diubah beberapa kali selama waktu perencanaan tertentu.

Dalam rencana hibrid yang diusulkan pada contoh, tingkat produksi adalah konstan pada 23,04 unit per hari selama 6 bulan pertama yang merupakan rata-rata permintaan untuk 6 bulan pertama (Januari–Juni), kemudian berubah menjadi 26,35 yang merupakan permintaan rata-rata selama 3 bulan ke depan (Juli, Agustus, dan September) dan akhirnya produksi level berubah menjadi 20,82 yang merupakan rata-rata permintaan selama 3 bulan terakhir. Rencana ini memerlukan persediaan, kekurangan, dan perubahan tingkat produksi naik dan turun. Perhitungan ini dilakukan dengan cara yang sama seperti dalam perencanaan tingkat dan *chase* yang ditunjukkan

pada Tabel 9.10. Total biaya tahunan dari paket ini adalah \$1.093.359 yang meliputi biaya tenaga kerja waktu normal (\$468.480), biaya bahan (\$585.600), biaya penyimpanan persediaan (\$17.650), biaya kekurangan (\$18.900), peningkatan tingkat produksi (\$1070), dan penurunan tingkat produksi (\$ 1659).

Tabel 9.10 Perencanaan Campuran (Hybrid)

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Pemintaan yang diharapkan (unit)	400	440	600	396	480	610	560	650	450	350	380	540	5856
Hari kerja	22	20	22	21	20	22	19	22	22	21	20	20	251
Produksi per hari (unit)	Rata-rata permintaan per hari (Jan – Jun)						Rata2 permintaan per hari (Jul-Sep)			Rata2 permintaan per hari (Okt-Des)			
	23.04	23.04	23.04	23.04	23.04	23.04	26.35	26.35	26.35	20.82	20.82	20.82	
Total produksi (unit)	507	461	507	484	461	507	501	580	580	437	416	416	5856
Kelebihan/kekurangan persediaan (unit)	107	21	-93	88	-19	-103	-59	-70	130	87	36	-124	
Persediaan/kekurangan akhir (unit)	107	128	35	122	103	0	-59	-129	1	88	124	0	
Persediaan akhir (unit)	107	128	35	122	103	0	0	0	1	88	124	0	
Kekurangan akhir (unit)	0	0	0	0	0	0	59	129	0	0	0	0	
Biaya persediaan (\$)	2675	3200	875	3050	2575	0	0	0	25	2200	3100	0	17700
Biaya kekurangan (\$)	0	0	0	0	0	0	5900	12900	0	0	0	0	18800
Perubahan dalam level produksi (unit)	2.04	0	0	0	0	0	3	0	0	-6	0	0	
Perubahan dalam level produksi – naik (unit)	2.04	0	0	0	0	0	3.31	0	0	0	0	0	5.35
Perubahan dalam level produksi – turun (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.53	0	0	5.53
Biaya perubahan level produksi – naik (\$)	407.87	0	0	0	0	0	661.97	0	0	0	0	0	1070
Biaya perubahan level produksi – turun (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1658.86	0	0	1659
Jumlah tenaga kerja	11.52	11.52	11.52	11.52	11.52	11.52	13.17	13.17	13.17	10.41	10.41	10.41	

d. Lembur Dalam Kombinasi Perencanaan Sesuai Permintaan dan Perencanaan Dalam Level Tertentu

Dalam perencanaan sesuai contoh akan ditunjukkan penggunaan waktu lembur dalam perencanaan produksi agregat dengan kombinasi perencanaan dalam level tertentu dan perencanaan sesuai permintaan. Dalam perencanaan tetap dalam suatu level, produksi dijaga konstan pada tingkat tertentu. Dalam contoh 2, perencanaan level menggunakan 23,33 sebagai laju produksi per hari. Itu adalah tingkat produksi rata-rata per hari pada suatu perencanaan dan ketika lembur digunakan, maka dapat diatur tingkat produksi pada jumlah yang lebih rendah. Untuk masalah ini, telah ditetapkan tingkat produksi sebesar 16,67 unit per hari yang merupakan jumlah yang wajar karena merupakan jumlah produksi minimum per hari dalam 12 bulan.

Produksi minimum per hari, 16,67 adalah dalam bulan Oktober (lihat Tabel 9.6). Produksi selama waktu normal pada bulan tertentu diperoleh dengan mengalikan 16,67 dengan jumlah hari dalam bulan tersebut dengan membulatkan angka produksi ke bilangan bulat terdekat. Selisih antara permintaan dan produksi pada setiap bulan memberikan jumlah unit yang harus diproduksi selama dari waktu ke waktu. Sebagai contoh, produksi pada bulan Januari adalah 367 ($16,67 \times 22$) unit. Oleh karena itu, produksi lembur akan menjadi 33 ($= 400 - 367$). Perhitungan dalam perencanaan ini diberikan pada Tabel 9.11.

Dalam perencanaan ini, 4184 unit diproduksi selama waktu normal dan 1672 unit diproduksi diproduksi selama lembur dengan total 5.856 unit. Oleh karena itu, biaya produksi waktu normal adalah \$334.720 ($4184 \times 20 \times 4$) dan biaya lembur adalah \$200.640 ($1672 \times 30 \times 4$). Total biaya bahan adalah \$585.600 yang sama dengan perencanaan lain. Tingkat produksi per hari harus diturunkan sebesar 4,33 yang merupakan perbedaan antara tingkat produksi saat ini yaitu 21 dan tingkat produksi di Januari sebesar 16,67. Biaya untuk mengubah tingkat produksi adalah \$1299.

Tabel 9.11 Lembur Dalam Produksi Chase Dengan Produksi Level

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Permintaan yang diharapkan (unit)	400	440	600	396	480	610	560	650	450	350	380	540	5856
Hari kerja	22	20	22	21	20	22	19	22	22	21	20	20	251
Produksi per hari (unit)	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	
Produksi waktu normal (unit)	367	333	367	350	333	367	317	367	367	350	333	333	4184
Produksi lembur (unit)	33	107	233	46	147	243	243	283	83	0	47	207	1672
Total produksi (unit)	400	440	600	396	480	610	560	650	450	350	380	540	5856
Persediaan/ kekurangan akhir (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Persediaan akhir (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kekurangan akhir (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biaya persediaan (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biaya kekurangan (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perubahan level produksi (unit)	-4.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Perubahan level produksi - naik (unit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perubahan level produksi - turun (unit)	4.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.33
Biaya perubahan level produksi - naik (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biaya perubahan level produksi - turun (\$)	1299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1299
Jumlah tenaga kerja	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	

4. Pemilihan Perencanaan Produksi

Tabel 9.12 memberikan perbandingan biaya dari empat perencanaan produksi yang sudah dibahas. Perencanaan *chase* adalah perencanaan yang paling murah dan merupakan pilihan teratas untuk digunakan, namun pertimbangan non-keuangan lainnya juga harus dipertimbangkan ketika memilih perencanaan akhir. Perencanaan agregat dikembangkan dalam semua kendala terkait kebijakan perusahaan dan arahan manajemen. Pemilihan akhir dari perencanaan tergantung pada penilaian pimpinan, dimana perencanaan paling murah belum tentu dipilih karena

pertimbangan lainnya. Sebagai contoh, perencanaan berbiaya paling rendah mungkin tidak disukai oleh manajemen jika perencanaan itu membutuhkan banyak perekrutan dan pemecatan pekerja. Manajemen mungkin lebih suka memiliki tenaga kerja yang stabil dalam pemberian citra yang baik dalam komunitasnya. Demikian pula, manajemen tidak bisa memilih perencanaan yang memungkinkan adanya kekurangan karena perusahaan ingin memberikan tingkat layanan 100% kepada pelanggannya. Sebagai alternatif, perencanaan yang menggunakan perencanaan produksi lembur mungkin lebih disukai daripada yang menggunakan subkontrak bahkan jika perencanaan lembur mungkin lebih mahal karena kerja lembur memberikan penghasilan lebih pada karyawan perusahaan sendiri.

Tabel 9.12 Perbandingan Biaya dari Empat Perencanaan Produksi

	Perencanaan Level	Perencanaan Chase	Perencanaan Hybrid	Perencanaan Level dengan Lembur
Biaya tenaga kerja waktu normal (\$)	468480	468480	468480	334720
Biaya tenaga kerja lembur (\$)				200640
Biaya persediaan (\$)	17425		17650	
Biaya kekurangan (\$)	46200		18900	
Peningkatan level produksi (\$)	466	6023	1070	
Penurunan level produksi (\$)		7234	1659	1299
Biaya material (\$)	585600	585600	585600	585600
Total biaya (\$)	1,118,171	1,067,336	1,093,359	1,122,259

5. Kondisi Awal

Kondisi awal menentukan tingkat persediaan yang ada dan tingkat produksi yang ada per hari saat perencanaan dimulai. Kondisi awal yang sama harus digunakan dalam setiap perencanaan untuk membandingkan biaya.

Persediaan awal digunakan untuk mengurangi kebutuhan produksi selama periode awal saat memecahkan permasalahan produksi. Misalnya, jika persediaan awal untuk contoh yang dibahas adalah 100 unit, maka permintaan pada bulan pertama akan berkurang menjadi 300 ($= 400 - 100$) karena 100 unit yang ada dapat digunakan untuk memenuhi permintaan dari bulan pertama. Pada contoh ini diasumsikan persediaan awal nol.

Tingkat produksi yang ada mempengaruhi biaya perubahan tingkat produksi (naik atau turunnya) pada bulan pertama. Pada contoh di atas, diasumsikan tingkat produksi yang ada per hari menjadi 21 unit sehingga harus ditingkatkan produksinya menjadi 2,33 ($= 23,33 - 21$) dalam perencanaan tingkat sedangkan tingkat produksi menurun sebesar 2,82 ($= 21 - 18,18$) dalam perencanaan chase, meningkat sebesar 2,04 ($= 23,04 - 21$) dalam perencanaan hybrid, dan menurun sebesar 4,33 ($= 21 - 16,67$) dalam perencanaan tingkat dengan lembur.

BAB 10

Manajemen Persediaan

A. PENDAHULUAN

Manajemen material/bahan adalah suatu sistem perencanaan dan pengendalian yang menyeluruh sebagai salah satu bagian terpenting dalam harga jual barang/produk (*cost of goods sold*, COGS). Dua hal yang paling berpengaruh dalam COGS meliputi penurunan yang nyata dari komponen tenaga kerja langsung (*direct labor*) dan kenaikan yang mencolok dalam biaya langsung dan tidak langsung (*overhead*) dari bahan/material. Karena biaya material sangat penting dalam penentuan keuntungan (profitabilitas), maka sebagian besar organisasi telah menciptakan posisi tanggung jawab yang tinggi untuk mengawasi banyak bagian dari sistem yang terintegrasi dengan manajemen material.

Manajemen material melibatkan pengorganisasian dan koordinasi semua fungsi manajemen yang bertanggung jawab dalam setiap aspek pergerakan dan transformasi material yang disebut sistem manajemen material. Sistem ini dipengaruhi oleh adanya permintaan (termasuk yang diperkirakan) yang menghabiskan persediaan, maka manajemen persediaan meminta pengisian ulang melalui agen pembelian atau kontak langsung dengan pemasok atau vendor. Ada tiga kelompok material/bahan yang dibeli dan dikelola:

1. Bahan baku.

Kelompok ini pada umumnya diekstraksi dari dalam tanah dan kemudian diproses lanjut tetapi mereka masih merupakan bahan dasar. Contohnya termasuk logam yang ditambang seperti tembaga,

emas, dan platina; bahan kimia seperti garam natrium dan kalium, mangan, dan fosfat; biji-bijian seperti gandum dan gandum hitam; kacang-kacangan seperti kopi; gas alam, dan minyak bumi. Bahan baku akan memiliki nilai tambah dalam operasional, dimana nilai tambah terjadi ketika komponen yang dibeli diubah lebih lanjut dalam proses produksi perusahaan. Pemurnian, pemrosesan, perakitan, pengemasan, dan pengiriman yang dilakukan oleh organisasi merupakan proses menambah nilai dan menghasilkan keuntungan. Semua pembeli bahan baku menentukan standar mutu yang mereka butuhkan, seperti biji-bijian bisa terlalu kotor. Bahan baku bisa sangat besar dan membutuhkan tempat penyimpanan khusus yang luas. Perusahaan lebih memilih untuk menempatkan operasi pemurnian di dekat sumber bahan baku, sehingga tidak perlu mengangkut bahan dari sekumpulan pound atau bahkan ons yang akhirnya bisa langsung digunakan. Organisasi yang berada dalam bisnis penyediaan bahan baku pada tingkat yang sangat awal dari proses hulu sangat tergantung pada pembelian. Ringkasan singkat mencakup peralatan untuk menggali di tambang atau memanen tanaman. Deposit di mana tambang berada harus diperoleh atau tanah yang ditanam dan dibudidayakan harus diperoleh hasilnya. Penambangan membutuhkan alat dan pelumas, dan pertanian membutuhkan benih dan pupuk. Ini mengarah pada pernyataan yang agak basi bahwa setiap organisasi memiliki pemasok.

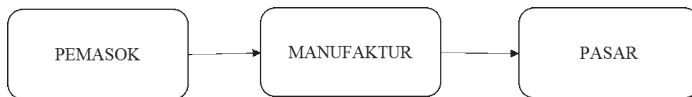
2. Komponen dan *sub-assy*

Komponen dan *sub-assy* merupakan bahan yang dibeli dan memiliki nilai tambah yang lebih besar dari bahan baku karena bagian ini merupakan gabungan bahan baku yang sudah mengalami nilai tambah. Komponen dan *sub-assy* dicirikan dalam beberapa tingkat fabrikasi, perakitan (*assembly*), dan manufaktur. Komponen maupun *sub-assy* dirakit menjadi produk tingkat tinggi melalui penggabungan dengan bagian lainnya oleh produsen. Hal ini akan menghasilkan kelompok ketiga dari bahan yang perlu dikelola.

3. Barang dalam proses (*work in process, WIP*)

WIP dapat disimpan dan akhirnya dikirim sebagai barang jadi. Barang dalam proses memiliki lebih banyak nilai tambah daripada sub-assy yang dibeli. Akan ada perkembangan nilai tambah yang dimulai dari bahan baku dan bergerak lewat suatu rantai pasokan menjadi barang jadi untuk dijual dan dikirim.

Manajemen persediaan mencakup bagian terluas dari kegiatan yang terkait dengan bahan. Kegiatan utama meliputi kapan dan berapa banyak yang harus dibuat atau dibeli. Selain itu, waktu pengisian dan keputusan tentang penyimpanan adalah keputusan yang juga penting. Persediaan berkaitan dengan beberapa fungsi dalam sebuah organisasi. Fungsi utama dari persediaan adalah untuk mengurangi saling ketergantungan dari berbagai tahap produksi dan sistem pengiriman. Bagian-bagian sistem dari sebuah organisasi meliputi pemasok, produksi, dan pasar. Ketiga sistem ini terhubung satu sama lain serta tanpa persediaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.1.



Gambar 10.1 Aliran Material

Bahan baku dan suku cadang yang dibeli mengalir dari berbagai pemasok ke manufaktur dan selanjutnya produk jadi pergi dari manufaktur ke pasar. Di dalam departemen manufaktur, barang setengah jadi berpindah dari satu mesin ke mesin lainnya. Ketiga sistem tersebut dihubungkan sedemikian rupa sehingga tidak ada persediaan di antara mereka. Oleh karena itu, dampak dari setiap gangguan di salah satu sistem akan terasa di dua sistem lainnya. Misalnya, jika output produksi berhenti di manufaktur karena beberapa alasan seperti kegagalan daya, kerusakan mesin, pemogokan dan sebagainya, maka tidak akan mungkin untuk memasok barang tepat waktu kepada pelanggan sehingga mempengaruhi sistem pasar. Demikian pula, jika pemasok gagal memasok bahan baku

dan suku cadang yang dibeli dengan tepat waktu, maka sistem manufaktur akan terpengaruh dan gilirannya sistem pemasaran akan terpengaruh juga. Sistem manufaktur itu sendiri dapat terdiri dari beberapa sistem lain yang mewakili beberapa fasilitas produksi. Sistem-sistem manufaktur ini juga saling terkait dan kinerja salah satu dari mereka dipengaruhi oleh kinerja yang lain. Dengan kata lain, jika ada persediaan di antara setiap pasangan sistem, maka persediaan dapat mengatasi masalah pada satu sistem lain. Dalam hal ini, jika pemasok tidak dapat memasok bahan baku dan suku cadang yang dibeli tepat waktu, maka produksi tidak akan mengalami kekurangan bahan baku karena persediaan bahan baku yang tersimpan dapat dimanfaatkan. Demikian pula jika permintaan berfluktuasi di pasar, maka persediaan barang jadi dapat membantu untuk menyerap fluktuasi tersebut dan pengaruhnya tidak dirasakan oleh departemen produksi. Dengan cara yang sama, bagian sistem produksi beroperasi secara bebas satu sama lain karena adanya persediaan barang setengah jadi. Dengan demikian, persediaan membantu dalam mengurangi ketergantungan satu sistem dengan sistem yang lain.

Stok berfungsi sebagai peredam dan memberikan dampak penahan naik turunnya suatu sistem sehingga tidak menular ke sistem lainnya. Perlu diketahui bahwa persediaan hanya membantu dalam mengurangi tingkat dampak operasi yang terganggu dari suatu sistem terhadap sistem lainnya dan tidak menghilangkan sama sekali karena jumlah persediaan yang terbatas. Persediaan juga membantu dalam mengembangkan perencanaan tingkat produksi ketika produksi tidak berfluktuasi. Persediaan juga dibangun untuk mengantisipasi kekurangan dan harga meningkat. Terkadang vendor memberikan potongan harga untuk pembelian dalam jumlah banyak sehingga mengarah pada pembelian dalam jumlah besar yang berdampak pada peningkatan persediaan. Karena persediaan sangat penting untuk kelancaran dan efisiensi operasi organisasi, maka pertanyaannya bukanlah apakah menyimpan persediaan atau tidak, tetapi pertanyaannya adalah berapa banyak persediaan yang harus disimpan.

Penyimpanan adalah kebutuhan yang memiliki pengaruh merugikan yang tidak bisa dihilangkan sepenuhnya dan pada saat yang sama tingkat persediaan yang besar mungkin terbukti merupakan bencana bagi sebuah perusahaan. Persediaan yang berlebihan bisa merugikan bisnis dan faktor utama yang berkontribusi dalam kegagalan bisnis. Persediaan memainkan peran penting dalam operasi organisasi yang efisien dan lancar yang berpengaruh dalam memisahkan berbagai tahapan sistem bisnis.

Dua model dasar dalam manajemen persediaan adalah model jumlah pesanan ekonomis (*economic order quantity*, EOQ) yang dirancang untuk membeli barang dalam memenuhi persyaratan pengisian dari item permintaan yang terus menerus dan model jumlah produksi ekonomis (*economic production quantity*, EPQ) yang dirancang untuk menentukan ukuran lot/batch di mana suatu barang akan diproduksi. Model yang kedua juga dikenal sebagai model ukuran batch/lot ekonomis (*economic lot size*, ELS). Model diskon kuantitas (*quantity discount model*) adalah pengembangan dari model EOQ yang memberikan wawasan tambahan bagi manajer persediaan ketika diskon ditawarkan dalam pembelian jumlah besar. Tanpa sudut pandang sistem, semua orang akan memesan apa yang mereka butuhkan saat mereka membutuhkannya. Kurangnya koordinasi mengurangi daya beli dan hilangnya manfaat berbasis pengetahuan dari suatu sistem yang terpusat. Pemikiran strategis diperlukan untuk mengoptimalkan perencanaan produksi pemasok dan produsen untuk memenuhi kebutuhan pelanggan mereka di seluruh rantai pasokan. Dengan cara itu, biaya yang terendah dan pengiriman yang terbaik dapat dicapai untuk keuntungan bersama. Sistem informasi perusahaan multinasional dengan sistem manajemen persediaan terpusat bisa melacak secara keseluruhan di mana semuanya berada, di mana dan kapan akan dibutuhkan, kapan untuk memesan ulang, dan di mana menyimpannya. Ini adalah sistem yang sangat besar untuk dikelola. Pemikiran strategis yang dirancang dalam suatu sistem harus kuat dan tidak biasa. Kebutuhan akan perencanaan ulang selalu ada ketika segala sesuatunya tidak berjalan sesuai perencanaan.

B. JENIS-JENIS SITUASI PERSEDIAAN

Persediaan menurut APICS (*The American Production and Inventory Control Society*) adalah suatu stok atau barang yang digunakan untuk mendukung produksi (bahan mentah, barang dalam proses), kegiatan pendukung (perawatan, perbaikan, dan pasokan operasional), dan layanan pelanggan (barang jadi dan suku cadang).

Cara mengelola persediaan tergantung pada jenis persediaan yang dimiliki suatu organisasi. Sebagian besar jenis situasi persediaan yang ditangani dengan baik adalah dengan perancangan sistem komputer yang memanfaatkan pemusatan dalam menyimpan pencatatan dan permintaan pesanan yang memungkinkan. Keuntungan berlipat ganda dari sudut pandang sistem dengan pembelian yang terpusat menunjukkan bahwa jumlah yang lebih besar menyebabkan hubungan yang lebih kuat dengan pemasok, diskon yang lebih besar, pilihan informasi yang lebih dari pemasok, dan peluang yang lebih kecil dalam kesalahan (sehubungan dengan faktor penting terkait barang yang dibeli seperti harga, mutu, dan ketahanan).

Situasi persediaan dibagi dalam enam kelompok yang membutuhkan jenis manajemen yang berbeda meskipun semuanya bisa terpusat atau terdesentralisasi menurut penyebaran penggunaan untuk produsen, pemasok, dan pelanggan:

1. Pengulangan pesanan (situasi yang statis atau dinamis)
2. Distribusi permintaan (tertentu, berisiko, dan tidak pasti)
3. Stabilitas distribusi permintaan (tetap atau bervariasi)
4. Kesenambungan permintaan (terus menerus atau putus-putus).
5. Distribusi *lead-time* (tetap atau bervariasi).

Lead time (LT) adalah jarak antara penempatan pesanan dan penerimaan pesanan (termasuk waktu mulainya pesanan harus dibuat dan penempatannya).

6. Permintaan yang terikat atau bebas (ketika komponen bergantung pada satu atau lebih produk akhir, maka sistem informasi harus dapat menghitung permintaan setiap produk).

1. Model Persediaan: Statis atau Dinamis

Terkait dengan pengulangan pesanan, model persediaan statis tidak memiliki pengulangan karena model menunjukkan situasi pemesanan sekali saja sedangkan model persediaan dinamis melakukan pemesanan berulang-ulang dalam jangka waktu yang lama.

Kasus statis murni juga disebut model satu periode meskipun di dalam beberapa keadaan pesanan kedua sebagai perbaikan mungkin diperbolehkan. Salah satu contoh kasus statis adalah pemesanan suku cadang untuk suatu mesin yang kompleks. Ketika memesan dengan pesanan asli, maka harga suku cadangnya relatif murah. Saat dibutuhkan lagi karena kegagalan tak terduga, biayanya bisa bertambah mahal. Model suku cadang ini adalah masalah keputusan statis. Dalam kasus permintaan yang terlalu berlebihan, maka akan timbul nilai sisa yang merupakan pemborosan dan memberikan kerugian. Misalnya pada department store yang membeli berlebihan mainan yang dikirim dari luar negeri untuk dijual pada musim liburan, maka mungkin mainan yang tidak laku bisa dijual dengan diskon setelah musim penjualan selesai.

Situasi yang dinamis memerlukan pertimbangan yang berbeda karena permintaan akan item tersebut adalah tetap, dimana pesanan dipesan berulang-ulang dari waktu ke waktu. Salah satu permasalahannya adalah penyesuaian tingkat persediaan untuk menyeimbangkan berbagai biaya sehingga total biaya dari berbagai variabel bisa diminimalkan. Variabel dalam hal ini berarti biaya bisa berubah dengan ukuran pesanan. Sistem jasa menggunakan banyak jenis persediaan dengan pola permintaan yang dinamis, seperti pada rumah sakit, hotel, restoran, taman hiburan, maskapai penerbangan, dan lembaga pendidikan.

2. Jenis Distribusi Permintaan: Tertentu/Pasti, Berisiko, dan Tidak Pasti

Ada permasalahan keputusan yang menghasilkan kepastian misalnya penandatanganan kontrak dalam memasok sejumlah unit tertentu yang akan mengubah permintaan dari berisiko menjadi sebuah kepastian. Menemukan pemasok yang berdekatan akan mengurangi ketidakpastian

terkait waktu pengiriman. Pada umumnya ada biaya untuk mendapat kepastian. Karena kontrak mengurangi risiko produsen, maka pembeli mengharapkan harga yang mencerminkan hal ini. Pemasok yang lokasinya berdekatan dari pembeli mengharapkan kompensasi karena berada di lokasi tersebut.

Terkadang kepastian adalah suatu harapan yang masuk akal dan hanya bermanfaat ketika berbagai variabel tidak mempengaruhi solusi yang diharapkan. Kepastian diasumsikan sebagai bentuk kenyamanan dari berbagai masalah yang bisa muncul dan tidak bertentangan dengan model persediaan yang diterapkan. Kepastian diterapkan dengan adanya jangka waktu dalam pengiriman (*lead time*). Adalah penting bahwa pengguna model persediaan tahu kapan asumsi kepastian ditetapkan. Ketika perubahan *lead time* dapat menyebabkan kehabisan stok, maka hal itu tidak dapat ditetapkan dengan nilai tetap. Stok cadangan digunakan untuk menghindari kehabisan stok ketika permintaan melebihi harapan. Metode persediaan dasar yang berhubungan dengan kebijakan titik dilakukan pesanan (*order point policies, OPP*) membuat asumsi tentang distribusi permintaan yang diterjemahkan ke dalam tingkat stok cadangan. Titik pemesanan adalah tingkat stok di mana pesanan baru diperlukan dan dipesan.

Ketidakpastian berarti bahwa tidak ada peramalan yang baik terkait kemungkinan permintaan dan/atau distribusi LT. Ketika ketidakpastian ada, maka kemungkinan untuk berbagai tingkat permintaan yang terjadi bersifat spekulatif. Ketika ada risiko yang diketahui, maka beberapa perencanaan dapat dilakukan.

Pembatalan pesanan mungkin memberikan kerugian tidak terlalu besar, tetapi biasanya butuh biaya yang besar dalam membuat perencanaan yang bermanfaat. Banyak departemen produksi yang menanggung risiko terkait pembatalan pesanan yang dalam proses. Kemungkinan perencanaan dalam pembatalan menunjukkan kemampuan manajemen produksi yang lebih baik daripada mereka yang bereaksi terhadap pembatalan setelah terjadi.

Ketika peramalan sulit karena tidak ada sejarah data sebelumnya, maka perlu dikembangkan suatu sistem untuk mencari peringatan dini terkait kebutuhan produksi. Perlu data dari siapa pun yang mungkin memiliki informasi tentang pesanan. Segala upaya dilakukan untuk mengetahui orang kunci yang menginisiasi pesanan dan menjaga komunikasi diantara mereka sepanjang waktu. Faktor lain yang mungkin mempengaruhi pesanan juga dianalisa untuk mendapatkan pengendalian atas hal-hal yang tidak pasti.

3. Stabilitas Distribusi Permintaan: Tetap atau Bervariasi

Ketidakpastian berkaitan dengan pengaturan kapasitas yang tepat dalam memenuhi pasokan termasuk kemungkinan distribusi permintaan yang berubah dari waktu ke waktu yang disebabkan oleh faktor perubahan alamiah yang tetap seperti musim. Di sisi lain, pendorong perubahan bisa juga tidak diketahui yang menjadi faktor penyebab ketidakstabilan dan umumnya mencerminkan risiko tinggi. Jika perubahan permintaan diketahui, maka tingkat risiko dapat dikendalikan karena perkiraan beberapa hal yang berpengaruh memungkinkan dianalisis. Metode OPP dapat diterapkan dalam memperkirakan distribusi permintaan sehingga permintaan stabil/tetap tetapi peramalan dapat dimodifikasi jika diketahui bagaimana distribusinya berubah. Jika tidak, sistem akan mencari dalam kegelapan sehingga harus digunakan metode lain selain OPP dalam mengelola situasi tersebut. Perencanaan kebutuhan material (*material requirement planning*, MRP) adalah pilihan yang disukai ketika distribusi permintaan tidak diketahui atau tidak stabil.

4. Permintaan Yang Berkelanjutan: Lancar atau Tidak Lancar/Putus-putus

OPP membutuhkan permintaan yang berkelanjutan sehingga dapat digambarkan dengan pola permintaan yang stabil selama jangka waktu yang relatif lama.

MRP sebagai metodologi penyimpanan alternatif dapat mengatasi kekurangan permintaan yang terus menerus dan berkesinambungan,

sehingga situasi risiko yang diketahui menjadi situasi yang pasti. Asumsi yang digunakan biasanya valid dan dapat diuji dengan mensimulasikan pola yang berbeda yang kurang lebih lancar dan berkelanjutan dengan mengukur biaya tambahan yang dikeluarkan ketika diasumsikan lancar sempurna yang pada kenyataannya itu baik tetapi tidak sempurna. Pengujian semacam ini yang disebut analisis sensitivitas paling mudah dilakukan dengan simulasi program komputer.

5. Distribusi Jangka Waktu: Tetap atau Bervariasi

Jangka waktu pesanan (*lead time*, LT) adalah jangka waktu antara penempatan dan penerimaan pesanan (pengakuan kebutuhan dan waktu penempatan pesanan diikutsertakan). Variabilitas LT akan menjadi faktor dalam pengaturan ukuran stok cadangan (aman). Saat LT semakin panjang, sistem persediaan menjadi lebih sensitif terhadap masalah yang dapat muncul dalam rantai pasok. Salah satu alasan utamanya adalah bahwa dengan LT yang panjang, koreksi kesalahan akan membutuhkan waktu lebih lama pula. Semakin kritis bahan produksi, maka situasinya akan menjadi lebih buruk. Untuk bahan yang tidak kritis, maka asumsi LT tetap tidak terlalu bermasalah.

Ketika bahan susah didapatkan (kritis), maka perencanaan persediaan sebaiknya mempertimbangkan perkiraan dalam distribusi LT. Dalam hal itu, distribusi LT akan menetapkan tambahan unit untuk stok cadangan (aman) yang akan memberikan perlindungan terhadap perubahan-perubahan (variabilitas) permintaan dan LT.

6. Sistem Permintaan: Terikat atau Bebas

Sistem bebas (*independent*) berarti bahwa pesanan dapat ditempatkan untuk barang-barang yang tidak terikat tanpa mempertimbangkan perkiraan permintaan untuk produk akhir di mana item-item tersebut digunakan, misalnya label kosong (*blank label*) yang bisa digunakan pada berbagai produk. Sistem permintaan terikat diterapkan pada komponen dan sub-assy yang digunakan sebagai bagian dari satu atau lebih produk jadi yang memiliki permintaan tertentu. Ketergantungan terbesar terkait waktu dan jumlah permintaan ketika produk akhir tidak dapat diprediksi.

C. BIAYA PERSEDIAAN

Inti dari analisis persediaan terletak pada menemukan dan mengukur biaya yang terkait. Beberapa biaya dalam persediaan meliputi:

1. Biaya pemesanan
2. Biaya pengaturan dan pergantian
3. Biaya membawa persediaan
4. Biaya diskon
5. Biaya kehabisan stok
6. Biaya menjalankan sistem persediaan

1. Biaya Pemesanan

Biaya pemesanan merupakan biaya-biaya yang digunakan untuk membuat dan menempatkan pesanan, menindaklanjuti pesanan dan menerima pesanan. Termasuk didalamnya adalah tulisan dalam membuat formulir permintaan pembelian (*Purchase Requisition*), membuat panggilan telepon sehubungan dengan spesifikasi dan pemesanan, mengirim email, mengirim faks, atau mengirimkan pesanan pembelian ke pemasok. Semua biaya yang bertambah sebagai fungsi dari jumlah permintaan pembelian memenuhi syarat untuk dimasukkan dalam biaya pemesanan.

2. Biaya Pengaturan dan Pergantian

Dalam industri manufaktur, biaya pemesanan diganti dengan biaya pengaturan mesin untuk melakukan proses produksi karena proses ini membutuhkan pembersihan dari pekerjaan sebelumnya yang dikenal sebagai pergantian dan biayanya bisa signifikan. Sejumlah bagian mungkin harus dibuat sebelum penyetulan/pengaturan selesai. Biaya pembelajaran diikutsertakan dan kerusakan memainkan peran didalamnya. Ketika terkait dengan peralatan, maka waktu dan biaya pergantian dapat sama pentingnya untuk dipertimbangkan sebagai tingkat output.

3. Biaya Menyimpan Persediaan

Persediaan adalah salah satu bentuk investasi karena modal ada dalam bahan dan barang. Berbagai penggunaan lain dari persediaan

termasuk pengeluaran dalam R&D, pengembangan produk dan/atau proses baru, periklanan, promosi, dan pengembangan secara global. Beberapa perusahaan bahkan menyimpan uang dalam berbagai instrumen keuangan, pasar saham atau tabungan di bank.

Kapasitas dan versifikasi yang diperluas adalah suatu peluang yang ketika diabaikan akan menyebabkan ada biaya. Lebih baik dengan menginvestasikan dana tersebut. Dengan menyimpan persediaan, maka perusahaan tidak lagi menginvestasikan modalnya dalam cara lain. Biaya peluang tersebut merupakan bagian besar dari biaya penyimpanan persediaan. Biaya-biaya inilah yang harus dikendalikan dengan kebijakan persediaan. Contohnya ketika sebuah perusahaan memiliki ruang rak untuk 1000 unit tetapi bisa mendapatkan diskon jika pembelian minimal 2000 unit, maka untuk mendapatkan diskon ini harus memperluas penyimpanan kapasitas yang dapat dilakukan dengan membeli atau menyewa ruang tambahan.

Ada pilihan lain untuk memesan dalam jumlah besar dengan mendapatkan diskon tanpa membutuhkan kapasitas penyimpanan yang diperluas. Salah satunya adalah perjanjian dengan vendor/pemasok dimana pemasok setuju untuk mengirimkan sedikit demi sedikit pesanan yang besar dari waktu ke waktu.

Metode lain untuk mengurangi kebutuhan ruang penyimpanan adalah penggunaan penyimpanan bersama dimana pasokan yang digunakan bersama dipesan dengan diskon dalam jumlah besar kemudian disimpan di gudang bersama dan dibagikan ke tempat yang memesan pada wilayah yang sama berdasarkan kebutuhan. Dalam industri penerbangan, maskapai penerbangan berbagi biaya penyimpanan dan biaya pengangkutan berbasis investasi untuk suku cadang yang umum digunakan seperti mesin jet. Berbagi bersama akan mengurangi biaya penyimpanan dan meningkatkan ketersediaan mahal komponen yang membutuhkan pengeluaran yang besar.

Barang-barang yang disimpan dalam persediaan berisiko mengalami pencurian (*pilferage*), keusangan (*obsolescence*), pembusukan

(*deterioration*), dan kerusakan (*damage*). Biaya karena hal ini menunjukkan kerugian dalam nilai persediaan. Pencurian dalam bentuk pencurian kecil-kecilan berisiko pada barang-barang kecil seperti toko swalayan kehilangan barang jualan, hotel kehilangan asbak dan handuk maupun pensil dan perangkai menghilang di kantor. Keusangan atau kadaluarsa mungkin merupakan komponen terpenting dari biaya penyimpanan karena terjadi begitu sering dan begitu cepat. Biaya kerugian karena keusangan terjadi cukup tiba-tiba karena pesaing memperkenalkan perubahan teknologi atau pada produk *fashion*, produk mainan ataupun produk musiman seperti pohon Natal. Pembusukan dan kerusakan bisa terjadi pada produk kimia, tekstil, produk makanan, obat, karet, besi, kayu dan sebagainya. Risiko-risiko yang timbul dalam persediaan menjadi pertimbangan dalam menentukan jumlah persediaan pada berbagai tipe produk.

4. Biaya Diskon

Menerima diskon dengan membeli setidaknya sejumlah bahan tertentu melibatkan biaya tambahan yang mungkin membuat pengambilan diskon tidak menguntungkan. Persediaan yang sesuai analisis biaya harus digunakan untuk menentukan apakah diskon yang ditawarkan harus diambil. Biaya tambahan untuk mengambil diskon dibandingkan dengan penghematan yang diperoleh dari diskon. Biaya tambahan termasuk biaya pengangkutan dan biaya yang dikeluarkan untuk ruang penyimpanan tambahan.

5. Biaya Kehabisan Stok

Ketika perusahaan tidak memiliki stok untuk memenuhi pesanan, maka ada denda (*penalty*) yang harus dibayar. Hal lain yang mungkin terjadi adalah pelanggan pergi ke tempat lain tetapi mungkin akan kembali untuk pembelian berikutnya sehingga kerugian hanya nilai pesanan yang hilang. Jika pelanggan kesal oleh situasi kehabisan stok dan menemukan pemasok baru, maka pelanggan mungkin hilang selamanya. Hilangnya jasa yang baik (*goodwill*) harus diterjemahkan ke dalam biaya yang sama dengan hilangnya pendapatan dari suatu pelanggan seumur hidup.

Jika pembeli bersedia menunggu pesanan dipenuhi, maka perusahaan membuat pesanan belakangan (*backorder*) dengan mengisi pesanan segera setelah kapasitas tersedia atau bahan tiba. Biaya pesanan belakangan termasuk denda dari pelanggan. Untuk menghindari denda ini, beberapa perusahaan yang mengirim pesanan lewat pos (*courier*) lebih memilih untuk memenuhi pesanan pelanggan dengan lebih banyak pengganti yang mahal daripada membuat pesanan susulan. Biaya penghentian berdampak pada penurunan margin keuntungan. Pelayanan yang baik yang dihasilkan adalah tambahan yang tidak berwujud terkait laba jangka panjang dan tergantung pada sistem yang digunakan apakah itu pesanan susulan (*backordering*), penggantian (*substitution*), pemenuhan (*filling*) atau pengabaian (*killing*) dan sebagainya. Biaya pelayanan baik yang hilang paling sulit untuk dievaluasi.

Organisasi yang tidak dekat dengan pelanggannya sering mengabaikan pelayanan. Hal ini mungkin terjadi karena perusahaan tidak tahu bagaimana mengukur atau mengenali pelayanan yang baik tersebut. Banyak kejadian yang diidentifikasi menunjukkan pengabaian kepuasan pelanggan secara tidak langsung sebagai dampak dari pengabaian kepuasan kerja karyawan yang pada gilirannya berdampak pada pelanggan. Karyawan yang tidak puas mengabaikan pelanggan yang berarti ada lebih sedikit pelanggan yang senang.

6. Biaya Menjalankan Sistem Persediaan

Biaya proses yang terkait dengan penerapan sistem persediaan merupakan suatu biaya sistemik. Biaya ini sering dikaitkan dengan biaya sistem informasi atau biaya teknologi informasi (*information tecknology*, IT). Kategori biaya ini biasanya merupakan fungsi dari ukuran persediaan yang disimpan dan pentingnya mengetahui tingkat stok yang tepat secara langsung (*online*).

Sebagian besar biaya sistemik mengikuti perubahan biaya pemasok yang tak henti-hentinya, perubahan permintaan pelanggan, modifikasi biaya pengangkutan, biaya tenaga kerja untuk pemeliharaan sistem, dan biaya perubahan teknologi. Biaya terkait dengan jumlah orang

yang mengoperasikan sistem persediaan dimana biaya operasional juga termasuk didalamnya adalah dukungan, pemrograman, dan biaya pelatihan penggunaan sistem. Biaya pelatihan juga tinggi dalam sistem IT terutama ketika pergantian tenaga kerja terjadi secara signifikan dan peningkatan teknologi semakin cepat. Lamanya waktu sistem beroperasi dan jumlah lokasi yang terhubung ke dalam sistem data terpusat juga harus diperhitungkan dalam biaya ini.

Sistem melibatkan banyak unit penyimpanan stok (*stock keeping unit*, SKU) yang bergantung pada sistem informasi terorganisir yang dimiliki. Ada perbedaan nomor SKU untuk setiap jenis model serta untuk setiap ukuran dan warna. Nomor SKU mengidentifikasi pemasok tertentu dan menunjukkan di mana persediaan disimpan. Ketika frekuensi transaksi *online* tinggi dengan banyak SKU, maka jumlah detailnya akan besar. Sistem seperti ini akan membutuhkan banyak tenaga kerja dan mahal dalam operasionalnya.

Masuk akal ketika SKU fokus pada bahan dan item yang penting untuk produksi dan memberi perhatian khusus pada item yang memiliki volume uang yang tinggi karena barang-barang ini akan membuang sebagian besar uang yang dialokasikan jika ditangani dengan buruk.

Status barang dalam proses (*work in process*, WIP) dapat dipantau melalui *barcodes*, identifikasi frekuensi radio (*radio frequency identification*, RFID) dan pembaca optik, yang seringkali teknologi-teknologi ini digabungkan meskipun belum ada tanda-tanda pabrik yang sepenuhnya tanpa kertas dalam operasionalnya. Biaya sistemik terus menjadi permasalahan yang perlu mendapat perhatian yang serius.

7. Biaya Kebijakan Persediaan Tambahan

Keenam biaya yang dibahas sebelumnya umumnya paling sesuai dalam menentukan kebijakan persediaan, namun biaya lain dapat berperan dalam kasus tertentu seperti biaya keterlambatan dalam memproses pesanan dapat menjadi sangat penting ketika terkait transplantasi jantung yang dilakukan. Hal yang tidak sedramatis terjadi dalam industri manufaktur dimana setiap pabrik menetapkan biaya penundaan ketika

pengaturan yang panjang diperlukan. Organisasi jasa sangat sensitif terhadap biaya penundaan, seperti dalam jasa telekomunikasi dimana organisasi menetapkan tujuan dalam waktu maksimum yang dapat dibiarkan berlalu sebelum menjawab telepon yang berdering. Dalam jasa penerbangan, penundaan perjalanan maskapai diumumkan secara teratur dan maskapai penerbangan sangat sensitif terhadap tindakan tersebut.

Biaya gangguan produksi sebelumnya telah dikaitkan dengan item persediaan karena kehilangan persediaan di gudang dan kesalahan dalam pembukuan adalah penyebab gangguan yang timbul dalam produksi. Disamping itu, biaya penyelamatan atau menjaga keakuratan persediaan dapat memainkan peran penting seperti juga biaya yang diperlukan dalam mempercepat pesanan. Yang mendukung dan menentang biaya pergudangan terpusat jika dibandingkan dengan pergudangan yang tersebar dapat menjadi sangat penting dalam suatu organisasi. Dalam berbagai keadaan, satu atau lebih dari biaya yang telah dibahas dapat mempengaruhi evaluasi kebijakan persediaan. Suatu sistem yang baik akan melihat di luar batas-batas khusus yang mempengaruhi biaya persediaan untuk menemukan faktor-faktor yang mempengaruhi sistem biaya/manfaat persediaan.

