



BUKU AJAR PERENCANAAN PRODUKSI DAN PENGENDALIAN PERSEDIAAN

Disusun oleh:
M.T. Safirin
Nur Rahmawati
Sumiati
Iriani



GETPRESS INDONESIA

BUKU AJAR
PERENCANAAN PRODUKSI DAN PENGENDALIAN
PERSEDIAAN

Penulis :
M.T. Safirin
Nur Rahmawati
Sumiati
Iriani

ISBN : 978-623-125-948-6

Editor : Diana Purnama Sari, SE., ME.
Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd.

PENERBIT GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022
Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah Padang Sumatera Barat
website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Agustus 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan rahmat dan ridho Allah SWT serta kerja keras, akhirnya penyusunan *Buku Ajar Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan* ini dapat diselesaikan. Salah satu tujuan dari penyusunan buku ajar ini adalah untuk membantu mempermudah pemahaman, khususnya bagi para mahasiswa yang menempuh Mata Kuliah Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Sistem Produksi, maupun mata kuliah lain yang berkaitan.

Dengan selesainya penyusunan *Buku Ajar Perencanaan Produksi dan pengendalian Persediaan* ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan saran dan masukan demi penyempurnaan buku ini. Penulis juga menyadari bahwa buku ajar ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan isi buku ini di masa yang akan datang.

Akhirnya, penulis berharap semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Padang, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Peranan Perencanaan dan Pengendalian Produksi.....	1
1.2 Definisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi (PPC).....	2
1.3 Sifat-Sifat Perencanaan Produksi	3
1.4 Ruang Lingkup Perencanaan dan Pengendalian Produksi.....	7
BAB 2 PERAMALAN	8
2.1 Definisi	8
2.2 Horison Waktu dalam Peramalan	8
2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Peramalan.....	9
2.4 Karakteristik Peramalan Yang Baik	11
2.5 Beberapa Sifat Hasil Peramalan	12
2.6 Ukuran Peramalan.....	12
2.7 Jenis dan Metode Peramalan.....	15
2.8 Model Kualitatif Peramalan	15
2.9 Model Kuantitatif Peramalan.....	17
2.10 Metode-Metode Peramalan.....	19
2.11 Model Winter dengan Pemulusan <i>Trend</i>	25
2.12 Model Peramalan Kausal (Sebab Akibat).....	32
2.13 Uji Verifikasi	35
BAB 3 PERENCANAAN PRODUKSI	41
3.1 Pendahuluan	41
3.2 Metode Perencanaan Produksi Agregat.....	44
3.3 Perencanaan Produksi Disagregat	54
BAB 4 PERSEDIAAN KONVENSIONAL	57
4.1 Pengertian dan Fungsi Persediaan.....	57
4.2 Permasalahan Umum Pengendalian Persediaan.....	59
4.3 Ukuran Kinerja (<i>Performance</i>) Sistem Persediaan.....	60

4.4 Ongkos Sistem Persediaan	62
4.5 Metode-Metode Pengendalian Persediaan	65
4.6 Formula Wilson	68
4.7 Pengaruh Kedatangan Uniform	74
4.8 Pengaruh Potongan Harga Pada Model EOQ.....	76
4.9 Model Persediaan Statis	81
4.10 Model EOQ Banyak Item.....	89
4.11 Model EPQ.....	94
4.12 Model EPQ Banyak Item	99
BAB 5 PERENCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL (MRP) DAN	
TEKNIK <i>LOTING</i>	102
5.1 Pengertian Kebutuhan Material (MRP).....	102
5.2 Prasyarat dan Asumsi.....	103
5.3 Masukan dan Keluaran MRP.....	104
5.4 Langkah Dasar Proses MRP	109
5.5 Teknik <i>Loting</i>	117
BAB 6 MODEL SISTEM PRODUKSI JEPANG.....	129
6.1 Sistem Produksi <i>Just in Time</i>	129
6.2 Implementasi Just In Time (JIT).....	140
DAFTAR PUSTAKA	147
BIODATA PENULIS	150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Tahapan ISiklus IHidup ISuatu IProduk	10
Gambar 2. 2. Faktor-Faktor Iyang IMempengaruhi IPemintaan	11
Gambar 2. 3. Jenis dan Metode Peramalan.....	15
Gambar 2. 4. Pola <i>Trend</i>	18
Gambar 2. 5. Pola Siklus	18
Gambar 2. 6. Pola Musiman / Seasonal	19
Gambar 2. 7. Variasi Acak / <i>Random</i>	19
Gambar 2. 8. Garisiperkiraan IPemintaan ISederhana	29
Gambar 2. 9. Model IRegresi ISederhana.....	33
Gambar 2. 10. Langkah-Langkah Uji Verifikasi	38
Gambar 3. 1. Proses Perencanaan Produksi	41
Gambar 3. 2. Histogram Permintaan dan P_t	47
Gambar 3. 3. Kumulatif permintaan	48
Gambar 4. 1. Bentuk IPersediaan IDalam ISistem Manufaktur	58
Gambar 4. 2. Posisi Persediaan Menurut Model Wilson.....	69
Gambar 4. 3. Grafik Ongkos Total dan ukuran Pemesan Optimal (q_0^*).....	70
Gambar 4. 4. Posisi Persediaan Menurut Model Wilson.....	74
Gambar 4. 5. Situasi persediaan dengan kedatangan uniform.....	75
Gambar 4. 6. Hubungan Bahan (c) dan Kuantitas Bahan (q)	77
Gambar 4. 7. Hubungan antara ongkos total dengan jumlah barang yang dibeli.....	78
Gambar 4. 8. Grafis EOQ Item A.....	89
Gambar 4. 9. Grafis EOQ Item B.....	90
Gambar 4. 10. Grafis EOQ Item C.....	90
Gambar 4. 11. Grafis EOQ Item ($A+B+C$).....	90
Gambar 5. 1. Masukan dan Keluaran MRP	105
Gambar 5. 2. <i>Bill Of Material</i> Produk Kaleng Kemasan	108
Gambar 5. 3. Langkah-langkah Proses PKM	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Peramalan dengan IMA Tiga Bulanan dan I Enam Bulanan.....	20
Tabel 2. 2. Peramalan dengan IMA Tiga Bulanan dan I Enam Bulanan.....	21
Tabel 2. 3. Perbandingan Hasil Peramalan IMA dengan I WMA	22
Tabel 2. 4. Hasil I Peramalan I dengan I Teknik I ES I Sederhana.....	24
Tabel 2. 5. Model Winter dengan <i>Trend</i>	25
Tabel 2. 6. Contohi Perhitungan Indeks Minimum.....	27
Tabel 2. 7. Perhitungan Peramalan Musiman	28
Tabel 2. 8. Data Permintaan	29
Tabel 2. 9. Data Perkiraan Garis <i>Trend</i>	30
Tabel 2. 10. Perkiraan Indeks Musiman.....	31
Tabel 2. 11. Data Rata-Rata	31
Tabel 2. 12. Data Penjualan Kue.....	34
Tabel 2. 13. Data Contoh.....	39
Tabel 2. 14. Data Permintaan Produk AC 3 PK.....	40
Tabel 3. 1. Data Perusahaan ABC	46
Tabel 3. 2. Data Permintaan Kumulatif.....	47
Tabel 3. 3. Konsekuensi Biaya Rencana 1.....	49
Tabel 3. 4. Konsekuensi Biaya Rencana 2.....	50
Tabel 3. 5. Konsekuensi Biaya Rencana 3.....	50
Tabel 3. 6. Frekuensi Biaya Rencana 4	51
Tabel 3. 7. Data Permintaan 4 Periode dan Sumber Daya.....	52
Tabel 3. 8. Penyelesaian.....	53
Tabel 3. 9. Jadwal Induk Produksi.....	53
Tabel 3. 10. Data Tugas 2	56
Tabel 4. 1. Distribusi kemungkinan permintaan barang.....	83
Tabel 4. 2. <i>matriks pay off</i>	83
Tabel 4. 3. Ongkos pada setiap Kejadian.....	84
Tabel 4. 4. <i>Demand</i> setiap <i>pay off</i>	84
Tabel 4. 5. Nilai Ekspetasi Tingkat Pemesanan.....	85
Tabel 4. 6. <i>Demand</i>	86
Tabel 4. 7. Matriks <i>Pay Off</i> Maksimin	86
Tabel 4. 8. Matriks <i>Pay Off</i> Minimaks	87

Tabel 4. 9. <i>Demand</i> (Y)	87
Tabel 4. 10. Nilai Penyesalan Tiap Pesanan.....	88
Tabel 4. 11. Penyesalan Minimak	88
Tabel 4. 12. Data Pembelian.....	93
Tabel 4. 13. Data Perusahaan	100
Tabel 4. 14. Penyelesaian.....	100
Tabel 4. 15. Jumlah Unit Per Siklus	101
Tabel 4. 16. Perhitungan EPQ.....	101
Tabel 5. 1. Contoh Jadwal Induk Produksi	106
Tabel 5. 2. Contoh Status Persediaan Produk A.....	107
Tabel 5. 3. Contoh Proses <i>Netting</i> untuk Produk A.....	111
Tabel 5. 4. Contoh Proses <i>Lotting</i> untuk Produk A	112
Tabel 5. 5. Contoh proses <i>offsetting</i> untuk periode A.....	112
Tabel 5. 6. Proses <i>exploding</i> untuk komponen Kaleng.....	113
Tabel 5. 7. Proses <i>exploding</i> untuk komponen <i>bottom</i>	114
Tabel 5. 8. Matriks Kebutuhan Komponen.....	115
Tabel 5. 9. Data Contoh Periode	118
Tabel 5. 10. Teknik <i>Lotting</i> FOQ.....	118
Tabel 5. 11. Teknik <i>Lotting</i> EOQ.....	119
Tabel 5. 12. Teknik <i>Lotting</i> LFL.....	119
Tabel 5. 13. Teknik <i>Lotting</i> POQ.....	120
Tabel 5. 14. Teknik <i>Lotting</i> FPR.....	121
Tabel 5. 15. Teknik <i>Lotting</i> LUC	122
Tabel 5. 16. Teknik <i>Lotting</i> LTC.....	123
Tabel 5. 17. Hasil Perhitungan LTC.....	123
Tabel 5. 18. Hasil Teknik <i>Lotting</i> dengan LTC	124
Tabel 5. 19. Teknik <i>Lotting</i> PBB <i>Look Ahead</i>	124
Tabel 5. 20. Teknik <i>Lotting</i> PBB <i>Look Back</i>	125
Tabel 5. 21. Data Matriks Operasi.....	126
Tabel 5. 22. Data <i>Job</i>	128

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Peranan Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Keuntungan, keberlanjutan, dan pertumbuhan bisnis biasanya menjadi prioritas utama perusahaan. Di sisi lain, bisnis harus memenuhi kriteria pelanggan tertentu. Kualitas yang baik, harga yang terjangkau, pengiriman yang cepat dan tepat waktu, serta produk yang fleksibel dan beragam biasanya menjadi hal yang diinginkan konsumen. Bisnis harus mampu merencanakan dan mengawasi produksi sambil mempertimbangkan tujuan produsen dan pelanggan.

Merencanakan dasar-dasar aliran material dan prosedur produksi merupakan tujuan umum dari perencanaan dan pengendalian produksi untuk menghasilkan barang yang diperlukan sesuai jadwal dan dengan biaya serendah mungkin. Tujuannya juga untuk mengendalikan dan menganalisis organisasi dan koordinasi material, mesin, peralatan, sumber daya manusia, dan tindakan lain yang diperlukan. Untuk mencapai tujuan organisasi, koordinasi manajemen yang efektif yaitu, menyatukan berbagai departemen dan aktivitas di dalam perusahaan diperlukan. Hal ini mendorong kolaborasi yang kuat di seluruh departemen penjualan, teknik, akuntansi, dan pembelian. Untuk memastikan kelancaran dan efisiensi operasi proses

produksi hingga penjualan, semua komponen ini berfungsi sebagai tim yang kohesif.

Diharapkan perencanaan dan pengendalian produksi yang berhasil dan efisien akan membantu bisnis dalam memproduksi barang atau jasa. Hal ini terbukti dari uraian di atas, yang menyoroti pentingnya perencanaan dan pengendalian produksi dalam suatu bisnis.

1.2 Definisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi (PPC)

Perencanaan dan pengendalian produksi adalah proses pengelolaan dan pengaturan aliran material yang masuk, diproses, dan keluar dari sistem operasional atau produksi. Tujuannya adalah untuk memenuhi permintaan pasar dalam jumlah yang tepat, sesuai jadwal, dan efektif, dengan waktu pengiriman yang ideal dan biaya produksi serendah mungkin. Berdasarkan kriteria yang diberikan di atas, pekerjaan IPPCI secara garis besar dapat dikategorikan ke dalam dua kategori yang saling terkait, yaitu:

Perencanaan Produksi dan Pengendalian Produksi

Langkah awal dalam menentukan apa yang perlu dilakukan di masa mendatang, termasuk jenis kegiatan, kuantitas yang harus dilakukan, dan tanggal pelaksanaan, adalah perencanaan produksi. Semua proses harus berjalan sesuai arahan dan persyaratan. Karena perencanaan berkaitan dengan kejadian di masa mendatang, perencanaan disiapkan menggunakan estimasi berdasarkan berbagai asumsi dan fakta historis. Perencanaan tidak selalu memberikan hasil yang diinginkan, karena merupakan proses prediktif. Untuk

memastikan bahwa arah dan hasil tetap sesuai dengan tujuan, setiap rencana harus ditinjau secara berkala menggunakan prosedur pengendalian. Pengendalian, di sisi lain, adalah proses untuk memastikan bahwa rencana dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan sehingga tujuan dapat dicapai dengan sukses dan ekonomis.

1.3 Sifat-Sifat Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi memiliki sejumlah sifat, antara lain: berjangka waktu, berjenjang, terpadu, berkelanjutan, terukur, realistis, akurat, serta menantang. Penjelasan lebih lanjut sebagai berikut:

1. Berjangka Waktu

Dalam proses perencanaan produksi, umumnya terdapat tiga jenis perencanaan yang dibedakan berdasarkan rentang waktu, yaitu:

1. Perencanaan Produksi Jangka Panjang
2. Perencanaan Produksi Jangka Menengah
3. Perencanaan Produksi Jangka Pendek

a. Berjenjang

Pembuatan rencana produksi tidak bisa dibuat sekali lalu dianggap cukup untuk selamanya. Proses perencanaan ini perlu dilakukan secara berkelanjutan dan bertingkat. Maksudnya, perencanaan dimulai dari level yang lebih strategis atau tinggi, kemudian dijabarkan secara lebih detail ke level yang lebih operasional. Dengan begitu, perencanaan di tingkat bawah akan sejalan dan mendukung perencanaan di

tingkat atas. Pengelompokkan perencanaan atas jangka waktu diatas, maka dapat kita jelaskan secara lebih mendalam sebagai berikut:

Perencanaan produksi jangka panjang. Perencanaan produksi jangka panjang biasanya melihat 5 tahun atau lebih kedepan. Perencanaan produksi jangka panjang berhubungan dengan efek apa yang akan muncul dimasa mendatang terhadap tujuan sistem dan tindakan apa yang diperlukan dalam menyesuaikan terhadap perubahan tersebut, misalnya dengan pengembangan produk baru, pelayanan yang lebih baik, teknologi proses yang baru dan lokasi baru.

Perencanaan produksi jangka menengah (perencanaan agregat). Perencanaan agregat biasanya mencakup jangka waktu hingga 12 bulan ke depan dan disusun berdasarkan kerangka atau arahan yang telah ditentukan dalam perencanaan produksi jangka panjang. Dengan kata lain, perencanaan ini menjadi jembatan antara strategi jangka panjang dan langkah-langkah operasional yang lebih rinci.

Perencanaan produksi jangka pendek. Perencanaan produksi jangka pendek biasanya mencakup waktu kurang dari satu bulan, dan fokus utamanya adalah menyusun jadwal produksi yang detail untuk memastikan proses produksi berjalan lancar setiap harinya.

b. Terpadu

Bahan baku, mesin, tenaga kerja, dan waktu hanyalah beberapa komponen penting yang masuk dalam perencanaan produksi. Semua faktor ini harus dikelola dengan baik dan disesuaikan agar sesuai dengan kebutuhan yang sudah direncanakan, sehingga target produksi yang telah ditetapkan berdasarkan perkiraan dapat tercapai dengan maksimal. Setiap faktor tersebut tidak perlu direncanakan secara terpisah, apalagi mengingat keterbatasan yang mungkin dimiliki oleh masing-masing bagian dalam perusahaan. Sebaliknya, semua perencanaan harus mengacu pada satu rencana produksi terpadu yang menyatukan berbagai aspek tersebut. Selain itu, rencana produksi ini juga harus selaras dan terhubung dengan rencana-rencana lain yang berpengaruh langsung, seperti jadwal pemeliharaan, pengelolaan tenaga kerja, pengadaan bahan baku, dan hal-hal terkait lainnya. Dengan begitu, semua proses bisa berjalan lebih sinkron dan mendukung pencapaian tujuan bersama.

c. Berkelanjutan

Perencanaan produksi dibuat untuk jangka waktu tertentu yang menjadi masa berlakunya. Setelah periode itu berakhir, perlu disusun rencana baru untuk periode berikutnya. Rencana baru ini sebaiknya dibuat dengan mempertimbangkan hasil evaluasi dari rencana sebelumnya melihat apa yang sudah tercapai, apa yang belum terlaksana, serta bagaimana hasil tersebut dibandingkan dengan target yang telah ditetapkan. Dengan cara ini, rencana baru akan menjadi kelanjutan

dan pengembangan dari rencana sebelumnya, sehingga proses produksi dapat terus berjalan lebih baik dan terarah.

d. Terukur

Saat proses produksi berjalan, pelaksanaan rencana produksi selalu dipantau agar bisa diketahui apakah ada penyimpangan dari apa yang telah direncanakan. Untuk bisa mendeteksi penyimpangan tersebut, rencana produksi harus menetapkan standar atau batasan yang menjadi acuan. Standar ini biasanya berupa target produksi yang bisa diukur dalam berbagai satuan, seperti jumlah unit produk, kilogram, lusin, dan lain-lain. Dengan cara ini, perusahaan bisa dengan cepat mengetahui apakah produksi berjalan sesuai rencana atau perlu dilakukan penyesuaian.

e. Realistik

Rencana produksi yang dibuat harus dimodifikasi untuk mencerminkan keadaan bisnis yang sebenarnya. Dengan cara ini, tujuan yang dibuat menjadi lebih dapat dicapai dan realistis mengingat keadaan dan sumber daya pada saat rencana tersebut dibuat.

f. Akurat

Perencanaan produksi harus didasarkan pada informasi yang akurat mengenai kondisi internal maupun eksternal perusahaan, agar target produksi yang ditetapkan bisa dipertanggungjawabkan dengan baik. Kesalahan dalam memperkirakan nilai-nilai penting dalam produksi bisa berdampak serius pada

keseluruhan rencana yang dibuat. Oleh karena itu, setiap perhitungan yang berkaitan dengan penentuan variabel produksi harus dilakukan dengan sangat teliti, supaya kesalahan yang sama tidak terulang dan rencana produksi bisa berjalan dengan lebih baik.

g. Menantang

Meskipun rencana produksi perlu disusun seakurat dan serealistis mungkin, bukan berarti target yang ditetapkan harus mudah dicapai tanpa tantangan. Justru, rencana produksi yang baik adalah yang menetapkan target yang menuntut usaha dan kerja keras, sehingga mendorong semua pihak untuk berkomitmen dan berusaha maksimal demi mencapainya.

1.4 Ruang Lingkup Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Secara umum, ruang lingkup perencanaan dan pengendalian produksi meliputi:

- Peramalan permintaan
- Perencanaan produksi, baik secara agregat maupun disagregat
- Perencanaan persediaan dan kebutuhan bahan
- Penyeimbangan lintasan produksi
- Penjadwalan mesin dan fasilitas
- Pengelolaan beban kerja dan kapasitas produksi

BAB 2

PERAMALAN

2.1 Definisi

Peramalan adalah proses untuk memperkirakan kebutuhan di masa depan, yang mencakup berbagai aspek seperti jumlah, kualitas, waktu, dan tempat kebutuhan tersebut harus terpenuhi. Tujuannya adalah agar permintaan terhadap barang atau jasa bisa dipenuhi dengan tepat dan efisien.

Peramalan permintaan menjadi krusial sebagai dasar untuk menciptakan perencanaan produksi yang tepat dan akurat di pasar yang bebas, kompleks, dan dinamis. Oleh karena itu, agar perencanaan produksi dapat berfungsi secara efisien dan sesuai dengan permintaan pasar, diperlukan data peramalan yang tepat.

2.2 Horison Waktu dalam Peramalan

Peramalan dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan horizon waktu, yaitu:

1. Prediksi untuk jangka panjang, biasanya > 3 tahun. Perencanaan sumber daya dan produk memanfaatkan ramalan ini.
2. Peramalan jangka menengah, umumnya $> 1 - 3$ tahun. Peramalan ini biasanya digunakan untuk

menentukan aliran kas, perencanaan produksi, dan penentuan anggaran.

3. Peramalan jangka pendek, umumnya ≤ 1 tahun. Peramalan ini biasanya digunakan untuk mengambil Keputusan dalam hal perlu tidaknya lembur, penjadwalan kerja dan berbagai Keputusan jangka pendek lainnya.

2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Peramalan

Sejumlah elemen yang saling terkait menentukan tingkat permintaan yang ada di pasar. Meskipun perusahaan dapat mengelola beberapa elemen ini, perusahaan tidak dapat mengendalikan banyak elemen. Elemen-elemen ini terdiri dari:

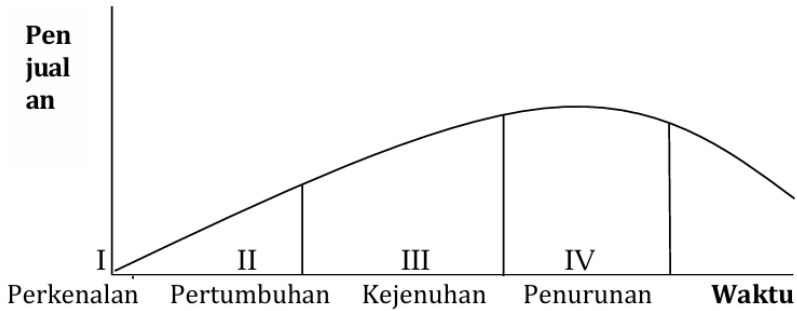
a. Siklus Bisnis

Penjualan suatu produk sangat dipengaruhi oleh tingkat permintaan terhadap produk tersebut. Sementara itu, permintaan sendiri dipengaruhi oleh kondisi perekonomian yang terus bergerak mengikuti siklus bisnis, mulai dari masa inflasi, resesi, depresi, hingga fase pemulihan.

b. Siklus Hidup Produk

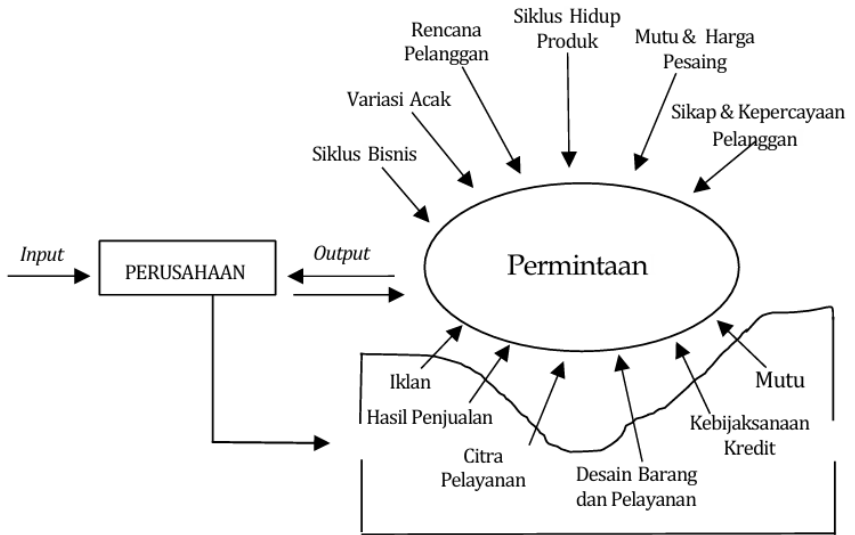
Siklus hidup sebuah produk umumnya mengikuti pola yang dikenal sebagai kurva S. Pola ini menunjukkan hubungan antara tingkat permintaan dan waktu, di mana siklus hidup produk terbagi ke dalam beberapa tahap: mulai dari tahap pengenalan, pertumbuhan, kematangan, hingga akhirnya memasuki fase penurunan. Agar usaha tetap berjalan secara

berkelanjutan, penting bagi perusahaan untuk melakukan inovasi produk di waktu yang tepat.