D. MODEL JUMLAH PESANAN EKONOMIS (EOQ)

Model EOQ (*economic order quantity*) atau model akar kuadrat (*square root*) merupakan dasar teknik pengendalian persediaan. Model EOQ membutuhkan penentuan jumlah pesanan yang merupakan jumlah bahan (Q) yang harus dibeli setiap kali pemesanan dilakukan berdasarkan permintaan tahunan (D), biaya pemesanan per pesanan (S), biaya penyimpanan persediaan/pengangkutan per unit per tahun (H), dan biaya unit per item (C) dengan Q adalah variabel keputusan. Nilai Q terbaik yang meminimalkan total biaya tahunan disebut EOQ. Total biaya tahunan termasuk biaya pemesanan tahunan, biaya penyimpanan tahunan, dan biaya tahunan item tersebut. Total biaya tahunan (TC) dirumuskan dengan:

$$TC = \text{Biaya pesanan per tahun} + \text{Biaya penyimpanan persediaan per tahun} + \text{Biaya item tahunan} \quad (10.1)$$

1. Biaya Pemesanan Tahunan

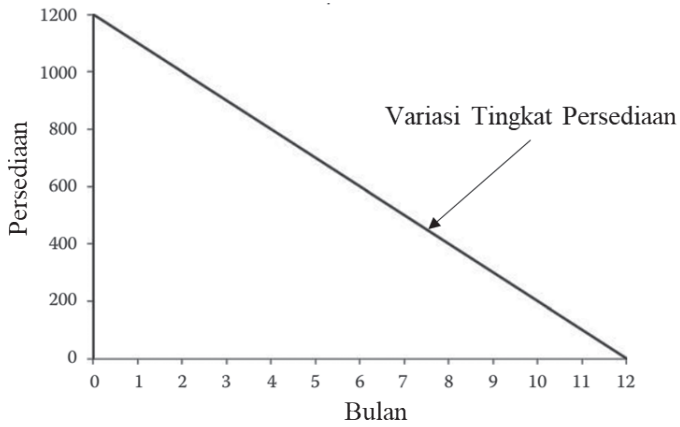
Biaya pemesanan tahunan adalah jumlah pesanan per tahun dikalikan dengan biaya pemesanan per pesanan. Jumlah pesanan dalam satu tahun adalah permintaan tahunan (D) dibagi dengan jumlah pesanan (Q) atau D/Q . Oleh karena itu:

$$\text{Biaya Pemesanan Tahunan} = (D/Q) * S \quad (10.2)$$

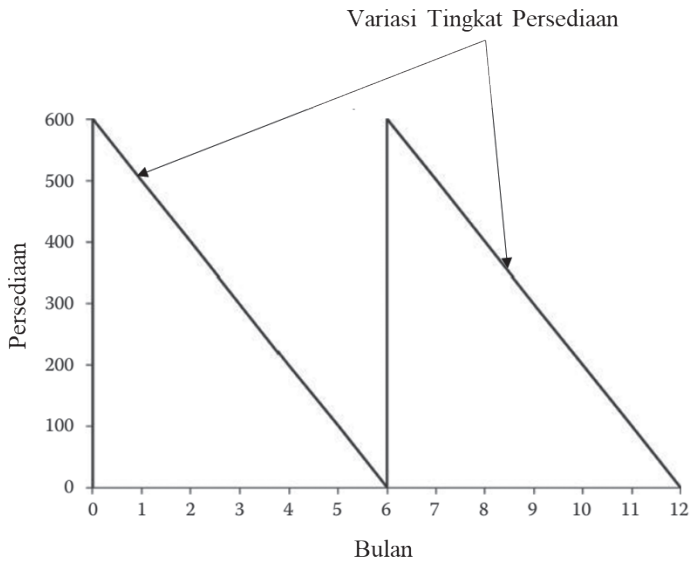
Kenaikan nilai Q akan menurunkan biaya pemesanan tahunan dan sebaliknya.

2. Biaya Penyimpanan Persediaan Tahunan

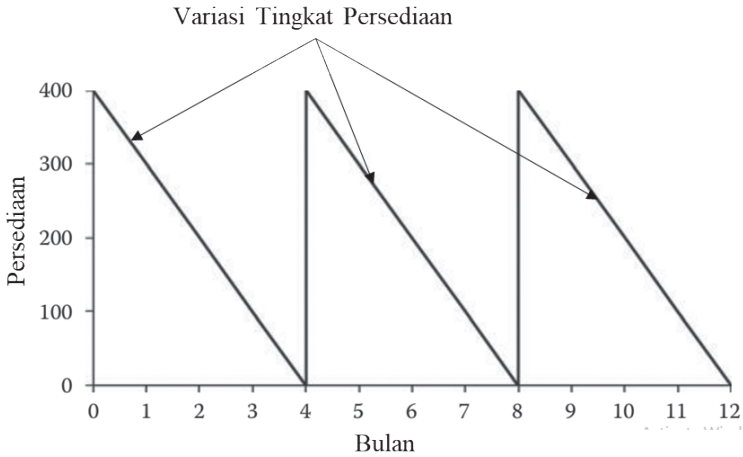
Biaya tahunan dalam menyimpan persediaan adalah rata-rata persediaan dikalikan dengan biaya penyimpanan persediaan per unit per tahun. Rata-rata persediaan dalam setahun adalah $Q/2$ seperti ditunjukkan di gambar 10.2, 10.3 dan 10.4. Misalkan permintaan tahunan $D = 1200$ unit, maka dari gambar 10.2 sampai 10.4 menunjukkan perubahan tingkat persediaan untuk nilai Q yang berbeda. Gambar 10.2 untuk $Q = 1200$ menunjukkan bahwa 1200 unit dibeli pada awal tahun, jadi tingkat persediaan pada awalnya adalah 1200 unit. Tingkat persediaan di akhir tahun (bulan ke-12) adalah nol, oleh karena itu persediaan rata-rata adalah $(1200 + 0)/2 = 600$ yaitu $Q/2$. Gambar 10.3 menunjukkan variasi tingkat persediaan untuk $Q = 600$. Awal tahun dimulai dengan tingkat persediaan 600 unit yang menjadi nol pada akhir bulan keenam. Persediaan rata-rata selama 6 bulan pertama adalah $(600 + 0)/2 = 300$. Pada akhir bulan keenam, tambahan 600 unit dibeli yang menaikkan tingkat persediaan menjadi 600 lagi. Tingkat persediaan adalah nol lagi di akhir tahun sehingga rata-rata persediaan selama 6 bulan terakhir juga $(600 + 0)/2 = 300$. Dengan kata lain, persediaan rata-rata di seluruh tahun adalah $300 (= 600/2 = Q/2)$.



Gambar 10.2 Ukuran Pesanan, $Q = 1200$



Gambar 10.3 Ukuran Pesanan, $Q = 600$



Gambar 10.4 Ukuran Pesanan, $Q = 400$

Gambar 10.4 menunjukkan variasi tingkat persediaan jika $Q = 400$. Dalam hal ini, bahan akan dibeli tiga kali dalam setahun, sehingga persediaan rata-rata akan menjadi $Q/2 = 400/2 = 200$. Oleh karena itu, biaya penyimpanan persediaan tahunan dirumuskan dengan $(Q/2 \times H)$ yang menunjukkan bahwa peningkatan dalam nilai Q akan meningkatkan biaya penyimpanan persediaan tahunan dan begitu sebaliknya sebaliknya.

3. Biaya Bahan Tahunan

Biaya bahan tahunan dihitung dengan mengalikan permintaan tahunan D dengan biaya bahan C atau $D \times C$. Perumusan ini menunjukkan bahwa perubahan nilai Q tidak mengubah biaya item tahunan, namun dapat ditunjukkan bahwa item tahunan biaya akan berubah dengan perubahan nilai Q jika ada diskon karena jumlah pembelian.

4. Biaya Total Tahunan

Total biaya tahunan diberikan dengan perumusan:

$$TC = \left(\frac{D}{Q}\right) * S + \left(\frac{Q}{2}\right) * H + (D * C) \quad (10.3)$$

5. Biaya Variabel Total Tahunan

Dalam persamaan untuk TC, nilai D, H, dan S diketahui atau dapat diperkirakan. Satu-satunya variabel yang tidak diketahui adalah Q yang merupakan variabel keputusan. Oleh karena itu, satu-satunya biaya yang dipengaruhi oleh perubahan nilai Q adalah biaya pemesanan tahunan dan biaya penyimpanan tahunan. Jumlah dari kedua biaya ini disebut biaya variabel total tahunan (TVC). TVC dinyatakan dengan perumusan:

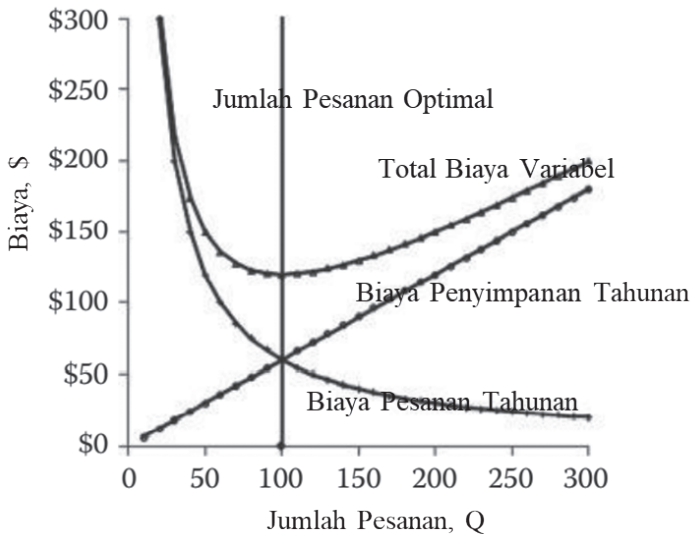
$$\text{TVC} = \left(\frac{D}{Q}\right) * S + \left(\frac{Q}{2}\right) * H \quad (10.4)$$

6. Contoh Perhitungan Biaya

Misalkan $D = 1200$ unit, $S = \$5,00$, $H = \$1,20$, dan $C = \$12,00$. Tabel 10.1 memberikan nilai biaya pemesanan tahunan, biaya penyimpanan persediaan tahunan, dan biaya tahunan TVC untuk beberapa nilai Q mulai dari 50 hingga 300. Biaya item tahunan akan tetap konstan pada $\$14,400 (= 1200 * 12)$ terlepas dari nilai Q. Kisaran 50–300 dipilih secara sewenang-wenang untuk menjelaskan perubahan nilai biaya ini dengan perubahan Q. Dapat dilihat pada Tabel 10.1 bahwa ketika Q meningkat dari 50 menjadi 300, biaya pemesanan tahunan terus menurun dan biaya penyimpanan persediaan tahunan terus meningkat. Baik TVC dan TC pertama turun, turun ke minimum pada $Q = 100$ dan kemudian mulai meningkat lagi. Perubahan biaya pemesanan tahunan, biaya penyimpanan inventaris tahunan, dan TVC ditampilkan secara grafis untuk berbagai nilai dari Q pada Gambar 10.5. Dari tabel ini, terlihat bahwa $Q = 100$ merupakan besaran yang paling baik untuk membeli.

Tabel 10.1 Berbagai Biaya Untuk Ukuran Pesanan Q

Ukuran Pesanan (Q)	Biaya Pesanan (\$)	Biaya Persediaan (\$)	TVC (\$)
50	120	30	150
75	80	45	125
100	60	60	120
125	48	75	123
150	40	90	130
175	34	105	139
200	30	120	150
225	27	135	162
250	24	150	174
275	22	165	187
300	20	180	200



Gambar 10.5 Variasi Biaya Berdasarkan Jumlah Pesanan

7. Perumusan EOQ

Jika Q meningkat, maka total pesanan per tahun akan berkurang dan oleh karena itu biaya pemesanan tahunan juga akan berkurang. Nilai Q yang lebih tinggi akan meningkatkan persediaan rata-rata dan karenanya total biaya persediaan tahunan juga akan meningkat. Mengikuti alasan yang sama jika Q menurun, maka biaya pemesanan tahunan akan meningkat dan biaya persediaan tahunan akan menurun. Perubahan nilai Q tidak mengubah total biaya item tahunan.

Dari persamaan (10.2), nilai optimal Q ketika TC minimum diperoleh saat biaya pemesanan tahunan dan biaya penyimpanan persediaan tahunan adalah sama, yaitu, $(D/Q) * S = (Q/2) * H$. Dari perumusan ini, maka dengan menggunakan persamaan EOQ (kuantitas optimal) diperoleh:

$$Q_o = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (10.5)$$

Tabel 10.1 menunjukkan biaya pemesanan tahunan dan biaya penyimpanan tahunan sama yaitu \$60,00 untuk $Q = 100$.

E. MODEL JUMLAH PRODUKSI EKONOMIS (EPQ)

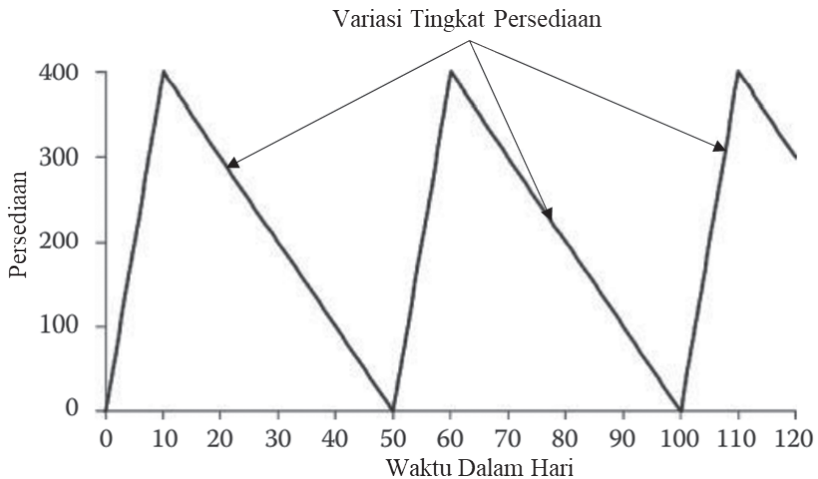
Model jumlah produksi ekonomis (*Economic Production Quantity*, EPQ) yang juga dikenal dengan model ukuran lot ekonomis (*Economic Lot Size*, ELS) digunakan dalam situasi manufaktur di mana persediaan meningkat sampai batas tertentu yang tergantung pada tingkat produksi dan tingkat penggunaan item sesuai kebutuhan. Selain variabel D , S , H , Q , dan C yang didefinisikan sebelumnya, ada dua variabel lain yaitu:

p = laju produksi per hari (laju produksi harian), dan

d = tingkat permintaan per hari (tingkat permintaan harian)

Nilai p dan d harus dalam satuan waktu yang sama, yaitu bisa berupa tarif mingguan disamping tarif harian namun tarif harian adalah yang paling umum. Q dalam hal ini adalah jumlah produksi (bukan jumlah pesanan) yang akan dibuat dalam satu lot dan S adalah biaya pengaturan mesin untuk menghasilkan satu lot itu.

Misalkan, $p = 50$ unit/hari, $d = 10$ unit/hari, dan $Q = 500$ (jumlah produksi) dimana nilai optimal Q disebut EPQ, maka waktu untuk memproduksi 500 unit (t_p) adalah 10 hari ($= 500/50$) karena $t_p = Q/p$. Selama 10 hari ini, 50 unit diproduksi per hari dan pada saat yang sama 10 unit (d) digunakan per hari. Oleh karena itu, tingkat persediaan meningkat pada suatu tingkat tertentu dari 40 ($= 50 - 10$) unit per hari. Pada akhir 10 hari, jumlah total unit dalam persediaan akan menjadi 400 ($= 10 * 40$) dimana ini adalah tingkat persediaan maksimum (I_{max}). Pada akhir hari ke-10, proses berhenti memproduksi item tersebut dan kemudian melanjutkan untuk memenuhi permintaan dari persediaan 400 unit. Persediaan akan bertahan selama 40 hari ($400/10$) karena ada stok sebanyak 400 unit dan tingkat permintaan adalah 10 unit/hari. Siklus produksi dengan demikian terdiri dari 50 hari dimana selama 10 hari pertama digunakan untuk memproduksi dan menggunakan barang tersebut. Selama 40 hari ke depan, tidak ada produksi dan hanya ada penggunaan barang tersebut. Setelah 50 hari, batch berikutnya yang terdiri dari unit EPQ dijadwalkan untuk diproduksi. Begitulah siklus terus berlanjut dengan gambar 10.6 menunjukkan variasi tingkat persediaan.



Gambar 10.6 Model EPQ

Dari penjelasan diatas, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I_{\max} = Q*(1-d/p) \quad (10.6)$$

dimana:

$$\text{Persediaan rata-rata} = I_{\max}/2$$

$$\text{Biaya pengaturan tahunan} = (D/Q)*S$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya penyimpanan tahunan} &= \text{Persediaan rata-rata} * H \\ &= I_{\max}/2 * H \\ &= Q/2 * (1-d/p) * H \end{aligned}$$

TVC dinyatakan dengan perumusan berikut:

$$\text{TVC} = \frac{D}{Q}S + H\frac{Q}{2}\left(1 - \frac{d}{p}\right) \quad (10.7)$$

Jumlah EPQ (Q_{EPQ}) diperoleh ketika biaya pengaturan tahunan sama dengan biaya penyimpanan tahunan, sehingga:

$$Q_{EPQ} = \sqrt{\frac{2DS}{H\left(1 - \frac{d}{p}\right)}} \quad (10.8)$$

Contoh:

Hitung EPQ untuk masalah berikut serta identifikasi juga kapasitas penyimpanan yang dibutuhkan. Diketahui bahwa permintaan tahunan = 50.000 unit, biaya pemasangan = \$25.00, penyimpanan persediaan biaya = \$5,00 per unit per tahun, tingkat produksi = 500 unit per hari serta jumlah hari kerja = 250.

Jawab:

Permintaan per hari untuk kasus ini adalah $50.000/250 = 200$. Diasumsikan bahwa permintaan hanya terjadi pada hari kerja yaitu 250 hari dalam kasus ini. Menggunakan persamaan 10.3, maka $Q_{EPQ} = 912,87$. I_{\max} untuk masalah ini adalah 548 dengan menggunakan persamaan 10.1. Oleh karena itu, kapasitas penyimpanannya adalah 548.

F. PENGELOMPOKAN ABC

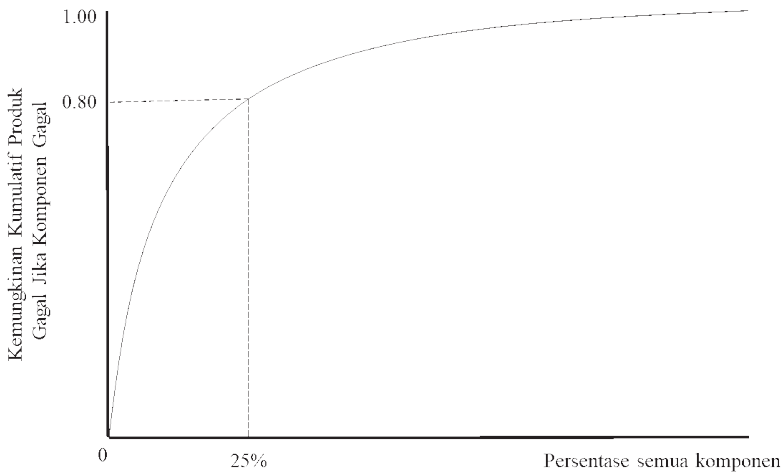
Manajemen bahan mulai dari awal proses pembelian sampai akhir melalui produksi dan pengiriman barang jadi dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan suatu konsep sistem yang disebut pengelompokan ABC. Konsep ini memperingatkan semua orang bahwa ada beberapa bahan yang lebih penting daripada yang lain sehingga harus bijaksana untuk melakukan apa yang lebih penting sebelum melakukan apa yang kurang penting.

1. Bahan/Komponen Yang Penting atau Kritis

Dalam manajemen bahan penting untuk mengkategorikan sifat kritis suatu suku cadang, komponen, dan bahan lainnya. Ada beberapa definisi kritis yang disebabkan situasi yang berbeda. Ketika kegagalan atau masalah pada suatu bahan menyebabkan kegagalan produk atau proses, maka itu adalah bahan yang kritis. Komponen atau suku cadang yang mengalami kegagalan lebih 10% dalam setahun. Pada umumnya 25% dari total komponen atau suku cadang kritis digolongkan ke dalam kelompok kritis A. Kelompok kedua yang disebut juga adalah kelompok kritis B dimana komponen atau suku cadang yang memiliki lebih besar dari 10% kemungkinan gagal dalam 5 tahun. Kelompok kedua ini pada umumnya adalah 25% dari total komponen atau suku cadang kritis. Sedangkan kelompok ketiga disebut kelompok kritis C adalah suku cadang atau komponen dengan kemungkinan mengalami kegagalan lebih dari 10% setelah 5 tahun. Karena 50% suku cadang tau komponen kritis berada dalam kelompok A dan B, maka 50% sisanya berada dalam kelompok C.

Kegagalan suatu komponen atau suku cadang adalah suatu kemungkinan dan bukan merupakan suatu kepastian dalam menghentikan proses atau produk. Jadi dapat dijelaskan bahwa komponen atau suku cadang kritis adalah komponen atau suku cadang yang penting dan berhubungan dengan kemungkinan kegagalan total proses atau produk jika komponen atau suku cadang tersebut mengalami kegagalan.

Komponen atau suku cadang diurutkan berdasarkan kemungkinan menyebabkan proses atau produk mengalami kegagalan seperti ditunjukkan pada gambar 10.7.



Gambar 10.7 Analisa ABC Berdasarkan Komponen Kritis

Gambar 10.7 menunjukkan ketika 25% komponen atau suku cadang kritis teratas memiliki kemungkinan 80% menyebabkan kegagalan produk (masing-masing secara bebas). Kondisi kritis adalah istilah yang dibuat yang dapat berarti penting terhadap kinerja atau berbahaya ketika digunakan. Dengan demikian, definisi lain dari kekritisan adalah adanya kemungkinan bahaya dalam penggunaan bahan. Sifat mudah terbakar, mudah meledak, dan beracun adalah faktor keamanan penting manajemen manajemen bahan (material). Apapun definisi kekritisan yang digunakan, prosedurnya adalah membuat daftar terlebih dahulu terkait komponen-komponen atau suku cadang-suku cadang yang paling kritis. Selanjutnya secara sistematis ditentukan urutan-urutan menurut kekritisannya. Konsep kekritisan harus mencerminkan biaya kegagalan, termasuk bahaya keselamatan, hilangnya nyawa, dan kerugian dalam keluaran produksi.

Suku cadang dan komponen cadangan lainnya harus tersedia agar sesuai dengan strategi perbaikan kegagalan yang bisa terjadi. Yang juga

harus dipertimbangkan adalah pergantian suku cadang dalam strategi pencegahan kegagalan. Selanjutnya, suku cadang harus diperiksa untuk memastikan kelanjutan penggunaannya dari waktu ke waktu.

2. Jumlah Nilai Tahunan Bahan

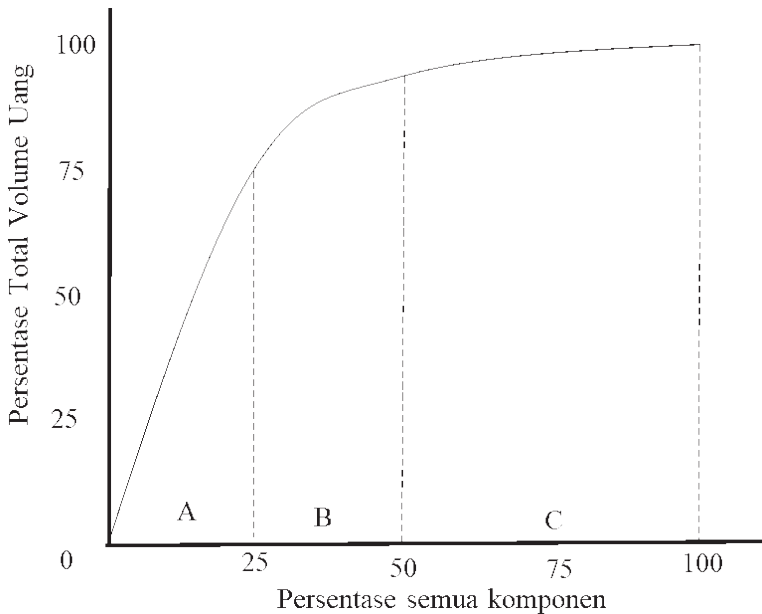
Yang lebih banyak digunakan adalah pengelompokan kategori ABC yang kedua berdasarkan pengelompokan bahan dalam jumlah nilai uang tahunan. Jumlah nilai uang adalah pengganti terkait potensi penghematan yang dapat dilakukan dengan meningkatkan manajemen persediaan bahan tertentu. Oleh karena itu, semua suku cadang, komponen, dan bahan lain yang digunakan oleh perusahaan harus terdaftar dan kemudian diurutkan berdasarkan jumlah nilai uang tahunan yang dimulai dengan item yang memiliki tingkat nilai uang terbesar ke tingkat terendah. 25% teratas dari bahan-bahan ini disebut item tipe A, 25% berikutnya disebut item tipe B, dan 50% terbawah disebut item tipe C.

Metode ABC membutuhkan studi individu dari setiap item A secara mendalam untuk ditingkatkan kinerjanya. Perinciannya termasuk berapa banyak yang dipesan pada satu waktu yang menentukan seberapa seringnya dipesan, dari siapa dipesan, standar mutu apa yang harus diperoleh, jangka waktu pengiriman (*lead time*, LT), konsistensi LT, serta semua perjanjian khusus dengan pemasok.

Item tipe B merupakan kelompok yang tidak terlalu memperhatikan secara rinci dalam kebijakannya, sedangkan kebijakan untuk item tipe C diatur sesederhana mungkin dalam pengelolaannya. Item tipe C memiliki jumlah nilai uang rendah yang berarti mereka memiliki harga per unit yang rendah atau mungkin memiliki volume rendah atau keduanya. Sebagian besar tipe C adalah karena harganya yang murah sehingga jumlah kerugian kecil akan dibayar ketika menyimpan bahan-bahan seperti itu, maka mereka tidak harus dipesan terlalu sering. Dalam operasional, item tipe C tetap dapat menyebabkan situasi kritis sehingga selalu harus tersedia ketika diperlukan. Jika manajer material (bahan) tidak menggunakan pendekatan sistem ABC yang mengelompokkan

bahan berdasarkan potensi penghematan yang lebih dari yang lain, maka kemampuan strategis penting dalam perbaikan sistematis dan pengembangan berkelanjutan sedang diabaikan.

Setiap perusahaan bisa berbeda dalam penentuan berapa persen setiap pengelompokan dari 75% total jumlah nilai uang tahunannya. Biasanya, sebagian kecil dari semua item (seperti 25%) menyumbang persentase yang sangat besar dari total volume nilai uang tahunan (seperti 75%) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.8.



Gambar 10.8 Analisa ABC Berdasarkan Volume Uang

Tidak ada aturan tetap bahwa persentase pengelompokan tipe A, B, dan C harus terjadi pada 25% dan 50%. Beberapa perusahaan malah hanya menggunakan pengelompokan A dan B. Konsep pengelompokan ABC dikembangkan pada tahun 1940-an oleh Del Harder dari Ford Motor Company.

G. MODEL DISKON BERDASARKAN JUMLAH PEMBELIAN (QUANTITY DISCOUNT MODEL)

Dalam situasi pemesanan tertentu, pemasok dapat memberikan potongan harga jika barang dibeli dalam jumlah banyak. Skenario ini disebut diskon jumlah atau harga diskon, namun diskon harga untuk jumlah besar mungkin tidak selalu menghasilkan penurunan total biaya karena jumlah yang besar akan meningkatkan biaya penyimpanan persediaan. Contoh berikut bisa digunakan untuk memahami cara kerja model diskon jumlah pembelian.

Contoh 10.1

Diketahui permintaan tahunan (D) untuk suatu barang adalah 240.000 unit, biaya pemesanan per pesanan (S) adalah \$30,00, biaya penyimpanan persediaan per unit per tahun (H) adalah 30% dari biaya (harga) barang atau $H = 30\%$ dari C. Vendor telah memberikan penawaran biaya (harga) per unit sebagai berikut:

Harga 1: \$2,80 untuk jumlah pesanan kurang dari atau sama dengan 29.999

Harga 2: \$2,77 untuk jumlah pesanan 30.000 ke atas

Untuk mengatasi permasalahan ini, maka akan dibandingkan total biaya untuk kedua harga tersebut. Pada model EOQ, EOQ dihitung dengan menggunakan persamaan 10.2 serta biaya total dihitung dengan persamaan 10.3. Dilakukan perhitungan dengan mengasumsikan bahwa akan dilakukan pembelian dengan harga yang lebih rendah yaitu \$2,77. Biaya penyimpanan persediaan untuk harga ini adalah \$0,83 (= 30% dari \$2,77) per satuan per tahun. EOQ untuk harga ini adalah 4,163 dengan menggunakan rumus EOQ). Namun, kita tidak dapat membeli 4,163 unit dengan harga \$2,77 karena jumlah minimum yang ditentukan oleh vendor adalah 30,000. Oleh karena itu harus dibeli setidaknya 30.000 unit untuk mendapatkan diskon, sehingga akan dihitung total biaya (TC) pada jumlah ini (30.000). Dengan menggunakan persamaan TC, maka diperoleh:

Selanjutnya dilakukan perhitungan EOQ untuk harga yang lebih tinggi yaitu \$2,80. Nilai H untuk harga ini adalah \$0,84 (30% dari \$2,80), sehingga EOQ adalah 4.140. Jumlah ini bisa digunakan karena dibawah 29.999 unit dengan harga \$2,80 per unit. Total biaya pada jumlah ini yaitu $TC(4.140)$ akan menjadi:

Jumlah pesanan untuk contoh ini adalah 4140 karena $TC(4.140) < TC(30.000)$. Jika $TC(30.000)$ lebih rendah dari $TC(4/140)$, maka jumlah 30.000 akan menjadi jawabannya. Contoh ini menggambarkan bahwa diskon jumlah pembelian akan diterima hanya ketika biaya total lebih rendah.

Ada faktor kualitatif lain yang perlu dipertimbangkan saat membuat keputusan tentang jumlah pesanan, seperti seorang manajer material mungkin mengatakan “tidak” untuk ide membeli dalam jumlah yang lebih besar bahkan jika jumlah yang lebih besar ini meminimalkan total biaya. Beberapa alasan dapat menjelaskan hal ini, seperti akan lebih banyak uang tunai akan digunakan dan lebih banyak lagi tempat penyimpanan yang dibutuhkan saat membeli dalam jumlah besar. Di sisi lain, jika ada kemungkinan terjadi kekurangan bahan akibat gangguan pengiriman, maka pesanan dalam jumlah besar akan diutamakan. Memilih ukuran pesanan yang lebih kecil dapat juga menunjukkan suatu harapan atau perkiraan bahwa di masa depan harga akan turun.

Beberapa faktor yang membuat pembelian yang lebih besar menjadi menarik meliputi:

1. Apakah ada kemungkinan mogok?
2. Apakah pembelian dalam jumlah besar dapat mempersulit pesaing untuk membelinya?
3. Dapatkah pembelian dalam jumlah besar mendorong pengurangan harga ke depan?

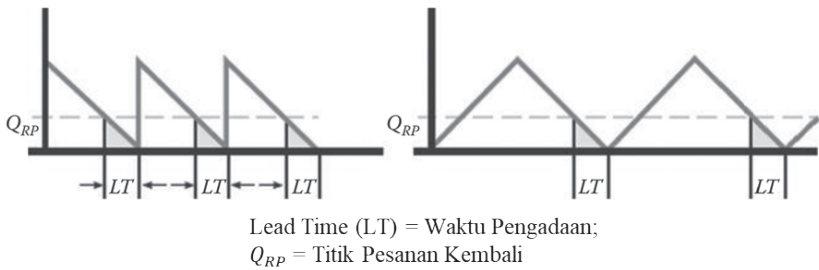
Beberapa faktor yang membuat pembelian yang lebih kecil menjadi menarik meliputi:

1. Haruskah ada perubahan pada bahan yang digunakan?
2. Apakah item mudah rusak?

3. Apakah harus dilindungi dari pencurian?
4. Apakah mengalami keusangan atau kadaluarsa?

H. JANGKA WAKTU PENGADAAN

Jangka waktu pengadaan (*Lead Time*, LT) adalah jarak waktu antara pengakuan atau konfirmasi pesanan yang disampaikan ke penjual atau pemasok dan pengiriman pesanan itu sampai diterima. LT untuk model EOQ dan EPQ dapat dijelaskan dengan melihat grafiknya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.9.



Gambar 10.9 Titik Pemesanan Ulang dan Jangka Waktu Pengadaan Persediaan

Dari gambar 10.9 dapat dilihat bagaimana tingkat stok yang semakin berkurang dan mencapai batas untuk dilakukan pesanan (*Quantity Reorder Point*, Q_{RP}) kedua diagram. Tingkat stok yang ada di Q_{RP} adalah berdasarkan ketersediaan stok yang cukup untuk memenuhi pesanan sampai pengisian persediaan kembali tiba dan siap digunakan. Jangka waktu antara pemesanan ulang dan penerimaan pesanan serta menyiapkan unit untuk digunakan bisa juga dihitung sebagai *lead time* (LT).

Beberapa pertimbangan LT yang berlaku untuk EOQ atau EPQ atau keduanya adalah:

1. Perlunya menentukan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk memesan ulang. Jika titik pesanan ulang (*re-order point*, RP) dipantau terus menerus, maka stok selama waktu pesanan akan mendekati nol. Ketika tingkat stok terbaca pada suatu jangka waktu, maka jangka

waktu rata-rata untuk mengetahui kapan RP tercapai adalah bagian dari LT.

2. Adanya jangka waktu untuk melakukan pekerjaan klerk terkait menyiapkan pesanan. Dalam proses ini termasuk menentukan berapa banyak yang harus dipesan dan memesan ke siapa. Juga termasuk didalamnya adalah mempersiapkan penawaran kepada pemasok. Jika banyak pemasok yang akan digunakan, maka ini juga termasuk dalam menentukan cara membagi pesanan. Pasokan mandiri dengan EPQ juga terkait dengan hal ini.
3. Perlunya jangka waktu surat, email, EDI, atau telepon dalam berkomunikasi dengan pemasok dan untuk melakukan pemesanan.
4. Berapa lama waktu yang dibutuhkan organisasi pemasok untuk bereaksi terhadap penempatan pesanan?
 - a. Apakah ada sistem untuk berkomunikasi dengan semua orang yang terlibat dalam memenuhi pesanan?
 - b. Berapa lama untuk mengetahui apakah barang yang diminta ada stok?
 - c. Jika barang tidak tersedia, berapa lama waktu yang dibutuhkan pemasok untuk mengatur proses dalam pembuatannya?
 - d. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi, mengemas, dan mengapalkan?
5. Adanya waktu pengiriman yang meliputi pemuatan (*loading*), transit, dan bongkar (*un-loading*) alat angkut. Jika perpindahan pengiriman (*trans-shipment*) diperlukan, maka periode LT harus diperpanjang perhitungannya. Periode ini dimulai ketika produk meninggalkan kendali pemasok dan berakhir ketika pembeli mengambil alih barang.
6. Adanya pemrosesan oleh departemen penerima terhadap barang yang dikirim, termasuk pemeriksaan jumlah dan mutu serta menentukan lokasi penyimpanan dan pemindahan barang.
7. Perlunya inspeksi untuk memastikan barang sesuai dengan spesifikasi baik dengan pengambilan sampel atau pemeriksaan 100% adalah umum dilakukan sehingga waktu mungkin diperlukan untuk menangani masalah yang ditemukan selama proses pemeriksaan.

8. Komputer yang digunakan untuk memperbarui catatan terkadang tidak tersedia sampai jam kerja selesai. Efek dari penundaan tersebut pada jadwal produksi harus diperhatikan.

Kedelapan komponen LT ini jika dijumlahkan akan membentuk total LT. Penentuan perkiraan LT yang baik membutuhkan kesadaran semua faktor sistem yang terkait. Penentuan LT yang tepat memerlukan studi sistem yang menelusuri semua faktor yang berkontribusi termasuk rata-rata dan varians dari faktor-faktor tersebut. Setiap situasi membutuhkan pemahaman terkait apa yang sebenarnya sedang dilakukan dan apa yang perlu dilakukan.

LT dari setiap komponen diatas biasanya bervariasi. Ketika varians signifikan, maka estimasi harus dibuat dari tingkat variabilitasnya. Meskipun LT biasanya bervariasi tetapi semua faktor bisa dianggap tetap sebagai nilai tunggal dengan dua alasan, yaitu:

1. Besarnya variabilitas dianggap kecil dan relatif dapat diabaikan.
2. Cukup sulit untuk mengasumsikan berbagai variabel permintaan dan variabel LT secara bersamaan.

Untuk menghitung berbagai variabel LT dengan cara yang cepat dan mudah, maka ide untuk mencegah kehabisan stok digunakan yang dapat dicapai dengan menerapkan asumsi penggunaan rata-rata yang lebih besar (kasus terburuk) dari rata-rata sebenarnya selama LT. Sebagai ilustrasi, jika LT diketahui rata-rata 10 hari dan diketahui juga ada deviasi yang berkisar ± 2 hari hampir semua waktu, maka perkiraan 12 hari untuk LT mungkin merupakan pilihan yang aman. Tambahan persediaan akan dibawa untuk memenuhi tambahan 2 hari LT yang bisa meleset. Penggunaan stok tambahan (*buffer*) adalah taktik untuk berjaga-jaga ketika pengiriman tidak tepat waktu (terlambat) dan juga sebagai antisipasi terhadap lonjakan permintaan. Pertanyaannya adalah berapa banyak stok tambahan tersebut.

I. KEBIJAKAN TITIK PESANAN (*ORDER POINT POLICIES, OPP*)

Kebijakan titik pesanan (OPP) menentukan tingkat stok di mana pesanan akan ditempatkan atau dipesan. Dengan kata lain, ketika penggunaan mengurangi jumlah unit yang ada, maka tingkat stok untuk dilakukn pemesanan kembali akan tercapai. Jumlah unit ketika mencapai titik pesanan (*re-order point, RP*) menjadi acuan penggandaan pesanan untuk tambahan stok yang akan dipesan pada pemasok yang sesuai. Model OPP menentukan jumlah unit yang dipesan, dimana waktu pesanan bervariasi tergantung pada jumlah pesanan dan kondisi dimana permintaan menghabiskan stok yang ada. Hal ini untuk menggambarkan ukuran pesanan yang tetap dan waktu antar pesanan yang bervariasi, sehingga sistem ini disebut sistem persediaan tetap (*perpetual or fixed inventory system*).

Selain itu ada jenis OPP yang lain yaitu sistem persediaan periodik. Pada sistem ini, pesanan pada tanggal tertentu secara berturut-turut dipisahkan oleh jarak waktu yang sama dengan catatan setiap item diperiksa dan pesanan ditempatkan dalam jumlah yang bervariasi sesuai kebutuhan. Jumlah pesanan ditentukan oleh jumlah stok yang ada saat catatan dibaca. Dalam sistem ini tanggal yang memicu peninjauan dan pemesanan yang dilakukan. Oleh karena itu dalam kasus sistem periodik, jarak waktu antar pesanan adalah tetap sementara jumlah yang dipesan bervariasi. Jumlah pesanan adalah fungsi dari permintaan pada periode sewaktu tinjauan catatan suatu item dilakukan.

OPP sistem periodik telah ketinggalan zaman di beberapa perusahaan karena sistem komputer memungkinkan sistem persediaan tetap digunakan dengan murah. Sistem periodik digunakan karena dua alasan, yang pertama adalah digunakan untuk memesan beberapa item tertentu bersama-sama dari pemasok yang sama. Hal ini dapat dilakukan oleh organisasi kecil dan menengah untuk mendapatkan batas muatan mobil angkutan karena mereka tidak memiliki volume yang cukup untuk mengisi angkutan dengan satu barang saja. Produsen juga mungkin ingin mengirimkan sejumlah item berbeda ke pengecer dalam suatu waktu

tertentu karena memiliki truk yang dijalankan untuk memenuhi kebutuhan dalam sistem persediaan jumlah tetap bisa menjadi terlalu mahal. Kegunaan kedua adalah menjadi dasar pengembangan beberapa model sistem persediaan yang menggabungkan penggunaan sistem jumlah tetap dan periodik yang menghasilkan biaya yang lebih rendah. Oleh karena itu, tetap penting untuk memahami mekanisme sistem model periodik.

Kedua model persediaan yang dibahas sebelumnya didasarkan pada konsep dan struktur matematis EOQ (jumlah tetap yang dipesan) atau EPQ (jumlah tetap yang diproduksi). Ada masalah lain yang tidak diselesaikan oleh model persediaan OPP tetapi bisa ditangani oleh sistem perencanaan kebutuhan bahan (*material requirement plan*, MRP). Sistem MRP digunakan ketika asumsi tentang pesanan yang terus-menerus dan konsistensi permintaan yang dipersyaratkan oleh EOQ dan EPQ tidak diperoleh.

Syarat paling penting dalam EOQ dan EPQ (yang merupakan model OPP) adalah konsistensi permintaan tanpa hambatan dari waktu ke waktu dengan pola penarikan unit yang relatif lancar dan teratur dari stok. MRP berfungsi ketika permintaan dipengaruhi berbagai faktor atau tidak menentu. MRP dalam penerapannya menggunakan sistem informasi untuk mengendalikan pola permintaan yang bervariasi. MRP membutuhkan kemampuan proses informasi yang terperinci, yang telah berkembang pesat sejak MRP pertama kali dikembangkan pada tahun 1960-an. Ketika OPP merupakan sistem online yang berkaitan dengan manajemen persediaan jumlah tetap dari sejumlah besar unit, maka kemampuan informasi yang signifikan juga diperlukan.

J. SISTEM PERSEDIAAN JUMLAH TETAP

Dalam sistem persediaan jumlah tetap (*Perpetual Inventory System*) akan terus dilakukan pencatatan yang diterima dari pemasok dan yang diambil untuk dipakai. Sistem ini pada umumnya digunakan secara *online* dan langsung dengan beberapa perubahan permintaan. Dengan melakukan perubahan pada model EOQ dan EPQ, maka perubahan permintaan dapat ditangani.

Perubahan permintaan muncul dari perubahan ukuran pesanan yang terjadi sepanjang rantai pasokan dan mempengaruhi semua yang terlibat. Pelanggan adalah penyebab utama perubahan permintaan serta adanya penggantian stok yang dimiliki di gudang untuk mengganti barang-barang yang hilang akibat kebakaran gudang, pencurian karyawan, dan adanya penemuan bahwa barang-barang dalam persediaan tidak dapat dikirim karena rusak.

Ketika terjadi perubahan pengaturan mesin yang menyebabkan sejumlah besar produk rusak dan tidak dapat diperbaiki, maka produksi harus menjalankan jumlah item yang lebih besar untuk mengganti yang rusak tersebut. Hal ini menyebabkan lebih banyak bahan yang diambil dari persediaan untuk digunakan dalam proses produksi. Pemasok mengirimkan unit yang dipesan per pesanan yang didasarkan pada perkiraan permintaan (D). Karena permintaan lebih besar dari yang diharapkan, maka RP dan Q_{RP} akan tercapai lebih cepat. Sudut pandang yang akan digunakan untuk menjelaskan bagaimana model EOQ dapat dirubah untuk memenuhi kebutuhan pembeli dengan mengasumsikan pengiriman dalam jumlah *batch* menggunakan persamaan 10.9.

$$Q_o = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (10.9)$$

Kondisi yang sama digunakan dalam sistem ini dimana proses berjalan sesuai permintaan barang yang relatif konstan dari waktu ke waktu. Jelas bahwa pemodelan seperti itu tidak berlaku di toko-toko dengan pesanan kecil karena mereka kekurangan permintaan yang terus-menerus. Sistem ini fokus pada item yang digunakan secara teratur dengan permintaan yang bervariasi. Pembeli memesan sesuai EOQ dengan memiliki beberapa stok cadangan atau stok aman (*safety stock*, SS). Stok cadangan adalah stok tambahan sehingga pada saat permintaan lebih banyak dari perkiraan, maka pesanan masih bisa dipenuhi.

Permasalahan yang ada bisa diatasi dengan memilih dan merancang sisten dengan menggunakan sistem persediaan jumlah tetap secara online

yang bisa melacak stok di persediaan di setiap transaksi penarikan atau masuk. Untuk merancang sistem, maka akan berguna untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Berapa unit stok cadangan yang harus dibawa?
Jawabannya tergantung pada selisih ataupun keseimbangan biaya penyimpanan/pengadaan tambahan untuk persediaan lebih dengan biaya kehabisan stok. Ketika satu biaya naik, maka yang lain turun.
2. Kapan pemesanan stok cadangan harus dilakukan?
Stok cadangan harus dibuat segera setelah ditentukan bahwa itu menguntungkan untuk dilakukan. Stok itu tidak harus diisi ulang atau diganti ketika telah digunakan untuk menghindari kehabisan stok karena penggunaan stok cadangan diperkirakan akan habis atau rata-rata di nol. Satu-satunya kondisi dimana sistem tidak bisa diterapkan jika sistem permintaan berubah dari waktu ke waktu atau tidak stabil.
3. Seberapa sering harus dilakukan pemesanan untuk stok cadangan?
Pemesanan stok cadangan dilakukan sekali dan kemudian kapanpun tingkat stok cadangan perlu diperbarui.
4. Berapa banyak unit yang harus dipesan untuk memenuhi permintaan yang diharapkan?
Menggunakan jumlah pesanan ekonomis yang sama.
5. Seberapa sering dan kapan harus memesan unit untuk memenuhi permintaan?
Pemesanan dilakukan setiap kali titik pemesanan ulang Q_{RP} tercapai.
6. Bagaimana cara kerja sistem persediaan jumlah tetap ini?
Jumlah penarikan dimasukkan ke dalam komputer setiap kali satu atau lebih unit diambil dari stok. Jumlah ini dikurangi dari keseimbangan tingkat stok sebelumnya untuk menentukan jumlah sisa yang baru dari stok yang ada.

1. Titik Pemesanan Ulang dan Stok Cadangan (Stok Aman)

Jumlah pemesanan ulang (*Re-order Point*, RP) ditentukan untuk setiap item dan dimasukkan dalam program komputer. Ketika RP telah tercapai, program mengenali hal ini dan pesanan ditempatkan sesuai jumlah

pesanan ekonomis (*Economic Order Quantity*, EOQ). Tingkat stok RP (Q_{RP}) sama dengan permintaan rata-rata yang diharapkan selama periode jangka waktu pesanan atau *lead time* (t_L) ditambah jumlah stok aman (SS).

$$Q_{RP} = \bar{D}_{LT} + SS \quad (10.10)$$

Permintaan yang diharapkan selama LT adalah fungsi dari permintaan rata-rata per hari (d) dan besarnya LT dan ditentukan sebagai:

$$\bar{D}_{LT} = d \times LT \quad (10.11)$$

Perhitungan t_L menjadi kompleks jika LT juga bervariasi. Nilai SS tergantung pada variabilitas permintaan dan tingkat layanan yang perusahaan ingin berikan. Tingkat layanan adalah ukuran situasi kehabisan stok yang diperbolehkan. Misalnya, tingkat layanan 95% berarti 95% kemungkinan tidak akan ada kondisi stok yang habis selama waktu LT.

Dengan asumsi bahwa permintaan mengikuti distribusi normal, nilai SS dapat ditentukan di persamaan 10.12.

$$SS = z\sigma_{LT} \quad (10.12)$$

di mana:

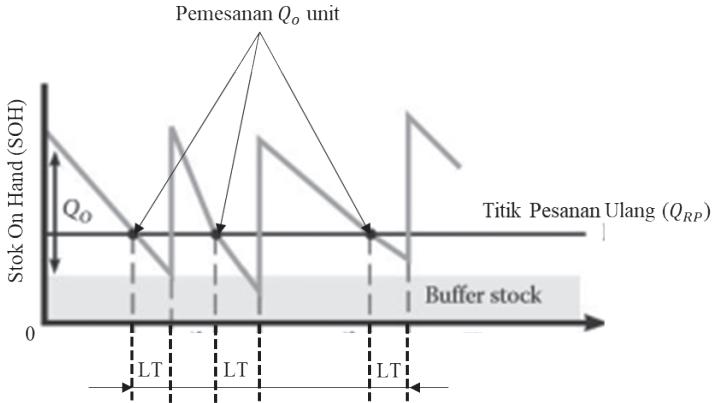
σ_{LT} : standar deviasi permintaan selama LT

z : ukuran tingkat layanan yang ingin diberikan.

Nilai z disebut variabel acak normal standar dan diperoleh dari tabel statistik. Untuk tingkat pelayanan atau tingkat kepercayaan (*confidence interval*) 95%, maka nilai $z = 1,65$. Menentukan tingkat SS membutuhkan situasi keseimbangan ekonomi antara biaya kehabisan stok dengan biaya membawa persediaan lebih banyak. Kehabisan stok terjadi setiap kali permintaan aktual dalam periode LT melebihi Q_{RP} . Kemungkinan kehabisan stok yang terjadi akan berkurang dengan meningkatkan nilai stok cadangan yang berarti bahwa biaya penyimpanan stok akan lebih tinggi dalam memastikan bahwa biaya kehabisan stok yang lebih kecil.

2. Pelaksanaan Sistem Persediaan Dengan Pesanan Jumlah Tetap

Langkah pertama untuk memahami cara kerja sistem persediaan jumlah tetap adalah dengan mempelajari representasi grafisnya. Gambar 10.10 mengilustrasikan dua hal yang dilakukan bersamaan dimana model EOQ berada di atas stok cadangan.



Gambar 10.10 Sistem Persediaan Dengan Pesanan Jumlah Tetap

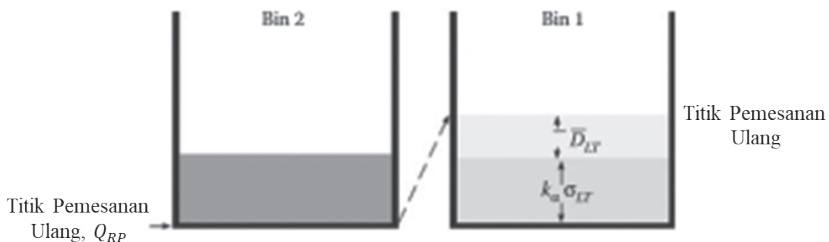
Dengan mengikuti garis stok yang dimiliki yang membentuk pola gigi gergaji yang tidak beraturan, maka ketika permintaan menjadi lebih besar akan menyebabkan garis bergerak turun lebih cepat dan ketika tingkat permintaan menurun akan menyebabkan garis bergerak ke bawah lebih lambat. Dengan kata lain, ketika kemiringan garis menjadi lebih curam akan menyebabkan RP (Q_{RP}) tercapai lebih cepat. Jarak antar pesanan bervariasi tergantung pada apakah permintaan lebih cepat atau lebih lambat dari nilai rata-rata.

Pada Gambar 10.10, siklus pengisian pertama berhenti tepat di jalur stok cadangan. Pada saat itu, jumlah stok adalah nol dan tidak ada stok cadangan yang digunakan. Permintaan menggunakan stok cadangan hanya untuk siklus pengisian kedua. Dengan kata lain, stok cadangan digunakan sekali dalam tiga siklus pengisian. Stok cadangan yang digunakan akan diganti saat pemesanan berikutnya diterima dan unit dimasukkan ke

dalam stok. Siklus ketiga dari tiga siklus pengisian menunjukkan pesanan tiba ketika tingkat persediaan berada di atas tingkat persediaan cadangan. Jika distribusi permintaan stabil sepanjang waktu, maka tingkat rata-rata stok cadangan akan sama dalam setiap perencanaannya.

3. Sistem Pengendalian Persediaan Jumlah Tetap Dengan Dua Bin

Sistem dua bin adalah cara baik untuk terus memantau titik pemesanan dimana sistem ini adalah sebuah sistem persediaan jumlah tetap yang berjalan sendiri secara sederhana. Gambar 10.11 menunjukkan dua bin dengan indikasi ataupun penomoran yang jelas, seperti bin nomor 1 dan 2. Ketika ukuran pesanan optimal sebanyak Q_o unit telah dikirim, maka Bin 1 diisi hingga level RP. Bin 1 sekarang berisi sejumlah unit untuk memenuhi permintaan yang diharapkan selama periode LT ditambah SS. Unit yang tersisa dari pengiriman EOQ sebanyak Q_o unit dimasukkan ke dalam Bin 2. Bagian bawah Bin 2 diberi indikasi RP. Ketika Bin 2 sudah kosong, maka jumlah unit yang tersisa semuanya ada di Bin 1 dan itu adalah jumlah untuk RP. Ketika bin 2 sudah habis, maka pesanan dilakukan dengan jumlah EOQ dan unit selanjutnya diambil dari Bin 1. Sistem dua bin tidak sesuai untuk banyak jenis barang dan jika dapat diterapkan akan menghilangkan banyak pekerjaan klerk. Sistem dua bin sangat sesuai untuk barang-barang kecil seperti mur, baut, dan nut yang sering digunakan dan membutuhkan banyak transaksi dalam menginput data. Alasan yang sama berlaku untuk mencatat penggunaan barang berbentuk cairan dengan menggunakan pendekatan sistem dua bin.



Gambar 10.11 Sistem Kendali Persediaan Pengadaan Tetap Dua Bin

K. SISTEM PERSEDIAAN TINJAUAN WAKTU TETAP (PERIODIK)

Sistem persediaan periodik didasarkan pada tinjauan tingkat persediaan dengan melakukan peninjauan dalam periode yang tetap. Sistem ini lebih banyak digunakan daripada sistem persediaan jumlah tetap sebelum informasi persediaan sudah digital dan online. Sistem ini sangat sesuai untuk memasukkan input secara manual dan menentukan kapan tindakan harus diambil secara berkala daripada secara tidak beraturan.

Sistem manual secara periodik dengan teknologi yang sudah ketinggalan zaman terutama dirancang untuk menghemat uang terkait administrasi pelacakan persediaan, namun sistem berkala terus digunakan dengan alasan lain termasuk persyaratan pemasok mengenai waktu untuk menerima pesanan baru, persyaratan pengirim tentang waktu pengiriman, memenuhi jadwal pelanggan, dan memenuhi kebutuhan terkait penggabungan pesanan untuk mendapatkan volume yang cukup sehingga mendapat diskon pengiriman.

Beberapa organisasi memiliki gudang pusat yang hanya akan menerima pesanan dari distributor regionalnya sekali dalam seminggu dimana setiap wilayah mengharapkan pengiriman pada hari yang berbeda dalam seminggu. Selanjutnya beberapa industri lebih menyukai keteraturan dari penerapan metode periodik yang dapat dikaitkan dengan jarak waktu pergantian proses produksi sebagai tahapan suatu proyek, misalnya tahapan bangunan harus disinkronkan dengan apa yang dikirim pemasok.

Sistem persediaan berkala (periodik) juga berperan dalam pengelompokan model persediaan lanjutan yang menggabungkan aturan pemesanan suatu sistem pemesanan jumlah tetap dan periodik untuk mendapatkan total biaya yang lebih rendah. Metode penggabungan ini dapat ditemui dalam instalasi sistem persediaan skala besar seperti yang digunakan Angkatan Bersenjata.

Jarak waktu optimal dari suatu tinjauan periodik (t_o) didasarkan pada hubungan akar kuadrat yang diberikan dalam persamaan 10.13

$$\begin{aligned}
 t_o &= \frac{Q_o}{D} \\
 t_o &= \frac{1}{D} * \sqrt{\frac{2DS}{H}} \\
 t_o &= \sqrt{\frac{2S}{DH}}
 \end{aligned}
 \tag{10.13}$$

Barang-barang berbiaya tinggi dan biaya pengangkutan yang besar meningkatkan keinginan melakukan peninjauan dengan periode yang lebih pendek. Biaya pemesanan yang tinggi dan/atau biaya penyiapan yang besar memerlukan periode tinjauan yang panjang.

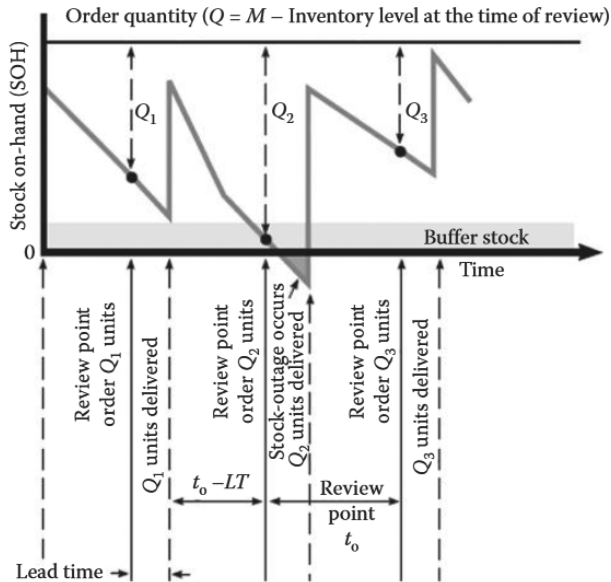
Untuk menggunakan model periodik, maka pertama-tama ditetapkan jangka waktu tinjauannya kemudian diatur tingkat persediaan maksimumnya (M). M adalah permintaan selama peninjauan periode bersama LT dan SS.

$$M = d(t_o + LT) + SS \tag{10.14}$$

di mana:

d = permintaan rata-rata per satuan waktu (hari, minggu, bulan, dan sebagainya).

Pada setiap tinjauan SOH ditentukan dan pesanan dilakukan untuk jumlah Q ($Q = M - SOH$). Nilai Q akan berbeda setiap kali pemesanan dilakukan karena dalam persamaan untuk menghitung Q, M adalah tetap dan nilai SOH tergantung pada permintaan selama periode peninjauan. Ini berbeda dengan persediaan model jumlah tetap, di mana pesanan adalah jumlah tetap pada jangka waktu yang berbeda-beda. Gambar 10.12 mengilustrasikan cara sistem pesanan periodik diterapkan.



Gambar 10.12 Sistem Persediaan Dengan Waktu Tinjau Tetap

Stok Cadangan Dalam Sistem Persediaan Periodik (Waktu Tetap)

Ukuran stok cadangan untuk sistem tinjauan berkala (periodik) dihitung dengan cara yang sama cara seperti untuk sistem persediaan jumlah tetap, namun SS untuk sistem persediaan periodik harus termasuk cadangan terhadap permintaan besar yang tidak terduga sehingga dalam periode peninjauan ditambah lagi satu jangka waktu LT .

SS untuk sistem persediaan periodik dihitung dengan menggunakan distribusi permintaan selama $t_0 + LT$ karena setelah pesanan ditempatkan, perubahan permintaan dapat terjadi selama periode t_0 . Perubahan permintaan dapat berlanjut selama LT sehingga pendalaman akan terjadinya perubahan permintaan sebelum perbaikan dapat dilakukan. Hal ini terjadi selama periode peninjauan dan LT sehingga perlunya stok tambahan untuk perlindungan dimana ini merupakan kelemahan utama dari model periodik. Standar deviasi permintaan selama $t_0 + LT$ dihitung sebagai berikut:

$$S_{(t_0+LT)} = S\sqrt{LT + t_0} \quad (10.15)$$

di mana:

S = standar deviasi permintaan dalam satu satuan periode waktu (hari, minggu, bulan, dan sebagainya).

SS kemudian dihitung sebagai:

$$SS = zS_{t_0+LT} \quad (10.16)$$

di mana,

$S_{t_0 + LT}$: standar deviasi permintaan untuk interval ($t_0 + LT$)

z : bilangan acak normal standar yang diperoleh dari tabel statistik berdasarkan tingkat layanan yang diinginkan.

Model periodik menarik bagi manajer yang menyukai pembukuan dan keteraturan tindakan. Pasar mendorong tindakan yang merujuk kepada jumlah yang tetap, sedangkan jadwal mendorong tindakan secara berkala (periodik). Perbedaannya adalah pada masalah ekonomi maupun psikologis.

BAB 11

Manajemen Proyek

A. PENDAHULUAN

Proyek terdiri dari serangkaian kegiatan yang berorientasi tujuan yang selesai ketika tujuan tercapai dimana usaha ataupun kegiatan yang dilakukan memiliki wawasan perencanaan yang terbatas. Proyek berbeda dengan karakter produksi berbasis *batch* ataupun *layout* karena proyek umumnya memiliki ciri yang mirip dengan pekerjaan khusus, namun skala proyek jauh lebih besar yang melibatkan banyak pekerja dan sumber daya.

Proyek adalah kegiatan berbasis waktu yang melibatkan berbagai keterampilan dan teknologi untuk mencapai tujuan. Setiap proyek menciptakan produk, jasa, atau hasil yang unik. Hasil proyek bisa kelihatan atau tidak berwujud. Meskipun suatu bagian berulang mungkin ada dalam beberapa hasil dan kegiatan proyek tetapi pengulangan ini tidak mengubah karakteristik dasar dan unik dari pekerjaan proyek. Misalnya, gedung perkantoran dapat dibangun dengan bahan yang sama atau serupa dan oleh tim yang sama atau berbeda namun setiap bangunan proyek tetap unik dengan lokasi yang berbeda, desain yang berbeda, keadaan dan situasi yang berbeda, pemangku kepentingan yang berbeda, dan sebagainya. Akhir suatu proyek ketika tujuan proyek telah tercapai atau ketika proyek dihentikan karena tujuannya tidak akan atau tidak dapat dipenuhi atau ketika kebutuhan untuk proyek tidak ada lagi.

Sebuah proyek juga dapat dihentikan jika klien (konsumen, sponsor, atau pimpinan) ingin menghentikannya. Jangka waktu proyek tidak selalu

pendek karena mengacu pada keterlibatan proyek dan umur panjangnya. Sementara biasanya tidak berlaku untuk produk, layanan, atau hasil yang dibuat oleh proyek; sebagian besar proyek dilakukan untuk menciptakan hasil yang bertahan lama. Misalnya, proyek untuk membangun monumen nasional akan menciptakan hasil yang diharapkan bertahan selama berabad-abad. Proyek juga dapat memiliki sosial, ekonomi, dan dampak lingkungan yang jauh melampaui proyek itu sendiri.

Upaya kerja yang berkelanjutan umumnya merupakan proses berulang yang mengikuti prosedur organisasi yang ada, sebaliknya sifat proyek yang unik berpengaruh pada adanya ketidakpastian atau perbedaan dalam produk, jasa, atau hasil. Kegiatan proyek dapat menjadi sesuatu hal baru bagi anggota tim proyek yang mungkin memerlukan perencanaan yang lebih dalam daripada pekerjaan rutin lainnya. Proyek dapat dilakukan dalam setiap tingkat organisasi yang melibatkan satu individu atau beberapa individu, satu unit organisasi atau beberapa unit organisasi dari beberapa organisasi.

Proyek sering kali mencakup beberapa kegiatan yang berulang, seperti membangun beberapa rumah pada suatu bagian tanah adalah sebuah proyek. Proyek mungkin memerlukan pekerjaan *batch* dan bahkan beberapa pekerjaan berbasis *layout* yang terputus-putus, namun proyek itu sendiri mengintegrasikan kegiatan yang bergerak menuju penyelesaian sama dengan penambahan setiap bab yang ditulis menjadi buku ataupun rantai ditambahkan ke suatu bangunan.

Proyek dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat kesederhanaan dalam mengubah sesuatu. Perubahan desain sebagai hasil dari suatu rekayasa teknis (*Engineering Change Order*, ECO) mungkin tampak seperti perubahan kecil dalam suatu desain produk, namun perubahan sekecil apapun memerlukan perubahan proses yang dapat menyebabkan kompleksitas suatu sistem. Perubahan desain sekecil apapun dapat merusak kemampuan suatu peralatan dalam operasinya. ECO juga dapat melipatgandakan jumlah dan tingkat keparahan permasalahan mutu. Masalah-masalah tersebut terutama terlihat jika tidak ada cukup waktu

untuk menguji dampak perubahan yang diusulkan satu sama lain dan dengan pola penggunaannya. Terlalu banyak ECO dapat mengganggu bisnis normal suatu organisasi.

Proyek dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat kerumitan yang melibatkan sejumlah orang, tim, komponen, dan kegiatan. Seringkali jumlah masalah yang perlu dipertimbangkan sangat besar dalam suatu proyek seperti proyek membangun pabrik baru yang rumit karena hal tersebut membutuhkan berbagai macam hal yang belum pernah dilakukan sebelumnya.

Proyek dapat diklasifikasikan berdasarkan frekuensi pengulangan, seperti penerbangan pesawat ulang-alik yang semuanya tidak sama dan dipengaruhi oleh berbagai macam kondisi. Sebagai contoh adalah pesawat Challenger meledak ketika diluncurkan tanggal 28 Januari 1986 karena sesuatu. Tujuh belas tahun kemudian (1 Februari 2003), pesawat Columbia terbakar saat persiapan meluncur karena permasalahan teknis. Di antara periode tersebut ada ratusan misi berhasil diterbangkan. Dalam suatu program yang dipenuhi ketidakpastian, maka penting untuk menentukan skenario apa yang dapat dianggap berulang karena ada suatu keunikan yang tidak diketahui.

Ada manfaat yang diperoleh dari suatu kegiatan berulang dalam sebuah proyek, seperti pengembangan perumahan yang terdiri dari desain rumah yang sama yang dibangun berkali-kali sehingga memungkinkan bahan dibeli dengan diskon karena membeli dalam jumlah tertentu. Pelatihan untuk kegiatan berulang juga bisa dijadikan contoh dimana rencana kegiatan yang sama juga dapat digunakan. Ketika frekuensi proyek meningkat, maka pola pikir proyek harus tetap ada dimana perencanaan akan keteraturan harus juga dibarengi dengan perencanaan ketika masalah muncul.

Pola pikir proyek berorientasi pada tujuan dengan penyelesaian yang direncanakan selama waktu tertentu. Jika kegiatan mulai dilakukan sebagai sistem yang berulang, maka orientasi proyek telah digantikan oleh salah satu penjadwalan berulang seperti yang digunakan oleh pekerjaan

pabrik dan pekerjaan yang terputus-putus. Dalam pembangunan banyak rumah dengan desain yang sama, maka akan ada pertimbangan keunikan yang harus diperhitungkan. Beberapa pengembang memproduksi rumah dalam jumlah banyak untuk mengurangi biaya proyek yang mahal dan menggantinya dengan biaya produksi yang lebih rendah. Proyek harus memperhitungkan faktor rantai pasokan yang berdampak ekonomis karena direncanakan dengan baik sehingga perlu adanya keseimbangan antara perulangan yang sama dan perbedaan yang kreatif. Pengembangan produk baru tidak semuanya sama seperti memproduksi mobil model baru mungkin tampak seperti pekerjaan berulang, tetapi ada bagian baru yang ada setiap saat.

Proyek juga dapat dikelompokkan berdasarkan berapa banyak kegiatan yang benar-benar baru dihasilkan. Beberapa proyek memiliki kegiatan yang belum pernah dilakukan sebelumnya seperti NASA yang membangun stasiun luar angkasa internasionalnya bersama Rusia.

Manajemen proyek adalah penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik dalam kegiatan proyek untuk memenuhi persyaratan proyek (PMBOK, 2013). Manajemen proyek dicapai melalui penerapan dan integrasi yang tepat dari berbagai proses manajemen proyek yang dikelompokkan ke dalam lima kelompok proses, yaitu:

1. Permulaan (*initiating*)
2. Perencanaan (*planning*)
3. Pelaksanaan (*executing*)
4. Pemantauan dan pengendalian (*monitoring & controlling*)
5. Penutupan (*closing*)

Mengelola proyek biasanya mencakup, tetapi tidak terbatas pada:

1. Mengidentifikasi persyaratan
2. Mengatasi berbagai kebutuhan, kekhawatiran, dan harapan para pemangku kepentingan dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek
3. Menyiapkan, memelihara, dan melaksanakan komunikasi antar pemangku kepentingan yang aktif, efektif, dan bersifat kolaboratif

4. Mengelola pemangku kepentingan untuk memenuhi persyaratan proyek dan menciptakan hasil proyek
5. Menyeimbangkan kendala proyek yang bersaing, yang meliputi namun tidak terbatas pada:
 - a. Ruang lingkup
 - b. Mutu
 - c. Penjadwalan
 - d. Anggaran
 - e. Sumber Daya
 - f. Risiko.

Karakteristik dan keadaan proyek yang spesifik dapat mempengaruhi kendala di mana proyek tim manajemen perlu fokus. Hubungan antara faktor-faktor ini sedemikian rupa sehingga jika salah satu faktor berubah, setidaknya satu faktor lain mungkin terpengaruh. Misalnya jika jadwal dipersingkat, seringkali anggaran perlu ditambah untuk menambah tambahan sumber daya untuk menyelesaikan jumlah pekerjaan yang sama dalam waktu yang lebih singkat. Jika peningkatan anggaran tidak memungkinkan, ruang lingkup atau mutu yang ditargetkan dapat dikurangi untuk memberikan hasil akhir proyek dalam waktu yang lebih singkat dengan jumlah anggaran yang sama.

Pemangku kepentingan proyek mungkin memiliki ide yang berbeda mengenai faktor mana yang paling penting, sehingga menciptakan lebih banyak lagi tantangan. Mengubah persyaratan atau tujuan proyek dapat menimbulkan risiko tambahan. Tim proyek harus mampu menilai situasi, menyeimbangkan tuntutan, dan memelihara komunikasi proaktif dengan pemangku kepentingan dalam mencapai keberhasilan suatu proyek.

Karena adanya potensi perubahan, maka pengembangan rencana pengelolaan proyek merupakan kegiatan berulang dan dikembangkan secara progresif sepanjang siklus hidup proyek. Elaborasi progresif melibatkan perbaikan terus-menerus dan merinci rencana dengan ketersediaan informasi yang lebih rinci dan spesifik serta perkiraan yang

lebih akurat. Elaborasi progresif memungkinkan tim manajemen proyek untuk mendefinisikan pekerjaan dan mengelolanya ke tingkat detail yang lebih besar seiring perkembangan proyek.

B. PENGATURAN PROYEK

Metode manajemen proyek yang baik bisa mendeteksi apa yang diperlukan saat permulaan, apa yang telah dilakukan, dan apa yang masih perlu dilakukan. Metode proyek yang baik juga bisa menunjukkan kegiatan yang penting untuk diselesaikan, sehingga manajer proyek akan mempercepat kegiatan yang kelihatan melenceng dari seharusnya. Ada lima siklus hidup dalam tahapan suatu proyek yaitu:

1. Tahap permulaan yang menggambarkan tujuan kebutuhan pengembangan dan spesifikasi proyek yang diinginkan dengan adanya wewenang memulai proyek.
2. Tahap perencanaan proyek untuk menetapkan kegiatan yang penting untuk mencapai tujuan termasuk waktu pelaksanaan kegiatan, menetapkan ruang lingkup proyek, menyempurnakan tujuan, dan menentukan tindakan yang diperlukan untuk mencapai tujuan sehingga proyek yang dilakukan bisa terlaksana.
3. Tahap pelaksanaan proyek yang melakukan kegiatan sesuai jadwal dan menyelesaikan pekerjaan yang ditentukan dalam manajemen perencanaan proyek untuk memenuhi spesifikasi proyek.
4. Tahap pemantauan dan pengendalian untuk mendeteksi, meninjau, dan mengatur kemajuan dan kinerja proyek, mengidentifikasi bagian di mana perubahan rencana diperlukan, dan memulai perubahan yang sesuai.
5. Tahapan penutupan proyek untuk menyelesaikan semua kegiatan di semua proses secara resmi.

C. KEPEMIMPINAN DALAM MANAJEMEN PROYEK

Organisasi membutuhkan manajemen proyek setiap kali mereka mempertimbangkan untuk memperkenalkan produk atau jasa baru, sehingga seringkali mereka beralih ke manajer bagian proses atau

produksi dan menunjuknya untuk menangani proyek selama proyek berlangsung. Berbagai macam masalah yang dihadapi dalam proyek berbeda dari yang ditemui di pekerjaan dengan spesifikasi tertentu (*job shop*) dan berdasarkan aliran proses (*flow shop*) dimana waktu sangat penting dalam proyek.

Berbagai permasalahan dalam proyek, seperti pengembalian investasi yang tidak tercapai sampai proyek selesai. Disamping itu ketika proyek adalah produk baru, yang pertama masuk ke pasar dengan produk bermutu akan mendapat keuntungan pasar yang substansial. Ketika proyek fokus pada peningkatan proses yang penting, maka kemungkinan akan ada biaya dan/atau peningkatan mutu yang bisa menjadi perbedaan di pasar.

Manajer proyek diarahkan oleh perencanaan strategis yang ditentukan untuk membuka peluang di pasar yang berarti menempatkan lebih banyak sumber daya untuk bekerja dalam mempercepat penyelesaian proyek. Masalah yang muncul akan memperlambat proyek dan berdampak pada kerugian yang besar, sedangkan manajer produksi dapat menerima penundaan yang dampaknya tidak terlalu besar dan dapat diperbaiki kemudian. Hal ini tidak berlaku bagi proyek yang memiliki waktu terbatas.

Kemampuan untuk mengelola proyek di bawah tekanan dan kritis membutuhkan kepemimpinan yang kuat adalah suatu kenyataan yang harus diakui ketika memilih manajer proyek. Manajer proyek yang efektif terbiasa hidup dengan risiko besar dan ancaman hukuman besar. Tujuan dalam manajemen proyek harus strategis yang sangat penting bagi manajemen puncak dan kesuksesan perusahaan dan sering kali melakukan manajemen perubahan dalam perusahaan. Hal ini menyebabkan profil manajer proyek yang sukses berbeda dengan manajer produksi. Manajer proyek sering membutuhkan kerjasama sistem yang cepat dalam menyelesaikan masalah dengan cepat, sehingga membutuhkan kepemimpinan yang berbeda dari yang dibutuhkan oleh manajer proses atau produksi yang berorientasi pada kontrol.

D. ATURAN-ATURAN DASAR DALAM MANAJEMEN PROYEK

Aturan dasar berikut berlaku dalam manajemen proyek:

1. Menyatakan tujuan proyek dengan jelas dengan istilah yang paling sederhana dan dikomunikasikan kepada semua anggota tim. Seringkali ada banyak personil dalam sebuah proyek sehingga pengetahuan tentang tujuan proyek harus disebarakan.
2. Keahlian diperlukan untuk menjabarkan kegiatan proyek dan mengurutkannya dengan benar.
3. Akurasi dan pencapaian waktu serta estimasi biaya yang akurat untuk semua kegiatan proyek adalah penting. Melesetnya jadwal sering kali berarti masalah sesungguhnya, tetapi kadang-kadang dapat ditoleransi karena ada waktu cadangan yang cukup (*slack*). Manajemen proyek membutuhkan pengetahuan akan kegiatan mana yang harus diawasi dan dipercepat.
4. Pengulangan kegiatan secara umum harus dihilangkan. Ada beberapa keadaan dimana kegiatan proyek yang bersamaan (paralel) bisa dilakukan:
 - a. Jika ada pertentangan gagasan yang besar dan ada urgensi untuk mencapai tujuan, maka kadang-kadang masuk akal untuk mengizinkan dua atau lebih kelompok bekerja secara bebas dengan pendekatan yang berbeda. Prosedur evaluasi yang direncanakan diawal harus ada sehingga sesegera mungkin program dapat dikembalikan ke satu jalur atau proses.
 - b. Pada awal program (tahap eksplorasi atau inisiasi), penelitian jalur paralel sering diperlukan dan dapat didorong. Semua pendekatan yang memungkinkan harus dipertimbangkan dan dievaluasi sebelum komitmen dana yang besar dibuat.
 - c. Penelitian proses paralel diperlukan ketika risiko kegagalan tinggi yang berdampak pada kelangsungan proyek. Ketika keuntungan suatu proyek besar, maka kegiatan jalur paralel dapat dibenarkan selama jangka waktu cukup untuk mencapai tujuan.
5. Satu orang yang berorientasi sistem harus bertanggung jawab atas

semua keputusan yang penting. Manajer proyek harus mampu memimpin tim yang memahami permasalahan teknis, pemasaran, dan produksi. Beberapa pemimpin proyek tidak disarankan, sehingga seorang pemimpin proyek harus mampu menangani banyak individu yang melapor kepadanya.

6. Metode manajemen proyek didasarkan pada pemanfaatan database sistem informasi yang diperbarui secara berkala.
 - a. Pengelompokan metode proyek dan rangkuman berbagai informasi yang berkaitan dengan prioritas kegiatan, waktu dan biayanya.
 - b. Metode proyek dapat menilai dampak dari perkiraan kesalahan yang mungkin terjadi

E. ASAL USUL MANAJEMEN PROYEK

Mulai sekitar tahun 1957, ada dua pendekatan yang mirip dalam perencanaan dan pelacakan jaringan proyek skala besar yang dimulai di lokasi yang terpisah dan untuk alasan yang berbeda. Pendekatan tersebut adalah:

1. PERT (*Program Evaluation Review Technique* atau Teknik Tinjauan Evaluasi Program)
2. CPM (*Critical Path Method* atau Metode Jalur Kritis)

PERT dikembangkan oleh US Navy Special Projects Office bersama-sama dengan Booz Allen Hamilton dalam proyek peluncuran rudal kapal selam Polaris. Proyek dalam perang dingin ini dianggap mendesak oleh pemerintah dan variabel waktu dianggap sangat penting. Ada sekitar 100.000 kegiatan yang dibagi di antara ribuan pemasok. PERT mengatur jaringan kegiatan yang sangat sesuai untuk proyek besar dan dapat dianalisis secara sistematis oleh komputer. CPM adalah metode serupa yang dikembangkan oleh DuPont dan Remington Rand, yang kemudian menjadi Unisys. Metode ini digunakan untuk merancang dan mengkoordinasikan operasi pabrik kimia dan komputer juga sangat penting pada saat pengembangan.

Perbedaan penting antara PERT dan CPM adalah dalam menentukan waktu untuk melakukan berbagai kegiatan. Hal ini terutama karena asal usul dan proyek awal mereka dikembangkan dan digunakan. PERT digunakan untuk proyek yang waktu kegiatannya tidak pasti karena manajer proyek tidak terbiasa dengan kegiatan, sedangkan proyek dan kegiatan yang akrab bagi manajer proyek akan sesuai dengan CPM. Belakangan ini perbedaan antara PERT dan CPM tampaknya menghilang dan bersama-sama disebut PERT/CPM atau hanya teknik jaringan. Kedua metode ini berbagi gagasan tentang jalur kritis dan sangat berhasil mengurangi waktu proyek.

F. JARINGAN PROYEK

Tiga langkah diperlukan untuk menggunakan model jaringan proyek:

1. Mendetailkan semua kegiatan yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek
2. Menetapkan hubungan awal diantara kegiatan dan mendokumentasikan alasan untuk hubungan ini sehingga semua tim dapat membagikan informasi ini. Catatan sebelumnya bersifat tetap dan eksplisit yang dilanjutkan dengan menggambarkan diagram prioritas (jaringan) untuk digunakan berdasarkan teknologi kelayakan, tujuan manajerial, kemampuan administratif, peralatan, dan kendala tenaga kerja.
3. Memperkirakan waktu untuk melakukan setiap tugas atau kegiatan. Metode perkiraan waktu kegiatan perlu dirinci dan dikaitkan dengan mutu proyek, misalnya lebih banyak waktu yang diperlukan dalam pemeriksaan kesalahan secara berulang untuk memastikan bahwa tidak ada cacat proyek yang terjadi. Pemeriksaan kesalahan secara berulang berarti dua orang (metode) yang berbeda digunakan untuk memverifikasi bahwa tidak ada kesalahan yang terjadi. Ada dua pilihan dalam menetapkan waktu, yaitu:
 - Pilihan 1 : perkiraan deterministik (cukup pasti) terkait waktu kegiatan.
 - Pilihan 2 : perkiraan probabilistik (tidak pasti dan berdasarkan perkiraan) terkait waktu kegiatan.

Contoh penerapan jaringan proyek yang datanya ditunjukkan pada Tabel 11.1 terdiri dari kegiatan A sampai J seperti yang ditunjukkan pada kolom pertama. Kolom 2 dan 3 menunjukkan hubungan diantara kegiatan. Pendahulu langsung dari suatu kegiatan adalah kegiatan yang harus dilakukan segera sebelum kegiatan tertentu, sedangkan pengikut adalah kegiatan yang harus dilakukan segera sesudah suatu kegiatan dilakukan. Karena tidak ada pendahulu langsung dari kegiatan A, B, dan C artinya kegiatan tersebut dapat dilakukan segera setelah proyek dimulai. Kegiatan A adalah pendahulu langsung dari kegiatan D, sehingga kegiatan D hanya dapat dilakukan setelah kegiatan A telah selesai. Kegiatan E dan F hanya dapat dilakukan setelah kegiatan B (pendahulu langsung dari E dan F) telah selesai. Kegiatan G harus dilakukan setelah kegiatan C selesai. Kegiatan H mengharuskan kegiatan D dan E diselesaikan sebelum seseorang dapat memulai kegiatan H. Demikian pula F, G, dan H harus diselesaikan sebelum kegiatan I mulai dan akhirnya kegiatan I harus diselesaikan sebelum kegiatan J dapat dimulai.

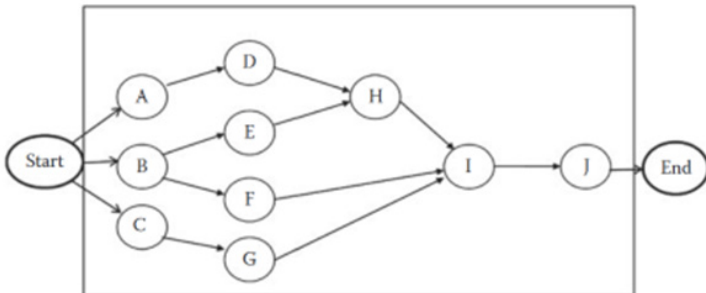
Tabel 11.1 Data Proyek

Kegiatan	Kegiatan yang mendahului	Kegiatan yang mengikuti	Waktu (Minggu)
A	Tidak ada	D	9
B	Tidak ada	E, F	5
C	Tidak ada	G	7
D	A	H	12
E	B	H	8
F	B	I	6
G	C	I	11
H	D, E	I	5
I	F, G, H	J	4
J	I	Tidak ada	10

Hubungan antar kegiatan juga dapat diberikan dengan menentukan hubungan pengikut langsung. Misalnya D adalah pengikut langsung

dari A, maka ini sama dengan mengatakan bahwa A adalah pendahulu langsung dari D. Kegiatan E dan F adalah pengikut langsung B, kegiatan G adalah pengikut langsung C, kegiatan H adalah pengikut langsung dari D dan E, kegiatan I adalah pengikut langsung dari F, G, dan H, dan J adalah pengikut langsung I. Kegiatan J tidak memiliki pengikut langsung karena J adalah yang terakhir dalam kegiatan proyek. Dalam proyek apa pun, cukup untuk menentukan pengikut langsung atau pendahulu langsung.

Hubungan yang diberikan pada Tabel 11.1 ditunjukkan pada Gambar 11.1. Setiap kegiatan diwakili dalam lingkaran, dimana panah menunjukkan hubungan. Berdasarkan suatu kebiasaan, kegiatan “mulai” dan “selesai” ditambahkan untuk menunjukkan permulaan dan akhir proyek. Waktu untuk kegiatan awal dan akhir adalah nol. Diagram pada gambar disebut diagram *Activity on Node* (AON) karena lingkaran adalah node dan setiap kegiatan dinyatakan sebagai node. Diagram ini juga dikenal sebagai jaringan atau diagram jaringan.



Gambar 11.1 Diagram AON

G. JALUR KRITIS DAN DURASI PROYEK

Jalur kritis ditunjukkan dalam waktu dan PERT/CPM adalah metode yang berbasis waktu. Waktu dan estimasi biaya akan berkaitan pada titik berikutnya. Dalam proyek, waktu adalah parameter yang sangat penting sehingga sangat perlu untuk menentukan durasi proyek yang bertujuan untuk mencapai waktu penyelesaian proyek terpendek dan kemudian mengendalikan waktu siklus proyek untuk memenuhi tujuan dari perencanaan.

Durasi proyek dapat diperoleh dengan menghitung semua durasi jalur di jaringan seperti jaringan proyek yang ditunjukkan pada Gambar 11.1 yang memiliki empat jalur dan dijelaskan dalam Gambar 11.2. Kegiatan mulai dan akhir tidak disertakan saat mencatat jalur. Durasi suatu jalur sama dengan jumlah semua kegiatan yang termasuk dalam jalur tersebut, misalnya waktu lintasan A–D–H–I–J = 9 + 12 + 5 + 4 + 10 = 40 minggu, waktu lintasan B–F–I–J = 5 + 6 + 4 + 10 = 25 minggu, dan seterusnya seperti ditunjukkan di Gambar 7.2. Durasi proyek sama dengan panjang jalur terpanjang yaitu 40 minggu pada kasus ini, dimana jalur terpanjang disebut juga jalur kritis dan bisa lebih dari satu jalur kritis dalam jaringan. Perlu diketahui bahwa total waktu semua kegiatan tidak sama dengan durasi proyek karena beberapa kegiatan dapat dilakukan secara bersamaan. Sebagai contoh, kegiatan A, B, dan C dapat dilakukan secara bersamaan (paralel) saat proyek dimulai. Jalur yang lebih pendek dari jalur kritis dikatakan memiliki waktu longgar (*slack*) yang merupakan perbedaan antara panjang jalur kritis dan panjang jalan yang memiliki waktu longgar tersebut, misalnya jalur B–E–H–I–J memiliki waktu kendur 8 (= 40 - 32) minggu.

Tabel 11.2 Panjang Jalur (Minggu)

Jalur					Panjang	Keterangan
A	D	H	I	J	40	Jalur kritis
B	E	H	I	J	32	
C	F	I	J		25	
D	G	I	J		32	

H. WAKTU MULAI PALING AWAL DAN SELESAI PALING CEPAT

Jalur kritis menyatakan durasi proyek, namun itu tidak memberi tahu kapan harus memulai suatu kegiatan dan kapan harus menyelesaikan suatu kegiatan. Kita dapat menentukan waktu mulai paling awal (Early Start, ES) dan waktu selesai lebih cepat (Early Finish, EF) dari setiap kegiatan seperti ditunjukkan pada Tabel 11.3. Kegiatan A, B, dan C tidak

memiliki proses sebelumnya, jadi semuanya dapat dimulai tepat di waktu nol seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.3 atau dengan kata lain waktu ES untuk kegiatan A, B, dan C adalah nol. Perhitungan waktu EF dari kegiatan ini dengan menggunakan persamaan 11.1

$$\text{Waktu EF} = \text{Waktu ES} + \text{Waktu kegiatan} \quad (11.1)$$

Tabel 11.3 Waktu ES dan EF untuk Setiap Kegiatan

Kegiatan	Kegiatan yang mengikuti	Waktu (minggu)	Waktu ES	Waktu EF
A	D	9	0	9
B	E, F	5	0	5
C	G	7	0	7
D	H	12	9	21
E	H	8	5	13
F	I	6	5	11
G	I	11	7	18
H	I	5	21	26
I	J	4	26	30
J	Tidak ada	10	30	40

Kegiatan A dimulai pada waktu 0 dan waktu pemrosesannya adalah 9, sehingga akan selesai pada waktu 9 ($= 0 + 9$). Demikian pula, B akan selesai pada waktu 5 dan C akan selesai pada waktu 7. Kegiatan D dapat dimulai ketika pendahulu langsungnya (A) telah selesai. A selesai pada waktu 9. Oleh karena itu, waktu ES dari D adalah 9. Waktu EF-nya adalah 21 ($= 9 + 12$), di mana 12 adalah waktu pemrosesan kegiatan D. Kegiatan E dan F dapat dimulai setelah kegiatan B selesai pada waktu 5. Jadi waktu ES dari E dan F adalah 5. Waktu EF dari E adalah 13 ($= 5 + 8$) dan waktu EF dari F adalah 11 ($= 5 + 6$). Demikian pula, waktu ES dan EF kegiatan G masing-masing adalah 7 dan 18. Kegiatan H dapat dimulai hanya setelah kegiatan D dan E selesai karena D dan E adalah pendahulu langsung dari H. Kegiatan D selesai paling awal pada waktu 21 dan kegiatan E selesai paling awal pada waktu 13.

Oleh karena itu, waktu ES untuk kegiatan H adalah 21. Aturannya adalah jika suatu kegiatan memiliki beberapa pendahulu langsung, maka waktu ES dari kegiatan tersebut sama dengan waktu EF terbesar dari semua kegiatan sebelumnya. Oleh karena itu, waktu EF dari H adalah 26 (= 21 + 5). Waktu ES untuk kegiatan I adalah 26 yang adalah waktu EF terbesar dari F, G, dan H (pendahulu langsung dari I). Itu Waktu EF untuk kegiatan I adalah 30 (= 26 + 4). Akhirnya, ES kegiatan J adalah 30 (ES dari I) dan EF dari J adalah 40 (= 30 + 10).

I. WAKTU MULAI YANG PALING LAMBAT DAN SELESAI YANG PALING LAMBAT

Contoh waktu mulai yang paling lambat (*Late Start*, LT) dan waktu selesai yang paling lambat (*Late Finish*, LF) dalam suatu proyek ditunjukkan di tabel 11.4.

Tabel 11.4 Waktu LS dan LF untuk Setiap Kegiatan

Kegiatan	Kegiatan yang mengikuti	Waktu (minggu)	Waktu LS	Waktu LF
A	D	9	0	9
B	E, F	5	8	13
C	G	7	8	15
D	H	12	9	21
E	H	8	13	21
F	I	6	20	26
G	I	11	15	26
H	I	5	21	26
I	J	4	26	30
J	Tidak ada	10	30	40

Perhitungan dimulai dengan menetapkan batas waktu penyelesaian proyek yang merupakan LF waktu dimana aktivitas terakhir dari proyek harus diselesaikan. Dalam proyek ini, kegiatan J adalah kegiatan terakhir. Kegiatan dapat diselesaikan paling cepat pada waktu 40 seperti yang

ditunjukkan di tabel 11.2 dan tabel 11.4. Dengan menentukan tanggal jatuh tempo untuk penyelesaian adalah di waktu 40 dan itu bisa saja tanggal jatuh tempo yang berbeda. Tanggal jatuh tempo yang berbeda pada umumnya lebih besar dari tanggal jatuh tempo proyek yang dihitung (40 dalam kasus ini). Tanggal jatuh tempo yang lebih kecil juga dapat ditentukan dimana durasi beberapa aktivitas telah dikurangi sehingga LF dari kegiatan J adalah 40. Waktu LS dari suatu kegiatan dihitung dengan menggunakan persamaan 11.2.

$$\text{Waktu LS} = \text{Waktu LF} - \text{Waktu kegiatan} \quad (11.2)$$

Untuk kegiatan J, waktu LS adalah $40 - 10 = 30$. Selanjutnya, kita perlu memperbaiki Waktu LF dari semua kegiatan yang mendahului kegiatan J. Hanya kegiatan I yang mendahului kegiatan J. Oleh karena itu, waktu LF kegiatan I sama dengan 30. Dengan menggunakan persamaan yang diberikan di atas, waktu LS kegiatan I adalah $(= 30 - 4)$. Kegiatan F, G, dan H mendahului kegiatan I. Oleh karena itu, waktu LF dari F, G, dan H ditetapkan sama dengan 26. Penjelasan tentang penetapan waktu LF ini berurutan. Kegiatan I harus mulai paling lambat pada waktu 26 agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu. Untuk I mulai pada waktu 26, maka semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan pada waktu 26. Dengan menggunakan persamaan, dapat dihitung waktu LS dari F, G, dan H yaitu $20 (= 26 - 6)$, $15 (= 26 - 11)$, dan $21 (= 26 - 5)$.