Gambar 2. 1. Tahapan Siklus Hidup Suatu Produk

Ada juga sejumlah faktor lain yang turut memengaruhi tingkat permintaan, seperti respons dari para pesaing, perubahan dalam perilaku konsumen, serta upaya yang dilakukan perusahaan itu sendiri. Upaya tersebut bisa berupa peningkatan kualitas produk, perbaikan layanan, penambahan anggaran promosi atau iklan, hingga kebijakan pembayaran kredit yang lebih fleksibel.



Gambar 2. 2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Permintaan

2.4 Karakteristik Peramalan Yang Baik

Peramalan yang baik mempunyai beberapa kriteria yang penting, antara lain akurasi, biaya dan kemudahan.

1. Akurasi. Akurasi dari suatu hasil peramalan diukur dengan mengukur besarnya *error* (selisih *demand* aktual dengan hasil peramalan)
2. Biaya. Jumlah item yang diproyeksikan, durasi periode perkiraan, dan teknik perkiraan semuanya memengaruhi pengeluaran yang terlibat dalam pembuatan prediksi.
3. Kemudahan. Penggunaan metode peramalan yang sederhana, mudah dibuat, dan mudah diaplikasikan akan memberikan keuntungan bagi perusahaan.

2.5 Beberapa Sifat Hasil Peramalan

Ada sejumlah faktor yang perlu dipertimbangkan saat melakukan peramalan, termasuk:

1. Peramalan pasti mengandung kesalahan.
2. Peramalan seharusnya memberikan informasi tentang berapa ukuran kesalahan.
3. Peramalan jangka pendek lebih akurat dibandingkan peramalan jangka panjang.

2.6 Ukuran Peramalan

Tingkat akurasi hasil peramalan dapat diukur dari seberapa besar kesalahan (*error*) yang terjadi, yaitu selisih antara angka hasil peramalan dengan permintaan nyata yang benar-benar terjadi. Semakin kecil selisihnya, semakin akurat peramalan tersebut. Terdapat empat jenis ukuran yang umum digunakan untuk menilai akurasi peramalan, yaitu:

1. Rata-rata Deviasi Mutlak (*Mean Absolute Deviation* = MAD atau MAE)

Terlepas dari apakah nilai yang diproyeksikan lebih tinggi atau lebih rendah dari kenyataan, deviasi absolut rata-rata, atau MAD, adalah rata-rata perbedaan absolut antara hasil prakiraan dan data aktual selama periode waktu tertentu. Berikut ini adalah cara MAD dinyatakan secara matematis:

$$MAD = \sum \left| \frac{A_t - F_t}{n} \right| \quad (2.1)$$

Dimana:

A = permintaan aktual pada periode - t

F_t = hasil peramalan (*forecast*) pada periode - t

N = jumlah periode peramalan yang terlibat

2. Rata-rata Kuadrat Kesalahan (*Mean Square Error = MSE atau MSD*)

MSE dihitung dengan cara menjumlahkan semua kesalahan perkiraan untuk setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode perkiraan. Dalam bidang matematika, MSE sebanding dengan:

$$MSE = \sum \frac{(A_t - F_t)^2}{n} \quad (2.2)$$

3. Rata-rata Kesalahan Peramalan (*Mean forecast Error = MFE*)

Saat menentukan apakah hasil prediksi untuk waktu tertentu cenderung terlalu tinggi atau terlalu rendah dibandingkan dengan kenyataan, MFE (*Mean prediction Error*) merupakan alat yang sangat membantu. Angka MFE akan mendekati nol jika tidak ada bias dalam prakiraan. Angka ini dapat dihitung dengan menjumlahkan semua perbedaan antara data aktual dan hasil prakiraan selama periode waktu tertentu, lalu membagi total tersebut dengan jumlah periode. MFE dinyatakan secara matematis sebagai berikut:

$$MFE = \sum \frac{(A_t - F_t)}{n} \quad (2.3)$$

4. Rata-rata Persentase Kesalahan Absolut (*Mean Absolute Percentage Error = MAPE*)

Ketidakakuratan relatif diukur dengan MAPE (*Mean Absolute Percentage Inaccuracy*). Karena MAPE menunjukkan tingkat kesalahan prakiraan sebagai proporsi permintaan aktual selama periode waktu tertentu, MAPE sering dianggap lebih mendalam

daripada MAD. Dengan cara ini, kita dapat menentukan tingkat kesalahan prakiraan dan apakah kesalahan tersebut terlalu tinggi atau terlalu rendah dengan cara yang lebih mudah dipahami. MAPE dinyatakan secara matematis sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \left(\frac{100}{n} \right) \sum \left| A_t - \frac{F_t}{A_t} \right| \quad (2.4)$$

Contoh:

Diketahui data permintaan aktual produk “X” dan hasil peramalannya seperti yang tercantum pada tabel di bawah ini. Hitunglah *error*nya dengan metode MAD, MSE, MAPE dan MFE nya !

Permintaan actual	Hasil Ramalan	Deviasi (Error)	Deviasi Absolut	Kuadrat Error	Persentase Error	Persentase Error absolut
(A_t)	(F_t)	($A_t - F_t$)	$A - F$	($A - F$) ²	($A - F/A$)100	(AF/A)100
120	125	-5	5	25	- 4,17	4,17
130	125	+5	5	25	3,85	3,85
110	125	- 15	15	225	-13,64	13,64
140	125	-15	15	225	10,71	10,71
110	125	-15	15	225	-13,64	13,64
130	125	+5	5	25	3,85	3,85
		-10	60	750		49,86

Jawaban:

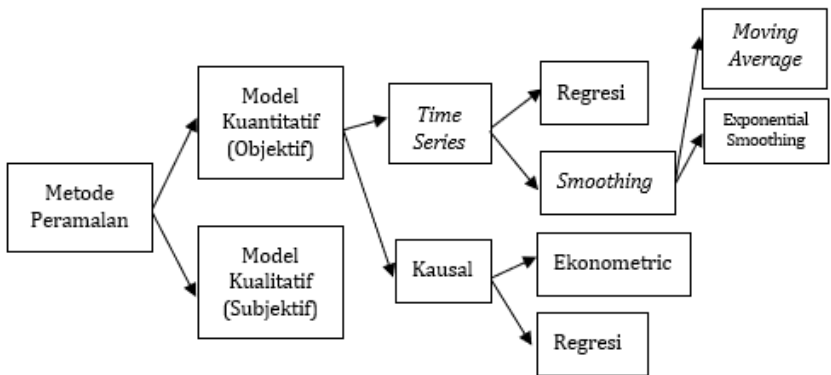
$$\text{MAD} = 60/6 = 10$$

$$\text{MSE} = 750/6 = 125$$

$$\text{MAPE} = 49,86/6 = 8,31 \%$$

$$\text{MFE} = -10/6 = -1,67$$

2.7 Jenis dan Metode Peramalan



Gambar 2. 3. Jenis dan Metode Peramalan

2.8 Model Kualitatif Peramalan

Model kualitatif meliputi beberapa metode:

- a. *Individual Opinion*: Opini peramalan berasal dari pribadi (individu) biasanya pakar (*expert*) dalam bidangnya yaitu:

1. Konsultan-konsultan bersifat ilmiah dan non ilmiah
2. Manager pemasaran / produksi
3. Individu yang banyak bergerak pada masalah-masalah tersebut

Kebaikannya : Cepat

Kelemahannya : Subjektif (karena dipengaruhi oleh kondisi dan situasi si peramal).

- b. *Group Opinion* : Opini peramalan biasanya dikumpulkan dari sejumlah orang, lalu hasil-hasilnya dirata-ratakan agar diperoleh gambaran peramalan yang lebih objektif dan masuk akal. Pendekatan ini

membantu mengurangi bias individu dan menghasilkan perkiraan yang lebih seimbang serta rasional.

Kebaikannya : Lebih objektif (Unsur subjektifitas dapat dihilangkan dengan meratakan hasil).

- c. *Delphy Method* : Peramalan dibentuk melalui beberapa tahapan untuk mencari hasil yang lebih objektif dari kedua sistem diatas. Metode ini menggunakan pakar (*expert*). Hasil ramalan dari setiap tahapan diinformasikan kepada pakar, sehingga keputusan hasil ramalan dapat berubah karena informasi tersebut.

Contoh :

Pada tahap I :

Si A meramalkan 100 unit

Si B meramalkan 80 unit

Si C meramalkan 120 unit

rata-rata $100 \rightarrow$ hasil ini diinformasikan kepada yang bersangkutan (A, B, dan C)

Deviasi = ? yang bersangkutan (A, B, dan C)

Pada tahap II :

Si A meramalkan 100 unit

Si B meramalkan 85 unit

SI C meramalkan 110 unit

Rata-rata 98 $\rightarrow$ hasil ini diinformasikan lagi kepada yang bersangkutan.

Proses ini dilakukan terus-menerus hingga perbedaan hasil ramalan dari para ahli menjadi sangat kecil atau hampir tidak ada. Untuk mengetahui apakah perbedaan nilai yang masih ada benar-benar signifikan, bisa dilakukan pengujian menggunakan analisis variansi seperti ANOVA atau metode statistik lainnya. Secara umum, metode kualitatif ini

memang lebih mudah diterapkan, namun tetap mengandung tingkat subjektivitas yang cukup tinggi karena bergantung pada penilaian dan pandangan individu.

2.9 Model Kuantitatif Peramalan

Pada model kuantitatif unsur objektivitas lebih tinggi karena menggunakan pendekatan matematik (*Mathematical Approach*).

a. Peramalan *Time Series*

Analisa Deret Waktu ini sangat tepat dipakai apabila permintaan pada masa lalu cukup konsisten dalam periode waktu yang cukup lama, sehingga diharapkan pola tersebut masih akan tetap berlanjut.

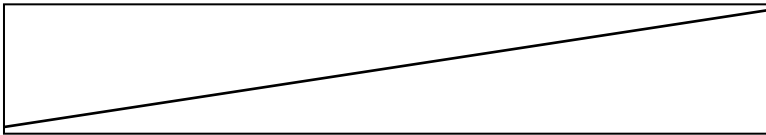
Langkah-langkah peramalan *Time Series*:

1. Kumpulkan data (misalnya *Demand*) masa lalu dan gambar pada Grafik Kartesius (absisnya waktu dan ordinatnya *demand*).
2. Tentukan pola data yang terjadi (ada 4 pola data, lihat dibawah).
3. Sesuai pola data, tentukan beberapa Metode / Fungsi peramalan yang sesuai dengan pola datanya.
4. Hitung *error* (umumnya dengan MSE) pada masing2 Metode peramalan.
5. Lakukan Uji Verifikasi mulai dari Metode peramalan yang Nilai MSE nya terkecil.
6. Bila sudah *verified*, baru Metode Peramalan bisa digunakan untuk meramal. Tetapi bila tidak *verified* bisa dilakukan salah satu dari 2 alternatif berikut, yaitu :

- Buang data ekstrim, kemudian hitung kembali nilai2 parameter Metode Peramalan.
- Atau ganti metode peramalan dengan Nilai MSE terkecil berikutnya (seperti pada langkah no. 5).

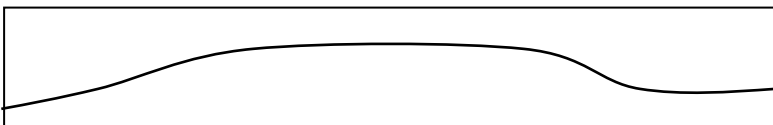
Permintaan masa lalu mempunyai 4 pola, yaitu : *Trend* (T), *Siklus / Cycle* (C), *Pola Musiman/Seasonal* (S), dan *Acak/random* (R).

1. Kecenderungan/tren (T). Jenis permintaan yang cenderung positif, menurun, atau stabil disebut tren.



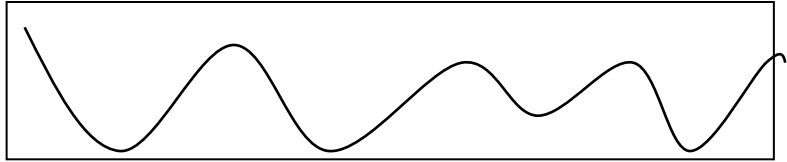
Gambar 2. 4. Pola *Trend*

2. *Siklus / Cycle* (C). Permintaan suatu produk sering mengikuti siklus berulang secara berkala, biasanya jangka waktu lebih dari 1 tahun. Pola ini berguna sebagai dasar dalam membuat peramalan untuk jangka menengah hingga jangka panjang, sehingga perusahaan dapat lebih siap menghadapi perubahan permintaan yang berulang.



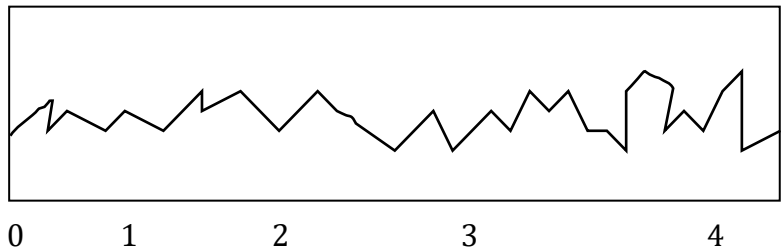
Gambar 2. 5. Pola *Siklus*

3. *Pola Musim* (S). Permintaan suatu produk dapat berfluktuasi sebagai respons terhadap garis tren, meskipun sering kali berulang setiap tahun. Tren ini biasanya terjadi setiap tahun dan disebabkan oleh kondisi cuaca, liburan panjang, dan hari raya keagamaan.



Gambar 2. 6. Pola Musiman / Seasonal

4. Variasi Acak/*Random* (R). Pemasaran berskala besar, kebangkrutan pesaing, bencana alam, dan kejadian lain yang menyimpang dari suatu pola dapat menyebabkan perubahan yang tiba-tiba dan tidak menentu dalam permintaan suatu produk. Menciptakan stok pengaman sebagai tindakan pencegahan jika terjadi lonjakan permintaan yang tidak terduga adalah salah satu cara untuk mengatasi ketidakpastian ini.



Gambar 2. 7. Variasi Acak / *Random*

2.10 Metode-Metode Peramalan

a. Rata-rata Bergerak (*Moving Average* = MA)

Moving Average diperoleh dengan merata-rata permintaan berdasarkan beberapa data masa lalu yang terbaru. Tujuan Metode MA adalah untuk mengurangi atau menghilangkan variasi acak permintaan. Secara matematis, MA dinyatakan sebagai berikut:

$$MA = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t(N-1)}}{N} \quad (2.5)$$

Dimana:

A_t = permintaan aktual pada periode t

N = Jumlah data permintaan yang dilibatkan dalam perhitungan MA

$$FMA_t = MA_{t-1} + \frac{A_t - A_{t-N}}{N} \quad (2.6)$$

Berikut ini contoh penggunaan Metode MA 3 bulanan dan 6 bulanan dalam peramalan

Tabel 2. 1. Peramalan dengan MA Tiga Bulanan dan Enam Bulanan

Bulan	Permintaan Aktual	MA 3 Bulanan MA_t	Hasil Peramalan MA 3-Bulanan F_t	MA 6-Bulanan MA_t	Hasil Peramalan MA 6-Bulanan F_t
Januari'13	450	-	-	-	-
Pebruari	440	-	-	-	-
Maret	460	450	-	-	-
April	510	470	450	-	-
Mei	520	497	470	-	-
Juni	495	508	497	479	-
Juli	475	497	508	483	479
Agustus	560	510	497	503	483
September	510	515	510	512	503
Oktober	520	530	515	513	512
Nopember	540	523	530	517	513
Desember	550	537	523	526	517
Januari'14			537		
Februari			542		
Maret			543		
April			540		
Mei			542		
Juni			542		

Tabel 2. 2. Peramalan dengan MA Tiga Bulanan dan Enam Bulanan

Bulan	Permintaan Aktual A_t	MA 3-bulanan MA_t	Peramalan dengan MA 3-bulanan F_t	MA 6-bulanan MA_t	Peramalan dengan 6-bulanan F_t
Jan. 2013	450	-	-	-	-
Pebruari	440	-	-	-	-
Maret	460	450	-	-	-
April	510	470	450	-	-
Mei	520	497	470	-	-
Juni	495	508	497	479	-
Juli	475	497	508	483	479
Agustus	560	510	497	503	483
September	510	515	510	512	503
Oktober	520	530	515	513	512
Nopember	540	523	530	517	513
Desember	550	537	523	526	517

MA 3 Bulanan (N=3) pada bulan Maret =

$$(450+440+460)/3 = 450$$

MA 3 bulanan (N=3) pada bulan April = $(440 + 460 + 510)/3 = 470$

Tahap penting dalam proses ini adalah menentukan nilai N yang tepat. Secara umum, hasil rata-rata tampak lebih halus dan variasi nilai dari waktu ke waktu lebih stabil jika nilai N yang lebih besar digunakan.

Kelemahan Metode MA adalah :

1. Selalu mendasarkan prakiraan pada data terkini tanpa memperhitungkan data historis.
2. Setiap data diberi bobot yang sama. Pendekatan MA dengan pembobotan akan digunakan untuk mengatasi masalah kedua ini.

3 Diperlukan biaya yang besar dalam penyimpanan dan pemrosesan datanya.

b. Rata-rata Bergerak dengan Bobot (Weighted Moving Average = WMA)

Secara matematis, WMA dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$WMA = \sum W_t \cdot A \tag{2.7}$$

Dimana:

Wt = bobot permintaan aktual pada periode t

At = permintaan aktual pada periode t

Dengan batasan bahwa :

Wt = 1 Pemulusan *Eksponensial Smoothing* (ES)

Tabel 2.3.
Perbandingan Hasil Peramalan MA dengan WMA

Bulan	Permintaan Aktual A_t	MA 3- bulanan MA_t	Peramalan dengan MA 3- bulanan F_t	WMA 3-bulanan 0,25/0,25/0,5 MA_t	Hasil Peramalan WMA 3- bulanan f_t
Januari	450	-	-	-	-
Pebruari	440	-	-	-	-
Maret	460	450	-	453	-
April	510	470	450	480	453
Mei	520	497	470	503	480
Juni	495	508	497	505	503
Juli	475	497	508	491	505
Agustus	560	510	497	523	491
September	510	515	510	514	523
Oktober	520	530	515	528	514
Nopember	540	523	530	528	528
Desember	550	537	523	540	528

Jika $W1 = 0,25$, $W2 = 0,25$, dan $W3 = 0,50$ pada kasus tersebut. Selanjutnya, dengan menggunakan WMA tiga bulan, hasil perkiraan bulan Maret adalah :

$$\text{WMA April} = (0,25 \times 450) + 0,25 \times 440 + 0,50 \times 460 = 452,5 \approx 453$$

c. Pemulusan Eksponensial *Smoothing* (ES)

Kelemahan Metode MA diatasi dengan teknik ES. Model matematis ES adalah :

$$F_t = F_{t-1} + \frac{A_t - A_{t-N}}{N} \quad (2.8)$$

Jika data permintaan aktual sebelumnya (A_{t-n}) tidak tersedia, data tersebut dapat diganti dengan metode yang menggunakan nilai prediksi sebelumnya (F_{1-t}). Dengan demikian, pendekatan ini dapat digunakan untuk mengubah dan menulis ulang rumus:

$$F_t = \left(\frac{1}{N}\right) A_t + \left(1 - \frac{1}{N}\right) F_{t-1} \quad (2.9)$$

Bila $1/N$ diganti dengan α , maka persamaan menjadi :

$$F_{(t+1)} = \alpha A_t + (1-\alpha) F_{t-1} \quad (2.10)$$

Pertimbangan yang cermat harus diberikan untuk menentukan nilai α . Di antara teknik untuk mengetahui nilai α adalah:

$$\frac{N-1}{2} = \frac{1-\alpha}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{2}{N+1}$$

jadi, bila $N = 2$ maka $\alpha = 2/3 = 0,66$. Bila $N = 3$, maka $\alpha = 2/4 = 0,40$ begitu seterusnya.

Tabel 2.4. Hasil Peramalan dengan Teknik ES Sederhana

Bulan	Permintaan Aktual A_t	Ramalan f_t
Maret	460	
April	510	476 (?)
Mei	520	483
Juni	495	490
Juli	475	491
Agustus	560	488
September	510	502
Oktober	520	504
Nopember	540	507
Desember	550	514

- d. Pemulusan Ekspensial Stasioner, *Trend* dan Musiman (Metode *Winter*)

Metode *Moving Average* (MA) dan *Exponential Smoothing* (ES) umumnya sederhana dan cocok digunakan jika data permintaan bersifat stasioner atau tidak banyak berubah dari waktu ke waktu. Namun, jika data menunjukkan pola musiman atau tren yang berkembang, maka metode yang lebih sesuai untuk digunakan adalah Metode *Winter* (WM), karena mampu menangkap pola tersebut dengan lebih akurat. Metode *Winter* merupakan pengembangan dari metode ekspensial namun dapat membaca perilaku trend dan musiman pada data. Tiga konstanta penghalusan stasioner, tren, dan musiman (α , β , dan γ) digunakan oleh WM. Menemukan nilai α , β , dan γ yang dapat mengurangi kesalahan merupakan salah satu tantangan dalam menerapkan pendekatan *Winter* ini.