Demikian pula, Waktu LF dari D dan E adalah 21. Perhatikan bahwa D dan E adalah pendahulu langsung dari H. Waktu LS dari D adalah $9 (= 21 - 12)$ dan waktu E adalah $13 (= 21 - 8)$. Waktu LF C adalah 15 yang merupakan waktu LS dari G, dan waktu LF dari A adalah 9 yang sama dengan Waktu LS dari D. Waktu LS A adalah $0 (= 9 - 9)$ dan waktu LS C adalah $8 (= 15 - 7)$. Waktu LF B adalah 13 dan ini perlu suatu penjelasan. Dapat dicatat bahwa kegiatan E dan F adalah pengikut langsung dari kegiatan B. E dan F tidak dapat dimulai kecuali B telah selesai. E harus mulai paling lambat pada waktu 13 dan F harus mulai paling lambat pada waktu 20 seperti yang telah dibahas sebelumnya.

Oleh karena itu, B harus selesai pada waktu 13 karena jika tidak, maka E tidak mungkin dimulai pada waktu 13. Waktu LS dari B adalah 8 (= 13 - 5). Aturan untuk mencari waktu LF dari suatu kegiatan ketika ada banyak pengikut adalah waktu selesai paling lambat (LF) dari kegiatan itu yang sama dengan nilai terkecil dari waktu mulai terakhir (LS) dari semua pengikut.

J. WAKTU LONGGAR (*SLACK*)

Waktu longgar (*slack*) suatu kegiatan adalah waktu dimana suatu kegiatan dapat ditunda tanpa menunda waktu penyelesaian proyek. *Slack* adalah keterlambatan waktu yang diijinkan. Waktu *slack* dapat terbuang tanpa mengubah waktu penyelesaian proyek. Waktu ini dihitung dengan menggunakan persamaan 11.3 dan 11.4. Keduanya memberi jawaban yang sama.

$$\text{Waktu Slack} = \text{waktu LS} - \text{waktu ES} \quad (11.3)$$

$$\text{Waktu Slack} = \text{waktu LF} - \text{waktu EF} \quad (11.4)$$

Waktu *slack* dari semua kegiatan ditunjukkan pada Tabel 11.5. Contoh dari kegiatan B dimana waktu *slack*nya adalah 8 (= 8 - 0 atau 13 - 5). Ini berarti bahwa kegiatan B dapat dimulai kapan saja antara waktu 0 (ES) dan 8 (LS) tanpa menunda proyek. Kegiatan A, D, H, I, dan J memiliki waktu *slack* nol. Artinya jika kegiatan tersebut dilakukan tidak mulai pada waktu ES-nya, maka proyek akan tertunda. Dalam jaringan, kegiatan dengan waktu *slack* nol termasuk dalam jalur kritis, dimana A–D–H–I–J adalah jalur kritis (lihat tabel 11.2). Ini adalah serangkaian kegiatan yang menentukan waktu terpendek di mana proyek dapat diselesaikan tanpa tertunda.

Tabel 11.5 Waktu *Slack* (Minggu)

Kegiatan	Kegiatan yang mengikuti	Waktu (minggu)	Waktu ES (minggu)	Waktu EF (minggu)	Waktu LS (minggu)	Waktu LF (minggu)	Waktu Slack (minggu)
A	D	9	0	9	0	9	0
B	E, F	5	0	5	8	13	8

Kegiatan	Kegiatan yang mengikuti	Waktu (minggu)	Waktu ES (minggu)	Waktu EF (minggu)	Waktu LS (minggu)	Waktu LF (minggu)	Waktu Slack (minggu)
C	G	7	0	7	8	15	8
D	H	12	9	21	9	21	0
E	H	8	5	13	13	21	8
F	I	6	5	11	20	26	15
G	I	11	7	18	15	26	8
H	I	5	21	26	21	26	0
I	J	4	26	30	26	40	0
J	Tidak ada	10	30	40	30	40	0

Waktu *slack* sangat berguna ketika menjadwalkan kegiatan karena keterbatasan sumber daya. Dari pembahasan diketahui bahwa kegiatan A, B, dan C dapat dimulai pada waktu nol, namun jika jumlah pekerja atau sumber daya lainnya (mesin, uang atau bahan) tiba-tiba terbatas, maka satu atau lebih dari kegiatan ini mungkin tertunda. Manajer proyek perlu membuat keputusan untuk menunda satu atau lebih kegiatan yang dalam hal ini kegiatan A tidak boleh ditunda. B dan/atau C dapat ditunda hingga 8 unit waktu (minggu, hari, dan lainnya). Kelonggaran suatu kegiatan menggambarkan jumlah waktu yang dapat dilihat sebagai pendukung keamanan untuk tertunda. Manajer proyek melihat suatu *slack* yang kecil dan *slack* yang nol sebagai kegiatan yang menuntut perhatian terus-menerus karena keterlambatan mengakibatkan penundaan proyek. Realokasi sumber daya juga dapat mempengaruhi *slack* yang menempatkan kekuasaan pengambilan keputusan untuk menentukan mana yang penting dan apa yang tidak di tangan perencana proyek.

K. PENGURANGAN DURASI PROYEK

Ketika waktu penyelesaian proyek adalah 40 minggu karena panjang jalur kritis adalah 40 minggu (lihat tabel 11.2), maka ketika durasi proyek ingin dikurangi menjadi 39 minggu akan menyebabkan panjang jalur kritis harus dikurangi menjadi 39 minggu juga. Hal ini mengharuskan kita mengurangi waktu satu kegiatan jalur kritis selama 1 minggu. Dengan mengasumsikan bahwa waktu kegiatan dapat dikurangi dengan bilangan bulat dan tidak dapat dikurangi dalam pecahan seperti pengurangan satu

kegiatan dengan 1/2 dan kegiatan lain dengan ½, maka misalkan kita dapat mengurangi waktu kegiatan A 1 minggu dengan adanya sumber daya tambahan akan mengakibatkan kegiatan A dapat diselesaikan dalam 8 minggu bukan 9 minggu lagi. Panjang jalur kritis akan menjadi 39 minggu, sedangkan panjang jalur lainnya tetap sama. Proyek durasi akan menjadi 39 minggu seperti ditunjukkan pada tabel 11.6.

Tabel 11.6 Pengurangan Panjang Jalur Kritis

Jalur					Panjang (Minggu)
A	D	H	I	J	39
B	E	H	I	J	32
B	F	I	J		25
C	G	I	J		32

Misalkan kita sekarang ingin lebih mempersingkat durasi proyek menjadi 38 minggu, maka sekali lagi kita harus mengurangi waktu salah satu kegiatan di jalur kritis. Kegiatan A yang waktunya sekarang 8 minggu tetap dilaksanakan dengan sumber daya tambahan atau dengan mendesain ulang apa yang harus dilakukan atau salah satu dari kegiatan lain dapat dipilih untuk di perbaiki. Dalam literatur manajemen proyek, mengurangi waktu suatu kegiatan dikenal sebagai kegiatan perombakan (*crashing activity*). Misalkan kita pilih kegiatan J (dengan waktu kegiatan 10 minggu) untuk perombakan, maka kegiatan waktu J menjadi 9 minggu dengan menggunakan sumber daya tambahan. Panjang jalur kritis menjadi 38 minggu dan panjang semua jalur lain juga dipersingkat 1 minggu karena kegiatan J milik semua jalur. Panjang semua lintasan setelah perombakan kegiatan J ditunjukkan pada tabel 11.7.

Tabel 11.7 Panjang Jalur Setelah Perombakan Pada Kegiatan A dan J

Jalur					Panjang (Minggu)
A	D	H	I	J	38
B	E	H	I	J	31
B	F	I	J		24
C	G	I	J		31

Pengambilan memutuskan kegiatan mana yang harus dihentikan memerlukan tambahan waktu dan analisis biaya.

L. ANALISA BIAYA

Untuk mengetahui kegiatan mana yang harus dirombak, maka kita harus mencari tahu jumlah waktu (minggu) dimana suatu kegiatan dapat dikurangi dan biaya perombakan per satuan waktu (minggu).

1. Contoh Analisa Biaya

Dengan menggunakan contoh yang diberikan pada Tabel 11.8, maka jaringan AON untuk contoh ini akan sama seperti yang diberikan pada Gambar 11.1. Proyek ini terdiri dari sepuluh kegiatan dengan daftar kegiatan dari A sampai J dan pendahulu langsungnya, waktu normal, waktu perombakan, biaya normal, dan biaya perombakan untuk setiap kegiatan juga diberikan dalam tabel ini.

Tabel 11.8 Contoh Kegiatan Perombakan Suatu Proyek

Kegiatan	Kegiatan yang mendahului (S)	Waktu Normal (minggu)	Waktu perombakan (minggu)	Biaya normal (\$)	Biaya perombakan (\$)	Biaya perombakan setiap minggu (\$)	Kemungkinan perombakan maksimum (minggu)
A	Tidak ada	9	6	13000	15550	850	3
B	Tidak ada	5	4	7000	7900	900	1
C	Tidak ada	7	5	15000	15800	400	2
D	A	12	8	12000	14800	700	4
E	B	8	5	9000	10500	500	3
F	B	6	4	5000	6200	600	2
G	C	11	9	13000	14000	500	2
H	D, E	5	4	8000	9000	1000	1
I	F, G, H	4	3	3000	3500	500	1
J	I	10	8	12000	15000	1500	2

Suatu kegiatan umumnya diselesaikan dalam waktu normal dengan biaya normal tetapi dapat dipercepat dan diselesaikan dalam waktu kurang dari waktu normal dengan biaya tambahan. Berapa lama suatu kegiatan dapat dihentikan dibatasi oleh sifat kegiatan itu. Waktu perombakan adalah waktu minimum absolut dimana waktu kegiatan berkurang. Waktu suatu kegiatan tidak dapat dikurangi di bawah waktu perombakannya, tidak masalah sumber daya apa yang tersedia. Sebagai contoh dalam kegiatan A dimana waktu normalnya adalah 9 minggu dan biayanya \$13.000 untuk menyelesaikan kegiatan ini dalam 9 minggu.

Namun, kegiatan tersebut dapat dirombak hingga 6 minggu dan biayanya menjadi \$15.550. Kegiatan A dapat dirombak maksimal 3 minggu dengan biaya tambahan \$2.550.

2. Biaya Perombakan Suatu Kegiatan

Waktu maksimum yang memungkinkan suatu kegiatan dapat dirombak adalah perbedaan antara waktu normal dan waktu setelah perombakan. Berdasarkan informasi waktu dan biaya, maka dapat dihitung biaya perombakan per minggu (atau unit waktu lain yang digunakan untuk proyek) dengan menggunakan rumus dalam persamaan 11.5.

$$\text{Biaya perombakan per minggu} = \frac{\text{Biaya setelah perombakan} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{waktu setelah perombakan}} \quad (11.5)$$

Untuk kegiatan A, biaya perombakan per minggu = \$850 = $(15.550 - 13.000) / (9 - 6)$ yang berarti bahwa jika waktu kegiatan A dikurangi 1 minggu, maka biaya akan meningkat sebesar \$850. Dengan kata lain, kegiatan A dapat dirombak hingga maksimum 3 minggu dan biaya perombakan per minggu adalah \$850. Apa implikasi waktu dan biaya untuk kegiatan A? Artinya kegiatan A dapat dilakukan dalam 9 minggu (waktu normal) pada \$ 13.000 (biaya normal). Waktu kegiatan A adalah 8 minggu jika dirombak 1 minggu dengan biaya \$13,850 atau dengan kata lain biaya akan meningkat sebesar \$850. Jika kegiatan A dirombak 2 minggu, maka biayanya akan meningkat sebesar \$1700 (= 2×850) dan biaya akan meningkat sebesar \$2550 (= 3×850) jika A mengalami perombakan selama 3 minggu. Kegiatan A akan selesai dalam 6 minggu jika dirombak 3 minggu dengan biaya \$ 15.550.

3. Pengurangan Durasi Proyek

Durasi proyek dapat dikurangi dengan kegiatan perombakan seperti yang dibahas sebelumnya, namun hanya kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis yang harus di-crash. Dengan menggunakan contoh suatu proyek dengan dua jalur, dimana jalur 1 terdiri dari kegiatan P–Q–R dan jalur 2 terdiri dari kegiatan X–Y–Z dengan memisalkan panjang jalur 1 adalah 20 hari dan panjang jalur 2 adalah 18 hari. Jalur 1 adalah jalur

kritis dan durasi proyek adalah 20 hari. Misalkan salah satu kegiatan di jalur 2 dirombak 1 hari yang menimbulkan beberapa biaya tambahan, maka panjang jalur 2 akan menjadi 17 hari tetapi durasi proyek (20 hari) tetap tidak berubah karena Jalur 1 masih merupakan jalur kritis dan biaya proyek telah meningkat karena kegiatan perombakan di jalur 2. Jika kegiatan di jalur 1 dirombak 1 hari, maka durasi proyek akan menjadi 19 hari sehingga jalur 1 masih merupakan jalur kritis tetapi lamanya 19 hari. Jika perombakan jalur 1 ditambah jadi 2 hari, maka panjang kedua jalur tersebut adalah 17 hari. Pada tahap ini, kegiatan di kedua jalur harus dirombak untuk mengurangi durasi proyek. Kegiatan perombakan yang fokus pada jalur kritis akan mengurangi durasi proyek.

Dengan menggunakan contoh sebelumnya (Tabel 11.8 dan Gambar 11.1), maka kita bisa mengurangi durasi proyek dengan mengurangi durasi jalur kritis (A–D–H–I–J). Kita mulai dengan melakukan perombakan kegiatan dengan biaya perombakan minimum per minggu yaitu kegiatan I (\$500 per minggu). Urutan kegiatan di jalur kritis yang akan dihentikan adalah kegiatan I (1 minggu dengan \$500 per minggu), kegiatan D (4 minggu dengan \$700 per minggu), kegiatan A (3 minggu pada \$850 per minggu), kegiatan H (1 minggu pada \$1000 per minggu), dan akhirnya kegiatan J (2 minggu pada \$1500 per minggu). Setelah semua kegiatan di jalur kritis telah dirombak, maka durasi proyek tidak dapat dikurangi lagi. Dalam kasus beberapa jalur kritis, kegiatan di semua jalur kritis harus dilakukan secara bersamaan dengan biaya yang sama. Tabel 11.9 memberikan urutan perombakan berbagai kegiatan dan hasil berupa panjang setiap jalur dan biaya setelah kegiatan perombakan. Jadwal 1 adalah jadwal normal dimana semua kegiatan dilakukan dalam waktu normal dengan biaya kegiatan adalah \$97.000 yang merupakan jumlah dari biaya normal semua kegiatan. Di Jadwal 2, kegiatan I dirombak 1 minggu dengan biaya \$500 sehingga biaya kegiatan meningkat menjadi \$97.500. Jalur kritis masih A–D–H–I–J dan panjangnya menjadi 39 minggu. Perlu diketahui bahwa panjang setiap jalur telah berkurang 1 minggu karena semua kegiatan melewati jalur I.

Tabel 11.9 Jadwal Kegiatan Perombakan

Jalur	Jadwal 1	Jadwal 2	Jadwal 3	Jadwal 4	Jadwal 5	Jadwal 6
	Jadwal normal	Merombak kegiatan I satu minggu	Merombak kegiatan I satu minggu	Merombak kegiatan I satu minggu	Merombak kegiatan I satu minggu	Merombak kegiatan I satu minggu
A – D – H – I – J	40	39	35	32	31	29
B – E – H – I – J	32	31	31	31	30	28
B – F – I – J	25	24	24	24	24	22
C – G – I – J	32	31	31	31	31	29
Biaya perombakan (\$)	0	500	2800 = 700*4	2550 = 850*3	1000	3000 = 1500*2
Biaya kegiatan (\$)	97000	97500	100300	102850	103850	106850

Selanjutnya dilakukan perombakan kegiatan D yang memiliki biaya perombakan minimum per minggu dari semua kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis. Kegiatan D dapat dirombak hingga 4 minggu dengan perombakan 1 minggu pada suatu waktu atau dengan langsung 4 minggu. Dalam jadwal 3, kegiatan D telah mengalami perombakan selama 4 minggu. Panjang lintasan A–D–H–I–J menjadi 35. Panjang semua jalur lainnya tetap tidak berubah karena kegiatan D tidak termasuk dalam lintasan lainnya. Biaya crash D selama 4 minggu adalah \$2800 (= \$700*4). Biaya dari jadwal ini meningkat menjadi \$100.300 (\$97.500 + \$2800).

Kegiatan A dirombak selama 3 minggu di jadwal 4 sehingga panjang jalur kritis A–D–H–I–J menjadi 32, sedangkan panjang semua jalur lainnya tetap tidak berubah. Biaya perombakan adalah \$2550 (= \$850*3) dan total biayanya adalah \$102.850 (\$100.300 + \$2550).

Dalam jadwal 5, kegiatan H dirombak selama 1 minggu dengan biaya \$1000, sehingga panjang dari jalur A–D–H–I–J dan B–E–H–I–J berkurang 1 minggu karena H milik kedua jalur-jalur ini sedangkan panjang kedua jalur lainnya tetap tidak berubah, sehingga total biaya jadwal 5 meningkat menjadi \$103.850 (= \$102.850 + \$1000). Sekarang ada dua jalur kritis dalam jaringan A–D–H–I–J dan C–G–I–J. Untuk mengurangi durasi proyek lebih lanjut, maka kita harus menghentikan satu kegiatan di setiap kegiatan lintasan atau kegiatan bersama. Satu-satunya kegiatan yang tersisa untuk dirombak di jalur A–D–H–I–J adalah kegiatan J yang dapat dihentikan selama 2 minggu. Kegiatan J milik jalur C–G–I–J juga.

Oleh karena itu, kegiatan J dirombak selama 2 minggu dengan biaya \$3000 (= \$1500*2). Panjang keempat jalur berkurang 2 minggu karena kegiatan J milik semua jalur. Jalur A–D–H–I–J dan C–G–I–J selanjutnya menjadi jalur kritis dengan panjang masing-masing 29 minggu, namun kita tidak dapat mengurangi durasi proyek lebih lanjut karena semua kegiatan di jalur A–D–H–I–J sudah dirombak. Jalur C–G–I–J masih bisa dirombak tetapi durasi proyek akan tidak berkurang dan biayanya akan meningkat yang tidak bijaksana untuk dilakukan. Total biaya kegiatan untuk jadwal 6 adalah \$106.850 (= \$103.850 + \$3000) dan durasi proyek adalah 29 minggu. Manajer proyek harus memilih jadwal tertentu berdasarkan berbagai alasan termasuk menghabiskan lebih banyak uang untuk mempercepat proyek dengan mempertimbangkan biaya tetap (*fixed cost*) proyek.

4. Biaya Tetap

Biaya proyek yang telah dibahas di atas adalah biaya penyelesaian dan kegiatan, namun ada biaya proyek lain yang tidak bergantung pada kegiatan tetapi bergantung pada waktu yaitu biaya tetap. Biaya tetap (*fixed cost*) ini misalnya gaji pegawai pengawas proyek akan menjadi biaya tetap jika pengawas dibayar per minggu. Demikian pula jika seorang kontraktor yang sedang membangun kompleks apartemen menyelesaikan proyek 2 bulan terlambat, maka akan kehilangan uang sewa yang bisa diperoleh jika proyek selesai tepat waktu dimana itu merupakan biaya tetap. Juga dalam kasus proyek pengembangan produk baru, jika perusahaan dapat membawa produk lebih awal ke pasar, maka mereka mulai akan mendapatkan pengembalian investasi lebih cepat.

Untuk contoh yang telah didiskusikan (Tabel 11.8 dan 11.9) dengan memisalkan biaya tetap proyek adalah \$800 per minggu. Dalam hal ini, biaya tetapnya adalah \$32.000 (\$800*40) jika proyek selesai dalam 40 minggu, dan \$23.200 (\$800*29) jika proyek selesai dalam 29 minggu. Tabel 11.10 menjelaskan biaya kegiatan, biaya tetap, dan total biaya untuk semua durasi proyek dari 29 hingga 40 minggu.

Tabel 11.10 Analisa Biaya Untuk Semua Durasi Proyek

Waktu Proyek	Biaya Kegiatan (\$)	Biaya Tetap (\$)	Biaya Total (\$)
29	106850	23200	130050
30	105350	24000	129350
31	103850	24800	128650
32	102850	25600	128450
33	102000	26400	128400
34	101150	27200	128350
35	100300	28000	128300
36	99600	28800	128400
37	98900	29600	128500
38	98200	30400	128600
39	97500	31200	128700
40	97000	32000	129000

Beberapa pengamatan penting dari tabel ini antara lain biaya kegiatan menurun seiring dengan meningkatnya durasi proyek yang turun dari \$106.850 (untuk 29 minggu) menjadi \$97.000 (selama 40 minggu), biaya tetap meningkat seiring bertambahnya durasi proyek dari \$23.000 (selama 29 minggu) menjadi \$32.000 (selama 40 minggu), dan total biaya pertama berkurang seiring dengan meningkatnya durasi proyek, mencapai minimum, dan kemudian meningkat lagi. Biaya minimal untuk proyek ini adalah \$128.300 untuk durasi proyek 35 minggu (jadwal no. 3 di tabel 11.9).

Dapat dilihat dari tabel tersebut bahwa ketika suatu kegiatan terhenti selama 1 minggu, maka total biaya proyek naik dengan jumlah yang sama dengan biaya perombakan dari kegiatan itu dan berkurang dengan jumlah yang sama dengan biaya tetap per minggu. Untuk mengamati fenomena ini, maka kita bisa meninjau berbagai jadwal pada tabel 11.9. Jadwal no.1 membutuhkan perombakan pada kegiatan I dengan biaya \$500 dan biaya tetap \$800. Jadi merombak kegiatan I 1 minggu akan mengurangi total biaya proyek sebesar \$300. Pada Tabel 11.10 terlihat bahwa total biaya

telah turun dari \$129.000 (untuk jadwal 40 minggu) menjadi \$128.700 (untuk jadwal 39 minggu).

Jadwal no. 3 dalam tabel 11.9 membutuhkan perombakan kegiatan D dengan biaya \$700 per minggu. Biaya keuntungannya adalah \$100 karena biaya tetapnya adalah \$800. Total biaya berkurang \$100 per minggu saat beralih dari jadwal 39 minggu ke jadwal 35 minggu. Untuk membuat durasi proyek 34, kegiatan A harus dirombak 1 minggu dengan biaya \$850 yang akan meningkatkan total biaya proyek sebesar \$50 seperti dapat dilihat pada Tabel 11.10. Total biaya untuk jadwal 34 minggu adalah \$128.350 jika dibandingkan dengan \$128.300 untuk jadwal 35 minggu. Tren ini berlanjut hingga durasi proyek minimum tercapai. Prinsip yang menjadi pedoman dalam waktu proses perombakan adalah perombakan suatu kegiatan (atau beberapa kegiatan dalam kasus beberapa jalur kritis) jika total biaya perombakan kegiatan per minggu kurang dari biaya tetap per minggu (atau suatu satuan waktu).

M. PEROMBAKAN BANYAK JALUR

Dalam kasus beberapa jalur kritis, kegiatan pada semua jalur kritis harus dirombak. Kita bisa merombak kegiatan yang sama untuk semua jalur kritis atau kegiatan yang berbeda pada setiap jalur. Kegiatan yang akan dipilih tergantung pada biaya perombakan seperti data yang diberikan pada tabel 11.11 dengan proyek yang terdiri dari dua jalur. Jalur 1 terdiri dari kegiatan a–b–c dan jalur 2 terdiri dari kegiatan a–p–q dimana panjang setiap jalur adalah 20 hari. Kedua jalur harus dirombak masing-masing dalam 1 hari untuk mengurangi durasi proyek 1 hari. Biaya untuk merombak semua kegiatan diberikan pada Tabel 11.11.

Biaya kegiatan minimum yang akan dirombak di jalur 1 adalah kegiatan “b” dengan biaya \$400, sedangkan kegiatan biaya minimum yang akan dirombak di jalur 2 adalah kegiatan “p” dengan biaya \$700. Total biaya perombakan menjadi \$1100 jika kita merombak kegiatan “b” dan “p.” Kita bisa saja merombak kegiatan “a” semua yang biayanya \$1200. Untuk proyek ini, merombak “a” tidak diinginkan dengan perbandingan dalam merombak “b” dan “p” bersama-sama. Misalkan

biaya perombakan kegiatan “a” kurang dari \$1100 (katakanlah \$1000), maka dalam hal ini menjadi diinginkan untuk merombak kegiatan “a” daripada merombak kegiatan “b” dan “p.” Analisis semacam ini harus dilakukan di mana beberapa jalur kritis harus dirombak untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek.

Tabel 11.11 Perombakan Banyak Jalur

Jalur 1	a – b – c	20 hari	Merombak b	\$400
Jalur 2	a – p – q	20 hari	Merombak p	\$700
Biaya perombakan per hari				
	Kegiatan	Biaya (\$)		
	a	1200		
	b	400		
	c	600		
	p	700		
	q	800		

N. KEMUNGKINAN DALAM PROYEK

Analisa yang dilakukan sebelumnya untuk proyek deterministik dengan waktu kegiatan diketahui dan ditentukan, namun ada proyek di mana waktu kegiatannya tidak pasti tetapi dapat dijelaskan dengan menggunakan distribusi probabilitas. Proyek semacam itu menggunakan metode yang dikembangkan dalam sistem PERT.

Waktu kegiatan untuk proyek-proyek yang harus diperkirakan (*probabilistic*) dimana untuk setiap kegiatan, manajer proyek atau tim proyek membuat tiga perkiraan waktu yang dimaksud untuk menentukan waktu optimis (o), waktu kemungkinan besar (m), dan waktu pesimis (p). Kegiatan tersebut umumnya akan selesai dalam waktu yang paling memungkinkan. Jika keadaan sangat mendukung dan kegiatan tersebut dapat diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat, maka ini disebut waktu yang optimis. Jika ada yang salah dengan suatu kegiatan yang menyebabkan kegiatan tersebut mungkin tertunda, maka waktu pesimis adalah perkiraan waktu kegiatan dalam situasi seperti itu. Waktu penyelesaian yang diharapkan

untuk suatu kegiatan adalah jumlah pembebanan dari perkiraan waktu optimis, kemungkinan besar, dan waktu pesimis. Waktu yang paling mungkin diberikan empat kali lebih banyak berat daripada waktu optimis dan pesimis. Waktu yang diharapkan untuk suatu kegiatan kemudian diperkirakan dengan menggunakan persamaan 11.6.

$$\text{Waktu yang diharapkan} = \frac{o + 4m + p}{6} \quad (11.6)$$

Sebagai contoh suatu proyek dengan 10 kegiatan, dimana daftar kegiatan (A sampai J) dan pendahulu langsungnya ditunjukkan dalam Tabel 11.12. Selain itu, waktu optimis, waktu kemungkinan besar, dan waktu pesimis untuk semua kegiatan diberikan dalam tabel ini. Waktu yang diharapkan untuk setiap kegiatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus dalam persamaan 11.6. Misalnya, waktu yang diharapkan untuk kegiatan A adalah 8 [= (5 + 4*8 + 11)/6] hari. Durasi proyek dapat diperoleh dengan menghitung semua jalur di jaringan dengan menggunakan daftar kegiatan dan hubungan prioritas yang sama seperti diberikan pada Tabel 11.1 sehingga diagram jaringan akan sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.1. Ada empat jalur dalam jaringan seperti yang ditunjukkan pada tabel 11.2, namun panjang setiap jalur akan dihitung menggunakan waktu yang diharapkan.

Tabel 11.12 Data Untuk Kemungkinan Dengan Analisa PERT

Kegiatan	Kegiatan yang mendahului (s)	Waktu optimis o (minggu)	Waktu yang paling sering m (minggu)	Waktu pesimis p (minggu)	Waktu kegiatan yang diharapkan (minggu)	Varians waktu kegiatan	Kemungkinan perombakan maksimum (minggu)
A	Tidak ada	5/00	8.00	11.00	8.00	1.000	3
B	Tidak ada	2.00	6.00	10.00	6.00	1.778	1
C	Tidak ada	3.00	3.00	3.00	3.00	0.000	2
D	A	8.00	9.00	10.00	9.00	0.111	4
E	B	3.00	5.00	10.00	5.50	1.361	3
F	B	2.00	4.00	7.00	4.17	0.694	2
G	C	3.00	5.00	10.00	5.50	1.361	2
H	D, E	3.00	4.00	5.00	4.00	0.111	1
I	F, G, H	6.00	9.00	11.00	8.83	0.694	1
J	I	2.00	5.00	8.00	5.00	1.000	2

Daftar jalur dan panjang setiap jalur diberikan pada Tabel 11.13.

Tabel 11.13 Analisa Kemungkinan Jalur

Jatuh Tempo Proyek				Hasil analisa	
Jalur	Waktu yang diharapkan dari jalur	Varians dari jalur	SD jalur	Nilai z	Kemungkinan penyelesaian jalur terhadap jatuh tempo
A – D – H – I – J	34.83	2.92	1.71	0.684	0.753
B – E – H – I – J	29.33	4.94	2.22	2.998	0.999
B – F – I – J	24.00	4.17	2.04	5.879	1.000
C – G – I – J	22.33	3.06	1.74	7.818	1.000
Kemungkinan penyelesaian proyek (jalur kritis) terhadap jatuh tempo					0.753

Dari tabel 11.13, jalur terpanjang adalah A–D–H–I–J (jalur kritis), panjang yang diharapkan dari jalur ini adalah 34.83 minggu. Manajer proyek akan tertarik untuk mengetahui probabilitas untuk menyelesaikan proyek dalam 34.83 minggu atau tanggal jatuh tempo lainnya. Untuk menghitung probabilitas dalam menyelesaikan proyek dengan tanggal jatuh tempo yang diberikan, maka perlu dihitung varian dari setiap kegiatan yang dihitung dengan persamaan 11.7.

$$\begin{aligned} \text{Varians kegiatan} &= \text{kuadrat dari } [(waktu\ pesimis\ waktu\ optimis)/6] \\ &= [(p-o)/6]^2 \end{aligned} \quad (11.7)$$

Misalnya untuk kegiatan A, varian = 1 = kuadrat dari ((11 - 5)/6). Varian mungkin nol untuk beberapa kegiatan ketika ketiga perkiraan waktu adalah sama (misalnya kegiatan C). Varian dari semua kegiatan diberikan pada Tabel 11.12. Berdasarkan varian kegiatan, varian setiap jalur dapat dihitung dengan menambahkan varian dari semua kegiatan yang termasuk dalam jalur tertentu. Dari varian, standar deviasi dari masing-masing jalur dapat dihitung menggunakan hasil yang diketahui pada perhitungan statistik standar deviasi (σ) = akar kuadrat dari varian. Standar deviasi dari semua jalur juga diberikan pada Tabel 11.13 sehingga dapat dihitung probabilitas menyelesaikan proyek dengan tanggal jatuh tempo yang diberikan. Misalkan proyek jatuh tempo tanggal adalah D, maka perlu dihitung probabilitas menyelesaikan setiap jalur dengan batas

tanggal terakhir. Untuk melakukan ini, maka perlu dihitung nilai z untuk setiap jalur menggunakan rumus nilai $z = (D - T_e)/\sigma$, di mana T_e adalah penyelesaian jalur yang diharapkan dan σ adalah standar deviasi.

Misalkan tanggal jatuh tempo proyek adalah 36 minggu, maka nilai z untuk jalur A–D–H–I–J yang standar deviasinya 1.71 akan menjadi $0.684 = [(36 - 34.83)/1.71]$. Nilai z dari semua jalur dapat dihitung dan ditunjukkan dalam Tabel 11.13. Dari nilai z , probabilitas menyelesaikan setiap jalur dalam 36 minggu dapat dihitung dengan menggunakan tabel z atau fungsi Excel “normadist.” Probabilitas dalam menyelesaikan jalur A–D–H–I–J dalam 36 minggu adalah 0.753. Probabilitas menyelesaikan semua jalur pada tanggal jatuh tempo juga diberikan dalam Tabel 11.13. Probabilitas menyelesaikan proyek pada tanggal jatuh tempo diasumsikan sebagai kemungkinan menyelesaikan jalur kritis pada tanggal jatuh tempo. Untuk contoh ini, probabilitas menyelesaikan proyek dalam 36 minggu adalah 0.753.

Dengan perhitungan yang lebih maju, kemungkinan menyelesaikan proyek dapat diperoleh dengan mengalikan probabilitas penyelesaian semua jalur, sehingga peluang menyelesaikan proyek adalah $0.7521 = (0.753 \times 0.999 \times 1.00 \times 1.00)$. Probabilitas menyelesaikan jalur bukan kritis pada tanggal jatuh tempo akan lebih besar dari kemungkinan menyelesaikan jalur kritis pada tanggal jatuh tempo sehingga probabilitas ini dapat diabaikan, namun peluang jalur bukan kritis yang panjangnya sangat dekat dengan jalur kritis dan memiliki varian besar dapat mempengaruhi kemungkinan penyelesaian proyek.

O. MANAJEMEN SUMBER DAYA

Manajemen sumber daya merupakan permasalahan penting dalam perancangan proyek. Pemikiran dasar manajemen sumber daya adalah untuk memindahkan kelebihan sumber daya dari tempat yang tidak penting ke tempat-tempat yang membutuhkan. Dengan kata lain bahwa manajemen sumber daya bertujuan untuk menyeimbangkan penugasan sumber daya di seluruh kegiatan dari waktu ke waktu. Manajemen sumber daya juga menyediakan beberapa pengendalian dalam manajemen siklus

hidup proyek berbasis waktu dan memfasilitasi jalur kritis yang lebih pendek. Ini adalah metode untuk meningkatkan kecepatan penyelesaian proyek. Hal ini juga dapat membantu meningkatkan pencapaian mutu dan kemudian penyelesaian yang cepat.

Manajemen sumber daya berusaha untuk memindahkan orang dari kegiatan yang kelebihan staf ke kegiatan yang kekurangan staf serta berusaha merealokasi uang di mana ada pengeluaran lebih ke tempat yang pengeluarannya kurang dengan dukungan teknologi dan proses yang ada. Demikian pula, manajer proyek akan lebih memilih permintaan uang tunai yang lancar daripada arus kas keluar yang sporadis. Jika di antara kumpulan berbagai kegiatan, ada beberapa yang menerima persentase yang lebih besar dalam pengeluaran proyek, maka lebih diinginkan untuk membagi rata alokasinya.

Pekerjaan awal suatu proyek pada umumnya banyak pertimbangan sehingga dimulai perlahan. Ada banyak keterlambatan dalam kegiatan yang berada di luar jalur kritis terkait penulisan laporan dan mendapatkan persetujuan terhadap kegiatan yang tidak perlu diselesaikan segera, sedangkan kegiatan di jalur kritis sendiri diawasi oleh birokrasi organisasi dalam proyek. Sudut pandang ini telah mengalami perubahan karena tekanan dalam persaingan.

Pekerjaan akhir menggunakan segala sumber daya untuk penyelesaian yang cepat karena adanya batasan waktu proyek, sehingga ada lonjakan pengeluaran untuk mempercepat proyek. Pekerjaan seringkali terburu-buru sehingga ada kesalahan yang dibuat dan pengendalian kerusakan bisa menghabiskan waktu karena butuh ketelitian dan kehati-hatian sehingga proyek bisa sukses, dimana hal-hal seperti ini tidak diinginkan oleh manajer proyek. Kecuali suatu hal yang tidak diharapkan terjadi, manajemen proyek menghindari skenario yang menghambat seperti ini.

Untuk mencari siklus proyek yang lebih pendek, pendekatan proyek yang lebih baru menggunakan tim multi fungsi dengan komunikasi yang cepat dalam mengambil keputusan. Disamping itu, pola arus kas akan

lebih seimbang dari awal hingga akhir proyek. Sumber daya ditentukan di semua jalur sehingga jalur kritis dapat dipersingkat dan ketidakseimbangan karena *slack* (waktu penundaan) dapat diperbaiki di awal proyek.

Manajemen sumber daya memiliki dua fungsi dalam penyeimbangan sumber daya dan penjadwalan sumber daya. Dalam penyeimbangan sumber daya, tujuannya adalah untuk meminimalkan fluktuasi dalam sumber daya yang dibutuhkan dari satu periode ke periode lainnya selama proyek berlangsung. Sedang dalam penjadwalan sumber daya, diasumsikan bahwa ada batas maksimum terkait ketersediaan sumber daya dan semua kegiatan dijadwalkan dalam keterbatasan sumber daya tersebut.

Adanya waktu penundaan (*slack*) merupakan dasar penting dalam penyeimbangan dan penjadwalan sumber daya seperti yang ditunjukkan di Gambar 11.1 (jaringan) dan Tabel 11.2 (daftar semua jalur) yang diperoleh dari data yang diberikan pada Tabel 11.1. Tidak ada sumber daya yang dipertimbangkan saat melakukan analisis ini, misalkan bagian dari salah satu sumber daya seperti tim pekerja dipindahkan dari kegiatan B ke kegiatan A. Hal ini dapat mengakibatkan bertambahnya waktu kegiatan B, katakanlah selama 1 minggu (menjadi 6 minggu) dan mengurangi waktu kegiatan A sebesar 1 minggu (menjadi 8 minggu). Panjang keempat jalur sekarang adalah A–D–H–I–J (39), B–E–H–I–J (33), B–F–I–J (26), dan C–G–I–J (32). Jalur A–D–H–I–J masih merupakan jalur kritis tetapi panjangnya adalah 39 minggu dan karenanya durasi proyek telah dikurangi 1 minggu. Hal ini dicapai dengan memindahkan sumber daya dari satu kegiatan ke kegiatan lainnya daripada menghabiskan lebih banyak sumber daya sehingga manajer proyek dan klien akan senang. Penyeimbangan tidak harus berkaitan dengan perombakan kegiatan yang bisa meningkatkan biaya. Dengan berkurangnya panjang jalur kritis, maka waktu penundaan setiap kegiatan individu juga akan berubah.

Manajemen sumber daya menyediakan sarana untuk menarik sumber daya, menggeser sumber daya atau untuk menambah sumber daya baru yang akan mengubah batasan anggaran yang merupakan keputusan

strategis dalam suatu proyek. Tindakan penyeimbangan sumber daya dapat mempengaruhi seluruh sistem tanpa mengubah anggaran. Semua anggota tim proyek bisa terpengaruh ketika sumber daya dipindahkan dan mereka harus selalu diberitahu tentang perubahan proyek. Keputusan alokasi sumber daya yang baik merupakan tanggung jawab manajemen proyek karena perubahan-perubahan yang dilakukan bisa berdampak luas pada isu-isu strategis.

BAB 12

Manajemen Mutu

A. PENDAHULUAN

Ada dua sudut pandang mutu yang jalan beriringan dan saling melengkapi. Produsen (pabrik atau penyedia jasa) melihat mutu sebagai seperangkat standar dan spesifikasi yang harus dipenuhi (disebut kesesuaian), sedangkan pelanggan melihat mutu sebagai atribut yang menyenangkan mereka. Untuk mempertemukan kedua sudut pandang mutu, maka ada organisasi yang mengukur mutu dengan menggabungkan dua sudut pandang tersebut seperti standar mutu ISO yang berlaku global, sistem Malcolm Baldrige National Quality Award, Deming Prize, dan beberapa penghargaan kompetisi lainnya.

Penjaminan mutu (*Quality Assurance*) dimulai dengan menilai kebutuhan pelanggan. Tujuan mutu ditentukan berdasarkan kesukaan pelanggan sehingga produk harus memuaskan berbagai jenis pelanggan (segmen pasar), misalnya mutu yang berkaitan dengan pilihan liburan atau restoran akan berbeda antara setiap segmen pasar.

Penilaian konsumen tentang mutu yang baik adalah hal penting, sedangkan penilaian mutu yang jelek atau mengerikan adalah suatu bencana. Mutu yang dirasakan adalah variabel penting dalam setiap penilaian bisnis karena jika tidak dipertimbangkan bisa berakibat fatal. Ketika berkaitan dengan keunggulan bersaing, maka mutu yang lebih baik akan memiliki pengaruh pada pelanggan yang baru dan lama karena mutu yang lebih baik akan meningkatkan loyalitas pelanggan. Investasi dalam mutu dapat disebut sebagai biaya untuk meningkatkan kepemilikan

pelanggan. Pilihan antara biaya untuk mendapatkan pelanggan baru dan harga tambahan yang dibayarkan untuk mutu yang lebih baik dalam mempertahankan pelanggan yang ada perlu dievaluasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa biaya mempertahankan pelanggan yang sudah ada secara signifikan lebih rendah daripada biaya mendapatkan pelanggan baru untuk merubah kesukaan dari merek yang lain.

Kehilangan pelanggan yang sudah ada karena kelemahan dan kegagalan produk memberikan dampak samping lain yang tidak diinginkan, dimana berita menyebar dengan cepat tentang kegagalan atau kejelekan produk yang dihasilkan. Ada semakin banyak publikasi perlindungan konsumen sehingga instansi pemerintah menekankan sejumlah faktor mutu untuk menjamin perlindungan konsumen. Beberapa tindakan dilakukan, seperti penarikan kembali terhadap produk yang cacat dari toko atau pasar sehingga program mutu yang kuat akan mengurangi kemungkinan munculnya situasi penarikan kembali suatu produk.

Mutu produk yang lebih baik diperoleh dengan harga yang wajar pada umumnya berjalan seiring dengan pertumbuhan pangsa pasar dan peningkatan pendapatan. Terkadang memiliki program mutu yang baik dan adanya pencapaian peningkatan mutu menghasilkan penurunan biaya pengaduan kerugian yang disebabkan oleh tidak berfungsinya produk dan jenis tanggung jawab lainnya. Keuntungan lain dari mutu yang lebih baik adalah bahwa orang-orang yang bekerja di perusahaan yang memperhatikan mutu yang lebih baik akan menikmati lingkungan moral yang lebih tinggi.

Jaminan mutu membutuhkan upaya tim secara keseluruhan dengan semua orang berusaha untuk mencapai tujuan perusahaan dengan cara yang terbaik. Sudut pandang tim Olimpiade dimana dalam mencapai upaya tim yang efektif untuk mutu medali emas, tidak semua pesaing berusaha menjadi yang terbaik di dunia. Ada yang senang mendapat perak atau perunggu. Yang lain menganggap berada di Olimpiade sebagai hadiah yang sudah cukup. Perusahaan memiliki perbedaan tujuan yang mirip dengan hal tersebut. Penting untuk disadari bahwa tidak semua

perusahaan berusaha untuk menjadi terbaik. Namun demikian, karena kegagalan mutu secara luas diakui memiliki dampak negatif pada kinerja jangka panjang, maka semua perusahaan dengan tujuan jangka panjang menganggap peningkatan mutu sebagai tujuan bersama, dimana perusahaan dengan tujuan jangka pendek tidak peduli sama sekali. Usaha dalam pencapaian mutu menyatukan semua orang, komponen dan semua bagian dari sistem tetapi itu tidak berarti bahwa semua orang berusaha dengan kekuatan yang sama dan pengetahuan yang setara.

Mutu dimulai dengan pola pikir tanpa kesalahan, dimana pola pikir tanpa kesalahan yang tepat adalah untuk menghindari cacat dan melakukan berbagai hal untuk mencegahnya terjadi. Ketika itu terjadi, maka perlu dipelajari apa yang menyebabkannya dan memperbaiki kondisinya dengan meningkatkan tujuan dan standar. Usaha keras berat adalah bagian dari kerangka kerja mutu yang mencari perbaikan terus-menerus. Melakukan dengan benar pada saat pertama kali adalah motto pendekatan yang memperjuangkan nol kesalahan. Mereka yang mengatakan bahwa tidak ada cacat yang diperbolehkan berbeda dengan mereka yang mengatakan bahwa beberapa cacat bisa terjadi. Kelompok terakhir melanjutkan dengan mengatakan bahwa seseorang harus belajar dari kesalahan dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk mencegahnya terulang kembali. Posisi paling aman adalah menjadi fleksibel dan saran yang baik adalah menggunakan kebijakan “tidak ada cacat” dan jika gagal bekerja, maka beralih ke kebijakan “belajar dari kesalahan”. Setelah tindakan perbaikan telah diambil untuk memperbaiki kesalahan, maka kembali ke tujuan nol kesalahan.

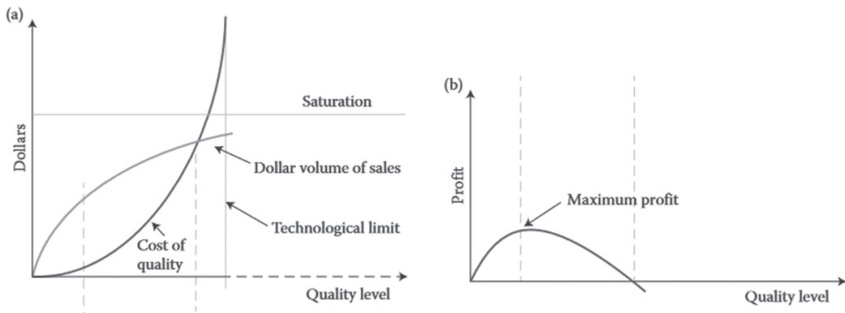
B. PENCAPAIAN MUTU

Dua definisi mutu yang dibahas sebelumnya digunakan dan dijalankan karena adanya suatu kepentingan, dimana seseorang dapat memiliki kedua sudut pandang tersebut tergantung pada posisinya sebagai produsen atau konsumen. Konsumen selalu menginginkan yang terbaik yang bisa didapat, jadi mereka selalu menilai berdasarkan “tingkat keunggulan”. Sebagai produsen, seringkali perlu untuk berkompromi dan

menetapkan standar mutu bukan yang terbaik di kelasnya. Jika tingkat mutu yang ditetapkan oleh manajemen dipandang tidak dapat diterima oleh pasar, maka para perencana strategis telah gagal dalam tugasnya. Sebagai contoh, mobil murah tidak memiliki mutu yang sama dengan mobil mahal dan mereka memiliki pangsa pasar yang berbeda, dimana ini adalah strategi produsen untuk memilih standar mutu yang sesuai keinginan pasar untuk suatu kelas di harga tersebut.

Produsen berusaha untuk menyeimbangkan kekuatan pasar antara mutu tinggi dengan kemampuan dana konsumen dan kemampuan produksi perusahaan. Gambar 12.1 (a) menjelaskan konsep ekonomi umum dari suatu batasan mutu yang optimal. Ada pengecualian yang jelas dalam hubungan yang digambarkan pada Gambar 12.1 (a) dimana biaya mutu tidak selalu meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat mutu. Ada juga masalah bagaimana memperoleh peningkatan mutu dengan menghabiskan sejumlah uang untuk pelatihan dan penerapan teknologi. Gambar 12.1 (a) juga menjelaskan suatu batasan seberapa jauh mutu dapat ditingkatkan. Konsep ini bisa tidak akurat karena tidak memperhitungkan kemungkinan teknis dan inovasi ilmuwan. Di gambar juga dijelaskan tentang pengaruh total penjualan yang mendekati batas kejenuhan yang tidak peduli seberapa baik tingkat mutu yang dihasilkan, sehingga sulit untuk mengetahui dimana batasan keuntungan mutu yang maksimal terjadi. Namun demikian, tingkat mutu standar harus ditetapkan sesuai dengan gagasan dalam mencapai keuntungan maksimum. Gambar 12.1 (b) menunjukkan bagaimana total laba dapat bervariasi seiring dengan peningkatan mutu, dimana seseorang harus berusaha untuk mencapai batasan mutu di mana keuntungan dimaksimalkan.

Beberapa produsen mungkin memiliki cara bagaimana mengatur standar mutu untuk menyeimbangkan biaya dan mendapat manfaat terbaik tetapi sebagian besar produsen harus belajar bagaimana menangani masalah seperti itu. Salah satu cara adalah dengan menerapkan manajemen mutu secara total (*Total Quality Management, TQM*).



Gambar 12.1 (a) Tingkat Mutu dengan Biaya Mutu dan Volume Penjualan, (b) Tingkat Mutu dan Keuntungan

C. DIMENSI MUTU

Dimensi mutu merupakan penggambaran apa yang harus dilakukan untuk menentukan mutu suatu produk. Titik awal dalam mengelola mutu adalah dengan menentukan serangkaian dimensi mutu yang berkaitan dengan produk dengan mengenali kebutuhan khusus dari suatu pasar dan segmen pasar. Tidak semua orang akan setuju tentang apa yang harus ada dalam daftar mutu atau tentang pentingnya dimensi mutu yang ada di daftar karena setiap individu akan memiliki persepsi yang berbeda tentang apa yang penting bagi mereka, sehingga dimensi mutu akan dipengaruhi oleh keseimbangan antara biaya dan manfaat dalam memenuhi apa yang diinginkan pelanggan.

Model Mutu

Pemodelan mutu dimulai dengan membuat daftar berbagai kategori mutu secara umum. Daftar akan memungkinkan produsen dan konsumen untuk memeriksa dan menentukan semua dimensi mutu yang dianggap berlaku untuk produk. Delapan kategori, diturunkan oleh David Garvin (Garvin, 1987) meliputi:

1. Kinerja

Dimensi kinerja berkaitan dengan tujuan dasar dari mutu suatu produk dibeli, seperti kemampuan lemari es mendinginkan.

2. **Fitur**
Dimensi fitur mengacu pada kemampuan produk yang tidak dianggap sebagai bagian dari ekspektasi kinerja normal, seperti adanya perangkat GPS pada mobil.
3. **Keandalan**
Dimensi keandalan berhubungan dengan kinerja yang dapat diandalkan pada suatu batasan yang tinggi, seperti semua bagian mobil berfungsi ketika dikemudikan.
4. **Kesesuaian**
Dimensi kesesuaian menyinggung sejauh mana mutu produksi yang diukur sesuai dengan standar mutu desain yang telah ditentukan.
5. **Daya tahan**
Dimensi daya tahan berkaitan dengan seberapa baik atau lama produk bertahan selama penggunaan dan adanya tekanan
6. **Kemudahan dalam perawatan atau perbaikan**
Dimensi kemudahan perawatan atau perbaikan terkait dengan seberapa sering perawatan atau perbaikan dibutuhkan dan seberapa sulit ataupun seberapa mahal biaya perawatan dan perbaikan produk.
7. **Estetika**
Dimensi estetika mengacu pada penampilan produk
8. **Mutu yang dirasakan**
Dimensi mutu yang dirasakan berhubungan dengan persepsi pelanggan tentang mutu dan nilai produk yang diterima sesuai harganya. Dimensi ini mengintegrasikan tujuh dimensi sebelumnya berkaitan nilai yang dirasakan konsumen pada setiap dimensi mutu. Riset pasar adalah salah satu cara terpenting dalam menentukan mutu yang dirasakan pelanggan.

Untuk individu yang berbeda, dimensi mutu tertentu lebih penting daripada yang lain dan seringkali ada perbedaan berdasarkan suatu daerah atau negara dalam persepsi mutu suatu produk. Secara keseluruhan, harus jelas bahwa penentuan mutu dikembangkan berdasarkan sudut pandang sistem terkait kebutuhan dan kemungkinan. Manajer perancangan dan

operasi industri harus membentuk tim yang kuat untuk menerapkan pendekatan sistem ke semua bagian terkait yang berhubungan dengan delapan dimensi mutu di atas.

Berbagai asumsi harus dibuat bagaimana mengukur faktor-faktor fisik yang berhubungan dengan evaluasi konsumen tentang keuntungan produk. Keuntungan meliputi kegunaan, ketergantungan, keandalan, daya tahan, kemudahan servis, perawatan, perbaikan, dan garansi. Kemampuan pabrikasi termasuk perakitan adalah perhatian produsen meskipun memiliki dampak pada kegunaan konsumen

Mendefinisikan mutu tidak sederhana karena pengukuran seberapa baik suatu produk atau jasa dalam melakukan fungsinya yang sesuai sangat penting jika suatu standar akan ditentukan, maka tidak ada gunanya mengukur hal-hal yang salah. Ketika standar ditentukan untuk kepuasan semua orang, maka produsen membuat produk yang tepat, mengujinya, dan meningkatkan prosesnya.

Beberapa hal yang penting dalam mengevaluasi mutu adalah kegagalan produk dan jasa, kebijakan garansi (termasuk berapa lama jangka waktunya), kemampuan untuk diperbaiki, faktor manusia yang disebut juga faktor ergonomis untuk menggambarkan efisiensi manusia dalam suatu lingkungan kerja, aspek estetika, dan keragaman produk.

1. Kegagalan - Penting Dalam Evaluasi Mutu

Kegagalan terjadi ketika suatu produk berhenti bekerja sesuai fungsinya yang sering menjadi kekhawatiran pelanggan. Sehubungan dengan kegagalan fisik, maka ada hal-hal teknis yang bisa menjelaskan permasalahan yang menyebabkan kegagalan sehingga produsen perlu mempertimbangkan aspek standar mutu terkait hal tersebut.

Dengan produsen yang dialihdayakan (*outsourced*) secara global, maka permasalahan semakin beragam dan sulit dikendalikan. Masalah turunnya mutu suatu produk (*Quality Fade*) terjadi berulang kali yang memberikan biaya yang tinggi baik bagi konsumen maupun produsen. *Quality fade* didefinisikan sebagai mutu awal dari hasil produksi yang tidak dapat dipertahankan karena kurangnya

pengawasan di lokasi *outsourcing*. Manajemen mutu harus sepenuhnya menyadari bagaimana itu bisa mempengaruhi tingkat kegagalan dan karakteristik produk yang diproduksinya serta bekerja sama dengan bagian penelitian dan pengembangan (*Research and Development*, R&D) serta desain teknik dalam mengembangkan kemampuan produksi baru yang dapat meningkatkan waktu pemakaian yang diharapkan atau *mean time between failures* (MTBF) suatu produk. Ukuran MTBF sering digunakan untuk menggambarkan keandalan, dimana tolok ukur persaingan berdasarkan masa pakai yang diharapkan merupakan tolok ukur yang penting serta kesediaan pelanggan untuk menerima suatu bentuk kegagalan adalah batas standar dalam penerimaan suatu produk.

Ada berbagai alasan mengapa kegagalan dan keandalan berperan penting dalam menjelaskan mutu karena beberapa jenis kegagalan bisa mengancam nyawa yang mana pertimbangan ini berperan penting dalam biaya perlindungan melalui asuransi dan proses pengadilan bisa terjadi sehingga setiap upaya harus dilakukan untuk memastikan keamanan dan mendokumentasikannya bahwa usaha tersebut betul-betul dilakukan dan pengadilan hukum mengharapkan perilaku etis seperti itu. Beberapa jenis kegagalan tidak mengizinkan perbaikan. Definisi dan spesifikasi mutu harus juga memperhatikan kemudahan perawatan dan biaya suku cadang karena faktor-faktor ini juga mempengaruhi penilaian konsumen terhadap mutu.

2. Kebijakan Garansi

Garansi produk adalah jaminan yang diberikan oleh produsen untuk melindungi konsumen dari berbagai bentuk kegagalan produk yang secara rinci dijabarkan dalam kontrak yang biasanya untuk menyatakan berapa lama, dan berapa banyak penggunaan produk tersebut mendapat jaminan yang pada umumnya menyebutkan kondisi penggunaannya. Salah satu topik yang menjadi perhatian bersama adalah apakah perusahaan mampu menawarkan masa garansi yang dihitung untuk memberikan biaya minimum karena

kegagalan produk dimulai tepat setelah periode garansi berakhir. Pada umumnya asumsi tersebut tidak betul karena perusahaan mungkin berpikir bahwa mereka sangat pintar. Peningkatan penarikan produk dari pasar menunjukkan kegagalan dalam menjaga mutu yang akan merugikan perusahaan dan penambahan biaya yang melebihi harga jualnya,

3. Fungsi Layanan Perbaikan

Perbaikan dan perawatan adalah dimensi mutu yang membutuhkan kemampuan jasa yang berfungsi menyeluruh. Kecepatan perbaikan adalah atribut tambahan yang penting, dimana suatu kebijakan layanan perbaikan merupakan kesepakatan antara perusahaan dengan pelanggannya terkait berapa banyak layanan perbaikan yang akan diberikan, seberapa cepat perbaikan itu akan diberikan, langkah-langkah layanan perbaikan apa yang akan diambil, dan biaya apa saja yang akan ditanggung oleh pelanggan berdasarkan kontrak garansi. Organisasi membedakan diri mereka dengan perhatian yang mereka tunjukkan dan keadilan kebijakan layanan atau jasa perbaikan.

4. Faktor Fungsional Manusia

Manajemen mutu harus fokus pada pentingnya faktor manusia, seperti keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan kemudahan dalam menggunakan suatu produk. Hal-hal terkait faktor manusia (ergonomis) berhubungan juga dengan kondisi kantor atau pabrik karena menyangkut bahaya dari produk yang digunakan dan jasa yang diberikan seperti dalam perjalanan pesawat dan naik taksi.

5. Faktor Mutu Non fungsional (Estetika dan Waktu)

Mutu non-fungsional memainkan peran penting dalam penilaian mutu konsumen. Penampilan dan gaya adalah faktor yang tidak kelihatan dan kepuasan pelanggan terkait estetika adalah sangat besar, sehingga mereka mau membeli dengan harga mahal. Dimensi ini sama pentingnya dengan mutu produk kategori fungsional.

Riset pasar sering kali dilakukan untuk mencoba menentukan penilaian atau citra (*image*) yang diperoleh konsumen dalam

pembelian barang. Citra diri sangat penting untuk barang-barang mahal seperti Rolls Royce atau Mercedes. Bagaimana konsumen menafsirkan mutu yang tidak kelihatan melibatkan dimensi sosiologis dan psikologis dari suatu mutu, sehingga perlu ada inovasi dalam keputusan desain produk.

Ketepatan waktu adalah dimensi mutu non-fungsional lain yang sulit dipahami. Ini paling jelas terlihat dalam mode dan gaya pakaian, sepatu atletik, berbagai platform sosial media, maupun berbagai tren terbaru di segmen pasar anak muda usia sekolah. Sejauh mana gaya masuk dan keluar dari mode tidak pernah diabaikan oleh mereka yang berada di posisi penjual.

6. Dimensi Variasi Produk

Bagian pemasaran dapat membantu perencana strategis dalam evaluasi tentang pentingnya berbagai pilihan produk. Variasi (keberagaman) didefinisikan sebagai jumlah pilihan produk dalam suatu kelompok produk yang tersedia untuk pelanggan. Variasi dapat mencakup perbedaan dimensi mutu dengan harga yang berbeda. Kunci untuk mendefinisikan variasi adalah bahwa pelanggan melihat berbagai pilihan sebagai alternatif yang dapat digantikan.

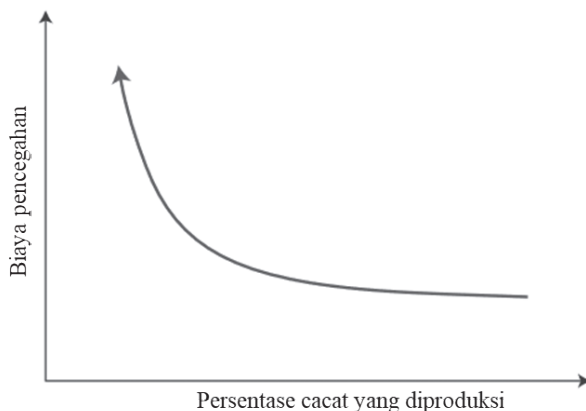
Variasi produk sering meningkatkan pangsa pasar merek karena orang suka beralih rasa dari waktu ke waktu. Mereka mungkin beralih dari merek favorit mereka untuk mendapatkan rasa yang berbeda kadang-kadang. Demikian pula, beberapa orang menyukai mobil putih dan yang lain menyukai warna merah. Dealer dengan hanya satu mobil warna kemungkinan akan menjual lebih sedikit mobil. Berbagai lini produk bergantung pada kemampuan proses untuk berganti dengan cepat dan biaya yang murah dari satu warna, rasa, atau ukuran ke yang lain. Ada kemungkinan harga yang berbeda dikenakan untuk berbagai pilihan dalam variasi. Kalau suatu variasi akan meningkatkan harga, maka pelanggan harus rela membayar lebih untuk pilihan tambahan dan itu terkait dengan masalah elastisitas harga, misalnya untuk mendapatkan kopi tanpa kafein akan membutuhkan langkah ekstra karena biji kopi tentu saja mengandung kafein.

Penyesuaian (*customization*) produk sesuai keinginan konsumen adalah variasi yang paling sulit. Jas yang dibuat agar sesuai dengan pelanggan tertentu adalah salah satu contohnya. Jas yang sudah jadi dan kemudian diubah agar sesuai dengan konsumen masih termasuk penyesuaian tetapi pada tingkat yang lebih rendah. Konsumen industri juga dapat memilih antara peralatan yang diubah agar sesuai atau dibuat khusus. Tingkat varietas tertinggi termasuk di kisaran penyesuaian tersebut. Variasi atau keberagaman memerlukan biaya produksi tambahan, maka bagian pemasaran harus memperhitungkan biayanya dalam penentuan harga.

D. BIAYA MUTU

Pendekatan yang baik untuk memahami mutu adalah dengan menganalisis biaya yang terkait dengan mencapai mutu atau gagal mencapainya. Ada tiga biaya dasar mutu, yaitu biaya pencegahan, penilaian, dan kegagalan.

1. Biaya Pencegahan



Gambar 12.2 Persentase Cacat dengan Biaya Pencegahan

Pencegahan melibatkan penerapan strategi yang nyata untuk mengurangi produksi produk cacat yang tidak sesuai dengan standar

mutu yang dipakai. Seluruh sistem harus dirancang, dikoordinasikan, dan dikendalikan untuk mencegah kerusakan termasuk bahan dan peralatan yang digunakan, keterampilan yang sesuai, dan proses yang benar untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. Menghabiskan banyak biaya dalam pencegahan, pada umumnya akan menurunkan persentase barang cacat seperti ditunjukkan di Gambar 12.2 meskipun bentuk sebenarnya dari kurva harus ditentukan untuk situasi tertentu.

Jika beberapa kesalahan menyebabkan cacat terjadi dan masalahnya diperhatikan dan diperbaiki, maka wajar untuk mengatakan bahwa peningkatan mutu tidak memerlukan biaya tambahan. Cacat dapat dicegah dengan cara memperbaiki kesalahannya. Biaya pencegahan meningkat ketika standar mutu dinaikkan yang berarti tingkat cacat yang lebih rendah. Artinya hal ini adalah kebijakan yang masuk akal untuk menaikkan standar mutu ketika standar sebelumnya dicapai secara konsisten. Biaya yang dikeluarkan dalam mencapai spesifikasi yang semakin ketat ini akan meningkat secara bertahap pada awalnya sampai kemudian mendekati nilai tertentu karena keterbatasan teknologi bahan dan proses seperti ditunjukkan pada Gambar 12.3.



Gambar 12.3 Batas Toleransi Mutu dengan Pengeluaran

Dalam manufaktur, batas toleransi menentukan batasan produk yang dapat diterima, misalnya diameter sepotong timah harus berada dalam kisaran 0,5 mm plus atau minus satu per dua puluh milimeter ($0,5 \pm 0,05$). Ini berarti diameter timah bisa maksimal 0,55 mm dan minimal 0,45 mm. Batas toleransi akan menentukan standar suatu produk. Sebagai perbandingan, jika batas toleransi yang ditentukan dalam kisaran 0,51–0,49 mm, maka batasan itu akan jauh lebih ketat dan lebih mahal untuk mencapainya.

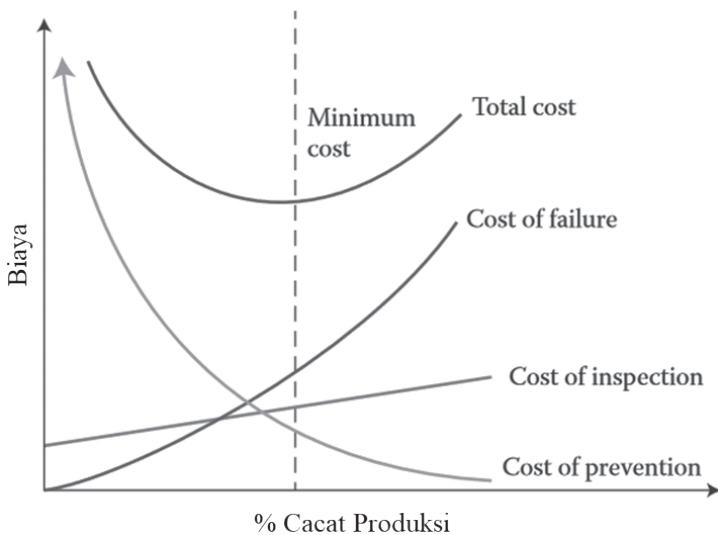
Pada Gambar 12.3 menunjukkan peningkatan biaya secara eksponensial ketika batasan toleransi yang diterima diperketat dan mendekati batas kemampuan teknologi proses. Ketika batasan toleransi menjadi lebih ketat (seperti 0,005 lebih ketat dari 0,05), maka biaya membuat semua unit yang diproduksi menjadi lebih besar. Ketika desainer memperkecil batasan yang dapat diterima, maka peralatan yang ada mungkin tidak dapat melakukan pekerjaan serta persentase output yang lebih besar tidak akan sesuai dengan standar baru. Segala sesuatu yang berada di luar batas toleransi disebut cacat dan barang cacat ini harus dibuang atau dikerjakan ulang. Kedua hal tersebut dianggap bagian dari biaya kegagalan.

2. Biaya Penilaian Mutu (Inspeksi)

Ketika produk diperiksa untuk melihat apakah sesuai dengan standar yang ditentukan, maka itu menunjukkan bahwa produk sedang menjalani pemeriksaan dan penilaian. Kedua istilah tersebut digunakan secara bergantian dan berkaitan dengan evaluasi apakah produk tersebut sesuai atau tidak dengan standar. Namun, harus dipahami bahwa inspeksi dan pengendalian mutu (QC) tidak sama, dimana inspeksi merupakan salah satu langkah dalam penjaminan mutu (QA). Produk yang dinilai tidak sesuai karena gagal mencapai batas toleransi akan dipisahkan dan harus ada kebijakan tentang apa yang harus dilakukan dengan produk yang tidak sesuai untuk setiap cara yang mungkin tidak memenuhi spesifikasi. Beberapa jenis cacat harus dibuang, yang lain dapat dikerjakan ulang dan ada yang dijual dengan diskon.

Cara biasa untuk mengetahui item yang tidak termasuk dalam batas toleransi adalah dengan memeriksa semua item, namun dimungkinkan untuk menggunakan metode penerimaan sampel dengan pemeriksaan sampel lot produksi. Dalam metode sampel, jika sampel tidak memenuhi standar maka seluruh lot diperiksa dan dicek satu-satu. Pengecekan berarti menghilangkan yang cacat sehingga setiap item dalam lot sesuai dengan spesifikasi dan nemisahkan yang jelek dari yang baik.

Gambar 12.4 menunjukkan tiga biaya dasar dari mutu. Pertama adalah biaya pencegahan cacat (terlihat pada Gambar 12.2). Kedua adalah biaya inspeksi yang meningkat ketika persentase cacat dalam lot produksi meningkat. Peningkatan biaya dalam inspeksi karena lebih banyak inspektur dan waktu atau jumlah pengecekan yang diperlukan. Jika pengambilan sampel digunakan, maka lebih banyak sampel dengan ukuran lebih besar akan diambil dalam periode waktu yang sama. Dengan semua parameter lain dianggap sama, maka peningkatan biaya inspeksi akan hampir linier dan tidak terlalu curam sebagai fungsi dari peningkatan persen cacat seperti ditunjukkan pada Gambar 12.4.



Gambar 12.4 Persentase Cacat Produksi dengan Biaya

Gambar 12.4 merupakan penggabungan Gambar 12.2 dan 12.3. Gambar ini juga menunjukkan biaya kegagalan yang cenderung meningkat secara eksponensial sebagai fungsi dari peningkatan persentase cacat yang dihasilkan dan tidak terdeteksi oleh inspeksi. Kurva keempat pada Gambar 12.4 adalah total biaya mutu yang merupakan jumlah dari tiga kurva lainnya.

3. Biaya Kegagalan

Pada Gambar 12.4, biaya kegagalan naik secara linier pada awalnya dan kemudian meningkat dengan cepat dengan naiknya persentase cacat. Hal ini mungkin mencerminkan biaya penggantian untuk kegagalan barang yang masih dalam garansi, kemudian ketika persentase barang cacat terus meningkat maka biaya kegagalan produk bisa jauh lebih parah. Berita dari mulut ke mulut di antara pelanggan menyebabkan pindahnya pelanggan sehingga biaya bisnis yang hilang juga meningkat. Kurva mulai bergerak ke atas secara geometris dan biaya kegagalan yang besar terjadi ketika pelanggan mulai berpindah pada pesaing dalam jumlah besar sebagai akibat dari kegagalan produk yang serius.

Aliran pendapatan yang hilang ini sering disebut dengan nilai seumur hidup yang hilang (*lost lifetime value*, LTV) dari pelanggan yang harus diperhitungkan sebagai biaya kegagalan yang signifikan. Perkiraan dari LTV rata-rata pelanggan adalah panduan penting untuk memutuskan berapa banyak yang akan dibelanjakan untuk mencegah kegagalan yang mengganggu loyalitas pelanggan. LTV bisa menjadi jumlah yang besar dalam pendapatan. Biaya tambahan dari kegagalan terkait dengan pengembalian produk yang memerlukan pengerjaan ulang dan melibatkan biaya tenaga kerja maupun material.

Produk yang cacat dapat menyebabkan tagihan dalam jumlah yang besar seperti gugatan hukum karena kerusakan produk maupun pandangan jelek di mata konsumen yang nilainya tidak bisa dihitung. Biaya lain dari produk yang cacat adalah pengembalian produk yang sering menghasilkan denda atau dampak lain di luar biaya perbaikan atau penggantian produk yang cacat. Berbagai denda atau dampak lain

tersebut termasuk kemungkinan gugatan hukum karena kerusakan produk, publisitas buruk, dan hilangnya pelanggan. Kurva menggambarkan biaya kegagalan cenderung berbentuk naik tajam, eksponensial, atau geometris.

4. Total Biaya Mutu

Tiga jenis biaya pada Gambar 12.4 merupakan turunan dari kurva biaya total. Kurva biaya total berbentuk U yang memiliki total biaya minimum pada suatu tingkat persen cacat tertentu, namun bisa ada pendapat yang berbeda pada perumusan ini. Situasi yang ada untuk peningkatan yang sedikit dalam biaya pencegahan bisa memberikan persentase barang cacat yang berkurang secara drastis. Juga ada kondisi ketika biaya kegagalan tidak naik secara eksponensial karena dampak kegagalan yang kecil atau karena inspeksi mendeteksi 100% dari barang cacat. Dengan pemeriksaan yang efektif, persentase barang cacat yang diproduksi jauh lebih tinggi daripada persentase barang cacat yang dikirim dan ada biaya untuk membuang produk. Jika biaya kegagalan naik sangat cepat, maka titik biaya minimum didorong ke tingkat persentase nol cacat. Jumlah keseluruhan biaya mutu meningkat secara geometris seiring dengan meningkatnya persentase barang cacat. Kurva untuk biaya mutu adalah logis dalam keadaan tertentu, yang didasarkan pada dugaan dan bisa salah pada saat lain. Namun, pemodelan biaya mutu tetap merupakan usaha yang penting dan usaha yang bermanfaat dalam operasional. Upaya tambahan untuk memastikan kebenaran model biaya dilakukan ketika pencegahan dapat dilakukan dan/atau kegagalan menyebabkan denda yang besar.

E. METODOLOGI PENGENDALIAN MUTU

Badan pengetahuan yang berhubungan dengan pencapaian mutu mulai dengan mendeteksi masalah yang diikuti dengan diagnosis berdasarkan analisis penyebab masalah. Berikutnya adalah saran tindakan perbaikan untuk mengatasi penyebab yang didiagnosis. Hal ini ditindaklanjuti melalui observasi dan evaluasi untuk melihat seberapa baik perbaikan bekerja. Seluruh rangkaian langkah tersebut disebut pengendalian mutu (*Quality Control, QC*).

Mutu berasal dari pemahaman yang menyeluruh tentang proses yang melibatkan semua orang di perusahaan, sehingga mereka termotivasi untuk mengetahui semua tentang proses yang digunakan dan perubahan yang sedang dipertimbangkan. Metode proses QC digunakan untuk menganalisis dan meningkatkan mutu proses. Ada tujuh metode yang sering digunakan dalam proses QC:

1. Lembar pemeriksaan data (*data check sheet*)
2. Diagram batang
3. Histogram
4. Analisis pareto
5. Diagram sebab-akibat
6. Diagram statistik QC (SQC)
7. Menjalankan grafik.

1. Lembar Pemeriksaan Data (*Data Check Sheets*, DCS)

DCS terutama mengatur data dan merupakan buku besar untuk menghitung cacat menurut jenisnya. DCS bisa berupa lembaran yang mengatur data dalam bentuk matriks ketika pasangan variabel sedang ditelusuri. Matriks atau tabel tersebut digunakan untuk mencatat dan melacak data mengenai frekuensi kejadian yang dianggap penting untuk beberapa aspek penting dari mutu. Untuk produk tertentu, mungkin ada beberapa data yang diperlukan untuk melacak mutu berbeda yang sedang diukur. Akan sangat berguna untuk menyimpan data ini dalam kerangka waktu dan format umum yang sama sehingga korelasi atau hubungan dapat dikembangkan antara berbagai peristiwa yang terjadi bersamaan dengan mutu yang berbeda seperti ditunjukkan pada tabel 12.1 yang mencatat frekuensi listrik padam di sebuah kota.

DCS pada tabel 12.1 menunjukkan kapan dan seberapa sering gangguan listrik terjadi. DCS adalah kumpulan dari informasi yang telah disusun dengan berbagai cara, salah satunya secara kronologis. Informasi tentang kapan kegagalan daya terjadi dapat digunakan dengan berbagai cara. Pertama adalah ini memberikan catatan seberapa sering terjadi

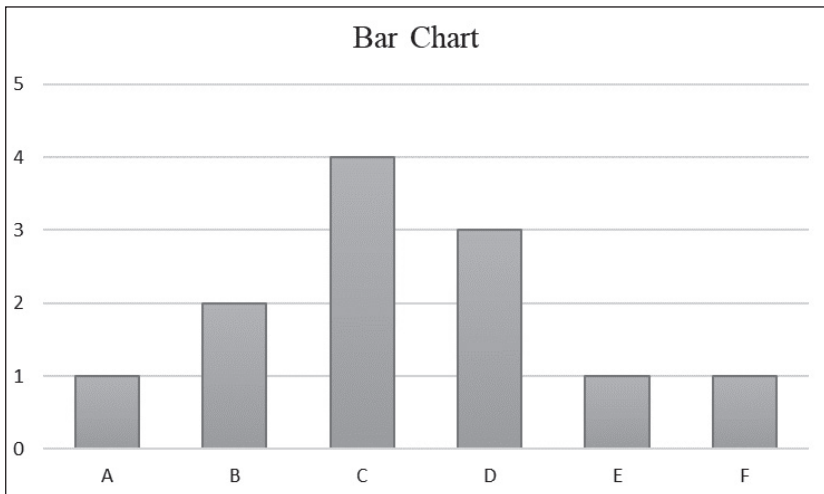
kegagalan daya, yang kedua menunjukkan di mana kegagalan terjadi, ketiga adalah dari data tersebut dapat mengungkapkan seberapa cepat kekuatan daya akan pulih, dan keempat adalah data dapat menunjukkan berapa lama setiap jenis kegagalan (A–F) harus menunggu sebelum mendapat penanganan yang biasanya karena kru yang bekerja sibuk dengan gangguan listrik lainnya. Setelah lembar periksa data selesai dibuat, maka perlu mengidentifikasi masalah berikutnya dengan mulai menggunakan analisis kausal (sebab-akibat) berdasarkan jenis kegagalan dan lokasinya. Pengumpulan data yang terorganisir adalah penting dalam manajemen proses yang baik.

Tabel 12.1 Contoh *Data Check Sheet*

Tanggal	A	B	C	D	E	F	Keterangan	Lokasi
6.12.21	X						Crew terlambat	P21
2.1.22			X				6 jam servis	P3
15.2.22				X			3 jam servis	P22
7.3.22				X			Badai salju	P21
29.4.22			X				3 jam servis	P3
15.5.22						X	Banjir	R40
7.6.22				X			Crew terlambat	P5
29.7.22		X					R40/ tidak ada servis	P21 – R40
21.8.22			X				Lama di perjalanan	B2
30.9.22			X				Crew terlambat	R40
2.11.22					X			P3
14.12.22		X						P5
Total	1	2	4	3	1	1		

2. Diagram Batang (*Bar Charts*)

Diagram batang mewakili data secara grafis, dimana data dipindahkan dari lembar periksa (*check sheet*) menjadi diagram batang (*bar chart*) dan histogram. Gambar 12.6 menunjukkan diagram batang untuk sejumlah catatan kegagalan daya yang ada dalam lembar pemeriksaan data di Gambar 12.5. Enam jenis kegagalan yang tercatat dari A sampai F pada lembar pemeriksaan data diwakili dengan batang yang terpisah pada Gambar 12.5. Jumlah insiden ditunjukkan oleh sumbu y. Grafik batang menggambarkan jumlah suatu jenis peristiwa tunggal, misalnya jenis keluhan. Suatu batang terpisah digunakan untuk setiap kumpulan data dan setiap jenis harus dipilih agar berguna secara operasional, yaitu sesuatu yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah insiden.



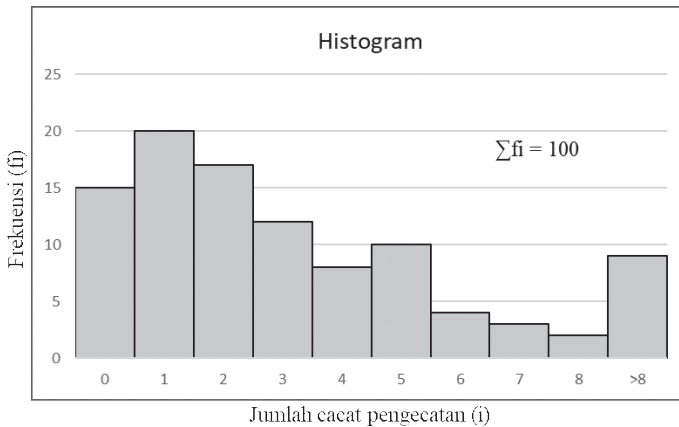
Gambar 12.5 Contoh *Bar Chart*

3. Histogram

Histogram adalah distribusi frekuensi. Ketika data dapat dimasukkan ke dalam suatu kategori, maka frekuensi relatif terjadinya kategori ini dapat menjadi informasi yang bermanfaat. Untuk contoh, pada Gambar 12.7 dengan sumbu X menggambarkan jumlah cacat cat ($i = 0, 1, 2, \dots, 8$) yang ditemukan per jam selama pemeriksaan mobil yang keluar dari

lini produksi. Sumbu Y mencatat frekuensi yang diamati untuk setiap jumlah cacat dengan jumlah total pengamatan adalah 100. Tinjauan histogram ini memberikan informasi penting tentang berbagai kondisi termasuk frekuensi relatif untuk berapa kali tidak ada cacat yang ditemukan karena di banyak perusahaan mobil, standar untuk cat dan penyelesaian akhir (*finishing*) sangat tinggi sehingga hanya sedikit mobil ditemukan tanpa cacat.

Definisi cacat sering kali ditetapkan oleh standar yang begitu ketat bahwa pelanggan tidak akan dapat mendeteksi ketidaksempurnaan. Gambar 12.6 menunjukkan bahwa satu cacat ditemukan 20% selama waktu produksi dan lebih dari satu cacat terjadi 65% selama waktu produksi berlangsung. Ada penurunan mencolok dalam jumlah cacat cat, namun lebih dari delapan cacat terjadi sembilan kali. Dengan standar yang ketat, maka data ini seharusnya tidak menyenangkan bagi manajer produksi dan operasi yang bertanggung jawab atas mutu.



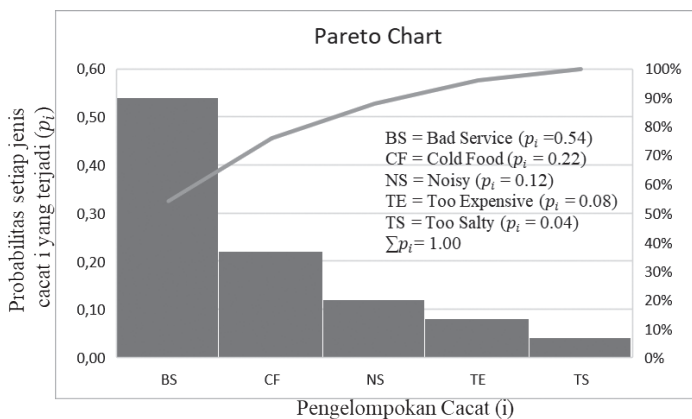
Gambar 12.6 Contoh Histogram

4. Analisis Pareto

Analisis Pareto berusaha mengidentifikasi kategori yang paling sering muncul, misalnya cacat apa yang paling sering menjadi penyebab penolakan produk, yang paling banyak, dan sebagainya. Hal ini membantu mengidentifikasi masalah utama yang terkait dengan proses mutu dengan

peringkat memberikan informasi mengenai masalah sehingga penyebab paling penting dapat diketahui untuk diambil tindakan. Prosedur untuk mendapatkan informasi pada tipe Pareto dapat menggunakan banyak bentuk. Fungsi utama dari analisis ini adalah membantu untuk mengembangkan daftar lengkap semua masalah yang mungkin bisa terjadi yang sumbernya bisa dari dalam dan luar organisasi, seperti keluhan pelanggan, pemeriksaan produk selama produksi.

Gambar 12.8 menunjukkan bagaimana bagan Pareto (*Pareto chart*) dapat digunakan untuk menganalisis masalah mutu yang sering terjadi pada suatu restoran. Layanan yang buruk adalah keluhan yang paling banyak (54%), makanan dingin ada di posisi kedua dengan 22% keberatan, keluhan ketiga adalah tentang suasana berisik dengan 12%, keluhan keempat adalah bahwa restoran itu terlalu mahal dengan 8%, dan makanan yang terlalu asin merupakan keluhan kelima dengan 4%. Urutan peringkat dari hierarki penyebab keluhan terlihat pada Gambar 12.7. Probabilitas mencerminkan banyaknya tingkat kemiringan antara dua sumber keluhan terbesar. Kemiringan semacam ini adalah tipe dari frekuensi Pareto yang ditemukan dalam kondisi aktual. Di sini dua penyebab pertama dari keluhan menyumbang 76% dari keseluruhan keluhan yang banyak terjadi dalam operasional. Bagan Pareto tidak memisahkan beberapa yang kritis dari banyak hal yang tidak penting.



Gambar 12.7 Contoh *Pareto Chart*

5. Bagan Sebab dan Akibat (Bagan Ishikawa atau Tulang Ikan)

Bagan sebab dan akibat mengatur dan menggambarkan hasil analisis mengenai penentuan penyebab masalah mutu. Bagan ini menunjukkan faktor-faktor apa mempengaruhi mutu dan selanjutnya apa yang mungkin menjadi penyebab masalah mutu. Satu dari bagan sebab dan akibat ini adalah bagan tulang ikan (*Fishbone*) atau Ishikawa yang didasarkan pada daftar variabel-variabel yang diketahui bisa mempengaruhi mutu. Bagan ini diatur dengan sasaran mutu yang dimulai dengan mencatat segala sesuatu dalam proses yang mungkin menjadi penyebab suatu masalah. Pendekatan yang baik adalah dengan menentukan faktor-faktor yang menyebabkan baik atau jeleknya mutu. Kemungkinan penyebab ini dikelompokkan ke dalam suatu kategori dan sub-kategori. Tabel 12.2 menunjukkan berbagai faktor yang mempengaruhi mutu secangkir kopi dan merupakan suatu sebab-akibat (kausal), seperti proses yang digunakan untuk menanam biji kopi, panen, sangrai, menyimpan, dan mengirimkan kopi.

Tabel 12.2 Variabel Mutu Secangkir Kopi

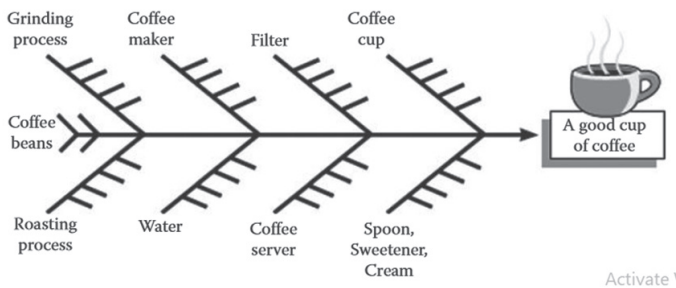
Biji Kopi Sumber biji kopi (Toraja, Sumatera, Jawa, dan sebagainya) <ul style="list-style-type: none">- Tingkatan biji kopi- Ukuran dan umur biji kopi- Penyimpanan dan pengepakan (berapa lama disimpan sebelum di giling)
Proses Pemanggangan (<i>Roasting</i>) <ul style="list-style-type: none">- Jenis pemanggang (<i>roaster</i>)- Suhu yang digunakan- Lama pemanggangan
Proses Penggilingan (<i>Grinding</i>) <ul style="list-style-type: none">- Jenis penggiling (<i>grinder</i>)- Kondisi penggiling- Kecepatan putaran dan pemakanan yang digunakan- Kehalusan pengaturan penggilingan

<ul style="list-style-type: none"> - Lama penggilingan - Banyaknya biji kopi digiling - Lamanya hasil giling sebelum dipakai
<p>Mesin Pembuat Kopi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jenis tetes atau lainnya, spesifikasi yang tepat untuk pembuat kopi - Ukuran dan kondisi mesin (berapa banyak penggunaan sebelumnya) - Metode pembersihan (cuka, air panas, deterjen) - Seberapa sering dibersihkan - Jumlah pound/gram kopi yang digunakan
<p>Air</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jumlah air yang digunakan - Jenis air yang digunakan (komposisi kimia) - Riwayat penyimpanan sebelum digunakan - Suhu pemanasan air
<p>Saringan (Filter)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jenis filter yang digunakan (bahan: kertas atau sejenisnya, emas, logam lainnya) - Ukuran filter - Seberapa sering digunakan - Seberapa sering diganti
<p>Tempat Penyimpanan Kopi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jenis tempat atau wadah penyimpanan - Ukuran wadah - Seberapa sering dibersihkan - Berapa lama kopi disimpan?
<p>Cangkir Kopi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jenis cangkir - Ukuran cangkir - Cara membersihkannya (suhu air, deterjen) - Seberapa sering cangkir dibersihkan?

Sendok dalam Cangkir – Pemanis – Susu atau Krim

- Jenis sendok (bahan/seberapa sering dibersihkan dan bagaimana)
- Jenis pemanis yang digunakan
- Jenis susu: 1%, 2%, half & half, skim, light cream, heavy cream, dan lainnya

Tabel 12.2 menjelaskan banyak faktor multidimensi yang menentukan mutu secangkir kopi dan menyajikan daftar faktor penyebab yang harus dipertimbangkan oleh semua peserta dalam sistem yang mempengaruhinya. Setelah membuat daftar, variabel-variabel tersebut dapat dipetakan menggunakan metode konstruksi tulang ikan yang dikembangkan oleh Ishikawa (1987). Ada sembilan variabel utama dengan sejumlah variabel sub-kategori yang berbeda yang selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 12.8 sebagai sirip yang muncul dari sembilan garis utama variabel dan terhubung seperti tulang belakang ikan. Sub-kategorinya adalah yang tercantum dalam Tabel 12.2 dari sembilan variabel utama yang ada.



Gambar 12.8 Contoh Diagram Ishikawa

F. PENGENDALIAN PROSES STATISTIK (STATISTICAL PROCESS CONTROL, SPC)

SPC berfungsi untuk meyakinkan bahwa produk yang sedang diproduksi dengan mutu yang tepat dan menunjukkan bahwa pelayanan mutu sudah tersedia. Bagan ini digunakan untuk mendeteksi masalah mutu

seperti sistem deteksi peringatan dini. Grafik SPC juga dapat membantu membedakan penyebab masalah mutu proses. Grafik SPC sangat bermanfaat untuk memantau kondisi proses dan menstabilkan proses. SPC adalah bagian dari metodologi QC (*quality control*) yang lebih luas berdasarkan konsep statistik yang disebut SQC (*statistical quality control*). SQC terdiri dari SPC dan AS (*acceptance sampling*). Grafik SPC umumnya disebut juga grafik QC.