2.11 Model Winter dengan Pemulusan *Trend*

Model Winter dengan *trend* dari Bolt, dimana model ini dimulai dengan perkiraan *trend* sebagai berikut:

$$T_t = \beta (F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (2.11)$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha) (F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.12)$$

Peramalan yang dibuat pada akhir periode t untuk periode $t+1$ akan menjadi:

$$F_{t+1} = F_t + T_t \quad (2.13)$$

Berdasarkan data pada tabel 2.1 maka perhitungan peramalan dengan $\alpha = 0,20$; $\beta = 0,20$; $T_0 = 9$ dan F_0 (lihat tabel 2.4 yang dimulai bulan Maret), maka:

$$F_1 = 0,20 (460) + 0,80 (480 + 9) = 483,2$$

$$T_1 = 0,20 (483,2 - 480) + 0,80 (9) = 7,84$$

Hasil perhitungan selengkapnya disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 2. 5. Model Winter dengan *Trend*

Bulan	Permintaan Aktual A_t	Rata-rata Eksponensial sederhana	Rata-rata Eksponensial Winter f_t	<i>Trend</i> T_t	Peramalan Winter f_t
			480,00	9,00	
Maret	460	476,00	483,20	7,84	489,00
April	510	482,80	494,83	8,60	491,04
Mei	520	490,24	506,83	9,26	503,43
Juni	495	491,19	506,74	8,42	516,00
Juli	475	487,95	511,80	6,61	520,22
Agustus	560	502,36	511,18	8,30	517,79
September	510	503,89	526,23	7,32	534,53
Oktober	520	507,11	526,62	6,64	536,94
Nopember	540	513,69	533,55	6,63	540,20
Desember	550	520,95	540,16	6,76	546,79
Januari	555	527,76	554,35	6,79	554,19
Pebruari	569	536,01	562,72	7,11	561,15

Metode Winter dengan Pemulusuan Musiman

Proses umum dari permintaan musiman ini dapat dinyatakan dalam persamaan matematis sebagai berikut:

$$A_t = \mu * \delta_t + \varepsilon_t \quad (2.14)$$

Dalam hal ini, ε menunjukkan distribusi permintaan normal dengan rata-rata nol, μ menunjukkan tingkat permintaan rata-rata, dan δ menunjukkan faktor musiman. Kita dapat mengubah data antara periode penjualan dan nilai rata-rata eksponensialnya jika faktor musiman hadir. Misalnya, jika penjualan mencapai 300 unit selama periode pertama, maka data tersebut bisa dikoreksi dari pengaruh musiman (diseasonalized) dengan membaginya dengan faktor musiman, yakni $300/1,15 = 261$ unit. Nilai hasil koreksi ini kemudian dapat digunakan untuk memperbarui rata-rata eksponensial. Sebagai catatan, jika rata-rata sebelumnya adalah 250 unit, tentu nilai tersebut terlalu rendah bila dibandingkan dengan penjualan aktual yang mencapai 300 unit, sementara peramalan yang disesuaikan secara musiman berada di angka 288 unit. Maka, model yang digunakan akan menjadi seperti berikut:

$$F_t = \alpha \frac{D_t}{l_{t-m}} + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (2.15)$$

$$F_t = 0,2 (300/1,15) + (0,8) 250$$

$$F_t = 252$$

di mana l_{t-m} adalah indeks yang dihitung menggunakan $m = 52$ minggu untuk prakiraan mingguan atau $m = 12$ bulan lalu untuk prakiraan bulanan. Kita dapat memperbarui faktor musiman setelah kita memiliki nilai rata-rata eksponensial yang baru. Model Musim Dingin menggunakan:

$$l_t = \gamma \frac{D_t}{F_t} + (1 - \gamma)l_{t-m} \quad (2.16)$$

dimana γ merupakan kontanta pemulusan, Dimana akan terpakai untuk menetapkan $\gamma \leq 0.05$

Sehingga, pada peramalan yang dibuat pada akhir periode t untuk periode $t + 1$ menghasilkan:

$$f_{t+1} = F_t l_{t+1-m} \quad (2.17)$$

selanjutnya, model Winter yang memasukkan *trend* dan faktor pemulusan *trend* secara lengkap adalah:

$$F_t = \alpha \frac{D_t}{l_{t-m}} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.18)$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2.19)$$

$$l_t = \gamma \frac{D_t}{F_t} + (1 - \gamma)l_{t-m} \quad (2.20)$$

$$f_{t+1} = (F_t + T_t)l_{t+1-m} \quad (2.21)$$

Tabel 2. 6. Contoh Perhitungan Indeks Minimum

Bulan	Permintaan (unit)		Rata-rata permintaan	Indeks Musiman (l_1)
	1993	1994		
Januari	80	100	90	0,957
Pebruari	75	85	90	0,851
Maret	80	90	85	0,904
April	90	110	100	1,064
Mei	115	131	123	1,309
Juni	110	120	115	1,223
Juli	100	110	105	1,117
Agustus	90	110	100	1,064
September	85	95	90	0,957
Oktober	75	85	80	0,851
Nopember	75	85	80	0,851
Desember	80	80	80	0,851

Tabel 2.6 menyatakan perhitungan peramalan untuk tahun 1995 dengan faktor musiman awal yang kita tentukan. Bila ditentukan $\alpha = 0,1$; $\gamma = 0,05$ dan $F_{DES} = 94$ (merupakan rata-rata permintaan bulanan, maka peramalan untuk bulan Januari akan menjadi:

$$f_{JAN} = F_{DES} * I_{JAN.12} = 94 * 0,957 = 90$$

Untuk memperbaharui rata-rata eksponensial dan indeks, dengan menggunakan Tabel 2.7 untuk permintaan, maka kita dapatkan:

$$F_{JAN} = a (D_{JAN} / I_{JAN.12}) + (1 - a) F_{DES}$$

$$= 0,1 (95 / 0,957) + 0,9 * 94 = 94,5$$

$$I_{JAN} = g (D_{JAN} / F_{JAN}) + (1 - g) I_{JAN.12}$$

$$= 0,05 (95 / 94,5) + 0,95 * 0,957 = 0,96$$

dan

$$f_{PEB} = F_{JAN} * I_{PEB.12} = 94,5 * 0,851 = 80,4$$

Tabel 2.7. Perhitungan Peramalan Musiman

Bulan	Permintaan D_t 1995	Eksponensi a Permintaan D_t / I_{t-12}	Rata- rata F_t $F_0 = 94$	Perama lan F_t	Faktor Musima n yang lama I_{t-12}	Faktor Musima n yang lama I_t
Januari	95	99,27	94,50	89,96	0,957	0,959
Pebruari	75	88,13	93,86	80,42	0,851	0,848
Maret	90	99,56	94,43	84,85	0,904	dst
April	105	98,68	94,86	100,47	1,064	
Mei	120	91,67	94,54	124,17	1,309	
Juni	117	95,67	94,65	115,62	1,223	
Juli	102	91,32	94,32	105,72	1,117	
Agustus	98	92,11	94,10	100,36	1,064	
September	95	99,27	94,62	90,05	0,957	
Oktober	75	88,13	93,97	80,52	0,851	
Nopember	85	99,88	94,56	79,97	0,851	
Desember	75	88,13	93,91	80,47	0,851	

Data-data permintaan akan suatu produk selama 3 tahun adalah sebagai berikut:

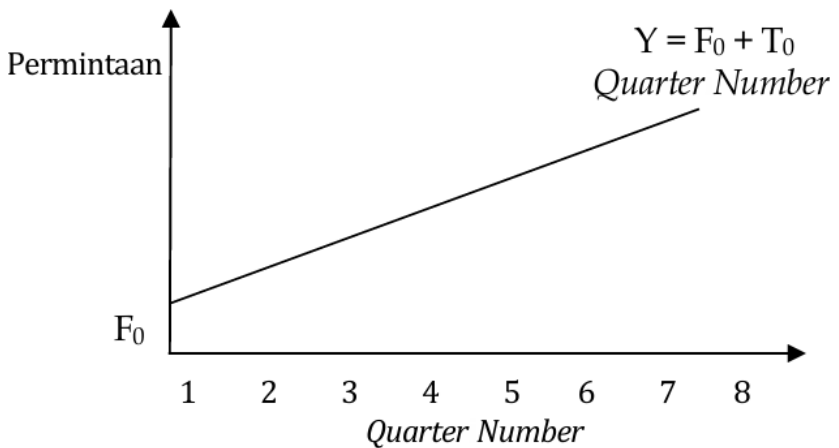
Tabel 2. 8. Data Permintaan

	1992	1993	1994
Kuartal 1	146	192	272
Kuartal 2	96	127	155
Kuartal 3	59	79	98
Kuartal 4	133	186	219

Kita akan mengembangkan peramalan permintaan untuk tahun 1995 dengan menggunakan model Winter yang lengkap, dimana $\alpha = 0,2$; $\beta = 0,1$; dan $\gamma = 0,05$. Dalam pengembangannya, mengacu pada persamaan 2.18-2.21 didapatkan:

Untuk permulaan kita melihat bahwa:

$$F_t = 0,2 (146 / ?) + 0,8 (? + ?)$$



Gambar 2. 8. Garis perkiraan Permintaan Sederhana

Ada 2 cara untuk mendapatkan perkiraan nilai awal.

$$\bar{D}_{1992} = 108,5$$

$$\bar{D}_{1993} = 146,0$$

Oleh karena itu, peningkatan *trend* tahunan adalah 37,5. Dalam satuan kuartal, *trend* tersebut adalah $37,5 / 4 = 9,38$ sehingga:

$$D_t = F_0 + 9,38 \text{ (dalam jumlah / kuartal)}$$

dan karena rata-rata penjualan tahun 1992 berada tepat pada titik tengah tahun, maka:

$$108,5 = F_0 + 9,38 (2,5) \text{ (berbeda 2 kuartal di bawah dan 2 kuartal diatas 2,5)}$$

sehingga:

$$F_0 = 85,05$$

Secara umum, perkiraan kasar dari persamaan F_0 akan menjadi:

$$F_0 = \bar{D} - T_0 (2,5) \text{ untuk data kuartalan}$$

$$F_0 = \bar{D} - T_0 (6,5) \text{ untuk data bulanan}$$

Dengan menggunakan persamaan kasar tersebut, kita bisa mendapatkan perkiraan garis *trend* penjualan sebagai berikut:

Tabel 2. 9. Data Perkiraan Garis Trend

	1992	1993
Q1	94,43	131,95
Q2	103,81	141,33
Q3	113,19	150,71
Q4	122,57	160,09

Sebagai contoh:

$$Q1 (1992) : 94,43 = 85,05 + 9,38$$

$$Q2 (1993) : 103,81 = 85,05 + 2 (9,38)$$

Dari perkiraan garis *trend* tersebut, kita dapat mengembangkan indeks musiman awal.

$$\text{Indeks} = \frac{\text{Permintaan}}{\text{Perkiraan Garis Trend}} \quad (2.22)$$

Tabel 2. 10. Perkiraan Indeks Musiman

	Perkiraan Indeks Musiman		
	1992	1993	Rata-rata
Q1	1,55	1,46	1,51
Q2	0,92	0,90	0,91
Q3	0,52	0,52	0,52
Q4	1,09	1,16	1,13
			4,07

Sebagai contoh:

$$Q1 \text{ (1992)} : 149 / 94,43 = 1,55$$

$$Q2 \text{ (1993)} : 96 / 103,81 = 0,92$$

Indeks-indeks tersebut bagaimanapun akan berjumlah 4,07 padahal kita akan memperkirakan jumlahnya menjadi 4. Untuk mengoreksinya, maka kita kalikan semua data rata-rata tersebut dengan 4/4,07 sebagai berikut:

Tabel 2. 11. Data Rata-Rata

Rata-rata	Indeks Awal		Persamaan L_{t-4}
$1,51 * (4/4,07)$	=	1,48	$L_{1-4} = I_{-3}$
$0,91 * (4/4,07)$	=	0,89	$L_{2-4} = I_{-2}$
$0,52 * (4/4,07)$	=	0,51	$L_{3-4} = I_{-1}$
$1,13 * (4/4,07)$	=	1,11	$L_{4-4} = I_0$
$4,07 * (4/4,07)$	=	4,00	

Kemudian data-data tersebut dapat kita gunakan untuk meramalkan dengan menggunakan persamaan Winter:

$$F_1 = 0,2 (146/1,48) + 0,8 (85,05 + 9,38) = 95,27$$

$$T_1 = 0,1 (95,27 - 85,05) + 0,9 (9,38) = 9,46$$

$$f_2 = (95,27 + 9,46) * 0,89 = 93,21$$

$$I_1 = 0,05 (146 / 95,27) + 0,95 (1,48) = 1,48$$

$$F_2 = 0,2 (96/0,89) + 0,8 (95,27 + 9,46) = 105,36$$

$$T_2 = 0,1 (105,36 - 95,27) + 0,9 (9,46) = 9,52$$

$$F_3 = (105,36 + 9,52) * 0,51 = 58,59$$

$$l_2 = 0,05 (96/105,36) + 0,95 (0,89) = 0,89$$

melanjutkan cara tersebut, maka kita akhirnya mencari nilai F_{12} , T_{12} , dan l_9 , l_{10} , l_{11} dan l_{12} dengan menggunakan urutan hasil sebelumnya, sehingga :

$$F_{12} = 199,92 \quad l_9 = 1,49$$

$$T_{12} = 9,48 \quad l_{10} = 0,90$$

$$l_{11} = 0,52$$

$$l_{12} = 1,11$$

untuk meramalkan permintaan tahun 1994, maka diperoleh :

$$Q_1, 1994 : f_{13} = (199,92 + 9,48) * 1,49 = 312$$

$$Q_2, 1994 : f_{14} = ((199,92 + (2 * 9,48)) * 0,90 = 197$$

$$Q_3, 1994 : f_{15} = ((199,92 + (3 * 9,48)) * 0,52 = 119$$

$$Q_4, 1994 : f_{16} = ((199,92 + (4 * 9,48)) * 1,11 = 264$$

2.12 Model Peramalan Kausal (Sebab Akibat)

Hubungan sebab akibat antara permintaan dan faktor-faktor yang memengaruhinya merupakan dasar metodologi peramalan kausal. Kebutuhan akan pakaian baru, misalnya, dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti populasi, tingkat pendapatan, jenis kelamin, budaya setempat, dan acara-acara khusus seperti hari raya dan Tahun Baru. Dalam strategi ini, regresi sederhana merupakan teknik yang populer.

$$\hat{y} = a + bx$$

Persamaan umum Regresi

$$\hat{y} = a + bt$$

Persamaan Regresi untuk Time

Series

Dimana:

$\hat{y}$ = perkiraan permintaan (F_t)

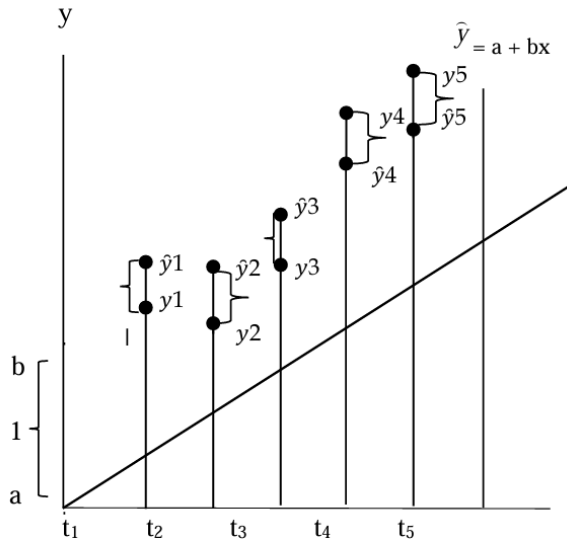
x = variabel bebas yang mempengaruhi y (periode atau Faktor yang mempengaruhi permintaan)

a = nilai tetap y bila $x = 0$ (merupakan perpotongan dengan sumbu y)

b = derajat kemiringan persamaan garis regresi

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.23)$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \{(\sum x_i)(\sum y_i)\}}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2.24)$$



Gambar 2. 9. Model Regresi Sederhana

Karena model ini menyatakan hubungan kausal antara variabel yang mempengaruhi (x) dengan perkiraan peramalan yang dipengaruhi (y), maka kita bisa menghitung keeratan hubungan y dengan x (r^2) dengan persamaan:

$$r^2 = \frac{[n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)]^2}{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]} \quad (2.25)$$

Contoh 1:

Tabel di bawah ini menampilkan statistik historis penjualan kue selama periode sembilan bulan, dibandingkan dengan biaya promosi (dalam jutaan rupiah). Tentukan perkiraan penjualan jika biaya promosi adalah 12 juta rupiah dengan menggunakan pendekatan regresi.

Tabel 2. 12. Data Penjualan Kue

X	Y	X ²	XY
2,5	10.432,3	6,25	26.080,75
3,5	10.553,5	12,25	36.937,25
4,5	10.704,8	20,25	48.171,60
5,5	10.776,8	30,25	59.272,40
6,5	10.948,3	42,25	71.163,95
7,5	11.214,5	56,25	84.108,75
8,5	11.279,8	72,25	95.878,30
9,5	11.543,0	90,25	109.658,50
10,5	11.756,0	110,25	123.438,00
Σ X =	Σ Y =	Σ X ² =	Σ XY =
58,5	99.209,0	440,25	654.709,50

Dengan menggunakan persamaan sebelumnya, maka diperoleh:

$b = 164.183$ dan $a = 9.956,03$ sehingga persamaan garis regresinya adalah:

$$\hat{y} = 9.956,03 + 164.183 x.$$

Bila $x = 12$ juta, maka nilai $\hat{y} = 9.956,03 + 164.183 (12) = 11.926,226$ juta (11,9 Milyar).

Nilai x dapat disubstitusikan dengan periode t dari ramalan yang perlu diramalkan jika waktu merupakan variabel yang mempengaruhi ramalan permintaan. Persamaan proyeksi permintaan selama delapan bulan, misalnya, adalah $\hat{y} = 5 + 3x$. Ramalan pada:

Bulan ke 9 = $5 + 3(9) = 32$

Bulan ke 10 = $5 + 3(10) = 35$ dst.

2.13 Uji Verifikasi

Ada satu langkah penting setelah peramalan dibuat yaitu uji verifikasi. Uji Verifikasi adalah untuk mengetahui representatif data dalam peramalan. Salah satu alat untuk uji verifikasi adalah Peta *Moving Range Chart* (Peta MRC).

1. Peta *Moving Average*

Peta *Moving Range* dirancang untuk membandingkan nilai permintaan aktual dengan nilai peramalan. *Moving range* dapat didefinisikan sebagai :

$$MR_t = (e_t - (e_{t-1})) = (A_t - F_t) - (A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (2.26)$$

Adapun rata-rata *moving range* didefinisikan sebagai:

$$\overline{MR} = \sum \frac{MR_t}{n-1} \quad (2.27)$$

Garis tengah peta *Moving Range* adalah pada titik nol. Batas kontrol atas dan bawah pada peta *Moving Range* adalah:

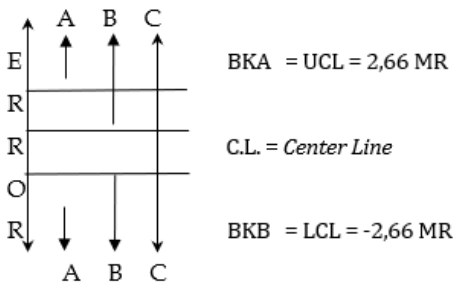
$$BKA = + 2,66 \overline{MR} \quad (2.28)$$

$$BKB = - 2,66 \overline{MR} \quad (2.29)$$

Sementara itu, variabel yang akan di plot ke dalam Peta MRC adalah :

$$y_t = \hat{y}_t - y$$

Secara kasar, jika semua titik (data *error*) berada didalam batas kendali, diasumsikan peramalan permintaan yang dihasilkan telah cukup baik.



a. Cara membaca MRC

Meskipun semua titik error berada dalam batas kontrol, hal ini belum bisa dijadikan jaminan bahwa fungsi peramalan tersebut benar-benar mewakili kondisi sebenarnya. Dengan kata lain, tetap ada kemungkinan bahwa model peramalan belum sepenuhnya akurat atau relevan.

Oleh sebab itu, analisis perlu dilanjutkan dengan membagi grafik MRC ke dalam tiga area, yaitu A, B, dan C. Selanjutnya, periksa apakah titik-titik yang ada sudah sesuai dengan aturan yang berlaku pada masing-masing area tersebut:

1) Aturan 3 Titik

Bila 3 buah titik secara berurutan jatuh pada salah satu sisi, 2 diantaranya jatuh pada daerah A Kondisi $\rightarrow$ *out of control*.

2) Aturan 5 Titik

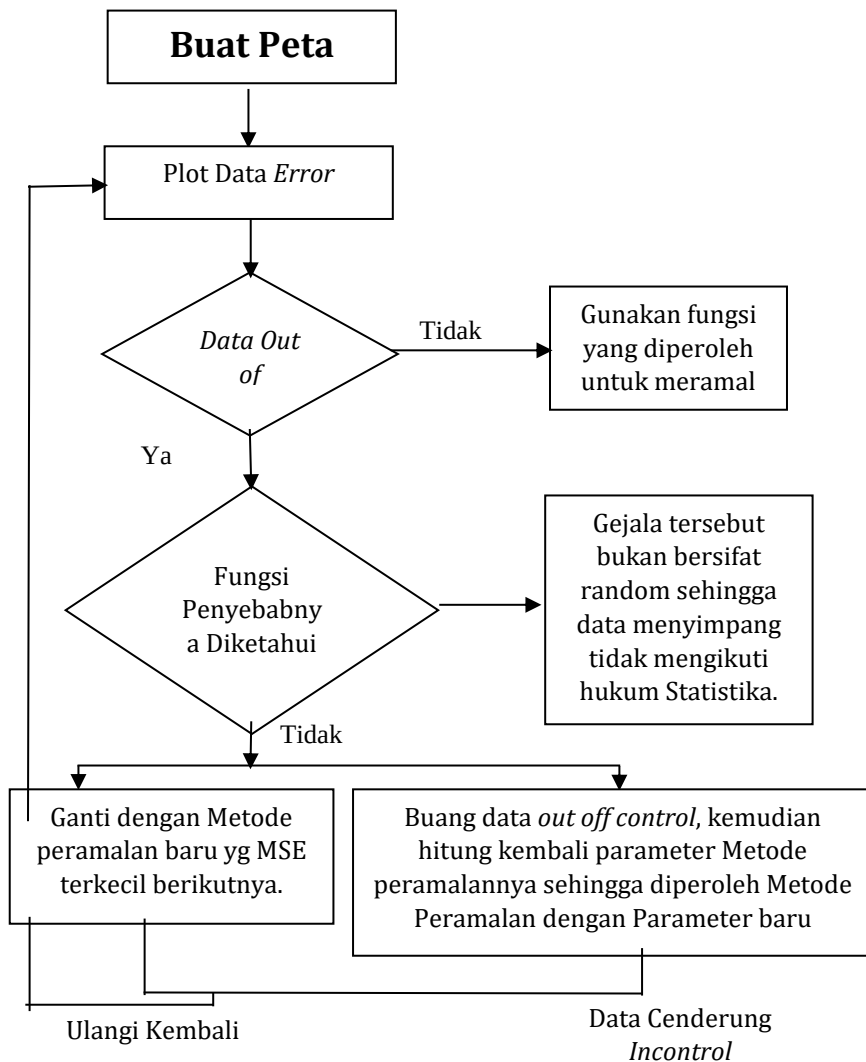
Bila 5 buah titik secara beurutan jatuh pada salah satu sisi, 4 diantaranya jatuh pada daerah B Kondisi $\rightarrow$ *out of control*.

3) Aturan 8 Titik

Jika terdapat 8 buah titik secara berurutan berada pada salah satu sisi pada daerah C Kondisi → *out of control*.

Peta Kontrol (MRC) berguna untuk :

- Melihat pola pergeseran data
- Mengetahui data-data ekstrim



Gambar 2. 10. Langkah-Langkah Uji Verifikasi

Contoh:

Tabel 2. 13. Data Contoh

Bulan Ke-t	At	Ft	e = At-Ft	MRt	BKA = 2.66×15.5
1	30	31	-1	-	
2	20	33	-13	12 = $[-13 - (-1)]$	Apakah sebaran data e berada dalam batas control?
3	45	35	10	23	
4	35	37	-2	12	
5	30	39	-9	7	
6	60	41	19	28	
7	40	43	-3	22	
8	50	45	5	8	
9	45	47	-2	7	
10	65	49	16	18	
11	50	51	-1	17	
12	35	53	-18	17	
Total				171	

Moving Range Chart

$$\text{BKA} = \text{UCL} = 2,66 \times 15,5 = 41,23$$

$$2/3 \times 2,66 \times 15,5 = 27,48$$

$$1/3 \times 2,66 \text{ MR} = 13,74$$

$$\text{Center Line} = Q$$

$$-1/3 \times 2,66 \text{ MR} = -13,74$$

$$-2/3 \times 2,66 \text{ MR} = -27,48$$

$$\text{BKB} = \text{LCL} = -2,66 \times 15,5 = -41,23$$

Ternyata tidak ada (dt-dt¹) yang berada diluar batas control. Maka metode peramalan *Verified*.

b. Latihan (Tugas I)

Data masa lalu permintaan produk AC 3 PK bervariasi acak selama 12 bulan sebagai berikut :

Tabel 2. 14. Data Permintaan Produk AC 3 PK

Bulan	Permintaan
1	199
2	202
3	199
4	208
5	212
6	194
7	214
8	220
9	219
10	234
11	219
12	233
78	2.553

Ramalkan permintaan 6 bulan ke depan dengan Metode Peramalan *Time Series* yang paling tepat (*erornya* kecil) dan *verified*!

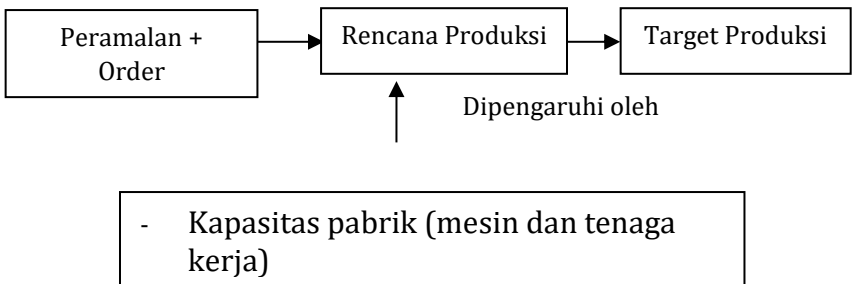
BAB 3

PERENCANAAN PRODUKSI

3.1 Pendahuluan

3.1.1 Definisi

Proses perencanaan produksi dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. 1. Proses Perencanaan Produksi

Kapasitas pabrik (manual, semi otomatis dan otomatis)

Persediaan (Bahan baku, WIP dan Barang Jadi)

1. Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik meliputi:

a. Kapasitas mesin

- Kapasitas terpasang (kapasitas desain) ditentukan oleh produsen.

- Kapasitas normal = kapasitas rata-rata = persepsinya bisa berbeda.
- kapasitas aktual = kapasitas yang benar-benar terjadi
- Kapasitas yang direncanakan = kapasitas desain
- Mesin tidak mengenal Faktor penyesuaian (fp) dan Allowance, untuk perencanaan produksi digunakan Kapasitas Rata-rata.

b. Kapasitas tenaga kerja

Kapasitas praktis aktual ($<$ dari kapasitas terpasang)

- Kapasitas Rata-rata biasanya yang diukur Waktu Rata-rata (W_r)
- Kapasitas normal $\rightarrow$ Waktu Normal (W_n) = $W_r \times fp$

Dimana:

fp = Faktor Penyesuaian

Kapasitas Standar $\rightarrow$ Waktu Standar = $W_n (1 + Allowance)$

Dimana:

Allowance = Kelonggaran

Untuk perencanaan produksi digunakan Kapasitas Tenaga Kerjanya Kapasitas Standar.