Grafik kontrol dibuat dengan memeriksa keluaran proses berdasarkan perhitungan output dan standar deviasi dengan menggunakan berbagai variabel atau atribut selama proses inspeksi seperti dijelaskan dibawah ini.

1. Pengecekan dengan Variabel atau Atribut

Output dari suatu proses baik itu manufaktur atau jasa diukur dengan memperhatikan mutu yang dianggap penting. Output dapat diukur dengan dua cara yang berbeda, yaitu dengan variabel dan atribut. Dalam hal pengukuran dengan variabel adalah pengukuran dengan suatu angka yang berkelanjutan, seperti penggaris untuk mengukur satuan panjang inch atau dengan skala untuk mengukur satuan berat pound. Variabel dapat berupa dimensi berat, suhu, luas, kekuatan, hambatan listrik, loyalitas, kepuasan, cacat, kesalahan pengetikan, keluhan, kecelakaan, jumlah pembaca, dan peringkat pemirsa TV. Ketepatan dari unit ukur berkaitan dengan spesifikasi mutu output. Bagan pengendalian proses yang digunakan dalam variabel termasuk bagan untuk rata-rata keluaran (*x-bar charts*) dan rentang output (*R-charts*). Dalam hal pengukuran dengan atribut, unit output dikelompokkan dalam bentuk diterima (*accepted*) atau ditolak (*rejected*) yang dalam beberapa bentuk cara inspeksi hanya membedakan antara kondisi masuk "go" atau tidak bisa masuk "no go". Hasil yang ditolak dari pengukuran adalah yang nilainya diluar dari nilai yang dapat diterima sesuai ketentuan oleh desain. Penolakan adalah unit produk yang cacat. Berdasarkan klasifikasi sistem atribut, maka mutu proses dinilai dengan jumlah unit rusak yang ditemukan oleh uji lulus (*pass*) atau gagal (*fail*). Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk

persentase cacat yang ditemukan di setiap sampel dan disebut *p-chart*. Yang termasuk juga dalam pengukuran sistem atribut adalah *c-chart* yang menghitung jumlah ketidaksesuaian output suatu proses. Contoh penerapan *c-chart* seperti ketika seorang spesialis menghitung suatu berlian tertentu yang dikategorikan memiliki berbagai ketidaksempurnaan dari pengamatannya. Distribusi jumlah ketidaksempurnaan (*c*) adalah dasar dari *c-chart*.

Pemeriksaan dengan variabel lebih mahal daripada dengan atribut karena variabel membutuhkan pembacaan skala dan mencatat banyak angka dengan benar, misalnya pengukuran yang diterima dari berat kaleng kacang harus setidaknya 16 ons sehingga kesalahan pengukuran harus dihindari. Pembacaan 15,99 tidak dapat diterima sedangkan 16,01 dapat diterima. Angka harus dicatat secara aritmatika dan signifikansinya harus dipahami untuk memungkinkan tindakan yang tepat dapat diambil.

Sebagai perbandingan, atribut yang digunakan oleh *p-chart* dengan pengukur *go/no-go* adalah lebih sederhana. *Go/no-go* adalah pengujian *pass-fail* yang tegas. Sering kali hal itu dapat dilakukan dengan pemeriksaan visual baik/buruk, dimana metode pengukuran atribut dibangun dalam rentang dapat diterima dan tidak dapat diterima. Pengamatan berdasarkan atribut sering kali dapat otomatis dan rekayasa proses inspeksi merupakan suatu investasi dalam menyederhanakan tugas. Ketika pencegahan kesalahan sangat penting, maka penilaian berdasarkan atribut sering kali lebih aman. Kita harus mencatat bahwa ada lebih banyak informasi yang melekat dalam analisis variabel daripada dalam analisis atribut yang berarti bahwa *x-bar charts* memiliki kepekaan yang lebih besar daripada *p-charts* terhadap perubahan kritis yang menandakan ketidakstabilan sistem secara mendasar. Pemeriksaan yang dilakukan baik dengan variabel atau atribut mengarah pada pengukuran mutu output proses, namun keberagaman (variabilitas) ada di semua sistem.

2. Penyebab Keberagaman Proses

Dua komponen manufaktur yang tampaknya identik yang dibuat dengan proses yang sama memiliki karakteristik sendiri, seperti sidik

jari yang berbeda di tiap individu. Sistem dengan keberagaman kurang mungkin berbeda dalam pengukuran di seperseribu inci sedangkan sistem dengan lebih banyak keberagaman mungkin terasa berbeda dalam hal seperseratus inci. Penyebab keberagaman proses dapat dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu penyebab yang berpeluang terjadi (*chance causes*) dan penyebab yang dapat ditentukan (*assignable causes*).

a. *Penyebab yang berpeluang terjadi atau kebetulan (chance causes)*

Chance causes merupakan hasil dari sifat-sifat yang melekat dari sistem baik secara intrinsik (ketika proses terjadi) ataupun bawaan (*innate*). Hal ini adalah keberagaman yang selalu ada pada sistem yang berfungsi dengan baik, sehingga disebut penyebab yang berpeluang terjadi atau disebut juga penyebab sederhana. Penyebab ini tidak bisa dihapus dari sistem, itulah sebabnya ini disebut juga penyebab sistem yang melekat (*inherent systems causes*). Ini disebut juga *chance causes* karena dapat diprediksi dan stabil dalam bentuk statistik, seperti juga peluang satu sisi dari pelemparan koin. Sebuah proses berpeluang terjadi dan tidak peduli tingkat keberagamannya disebut proses yang stabil. Keberagaman yang dialaminya disebut keberagaman acak (*random variation*).

b. *Penyebab tertentu (assignable causes)*

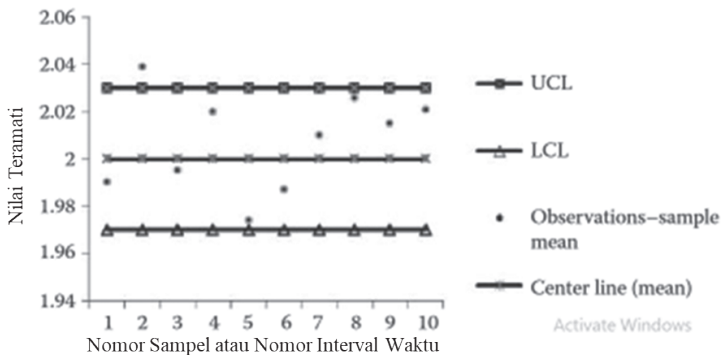
Keberagaman jenis ini memiliki penyebab yang dapat dilacak dan dihilangkan, sehingga disebut penyebab tertentu atau khusus. Tidak seperti penyebab yang kebetulan, penyebab ini tidak dilatarbelakangi oleh suatu masalah. Ini menghasilkan suatu keunikan tertentu yang dapat diidentifikasi dan dilacak penyebab asalnya. Penyebabnya disebut tertentu, karena penyebab ini dapat dirancang sebagai suatu jenis maupun sumber dan bisa dihilangkan.

Manajer proses mengidentifikasi sumber gangguan mutu karena perkakas yang telah berubah, gigi penggerak yang aus, operator yang salah, dan bahan yang tidak sesuai kebutuhan, sehingga semua yang terkait bisa melakukan apa yang diperlukan untuk memperbaiki situasi yang ada dengan memperbaiki atau mengganti perkakas yang

aus, cetakan, roda gigi, pengaturan mesin serta lainnya. Semua ini adalah contoh dari penyebab tertentu yang dapat dideteksi dengan metode SPC. Penyebutan lain yang mungkin lebih disukai daripada penyebab tertentu adalah penyebab sistem yang dapat diidentifikasi (*identifiable systems causes*).

3. Bagan Pengendalian Mutu (QC Charts)

Bagan QC adalah sarana untuk merencanakan mutu output proses yang diukur melalui pengecekan apakah dengan variabel atau atribut. Bagan QC dapat mengidentifikasi penyebab keberagaman sistem. Setelah diidentifikasi, pengetahuan tentang proses mengarahkan ke penyebabnya yang kemudian dihilangkan sehingga prosesnya dapat kembali ke kondisi normal yaitu keragaman karena penyebab internal proses. Untuk membuat bagan pengendalian, maka perlu mencari mean μ (data tengah) dan simpangan standar σ (*standard deviation*) dari output proses. Misalkan kita memproduksi batang baja dengan diameter batang adalah variabel yang penting dan menunjukkan mutu output. Gambar 12.9 menunjukkan contoh bagan SPC dari produksi baja tersebut.



Gambar 12.9 Contoh Bagan Kendali Proses Statistik (SPC)

Dari bagan pengendalian gambar 12.10, sumbu Y menunjukkan output proses yang diamati serta diukur pada jangka waktu yang berurutan dan sumbu X mewakili jangka waktu atau urutan nomor sampel. Suatu bagan pengendalian terdiri dari garis tengah mewakili rata-rata dari

output proses dan garis di atas garis tengah yang disebut batas kendali atas (*Upper Control Limit, UCL*) dan garis di bawah garis tengah yang disebut garis kendali batas bawah (*Lower Control Limit, LCL*). Dari data diketahui titik 2 terletak di luar batas kendali (di atas UCL) yang merupakan indikasi bahwa proses tidak terkendali ketika pengukuran tersebut diambil. Ini menunjukkan perlunya analisis kausalnya. Semua titik lainnya ada di dalam batas kendali dan keberagamannya terutama disebabkan oleh keberagaman proses yang melekat. Juga dapat dilihat bahwa jika jarak antara UCL dan LCL diperkecil, maka beberapa titik lain mungkin berada di luar batas kendali. Poin 5 adalah calon pertama yang akan keluar dari batas kendali karena sangat dekat dengan LCL. Poin 8 adalah calon lain pada batas atas.

Fenomena lain yang perlu diperhatikan adalah bahwa empat poin terakhir semuanya berada di atas garis tengah yang membutuhkan suatu penyelidikan karena prosesnya mungkin keluar dari kendali sehingga memerlukan suatu analisis statistik yang berjalan (*analysis of statistical runs*).

Run chart dapat membantu menemukan terjadinya masalah yang akan datang, sehingga analisis berjalan adalah sistem deteksi peringatan dini lainnya yang bisa sangat membantu dalam mengetahui penyebab masalah yang muncul. Serangkaian data pada bagan kendali adalah nilai berurutan yang semuanya jatuh di atas atau di bawah garis rata-rata. Dari Gambar 12.10, enam titik pertama terdistribusi dengan baik di sekitar garis tengah. Namun empat poin terakhir adalah semua di atas garis rata-rata.

Misalkan suatu proses manufaktur dapat menghasilkan batang baja dengan diameter rata-rata 2,00" ($\mu = 2,00$). Standar deviasi (σ) yang menunjukkan variasi proses adalah 0,01. Informasi ini dapat digunakan untuk membuat bagan kendali. Dengan mengasumsikan bahwa output proses mengikuti distribusi normal, maka berdasarkan tabel distribusi normal akan dapat dikatakan bahwa 99,72% dari output akan berada di antara ± 3 deviasi standar dan 95,44% dari output akan berada di antara

± 2 standar deviasi. Persentase 99,72% dan 95,44% dikenal sebagai interval atau tingkat kepercayaan. Nilai 3 dan 2 adalah variabel normal standar dan diwakili oleh simbol z . Tabel tersebut ada di Lampiran B yang memberikan nilai z untuk berbagai interval kepercayaan. UCL dan LCL ditetapkan sebagai berikut.

$$UCL = \mu + z\sigma \quad (12.1)$$

$$LCL = \mu - z\sigma \quad (12.2)$$

Untuk tingkat kepercayaan 99,72% ($z = 3$), batas kendalinya adalah:

$$UCL = 2 + 3 \cdot 0.01 = 2.03$$

$$LCL = 2 - 3 \cdot 0.01 = 1.97$$

Untuk tingkat kepercayaan 95,44% ($z = 2$), batas kendalinya adalah:

$$UCL = 2 + 2 \cdot 0.01 = 2.02$$

$$LCL = 2 - 2 \cdot 0.01 = 1.98$$

Gambar 12.10 menunjukkan bagan kendali untuk contoh diatas dengan tingkat kepercayaan sebesar 99,72%. Jika batas dua sigma digunakan, maka ruang antara batas kendali akan menyempit dan titik 5 akan berada di luar LCL (1.98).

Jumlah standar deviasi yang digunakan akan mengontrol sensitivitas sistem peringatan. Bagan tiga sigma tetap diam ketika grafik dua sigma membunyikan peringatan sebagai tanda di luar batas kendali sama seperti peringatan kesalahan. Batas satu sigma akan membunyikan lebih banyak peringatan daripada dua sigma, sehingga biaya kesalahan juga akan lebih banyak. Pilihan yang bijaksana dari jumlah standar deviasi yang akan digunakan adalah tanggung jawab manajemen operasi berdasarkan penilaian biaya untuk mencapai tingkatan tiap sigma.

Dari berbagai tingkatan sigma, maka kemungkinan kesalahan untuk tiap sigma akan berbeda. Kemungkinan kesalahan untuk tiga sigma adalah 0.0028 (= 1.00 - 0.9972) atau 0.28% atau 280 per sejuta kejadian, sedangkan . Untuk dua sigma akan menjadi 0.0456 (= 1.00 - 0.9544) atau 4.56% atau 4560 per sejuta kejadian yang mana lebih dari 16 kali

lebih besar dari hasil tiga sigma. Dalam beberapa sistem, ketika dua kali berturut-turut titik keluar dari kendali maka perlu diambil suatu tindakan.

4. Proses Stabil

Agar mutu stabil, maka proses juga harus stabil yang salah satunya dicapai dengan parameter tetap. Ini berarti bahwa rata-rata proses dan deviasi standarnya tidak berubah. Dalam hal pengukuran dengan atribut, sistem yang stabil akan memberikan proporsi yang konsisten dari item yang cacat. Studi kemampuan proses digunakan untuk menetapkan batas-batas di mana suatu proses dapat beroperasi dan perlu diketahui bahwa data yang memadai secara statistik dapat digunakan untuk membuat bagan kendali yang andal dalam kondisi aktual, kemudian lebih banyak data dapat dikumpulkan untuk memeriksa apakah prosesnya stabil. Sampel awal pengamatan diambil dan bagan kendali dibuat dan data sementara yang tidak stabil sering dibuang karena dikaitkan dengan kondisi awal (*start-up*).

Proses yang ada akan diperiksa ulang untuk melihat apakah sudah stabil setelah proses dimulai. Ukuran sampel awal adalah pada umumnya 25–30 set data dan diikuti oleh 25–30 set data lainnya. Biasanya, kumpulan data terdiri dari 2-10 pengamatan berturut-turut yang menjadi dasar dalam penentuan mean dan standar deviasi. Sebuah proses yang beroperasi tanpa keberagaman karena penyebab yang bisa ditentukan akan stabil secara teoritis, meskipun keragamannya bisa besar. Stabilitas tidak mengacu pada tingkat keberagaman suatu proses. Ketidakstabilan mencerminkan pengaruh keberagaman karena penyebab yang dapat ditentukan atau diketahui yang berdampak pada mutu. Setelah proses dianggap stabil, maka pengamatan teratur dilakukan pada jadwal yang ditentukan.

5. Pemilihan Proses

Setelah desain produk selesai, maka proses manufaktur yang sesuai akan dipilih. Pada contoh pembuatan batang baja yang spesifikasi diameternya adalah 2" dan desain produk menentukan bahwa toleransi pada diameter adalah $\pm 0,05''$, maka ini berarti bahwa output yang

dibutuhkan harus antara $2'' \pm 0.05''$. Di dengan kata lain setiap batang yang diameternya antara $1.95''$ dan $2.05''$ memenuhi persyaratan level kualitas. $1.95''$ disebut batas spesifikasi bawah (LSL) dan $2.05''$ disebut batas spesifikasi atas (USL). Sekarang kita harus memilih proses yang tepat yang dapat menghasilkan batang di dalam USL dan LSL. Misalkan kita memiliki dua proses A dan B yang dapat menghasilkan batang baja yang dibutuhkan. Diameter rata-rata dan simpangan baku batang dihasilkan oleh kedua proses tersebut dapat berbeda. Diasumsikan bahwa diameter rata-rata (μ) batang yang dihasilkan oleh kedua proses adalah $2''$ tetapi variasi berbeda. Misalkan variasi proses, diukur sebagai standar deviasi (σ) adalah 0.01 dan 0.025 berturut-turut untuk proses A dan B. Berdasarkan pembahasan grafik kontrol yang kami miliki sebelumnya, kami dapat mengatakan bahwa untuk tingkat kepercayaan 99.72% , UCL dan LCL untuk proses A akan menjadi:

$$\text{UCL (Proses A)} = 2.00 + 3 \cdot 0.01 = 2.03$$

$$\text{LCL (Proses A)} = 2.00 - 3 \cdot 0.01 = 1.97$$

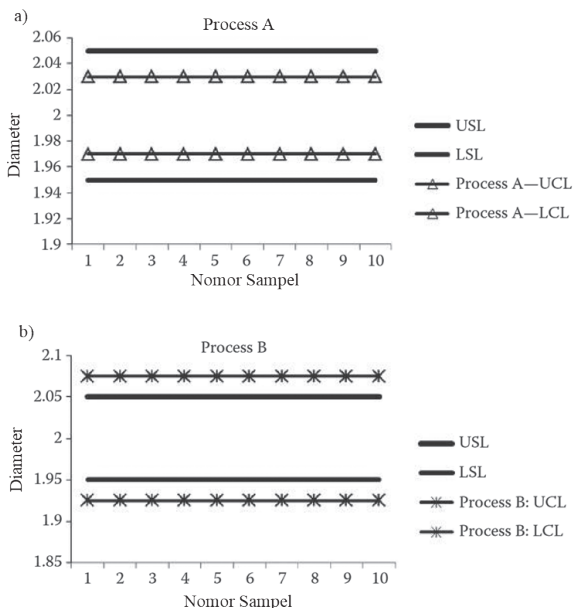
USL, LSL dan UCL dan LCL untuk proses A ditunjukkan pada Gambar 12.10(a). UCL dan LCL untuk interval kepercayaan 99.72% untuk proses B adalah:

$$\text{UCL (Proses B)} = 2.00 + 3 \cdot 0.025 = 2.075$$

$$\text{LCL (Proses B)} = 2.00 - 3 \cdot 0.025 = 1.925$$

USL, LSL dan UCL dan LCL untuk proses B ditunjukkan pada Gambar 12.10(b). UCL (2.03) dan LCL (1.97) dari proses A terletak di dalam USL (2.05) dan LSL (1.95). Ini berarti bahwa setidaknya 99.72% dari output akan memiliki kualitas yang dapat diterima. Di sisi lain, UCL (2.075) dan LCL (1.925) dari proses B terletak di luar USL (2.05) dan LSL (1.95). Oleh karena itu, beberapa item yang diproduksi oleh proses B akan berada di luar USL dan LSL. Menurut definisi, barang-barang ini akan dianggap cacat. Proses A lebih akurat dan tepat dibandingkan dengan proses B dan karenanya proses A cenderung menjadi lebih mahal. Proses B lebih murah tetapi menghasilkan lebih banyak unit yang cacat. Proses yang tepat dipilih setelah melakukan analisis yang cermat terhadap biaya-

biaya proses dan biaya unit yang ditolak yang mungkin harus dibuang jika: mereka tidak dapat dikerjakan ulang. Perhatikan bahwa item yang berada di atas USL mungkin mesin ulang sedangkan item yang termasuk dalam LSL harus dihapus. Studi kapabilitas proses yang lebih rinci dapat dilakukan untuk menemukan proses yang sesuai.



Gambar 12.10 USL, LSL dan UCL, LCL: a) Proses A; b) Proses B

G. BAGAN KENDALI UNTUK SATU VARIABEL: BAGAN X-BAR

Bagan x-bar (*x-bar chart*) menggunakan pengukuran variabel dengan suatu sampel sebanyak n diambil pada suatu waktu yang telah ditentukan. Setiap unit dalam sampel diukur dengan skala yang sesuai untuk mutu yang dianalisis dan nilai tengah sampel atau *mean* (\bar{x} ,) dihitung. Selanjutnya nilai tengah keseluruhan sampel atau *grand mean* ($\bar{\bar{x}}$,) dihitung. Nilai tengah keseluruhan (*grand mean*) menunjukkan garis tengah dari bagan kendali. Rumus berikut digunakan untuk menghitung UCL dan LCL:

$$UCL = \bar{x} + z*\sigma \quad (12.3)$$

$$LCL = \bar{x} - z*\sigma \quad (12.4)$$

di mana σ adalah standar deviasi dari distribusi rata-rata sampel dan z adalah variabel normal standar. Perhitungan untuk σ membutuhkan waktu yang lama, sehingga metode alternatif menggunakan rentang pengamatan sampel R yang akan digunakan untuk mewakili keragaman proses. Batas kendali UCL dan LCL dalam metode ini dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$UCL(\bar{x}) = \text{Grand mean} + A_2 * \bar{R} \quad (12.5)$$

$$LCL(\bar{x}) = \text{Grand mean} - A_2 * \bar{R} \quad (12.6)$$

di mana $(R\text{-bar})$ adalah rata-rata rentang sampel dan A_2 adalah faktor yang tergantung pada ukuran sampel n dan $z = 3\sigma$. Nilai A_2 untuk berbagai nilai n ditunjukkan di Tabel 12.3.

Tabel 12.3 Faktor-Faktor Yang Menentukan Batas Kontrol Tiga Sigma Dengan R-Bar

Jumlah Pengamatan Dalam Sub-Group (n)	A_2	D_3	D_4
1	n/a	n/a	n/a
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78

11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

Contoh 12.1: Bagan Kontrol untuk Proses Manufaktur

Suatu produk coklat Truffle yang dibuat oleh pabrik coklat BCTF dipasarkan ke seluruh dunia karena dibuat dengan tangan menggunakan bahan-bahan terbaik. Berat standar per potong yang ditetapkan oleh BCTF adalah 30 gram. Sebuah kotak akan berisi 16 cokelat, masing-masing seberat 28,35 gram. Kebijakan perusahaan berdasarkan prinsip-prinsip praktik etis adalah menambahkan lebih banyak bukan lebih sedikit dengan menargetkan 1.65 gram ekstra per potong, namun tambahan coklat tersebut mahal harganya.

Dampak jeleknya adalah berat dan ukuran menjadi tidak konsisten, dimana semakin besar potongan menciptakan ketidakpuasan dengan standar coklat karena konsistensi ukuran juga digunakan oleh pelanggan untuk menilai mutu produk. Berbagai keluhan dari pelanggan bisa muncul karena tidak stabilnya berat dan ukuran. Untuk mengetahui apakah proses pembuatan coklat stabil atau tidak menentu, maka perusahaan menggunakan bagan x-bar.

Berat lebih mudah diukur daripada ukuran dan dianggap sebagai pengganti yang baik untuk itu. Perusahaan ingin menguji konsistensi produk selama produksi setiap hari. Sampel diambil selama satu hari produksi pada pukul 10.00 A.M; 11.00 A.M; 1.00 P.M; 3.00 P.M; dan 4.00 P.M. Jam yang dipilih tepat sebelum lini produksi berhenti untuk istirahat

atau pulang kerja. Sampel diambil empat hari berturut-turut dengan pengamatan yang dilakukan pada waktu tertentu yang menghasilkan 20 pengukuran dan lima sampel *mean* sub-kelompok. Ada aturan baku yang banyak digunakan dengan mempertimbangkan *mean* 20-25 sub-kelompok yang sesuai untuk studi awal atau diagnostik. Tabel 12.4 menunjukkan lima kumpulan data sub-kelompok sampel sebagai kolom dengan suatu data di setiap periode waktu dengan satuan pengukuran dalam gram.

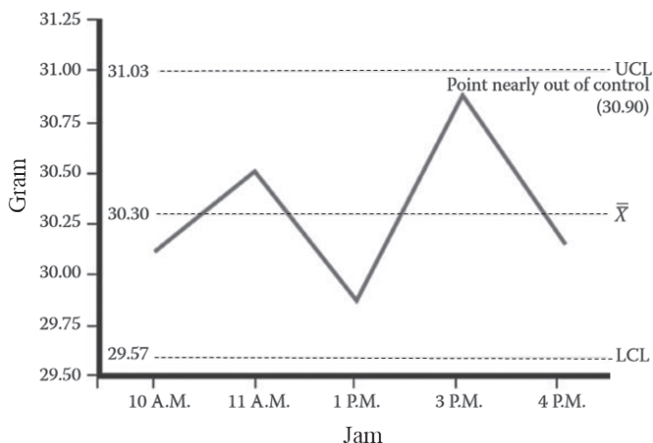
Tabel 12.4 Data Pabrik BCTF

Sub-group	I	II	III	IV	V	Jumlah	Rata-rata keseluruhan
Waktu	10.00 AM	11.00 AM	1.00 PM	3.00 PM	4.00 PM		
Hari I	30.50	30.30	30.15	30.60	30.15		
Hari II	29.75	31.00	29.50	32.00	30.25		
Hari III	29.90	30.20	29.75	31.00	30.50		
Hari IV	30.25	30.50	30.00	30.00	29.70		
Total	120.40	122.00	119.40	123.60	120.60		
Rata2	30.10	30.50	29.85	30.90	30.15	151.50	30.30
Range	0.75	0.80	0.65	2.00	0.80	5.00	1.00

Ada juga ukuran jangkauan (*range*) sebagai selisih nilai data terbesar dan terkecil pada bagan yang akan digunakan untuk mencari UCL dan LCL. Nilai tengah/rata-rata keseluruhan (*grand mean*) adalah $(151.50)/5 = 30.30$ yang menunjukkan bahwa berat rata-rata cokelat Truffle ini adalah 1% lebih berat dari standar. Nilai rata-rata ini tampaknya cocok dengan etika pertimbangan perusahaan karena berada di atas standar tetapi tidak terlalu jauh di atas dari nilai target sebesar 30.00 gram. Kebijakan BCTF adalah etis tetapi mahal dan pelanggan mendapatkan lebih banyak cokelat secara terus-menerus.

Pada Tabel 12.4 nilai sampel individu berada di bawah target 30 gram lima kali, meskipun dalam semua kasus jauh di atas 28. Nilai sampel terendah adalah 29.50 dan nilai tertinggi adalah 32. Tiga nilai tertinggi semuanya muncul pada pukul 15:00 yang juga memiliki nilai *mean* sampel terbesar. Informasi ini mungkin berguna bagi manajer proses yang dapat mencari penjelasan secara rinci.

UCL dan LCL dapat ditentukan untuk proses ini, dimana bagan kendali ditunjukkan di Gambar 12.12 berdasarkan pada plot rata-rata sampel untuk masing-masing lima periode waktu dari rata-rata pengamatan selama empat hari untuk suatu jangka waktu tertentu. Rata-rata untuk periode waktu I (10.00) adalah $30.10 = (30.50 + 29.75 + 29.90 + 30.25)/4$, perhitungan yang sama untuk waktu yang lain. Penting untuk dicatat dari tabel 12.4 bahwa distribusi berdasarkan rata-rata sampel untuk lima periode waktu. Hal ini diperlukan untuk memperkirakan keragaman distribusi rata-rata sampel untuk membangun batas kendali di sekitar *grand mean* dari proses ini. UCL dan LCL yang ditunjukkan pada Gambar 12.11 dapat ditentukan dengan: menghitung deviasi standar untuk rata-rata sampel yang diberikan pada Tabel 12.4.



Gambar 12.11 Bagan Kendali (*Control Chart*) Untuk BCTF

Perhitungan keragaman yang lebih mudah dengan menggunakan nilai jangkauan R yang sangat cocok untuk perhitungan berulang yang diperlukan oleh bagan kendali. Nilai kolom R untuk perusahaan coklat BCTF selama masing-masing periode waktu diberikan pada Tabel 13.3. Jangkauan (*range*) dalam setiap sub-kelompok dirumuskan dengan:

$$R = \text{Nilai maksimum} - \text{Nilai minimum} \quad (12.7)$$

Misalnya, nilai terbesar di 10:00 A.M. subgrup sampel adalah 30.50 dan yang terkecil adalah 29.75, sehingga $R = 0.75$. UCL dan LCL akan dihitung menggunakan nilai rata-rata R untuk sampel sub-kelompok. Perhitungan UCL dan LCL untuk BCTF adalah sebagai berikut.

$$UCL (\bar{x}) = 30.30 + 0.73 \cdot 1.00 = 31.03$$

$$LCL (\bar{x}) = 30.30 - 0.73 \cdot 1.00 = 29.57$$

di mana 0.73 adalah nilai A_2 untuk ukuran sampel 4 (lihat Tabel 12.3).

Dari hasil UCL dan LCL untuk BCTF, maka bisa ditentukan batas kendali yang merupakan ambang batas yang dirancang secara statistik untuk memberi sinyal bahwa suatu proses tidak stabil. \bar{x} untuk BCTF tidak menunjukkan adanya titik yang di luar batas kendali, namun data sampel pada pukul 15.00 dapat diidentifikasi pada bagan yang hampir di luar kendali. Sampel pada pukul 15.00 ketika didukung oleh lebih banyak data adalah jenis peringatan visual yang biasanya membutuhkan perhatian khusus. Ada kemungkinan ketika sampel di ambil pada jam 3 sore yang merupakan saat istirahat minum teh sore hari di mana campuran coklat menjadi lebih kental dan mesin cetak cenderung membuat potongan yang lebih berat dan jadwal pembersihan dilakukan setelah pukul 15.00. Melacak dan menemukan penyebab tersebut akan mengarah pada pemecahan masalah. Meskipun prosesnya stabil, tampaknya memiliki terlalu banyak keragaman (32.00 – 29.50) sehingga mungkin perlu didesain ulang. Mesin pengisi cetakan coklat mungkin perlu diganti atau dibuat kembali. Pekerja yang menggunakan mesin pengisi mungkin membutuhkan pelatihan tambahan. Dari pembahasan sebelumnya tentang keragaman, menjadi jelas bahwa ada kebutuhan untuk mempelajari ukuran jangkauan.

Jika dua standar deviasi digunakan, maka UCL dan LCL akan menjadi 30.79 dan 29.81. Dalam hal ini, data sampel pukul 15.00 akan berada di luar batas kendali karena titik pada pukul 15.00 adalah 30.90. Data yang diluar kendali ini bisa menyebabkan evaluasi proses yang mahal yang

mungkin tidak dapat dibenarkan. Nilai \bar{x} 29.85 untuk sub-kelompok ketiga tidak nyaman karena mendekati nilai LCL 29.81 yang mengarah ke kemungkinan pemicu biaya mahal lainnya ketika data diluar bagan kendali. Untuk proses ini di mana margin keamanan telah dibangun ke dalam sistem, maka tiga-sigma tampaknya lebih memuaskan daripada dua-sigma.

H. BAGAN KENDALI UNTUK BEBERAPA VARIABEL: R-CHARTS

Bagan \bar{x} -bar (\bar{x} -bar *chart*) disertai juga dengan bagan kendali lain untuk beberapa variabel, seperti R-chart yang mengawasi stabilitas jangkauan. Sebagai perbandingan, bagan \bar{x} -bar memeriksa rata-rata proses yang meyakinkan rata-rata distribusi tidak bergeser sedangkan R-*chart* memeriksa penyebaran distribusi di sekitar rata-rata proses tetap konstan atau dengan kata lain R-*charts* mengendalikan pergeseran dalam standar deviasi proses.

Bagan \bar{x} -bar dan R-*chart* paling baik digunakan bersama-sama karena terkadang penyebab tertentu (*assignable causes*) tidak menghasilkan pergeseran dalam rata-rata proses atau dalam nilai rata-rata deviasi standar, tetapi terjadi perubahan dalam distribusi nilai R. Sebagai contoh, jika keragaman yang diukur untuk setiap sub-kelompok sangat besar atau sangat kecil, maka keragaman rata-rata akan sama jika semua nilai R sub-kelompok konstan. Mengingat bahwa prosedur pengambilan sampel bertujuan untuk menemukan kondisi sebenarnya dari populasi, maka penggunaan \bar{x} -bar dan R-*chart* secara bersamaan akan memberikan manfaat yang baik sebagai alat analisis. Rumus untuk batas kendali dengan tiga standar deviasi untuk R-*chart* adalah:

$$UCL (R-chart) = D_4 * R\text{-bar} \quad (12.8)$$

$$LCL (R-chart) = D_3 * R\text{-bar} \quad (12.9)$$

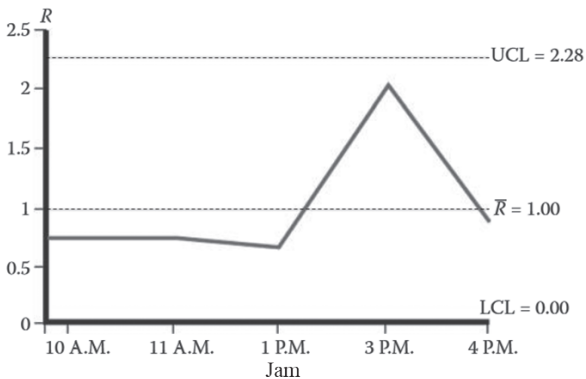
dimana D_4 dan D_3 diberikan pada Tabel 12.3.

Data BCTF dari Tabel 12.4 dapat digunakan untuk menggambarkan prosedur bagan kendali. Nilai rata-rata atau tengah (*mean*) dari jangkauan (*range*) adalah 1.0. Dengan menggunakan batas tiga sigma, nilai D_4 dan D_3 adalah 2.28 dan 0.00 (lihat Tabel 12.3). Batas kendali untuk *R-chart* diberikan di bawah ini.

$$UCL (R\text{-bar}) = 2.28 * 1.00 = 2.28$$

$$LCL (R\text{-bar}) = 0.00 * 1.00 = 0$$

Gambar 12.12 menunjukkan bahwa *R-chart* tidak memiliki titik di luar batas kendali. Pola ini juga sama berlaku seperti bagan *x-bar*. Titik pada jam 15.00 dekat dengan batas atas, maka ini semakin menegaskan bahwa prosesnya stabil dan tidak mungkin melakukan jauh lebih baik lagi. Karena sampelnya kecil, maka penggunaan grafik yang baik dengan mengeluarkan data sampel pukul 15.00 dan mengambil sekitar 25 sampel lagi sebelum membuat keputusan.



Gambar 12.12 Batas Tiga Sigma R-chart Untuk BCTF

I. BAGAN KENDALI UNTUK SATU ATRIBUT: P-CHARTS

Bagan kendali untuk atribut *p-chart*, menunjukkan proporsi atau persentase cacat dalam sampel. Bagan kendali ini memiliki UCL dan LCL yang mirip dengan yang ditemukan pada *x-bar* dan *R-chart*. Atribut yang digunakan adalah baik (diterima) atau buruk (ditolak). Hanya satu bagan yang diperlukan untuk atribut p yaitu persentase cacat. Dalam bagan

ini, UCL digunakan jika benar-benar penting dan LCL lebih baik karena mendekati nol cacat. Nilai p didefinisikan sebagai berikut:

$$p = \text{jumlah ditolak} / \text{jumlah diperiksa.}$$

Dengan mengambil contoh perusahaan BCTF yang dapat membeli mesin *moulding* baru yang memiliki variabilitas kurang dari yang digunakan sekarang. Manajer operasi BCTF bekerja sama dengan manajer pemasaran dan pihak lain telah sepakat untuk menentukan kembali standar yang dapat diterima sehingga keuntungan dapat ditingkatkan sekaligus meningkatkan kepuasan pelanggan. Juga diputuskan untuk menggunakan *p-chart* sebagai cara paling sederhana untuk menunjukkan pentingnya pembelian mesin *moulding* baru. Diasumsikan dari sebelumnya bahwa produk cacat didefinisikan sebagai kotak coklat *truffle* yang beratnya kurang dari satu pon. Apa yang ada di dalam kotak diizinkan untuk bervariasi, asalkan berat terpenuhi. Untuk mengontrol barang cacat pada masing-masing kotak coklat, maka ditentukan cacat terjadi ketika berat coklat < 29.60 g atau berat coklat > 30.40 g. Standar ini lebih ketat dari yang sebelumnya diatur pada berat kotak coklat. Standar baru akan selalu memenuhi kriteria BCTF untuk mengirimkan tidak kurang dari satu gram kotak cokelat. Disarankan agar data Tabel 12.4 diuji dengan kriteria *p-chart*. Penolakan (*reject*) ditandai dengan R pada Tabel 12.5. Jumlah penolakan (NR) dihitung dan p dihitung untuk setiap sub-kelompok (p = jumlah penolakan/ukuran sampel) yang hasilnya ditunjukkan di Tabel 12.5.

Tabel 12.5 Penolakan (R) Karena Kelebihan Berat Untuk BCTF

Sub-group	I	II	III	IV	V	Jumlah	Rata2 keseluruhan
Jam	10 AM	11 AM	1 PM	3 PM	4 PM		
Hari I	30.50R	30.30	30.15	30.60R	30.15		
Hari II	29.75	31.00R	29.50R	32.00R	30.25		
Hari III	29.90	30.20	29.75	31.00R	30.50R		
Hari IV	30.25	30.50R	30.00	30.00	29.70		
Jumlah cacat (NR) _v	1	2	1	3	1	8.00	
p	0.25	0.50	0.25	0.75	0.25		0.40

Dari sampel pada pukul 10.00 pagi diperoleh jumlah penolakan adalah 1 dan ukuran sampel adalah 4, sehingga $p = 0.25$. Nilai p yang diperoleh adalah 0.50; 0.25; 0.75; dan 0.25 masing-masing untuk sampel II, III, IV, dan V. Rata-rata jumlah penolakan (\bar{p}) adalah $0.40 = (0.25 + 0.50 + 0.25 + 0.75 + 0.25)/5$. Nilai \bar{p} dapat dihitung dengan membagi total jumlah total yang ditolak (8) dengan jumlah total yang diperiksa (20). Jumlah total yang diperiksa adalah jumlah hari (4) * jumlah sampel (5). *P-chart* membutuhkan perhitungan standar deviasi σ yang diberikan dengan rumus berikut:

$$s = \sqrt{(\bar{p}(1-\bar{p}))/n} \tag{12.10}$$

$$UCL (\bar{p}) = \bar{p} + z*s \tag{12.11}$$

$$LCL (\bar{p}) = \bar{p} - z*s \tag{12.12}$$

di mana z adalah tingkat kepercayaan (*confidence interval, CI*) seperti yang dibahas untuk \bar{x} dan *R-chart*. Nilai dari z untuk berbagai tingkat kepercayaan adalah:

- $z = 1.96$ untuk CI 95%,
- $z = 2.00$ untuk CI 95.44%,
- $z = 3.00$ untuk CI 99.72%

Untuk contoh BCTF, $\bar{p} = 0.40$ (lihat Tabel 12.5). Dengan menggunakan rumus yang diberikan di atas, maka σ nilai = 0.0245.

$$s = \sqrt{((0.04 * 0.06) / 4)} = 0.0245$$

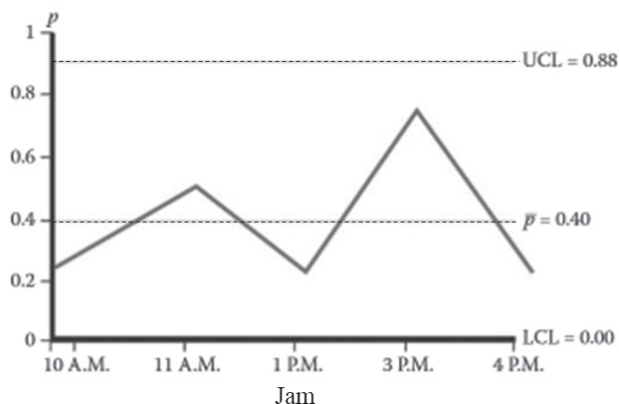
Batas kendali untuk tingkat kepercayaan 95% dengan $z = 1.96$ ditentukan sebagai berikut:

$$UCL = 0.4 + 1.96*0.0245 = 0.8801,$$

$$LCL = 0.4 - 1.96*0.0245 = -0.08 = 0$$

LCL tidak boleh kurang dari nol, sehingga diatur ke nol saat nilai yang dihitung dari LCL adalah negatif. Dapat dicatat bahwa UCL dan LCL

adalah fungsi p , n , dan σ . Batas kendali dapat naik dan turun sesuai dengan ukuran sampel, yang mana tingkat fleksibilitas lain berkaitan dengan p -chart. Bagan kendali yang sesuai dengan persentase cacat untuk data yang diberikan pada Tabel 12.5 untuk BCTF ditunjukkan pada Gambar 12.13. Tidak ada titik di luar batas kendali termasuk nilai 0.75 pada pukul 15:00 yang mendekati nilai batas atas 0.88. Sampel pukul 15.00 bisa dikeluarkan jika dianggap *outlier*. Sampel tersebut dapat dikeluarkan dari perhitungan dan 25 sampel lain selama empat hari harus diambil untuk menghitung ulang batas kendali.



Gambar 12.13 p-Chart Untuk BCTF

Perhitungan pada Tabel 12.5 menunjukkan bahwa nilai p agak tinggi. Perusahaan yang menerapkan konsep TQM berkomitmen untuk mendapatkan biaya karena cacat kurang dari 1%; dan untuk BCTF tingkat cacat rata-rata adalah 40%. Jelas bahwa kriteria baru dan proses saat ini tidak sesuai. Penggambaran p -chart menunjukkan evaluasi ini. BCTF harus kembali ke standar lama atau mendapatkan mesin baru. Analisis ini mungkin memberikan motivasi untuk mengganti mesin.

J. BAGAN KENDALI UNTUK BANYAK ATRIBUT: C-CHARTS

Dalam banyak situasi, jumlah cacat pada suatu barang lebih membutuhkan perhatian dari pada persentase cacat. c -chart dibangun dalam kasus seperti itu yang menunjukkan jumlah cacat dalam sampel

yang berhasil. Hitungan c dari jumlah cacat per bagian cocok untuk dikendalikan oleh atribut. Jumlah cacat yang diharapkan per bagian adalah \bar{c} . Standar deviasi dari distribusi c adalah akar kuadrat \bar{c} . UCL dan LCL dihitung dengan rumus berikut (mirip dengan p -chart):

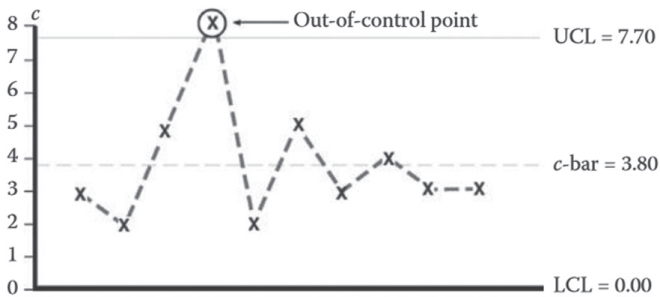
$$UCL(\bar{c}) = \bar{c} + z*s \tag{12.13}$$

$$LCL(\bar{c}) = \bar{c} - z*s \tag{12.14}$$

di mana deviasi standar $\sigma = s = \text{akar kuadrat dari } \bar{c}$ dan nilai z dihitung seperti perhitungan untuk p -chart. Penjelasan terbaik dicapai melalui contoh dengan data dari Tabel 12.6 dan digambarkan pada Gambar 12.14.

Tabel 12.6 Data c -Chart

Nomor Sampel	Jumlah Cacat
1	3
2	2
3	5
4	8
5	2
6	5
7	3
8	4
9	3
10	3
Total	38



Gambar 12.14 c -Chart Untuk Jumlah Cacat Setiap Komponen

Jumlah total cacat pada 10 sampel adalah 38. Oleh karena itu, \bar{c} = 3.8 (38/10) dan σ = 1.95.

Untuk limit dua sigma ($z = 2$), diperoleh:

$$UCL(\bar{c}) = 3.8 + 2 \cdot 1.95 = 7.70$$

$$LCL(\bar{c}) = 3.8 - 2 \cdot 1.95 = -0.098 = 0$$

LCL negatif ditafsirkan sebagai nol. UCL dilewati oleh sampel keempat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.14. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak semua proses berjalan dengan baik. Dimungkinkan untuk membuang sampel keempat dan menghitung ulang bagan. Dalam penerapannya, sampel yang lebih besar akan diambil untuk membuat bagan awal dan kemudian sampel selanjutnya akan menentukan stabilitas proses.

K. PENERIMAAN SAMPEL

Ketika suatu produk telah diproduksi dan dikirim ke pembeli, maka pembeli ingin memastikan bahwa pengiriman berisi produk dengan mutu yang sesuai dengan harapan. Pembeli memulai proses pemeriksaan untuk menilai mutu pengiriman. Inspeksi dapat dilakukan dengan variabel atau atribut tergantung pada bagaimana mutu telah ditentukan untuk lot tertentu tersebut. Proses pemeriksaan ini berlanjut ke seluruh rantai pasokan. Pada umumnya ada pemasok (produsen dan/atau penjual) dan pembeli (pelanggan). Barang pemasok diperiksa pemenuhannya terhadap standar mutu. Setelah inspeksi, pembeli memutuskan apakah lot yang diserahkan memiliki mutu yang sesuai atau tidak. Keputusan dapat menyebabkan dua jenis kesalahan, yaitu kesalahan Tipe I dan Tipe II.

Dalam konteks manajemen operasi di industri, kesalahan Tipe I terjadi ketika pekerjaan ditolak karena cara pengecekan yang salah. Terjadinya kesalahan tipe II ketika pekerjaan diterima tetapi seharusnya ditolak (sesuai standar kesepakatan bersama). Kedua jenis kesalahan ini tidak berkaitan dan pada umumnya bisa diminimalkan seiring bertambahnya jumlah pengukuran. Sangat berguna untuk menyadari kesalahan ini karena akan mempengaruhi pengambilan keputusan manajemen secara umum seperti

saat menegosiasikan rencana pengambilan sampel mutu antara pembeli dan penjual. Dalam upaya meningkatkan mutu secara berkelanjutan, maka standar mutu dinaikkan dan kriteria diperketat. Dengan tingginya standar dan keinginan untuk tidak memiliki cacat, program six-sigma dapat diterapkan.

Kesalahan tipe I disebut kesalahan komisi karena tindakan berkaitan dengan hasil pengujian. Ketika pengiriman pemasok telah ditolak oleh pengujian sampel, pemasok dapat meminta pemeriksaan 100%. Cacat dapat dihapus dari pengiriman dengan suatu prosedur yang disebut pengujian keseluruhan (*full check*) atau sortir (*screening*). Kesalahan tipe II disebut kesalahan kelalaian. Kesalahan tipe II terjadi ketika pengiriman diterima dan pembeli bisa atau tidak bisa menemukan persentase cacat di atas persyaratan kontrak. Pengaruh kesalahan Tipe I dan Tipe II dapat bersifat taktis atau memiliki dampak strategis yang sangat signifikan bagi kesuksesan persaingan. Menyeimbangkan kesalahan komisi dan kelalaian membutuhkan pemikiran strategis yang menyatukan semua komponen dan pemangku kepentingan dalam sistem. Sangat beresiko menetapkan tujuan berdasarkan hanya memikirkan satu jenis kesalahan saja.

Proses inspeksi bisa dengan inspeksi 100% atau keputusan bisa berdasarkan pemeriksaan sampel barang yang diambil dari lot. Penerimaan sampel (*Acceptance Sampling, AS*) adalah proses menggunakan sampel pada tahap input dan output dalam proses manufaktur. AS menggunakan teori statistik pengambilan sampel dalam menentukan apakah output pemasok yang dikirim ke produsen memenuhi standar. Pada gilirannya AS juga digunakan untuk menentukan apakah output produsen memenuhi standar produsen untuk pelanggan. Bahan yang dibeli biasanya dikirim dalam ukuran lot dari waktu ke waktu. Pembeli telah menetapkan standar untuk bahan dan memeriksa sampel untuk memastikan bahwa pengiriman sesuai. Ketika sampel memiliki terlalu banyak barang cacat, lot akan ditolak dan dikembalikan ke pabrikan atau bisa juga dilakukan sortir. Sortir berarti menggunakan 100% inspeksi lot yang ditolak untuk menghilangkan barang cacat. Terkadang pemasok mengirimkan sampel

untuk persetujuan sebelum mengirim secara lengkap. Perencanaan sampel sering merupakan bagian dari kontrak pembeli-pemasok dan AS sangat sesuai untuk barang-barang yang diekspor. Sebelum produk dikirim ke pembeli, produk diperiksa di pabrik pengiriman dan hanya jika mereka lulus (*passed*) baru dikirim. Dalam hal pengambilan sampel, sampel dianggap mewakili mutu pengiriman untuk inspeksi. Diasumsikan juga bahwa proses yang membuat produk itu terkendali dalam pengertian kendali mutu statistik (*Statistical Quality Control, SQC*), dimana setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan.

Ada kalanya inspeksi 100% adalah prosedur terbaik. Ketika menggunakan pemeriksaan manusia, mungkin tidak hemat biaya atau efektif secara operasional. Kemampuan inspeksi otomatis mengubah skenario ini. Penggunaan inspeksi 100% masuk akal untuk produk di mana kegagalan mengancam jiwa seperti alat terjun payung. Inspeksi yang terkait dengan ketergantungan hidup dan mati setidaknya layak 100% dan bahkan 1000% inspeksi bila dirasa perlu.

Alasan ekonomi untuk menghindari inspeksi 100% adalah karena faktor padat karya (tenaga kerja) yang kemungkinan akan lebih mahal daripada mengambil sampel output. Kritik yang biasa pada inspeksi 100% adalah tidak aman karena kemungkinan kesalahan manusia. Pengambilan sampel yang lebih sedikit akan menjadi beban bagi pemeriksa. Prosedur inspeksi yang dilakukan oleh orang kurang dapat diandalkan dan memiliki akurasi yang lebih rendah ketika volume produksi tinggi. Teknologi *scanner* menjadi pilihan bagi produk dengan kecepatan output yang tinggi dan pengambilan sampel merupakan pilihan tepat bagi pengujian yang akan merusak (*destructive testing*).

1. Rencana Pengambilan Sampel Tunggal (*Single Sampling Plans*)

Rencana pengambilan sampel tunggal ditentukan oleh tiga angka berikut:

N = ukuran lot (ukuran pengiriman). Ini adalah jumlah total barang yang diterima dalam suatu lot.

- n = ukuran sampel. Item yang akan diperiksa harus mewakili sampel yang diambil secara acak dari ukuran lot N. Inspektur mengetahui lebih baik daripada membiarkan pemasok memilih sampel.
- c = jumlah penerimaan yang merupakan jumlah maksimum barang cacat diperbolehkan dalam sampel. Ketika barang cacat melebihi c, maka lot akan ditolak dengan menggunakan rumus di bawah.

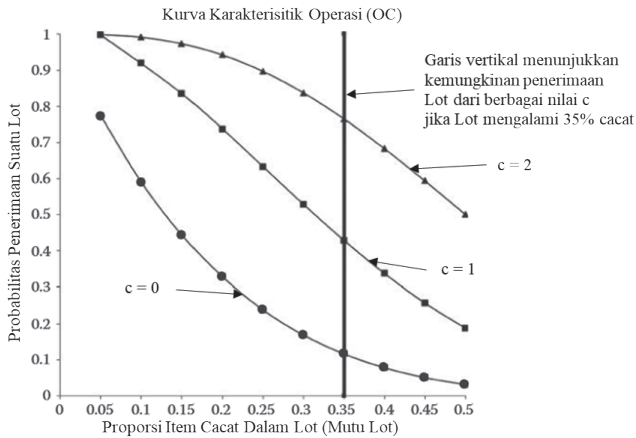
Proses pengambilan sampel terdiri dari pemeriksaan n item yang diambil secara acak dari banyak N item. Misalkan d item ditemukan cacat, maka kriteria untuk menerima/menolak lot dengan menggunakan perumusan:

$$\text{Terima lot, jika } d \leq c \tag{12.15}$$

$$\text{Tolak lot, jika } d > c \tag{12.16}$$

Kurva Karakteristik Operasi

N, n, dan c mewakili rencana pengambilan sampel. Kurva karakteristik operasi (*Operating Characteristic, OC*) yang khusus dapat digambar untuk rencana pengambilan sampel. Kurva OC menunjukkan probabilitas penerimaan lot berupa persentase sebenarnya yang rusak dari suatu lot (p) yang berubah dari nol sampai satu. Dari contoh tiga kurva OC yang ditunjukkan pada Gambar 12.15, diasumsikan bahwa N dan n konstan untuk ketiga kurva OC dengan nilai c adalah 0, 1, dan 2 dengan kurva OC untuk c = 1 merupakan kurva tengah. Sumbu X memberikan proporsi barang cacat (p) dalam lot. Misalkan p = 0,15 yang berarti proses produksi (dengan asumsi proses yang stabil) yang digunakan untuk memproduksi lot ini menghasilkan rata-rata 0,15 bagian barang cacat (15%). Probabilitas penerimaan lot (diberikan pada sumbu Y) untuk p = 0,15 adalah 0,84 (84%). Probabilitas penerimaan akan menjadi sekitar 95% untuk p = 0,1 dan akan menjadi sekitar 45% untuk p = 0,35. Ini berarti bahwa mutu lot akan menurun dengan peningkatan nilai p serta probabilitas penerimaannya juga menurun. Fenomena ini dapat diamati untuk ketiga kurva OC.



Gambar 12.15 Kurva Karakteristik Operasi (OC) untuk Berbagai Nilai c

Dengan membandingkan probabilitas penerimaan dari tiga kurva OC untuk nilai $p = 0.35$, maka dari garis vertikal di 0.35 dan melihat probabilitasnya yang memotong kurva OC pada sumbu Y diperoleh peluang diterimanya adalah sekitar 12%, 43%, dan 76% untuk masing-masing $c = 0, 1$, dan 2 . Ini berarti bahwa dengan mengizinkan lebih banyak barang cacat dalam sampel bertambah (c lebih besar) akan meningkatkan kemungkinan penerimaan.

Ketika c dinaikkan, maka akan ada penurunan dalam kemampuan membedakan rencana pengambilan sampel karena probabilitas penerimaan lot dengan nilai p yang diberikan meningkat secara signifikan ketika jumlah penerimaan (c) meningkat. Ketika $c = 2$ pada Gambar 12.15, probabilitas penerimaan pada $p = 0.05$ adalah hampir satu dan menurun menjadi sekitar 0.69 pada $p = 0.4$. Hal ini menunjukkan penurunan sebesar 0.31 dalam kemungkinan penerimaan. Untuk $c = 0$ perubahan probabilitas adalah dari 0.78 untuk $p = 0.05$ hingga 0.09 untuk $p = 0.4$. Ini menunjukkan penurunan 0.69 dalam probabilitas penerimaan. Nilai $c = 0$ memiliki kemampuan membedakan yang lebih dibanding nilai lain, sehingga pembeli akan lebih memilih untuk nilai c yang lebih rendah

karena untuk p tertentu akan mengurangi kemungkinan lot sedangkan pemasok akan lebih suka nilai c yang besar disebabkan pemasok tidak ingin lot ditolak.

Angka penerimaan c berpengaruh besar terhadap probabilitas penerimaan disamping parameter n . Semakin besar nilai n , semakin berbeda rencana pengambilan sampelnya. Ukuran sampel n mendorong nilai probabilitas kemampuan penerimaan. Pengaruh N tidak besar kecuali bila nilai N cukup kecil. Pemilihan ukuran sampel didasarkan pada pertimbangan statistik, namun kurva OC dengan proporsi pengambilan sampel yang sama (rasio n/N) tidak memberikan probabilitas penerimaan yang sama bahkan kurva OC-nya juga berbeda.

Merancang rencana pengambilan sampel memerlukan penentuan nilai probabilitas penerimaan yang seharusnya untuk tingkat p yang berbeda. Hal ini akan memberikan suatu jenis perlindungan yang disepakati antara pemasok dan pembeli. Kurva OC dapat dibangun dengan memilih nilai yang sesuai untuk n dan c karena kesepakatan diperlukan dan bukan keputusan sepihak pembeli saja. Permasalahan ini akan mempertemukan kedua belah pihak yaitu pemasok dan pembeli untuk kompromi dan negosiasi, sehingga rencana pengambilan sampel yang meminimalkan biaya inspeksi dan memberikan hasil yang diinginkan perlu dirancang.

2. Rencana Pengambilan Sampel Berganda (*Multi-Sampling Plans*)

Rencana *multi-sampling* digunakan ketika biaya inspeksi yang diperlukan dalam rencana pengambilan sampel tunggal terlalu besar. Rencana pengambilan sampel tunggal mengharuskan keputusan untuk menerima atau menolak lot harus dilakukan atas dasar pengambilan sampel pertama. Dengan pengambilan sampel ganda, sampel kedua diambil jika diperlukan. Sampling ganda digunakan ketika dapat menurunkan biaya inspeksi. Rencana pengambilan sampel ganda membutuhkan dua jumlah penerimaan yaitu c_1 dan c_2 dengan $c_2 > c_1$. Kemudian, jika jumlah yang diamati dari cacat pada sampel pertama dengan ukuran n_1 adalah d_1 , maka:

$$\text{Terima lot, jika } d_1 \leq c_1 \quad (12.17)$$

$$\text{Tolak lot, jika } d_1 > c_2 \quad (12.18)$$

Jika $c_1 < d_1 \leq c_2$, maka diambil sampel tambahan berukuran n_2 .

Total sampel sekarang berukuran $n_1 + n_2$; dan jumlah total barang cacat dari sampel ganda sekarang $d_1 + d_2$. Maka aturan keputusannya adalah:

$$\text{Terima lot, jika } (d_1 + d_2) \leq c_2 \quad (12.19)$$

$$\text{Tolak lot, jika } (d_1 + d_2) > c_2 \quad (12.20)$$

Pengambilan sampel ganda menghemat uang dengan melakukan pembatasan. Sampel pertama yang kecil diuji dengan kriteria penerimaan yang ketat. Hanya jika gagal akan ada sampel tambahan yang diambil. Biaya pengambilan sampel ganda harus seimbang dengan biaya sampel tunggal yang besar.

Rencana pengambilan sampel berganda mengikuti prosedur yang sama seperti pengambilan sampel ganda dengan mengambil lebih dari dua sampel. Dalam pengertian yang sama, biaya rencana pengambilan sampel berganda dapat dibandingkan dengan pengambilan sampel tunggal atau ganda. Kurva OC dapat digambar baik untuk rencana pengambilan sampel ganda maupun berganda.

L. STANDAR MUTU INTERNASIONAL

Setiap negara memiliki standar mutu sendiri, misalnya The American National Standards Institute (ANSI) dan American Society for QC (ASQC) telah bersama-sama menerbitkan serangkaian spesifikasi mutu yang disebut seri Q90. Indonesia sendiri memiliki SNI (Standar Nasional Indonesia), namun penting untuk menetapkan standar mutu global karena meningkatnya perdagangan dunia dan rantai pasokan global. Organisasi Internasional untuk standardisasi (*International Organization for Standardization*, ISO) didirikan untuk memenuhi kebutuhan akan standar mutu internasional. ISO resmi mulai beroperasi pada 23 Februari 1947.

ISO terus-menerus terlibat dalam menetapkan standar untuk produk, proses, sistem informasi, dan lingkungan sehubungan dengan setiap jenis organisasi dan kegiatan. Organisasi ISO telah mengembangkan sistem yang komprehensif untuk mensertifikasi perusahaan-perusahaan di berbagai negara di dunia yang memenuhi standar dan syarat bersertifikat ISO. Standar ISO yang paling terkenal adalah ISO 9000 (seri mutu) dan ISO 14000 (seri lingkungan).

Standar berkontribusi dalam melakukan pengembangan, manufaktur, dan pasokan produk dan jasa yang lebih efisien, lebih aman, dan lebih bersih. Disamping itu, standar bisa meningkatkan daya saing bisnis global dan kualitas hidup karena adanya standar dan sistem penilaian yang harus dipenuhi. Adanya standar nasional atau regional yang berbeda dapat menciptakan hambatan perdagangan, sehingga ISO bisa menjembatani permasalahan tersebut.

Materi ISO asli ditulis dengan sangat rinci dengan buku panduan yang berisi kebijakan, aturan, dan prinsip yang berlaku baik untuk produk manufaktur maupun jasa. Memahami pernyataan standar dalam bentuk awal ISO 9000 hingga 9004 sangat membantu dalam memahami transformasi dan pertumbuhan persyaratan mutu berbasis global ini.

ISO 9000 : Memberikan panduan menyeluruh bagi calon pengguna standar ISO. Ini menjelaskan sistem ISO secara umum dan memberikan arahan untuk menggunakan komponen lain dari seri ISO 9000.

ISO 9001 : Berlaku untuk perusahaan yang terlibat dalam tahap sebelum masuk pasar (*pre-market*) termasuk desain dan pengembangan termasuk juga dalam tahap di pasar termasuk produksi, instalasi, dan servis.

ISO 9002 : Berlaku untuk perusahaan yang hanya terlibat dalam tahap produksi, instalasi dan servis di market dan tidak terlibat dalam tahap pre-market terkait perancangan dan pengembangan.

ISO 9003 : Berlaku untuk perusahaan yang berurusan dengan pengujian (*testing*) dan pengecekan (*inspection*) produk ketika mereka bertindak sebagai agen inspeksi atau sebagai distributor.

ISO 9004 : Menjelaskan sistem manajemen mutu yang diterima dan berfungsi sebagai panduan penerapan sistem tersebut pada sistem produksi barang dan jasa.

Banyak perusahaan di dunia mengharuskan pemasok mereka untuk mematuhi standar ISO 9000 atau standar lain setara, sehingga setiap perusahaan yang ingin melakukan bisnis berbagai negara harus berkomitmen untuk menyediakan sumber daya yang besar untuk mendapatkan. Standar lingkungan ISO14000 juga mulai diadopsi secara global dalam jumlah yang terus bertambah. Beberapa standar yang lain yang juga diterapkan, seperti manajemen risiko ISO 31000 dan ISO 26000 terkait tanggung jawab sosial.

BAB 13

Manajemen Perawatan

A. PENDAHULUAN

Istilah *maintenance* (perawatan) didefinisikan sebagai kombinasi dari semua hal teknis, tindakan administratif dan manajerial selama siklus hidup (*life cycle*) suatu item yang bertujuan untuk menjaga atau mengembalikan keadaan fungsi atau kombinasi fungsi yang diperlukan (EN 13306:2001, 2001).

Menurut *Webster's Dictionary*, manajemen mencirikan proses memimpin dan mengarahkan semua atau bagian dari organisasi (sering kali bisnis) melalui penyebaran dan pengaturan sumber daya (manusia, keuangan, bahan, intelektual atau sesuatu yang tidak berwujud). Seseorang juga dapat memikirkan manajemen secara fungsional sebagai tindakan mengukur kuantitas secara teratur dan menyesuaikan rencana awal dan tindakan yang diambil untuk mencapai tujuan yang dimaksudkan. Hal ini berlaku bahkan dalam situasi di mana perencanaan tidak sesuai yang diinginkan. Manajemen situasional mungkin mendahului dan mengarah pada tujuan manajemen tertentu.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, maka *maintenance management* (manajemen perawatan) akan memberikan karakter pada proses dan mengarahkan perawatan dalam suatu organisasi yang didefinisikan oleh EN 13306:2001 (2001) sebagai:

“Semua kegiatan manajemen yang menentukan tujuan atau prioritas perawatan sebagai target yang ditetapkan dan diterima oleh departemen manajemen dan perawatan, strategi manajemen dalam

rangka mencapai tujuan perawatan dan menerapkannya dengan cara seperti perawatan, pengendalian dan pengawasan serta beberapa perbaikan termasuk aspek ekonomi dalam organisasi.”

Definisi *maintenance management* ini selaras erat dengan pengertian yang ditemukan dalam literatur perawatan modern seperti Campbell (1995), Campbell & Jardine (2001) maupun Shenoy & Bhadury (1998). Definisi lebih lanjut terkait *maintenance management* sebagai manajemen semua aset yang dimiliki oleh perusahaan untuk memaksimalkan keuntungan atas investasi dari aset dijelaskan oleh Wireman (1998). Duffuaa *et al.* (2000) juga menunjukkan bagaimana sebuah sistem perawatan dapat dilihat sebagai sistem *input-output* sederhana. *Input* adalah tenaga kerja, manajemen, peralatan, peralatan serta yang lainnya dan *output* adalah peralatan dikonfigurasi dengan baik dan bekerja secara andal untuk mencapai operasional pabrik yang direncanakan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem perawatan berfungsi sebagai perencanaan perawatan (filsafat, perkiraan, kapasitas, dan penjadwalan beban kerja perawatan), organisasi (desain kerja, standar, pengukuran kerja, dan administrasi proyek) dan pengendalian perawatan (terkait pekerjaan, bahan, inventori, biaya, dan manajemen berorientasi mutu). Hal-hal terkait perawatan dijelaskan dalam EN 13306:2001 (2001) yang meliputi:

1. penentuan tujuan dan prioritas perawatan;
2. penentuan strategi dan tanggung jawab;
3. penerapan perawatan dengan cara seperti perencanaan perawatan, kontrol perawatan dan pengawasannya;
4. meningkatkan metode termasuk aspek ekonomi dalam organisasi.

Dalam rangka mengelola pemeliharaan secara efektif dan efisien, empat poin di atas bisa diringkas dalam dua hal berikut menurut Marquez (2007):

1. proses manajemen perawatan, pelaksanaan tindakan dan serangkaian tahapan atau langkah yang mengikutinya dan;

2. kerangka manajemen perawatan yang mendukung struktur dan sistem dasar yang diperlukan untuk mengelola perawatan (perluanya mengatur perawatan).

B. EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI MANAJEMEN PERAWATAN

Proses manajemen perawatan (*maintenance management*) dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu definisi strategi dan penerapan strategi Marquez (2007). Terkait definisi strategi perawatan, hal ini perlu untuk mengetahui tujuan perawatan sebagai *input* yang akan diturunkan langsung dari rencana bisnis. Bagian awal dari manajemen perawatan ini kadang-kadang terlupakan padahal ini merupakan proses yang sangat mempengaruhi keberhasilan perawatan dalam suatu organisasi dan menentukan efektivitas penerapan selanjutnya dari rencana, jadwal, kontrol dan peningkatan perawatan. Kemampuan untuk mengatasi masalah ini melalui pencapaian suatu strategi perawatan yang efektif menunjukkan kemampuan untuk memperkirakan kebutuhan perawatan yang sebenarnya sepanjang waktu sesuai dengan kebutuhan produksi. Ini akan memungkinkan untuk mencapai hal di mana suatu organisasi akan dapat meminimalkan biaya tidak langsung dari perawatan, biaya-biaya yang terkait dengan kerugian produksi, dan akhirnya dengan ketidakpuasan pelanggan (Vagliasindi, 1989). Efektivitas yang jelas menekankan pada seberapa baik suatu departemen atau fungsi memenuhi tujuan atau kebutuhan perusahaan dan biasanya dilihat dalam hal mutu layanan yang disediakan yang dilihat dari sudut pandang pelanggan. Dalam hal perawatan, efektivitas menunjukkan kepuasan keseluruhan perusahaan dengan kapasitas dan kondisi aset yang dimiliki (Wireman, 1998) atau pengurangan keseluruhan biaya perusahaan diperoleh karena kapasitas produksi tersedia saat dibutuhkan (Palmer, 1999). Efektivitas mengarah pada proses yang sebenarnya dan proses memproduksi hasil yang diperlukan.

Bagian kedua dari proses yaitu penerapan strategi yang dipilih memiliki tingkat signifikansi yang berbeda. Kemampuan untuk menangani masalah implementasi manajemen perawatan (misalnya, kemampuan

untuk memastikan dengan benar tingkat keterampilan, persiapan kerja yang tepat, alat yang sesuai dan pemenuhan jadwal) akan memungkinkan untuk meminimalkan biaya langsung perawatan (tenaga kerja dan sumber daya yang dibutuhkan perawatan lainnya). Di bagian proses ini, suatu organisasi berurusan dengan efisiensi manajemen yang seharusnya kurang penting. Efisiensi berarti menghasilkan limbah/bahan terbuang sedikit serta biaya atau upaya minimum yang tidak perlu. Efisiensi membandingkan kuantitas layanan yang diberikan dengan sumber daya yang dikeluarkan. Ini mengukur seberapa baik tugas itu dilakukan, bukan apakah tugas itu sendiri benar. Efisiensi kemudian dipahami sebagai memberikan hal yang sama atau lebih baik dengan perawatan menggunakan biaya yang sama.

Sebagian besar penelitian yang dilakukan terkait manajemen perawatan terutama ditujukan untuk meningkatkan penerapan berbagai bagian dari proses manajemen seperti perencanaan, penjadwalan, pengendalian dan peningkatan, sementara itu lebih sedikit upaya yang digunakan untuk mempelajari proses mencapai strategi perawatan yang efektif. Itu sebabnya sering ditemukan karyawan melakukan “kesalahan yang dipikir benar” di suatu organisasi terkait perawatan suatu sistem.

C. TUJUAN, STRATEGI DAN TANGGUNG JAWAB PERAWATAN

1. Menentukan Tujuan Perawatan

Tujuan bisnis mempertimbangkan apa yang menjadi kebutuhan dan keinginan para pelanggan, pemegang saham, dan pemangku kepentingan lainnya (Campbell, 1995). Tujuan bisnis secara umum dapat dikelompokkan menjadi empat menurut (Boucly, 1998), yaitu: profitabilitas, pertumbuhan, risiko dan tujuan sosial. Hubungan keempat kelompok tersebut terhadap perawatan adalah:

- a. Profitabilitas, sebagai aturan umum merupakan prioritas. Ini adalah kondisi yang diperlukan yang memungkinkan suatu organisasi dalam jangka panjang mencapai tujuan lain. Oleh karena itu, perawatan harus secara jelas berkontribusi pada profitabilitas dan daya saing bisnis, atau keefektifan administrasi dan pelayanan publik;

- b. Pertumbuhan dapat menjadi penting pada berbagai momen siklus hidup produk, misalnya pasar dengan pertumbuhan tinggi akan mendapatkan keuntungan yang lebih mudah dan lebih bernilai, mengurangi tekanan pada harga, memastikan akses ke teknologi, menghalangi pendaftar berikutnya di pasar, dan sebagainya.
- c. Orang, lingkungan dan keamanan aset adalah prioritas lain bisnis. Meskipun undang-undang dan peraturan menetapkan kerangka kerja tertentu demi keselamatan, risiko mungkin selalu muncul sebagai konsekuensi dari instalasi peralatan baru, saling ketergantungan antara peralatan baru dan yang sudah ada, dan sebagainya.
- d. Banyak perusahaan mengklaim bahwa mereka memiliki tujuan sosial yang harus dipenuhi. Mereka secara aktif ingin berkontribusi dalam hal terkait masalah yang relevan secara sosial dengan terlibat dalam dialog dengan kelompok masyarakat yang tertarik.

Untuk mencapai tujuan bisnis ini, maka dibutuhkan strategi bisnis. Kata strategi terkait dalam hubungannya dengan lingkungan aset saat ini, membantu organisasi menerjemahkan tujuan bisnis menjadi tujuan perawatan. Ketika melakukannya, maka suatu yang normal untuk menemukan berbagai macam tipe tujuan dalam manajemen perawatan di banyak organisasi (Boucly, 1998; Wireman, 1990), tujuan yang secara umum dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok:

- a. Tujuan teknis: Ini tergantung pada operasional suatu bisnis yang imperatif. Secara umum, keharusan operasional yang imperatif terkait dengan tingkat kepuasan akan ketersediaan peralatan dan keselamatan orang. Metode yang berlaku umum untuk mengukur pemenuhan tujuan ini adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) seperti yang dijelaskan dalam metode TPM (*Total Productive Maintenance*) oleh Nakajima (1989);
- b. Tujuan hukum/peraturan wajib: Biasanya ini adalah tujuan perawatan untuk memenuhi semua peraturan yang ada untuk perangkat listrik, peralatan bertekanan, kendaraan, alat perlindungan, dan sebagainya.

- c. Tujuan keuangan: untuk memenuhi tujuan teknis dengan biaya yang minimal. Dari sudut pandang jangka panjang biaya siklus hidup peralatan secara global seharusnya menjadi ukuran yang sesuai untuk ini

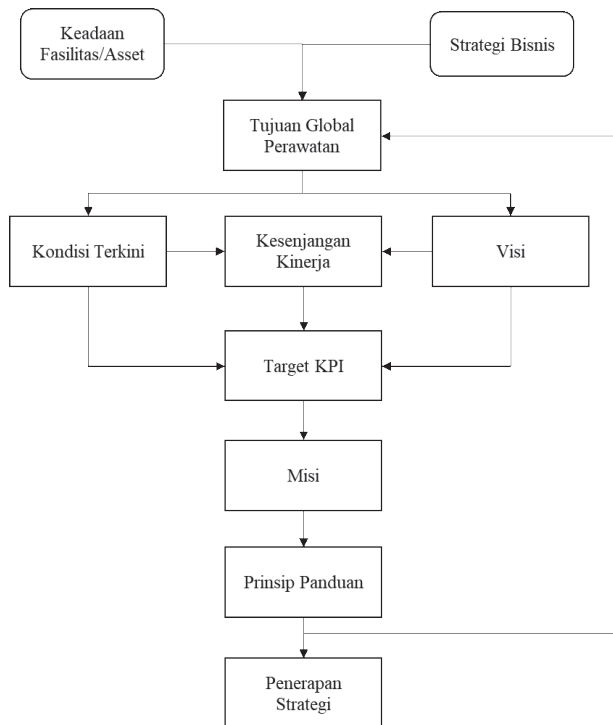
Mencapai setiap tujuan mungkin akan memiliki tingkat hasil yang berbeda, oleh karena itu perlu untuk mengevaluasi tujuan perawatan yang berbeda dan untuk memastikan tujuan tersebut realistis serta sesuai dengan situasi aset saat ini, maka perlu untuk mulai merencanakan strategi dalam mencapai tujuan tersebut. Sangat penting untuk melihat apa yang “orang lain lakukan”, untuk meninjau penerapan terbaik di suatu sektor. Ini akan membantu suatu organisasi menetapkan tujuan yang realistis atau untuk menguji suatu strategi yang potensial.

Suatu organisasi tidak dapat melupakan bahwa tujuan perawatan adalah target yang ditetapkan dan diterima oleh departemen manajemen dan perawatan. Proses dari menetapkan target sangat penting, biasanya berulang, dan seringkali memakan proses dan waktu yang lama.

2. Perumusan Strategi

Proses penetapan strategi dapat mengikuti standar metode perencanaan di suatu organisasi seperti ditunjukkan di gambar 13.1 (Marquez, 2007):

- a. Berasal dari sasaran suatu organisasi terkait kebijakan dan tujuan dalam hal perawatan. Tujuan ini mungkin termasuk: ketersediaan peralatan, keandalan, keamanan, risiko, anggaran perawatan, dan sebagainya yang harus dikomunikasikan kepada semua personel yang terlibat dalam perawatan termasuk orang luar yang terlibat;
- b. Penentuan kinerja perusahaan/fasilitas saat ini;
- c. Penentuan ukuran target kinerja (Indikator Kinerja Utama - KPI). Perbaikan akan dilakukan berdasarkan penerimaan bisnis, pengguna, dan indikator kinerja manajemen perawatan;
- d. Menetapkan prinsip-prinsip untuk memandu implementasi strategi melalui perencanaan, pelaksanaan, penilaian, analisis dan peningkatan perawatan.



Gambar 13.1 Model Strategi Perawatan

3. Tanggung Jawab Perawatan

Strategi perawatan yang diadopsi akan mengarah pada penentuan tanggung jawab manajemen perawatan yang berbeda pada tingkat aktivitas yang berbeda. Tanggung jawab ini akan dipegang oleh pelaku yang berbeda yang memainkan peran yang berbeda di setiap skenario. Pelaku perawatan diantaranya adalah produsen peralatan, vendor peralatan, pembeli dari peralatan (yang biasanya menggunakannya dan menjadi “pengguna” peralatan) dan pihak ketiga/eksternal yang menyediakan semua jenis layanan perawatan. Bentuk skenario dalam perawatan menurut Marquez (2007) adalah sebagai berikut:

- a. Bentuk pertama adalah skenario di mana pabrikan peralatan memberikan perawatan lengkap dan dukungan layanan perawatan sebagai bagian perjanjian dari pembelian produk.

- b. Bentuk kedua adalah skenario yang paling umum yaitu pabrik peralatan atau vendor hanya menyediakan dasar atau standar perencanaan pendukung perawatan, seperti rekomendasi untuk perawatan, buku pegangan perawatan, daftar suku cadang, dan dokumentasi umum lainnya. Pengguna kemudian melakukan perawatan yang diperlukan dan dukungan perawatan untuk kasus khusus menggunakan sumber daya internal. Ini terjadi ketika peralatan yang ada digabungkan ke dalam sistem yang kompleks oleh vendor atau organisasi lain dan kemudian dipasok ke pengguna akhir. Tanggung jawab untuk melakukan perawatan ditentukan antara vendor dan pengguna, dimana pada umumnya pengguna mengambil tanggung jawab untuk itu
- c. Bentuk ketiga dan umum diterapkan, yaitu layanan perawatan yang seluruhnya atau sebagian diserahkan kepada ke perusahaan lain yang tidak berhubungan dengan produsen peralatan. Pembagian manajemen perawatan dibagi antara penyedia layanan dan pengguna tetapi pengguna biasanya mengurangi aktivitasnya dengan hanya mengontrol kinerja dan menetapkan tujuan perawatan yang dilakukan.

Dalam berbagai kasus atau kemungkinan skenario, fungsi dan tanggung jawab dalam perawatan suatu organisasi harus diidentifikasi, ditugaskan dan dikomunikasikan kepada pengguna peralatan, bagian internal dan eksternal organisasi yang terkait.

Sebelum penugasan tanggung jawab perawatan diberikan, maka persyaratan kualifikasi personel (atau persyaratan kualifikasi pihak ketiga) dari masing-masing fungsi harus dipelajari dan ditentukan. Manajemen perawatan harus memastikan bahwa semua pihak terkait mengetahui persyaratan ini dan semua tanggung jawab untuk proses dan aktivitas dicantumkan dalam deskripsi pekerjaan untuk setiap posisi dan/atau dalam kontrak pihak ketiga terkait. Semuanya itu bertujuan untuk memastikan fungsi akan dijalankan dengan benar, efisien, dan dengan cara yang aman serta memperhatikan pengaruhnya terhadap aspek lingkungan.

D. PENERAPAN STRATEGI PADA KEGIATAN PERAWATAN

Manajemen perawatan harus sejalan dengan tindakan di tiga tahapan kegiatan bisnis dalam organisasi yang meliputi strategi, teknis, dan operasional (Marquez, 2007).

Tindakan di tingkat strategi adalah mengubah prioritas bisnis menjadi prioritas terkait perawatan. Untuk mencapai prioritas ini, maka proses ini akan membantu menyusun strategi jangka menengah hingga panjang untuk mengatasi kinerja perawatan yang dihadapi maupun potensi kesenjangan yang akan ditimbulkannya ke depan. Akibatnya, rencana perawatan secara umum dilakukan di tingkatan ini.

Perubahan dari prioritas bisnis menjadi prioritas perawatan dilakukan dengan menetapkan target yang paling penting berdasarkan operasional yang sedang dilakukan. Analisis secara detail dilakukan untuk mengukur berbagai masalah seperti kejadian kerusakan peralatan yang berdampak pada target operasional perusahaan (misalnya dengan menggunakan analisis kritis). Manajemen perawatan kemudian akan mengembangkan pelatihan tindakan strategis untuk mengatasi masalah spesifik untuk item kritis tersebut. Tindakan lainnya akan fokus pada penerapan keterampilan dan teknologi yang diperlukan (misalnya teknologi pemantauan kondisi mesin) untuk peningkatan perawatan dalam skala mikro terkait efektivitas dan efisiensi.

Tindakan di tingkat teknis akan menentukan penugasan yang benar dari semua sumber daya perawatan (keterampilan, bahan, peralatan uji, dan sebagainya) untuk memenuhi rencana perawatan sehingga akan menghasilkan program terperinci dalam bentuk semua tugas yang ditentukan dan sumber daya yang diberikan. Selama proses perencanaan dan penjadwalan akan kebutuhan perawatan secara terperinci, kegiatan di tingkat ini harus mengembangkan tingkat kompetensi untuk membedakan di antara berbagai pilihan sumber daya (dari nilai yang berbeda) yang mungkin ditugaskan untuk melakukan tugas perawatan pada pada suatu peralatan, lokasi dan waktu tertentu. Tindakan tersebut akan menjelaskan kebijakan perawatan taktis.

Tindakan di tingkat operasional akan memastikan bahwa tugas perawatan dilakukan oleh teknisi ahli, sesuai waktu yang dijadwalkan, mengikuti prosedur dengan benar, dan menggunakan alat yang tepat. Akibatnya, pekerjaan akan selesai dan data akan direkam dalam sistem informasi. Prosedur di tingkat operasional diperlukan untuk pekerjaan pencegahan, perbaikan peralatan, dan pemecahan masalah dengan tingkat perhatian yang tinggi. Hal ini disebabkan karena diagnosis alasan kegagalan suatu sistem telah menjadi hal yang sangat penting. Tugas ini sering melibatkan spesialis dan menggunakan sistem teknologi yang kompleks. Karena itu wajar untuk mengharapkan bahwa proses pemecahan masalah akan sangat bergantung pada sistem informasi perawatan yang bisa memberikan informasi tentang semua pekerjaan yang dilakukan pada setiap peralatan.

Dengan mengambil pengalaman dalam penerapan semua manajemen perawatan di tiga tingkat tersebut dan mengadaptasi penerapan terbaik dari dalam dan luar perawatan, maka organisasi akan sampai pada sistem manajemen perawatan untuk terus ditingkatkan dan secara otomatis menyesuaikan dengan target yang baru dan perubahan target organisasi.

BAB 14

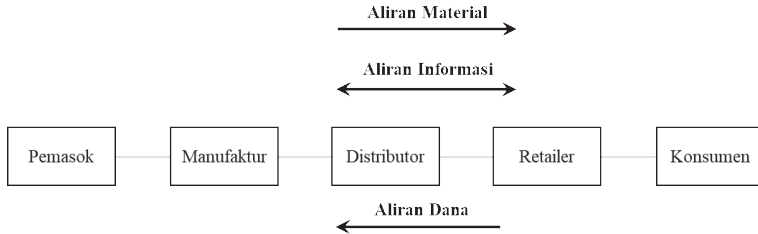
Manajemen Rantai Pasokan (SCM)

A. PENDAHULUAN

Sebuah rantai pasokan terdiri dari semua pihak yang terlibat baik langsung atau tidak langsung dalam memenuhi permintaan pelanggan. Rantai pasokan tidak hanya meliputi produsen dan pemasok, tetapi juga pengangkut, gudang, pengecer, dan bahkan pelanggan itu sendiri. Dalam setiap organisasi seperti pabrikan, rantai pasokan mencakup semua fungsi yang terlibat dalam menerima dan mengisi permintaan pelanggan. Beberapa fungsi-fungsi ini seperti pengembangan produk baru, pemasaran, operasi, distribusi, keuangan, dan layanan pelanggan.

Rantai pasokan bersifat dinamis dan melibatkan aliran tetap terkait informasi, produk, dan dana di antara setiap tahapan yang berbeda. Pelanggan merupakan bagian terpenting dalam rantai pasokan, sehingga tujuan utama dari setiap rantai pasokan adalah untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang dalam prosesnya menghasilkan keuntungan bagi setiap rantai pasokan. Istilah rantai pasokan memunculkan gambaran produk atau pasokan yang bergerak dari pemasok, pabrikan, distributor, pengecer, dan pelanggan di sepanjang rantai. Ini semua merupakan bagian dari rantai pasokan, tetapi penting juga untuk menggambarkan pengelolaan informasi, dana, dan produk yang mengalir di sepanjang arah rantai tersebut. Suatu bentuk rantai pasokan juga dapat menunjukkan hanya satu pemain terlibat di setiap tahap yang pada kenyataannya produsen dapat menerima bahan dari beberapa pemasok dan kemudian memasok ke beberapa distributor. Ini menunjukkan bahwa sebagian

besar rantai pasokan sebenarnya adalah jaringan, sehingga mungkin lebih tepat menggunakan istilah jaringan pasokan atau jaringan *web* untuk menggambarkan struktur sebagian besar rantai pasokan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.1.



Gambar 14.1 Tahapan Aliran Jaringan Rantai Pasok

Suatu rantai pasokan tertentu bisa melibatkan berbagai tahapan, seperti berikut:

1. Pelanggan/konsumen
2. Pengecer (*retailer*)
3. Pedagang grosir/distributor
4. Produsen (manufaktur)
5. Pemasok komponen/bahan mentah

Setiap tahapan dalam rantai pasokan terhubung melalui aliran produk, informasi, dan dana. Aliran ini sering terjadi di kedua arah dan dapat dikelola oleh salah satu tahapan atau perantara. Setiap tahapan pada Gambar 14.1 tidak selalu ada dalam rantai pasokan yang bergantung pada kebutuhan pelanggan dan peran yang dimainkan oleh setiap tahapan yang terlibat.

B. TUJUAN SUATU RANTAI PASOK

Tujuan dari setiap rantai pasokan harus memaksimalkan nilai keseluruhan yang dihasilkan. Nilai yang dihasilkan rantai pasokan tersebut (*supply chain surplus*) adalah perbedaan antara berapa nilai produk akhir bagi pelanggan (*customer value*) dan biaya yang dikeluarkan oleh seluruh rantai pasokan dalam memenuhi permintaan pelanggan (*supply chain cost*).

$$\text{Surplus Rantai Pasokan} = \text{Nilai Pelanggan} - \text{Biaya Rantai Pasokan} \quad (14.1)$$

Nilai produk akhir dapat bervariasi untuk setiap pelanggan (konsumen) dan dapat diperkirakan dengan jumlah maksimum kesediaan pelanggan membayar untuk suatu produk. Selisih antara nilai produk bagi konsumen dan harga pembelian oleh konsumen merupakan keuntungan konsumen (*customer surplus*). Sisa *surplus* rantai pasokan menjadi keuntungan rantai pasokan yaitu selisih antara pendapatan yang dihasilkan dari pelanggan dan biaya keseluruhan di seluruh rantai pasokan. Semakin tinggi keuntungan rantai pasokan, semakin sukses rantai pasokan. Untuk sebagian besar rantai pasokan yang menghasilkan keuntungan, *surplus* rantai pasokan akan sangat berkorelasi dengan keuntungan. Keberhasilan rantai pasokan harus diukur pada surplus rantai pasokan dan bukan pada keuntungan tahapan individu karena fokus pada keuntungan tahapan individu dapat menyebabkan pengurangan secara keseluruhan *surplus* rantai pasokan. Fokus pada pertumbuhan surplus rantai pasokan mendorong semua anggota rantai pasokan mengarah pada pertumbuhan keuntungan keseluruhan yang bisa diperoleh.

Setelah menentukan keberhasilan rantai pasokan pada surplus rantai pasokan, langkah berikutnya adalah mencari sumber nilai, pendapatan, dan biaya. Untuk setiap rantai pasokan, hanya ada satu sumber pendapatan yaitu pelanggan. Nilai yang diperoleh pelanggan yang membeli suatu produk bergantung pada beberapa faktor, seperti fungsi produk, seberapa usaha yang harus dilakukan pelanggan untuk memperoleh produk, dan tingkat kemungkinan produsen memperoleh produk tersebut. Semua aliran informasi, produk, atau dana menghasilkan biaya dalam rantai pasokan. Dengan demikian, manajemen yang tepat dari semua aliran tersebut adalah kunci keberhasilan rantai pasokan. Manajemen rantai pasokan yang efektif melibatkan pengelolaan aset rantai pasokan maupun produk, informasi, dan aliran dana dalam menumbuhkan total *surplus* (kelebihan) rantai pasokan. Pertumbuhan surplus rantai pasokan meningkatkan ukuran total keuntungan yang memungkinkan anggota rantai pasokan yang terlibat untuk mendapatkan keuntungan.

C. PENTINGNYA PENGAMBILAN KEPUTUSAN RANTAI PASOK

Dari beberapa contoh di industri, ada hubungan erat antara desain dan manajemen aliran rantai pasokan (produk, informasi, dan dana) dalam keberhasilan rantai pasokan. Walmart, Amazon, dan Seven-Eleven Jepang adalah contoh perusahaan yang telah membangun kesuksesannya lewat desain, perencanaan, dan operasi rantai pasokan. Sebaliknya, kegagalan banyak bisnis online seperti Web-van terkait dengan kelemahan dalam desain dan perencanaan rantai pasokannya. Kebangkitan dan selanjutnya kejatuhan rantai toko buku Borders menggambarkan bagaimana kegagalan rantai pasokan dalam mengadaptasi perubahan lingkungan dan harapan pelanggan yang berdampak pada gangguan kinerja. Komputer Dell adalah contoh lain dari perusahaan yang harus memperbaiki desain rantai pasokannya sebagai tanggapan terhadap perubahan teknologi dan kebutuhan pelanggan.