2. Perencanaan Produksi

Dibedakan menjadi 2 kelompok:

- 1) Perencanaan Produksi Agregat
 - a. Metode Heuristik
 - b. Metode Optimasi, didasarkan pada 2 tujuan:
 - Keuntungan atau *output* $\rightarrow$ maksimal
 - Biaya atau *SD Input* $\rightarrow$ minimal

c. Metode Analitik/matematik

Misal peternak mempunyai:

- Kambing 50 ekor = $50 \times 20 \text{ kg} = 1000 \text{ kg}$
- Sapi 30 ekor = $30 \times 140 \text{ kg} = 4200 \text{ kg}$
- Kerbau 20 ekor = $20 \times 140 \text{ kg} = 2800 \text{ kg}$

Apakah jumlahnya kambing + sapi + kerbau = 100 ekor ??
Tidak boleh seperti itu

Contoh lain dalam Perencanaan Produksi Air Minum Kemasan:

Jenis Produknya:

1. Gelas 250 ml
2. Botol 500 ml
3. Botol 1000 ml
4. Botol 2000 ml
5. Galon 15.000 ml

Perencanaan produksi agregat keluarannya menggunakan satuan liter.

Sedangkan perencanaan produksi disagregat keluarannya menggunakan biji/unit masing-masing jenis produk air minum kemasan (gelas, botol, dan gallon.

Harus diagregatkan dulu dalam **satuan ukuran yang sama**, dalam contoh misalnya menggunakan satuan kg.

Misal: 1 ekor kambing = 20 kg

1 ekor sapi = 140 kg

1 kor kerbau = 140 kg

2) Perencanaan Produksi Disagregat

- Metode Heuristik (Metode Coba2)
- Metode Optimasi (Biasanya menggunakan LP biasa, atau LP Integer)
- Metode Analitik (*Metode Family Set Up*)
-

3.2 Metode Perencanaan Produksi Agregat

Perencanaan produksi agregat dapat dilakukan beberapa metode, yaitu :

- Heuristik
- Grafis
- Optimasi

3.2.1 Perencanaan produksi secara Heuristik

Perencanaan produksi secara heuristik dapat dilakukan dengan beerbagai macam strategi, salah satunya Menggunakan Metode gabungan beberapa alternatif strategi prouksi: produksi sendiri (strategi Murni), Subkontrak atau Gabungan Strategi Murni dan Subkontrak. Beberapa alternatif tsb kemudian dibandingkan dengan kriteria biaya produksi. Strategi Murni dapat dilakukan secara agregat atau disagregat. Strategi Murni dapat dibagi menjadi :

- Strategiimengaturikapasitas mesinidan tenaga kerjai (Murni I)
- Strategiimengatur kecepataniproduksi (Murni II)
- Strategiimengatur inventoryi (Murni III)
- Subkontraki (Tidak Murni)

Perencanaan produksi bisa dilakukan secara agregat maupun disagregat. Secara agregat, berbagai jenis produk dipandang sebagai satu kesatuan dengan satu satuan ukur.

Sedangkan disagregat melihat setiap produk secara terpisah sesuai jenis dan satuannya masing-masing.

3.2.2 Perencanaan produksi secara Grafis

Metode grafis ini adalah metode perencanaan agregat yang sangat sederhana dan mudah dipahami. Asumsi: $i_t = i_{t-1} \rightarrow p_t = d_t$

Secara garis besar langkah perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Gambarkan histogram permintaan dan tentukan kecepatan produksi (P_t) rata-rata yang diperlukan untuk memenuhi permintaan.

$$P_t \text{ rata-rata} = \frac{\sum d_t}{n} \quad (3.1)$$

2. Buat grafik permintaan kumulatif versus waktu serta grafik permintaan rata-rata kumulatif versus waktu. Identifikasikan prioritas periode-periode tempat terjadinya kekurangan barang (*back order*) dan periode-periode adanya kelebihan barang (*inventory*).
3. Tentukan strategi yang akan digunakan untuk menanggulangi kekurangan dan kelebihan barang tersebut.
4. Tentukan biaya yang terkait dengan setiap metode dan pilih salah satu dengan biaya terendah.

Contoh:

Perusahaan ABC telah meramalkan permintaan produknya secara agregat sebagai berikut:

Tabel 3. 1. Data Perusahaan ABC

Bulan	Permintaan (unit)
1	220
2	170
3	400
4	600
5	380
6	200
7	130
8	300

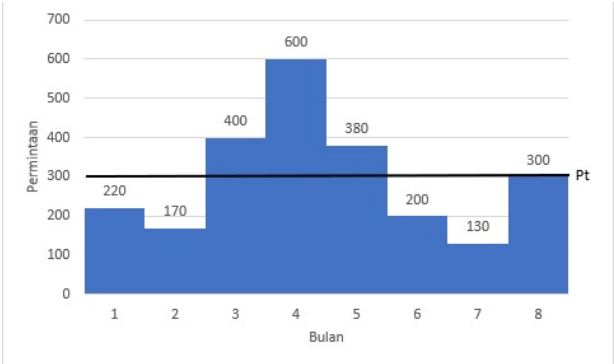
Diketahui bahwa peningkatan kecepatan produksi akan menelan biaya Rp 1000 per unit, sedangkan penurunan kecepatan produksi akan menelan biaya Rp 1500 per unit. Jika perusahaan memiliki persediaan, biaya penyimpanan setiap unit akan mencapai Rp 50 per bulan.

Subkontrak, yang biayanya Rp 800 per unit, adalah opsi lain yang dimiliki bisnis untuk memenuhi permintaan. Bagaimana cara terbaik untuk merencanakan produksi? Biaya *back order* adalah Rp 100 per unit per bulan.

Jawab:

a. Dengan metode grafik
histogram permintaan dan P_t :

P_t rata-rata $= (220 + 170 + \dots + 300) / 8 = 300$ produksi

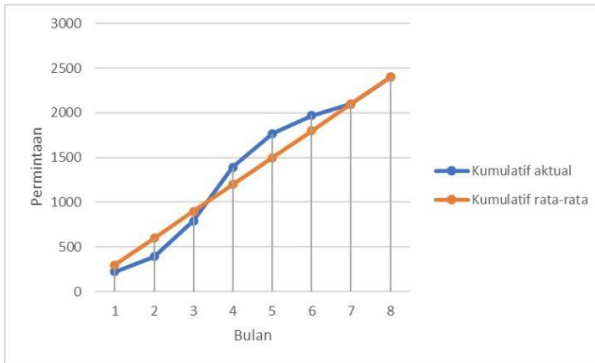


Gambar 3. 2. Histogram Permintaan dan Pt

Plot permintaan kumulatif terhadap waktu dan permintaan rata-rata kumulatif terhadap waktu:

Tabel 3. 2. Data Permintaan Kumulatif

T	1	2	3	4	5	6	7	8
Permintaan Aktual	220	170	400	600	380	200	130	300
Rata-rata Permintaan Aktual	300	300	300	300	300	300	300	300
Kumulatif Aktual	220	390	790	1390	1770	1970	2400	2700
Kumulatif Rata-rata	300	600	900	1200	1500	1800	2400	2700



Gambar 3. 3. Kumulatif permintaan

b. Strategi Heuristik dengan strategi Murni dan Subkontrak

Strategi yang mungkin digunakan dan konsekuensi ongkosnya.

Rencana 1: Mengatur jumlah tenaga kerja, berarti tingkat produksi dibuat sama dengan tingkat permintaan yang ada. Konsekuensi biaya yang timbul adalah:

Tabel 3. 3. Konsekuensi Biaya Rencana 1

Bulan	Permintaan (dt)	Produksi (pt)	Ongkos meningkatkan kecepatan produksi	Ongkos menurunkan kecepatan produksi	Ongkos total
1	220	220	-	-	-
2	170	170	-	$50 \times 1500 = 75.000$	75.000
3	400	400	$230 \times 1000 = 230.000$	-	230.000
4	600	600	200.000	-	200.000
5	380	380	-	330.000	330.000
6	200	200	-	270.000	270.000
7	130	130	-	105.000	105.000
8	300	300	170.000	-	170.000
					1.380.000

Rencana 2: Mengadakan persediaan, tingkat produksi konstan (Rata-rata).

Alternatif 2: Produksi dilakukan berdasarkan rata-rata permintaan, sementara fluktuasi dipenuhi melalui persediaan. Karena puncak kekurangan terjadi di bulan ke-5 sebesar 270 unit, maka untuk menghindari kekurangan sejak awal, perlu disiapkan stok awal sebesar itu. Akibatnya, akan muncul biaya penyimpanan tiap periodenya.

Konsekuensi biaya yang didapatkan dengan cara ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 4. Konsekuensi Biaya Rencana 2

Bulan	Permintaan (dt)	Produksi (pt)	Ongkos meningkatkan kecepatan produksi	Ongkos menurunkan kecepatan produksi	Ongkos total
0	Persd. Awal			270	
1	220	300	$300-220=80$	350	$350 \times 50 = 17.500$
2	170	300	$(300+80)-170=210$	480	24.000
3	400	300	110	380	19.000
4	600	300	-190	80	4.000
5	380	300	-270	0	0
6	200	300	-170	100	5.000
7	130	300	0	270	13.500
8	300	300	0	270	13.500
					0

Persediaan Total = Persediaan awal + Persediaan yang timbul tiap periode

Contoh:

Persediaan Total periode ke 1 = $270 + 80 = 350$ unit

Persediaan Total periode ke 2 = $270 + 210 = 480$ unit

Rencana 3: Kekurangan produksi (pesanan tertunda) dipenuhi selama periode produksi yang relevan, dan produksi dilakukan pada tingkat permintaan rata-rata.

Tabel 3. 5. Konsekuensi Biaya Rencana 3

Bulan (t)	Permintaan (dt)	Produksi (pt)	Persediaan yang timbul (it)	Back Order (bt)	Ongkos Persediaan	Ongkos Back Order	Ongkos total
0	-	-	-	-	-	-	-
1	220	300	80	-	$80 \times 50 = 4.000$	-	4.000
2	170	300	210	-	10.500	-	10.500
3	400	300	110	-	5.500	-	5.500

Bulan (t)	Permintaan (dt)	Produksi (pt)	Persediaan yang timbul (it)	Back Order (bt)	Ongkos Persediaan	Ongkos Back Order	Ongkos total
4	600	300	-	$(300+100)-600 = -190$	-	$190 \times 100 = 19.000$	19.000
5	380	300	-	-270	-	27.000	27.000
6	200	300	-	-170	-	17.000	17.000
7	130	300	-	-	-	-	-
8	300	300	-	-	-	-	-
							83.000

Jika ongkos *back order* terlalu mahal maka diambil alternatif lain itu dengan *sub contract*.

Rencana 4: Mengadakan *sub contract*

Dengan rencana ini berhasil berarti perusahaan memproduksi tk. Permintaan yang paling rendah dan kekurangan pada periode yang lain dipenuhi dengan sub kontrak.

Tabel 3. 6. Frekuensi Biaya Rencana 4

Bulan	Permintaan (dt)	Produksi (pt)	Besarnya <i>Sub Contract</i>	Ongkos total
1	220	130	$220-130=90$	$90 \times 800 = 72.000$
2	170	130	40	32.000
3	400	130	270	216.000
4	600	130	470	376.000
5	380	130	250	200.000
6	200	130	70	56.000
7	130	130	0	0
8	300	130	170	136.000
			Dt-pt	1.088.000

Dari beberapa alternatif di atas maka dipilih Alternatif 3 (Strategi *Back Order*) sebab biaya yang dihasilkan paling murah (Rp. 83.000,-).

3.2.3 Perencanaan produksi dengan Metode Optimasi

Ada beberapa metode optmasi, tetapi yang banyak digunakan dalam perencanaan produksi agregat adalah Metode Transportasi.

Contoh: sebuah perusahaan memiliki 4 periode permintaan serta 4 periode sumber daya yaitu:

Tabel 3. 7. Data Permintaan 4 Periode Sumber Daya

Kuartal	Permintaan	Kapasitas Jam Kerja	Kapasitas Jam Lembur	<i>Sub Contract</i>
1	500	700	250	500
2	800	800	250	500
3	1.700	900	250	500
4	900	900	250	500

Diketahui pula bahwa persediaan awal pada periode pertama adalah 100 unit, dan persediaan akhir yang ideal adalah 150 unit pada akhir periode 4. Biaya produksi pada jam lembur adalah Rp 125 per unit, dibandingkan dengan Rp 100 per unit pada jam kerja normal. Biaya pemeliharaan subkontraktor adalah Rp 20 per unit setiap periode, atau biaya penyimpanan sebesar Rp 150 per unit.
Penyelesaian:

Tabel 3. 8. Penyelesaian

Sumber		Permintaan Periode Kwartal				Kapasitas	R. Produksi
		1	2	3	4		
Persediaan Awal		100				-	-
1	Rt	400 ¹⁰⁰	- 120	300 ¹⁴⁰	X ⁻¹⁶⁰	700/300	700(RT)
	Ot	- 125	- 145	- 165	- 185	250	
	Sk	- 150	- 150	- 150	- 150	500	
2	Rt	X	800 ¹⁰⁰	X ^{- 120}	X ⁻¹⁴⁰	800	800 (RT)
	Ot	X	- 125	250 ¹⁴⁵	X ⁻¹⁶⁵	250	250 (OT)
	Sk	X	- 150	- 150	- 150	500	
3	Rt	X	X	900 ¹⁰⁰	X ⁻¹²⁰	900	900 (RT)
	Ot	X	X	250 ¹²⁵	X ⁻¹⁴⁵	250	250 (OT)
	Sk	X	X	- 150	- 150	500	
4	Rt	X	X	X	900 ¹⁰⁰	900	900 (RT)
	Ot	X	X	X	150 ¹²⁵	250/100	150 (OT)
	Sk	X	X	X	- 150	500	
Permintaan		500	800	1700	1050		

Sistem tidak melakukan pemesanan ulang dalam contoh yang disebutkan di atas, oleh karena itu kebutuhan periode I tidak dapat dipenuhi pada periode 2. Akan tetapi, jika pemesanan ulang diizinkan, kebalikannya tidak diragukan lagi benar.

Tabel 3. 9. Jadwal Induk Produksi

Periode	Rencana produksi	Permintaan
1	700	500
2	1050	800
3	1150	1700
4	1050	900

Untuk produk yang banyak diperlukan teknik agregasi dan disagregasi.

3.3 Perencanaan Produksi Disagregat

- i. Metode Heuristik
Perlu diketahui bahwa metode Heuristik tidak banyak digunakan dalam perencanaan disagregat.
- ii. Metode M. *Family Set Up*
Metode perencanaan produksi disagregat yang banyak digunakan adalah M. *Family Set Up*. Metode ini dipersamakan oleh Hax dan Meal, sehingga disebut juga Metode Hax dan Meal. Metode ini syaratnya: ada Famili (i), masing2 family terdiri dari Item2 (j).

Contoh:

Produk pakaian, misal ada Famili:

- Famili baju lengan panjang dengan ukuran (S, M, L, XL, dst)
- Famili Rok Wanita dengan (S, M, L, XL, dst)
- Celana Panjang, dst

1. Langkah-Langkah M. *Family Set Up*

Menentukan *family* yang akan diproduksi. *Family* akan diproduksi bila:

$\text{Min } \{q_{ij} - S_{ij}\} \leq 0$; dimana $q_{ij}(t) = I_{ij}(t-1) - D_{ij}(t)$

Bila jawabannya: Ya maka setiap item pada family itu diproduksi

q_{ij} = Ekspektasi jumlah produksi item j *family* i

S_{ij} = Safety stock item j *family* i

I_{ij} = Persediaan item j *family* i

D_{ij} = Demand item j *family* i

Menentukan berapa tiap item dalam tiap *family* harus diproduksi (Q_{ij})

$$\text{Ongkos Simpan} = C_{ij} \cdot I \cdot \{(S_{ij} + (T_{ij}/N)) / 2\}$$

$$\text{Ongkos set up} = S_i \cdot N_i$$

$$N_i^* = \sqrt{\frac{I}{2S_i \sum C_{ij} \cdot T_{ij}}} \quad (3.2)$$

$$Q_{ij}^* = \frac{T_{ij}}{N_i^*} = \sqrt{2T^2_{ij} \times \left(\frac{S_i}{I \sum C_{ij} \cdot T_{ij}}\right)} \quad (3.3)$$

Dimana:

T_{ij} = Permintaan Tahunan Item j *Family* i

S_i = Ongkos *Set up* *family* i

N_i = Jumlah Siklus *Set up* Produksi *family* i

C_{ij} = Harga Satuan Item j *Family* i

I = Tingkat Suku Bunga

Q_{ij}^* = Produksi Ekonomis item j *family* i

$$Q^* \text{ Total} = \sum (Q_{ij} \cdot T_{ij}) \quad (3.4)$$

Bila K_{ij} = faktor konversi utk item j utk mencapai satuan agregat, maka:

$$Q_{ij}^* (\text{adj}) = Q_{ij} \left(\frac{P}{Q^* \text{Total}} \right) \quad (3.5)$$

dan

$$Q^{**} (\text{adj}) = (I_{ij(t-I)} - D_{ij(t)} - s_{ij} \left(\frac{P}{Q^* \text{Total}} \right)) \quad (3.6)$$

iii. Metode Optimasi

Metode optimasi dalam produksi Disagregat bisa menggunakan metode Linier *Programming*.

Tugas II

Tabel 3. 10. Data Tugas 2

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Demand (unit)	220	170	400	600	380	200	130	300	260	250	190	200
Kapasitas Reguler	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Kapasitas Lembur	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Diketahui pula bahwa persediaan awal pada periode pertama adalah 200 unit, dan persediaan akhir yang ditargetkan adalah 250 unit pada akhir periode 12. Biaya produksi sebesar Rp 100 per unit selama jam kerja reguler dan Rp 150 per unit selama jam lembur. Biaya penyimpanan sebesar Rp 20 per unit per periode ditetapkan. Buatlah jadwal produksi yang dapat mengurangi biaya!

BAB 4

PERSEDIAAN KONVENSIONAL

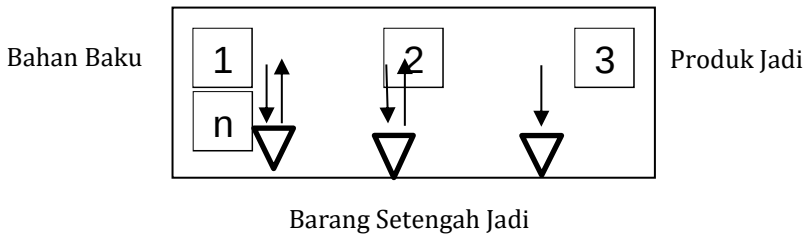
4.1 Pengertian dan Fungsi Persediaan

Sumber daya yang menganggur adalah sumber daya yang belum digunakan dan menunggu pemrosesan lebih lanjut. Proses tambahan ini dapat berupa konsumsi langsung, yang berlangsung di rumah, aktivitas pemasaran dalam sistem distribusi, atau aktivitas produksi dalam sistem manufaktur. Dengan kata lain, inventaris berfungsi sebagai cadangan yang dapat digunakan saat dibutuhkan di lain waktu.

Dalam sistem manufaktur, persediaan dapat ditemui dalam tiga bentuk, yaitu:

1. Bahan baku, Input pertama yang digunakan dalam proses mengubah bahan mentah menjadi barang akhir adalah bahan mentah.
2. Barang setengah jadi, adalah suatu peralihan dari bahan baku sebelum menjadi produk jadi, hal ini disebut *Work In Process* (WIP).
3. Barang jadi, adalah hasil akhir proses transformasi yang siap dipasarkan kepada konsumen.

Proses Tranformasi



Gambar 4. 1. Bentuk Persediaan dalam Sistem Manufaktur

Dalam sistem non-manufaktur, persediaan bisa berupa berbagai bentuk, tidak selalu barang fisik. Contohnya, uang tunai di bank, obat-obatan di apotek, stok darah dan tenaga medis di rumah sakit, hingga armada mobil pemadam kebakaran yang dimiliki oleh sebuah kota. Semua ini termasuk persediaan karena disiapkan untuk digunakan saat dibutuhkan.

Besar kecilnya kesulitan dalam permasalahan tersebut tergantung pada berbagai faktor, diantaranya adalah:

- Permintaan produk sering kali berubah-ubah, baik dari segi jumlah maupun waktu kedatangannya, sehingga membuat perencanaan menjadi lebih menantang.
- Setiap jenis produk memiliki waktu produksi yang berbeda-beda, dan hal ini membuat proses perencanaan menjadi lebih kompleks karena tidak ada standar waktu yang pasti.
- Waktu persiapan atau ancap-ancap untuk memulai produksi sering kali sulit diprediksi karena dipengaruhi oleh banyak faktor yang berada di luar kendali.
- Struktur administratif dan sistem pengorganisasian dalam perusahaan juga berperan besar, karena jika tidak tertata dengan baik, akan menyulitkan koordinasi dan pelaksanaan rencana produksi.

- e. Tingkat pelayanan yang ingin diberikan kepada pelanggan turut menentukan seberapa besar tantangan yang harus dihadapi, karena semakin tinggi standar pelayanan, semakin kompleks pula perencanaannya.
- f. Seberapa besar manajemen berani mengambil risiko juga akan memengaruhi tingkat kesulitan dalam menangani permasalahan produksi.

Selain karena kebutuhan untuk memenuhi permintaan, persediaan juga bisa muncul sebagai bentuk antisipasi terhadap berbagai ketidakpastian yang mungkin terjadi. Ketidakpastian ini bisa berasal dari permintaan, waktu kedatangan barang, atau proses produksi itu sendiri. Untuk mengatasi hal tersebut, perusahaan biasanya menyediakan persediaan pengaman (*safety stock*), yaitu stok tambahan yang disiapkan khusus untuk berjaga-jaga jika terjadi hal di luar perkiraan.

Keinginan untuk berspekulasi yaitu, menahan barang dengan harapan harga akan naik di masa mendatang sehingga dapat memperoleh laba merupakan faktor lain yang sering menyebabkan persediaan. Motivasi spekulatif ini biasanya terjadi dalam kasus barang monopoli atau sulit didapat, di mana pasokan terbatas dan harga sering berfluktuasi.

4.2 Permasalahan Umum Pengendalian Persediaan

Telah tersirat bahwa alasan utama persediaan ada adalah untuk menjamin bahwa proses pemenuhan permintaan konsumen akan barang berjalan lancar. Dengan cara ini, sistem operasi dapat beroperasi dengan baik. Namun, seperti yang disebutkan

di bawah ini, manajemen persediaan biasanya melibatkan berbagai kesulitan atau masalah yang harus diselesaikan:

1. Permasalahan Kuantitatif. Permasalahan ini berkaitan dengan bagaimana menentukan jumlah barang yang perlu dipesan atau diproduksi, kapan waktu yang tepat untuk melakukan pemesanan atau produksi, serta berapa besar persediaan pengaman yang dibutuhkan. Masalah seperti ini umumnya dikenal sebagai penentuan kebijakan persediaan, yaitu proses memilih metode pengendalian persediaan yang paling efektif dan sesuai dengan kondisi perusahaan.
2. Permasalahan Kualitatif. Permasalahan ini menyangkut aspek-aspek non-teknis dalam pengelolaan persediaan, seperti bagaimana sistem persediaan dijalankan secara keseluruhan. Hal ini mencakup pengaturan organisasi, alur kerja dan prosedur yang digunakan, sistem administrasi, serta kualitas informasi yang tersedia dalam sistem pencatatan dan pelaporan persediaan.

Permasalahan Umum Persediaan:

- a. Kalau persediaan terlalu besar, biayanya besar
- b. Kalau terlalu kecil atau tidak ada persediaan, bisa mengganggu kelancaran proses produksi

4.3 Ukuran Kinerja (*Performance*) Sistem Persediaan

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa tujuan utama dari sistem pengendalian persediaan adalah menemukan solusi terbaik, baik untuk masalah kuantitatif maupun kualitatif yang muncul dalam pengelolaan persediaan. Dengan demikian, persediaan yang ada dapat digunakan secara

efektif sesuai harapan. Untuk menilai sejauh mana sistem persediaan berjalan dengan baik, biasanya digunakan ukuran kinerja yang lebih konkret, yaitu total biaya yang seminimal mungkin dalam satu periode operasional tertentu umumnya selama satu tahun.

Penggunaan ongkos sebagai ukuran kinerja berarti kita berasumsi bahwa pengelolaan persediaan tidak akan mengurangi keuntungan bisnis secara keseluruhan. Dengan asumsi ini, jika biaya persediaan bisa ditekan seminimal mungkin, maka keuntungan bisnis pun berpotensi meningkat, asalkan faktor-faktor lain tetap sama.

Karena biaya merupakan komponen internal yang hanya dipahami oleh manajer, maka tidak cukup untuk mengukur efektivitas sistem inventaris hanya dengan melihat biayanya. Akan tetapi, kinerja inventaris terutama dievaluasi oleh pengguna atau konsumen berdasarkan kemampuan sistem untuk memberikan layanan tingkat tinggi.

Beberapa ukuran tingkat pelayanan persediaan /kinerja gudang, diantaranya adalah:

Persentase pemenuhan permintaan, yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\text{Jumlah Permintaan Yang dapat dipenuhi segera}}{\text{Jumlah Permintaan yang Datang dalam Periode}} \times 100\% \quad (4.1)$$

$$\mu = \frac{\text{Jumlah Barang Yang dapat dipenuhi segera}}{\text{Jumlah total Barang diminta dalam Periode}} \times 100\% \quad (4.2)$$

Persentase waktu tersedianya persediaan, yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\text{Jumlah Hari kerja dalam 1 tahun (Tersedia Barang)}}{\text{Jumlah Hari Kerja dalam 1 Tahun yang bersangkutan}} \times 100\% \quad (4.3)$$

Kecepatan pelayanan yang dapat berupa:

- waktu pengiriman (*delivery time*)
- waktu proses (*processing time*)

Perputaran persediaan sering digunakan sebagai tolok ukur efisiensi pengelolaan sistem persediaan dalam sistem jasa (perdagangan), selain tiga metrik kinerja tingkat layanan yang telah dibahas sebelumnya. Perbandingan antara rata-rata persediaan barang dan volume penjualan tahunan dikenal sebagai perputaran persediaan:

$$\mu = \frac{\text{Volume Penjualan Tahunan}}{\text{Persediaan Barang Rata-rata}} \quad (4.4)$$

Karena metrik kinerja ini bersifat relatif, penerapannya memerlukan perbandingan nilainya dengan sistem bisnis lain yang sebanding dan mempertimbangkan jenis komoditas yang dijual. Misalnya, perputaran persediaan barang konsumsi sehari-hari biasanya lebih tinggi daripada barang mewah. Akibatnya, mustahil untuk membandingkan perputaran persediaan berbagai barang secara langsung. Perputaran persediaan harus dibandingkan dengan produk yang sebanding di perusahaan lain untuk menentukan kemanjurannya.

4.4 Ongkos Sistem Persediaan

Secara umum, biaya sistem inventaris mencakup semua biaya dan kerugian yang terkait dengan inventaris. Komponennya meliputi biaya pemesanan, penyimpanan, pembelian, dan kekurangan. Penjelasan singkat tentang komponen biaya sistem inventaris akan diberikan di bawah ini.

1. Ongkos Pembelian (Konstan)

Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan saat melakukan pembelian. Jumlah produk yang dibeli dan biaya per unit menentukan besarnya biaya pembelian tersebut.

2. Ongkos Pengadaan (*Procurement Cost*)

Biaya pemesanan dan biaya produksi (biaya persiapan) adalah dua kategori biaya pengadaan berdasarkan asal barang.

a. Ongkos Pemesanan (*order cost*)

Semua biaya yang terkait dengan mendatangkan barang dari luar sudah termasuk dalam harga pemesanan. Biaya ini mencakup hal-hal seperti mencari pemasok, menentukan tingkat stok sebelum melakukan pembelian, dan sebagainya. Untuk setiap pesanan barang, biaya ini biasanya dianggap tetap.

b. Ongkos Pembuatan (*set up cost*)

Semua biaya yang dikeluarkan sebelum produksi barang disebut sebagai biaya produksi. Biaya ini, yang meliputi biaya pembuatan desain benda kerja dan biaya pemasangan mesin, biasanya terjadi di pabrik.

Biaya-biaya ini sering disebut sebagai biaya pengadaan dalam sistem inventaris karena memiliki tujuan yang sama, yaitu pengadaan.

3. Ongkos Simpan

Semua biaya yang berkaitan dengan penyimpanan barang disebut biaya penyimpanan. Biaya ini terdiri dari:

a. Ongkos memiliki persediaan

Biasanya, biaya penyimpanan inventaris dinyatakan sebagai persentase nilai inventaris selama periode waktu tertentu.

b. Ongkos Gudang

Biaya yang terkait dengan pergudangan muncul karena barang yang disimpan memerlukan tempat untuk disimpan. Jika gudang dimiliki sendiri, biayanya adalah

penyusutan; jika gudang beserta fasilitas peralatannya disewa, biayanya adalah sewa.

c. Ongkos kerusakan dan penyusutan

Barang yang disimpan di gudang dapat mengalami kerusakan atau bahkan penyusutan. Berdasarkan pengalaman, biaya kerusakan dan penyusutan sering kali dihitung sebagai persentase.

d. Ongkos kadaluwarsa (*absolaence*)

Model yang lebih baru terkadang dapat menyebabkan nilai produk yang disimpan menurun. Misalnya, produk elektronik sering kali menyertakan hal ini. Jumlah penurunan harga jual barang biasanya digunakan untuk menghitung jumlah biaya kadaluwarsa ini.

e. Ongkos asuransi

Produk yang disimpan juga diasuransikan untuk menjaganya dari kejadian yang tidak diinginkan seperti kebakaran, huru-hara, dan sebagainya; hal ini dikenal sebagai biaya asuransi.

f. Ongkos administrasi

Biaya ini dikeluarkan selama pemesanan, penerimaan, dan penyimpanan barang untuk mengelola inventaris terkini.

g. Ongkos lain-lain

Semua biaya penyimpanan ini, yang biasanya bervariasi berdasarkan keadaan dan kondisi bisnis, belum ditanggung oleh komponen biaya yang disebutkan di atas.

4. Ongkos Kekurangan Persediaan

Akan terjadi kelangkaan persediaan jika barang yang diminta tidak tersedia. Harga kekurangan persediaan dapat dihitung dengan menggunakan:

- a. Kuantitas yang tidak dapat dipenuhi
- b. Waktu Pemenuhan
- c. Ongkos Pengadaan Darurat

5. Ongkos Sistemik (Konstan)

Ada biaya lain yang dikenal sebagai biaya sistemik selain biaya yang disebutkan sebelumnya, yang biasanya rutin. Di antara biaya sistemik ini adalah biaya yang terkait dengan perencanaan dan pembangunan sistem inventaris, pembelian perangkat keras (seperti komputer), dan pelatihan staf yang akan menggunakan sistem tersebut. Ketika berinvestasi dalam sistem inventaris, biaya sistemik ini dapat dilihat sebagai biaya investasi.

Hanya tiga dari lima kategori biaya persediaan yang bersifat variabel, yaitu:

1. Biaya Pengadaan (termasuk biaya persiapan jika anda membuat sendiri barang tersebut dan biaya pemesanan jika anda membelinya).
2. Biaya penyimpanan.
3. Harga rendah.

4.5 Metode-Metode Pengendalian Persediaan

Secara umum, teknik pengendalian persediaan terbagi menjadi:

1. Teknik pengendalian matematis dan statistic.
2. Metode Perencanaan Kebutuhan Material (PKM atau MRP).
3. Model Jepang dari metode kanban.

4.5.1 Metode-Metode Pengendalian Secara Statistik

Pendekatan ini membahas masalah kuantitatif dalam sistem inventaris terutama melalui penggunaan statistik dan matematika. Oleh karena itu, metode pengendalian inventaris statistik (*Statistical Inventory Control*) sering digunakan.

Bila permintaan untuk komoditas yang dikendalikan tidak saling terkait, metode pengendalian inventaris statistik ini biasanya digunakan. Akibatnya, dasar pendekatan difokuskan pada pengelolaan setiap komponen independen. Pengelolaan inventaris supermarket menjadi salah satu contoh. Dalam kasus ini, misalnya, permintaan untuk sayuran tidak bergantung pada keinginan untuk barang yang mudah pecah.

Berdasarkan sejarah perkembangannya, Wilson telah secara resmi mengakui teknik ini sejak tahun 1929. Di sini, Wilson mencari jawaban atas dua pertanyaan mendasar yaitu:

- berapa banyak barang yang harus dipesan untuk setiap pesanan?
- kapan pesanan dilakukan?

Rumus Wilson merupakan titik awal, dan kemudian dicoba untuk dikembangkan dalam sejumlah keadaan yang lebih realistis, khususnya untuk kejadian probabilistik. Metode Q dan metode P merupakan dua pendekatan mendasar untuk pengendalian persediaan probabilistik dalam konteks ini. Sementara teknik P mengikuti aturan saat menempatkan pesanan rutin dalam jangka waktu yang telah ditentukan (mingguan, bulanan, dsb.), metode Q pada dasarnya menggunakan aturan jumlah ukuran pesanan yang selalu ditetapkan untuk setiap pesanan.

4.5.2 Metode Perencanaan Kebutuhan Material

Bila kebutuhan komponen atau material bergantung pada kebutuhan komponen atau material lain, efektivitas teknik pengendalian inventaris tradisional akan berkurang. Seiring bertambahnya variasi komponen atau material yang dikelola, inefisiensi ini akan semakin terlihat.

Amerika mulai menciptakan teknik baru yang dikenal sebagai *Material Requirement Planning* (PKM), atau *Material Requirement Planning* (MRP), pada tahun 1960-an untuk mengatasi masalah ini. Perkembangan teknologi komputer memunculkan teknik ini. Hasilnya, pendekatan ini sangat berorientasi pada komputer. Teknik ini menggambarkan Jadwal Produksi Induk (JIP) menggunakan kumpulan prosedur, kriteria keputusan, dan sistem pencatatan.

Berdasarkan sejarahnya, PKM awalnya diaplikasikan di sektor logam dengan menggunakan tipe job shop. Tipe ini merupakan salah satu tipe yang paling sulit dikelola dalam sistem manufaktur, sehingga keberadaan PKM berdampak signifikan dalam mengurangi investasi inventaris dan mempermudah pembuatan jadwal untuk setiap komponen atau material yang dibutuhkan. PKM juga berfungsi sebagai alat untuk produksi dan pengendalian inventaris. Dalam perkembangan selanjutnya, PKM juga dapat digunakan untuk semua sistem pengendalian inventaris dalam manufaktur, termasuk produksi massal dan sistem *job shop*.

4.5.3 Metode Kanban

Metode ini merupakan salah satu cara penerapan konsep *Just In Time* (JIT) dalam sistem produksi Toyota Motor Company. Produksi JIT merupakan produksi massal dalam skala kecil yang dapat langsung digunakan. Salah satu teknik pengendalian persediaan yang digunakan dalam JIT adalah kanban. Dalam sistem ini, jenis dan jumlah unit yang dibutuhkan oleh proses selanjutnya diambil dari proses sebelumnya sebagaimana diperlukan. Artinya, unit yang baru diambil akan berasal dari prosedur yang telah selesai. Kartu kanban digunakan untuk melacak jumlah dan jenis unit yang dibutuhkan..

Keranjang berfungsi sebagai lokasi untuk komponen dengan jumlah yang telah ditentukan sebelumnya dalam sistem ini. Ada dua kartu di setiap keranjang. Pesanan produksi ditampilkan pada satu kartu, dan pengambilan unit ditampilkan pada kartu lainnya. Perbedaan utama antara dua metode sebelumnya dan metode ini adalah sifat "pertimbangan" yang digunakan untuk menentukan jadwal produksi. Dalam dua sistem sebelumnya, produksi didorong oleh penjadwalan (sistem dorong), yang melibatkan proyeksi permintaan di masa mendatang dan kemudian mengatur produksi untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Jadwal produksi dalam sistem kanban ditentukan oleh permintaan aktual (sistem tarik).

4.6 Formula Wilson

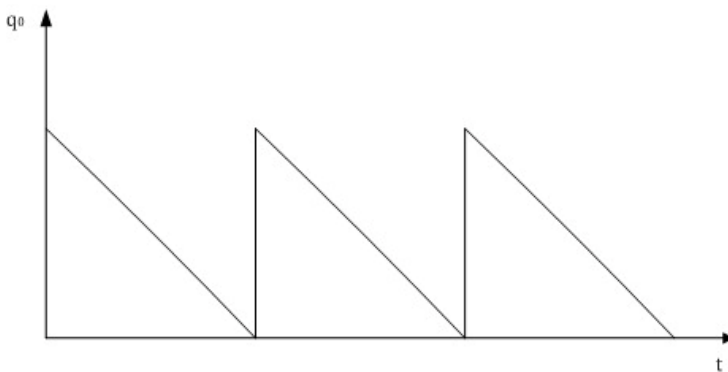
Secara formal, pendekatan statistik/matematika pertama dalam manajemen, khususnya dalam sistem inventaris, mengarah pada pengembangan rumus WILSON. Rumus ini berfokus pada penyediaan jawaban atas dua masalah mendasar, khususnya:

1. Jumlah barang yang akan dipesan untuk setiap pesanan.
2. Kapan pesanan dilakukan?

Wilson membuat asumsi berikut tentang fenomena aktual yang dimodelkan untuk menemukan jawaban atas kedua pertanyaan ini yaitu:

1. Permintaan barang sepanjang cakrawala perencanaan satu tahun diketahui dan akan terus tumbuh seiring waktu.
2. Saat pesanan dilakukan, barang akan dikirim pada waktu yang sama.
3. Kuantitas barang yang diminta atau dibeli tidak memengaruhi biaya barang yang dipesan.

Ketiga asumsi ini memungkinkan kita untuk mengkarakterisasi status inventaris gudang sebagai berikut:



Gambar 4. 2. Posisi Persediaan Menurut Model Wilson

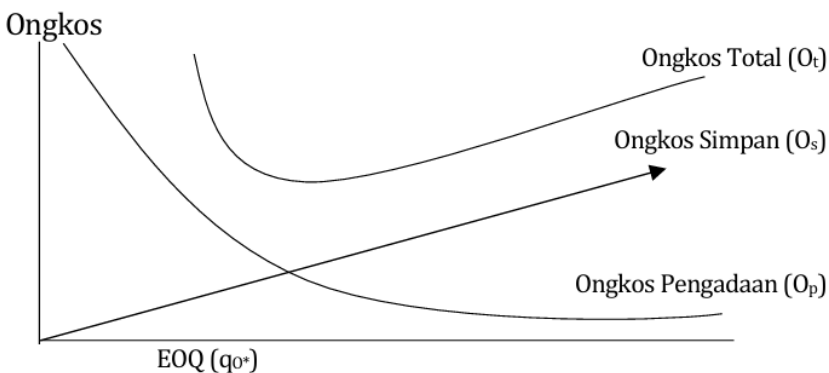
Respon Wilson terhadap dua pertanyaan mendasar sebelumnya terlihat dari gambar di atas:

1. Jumlah pesanan untuk setiap pesanan yang dilakukan. Selain itu, ukuran jumlah pesanan adalah nama lain untuk q_0 ini.
2. Ketika persediaan Gudang menjadi nol, pemesanan ulang dilakukan.

Seberapa besar q_0 yang optimal adalah masalah berikutnya yang perlu ditangani. Sasaran utama model Wilson dalam menentukan jawaban untuk q_0 adalah meminimalkan total biaya persediaan (O_t) sepanjang cakrawala perencanaan, yang biasanya satu tahun. Biaya pemesanan (O_p) dan biaya penyimpanan (O_s) adalah dua komponen biaya yang membentuk keseluruhan biaya persediaan yang dibahas di bawah ini, berdasarkan asumsi yang disebutkan di atas:

$$O_t = O_p + O_s \quad (4.5)$$

Untuk mencapai biaya persediaan keseluruhan yang minimum, Wilson berupaya mencapai keseimbangan antara biaya pemesanan dan penyimpanan. Gambar 4.2 mengilustrasikan keberadaan titik keseimbangan, yang merupakan titik ideal, sebagai berikut:



Gambar 4. 3. Grafik Ongkos Total dan ukuran Pemesan Optimal (q_0^*)

Biaya masing-masing komponen ini kemudian ditentukan menggunakan rumus di bawah ini:

a. Ongkos Pemesanan (O_p)

Biaya pemesanan selama periode perencanaan dihitung dengan mengalikan frekuensi pemesanan (f) dengan biaya pemesanan produk setiap kali (A). Berikut ini adalah ekspresi matematika untuk hal ini:

$$O_p = f \cdot A \quad (4.6)$$

Frekuensi pesanan selama cakrawala perencanaan dihitung dengan membagi jumlah permintaan yang dibuat selama cakrawala permintaan (D) dengan ukuran pesanan.

$$f = D / q_o \quad (4.7)$$

Dengan demikian ongkos pemesanan selama horizon perencanaan dapat dipersamakan

$$O_p = A D / q_o \quad (4.8)$$

b. Ongkos Simpan (O_s)

Biaya ini dapat dihitung dengan mengalikan biaya penyimpanan per unit dari waktu ke waktu (H) dengan jumlah rata-rata persediaan di gudang pada waktu tertentu (m):

$$O_s = H \times m \quad (4.9)$$

Nilai ekivalensi dari situasi persediaan, yang diwarnai pada Gambar 4.2 dan adalah $\frac{1}{2} q_o$, dapat digunakan untuk menghitung jumlah persediaan rata-rata (m). Oleh karena itu, biaya penyimpanan (O_s) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$O_s = \frac{1}{2} H q_o \quad (4.10)$$

Dalam kasus ini, biaya penyimpanan dibagi dengan harga satuan barang (C) sepanjang waktu (h) dapat direpresentasikan sebagai persentase (I):

$$H = I \cdot C \quad (4.11)$$

Berikut ini adalah persamaan biaya total (OT) yang dapat diperoleh dengan mensubstitusikan rumus yang diperoleh:

$$OT = A D / q_o + \frac{1}{2} H q_o \quad (4.12)$$

Rumus Wilson hanya menggunakan ukuran kuantitas pesanan (q_o) sebagai variabel keputusan. Kondisi optimasi berikut dapat digunakan untuk menemukan nilai optimalnya (q_o^*):

$$D \frac{OT}{dq_o} = 0 \quad - A D / q_o^2 + \frac{1}{2} H = 0$$

Jumlah pesanan ekonomis, atau q_o^* (Jumlah Pesanan Ekonomis), dapat diukur sebagai berikut menggunakan jawaban persamaan kuadrat berikut:

$$q_o^* = EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{H}} \quad (4.13)$$

Dimana:

EOQ = Jumlah pesanan/pengadaan optimal

D = Demand dalam 1 tahun

A = Ongkos 1x pesan atau 1x pembuatan

H = Ongkos simpan per tahun (% dari harga bahan per unit)

Persamaan ini selanjutnya sering dikenal dengan formula Wilson atau persamaan EOQ

$$\begin{aligned} OT^* &= \frac{AD}{\sqrt{2AD/h}} + \frac{1}{2} h \sqrt{\frac{2AD}{h}} \\ &= \frac{1}{2} h \sqrt{\frac{2AD}{h}} + \frac{1}{2} h \sqrt{\frac{2AD}{h}} \\ OT &= A D / EOQ + \frac{1}{2} H EOQ \end{aligned} \quad (4.14)$$

Seperti yang dapat diamati dari persamaan sebelumnya, titik optimal model WILSON tercapai ketika biaya pemesanan (O_p) dan biaya penyimpanan (O_s) identik. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan waktu ideal antar pemesanan (T^*):

$$T^* = \frac{qo}{D} = \sqrt{\frac{2AD/h}{D}} \quad (4.15)$$

Temuan yang dihasilkan akan tetap tidak berubah untuk lead time yang bukan nol, bahkan jika rumus dihitung dengan asumsi lead time nol. Waktu pemesanan (r) dalam hal ini bervariasi ketika tingkat persediaan:

$$r = D \cdot L$$

Oleh karena itu, berikut ini adalah pedoman pemesanan dengan lead time $L = 0$:

- a) qo^* pesanan = untuk setiap pesanan yang dilakukan
- b) Ketika tingkat persediaan mencapai titik yang telah ditentukan, pesanan akan dilakukan.

$$r = D \cdot L$$

SOAL

Diketahui selama 6 bulan perusahaan abc membutuhkan bahan baku x sebanyak 100.000 unit, biaya simpan dinyatakan dalam 2% dari harga bahan per unit per bulan, harga bahan per unitnya yaitu rp. 10.000,- biaya setiap kali pesan rp. 100.000,- *lead time* 2 minggu. pertanyaannya:

1. Hitung EOQ!
2. Tentukan Interval Waktu Pemesanan
3. Berapa titik saat dilakukan pemesanan Kembali?

Jawab:

Diketahui:

$$D = 12/6 \times 100.000 = 200.000 \text{ Unit}$$

$$H = (12 \times 2) \times 10.000 = 240.000$$

$$A = 100.000$$

$$L = 2 \text{ Minggu} = 0,5 \text{ Bulan}$$

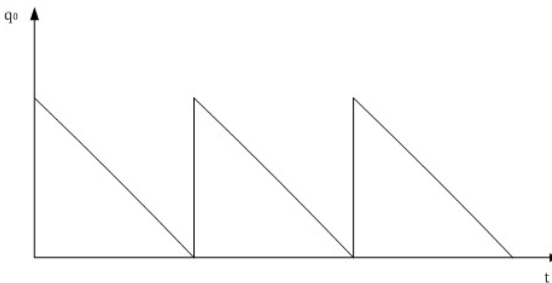
$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 100.000 \times 200.000}{240.000}} =$$

$$\text{Interval Pesan} = (EOQ / D) \times 12 \text{ Bulan} =$$

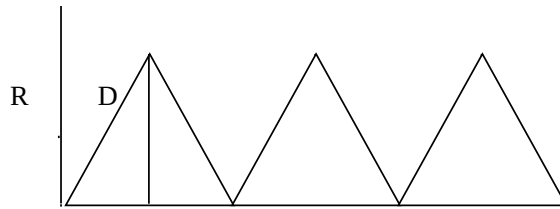
$$R = 1/24 \times 200.000 =$$

4.7 Pengaruh Kedatangan Uniform

Model WILSON mengasumsikan bahwa barang yang dipesan akan tiba pada waktu yang sama. Posisi persediaan dapat dijelaskan sebagai berikut dengan asumsi kedatangan yang seragam:



Gambar 4. 4. Posisi Persediaan Menurut Model Wilson



Gambar 4. 5. Situasi persediaan dengan kedatangan uniform

Tingkat persediaan rata-rata berfluktuasi pada waktu tertentu, dengan asumsi seragam tiba. yang berarti bahwa meskipun biaya pengadaan tidak akan berubah, biaya penyimpanan akan berubah. Rumus berikut digunakan untuk menentukan tingkat persediaan rata-rata pada waktu tertentu (m):

- a. Waktu pengiriman yang dibutuhkan untuk memenuhi pesanan berkualitas adalah $t = \frac{q_0}{R}$
- b. Jumlah kebutuhan yang harus dipenuhi selama t perioda adalah sebesar $qt = tD = \frac{q_0 D}{R}$
- c. Tingkat persediaan maximum dicapai pada akhir perioda t adalah sebesar:

$$Q_{\max t} = q_0 - q_0 \frac{D}{R}$$

$$Q_{\max t} = q_0 \left(1 - \frac{D}{R}\right)$$

Hal ini memberikan tingkat persediaan rata-rata: $\frac{1}{2} q_{\max t}$ atau $\frac{1}{2} q_0 (1 - D/R)$

Dengan demikian total ongkos persediaan OT adalah sebesar:

$$OT = \frac{AD}{q_0} + 1/2 H q_0 \left(1 - \frac{D}{R}\right) \quad (4.16)$$

Agar total ongkos minimal maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

$$\frac{dOT}{dq_0} = 0$$

$$= \frac{AD}{q_0^{2*}} + \frac{1}{2}H \left(1 - \frac{D}{R}\right) = 0$$

sehingga diperoleh ukuran persediaan optimal

$$q_0^* = EPQ = \sqrt{\frac{2kD}{h(1-D/R)}}$$

k = biaya 1x set up

sedangkan total ongkos optimal

$$OT^* = \sqrt{2ADh(1 - D/R)} \quad (4.17)$$

4.8 Pengaruh Potongan Harga Pada Model EOQ

Biaya pembelian barang menjadi variabel ketika berhadapan dengan dampak diskon (rabat) pada peningkatan pembelian, yang mengharuskan dimasukkannya potongan harga tersebut ke dalam biaya persediaan keseluruhan. Jadi, berikut ini adalah cara biaya persediaan dinyatakan:

OT = Ongkos pengadaan + Ongkos simpan + Ongkos Pembelian

$$OT = O_p + O_s + O_b$$

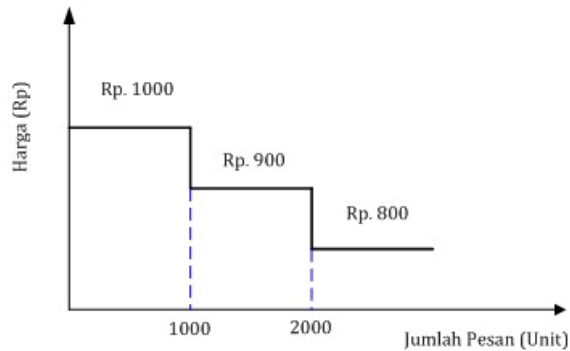
$$OT = A D/q_0 + \frac{1}{2} H q_0 + c D$$

Dimana:

c : harga barang per unit yang merupakan fungsi dari q₀

$$c = f(q_0)$$

biasanya c = f(q₀) merupakan suatu fungsi yang uniform untuk suatu interval tertentu seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 6. Hubungan Bahan (c) dan Kuantitas Bahan (q)

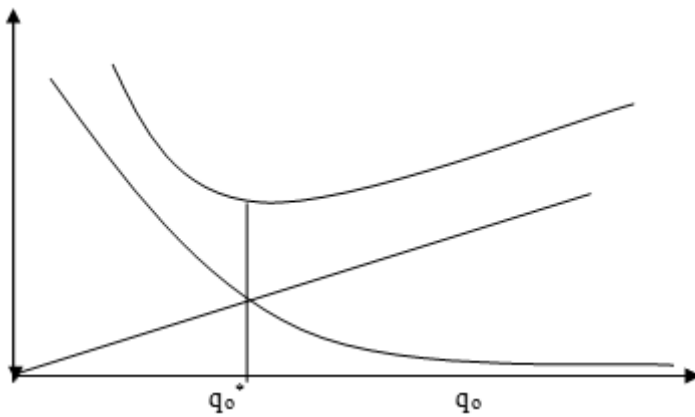
Jika digunakan fungsi seperti terlihat pada gambar diatas maka harga barang per unit adalah:

Rp 1000 bila membeli $q_0 < 1000$ unit

Rp 900 bila membeli $1000 \leq q_0 < 2000$

Rp 800 bila membeli $q_0 \geq 2000$

Rumus Wilson hanya berlaku untuk setiap interval karena bentuk fungsi $c = f(q_0)$ berbentuk tangga (tidak berkesinambungan). Ini menunjukkan bahwa hanya periode harga tertentu yang akan menghasilkan nilai terbaik. Gambar berikut menunjukkan hubungan antara jumlah produk yang dibeli pada harga yang ditunjukkan oleh fungsi pada gambar sebelumnya dan biaya keseluruhan.