D. TAHAPAN KEPUTUSAN DALAM RANTAI PASOK

Manajemen rantai pasokan yang sukses membutuhkan banyak keputusan yang berkaitan dengan aliran informasi, produk, dan dana. Setiap keputusan harus dibuat untuk meningkatkan surplus rantai pasokan. Keputusan-keputusan tersebut dibagi ke dalam tiga kategori atau fase yang tergantung pada frekuensi setiap keputusan dan kerangka waktu di mana fase keputusan memiliki dampak, sehingga keputusan dalam setiap kategori harus mempertimbangkan ketidakpastian pada suatu waktu tertentu.

1. Strategi atau desain rantai pasokan

Selama fase ini, perusahaan memutuskan bagaimana cara struktur rantai pasokan selama beberapa tahun ke depan. Tahapan ini memutuskan apa yang akan terjadi pada konfigurasi rantai pasokan, bagaimana sumber daya akan dialokasikan, dan proses apa yang akan dilakukan di setiap tahapannya. Keputusan strategis yang dibuat oleh perusahaan termasuk apakah akan melakukan *outsourcing* atau melakukan fungsi

rantai pasokan *in-house*, lokasi dan kapasitas produksi maupun fasilitas pergudangan, produk yang diproduksi atau disimpan di berbagai lokasi, moda transportasi yang digunakan di sepanjang jalur pengiriman yang berbeda, dan jenis sistem informasi yang akan digunakan. Perusahaan harus memastikan bahwa konfigurasi rantai pasokan mendukung tujuan strategis dan meningkatkan surplus rantai pasokan selama fase ini. Keputusan desain rantai pasokan biasanya dibuat untuk jangka panjang (beberapa tahun) dan mahal untuk diubah dalam waktu singkat, sehingga ketika suatu perusahaan membuat keputusan ini maka harus mempertimbangkan ketidakpastian terkaitantisipasi kondisi pasar dalam beberapa tahun berikutnya.

2. Perencanaan rantai pasokan

Untuk keputusan yang dibuat selama fase ini, kerangka waktunya adalah seperempat sampai satu tahun. Oleh karena itu, konfigurasi rantai pasokan yang ditentukan dalam fase strategis akan diperbaiki. Konfigurasi ini menetapkan batasan di mana perencanaan harus selesai. Tujuan perencanaan adalah untuk memaksimalkan surplus rantai pasokan yang dapat dihasilkan selama waktu perencanaan mengingat kendala yang ditetapkan selama fase strategis atau desain. Perusahaan memulai fase perencanaan dengan suatu peramalan (*forecast*) untuk beberapa tahun mendatang (jangka waktu yang ditentukan) terkait permintaan dan faktor lain seperti biaya maupun harga di berbagai pasar yang berbeda. Perencanaan termasuk membuat keputusan mengenai pasar mana yang akan dipasok dari lokasi tertentu, sub-kontrak dari manufaktur, kebijakan persediaan yang harus diikuti, kapasitas produksi, serta waktu maupun jumlah pemasaran dan promosi harga. Dalam tahap perencanaan, perusahaan harus memasukkan ketidakpastian dalam permintaan, nilai tukar, dan persaingan selama jangka waktu tertentu dalam keputusannya. Diberikan kerangka waktu yang lebih pendek dan prakiraan yang lebih baik daripada di fase desain, perusahaan dalam fase perencanaan mencoba untuk memasukkan berbagai fleksibilitas yang dibangun dalam rantai pasokan selama fase desain dan memanfaatkannya untuk

mengoptimalkan kinerja. Sebagai hasil dari fase perencanaan, perusahaan menentukan serangkaian operasi kebijakan yang mengatur operasi jangka pendek

3. Operasi rantai pasokan

Jangka waktu dalam fase ini adalah mingguan atau harian. Selama fase ini, perusahaan membuat keputusan mengenai pesanan setiap konsumen. Pada tingkat operasional, pasokan konfigurasi rantai dianggap tetap dan kebijakan perencanaan sudah ditentukan. Tujuan dari operasi rantai pasokan adalah menangani pesanan pelanggan yang masuk dengan cara terbaik. Selama fase ini, perusahaan mengalokasikan persediaan atau produksi untuk setiap pesanan, menetapkan tanggal dimana pesanan harus dipenuhi, membuat daftar pengambilan di gudang, mengalokasikan pesanan ke moda pengiriman tertentu, mengatur jadwal pengiriman transportasi, dan memesan pengisian ulang. Karena keputusan operasional dibuat dalam jangka pendek (menit, jam, atau hari), maka hanya ada sedikit ketidakpastian tentang informasi permintaan. Mengingat kendala yang ditetapkan dalam konfigurasi dan kebijakan perencanaan, maka tujuan selama fase operasi adalah untuk memanfaatkan kurangnya ketidakpastian dan mengoptimalkan kinerja.

Desain, perencanaan, dan pengoperasian rantai pasokan memiliki dampak yang signifikan pada keuntungan dan kesuksesan secara keseluruhan karena sebagian besar keberhasilan perusahaan terkait dengan desain, perencanaan, dan operasi rantai pasokan yang efektif.

E. BENTUK PROSES RANTAI PASOK

Rantai pasokan adalah urutan proses maupun aliran yang terjadi di dalam dan di antara berbagai tahapan yang menggabungkannya untuk memenuhi kebutuhan pelanggan akan suatu produk. Ada dua cara untuk melihat proses yang dilakukan dalam rantai pasokan:

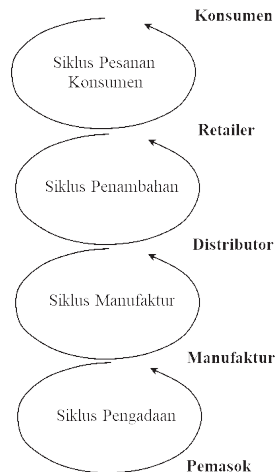
1. Bentuk siklus: Proses dalam rantai pasokan dibagi menjadi serangkaian siklus dengan masing-masing dilakukan pada dua tahap rantai pasokan yang berurutan.

2. Bentuk *push/pull*: Proses dalam rantai pasokan dibagi menjadi dua kategori yang tergantung pada apakah mereka dieksekusi sebagai tanggapan atas pesanan pelanggan atau sebagai antisipasi dari pesanan pelanggan. Proses *pull* didasari oleh pesanan pelanggan, sedangkan proses *push* didasari dan dilakukan untuk mengantisipasi pesanan pelanggan.

1. Bentuk Siklus Proses Rantai Pasok

Mengingat lima tahap rantai pasokan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.1, semua proses rantai pasokan dapat dibagi menjadi empat siklus proses seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.2

- a. Siklus pesanan pelanggan (*customer order cycle*)
- b. ii) Siklus pengisian ulang (*replenishment cycle*)
- c. iii) Siklus manufaktur (*manufacturing cycle*)
- d. iv) Siklus pengadaan (*procurement cycle*)

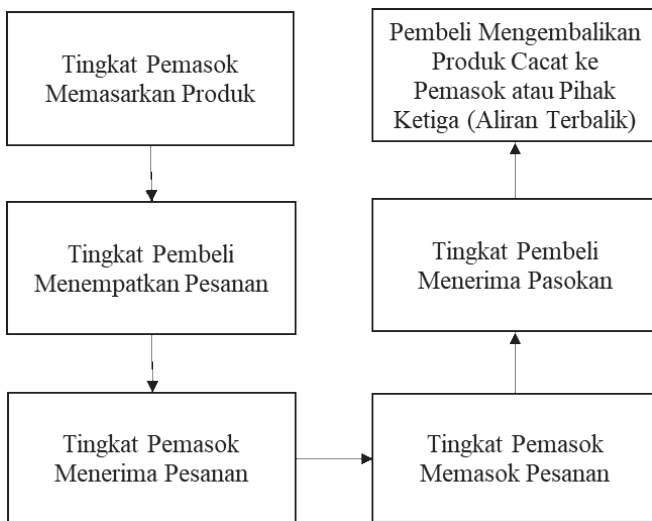


Gambar 14.2 Siklus Proses Rantai Pasok

Setiap siklus terjadi pada dua tahapan rantai pasokan yang berurutan. Tidak setiap rantai pasokan akan memiliki keempat siklus tersebut. Rantai pasokan persediaan bahan makanan di mana pengecer menyimpan

persediaan barang jadi dan menempatkan pesanan pengisian kembali ke distributor cenderung memiliki keempat siklus yang terpisah, sedangkan perusahaan yang langsung menjual produknya ke konsumen tidak memiliki tahap distribusi dan pengecer.

Setiap siklus terdiri dari enam sub-proses, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.3. Setiap siklus dimulai dengan pemasok memasarkan produk kepada pelanggan. Seorang pembeli kemudian melakukan pemesanan yang diterima oleh pemasok. Pemasok memasok pesanan, yang diterima oleh pembeli. pembeli mungkin mengembalikan sebagian produk atau bahan daur ulang lainnya ke pemasok atau pihak ketiga. Siklus kegiatan kemudian dimulai lagi. Sub-proses pada Gambar 14.3 dapat dihubungkan ke sumber, pembuatan, pengiriman, dan pengembalian proses dalam model referensi operasi rantai pasokan (*Supply Chain Operations Reference, SCOR*). Model SCOR memberikan gambaran proses rantai pasokan, kerangka kerja hubungan antar proses, dan suatu pengukuran kinerja proses. Penggambaran rantai pasokan dalam model SCOR mirip dengan tampilan siklus rantai pasokan dibahas dalam bagian ini.



Gambar 14.3 Sub-proses Dalam Setiap Siklus Proses Rantai Pasok

Tergantung pada transaksi yang berkaitan, sub-proses pada Gambar 14.3 dapat diterapkan ke siklus yang sesuai. Contoh praktisnya, ketika pelanggan berbelanja online di Amazon, mereka adalah bagian dalam siklus pemesanan pelanggan siklus dengan pelanggan sebagai pembeli dan Amazon sebagai pemasok. Sebaliknya ketika Amazon memesan buku dari distributor untuk mengisi kembali persediaannya, maka ini adalah bagian dari siklus pengisian ulang dengan Amazon sebagai pembeli dan distributor sebagai pemasok. Dalam setiap siklus, tujuan pembeli adalah memastikan ketersediaan produk dan untuk mencapai skala ekonomi dalam pemesanan. Pemasok mencoba memperkirakan pesanan pelanggan dan mengurangi biaya menerima pesanan. Pemasok kemudian bekerja untuk memenuhi pesanan tepat waktu dan meningkatkan efisiensi dan akurasi proses pemenuhan pesanan. Pembeli kemudian bekerja untuk mengurangi biaya proses penerimaan. Arus balik dikelola untuk mengurangi biaya dan menjaga lingkungan.

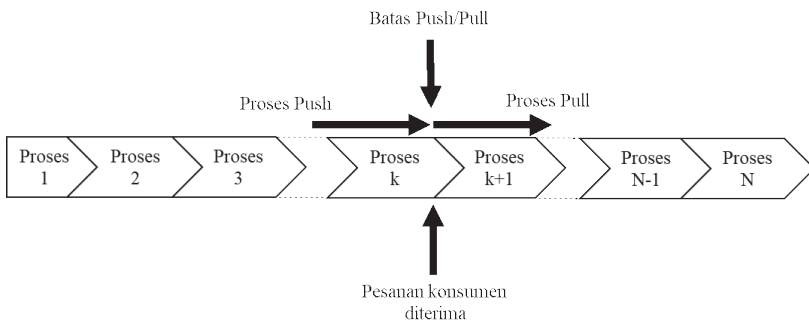
Meskipun setiap siklus memiliki dasar sub-proses yang sama, ada beberapa perbedaan penting di antara siklus tersebut. Dalam siklus pesanan pelanggan, permintaan berada di luar rantai pasokan dan dengan demikian tidak pasti. Dalam semua siklus lainnya, penempatan pesanan tidak pasti tetapi dapat direncanakan berdasarkan kebijakan yang diikuti oleh tahapan rantai pasokan tertentu. Contoh dalam siklus pengadaan, pemasok ban ke produsen otomotif dapat memprediksi permintaan ban secara tepat setelah jadwal produksi di pabrikan diketahui. Perbedaan kedua di siklus berhubungan dengan skala pesanan. Seorang pelanggan membeli mobil tertentu, tetapi dealer memesan berbagai mobil sekaligus dari pabrikan dan pabrikan pada gilirannya memesan lebih banyak lagi jumlah ban dari pemasok. Ketika berpindah dari pelanggan ke pemasok, jumlah pesanan menurun dan ukuran setiap pesanan meningkat. Berbagi informasi dan kebijakan operasi di seluruh tahapan rantai pasokan menjadi sangat penting saat melangkah lebih jauh dari pelanggan akhir.

Penggambaran proses rinci rantai pasokan dalam bentuk siklus berguna ketika mempertimbangkan keputusan operasional karena secara

jelas menentukan peran masing-masing bagian rantai pasokan. Bentuk siklus digunakan dalam sistem perencanaan sumber daya perusahaan (*Enterprise Resource Planning, ERP*) untuk mendukung operasi rantai pasokan.

2. Bentuk Push/Pull Proses Rantai Pasok

Semua proses dalam rantai pasokan menerapkan salah satu dari dua kategori yang ada, tergantung waktu pemenuhan atau respon terhadap permintaan pelanggan akhir. Dengan proses *pull* (tarik), respon dimulai ketika ada pesanan pelanggan. Dengan proses *push* (tekan), respon dimulai di depan untuk mengantisipasi pesanan pelanggan berdasarkan *forecast* (ramalan). Proses *pull* juga dapat disebut sebagai proses reaktif karena mereka bereaksi terhadap permintaan pelanggan. Proses *push* juga dapat disebut sebagai proses spekulatif karena responnya berdasarkan spekulasi (ramalan) bukan aktual permintaan. Batas *push/pull* dalam rantai pasokan memisahkan proses *push* dari proses *pull* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.4. Proses *push* beroperasi dalam lingkungan yang tidak pasti karena permintaan pelanggan belum diketahui. Proses *pull* beroperasi di lingkungan di mana permintaan pelanggan diketahui. Namun kedua proses ini sering terkendala oleh keputusan penentuan persediaan dan kapasitas yang dibuat dalam fase *push*. Penerapan proses *push* dan *pull* dalam suatu rantai pasokan bisa berbeda siklusnya karena proses bisnis yang berbeda.



Gambar 14.4 Batas *Push/Pull* Dalam Rantai Pasok

Bentuk *push/pull* dalam rantai pasokan sangat berguna saat mempertimbangkan keputusan strategis berkaitan dengan desain rantai pasokan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi batas *push/pull* yang tepat sehingga rantai pasokan sesuai dengan penawaran dan permintaan yang efektif.

Industri cat merupakan contoh yang baik dalam memperoleh keuntungan lewat penyesuaian batas *push/pull*. Pembuatan cat membutuhkan produksi dasar, pencampuran warna yang sesuai, dan pengepakan. Sampai tahun 1980-an, semua proses ini dilakukan di pabrik-pabrik besar, dan kaleng cat dikirim ke toko-toko. Hal ini memenuhi persyaratan sebagai proses *push*, dimana dilakukan perkiraan dalam mengantisipasi permintaan pelanggan. Ketidakpastian permintaan menyebabkan rantai pasokan cat mengalami kesulitan besar dalam menyesuaikan pasokan dan permintaan. Pada tahun 1990-an, rantai pasokan cat direstrukturisasi sehingga pencampuran warna dilakukan di toko ritel setelah pelanggan mengkonfirmasi pesanan. Dengan kata lain, pencampuran warna dipindahkan dari fase *push* ke fase *pull* dalam rantai pasokan meskipun persiapan dasar dan pengemasan kaleng masih dilakukan dalam fase *push*. Hasilnya adalah pelanggan selalu bisa mendapatkan warna pilihan mereka, sedangkan total persediaan cat di seluruh rantai pasokan menurun.

3. Proses Makro Rantai Pasok di Perusahaan

Semua proses rantai pasokan dapat dikelompokkan ke dalam tiga proses makro sebagai berikut:

- a. Manajemen hubungan konsumen (*Customer Relationship Management, CRM*): semua proses yang berkaitan dengan hubungan antara perusahaan dan pelanggannya
- b. Manajemen rantai pasokan internal (*Internal Supply Chain management, ISCM*): semua proses internal perusahaan
- c. Manajemen hubungan pemasok (*Supplier Relationship Management, SRM*): semua proses yang berkaitan dengan hubungan antara perusahaan dan pemasoknya

Ketiga proses makro ini mengatur aliran informasi, produk, dan dana yang dibutuhkan untuk menghasilkan, menerima, dan memenuhi permintaan pelanggan. Proses makro CRM bertujuan untuk menghasilkan permintaan pelanggan dan memfasilitasi penempatan dan pelacakan pesanan. Proses ini termasuk proses pemasaran, penetapan harga, penjualan, manajemen pesanan, dan manajemen *call center*. Di suatu industri distribusi, proses CRM mencakup persiapan katalog dan materi pemasaran lainnya, pengelolaan website, dan pengelolaan *call center* yang memesan dan memberikan layanan. Proses makro ISCM bertujuan untuk memenuhi permintaan yang dihasilkan oleh proses CRM secara tepat waktu dan dengan biaya serendah mungkin. Proses ISCM meliputi perencanaan produksi internal dan kapasitas penyimpanan, persiapan perencanaan permintaan dan pasokan, dan pemenuhan pesanan yang sebenarnya. Di industri distribusi, proses ISCM mencakup perencanaan untuk lokasi dan ukuran gudang, memutuskan produk mana yang akan dibawa di setiap gudang, mempersiapkan kebijakan manajemen persediaan, maupun pengambilan, pengepakan, dan pengiriman pesanan yang sebenarnya. SRM proses makro bertujuan untuk mengatur dan mengelola sumber pasokan untuk berbagai barang dan jasa. Proses SRM meliputi evaluasi dan pemilihan pemasok, negosiasi bentuk pasokan, maupun komunikasi mengenai produk dan pesanan baru dengan pemasok. Di industri distribusi, proses SRM meliputi pemilihan pemasok untuk berbagai produk, negosiasi harga dan bentuk pengiriman dengan pemasok, berbagi perencanaan permintaan dan pasokan dengan pemasok, dan penempatan pesanan pengisian ulang.

Ketiga proses makro ditujukan untuk melayani pelanggan yang sama. Agar rantai pasokan berhasil, maka sangat penting untuk ketiga proses makro terintegrasi dengan baik. Struktur organisasi perusahaan memiliki pengaruh yang kuat terhadap keberhasilan atau kegagalan upaya integrasi. Di banyak perusahaan, pemasaran bertanggung jawab atas proses makro CRM, manufaktur menangani proses makro ISCM, dan pembelian mengawasi proses makro SRM dengan sedikit komunikasi di antara mereka. Kurangnya integrasi ini merusak kemampuan rantai

pasokan dalam menyesuaikan penawaran dan permintaan secara efektif yang menyebabkan pelanggan tidak puas dan biaya menjadi tinggi. Dengan demikian, perusahaan harus menyusun rantai pasokan organisasi yang mencerminkan proses makro dan memastikan komunikasi maupun koordinasi yang baik di antara pemilik proses yang berinteraksi satu sama lain.

BAB 15

Perencanaan Sumber Daya Perusahaan (ERP)

A. PENDAHULUAN

1. Definisi ERP

Sistem ERP (*Enterprise Resource Planning*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola data perusahaan. Sistem ERP membantu organisasi menangani rantai pasokan, penerimaan, manajemen persediaan, manajemen pesanan konsumen, perencanaan produksi, pengiriman, akuntansi, manajemen sumber daya manusia, dan fungsi bisnis lainnya (Somers dan Nelson, 2003).

Menurut Deloitte Consulting, sistem ERP adalah suatu paket bisnis sistem perangkat lunak yang memungkinkan perusahaan untuk mengotomatisasi dan mengintegrasikan sebagian besar proses bisnisnya, membagi data digunakan secara bersama dan menerapkannya di seluruh perusahaan, dan menghasilkan dan mengakses informasi dalam kondisi yang aktual. Sistem ERP berbeda dengan sistem lama di organisasi, dimana penggunaan ERP untuk mengintegrasikan informasi di seluruh perusahaan dalam mendukung kegiatan keuangan, sumber daya manusia, manufaktur, logistik, maupun fungsi penjualan dan pemasaran (Shanks, Seddon, dan Willcocks, 2003). Sistem ERP menyediakan database perusahaan dimana semua transaksi bisnis dimasukkan, diproses, dipantau, dan dilaporkan.

Salah satu masalah paling menantang yang terkait dengan sistem ERP adalah bahwa perangkat lunak memaksakan proses pada organisasi yang mengimplementasikannya. Masalah apakah akan melakukan modifikasi atau tidak merupakan tantangan signifikan yang harus dihadapi oleh setiap organisasi yang menerapkan ERP.

Untuk menjadi kompetitif, organisasi harus meningkatkan penerapan bisnisnya dan berbagi informasi dengan pemasok, distributor, dan pelanggan. Sistem ERP memperkenalkan penerapan terbaik yang didefinisikan sebagai cara terbaik untuk melakukan suatu proses. Kesalahan terbesar yang dilakukan dalam menerapkan ERP terutama di industri manufaktur adalah merancang ulang sistem baru untuk diterapkan di kondisi yang lama.

2. Evolusi ERP

Pada 1960-an, sebagian besar paket perangkat lunak membantu dalam kemampuan pengendalian persediaan. Sistem perencanaan kebutuhan bahan (*Material Requirement Planning, MPR*) yang diperkenalkan pada 1970-an diperoleh berdasarkan jadwal produksi induk (*Master Production Schedule, MPS*) dan file kebutuhan bahan (*Bill of Material, BOM*) yang berisi daftar bahan yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap item (lihat Tabel 15.1). Sistem MRP selanjutnya dikembangkan dengan menambahkan perangkat dalam perencanaan penjualan, proses pesanan pelanggan, dan perencanaan kapasitas mesin yang memberikan input dalam penjadwalan produksi yang dikenal sebagai MRP rangkaian tertutup (Somers dan Nelson, 2003). Pada 1980-an, sistem MRPII memasukkan sistem akuntansi keuangan bersama dengan sistem manufaktur dan manajemen bahan (Somers and Nelson, 2003).

Tabel 15.1 Sejarah Evolusi Sistem ERP

Jenis Sistem	Tahun Penerapan	Tujuan	Sistem
Sistem Titik Pemesanan Ulang (Re-order Point)	1960-an	- Menggunakan data sebelumnya untuk meramalkan peramalan persediaan ke depan	- Dirancang untuk mengelola volume produksi yang tinggi dengan sedikit produk dan permintaan yang konstan

Jenis Sistem	Tahun Penerapan	Tujuan	Sistem
		<ul style="list-style-type: none"> - Ketika suatu item dibawah jumlah yang ditentukan, maka persediaan tambahan dipesan 	<ul style="list-style-type: none"> - Fokus pada biaya
Sistem Perencanaan Kebutuhan Material (MRP)	1970-an	Menawarkan pendekatan berbasis permintaan dalam perencanaan manufaktur untuk persediaan produk dan pesanan	<ul style="list-style-type: none"> - Fokus pada pemasaran - Penekanan yang lebih besar pada integrasi produksi dan perencanaan
Sistem Perencanaan Sumber Daya Manufaktur (MRP II)	1980-an	<ul style="list-style-type: none"> - Menambahkan perencanaan kapasitas - Dapat menjadwalkan dan memantau pelaksanaan perencanaan produksi 	<ul style="list-style-type: none"> - Fokus pada mutu - Strategi manufaktur fokus pada pengendalian proses, mengurangi biaya overhead, dan laporan biaya secara rinci
Sistem MRP II dalam Penerapan Manufaktur	1990-an	<ul style="list-style-type: none"> - Menyediakan kemampuan untuk menyesuaikan jadwal produksi untuk memenuhi kebutuhan konsumen - Menyediakan umpan balik terkait kegiatan di area produksi 	Fokus pada kemampuan menghasilkan dan menyesuaikan produk dan jasa baru pada suatu waktu tertentu untuk memenuhi kebutuhan khusus konsumen

Jenis Sistem	Tahun Penerapan	Tujuan	Sistem
Sistem Perencanaan Sumber Daya Perusahaan (ERP)	Akhir 1990-an dan seterusnya	<ul style="list-style-type: none"> - Mengintegrasikan proses manufaktur dan rantai pasokan di seluruh perusahaan - Dirancang untuk mengintegrasikan proses bisnis perusahaan untuk menghasilkan arus informasi yang lancar dari pemasok, melalui manufaktur sampai distribusi ke pelanggan/konsumen 	Mengintegrasikan data pemasok, manufaktur, dan konsumen melalui suatu rantai pasok

MRPII menjadi jalan menuju sistem bisnis terintegrasi yang mengembangkan kebutuhan bahan dan kapasitas produksi dan menerjemahkan kebutuhan ini ke dalam informasi keuangan. Pada 1990-an, sistem ERP menyediakan integrasi tanpa batas dari semua arus informasi di perusahaan termasuk akuntansi keuangan, sumber daya manusia, manajemen rantai pasokan, dan informasi pelanggan (Somers dan Nelson, 2003).

3. Pendekatan Sistem Terintegrasi

Sistem ERP menekankan pendekatan sistem terintegrasi dengan menetapkan seperangkat aplikasi yang mendukung operasi bisnis. Suksesnya implementasi dari suatu sistem ERP biasanya membutuhkan rekayasa ulang proses bisnis agar lebih selaras dengan perangkat lunak ERP (Brown dan Vessey, 2003; Dahlen dan Elfsson, 1999). Kustomisasi yang terbatas memudahkan untuk meningkatkan perangkat lunak ERP

versi baru yang meningkat sepanjang waktu. Sistem ERP mengatasi ketidakefisienan sistem yang terpisah dan data yang tidak terintegrasi dengan menyediakan data terintegrasi untuk mendukung beberapa fungsi bisnis seperti ditunjukkan di tabel 15.2.

Tabel 15.2 Sebelum dan Sesudah ERP: Sudut Pandang Sistem

Permasalahan	Sebelum ERP	Sesudah ERP
Sistem Informasi	Sistem berdiri sendiri	Sistem terintegrasi
Koordinasi	Kurangnya koordinasi diantara fungsi-fungsi bisnis	Mendukung koordinasi di semua fungsi bisnis
Database	<ul style="list-style-type: none"> - Data tidak terintegrasi - Data memiliki arti yang berbeda - Definisi data tidak konsisten 	<ul style="list-style-type: none"> - Data terintegrasi - Data memiliki arti yang sama bagi setiap fungsi
Perawatan	<ul style="list-style-type: none"> - Perawatan sistem secara individu - Hasil tidak konsisten - Membutuhkan biaya besar 	<ul style="list-style-type: none"> - Perawatan seragam - Perubahan memengaruhi keseluruhan sistem
Interface	Sulit untuk mengelola interface di setiap sistem	Interface sama di semua sistem
Informasi	Berubah-ubah, informasi tidak konsisten	Informasi konsisten sesuai waktu
Sistem Arsitektur	Pada umumnya tidak canggih	Tergantung kepada model server klien
Proses	Proses tidak sesuai	Bisnis proses jonsisten yang didasarkan pada model informasi
Aplikasi	Aplikasi yang terpisah	Aplikasi tunggal untuk setiap fungsi dan proses

B. MANFAAT BISNIS DENGAN ERP

Dari sudut pandang bisnis secara keseluruhan, sistem ERP menghasilkan sejumlah tujuan penting termasuk memaksimalkan hasil informasi, meminimalkan waktu respons kepada pelanggan dan pemasok, mendorong pengambilan keputusan ke tingkat terendah, dan memberikan informasi kapanpun kepada pengambil keputusan. Manfaat sistem ERP sistem yang paling penting adalah mengintegrasikan informasi di seluruh rantai pasokan. Dari sudut pandang bisnis, berbagai manfaat ini berarti pengurangan biaya, pengurangan persediaan, dan peningkatan kinerja operasi seperti ditunjukkan di Tabel 15.3.

Tabel 15.3 Sebelum dan Sesudah ERP: Sudut Pandang Bisnis

Permasalahan	Sebelum ERP	Sesudah ERP
Waktu Siklus	Mahal	Pengurangan waktu dan biaya dari proses bisnis
Proses Transaksi	Berbagai transaksi menggunakan berbagai file data	Transaksi lebih cepat dengan data yang sama serta mengurangi waktu dan biaya dalam memperbaharui berbagai transaksi
Manajemen Keuangan	<ul style="list-style-type: none">- Peningkatan biaya karena kelebihan persediaan- Biaya keterlambatan dalam akun penerimaan	Peningkatan kinerja operasional karena minimalnya biaya yang tidak perlu
Proses Bisnis	Proliferasi proses terfragmentasi dengan upaya duplikasi	<i>Re-engineering</i> terkait model bisnis yang sesuai dengan penerapan terbaik

Permasalahan	Sebelum ERP	Sesudah ERP
Produktivitas	Kurang responsif terhadap konsumen dan pemasok	Peningkatan dalam manajemen keuangan dan pelayanan konsumen
Manajemen Rantai Pasok	Kurang terintegrasi	Terhubung dengan pemasok dan konsumen
<i>e-Business</i>	Dukungan <i>interface</i> berbasis web mengisolasi sistem dan komponennya	<i>Interface</i> berbasis web dari awal sampai akhir merupakan sistem terintegrasi
Informasi	Kurangnya informasi taktis dalam pemantauan dan pengendalian yang efektif terhadap sumber daya organisasi	<ul style="list-style-type: none"> - Memungkinkan akses lintas fungsi ke data yang sama dalam perencanaan dan kontrol. - Memberikan ketersediaan informasi secara luas
Komunikasi	Kurang efektifnya komunikasi dengan konsumen dan pemasok	Memfasilitasi komunikasi organisasi dengan konsumen dan pemasok

Sistem ERP dirancang untuk memberikan keuntungan bisnis dalam penjualan dan distribusi, manufaktur, biaya, layanan lapangan, dan akuntansi. Manfaat ERP mencakup informasi yang tepat waktu, peningkatan interaksi di seluruh perusahaan, dan peningkatan manajemen pesanan. Dalam penjualan, peningkatan efisiensi berdampak pada kemampuan untuk memberikan penawaran yang lebih rendah, berkurangnya waktu pemesanan (*lead time*), dan meningkatkan respons keseluruhan terhadap kebutuhan pelanggan. Dalam manufaktur, rekayasa yang terhad (*engineering*) berarti desain dan produksi produk lebih cepat. Dalam

layanan lapangan, data tentang riwayat layanan pelanggan dan suku cadang dalam garansi tersedia untuk menunjukkan biaya yang akurat. Pemasok dibayar lebih cepat karena sistem akun hutang responsnya cepat dan akurat. Secara keseluruhan, tingkat keunggulan operasional di seluruh bisnis dioptimalkan, dari pesanan pelanggan hingga distribusi dan layanan.

Manfaat nyata ERP yang meliputi tingkat persediaan yang lebih rendah, peningkatan pengiriman tepat waktu, dan penurunan siklus tutup buku keuangan. Disamping penghematan dan efisiensi langsung dalam uang, seperti pengurangan biaya pengadaan dan peningkatan hasil produksi, sistem ERP memberikan manfaat yang tidak langsung dalam bentuk uang, seperti peningkatan penjualan dan pendapatan, peningkatan margin keuntungan, dan peningkatan produktivitas. ERP bisa mempercepat proses bisnis, mengurangi waktu siklus, dan mengurangi biaya proses bisnis, seperti pemeriksaan kredit.

Sistem ERP menawarkan banyak keuntungan dari sudut pandang sistem, seperti menghilangkan sistem lama yang menyimpan data yang tidak bermanfaat dan menyebabkan fragmentasi. Sistem yang terintegrasi memberikan informasi bersama di seluruh organisasi dan informasi ini dapat digunakan untuk memantau kinerja bisnis. Sistem ERP juga merupakan dasar untuk *e-business* karena mereka menyediakan fungsi *back-office* yang memungkinkan pelanggan untuk menempatkan dan melacak pesanan melalui web. Aplikasi tambahan seperti *Customer Relationship Management (CRM)* mengandalkan dasar ERP.

Motivasi dalam menerapkan ERP di berbagai negara, seperti mengganti sistem lama, kebutuhan akan standarisasi, pentingnya memperoleh keunggulan kompetitif, dan kebutuhan untuk meningkatkan interaksi dengan pemasok dan pelanggan.

C. MODUL ERP

Beberapa vendor ERP termasuk SAP, Oracle, dan Peoplesoft mendukung fungsi utama dalam bisnis, seperti proses pesanan penjualan, pembelian, perencanaan produksi, akuntansi keuangan, akuntansi

manajemen, dan sumber daya manusia seperti ditunjukkan di tabel 15.4. Sebagian besar perusahaan menerapkan paket ERP tunggal daripada memilih modul yang berbeda dari vendor ERP yang berbeda.

Tabel 15.4 Modul ERP Yang Disediakan Berbagai Vendor

Fungsi	SAP	Oracle	PeopleSoft
Proses pesanan penjualan	<i>Sales and Distribution (SD)</i>	<i>Marketing Sales Supply Chain</i>	<i>Supply Chain Management</i>
Pengadaan	<i>Material Management (MM)</i>	<i>Procurement</i>	<i>Supplier Relationship Management</i>
Perencanaan produksi	<i>Production Planning (PP)</i>	<i>Manufacturing</i>	
Akuntansi keuangan	<i>Financial Accounting (FA)</i>	<i>Financials</i>	<i>Financial Management System</i>
Pengelolaan akuntansi	<i>Controlling (CO)</i>		
Sumber daya manusia	<i>Human Resources (HR)</i>	<i>Human Resources</i>	<i>Human Capital Management</i>

D. PILIHAN-PILIHAN DALAM PERANCANGAN ERP

Dalam mengevaluasi ERP, sebagian besar organisasi mempertimbangkan beberapa pilihan desain dan masing-masing pilihan ini memiliki biaya tersendiri serta kelebihan dan kekurangannya sendiri. Suatu implementasi ERP *vanilla* yang merupakan implementasi lengkap dari vendor sistem ERP adalah mahal dan memakan waktu tetapi menawarkan manfaat dari integrasi total dan rekayasa ulang proses bisnis. Implementasi modul ERP yang dipilih, seperti modul keuangan dan akuntansi akan lebih murah dan tidak memakan waktu tetapi tidak memiliki manfaat dari integrasi total data di beberapa area fungsional dari bisnis. Pilihan ini lebih murah tetapi manfaatnya tidak terlalu besar.

Membangun sistem ERP secara *in-house* adalah pilihan yang paling memakan waktu dan mahal, serta menimbulkan risiko yang cukup besar. Keuntungan dari pendekatan ini adalah bahwa organisasi dapat membangun sistem perangkat lunak berdasarkan proses uniknya sendiri, dan perangkat lunaknya tidak akan dibagikan dengan pesaingnya seperti pilihan ERP *vanilla*. Namun, manajemen dapat berargumen bahwa proses operasional, seperti akuntansi keuangan, perencanaan produksi, dan manajemen material tidak selalu memberikan keunggulan kompetitif dan investasi besar dalam pengembangan dan penerapan sistem yang kustomisasi tidak diperlukan.

Pilihan yang lain adalah tetap mempertahankan sistem yang lama yang sedang digunakan, tetapi masalah yang dihadapi dalam pendekatan ini adalah organisasi menjadi tidak kompetitif dengan tidak menerapkan sistem ERP ketika pesaing melakukannya. Suatu sistem ERP dikembangkan berdasarkan rekayasa ulang proses bisnis yang merupakan penerapan terbaik dan memberikan keuntungan dari integrasi dan standarisasi data. Dengan menerapkan ERP, sebuah organisasi dapat bersaing dengan para pesaingnya.

Berdasarkan sejumlah faktor, termasuk integrasi data, efektivitas biaya, lingkungan kompetitif, dampak bisnis, dan waktu, maka sebagian besar organisasi menyimpulkan implementasi ERP *vanilla* atau implementasi ERP parsial lebih disukai daripada pengembangan *in-house* atau memelihara sistem yang lama.

E. KASUS BISNIS DALAM PENERAPAN ERP

Suatu organisasi memutuskan untuk menerapkan sistem ERP karena adanya manfaat yang nyata dalam bentuk uang dan tidak langsung kelihatan tetapi berdampak positif bagi organisasi. Salah satu manfaat nyata yang diperoleh dari penerapan sistem ERP adalah pengurangan persediaan disamping pengurangan personel, peningkatan produktivitas, peningkatan manajemen pesanan, pengurangan siklus tutup buku finansial, pengurangan biaya IT, pengurangan biaya pengadaan, peningkatan manajemen cash, peningkatan keuntungan atau pendapatan, penurunan

biaya transportasi/logistik, pengurangan perawatan, dan peningkatan pengiriman secara *online*.

Dalam hal manfaat yang tidak langsung kelihatan, ketersediaan informasi merupakan faktor yang paling penting disamping faktor yang lain. Informasi dapat memungkinkan manajer untuk membuat keputusan yang lebih baik tentang bagaimana mengalokasikan sumber daya secara efektif. Selain itu, peningkatan respon terhadap pelanggan, proses integrasi, dan peningkatan fleksibilitas yang meskipun tidak kelihatan tetapi dapat menghasilkan manfaat yang nyata karena mereka menempatkan organisasi pada posisi yang lebih baik untuk memenangkan kontrak dan menghasilkan peningkatan pendapatan dengan pengurangan biaya.

1. Analisa Biaya-Manfaat Dalam Penerapan ERP

Keputusan untuk menerapkan sistem ERP adalah keputusan investasi bisnis, sama dengan keputusan untuk membangun gudang baru, mempekerjakan eksekutif baru, atau berinvestasi dalam program pelatihan. Dengan demikian, keputusan investasi dalam ERP harus menciptakan manfaat bisnis yang terukur yang menjadi dasar persetujuan biaya akuisisi dan biaya penerapan sistem. Manfaat bisnis ERP termasuk merampingkan proses bisnis, menyediakan akses berbasis *web* ke sumber daya informasi, mengurangi persediaan dan personel, dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan. Biaya pelaksanaan suatu ERP meliputi perangkat keras, perangkat lunak, dukungan teknis, manajemen proyek, komitmen tim internal, konsultan eksternal, dan pelatihan

Salah satu metode untuk melakukan analisis biaya-manfaat dari proyek ERP adalah dengan menggunakan nilai sekarang netto (*Net present Value*, NPV). NPV mempertimbangkan nilai uang pada suatu waktu tertentu. Misalnya kita berinvestasi \$1.000.000 dengan asumsi tingkat suku bunga 10%, maka kita akan mengharapkan untuk menerima pengembalian minimal sebesar \$1.610.510 dalam lima tahun. Jangka waktu lima tahun adalah cukup untuk mengevaluasi proyek ERP karena minimal tiga tahun akan dihabiskan dalam implementasi yang sebenarnya. Dalam proyek skala besar, jangka waktu untuk mengevaluasi pengembalian pada investasi di ERP mungkin selama sepuluh tahun.

Manfaat tidak kelihatan termasuk peningkatan semangat kerja karyawan, peningkatan kepuasan pelanggan, dan berkurangnya duplikasi pekerjaan dalam merawat banyak *database*, tetapi semua manfaat tidak kelihatan ini tidak dicatat dalam lembar kerja.

2. ERP Memberi Keunggulan Bersaing

Agar pengembalian investasi dalam sistem ERP terealisasi, maka sistem ini harus menghasilkan keunggulan strategis. Di banyak industri, semua perusahaan besar menerapkan sistem ERP. Jika seluruh industri mengadopsi sistem ERP, seperti industri minyak, bahan kimia, produk konsumen, dan komputer, maka dasar untuk mencapai keunggulan bersaing tidak terkait dengan penerapan ERP melainkan bergeser ke penerapan sistem ERP yang lebih baik daripada orang lain. Cara lain untuk mencapai keunggulan bersaing adalah dengan bermigrasi ke versi perangkat lunak baru yang lebih cepat daripada yang dilakukan pesaing.

Sumber lain untuk mendapatkan keunggulan bersaing melalui implementasi ERP adalah untuk menggunakan modul ERP *vanilla* dalam mendukung operasi inti dan untuk membangun modul yang disesuaikan untuk mendukung proses unik yang memberikan keunggulan bersaing. Meningkatnya ketersediaan data operasional dan penggunaan data untuk analisis juga dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan.

Bahkan jika implementasi ERP mungkin tidak memberikan keunggulan bersaing, perusahaan yang tidak menerapkan ERP akan mengalami kerugian bersaing, terutama di industri di mana penerapan ERP tersebar luas. Perusahaan yang menerapkan ERP akan dapat memanfaatkan penerapan terbaik (*best practices*) dalam menjalankan bisnisnya untuk mengurangi waktu siklus, untuk meningkatkan kecepatan dan keakuratan informasi, dan untuk mencapai manajemen keuangan yang lebih baik.

F. TANTANGAN DALAM MENERAPKAN SISTEM ERP

Proyek sistem ERP melibatkan waktu dan biaya yang cukup besar, dan mungkin memerlukan waktu untuk mewujudkan manfaat dari ERP yang kadang-kadang tidak sesuai yang direncanakan diawal.

Keberhasilan penerapan ERP membutuhkan pendekatan yang bertahap dan manfaat ERP mungkin tidak terjadi pada tahap selanjutnya. Markus *et al.* (2000) mengusulkan tiga tahapan, yaitu tahap proyek, tahap penyesuaian (*shakedown*), dan tahap pencapaian hasil (*onward* dan *upward*). Perangkat lunak ERP diperkenalkan selama tahap proyek dan diterapkan ke dalam operasi perusahaan selama tahap penyesuaian. Sebelum sampai ke tahap *onward* dan *upward* di mana modul ERP berhasil diintegrasikan dalam operasi dan organisasi dapat mencapai hasil bisnis yang sebenarnya, seperti pengurangan persediaan.

Parr dan Shanks mengidentifikasi empat tahapan dalam penerapan ERP, yaitu tahap perencanaan, tahap rekayasa ulang (*re-engineering*), tahap perancangan (*design*), serta tahap konfigurasi dan pengujian. *Re-engineering* bisnis dengan perangkat lunak ERP sangat penting dalam suksesnya penerapan ERP. Manfaat ERP diperoleh ketika modul ERP diterapkan dengan baik dan ketika organisasi dapat menggunakan sistem ERP dasar dengan menambahkan modul lanjutan seperti modul manajemen hubungan dengan konsumen (*Customer Relationship Management, CRM*).

DAFTAR PUSTAKA

- Boucly, F. (1998). *Le management de la maintenance. Evolution et mutation*. Afnor.
- Campbell, J. D. (1995). *Uptime. Strategies for excellence in maintenance management*. Productivity Press.
- Campbell, J. D., & Jardine, A. K. S. (2001). *Maintenance excellence: Optimizing equipment life-cycle decisions*. Marcel Dekker.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.
- Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2000). *Planning and control of maintenance systems*. John Wiley and Sons.
- EN 13306:2001. (2001). *Maintenance Terminology. European Standard. CEN (European Committee for Standardization)*.
- Gupta, S, & Starr, M. (2014). *Production and Operations Management Systems*. CRC Press.
- Hitomi, K. (1996). *Manufacturing Systems Engineering 2'nd Ed*. Taylor & Francis
- Marquez, A. C. (2007). *Maintenance Management Framework*. Springer Series in Reliability Engineering.
- Nakajima, S. (1989). *An introduction to TPM*. Productivity Press.
- Palmer, R. D. (1999). *Maintenance Planning and Scheduling*. Mc Graw Hill.

- Salvendy, G. (2001). *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management*. John Wiley and Sons.
- Shenoy, D., & Bhadury, B. (1998). *Maintenance resources management: Adapting MRP*. Taylor and Francis.
- Sumner, M. (2014). *Enterprise Resource Planning*. Pearson Educated Limited.
- Vagliasindi, F. (1989). *Gestire la manutenzione. Perché e come*. Franco Angeli.
- Wireman, T. (1990). *World class maintenance management*. Industrial Press.
- Wireman, T. (1998). *Developing performance indicators for managing maintenance*. Industrial Press.

PROFIL PENULIS



Dr. Ir. Nasar Buntu L, M.M.

Dilahirkan di Rantepao 24 Desember 1973, penulis memiliki pengalaman sebagai praktisi di berbagai industri baik itu industri kertas, manufaktur elektronik, konstruksi lepas pantai dan pertambangan lebih dari 25 tahun di bidang operasional, manajemen perawatan, manajemen proyek, manajemen rantai pasok maupun manajemen strategik serta sebagai dosen profesional di beberapa universitas dan politeknik.

Penulis menyelesaikan studi S1 Teknik Mesin dan Pendidikan Profesi Insinyur (PPI) di UK Petra Surabaya, S2 Manajemen Strategik di Universitas Internasional Batam dan S3 Manajemen Strategik di Universitas Trisakti Jakarta.

Semoga buku ini, yang merepresentasikan latar belakang keilmuan penulis di berbagai industri dalam manajemen operasional dan strategik bisa memberikan manfaat bagi praktisi maupun akademisi termasuk mahasiswa dalam mempelajari manajemen di berbagai industri terkhusus di industri manufaktur.

Penulis