Gambar 4. 7. Hubungan antara ongkos total dengan jumlah barang yang dibeli

Prosedur mencari EOQ pada Model Potongan Harga:

1. Hitung EOQ pada masing-masing harga
2. Cek apakah EOQ berada dalam interval q sesuai harga
3. EOQ yang berada dalam interval q sesuai harga, dihitung Biaya Totalnya
4. EOQ dengan Biaya Total terkecil merupakan EOQ terpilih
5. Bila diketahui ongkos setiap kali pesan Rp. 10.000,-:
6. Pada harga $c = 1000$ diperoleh EOQ1 sebesar 1500, namun jumlah ini jatuh diluar interval harga yang diperbolehkan (< 1000 unit), maka EOQ ini gugur. Sehingga pada perhitungan total biaya digunakan nilai terendah yaitu $Q=0$
7. Pada harga $c = 900$, diperoleh EOQ2 sebesar 1700, jumlah ini jatuh dalam interval harga yang diperbolehkan ($1000 \leq q_0 < 2000$ unit), maka EOQ2 ini diterima. Selanjutnya dihitung Ongkos Total = $OT^* = \sqrt{2AD} =$

8. Ongkos Total pd $c(900)=$
9. Pada harga $c = 800$, diperoleh EOQ3 sebesar 2500, jumlah ini jatuh dalam interval harga yang diperbolehkan ($q_o \geq 2000$ unit), maka EOQ3 ini diterima. dihitung Ongkos Total pd $c(800) =$

Misal karena Ongkos Total pd $c(800) < \text{Ongkos Total pd } c(900)$, maka EOQ terpilih adalah EOQ3= 2500 unit 800 adalah harga pembelian sebagai hasilnya. Salah satu metode untuk menentukan ukuran pesanan ideal q_o^* adalah dengan memeriksa fungsi antara OT dan q_o , yang terputus-putus pada batas transisi harga:

Tentukan interval harga ke- i (q_o^*w) $_i$.

Bila $(q_o^*w) > q_i$ maka $(q_o^*)_i = q_i$

Bila $(q_o^*w) < q_i$ maka $(q_o^*)_i = q_{i-1}$

Bila $q_{i-1} < (q_o^*w)$ maka $(q_o^*)_i = q^*_{i-w}$

Hal ini ditunjukkan secara skematis pada Gambar 4.6

Contoh:

Suatu perusahaan perlu memesan 100.000 unit bahan baku setiap tahunnya, dengan setiap pesanan bernilai Rp 2.500.000. Dua puluh persen dari biaya tahunan bahan baku harus dibayarkan untuk penyimpanan setiap unit bahan baku. Pedagang memberikan potongan harga berdasarkan jumlah barang yang dibeli untuk membeli bahan baku tersebut, dengan harga sebagai berikut:

Rp 25000 bila membeli $q_o < 10.000$ unit

Rp 24.000 bila membeli $10.000 \leq q_o < 15.000$

Rp 23.000 bila membeli $q_o \geq 15.000$

Hitung EOQ nya berapa?

Jawab:

Diketahui:

$$D = 100.000 \text{ unit}$$

$$A = 2.500.000$$

$$H = 20\% \times c$$

$$- \quad Pd \ c1 = 25.000$$

$$H = 20\% \times 25.000$$

$$EOQ1 = \sqrt{\frac{2 \times 2.500.000 \times 100.000}{0,5 \times 25.000}} = 6.324,4$$

masuk dalam Interval < 10.000 , maka berikut nya dihitung OT

$$OT1 = A D / EOQ + \frac{1}{2} H EOQ = [(2.500.000 \times 100.000) / 6324,5] + (0,5 \times 25.000 \times 6324,4) = \text{Rp } 79.056.942$$

$$- \quad Pd \ c2 = 24.000$$

$$EOQ2 = \sqrt{\frac{2 \times 2.500.000 \times 100.000}{0,5 \times 24.000}} = 6454,9 \text{ unit}$$

Diluar interval $10.000 \leq qo < 15.000$ unit, maka EOQ2 Tidak dipakai sehingga dipilih Q pada price break (batas bawah pembelian yang mana nilainya adalah 10.000)

$$OT2 = A D / Q + \frac{1}{2} HQ = [(2.500.000 \times 100.000) / 10.000] + (0,5 \times 24.000 \times 10.000) = \text{Rp } 85.000.000$$

$$- \quad Pd \ c3 = 23.000$$

$$EOQ3 = \sqrt{\frac{2 \times 2.500.000 \times 100.000}{0,5 \times 23.000}} = 6593,8 \text{ unit}$$

Diluar interval ≥ 15.000 unit, Maka EOQ3 Tidak dipakai sehingga dipilih Q pada price break (batas bawah pembelian yang mana nilainya adalah 15.000)

$$OT3 = A D / Q + \frac{1}{2} HQ = [(2.500.000 \times 100.000) / 15000] + (0,5 \times 23.000 \times 15000) = \text{Rp } 102.916.667$$

Sehingga kebijakan yang dipilih adalah pembelian sebesar 6.324,4 dengan total biaya terendah.

4.9 Model Persediaan Statis

Salah satu jenis masalah persediaan adalah persediaan statis, yang hanya mengizinkan satu pesanan untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Tidak mungkin untuk menempatkan pesanan lain karena:

1. Dengan kata lain, kecil kemungkinan untuk melakukan pemesanan ulang karena musim penjualan atau perkembangan permintaan sedang singkat. Misalnya, permintaan paket lebaran atau pohon nata hanya tersedia pada hari Lebaran atau Natal.
2. Karena pemesanan ulang membutuhkan biaya yang sangat tinggi, pembiayaan tidak lagi layak. Ambil contoh akuisisi inventaris kapasitas pabrik. Sulit untuk meningkatkan kapasitas tambahan jika barang-barang pabrik menjadi lebih diminati karena tingginya biaya yang dikeluarkan.

Masalah dalam memperoleh komponen pengganti untuk mesin atau peralatan adalah contoh lain dari jenis kesulitan inventaris statis ini. Suku cadang untuk beberapa perangkat, seperti generator, biasanya murah saat dibeli. Pembelian komponen cadangan di kemudian hari dimungkinkan, tetapi harganya lebih mahal dan memerlukan waktu tunggu yang lebih lama, yang mengakibatkan generator tidak berfungsi pada periode tersebut dan merugikan pemilik generator. Namun, membeli terlalu banyak suku cadang juga bisa berbahaya. Komponen suku cadang kehilangan nilainya jika tidak digunakan, dan jika

digunakan, nilai sisa sangat rendah. Masalahnya adalah mencari tahu berapa banyak komponen pengganti yang harus dibeli pada saat pembelian untuk meminimalkan kerugian pembeli generator. Masalah dengan inventaris statis dapat dibagi menjadi:

1. Jika permintaan diketahui dengan pasti, persediaan statis bersifat pasti. Ini bukan masalah karena hanya ada satu pesanan dan permintaan diketahui secara pasti.
2. Ketika permintaan hanya diketahui melalui distribusi probabilitas, persediaan statis menimbulkan bahaya.
3. Ketika informasi permintaan sama sekali tidak diketahui, persediaan statis tidak dapat diprediksi.

4.9.1 Persediaan Statis Beresiko

Inventaris statis yang berisiko, seperti yang disebutkan sebelumnya, adalah masalah inventaris statis yang hanya berbekal data dan distribusi permintaan potensial. Dua kasus digunakan sebagai contoh untuk menggambarkan masalah ini.

Kasus I

Seorang pedagang menjual jenis barang tertentu yang hanya terjual dalam waktu singkat, sehingga hanya memberinya satu kesempatan untuk memesannya. Contoh pertama membahas masalah pasokan statis yang diakibatkan oleh musim penjualan yang sangat singkat. Distribusi probabilitas permintaan untuk barang tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1. Distribusi kemungkinan permintaan barang

<i>Demand</i>	Kemungkinan
100	0,05
200	0,20
300	0,40
400	0,25
500	0,10

Dia dapat menjualnya seharga Rp 4.000 per unit, meskipun barang tersebut harganya Rp 2.000 per unit. Penjual dapat mengenakan harga Rp 500 untuk barang tersebut jika tidak ada lagi permintaan atau jika masih ada barang yang tersedia di akhir musim penjualan. Berapa harga yang harus ditawarkan penjual untuk mendapatkan keuntungan maksimal?

Terdapat tingkat permintaan potensial, sebagaimana dapat diamati, dan penjual memiliki lima sumber komoditas yang berbeda, sehingga $5 \times 5 = 25$. Matriks hasil memberikan deskripsi kemungkinan berikut:

Tabel 4. 2. *matriks pay off*

Pesan	<i>Demand</i>				
	100	200	300	400	500
100	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅
200	F ₂₁	F ₂₂	F ₂₃	F ₂₄	F ₂₅
300	F ₃₁	F ₃₂	F ₃₃	F ₃₄	F ₃₅
400	F ₄₁	F ₄₂	F ₄₃	F ₄₄	F ₄₅
500	F ₅₁	F ₅₂	F ₅₃	F ₅₄	F ₅₅

F menampilkan hasil yang diperoleh. Misalnya, F₃₄ menampilkan laba ketika penjual memesan 300 unit produk, meskipun sebenarnya ada permintaan 400 unit untuk barang tersebut. Misalnya:

x = jumlah barang yang dipesan

y = tingkat permintaan

Jika $x > y$ atau $x < y$, maka ada kemungkinan jumlah barang yang dipesan lebih besar, lebih kecil, atau sama dengan jumlah permintaan. Dengan demikian, biaya yang terkait dengan masing-masing peristiwa ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$x > y$$

$$x \leq y$$

Tabel 4. 3. Ongkos pada setiap Kejadian

Harga beli barang	2000 x	2000 x
Harga jual barang	4000 y	4000 x
Obral barang	500 ($x - y$)	0
Jumlah pendapatan penjual	4000 $y + 500 (x - y) - 2000 x$	4000 $x - 2000 x$

Dengan demikian untuk setiap *pay off* didapat nilai-nilai sebagai berikut :

Tabel 4. 4. Demand setiap *pay off*

Pesan (X)	100	200	300	400	500
100	200.000 50.000	200.000 400.000	200.000	200.000	200.000
200	- 100.000	250.000	400.000	400.000	400.000
300	- 250.000	100.000	600.000	600.000	600.000
400	- 400.000	- 50.000	450.000	800.000	800.000
500	-	50.000	300.000	650.000	1.000.000

Nilai yang diharapkan dari setiap tingkat pemesanan harus dihitung untuk mengidentifikasi tingkat yang perlu diselesaikan.

Ada beberapa Teknik utk solusi persediaan statis :

1. Kriteria Nilai Harapan (*Expected Value*)

Karena ini menunjukkan laba maksimum yang dapat diperoleh penjual, maka dipilih level pesanan dengan nilai yang diharapkan tertinggi. Misalnya, nilai yang diharapkan untuk jumlah pesanan 100 unit barang adalah:

$$\begin{aligned} EV_{100} &= (0,05 \times 200.000) + (0,20 \times 200.000) + (0,40 \times 200.000) + (0,25 \times 200.000) + (0,10 \times 200.000) \\ &= 200.000 \end{aligned}$$

Nilai yang diharapkan untuk setiap tingkat pemesanan juga ditentukan dengan cara ini:

Tabel 4. 5. Nilai Ekpetasi Tingkat Pemesanan

Tingkat Pemesanan	Nilai ekspektasi
100	200.000
200	382.500
300	495.000
400	467.500
500	352.500

Dengan kriteria EV, Kulakan paling menguntungkan 300 unit.

4.9.2 Persediaan Statis Tidak Pasti

Teori keputusan merupakan satu-satunya cara untuk mengatasi masalah persediaan statis yang tidak pasti. Membuat kriteria pilihan yang dapat menurunkan ketidakpastian pada dasarnya merupakan solusi yang diterapkan. Di antara standar pengambilan keputusan yang diterapkan dalam proses pemecahan masalah adalah:

1. Kriteria Minimaks dan Maksimin

- Maksimin : maksimum dari yang minimum2
- Minimaks : minimum dari yang maksimum2

Pada dasarnya, kriteria ini mencari skenario terburuk di antara pilihan yang tersedia, yang dapat dinyatakan sebagai persyaratan minimum seperti potensi keuntungan atau kebutuhan maksimum seperti potensi biaya. Kondisi terbaik kemudian dipilih dari kondisi terburuk ini. Pilihan tertinggi dari kondisi minimum adalah pilihan terbaik jika kondisi terburuk adalah kondisi minimum. Kami menyebutnya sebagai kriteria minimax. Kriteria maximin menyatakan bahwa minimum adalah pilihan terbaik jika situasi terburuk adalah kondisi maksimum. Periksa contoh pemesanan awal untuk produk sekali lagi. Sebagian dari matriks pembayaran ditunjukkan di sini sebagai berikut:

Tabel 4. 6. Demand

Pesan	100	200	300
100	200.000	200.000	200.000
200	50.000	400.000	400.000
300	-100.000	250.000	600.000

Keuntungan potensial ditampilkan dalam matriks hasil. Dengan Kriteria Maksimin diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4. 7. Matriks Pay Off Maksimin

Pesan	Pay off terburuk
100	200.000
200	50.000
300	-100.000
400	-250.000
500	-400.000

Dengan kriteria Maksimin, keuntungan maksimal Rp.200.000,- akan diperoleh bila kulakannya sebesar 100 unit barang.

Dengan Kriteria Minimak diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4. 8. Matriks *Pay Off* Minimak

Pesan	<i>Pay off</i> terbaik
100	200.000
200	400.000
300	600.000
400	800.000
500	1000.000

Dengan kriteria Minimak, keuntungan maksimal Rp.200.000,- akan diperoleh bila kulakannya sebesar 100 unit barang.

2. *Regret Criterion* (Kriteria Penyesalan)

Berdasarkan keyakinan bahwa seorang pengambil keputusan ingin meminimalkan penyesalannya tentang pilihan strategis yang diambilnya, kriteria ini dikembangkan. Penyesalan adalah kesenjangan antara keuntungan yang dapat diperoleh jika pendekatan yang tepat diambil dan situasi sebenarnya.

Misalkan barang yang dipesan sebanyak 200 unit. Kebetulan, yang dibutuhkan sebenarnya 100 unit. Solusinya adalah $200.000 - 50.000 = 150.000$. Penyesalan muncul karena selisih antara keuntungan yang diperoleh dengan strategi pemesanan 200 unit yang terjual 100 unit, yaitu Rp 50.000, dengan keuntungan aktual yang dapat diperoleh jika strategi yang dipilih untuk memesan 100 unit benar, yaitu Rp 200.000. Untuk masalah tersebut di atas, matriks penyesalan berikut dapat dibuat.:

Tabel 4. 9. *Demand (Y)*

Pesan (X)	100	200	300	400	500
100	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
200	50.000	400.000	400.000	400.000	400.000

Pesan (X)	100	200	300	400	500
300	-100.000	250.000	600.000	600.000	600.000
400	-250.000	100.000	450.000	800.000	800.000
500	-400.000	-50.000	300.000	650.000	1.000.000

Nilai penyesalan tiap pesanan atau tiap pembelian:

Tabel 4. 10. Nilai Penyesalan Tiap Pesanan

Pesan	100	200	300
100	0	200.000	200.000
200	150.000	0	200.000
300	100.000	150.000	0
400			
500			

Pengambilan keputusan pada penyesalan pada umumnya menggunakan Minimaks.

Tabel 4. 11. Penyesalan Minimaks

Pesan	Penyesalan maksimal
100	200.000
200	200.000
300	150.000
400	
500	

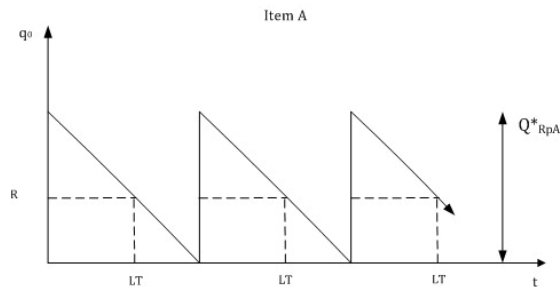
Oleh karena itu, memesan 300 unit jelas merupakan tindakan yang dipilih jika perilaku pembuat keputusan adalah untuk membatasi penyesalan yang timbul.

4.10 Model EOQ Banyak Item

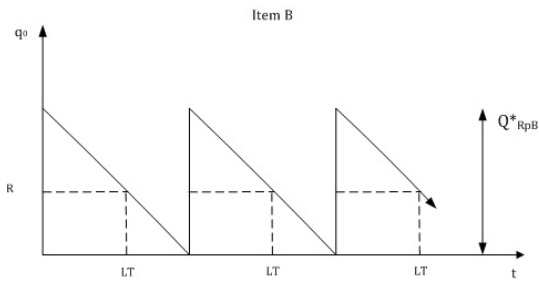
Asumsi berikut dibuat dalam model EOQ ini untuk pembelian bersama berbagai jenis barang:

1. Tingkat permintaan untuk setiap item bersifat konstan
Tidak ada kehabisan stok atau biaya kehabisan stok karena tingkat permintaan untuk setiap item konsisten dan diketahui dengan pasti, begitu pula waktu tunggu.
2. *Lead timenya* sama untuk semua item, Di mana setiap siklus akan melihat kedatangan setiap item yang diminta pada waktu yang sama. Di mana setiap siklus akan melihat kedatangan setiap item yang diminta pada waktu yang sama.
3. *Holding cost*, Biaya unit dan biaya pemesanan setiap item diketahui. Biaya unit (termasuk diskon kuantitas), biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan tetap tidak berubah.

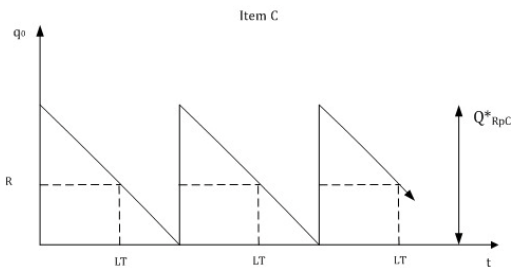
Model EOQ untuk pembelian bersama diilustrasikan secara grafis pada Gambar 4.7 di bawah ini. Biaya keseluruhan untuk menghitung ukuran lot terpadu (Ukuran Lot Agregat) untuk produk yang dipesan sebanding dengan jumlah biaya pemesanan dan penyimpanan semua item untuk periode waktu tersebut.



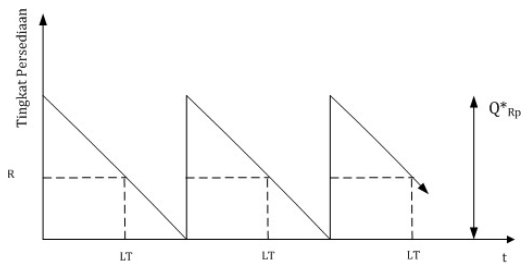
Gambar 4. 8. Grafis EOQ Item A



Gambar 4. 9. Grafis EOQ Item B



Gambar 4. 10. Grafis EOQ Item C



Gambar 4. 11. Grafis EOQ Item (A+B+C)

Dimana:

L = lead time

R = reorder point

$Q^*_{Rp_i}$ = EOQ (dalam satuan rupiah) untuk item ke-i

Q^*_{Rp} = aggregate lot size (dalam satuan rupiah)

Dengan menghitung keseluruhan biaya persediaan, yang mencakup total biaya pemesanan dan total biaya penyimpanan untuk periode waktu tertentu, persamaan EOQ untuk situasi pembelian bersama dapat ditemukan.

$$Total\ Ordering\ Cost = \frac{(K + \sum k_i)D}{\sum Q_{Rpi}}$$

Keterangan:

K = biaya pemesanan, yang juga dikenal sebagai biaya pemesanan utama, yang tidak bergantung pada jumlah produk. Karena item-i ditambahkan ke pesanan.

k_i = biaya pemesanan tambahan (termasuk biaya pendaftaran, penerimaan, dan pengiriman item-i). Nama lain untuk biaya ini adalah biaya pemesanan minor.

d_i = permintaan setiap barang dalam mata uang rupiah pada suatu kurun waktu tertentu.

D = $\sum d_i$ = total permintaan semua barang tersebut dalam mata uang rupiah pada kurun waktu yang sama.

Q_{RP} = $\sum Q_{Rpi}$ I =EOQ untuk ukuran *lot* terpadu dalam “nilai” rupiah.

Q^*Rp = EOQ ideal dalam “nilai” rupiah untuk ukuran *lot* terintegrasi.

Dalam situasi di mana kebutuhan bersifat deterministik dan pengadaan bersifat "instan", total biaya penyimpanan akan sama dengan setengah dari ukuran *lot* terintegrasi. Ini dihitung dengan mengalikan biaya penyimpanan per unit per tahun (*h*) dengan nilai inventaris rata-rata.

$$Total\ Holding\ Cost = \frac{h}{2} (\sum Q_{Rpi}) \quad (4.18)$$

Sehingga:

$$Total\ cost\ (TC) = \frac{(K + \sum k_i)D}{\sum Q_{Rpi}} + \frac{h}{2} (\sum Q_{Rpi}) \quad (4.19)$$

Dengan menderivikasikan persamaan TC terhadap Q_{Rpi} maka diperoleh:

$$Q^*_{Rp} = \text{EOQ Multi Item (Rp)} = \sqrt{\frac{2(K + \sum k_i)D}{h}} \quad (4.10)$$

Dimana:

K = biaya pesan yang tidak bergantung pada jumlah barang yang dipesan (Contoh : biaya telpun pemesanan)

k_i = biaya pesan yang tergantung jumlah barang yang dipesan (Contoh : biaya pemesanan tambahan)

Dimana nilai Q^*_{Rpi} merupakan nilai EOQ optimal yang akan meminimumkan TC (Buktikan!).

EOQ untuk masing-masing item dalam “nilai” rupiah diperoleh dari membagi di dengan D sebagai berikut:

$$Q^*_{Rpi} = \text{EOQ MI (Rp i)} = \left(\frac{d_i}{D}\right) Q^*_{Rp} \quad (\text{dalam rupiah}) \quad (4.11)$$

Dimana:

d_i = *demand* dalam satuan rupiah setiap jenis barang

D = *demand* total dalam satuan rupiah (seluruh jenis barang)

EOQ untuk masing-masing item dalam “unit” sebanding dengan Q^*_{Rp} dibagi dengan unit *costnya* (C_i), sehingga diperoleh:

$$\text{EOQ MI (i unit)} = Q^*_i = \frac{Q^*_{Rpi}}{C_i} \text{ unit} \quad (4.12)$$

Dimana:

C_i = harga barang per unit

Dengan membagi durasi periode (misalnya, satu tahun) dengan frekuensi pesanan yang terjadi selama waktu itu, jarak antar pesanan ideal (t^*) ditemukan:

$$t^* = \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{D}{Q^*_{Rp}}} = \frac{Q^*_{Rp}}{D} \quad (4.13)$$

Data pada Tabel 4.12 di bawah ini, yang berasal dari pembelian sejumlah produk dari satu penyedia, berfungsi sebagai ilustrasi situasi ini.

Tabel 4. 12. Data Pembelian

Item	Kebutuhan per tahun (Unit)	Unit cost	Kebutuhan Rp tahunan (d_i)	Minor ordering cost (k_i)	$\frac{d_i}{D}$
1.	1.000	5,0	Rp. 5.000	Rp 5	0,0567
2.	2.500	6,0	Rp. 15.000	Rp10	0,1701
3.	800	3,5	Rp 2.800	Rp15	0,0317
4.	3.200	12,0	Rp 38.400	Rp10	0,4354
5.	1.800	15,0	Rp 27.000	Rp10	0,3016
		Jumlah	D= Rp. 88.200	Rp. 50	1,0000

Jika diketahui:

$h = 0,30$ dan $K = \text{Rp. } 70$, maka:

$$Q_{Rp}^* = \sqrt{\frac{(2)(70 + 50)(\text{Rp. } 88.200)}{0,30}} = \text{Rp. } 8.400$$

$$Q_{Rp_i}^* = \left(\frac{d_i}{D}\right) Q_{Rp}^* \text{ dan } Q_i^* = \frac{Q_{Rp_i}^*}{C_i}$$

$$Q_{Rp_1}^* = 0,0567 \times \text{Rp } 8.400 = \text{Rp. } 476,28$$

$$Q_{Rp_2}^* = 0,1701 \times \text{Rp. } 8.400 = \text{Rp. } 1.428,84$$

$$Q_{Rp_3}^* = 0,0317 \times \text{Rp. } 8.400 = \text{Rp. } 266,28$$

$$Q_{Rp_4}^* = 0,4354 \times \text{Rp. } 8.400 = \text{Rp. } 3.657,36$$

$$Q_{Rp_5}^* = 0,3061 \times \text{Rp. } 8.400 = \text{Rp. } 2.571,24$$

$$Q_1^* = \text{Rp } 476,28 : \text{Rp } 5 = 95,26 \text{ Unit}$$

$$Q_2^* = \text{Rp. } 1\,428,84 : \text{Rp } 6 = 238,14 \text{ Unit}$$

$$Q_3 = \text{Rp. } 266,28 : \text{Rp } 3,5 = 76,08 \text{ Unit}$$

$$Q_4 = \text{Rp. } 3\,657,36 : \text{Rp } 12 = 304,78 \text{ Unit}$$

$$Q_5 = \text{Rp. } 2\,571,24 : \text{Rp } 15 = 171,42 \text{ Unit}$$

4.11 Model EPQ

Model inventaris ini, yang dikenal sebagai Model EPQ (*Economic Production Quantity*), digunakan oleh bisnis yang membeli komponen atau bahan baku mereka sendiri. Dalam hal ini, diasumsikan bahwa tingkat produksi perusahaan untuk bahan baku (komponen) lebih tinggi daripada tingkat penggunaan ($P > D$). Model EPQ juga dikenal sebagai model dengan kuantitas produksi tetap (FPQ) karena tingkat produksi (P) konstan dan tetap. Tujuan model EPQ ini adalah untuk menghitung jumlah bahan baku (komponen) yang harus diproduksi untuk mengurangi biaya inventaris, yang mencakup biaya persiapan dan penyimpanan.

Jumlah produksi setiap sub-siklus dalam model ini masih harus cukup untuk memenuhi permintaan selama t_0 , jika tidak maka dapat dinyatakan sebagai:

$$Q = D \cdot t_0$$

Kita dapat memperoleh persamaan tersebut jika kita mengandaikan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk membuat sejumlah Q unit pada tingkat produksi P adalah t_p :

$$Q = P \cdot t_p$$

terlihat bahwa setiap siklus persediaan terdiri atas dua tahap:

Tahap produksi, dimana bisnis menggunakan bahan baku (komponen) secara langsung untuk membuat barang akhir selama sub siklus produksi (t_p) sambil memproduksi barang

tersebut pada tingkat produksi P . Ketika persediaan mencapai $I_{\max}$, langkah produksi ini berakhir, dimana:

$$I_{\max} = (P - D) t_p$$

Tahap inventaris adalah saat bisnis menggunakan bahan baku (komponen) yang tersisa dari produksi yang tersedia pada tahap sebelumnya untuk memproduksi barang jadi. Jika inventaris telah mencapai level R pada titik ini, penyiapan produksi perlu dilakukan; lamanya waktu yang dibutuhkan bergantung pada lead time (L). Jadi, waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan produksi ditunjukkan oleh L dalam model ini.

Tujuan model ini adalah untuk mengurangi TIC, yang terdiri dari biaya penyimpanan dan pengaturan, atau:

$$TIC = \text{set up cost} + \text{holding cost}$$

Komponen biaya harus dinyatakan dalam variabel keputusan Q untuk meminimalkan TIC. Rumus berikut digunakan untuk menentukan komponen biaya dalam persamaan:

$$\text{Set up cost per periode} = k \frac{D}{Q}$$

Gunakan prosedur berikut untuk menentukan biaya penyimpanan:

$$\text{Persediaan rata-rata } (I_H) = \frac{Q}{2}, \text{ dimana } I_{\min} = 0$$

Karena $I_{\max} = (P-D) t_p$ dan $Q = P \cdot t_p$, maka diperoleh:

$$\text{Persediaan maksimum } (I_{\max}) = (p - D) \frac{Q}{P} = \left(1 - \frac{D}{P}\right) Q$$

$$\text{Maka, holding cost per periode} = h \left(1 - \frac{D}{P}\right) \frac{Q}{2}$$

Dari keterangan di atas, kita dapatkan persamaan:

$$TIC = k \frac{D}{Q} + h \left(1 - \frac{D}{P}\right) \frac{Q}{2} \quad (4.14)$$

Jumlah produksi yang meminimalkan biaya persiapan dan penyimpanan dapat ditemukan dengan mendiferensiasikan persamaan di atas berkenaan dengan Q . Kuantitas output

ekonomi ini, yang akan direpresentasikan oleh Q_0 , dapat disebut sebagai EPQ.

$$Q_0 = EPQ = \frac{D}{P} \cdot \frac{h}{h+k} \cdot \frac{1}{1-\frac{P}{D}} \quad (4.15)$$

Dimana waktu antara set up ke set up berikutnya:

$$t_0 = \frac{Q_0}{P} \cdot \frac{h}{h+k}$$

Dan TIC minimum diperoleh dengan memasukkan nilai Q_0 ke persamaan diatas sehingga didapatkan:

$$TIC_0 = \frac{D}{P} \cdot \frac{h}{h+k} \cdot \frac{1}{1-\frac{P}{D}} \cdot \frac{h}{h+k} \cdot \frac{1}{1-\frac{P}{D}} \quad (4.16)$$

Contoh I

Suatu perusahaan memproduksi seluruh peralatan kemudi, yang meliputi roda kemudi dan proses. Permintaan tetap kendaraan, yang diperkirakan mencapai 6.400 unit per tahun, menjadi dasar kebutuhan kemudi mobil. Roda kemudi, yang merupakan komponen peralatan kemudi, dapat diproduksi secara mandiri dengan laju 128 buah per hari. Setiap siklus produksi memiliki biaya penyiapan sebesar Rp 24 dan biaya penyimpanan sebesar Rp 3 per unit per tahun. Tentukan EPQ, interval antar penyiapan, durasi siklus, dan keseluruhan biaya persediaan dari masalah tersebut jika diketahui bahwa perusahaan beroperasi selama 250 hari dalam setahun.

Jawab:

Diketahui:

$D = 6.400$ unit /tahun

$P = R = 128$ Unit/hari = $128 \times 250 = 32.000$ unit/tahun

$k = A = \text{Rp. } 24$ per set up

$h = \text{Rp. } 3$ per unit/tahun

Jumlah ukuran ekonomis setiap siklus produksi: $= \frac{Q_0}{D} = \frac{358}{6.400} = 0,056$ kali
 Waktu optimal antara set up satu ke set up berikut:

$$\begin{aligned} t_0 &= \frac{Q_0}{D} \\ &= \frac{358}{6.400} = 0,056 \text{ kali} \\ &= (0,056) (250) \approx 14 \text{ hari kerja} \end{aligned}$$

Waktu selama siklus produksi:

$$\begin{aligned} t-p. &= \frac{Q_0 - P}{D} = \frac{358 - 32.000}{6.400} = -0,011 \text{ tahun} = -0,011 \cdot 250 \\ &\approx -2,8 \text{ hari} \end{aligned}$$

Tingkat persediaan maksimum dimana tahap produksi berhenti

$$I_{\max} = (P - D) t_p = (32.000 - 6.400) (0,011) \approx 282 \text{ unit}$$

TIC minimum persediaan dalam setahun

$$\begin{aligned} TIC_0 &= \sqrt{2h \left(1 - \frac{D}{P}\right) Dk} \\ &= \sqrt{2(3) \left(1 - \frac{6.400}{32.000}\right) (6.400)(24)} \\ &= \text{Rp. } 858,65 \text{ per tahun} \end{aligned}$$

Contoh II

Perusahaan bernama PT. X memproduksi peralatan listrik. Komponen A diperlukan untuk peralatan tersebut dan juga diproduksi oleh pabrik sebelum dirakit di jalur perakitan. Diperkirakan 20.000 unit komponen A akan dibutuhkan pada tahun mendatang. Setiap unit komponen A berharga Rp 50.000. Biaya persiapan produksi Rp 200.000 per waktu, dan biaya penyimpanan Rp 8.000 per tahun per unit. Ada 250 hari dalam

setahun pabrik beroperasi. Setiap hari, 160 buah komponen diproduksi oleh bagian produksi komponen dan 80 unit peralatan listrik diproduksi oleh bagian perakitan.

1. Tentukan EPQ untuk produksi komponen A
2. Jumlah siklus produksi dalam setahun.
3. Berapa ukuran pesanan jika komponen A dibeli dari luar dengan harga yang sama?
4. Berapa titik pemesanan ulang jika stok pengaman ditetapkan pada 500 unit dan waktu tunggu tipikal untuk pembelian eksternal adalah 10 hari.

Jawab:

Diketahui:

$D = 20.000$ unit / tahun

$c = \text{Rp. } 50.000$ / unit

$k = \text{Rp. } 200.000$ / set up

$h = \text{Rp. } 8.000$ / unit / tahun

$P_A = 160$ uniti/hari = $160 \times 250 = 40.000$ unit / tahun

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Dk}{h \left(1 - \frac{D}{P}\right)}} = \sqrt{\frac{2(20.000)(200.000)}{8.000 \left(1 - \frac{20.000}{40.000}\right)}} \approx 1.415 \text{ unit}$$

Keterangan: Pertanyaan pada bagian a tidak terkait langsung dengan statistik kecepatan produksi 80 unit peralatan listrik per hari. Wajar saja jika diasumsikan bahwa dua komponen A dibutuhkan untuk satu unit peralatan listrik.

$$f = \frac{D}{Q} = \frac{20.000}{1.415} \approx 14 \text{ kali}$$

Ukuran ordernya bila komponen A dibeli dari luar dengan harga yang sama adalah:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Dk}{h}} = \sqrt{\frac{2(20.000)(200.000)}{8000}} = 1000 \text{ unit}$$

Bila $L = 10$ hari dan $SS = 50$ unit, maka

$$R = SS + L \times D_L$$

$$\begin{aligned}
 &= 500 + \frac{10}{250} \times 20000 \\
 &= 1.300 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

4.12 Model EPQ Banyak Item

Kuantitas produksi ekonomis dan waktu siklus ideal tidak dapat ditentukan untuk setiap komponen seperti pada metode sebelumnya jika beberapa komponen (item) perlu diproduksi menggunakan mesin atau jalur produksi yang sama. Ketika beberapa produk terlibat, menghitung EPQ komponen per komponen akan menghasilkan persediaan berlebih, dan menentukan komponen per komponen yang optimal akan menghasilkan waktu idle yang lebih lama pada peralatan produksi.

Penerapan EPQ pada sejumlah besar item merupakan modifikasi dari kesepakatan sebelumnya, di mana EPQ diterapkan dengan memastikan bahwa semua komponen yang diperlukan diproduksi. Dengan sedikit penyesuaian pada interval waktu optimal (t_0), kita dapat menentukan seluruh komponen yang signifikan secara ekonomi sebagai berikut:

$$\text{EPQ Multi Item} = f_n = \sqrt{\frac{2 \sum k_n}{D_n h_n \left(1 - \frac{D_n}{P_n}\right)}} \quad (4.17)$$

Dengan mengubah persamaan, frekuensi siklus ideal dalam satu periode untuk kasus banyak item dapat ditemukan $f = \frac{D}{Q_0}$, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$f = \sqrt{\frac{\sum D_n h_n \left(1 - \frac{D_n}{P_n}\right)}{2 \sum k_n}} \quad (4.18)$$

Contoh I

Empat komponen diproduksi oleh sebuah perusahaan menggunakan jalur produksi yang sama. Berikut ini

menampilkan data yang dikumpulkan mengenai tingkat konsumsi, tingkat produksi, dan biaya terkait.

Tabel 4. 13. Data Perusahaan

Komponen ke -n	Konsumsi (unit/tahun) D_n	Kec. Produksi (unit/tahun) P_n	Biaya simpan (Rp/unit/tahun) h_n	Biaya <i>set up</i> (Rp) k
1	1.500	12.000	5,00	9,00
2	1.134	5.000	10,80	21,00
3	2.016	6.667	7,50	16,50
4	2.716	8.000	6,75	13,50
Jumlah				60,00

Tentukan jumlah EPQ untuk setiap komponen sambil mengabaikan biaya modal.

Jawab:

Membuat tabel dengan data-data tersebut di atas adalah jawaban dari permasalahan di atas:

Tabel 4. 14. Penyelesaian

n	$\left(1 - \frac{D_n}{P_n}\right)$	$D_n h_n \left(1 - \frac{D_n}{P_n}\right)$
1	0,8750	6.562,50
2	0,7732	9.469,54
3	0,6976	10.547,71
4	0,6605	12.108,95
Jumlah		38.688,70

Persamaan 4.18 menghasilkan $f = 0,5557$ ketika angka-angka dari tabel data dan tabel perhitungan digunakan seperti yang disebutkan sebelumnya. Setiap komponen akan diproduksi dalam satu siklus produksi dalam jumlah:

Tabel 4. 15. Jumlah Unit Per Siklus

Komponen	Unit per siklus
1	84
2	63
3	112
4	151

Jawaban yang ditunjukkan pada Tabel 4.16 di bawah diperoleh jika solusinya dihasilkan dengan menghitung EPQ satu per satu:

Tabel 4. 16. Perhitungan EPQ

Komponen	EPQ	Lamanya komponen habis (hari)
1	78,6	12,6
2	75,5	15,9
3	112,8	13,4
4	128,3	11,3

Kompromi mengenai waktu produksi diperlukan karena jelas bahwa ketika menghitung EPQ satu per satu, durasi habisnya keempat komponen tidak bersamaan.

BAB 5

PERENCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL (MRP) DAN TEKNIK LOTTING

5.1 Pengertian Kebutuhan Material (MRP)

Sistem pengendalian inventaris telah memperoleh manfaat besar dari kemajuan teknologi komputer. Potensi pengembangan teknik baru yang dikenal sebagai Material Requirements Planning (PKM), atau lebih umum disebut Material Requirement Planning (MRP), menunjukkan signifikansi ini. Pendekatan ini, yang dimaksudkan untuk menggambarkan jadwal produksi induk (JIP) ke dalam persyaratan setiap pelanggan atau material yang dibutuhkan, terdiri dari serangkaian langkah, aturan keputusan, dan metode pencatatan yang terhubung secara logis. Kapan dan berapa banyak suku cadang atau persediaan yang dibutuhkan atau dipesan disertakan dalam jadwal kebutuhan ini.

Karena dapat mengintegrasikan waktu dan kuantitas kebutuhan komponen atau material, perencanaan kebutuhan material merupakan sistem titik pemesanan fase waktu. Penambahan dimensi waktu ini memerlukan data status inventaris untuk menanggapi pertanyaan berikut:

1. Apa saja yang dimiliki?
2. Apa yang dibutuhkan?
3. Apa yang harus dilakukan?

Yang membedakan PKM dan memberinya keuntungan atas metode pengendalian inventaris konvensional adalah keberadaan dimensi waktu ini. Sistem regenerasi dan sistem

perubahan bersih adalah dua jenis sistem PKM yang saat ini dikenal. Frekuensi perencanaan ulang adalah perbedaan utama antara keduanya.

1. Sistem *Regenerative*

Teknik ini bekerja dengan baik dalam sistem industri yang membuat barang secara berkelompok ketika perencanaan ulang jarang terjadi. Pendekatan ini memiliki manfaat karena lebih efisien ketika alat pemrosesan data digunakan dalam lingkungan yang relatif stabil; di sisi lain, pendekatan ini tidak terlalu sensitif terhadap ketidakseimbangan permintaan dan penawaran. Rencanakan ulang secara berkala (biasanya seminggu sekali) sesuai dengan persyaratan JIP. Setiap permintaan, dari produk akhir yang akan diproduksi hingga bahan baku yang akan diperoleh, diperiksa secara menyeluruh dan berkala dari JIP.

2. Sistem *Net Change*

Sistem ini, yang relatif baru, bekerja dengan baik dalam situasi di mana kondisi sangat tidak pasti (berubah-ubah). Konsep dasarnya adalah bahwa proses ledakan hanya dilakukan jika JIP, inventaris, atau status pesanan setiap item berubah. Keunggulan sistem ini adalah akan selalu menyediakan catatan kondisi baru; di sisi lain, karena memproses data lebih sering, biayanya lebih mahal.

5.2 Prasyarat dan Asumsi

Sudah diketahui bahwa tujuan MRP adalah untuk menghasilkan data inventaris yang akan memberdayakan manajer produksi untuk mengambil tindakan yang diperlukan. Agar MRP berfungsi secara efektif, sejumlah prasyarat dan anggapan harus dipenuhi.

Adapun persyaratan yang dimaksud adalah:

1. Tersedianya program produksi induk (JIP), yaitu rencana terperinci yang menetapkan kuantitas dan jangka waktu di mana produk jadi harus tersedia..

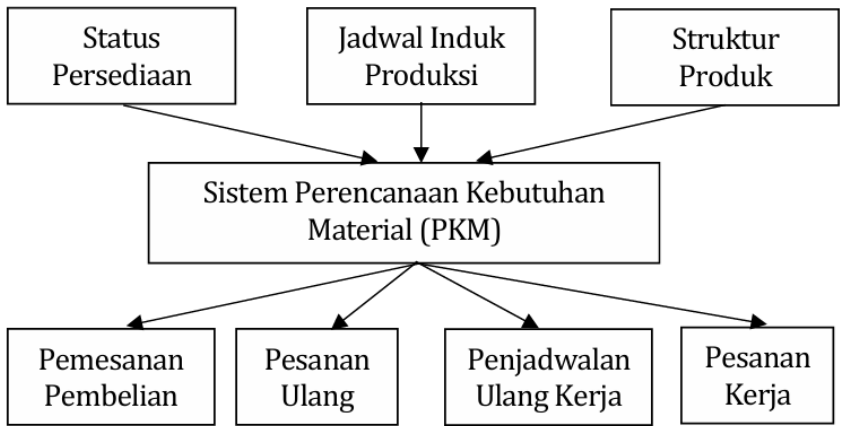
2. Karena MRP biasanya melibatkan penggunaan komputer, setiap komponen atau material perlu memiliki pengenal yang unik. Karena banyak material dan komponen yang ditangani, sangat penting untuk mengklasifikasikannya secara berbeda dan dalam bentuk yang berbeda (bahan mentah, barang setengah jadi, komponen, dan produk akhir).
3. Tersedianya struktur produk.
4. Semua produk dengan status inventaris saat ini dan masa mendatang (yang direncanakan) tersedia dalam catatan inventaris. Inventaris tersedia dalam dua jenis: *On Hand* (tersedia di gudang); *Ordered* (masih tertunda).

Sementara itu, asumsi-asumsi berikut harus dipenuhi agar PKM dapat dilaksanakan:

1. Adanya file data terpadu (data base) yang melibatkan data status inventaris dan data struktur produk. File data ini perlu dijaga keakuratan dan kelengkapannya agar selalu berisi data terkini.
2. Waktu tunggu setiap item diketahui, atau setidaknya dapat diperkirakan.
3. Setiap item dalam inventaris selalu terkendali.
4. Semua komponen yang dibutuhkan untuk melengkapi perakitan dapat dipesan dan dikirim.
5. Komponen dibeli dan digunakan secara terpisah.

5.3 Masukan dan Keluaran MRP

Secara skematis masukan dan keluaran MRP dapat dilihat pada gambar 5.1



Gambar 5. 1. Masukan dan Keluaran MRP

1. Masukan PKM

a. Jadwal Induk Produksi (JIP)

Hubungan antara kuantitas setiap jenis produk akhir yang direncanakan dan waktu penyediaannya diuraikan dalam Jadwal Produksi Induk (JIP), rencana produksi jangka pendek. Secara umum, langkah-langkah berikut diambil untuk membuat JIP:

1. Untuk menentukan tingkat permintaan produk jadi pada setiap waktu, tentukan sumber permintaan dan jumlahnya.
2. Menentukan berapa banyak kapasitas produksi yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan yang teridentifikasi. Perencanaan ini masih bersifat global karena biasanya dilakukan pada tingkat agregat. Pada titik ini, kemampuan setiap sumber daya dinilai untuk memastikan kapasitasnya dalam menghasilkan.
3. Buatlah rencana menyeluruh untuk setiap produk jadi yang perlu diproduksi. Pada langkah ini, rencana agregat akan dijelaskan (diuraikan) bersama dengan jadwal

pembuatannya. Sumber daya yang diperlukan juga dijadwalkan.

4. Jumlah periode waktu yang akan dicakup dalam jadwal merupakan pertimbangan penting saat menghitung lamanya jangka waktu perencanaan. Waktu tunggu untuk memperoleh bahan yang diperlukan dan periode produksi untuk membuat produk harus dimasukkan dalam jangka waktu minimum jangka waktu perencanaan.

Contoh JIP untuk empat produk akhir (A, B, C, dan D) yang dibuat menggunakan cakrawala perencanaan delapan periode ditunjukkan pada Tabel 5.1 di bawah.

Tabel 5. 1. Contoh Jadwal Induk Produksi

Produk	Periode							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	50	40	75	90	75	50	60	50
B	45	70	-	35	60	-	30	-
C	-	60	45	50	-	-	70	80
D	80	60	-	-	90	65	50	65

b. Status Persediaan

Keadaan setiap komponen atau material dalam stok disebut status inventaris, dan terhubung dengan:

1. Jumlah persediaan (persediaan yang ada) yang disimpan pada setiap waktu.
2. Jumlah barang yang dipesan sejauh ini dan perkiraan waktu kedatangan (pada inventaris pesanan).
3. Waktu ancap-ancang (*lead time*) dari setiap bahan.

Pada dasarnya, dalam hal kuantitas, status persediaan pada suatu waktu dapat ditulis sebagai berikut: Status persediaan ini harus diketahui untuk setiap bahan atau item dan diperbarui setiap kali ada perubahan untuk mencegah kesalahan perencanaan:

$$I_t = I_{t-1} + Q_t - D_t \quad (5.1)$$

Dimana:

I_{t-1} :Jumlah persediaan barang yang tersedia pada akhir periode $t-1$

I_t :Jumlah persediaan barang yang dimiliki (*on hand inventory*) pada periode t .

Q_t :Jumlah barang yang sedang dipesan dan akan datang pada periode t

D_t : Jumlah Kebutuhan barang selama periode t

Nilai I dapat positif atau negatif berdasarkan perhitungan di atas. Harga negatif akan menunjukkan bahwa pesanan baru diperlukan untuk memenuhi kebutuhan D karena jumlah yang tersedia saat ini tidak akan mencukupi. Bila harga I positif, artinya masih ada cukup persediaan untuk memenuhi permintaan saat ini. Misalnya, status persediaan produk A dalam tabel 5.1 ditampilkan dalam tabel 5.2 di bawah.

Tabel 5. 2. Contoh Status Persediaan Produk A

Perioda t	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kebutuhan kotor D_t		50	40	75	90	75	50	60	50
Penerimaan dari pesanan Q_t (<i>On Order</i>)		-	100	-	100	-	-	-	-
Persediaan 100 yang tersedia I_t (<i>On Hand</i>)	100	50	110	35	45	-30	-80	-140	-140
Keb. Bersih	-	-	-	-	-	30	50	60	50

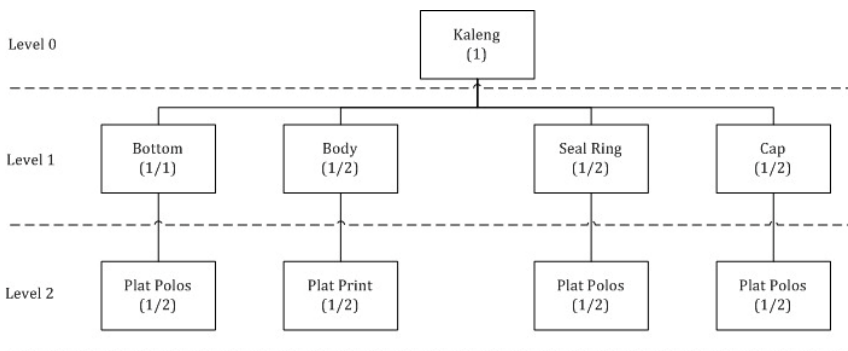
Tabel tersebut menunjukkan bahwa 50 diperlukan pada periode 1, 40 pada periode 2, 75 pada periode 3, dan seterusnya. Sementara pesanan pada periode dua dan empat akan berjumlah 100, persediaan yang dimiliki pada awal proses perencanaan adalah 100. Setelah perhitungan, persediaan saat ini akan negatif untuk periode 5 hingga 8, yang menunjukkan bahwa pesanan sebanyak 30, 50, 60, dan 50 diperlukan untuk memenuhi permintaan selama waktu tersebut.

c. Struktur Produk

Hubungan antara suatu produk dan bagian-bagian penyusunnya disebut sebagai strukturnya. Rincian setiap komponen adalah sebagai berikut:

1. Jenis Komponen
2. Jumlah yang dibutuhkan
3. Tingkat komposisi

Misalnya, struktur produk dari kaleng kemasan ditunjukkan pada Gambar 5.2:



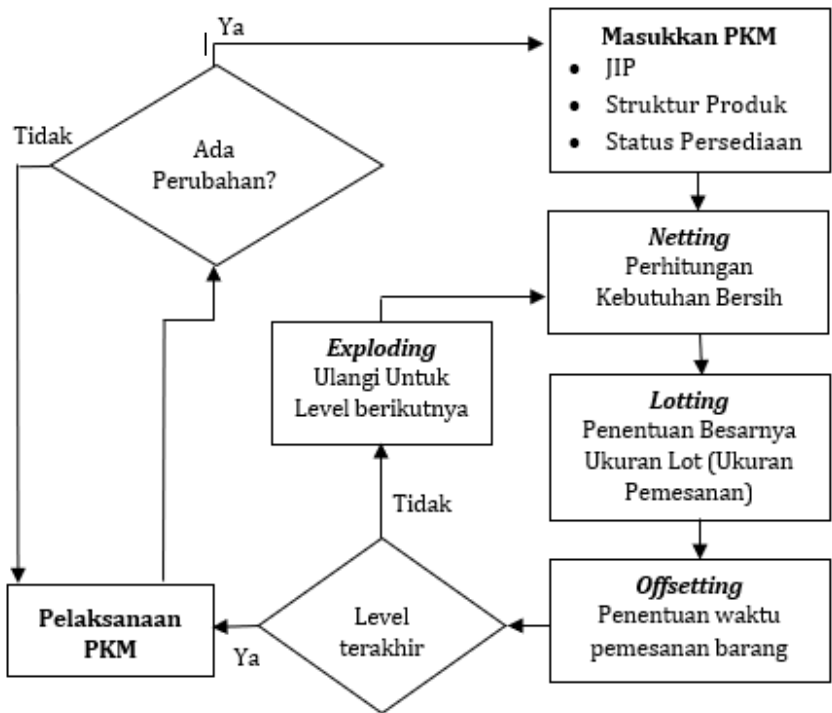
Gambar 5. 2. Bill Of Material Produk Kaleng Kemasan

2. Keluaran PKM

- a. Memastikan jumlah material yang dibutuhkan dan jadwal pemesanan untuk memenuhi permintaan JIP yang direncanakan untuk produk akhir.
- b. Menetapkan jadwal untuk memproduksi komponen-komponen produk akhir.
- c. Memastikan bagaimana strategi pemesanan dilaksanakan, sehingga PKM dapat menunjukkan kapan pembatalan pesanan diperlukan.
- d. Memutuskan apakah akan menunda atau membatalkan jadwal produksi yang direncanakan. Hasilnya, PKM dapat menunjukkan bahwa permintaan dan kemampuan yang tersedia sedang diseimbangkan.

5.4 Langkah Dasar Proses MRP

Karena PKM merupakan proses yang dinamis, rencana dimodifikasi sebagai respons terhadap keadaan yang tidak terduga. Keterampilan manajemen dan sistem informasi terkini menentukan apakah perubahan ini dapat dilakukan. Gambar 5.3 di bawah ini menunjukkan langkah-langkah proses PKM secara skematis:



Gambar 5. 3. Langkah-langkah Proses PKM

5.4.1 Netting

Proses untuk mencari tahu kebutuhan bersih untuk setiap kerangka waktu dalam cakrawala perencanaan dikenal sebagai "*netting*." Rumus berikut digunakan untuk menghitung kebutuhan bersih secara matematis:

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{I_t C}} \quad \text{Jika } D_t - I_{t-1} - Q_t > 0 \quad (5.2)$$

$$\text{Jika } D_t - I_{t-1} - Q_t \leq 0$$

Dimana:

- R_t : permintaan bersih untuk waktu t
- D_t : kebutuhan kotor untuk periode t
- I_{t-1} : persediaan barang pada akhir periode $t - 1$
- Q_t : perkiraan pengiriman produk dalam waktu t

pemesanan yang diantisipasi dari komponen induk atau produk, yang dimodifikasi untuk memperhitungkan faktor konsumsi komponen untuk memproduksi komponen induk, akan berfungsi sebagai dasar untuk menghitung kebutuhan bersih untuk suatu komponen pada suatu tingkat. Misalnya, prosedur penjaringan untuk produk A dalam tabel 5.1 tampak seperti ini. Dengan produk A berupa kaleng kemasan dan faktor penggunaan 1, struktur produk serupa dengan yang ditunjukkan pada gambar 5.2. Kebutuhan bersih (R_t) yang harus dipenuhi dalam periode 5 hingga 8 adalah 30, 50, 60, dan 50, menurut temuan proses penjaringan yang ditampilkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5. 3. Contoh Proses *Netting* untuk Produk A

Periode (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kebutuhan Kotor (Dt)	-	50	40	75	90	75	50	60	50
Penerimaan dari Pesanan (Qt)	-	-	100	-	100	-	100	-	80
Persediaan yang Tersedia (It)	100	50	110	35	45	-30	20	-40	-10
Kebutuhan Bersih (Rt)	0	0	0	0	0	30	0	40	10

Prosedur menghitung persediaan di gudang (*On hand*):

$$I_t = I_{t-1} + Q_t - D_t$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_1 + Q_2 - D_2 \\ &= 50 + 100 - 40 = 110 \end{aligned}$$

5.4.2 *Lotting*

Proses untuk menentukan ukuran kuantitas pesanan yang dimaksudkan untuk memenuhi beberapa periode kebutuhan bersih (Rt) secara bersamaan disebut *lotting*. Kuantitas pesanan yang telah ditentukan sebelumnya atau keseimbangan antara biaya pengadaan (biaya persiapan) dan penyimpanan (biaya penyimpanan) dapat digunakan untuk menentukan ukuran kuantitas pesanan. Bergantung pada keadaan, ketiga metode ini menghasilkan sembilan cara berbeda, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangan. Teknik *Lotting* menentukan *Lotting*. Bab berikut akan memberikan deskripsi terperinci tentang sembilan teknik *lotting*.

Tabel 5. 4. Contoh Proses *Lotting* untuk Produk A

Periode (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kebutuhan Bersih (Rt)	0	0	0	0	0	30	50	60	50
Kuantitas Pemesanan (Qt)						80		110	

TL : FPR (*Fixed Period Requirement*) 2 periode

Seperti dapat dilihat dari tabel di atas, jumlah pesanan sebanyak 80 pada periode kelima dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan bersih (Rt) untuk periode lima dan enam, sedangkan jumlah pesanan sebanyak 110 pada periode kedelapan digunakan untuk memenuhi Rt untuk periode delapan dan sembilan.

5.4.3 *Offsetting*

Praktik memutuskan kapan atau berapa lama untuk memesan guna memenuhi kebutuhan bersih (Rt) dikenal sebagai pengimbangan. Dengan kata lain, pengimbangan berupaya menetapkan waktu jumlah pesanan yang dihasilkan oleh proses penyewaan. Mengurangi waktu tunggu dari waktu ketika kebutuhan bersih (Rt) harus tersedia menghasilkan rencana pada saat pemesanan. Misalnya, prosedur pengimbangan untuk produk A dengan waktu tunggu satu periode ditunjukkan pada tabel 5.5 di bawah ini. *Offsetting* tergantung *Lead Time*.

Tabel 5. 5. Contoh proses *offsetting* untuk periode A

Periode (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kebutuhan Bersih (Rt)	0	0	0	0	0	30	50	60	50
Kuantitas Pemesanan (Qt)						80		110	
Rencana Pemesanan					80		110		

LT: 1 periode

Mengingat produk A memiliki waktu tunggu satu periode, tabel 5.5 di atas menunjukkan bahwa jumlah pesanan sebanyak 80 dan 110 pada periode kelima dan ketujuh pasti telah dipesan pada periode keempat dan keenam.

5.4.4 Exploding

Untuk komponen atau barang pada level di bawahnya, proses penghitungan dari tiga langkah yang disebutkan di atas *netting*, *lotting*, dan *offsetting* disebut "*exploding*." Proses *exploding* untuk komponen dasar pada level 1 dalam struktur produk kaleng kemasan (gambar 5.2) ditunjukkan pada tabel 5.6 di bawah. Kaleng kemasan pada level 0 adalah item induk. JIP untuk produk A pada tabel 5.1 berisi kebutuhan kotor (Dt) untuk item kaleng kemasan ini. Satu periode adalah waktu tunggu minimum.

Kaleng:

Kaleng Kemasan Level 0

Tabel 5. 6. Proses *exploding* untuk komponen Kaleng

Periode (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kebutuhan Kotor (Dt)	-	50	40	75	90	75	50	60	50
Penerimaan dari Pesanan (Qt)	-	-	100	-	100	-	-	-	-
Persediaan yang Tersedia (It)	100	50	110	35	45	-30	-80	140	-190
Kebutuhan Bersih (Rt)	0	0	0	0	30	50	60	50	

Periode (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kuantitas Pemesanan (Qt)						80		110	
Rencana Pemesanan					80		110		

Bottom:

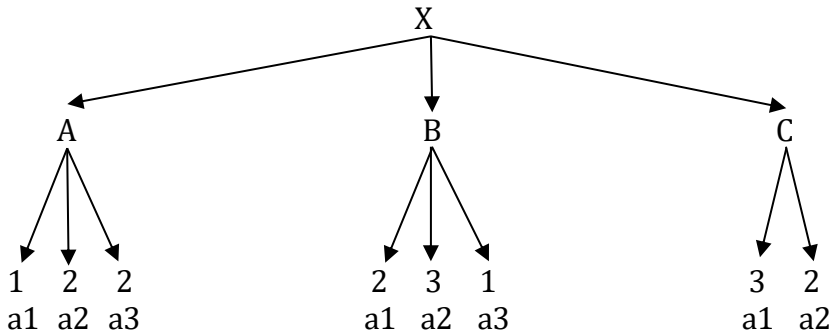
Bottom, Level 1

Tabel 5. 7. Proses *exploding* untuk komponen *bottom*

Periode (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kebutuhan Kotor (Dt)	100	0	100	80	0	110	0	0	
Penerimaan dari Pesanan (Qt)	-	-	-	-	-	-	-	-	
Persediaan yang Tersedia (It)	150	50	50	-50	130	130	240	240	240
Kebutuhan Bersih (Rt)	0	0	50	80	0	110	0	0	
Kuantitas Pemesanan (Qt)				130			110		
Rencana Pemesanan			130			110			

Perencanaan kebutuhan material memerlukan struktur produk, yang biasanya direpresentasikan oleh diagram pohon. Material induk dan faktor penggunaan material pada level yang lebih rendah harus dikalikan dan ditambahkan berulang kali untuk menjalankan proses peledakan. Hingga level material akhir tercapai, proses ini diulang. Strategi operasi matriks dapat digunakan untuk menghilangkan proses perkalian berulang ini. Metode ini memungkinkan satu perkalian matriks antara matriks kebutuhan material dan matriks kebutuhan komponen untuk menentukan kebutuhan material pada level atas berdasarkan kebutuhan pada level atas.

Langkah pertama dalam menggunakan pendekatan operasi matriks ini adalah mengubah struktur produk dari diagram pohon ke bentuk matriks kebutuhan komponen. Pendekatan perhitungan umum dan komputasi matriks akan diperbandingkan dalam contoh berikut.



Gambar 5.4 Struktur Produk dalam Bentuk Diagram Pohon

Jika dalam kasus ini untuk setiap unit produk X diperlukan:

Kompenen	A	B	C
Level 1			
Untuk 1 unit X	2	3	4

Komponen	a1	a2	a3	a4
Level 2				
Untuk 2 unit A	2	4	4	0
3 unit B	6	0	9	3
5 unit C	15	10	0	0
Jumlah :	23	14	13	3

Dengan cara matriks, terlebih dahulu struktur produk diubah menjadi matrik kebutuhan komponen.

Tabel 5. 8. Matriks Kebutuhan Komponen

	X	A	B	C	a1	a2	a3	a4	
Level 0	X	0	2	3	5	0	0	0	0
A	0	0	0	0	1	2	2	0	
Level 1	B	0	0	0	0	2	0	3	1
C	0	0	0	0	3	2	0	0	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	
Level 2	B	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	

Dalam matriks kebutuhan komponen, material pada level tertentu ditunjukkan pada baris, dan material yang dibutuhkan oleh material pada level tertentu yang terdapat pada baris

tersebut ditunjukkan pada kolom. Akibatnya, level material yang sama akan menciptakan sub matriks dengan nilai nol. Dalam konteks yang sama, nilai dengan indeks baris yang lebih besar atau sama dengan indeks kolom akan menjadi nol. Perhitungan dapat dilakukan setelah matriks kebutuhan komponen diperoleh.

Matriks kebutuhan material untuk level 0 adalah:

$$Z_0 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Matriks kebutuhan material untuk level 1 adalah:

$$(1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

0	2	3	5	0	0	0	0
0	0	0	0	1	2	2	0
0	0	0	0	2	0	3	1
0	0	0	0	3	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

$$Z_1 = (0 \ 2 \ 3 \ 5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Matriks kebutuhan untuk level 2 adalah :

$$(0 \ 2 \ 3 \ 5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

0	2	3	5	0	0	0	0
0	0	0	0	1	2	2	0
0	0	0	0	2	0	3	1
0	0	0	0	3	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

$$Z_2 = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 23 \ 14 \ 13 \ 3)$$

Kebutuhan total komponen diperoleh dengan menjumlahkan seluruh matriks kebutuhan material, maka diperoleh:

$$Z_1 = Z_{i-1}^* \cdot A_n$$

$$Z_T = Q = \sqrt{\frac{2AD}{I_t C}}$$

Dimana:

Z : Matriks permintaan material pada level ke-i

Z* : Matriks permintaan material

i : Hasil perhitungan ang telah dikurangi dengan inventaris saat ini

A : Matriks kebutuhan komponen yang berukuran nXn

nⁿ : berbagai komponen yang membentuk hasil akhir jadi

Z : Adalah matriks kebutuhan untuk semua komponen

T : Jumlah keseluruhan matriks Z antara 0 dan n

5.5 Teknik *Lotting*

Ada 9 Teknik *Lotting* yang bisa digunakan untuk langkah *Lotting* pada proses MRP, yaitu:

1. Jumlah pesanan tetap (*Fixed Order Quantity* = FOQ)
2. Jumlah pesanan ekonomis (*Economic Order Quantity* = EOQ)
3. *Lot for lot* (LFL)
4. Kebutuhan dengan periode tetap (*Periode Order Quantity* = POQ)
5. Jumlah pesanan atas dasar periode (*Fixed Period requirement* = FPR)
6. Ongkos unit terkecil (*Least Unit Cost* = LUC)
7. Ongkos Total Terkecil (*Least Total Cost* = LTC)
8. Penyeimbangan Bagian Periode (*Part period Balancing* = PPB)
9. Algoritma Wagner Whitin.

Supaya penjelasan masing-masing Teknik *Lotting* mudah dipahami, mari kita bahas bersama contoh berikut.

Tabel 5. 9. Data Contoh Periode

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40

Diketahui harga per unit Rp. 50,-, ongkos sekali pengadaan (pesanan) Rp. 100,- dan ongkos simpan per unit per tahun 24%. Tentukan teknik *Lotting* yang terbaik berdasarkan ongkos persediaan terkecil!

Jawaban:

1. Dengan Teknik *Lotting* FOQ

Kuantitas lot ditentukan berdasarkan pertimbangan selain EOQ, misalnya pertimbangan Kapasitas mobil. Dalam contoh ini dimisalkan FOQ dengan kuantitas pesanan 100 unit.

Tabel 5. 10. Teknik *Lotting* FOQ

Periode (bln) ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265
Kuantitas pesanan	100				100		100			300
Unit yang disimpan	80	40	10	0	60	30	95	75	35	455

Maka Ongkos pesanan = $3 \times \text{Rp. } 100,-$
= Rp. 300,-

Ongkos simpan = $455 \times \text{Rp. } 1,-$
= Rp. 455,-

Jadi ongkos Total Persediaan = $\text{Rp. } 300,- + \text{Rp. } 455,-$
= Rp. 755,-

2. Dengan Teknik *Lotting* EOQ

Persamaan EOQ: $\sqrt{\frac{2AD}{h}}$

$D = (12/9) \times 265 = 343,3 = 344$

$H = 24\% \times \text{Rp. } 50,- = 12$

Dengan persamaan tsb diperoleh EOQ = 77 unit

Tabel 5. 11. Teknik *Lotting* EOQ

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265
Kuantitas pesan	77		77			77			77	308
Unit yang disimpan	57	17	64	54	14	61	26	6	43	342

Maka Ongkos pesan = 4 x Rp. 100,-

= Rp. 400,-

Ongkos simpan = 342 x Rp. 1,-

= Rp. 342,-

Jadi ongkos Total Persediaan = Rp. 400,- + Rp. 342,-

= Rp. 742,-

3. Dengan Teknik *Lotting* LFL

Tabel 5. 12. Teknik *Lotting* LFL

Periode (bln) ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265
Kuantitas pesan	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265

Periode (bln) ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Unit yang disimpan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Maka Ongkos pesan = $9 \times \text{Rp. } 100,-$

= Rp. 900,-

Ongkos simpan = $0 \times \text{Rp. } 1,-$

= Rp. 0,-

Jadi ongkos Total Persediaan = Rp. 900,- + Rp. 0,-

= Rp. 900,-

4. Dengan Teknik *Lotting* POQ

- $\text{EOQ} = 77$ unit

- Frekuensi pesan = $D / \text{EOQ} = 344 / 77 = 4,47$

- Interval pesan = $12 / 4,47 = 2,68 = 3$ bulanan

Tabel 5. 13. Teknik *Lotting* POQ

Periode (bln) ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265
Kuantitas pesan	90			80			95			
Unit yang disimpan	70	30	0	70	30	0	60	40	0	300

Maka Ongkos pesan = $3 \times \text{Rp. } 100,-$

= Rp. 300,-

Ongkos simpan = $300 \times \text{Rp. } 1,-$

= Rp. 300,-

Jadi ongkos Total Persediaan = Rp. 300,- + Rp. 300,-
= Rp. 600,-

5. Dengan Teknik *Lotting* FPR
FPR 2 periode

Tabel 5. 14. Teknik *Lotting* FPR

Periode (bln) ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tota l
Keb. Bersih (unit)	2 0	4 0	3 0	1 0	4 0	3 0	3 5	2 0	4 0	265
Kuantita s pesan	6 0		4 0		7 0		5 5		4 0	
Unit yang disimpa n	4 0	0	1 0	0	3 0	0	2 0	0	0	100

Maka Ongkos pesan = 5 x Rp. 100,-
= Rp. 500,-

Ongkos simpan = 100 x Rp. 1,-
= Rp. 100,-

Jadi ongkos Total Persediaan = Rp. 500,- + Rp. 100,-
= Rp. 600,-

6. Dengan Teknik *Lotting* LUC

Dasarnya: pemilihan bakal lot menjadi lot didasarkan Ongkos total persediaan per unit yang terkecil.

Tabel 5. 15. Teknik *Lotting* LUC

Periode	K B	Periode penyimpanan	Bakal Lot Size	Ongkos Simpan		Ongkos pesan per unit	Ongkos Total Per unit
				Utk lot	Per Unit		
1	20	0	20	0	0	5	5
2	40	1	60	40	0,67	1,67	2,34
3	30	2	90	100	1,11	1,11	2,22
4	10	3	100	130	1,30	1	2,30
4	10	0	10	0	0	10	10
5	40	1	50	40	0,8	2	2,8
6	30	2	80	100	1,25	1,25	2,5
7	35	3	115	205	1,78	0,87	2,65
7			35				
8			55				
			95				

Maka Ongkos pesan = 3 x Rp. 100,-
= Rp. 300,-

Ongkos simpan = 300 x Rp. 1,-
= Rp. 300,-

Jadi ongkos Total Persediaan = Rp. 300,- + Rp. 300,-
= Rp. 600,-

7. Dengan Teknik *Lotting* LTC

Dasarnya: pemilihan bakal *lot* menjadi *lot* didasarkan pada ongkos *part period* yang paling dekat atau sama dengan EPP. EPP dihitung dengan membagi ongkos pesan dengan ongkos simpan.

$$EPP = A / H$$

$$EPP = 100 / (2\% \times 50) = 100$$

Tabel 5. 16. Teknik *Lotting* LTC

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265
Bkl Lot	20			80			95			
Unit yang disimpan	0	30	0							
Bkl Lot	60									
Unit yang disimpan	40	0								
Bkl Lot	90									
Unit yang disimpan	70	30	0				60	40	0	

Tabel 5. 17. Hasil Perhitungan LTC

Periode	KB	Periode penyimpanan	Bakal Lot Size	Ongkos Part period
1	20	0	20	0
2	40	1	60	40
3	30	2	90	100
4	10	0	10	0
5	40	1	50	40
6	30	2	80	100
7	35		35	0
8	20		55	20
9	40		95	100

Tabel 5. 18. Hasil Teknik *Lotting* dengan LTC

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265
Kuantitas pesan	90			80			95			
Unit yang disimpan	70	30	0							

Maka Ongkos pesan = 3 x Rp. 100,-
= Rp. 300,-

Ongkos simpan = 300 x Rp. 1,-
= Rp. 300,-

Jadi ongkos Total Persediaan = Rp. 300,- + Rp. 300,-
= Rp. 600,-

8. Dengan Teknik *Lotting* PPB (*Part period Balancing*)

Acuannya dari Tekning *Lotting* LTC, dicoba bagaimana pengaruhnya bila KB 1 atau beberapa periode ke depan digabung pada lot terpilih (*Look ahead*), kebalikannya revisi bisa dicoba bagaimana kalau KB ke belakang dikurangi dari *lot* terpilih (*Look back*).

Look ahead:

Tabel 5. 19. Teknik *Lotting* PBB *Look Ahead*

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265
Kuantitas pesan	90									
PP = 100	70	30	0							
	100									
PP = 130	80	40	10	0						
LTC	90			80			95			
Lot baru <i>Look ahead</i>	100				105			60		
Unit yang disimpan	80									270

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Unit yang disimpan	70	30	0	70	30	0	60	40	0	300

KB 10 unit pada periode ke 4 bila:

- Bila KB 10 unit gabung dengan 40 unit pd periode ke 5 akan menimbulkan *part period* (pp): 40 pp
- Bila KB 10 unit gabung dengan Lot sebelumnya yaitu 90 unit, sehingga Lot menjadi 100 unit akan menimbulkan *part period* (pp): 30 pp, ini berasal dari 130 pp – 100 pp.
- Berarti lebih ekonomis bila KB 10 unit pd periode ke 4 ditambahkan dengan lot sebelumnya menjadi 100 unit.

Dengan Tekning *Lotting* PPB *Look Ahead* diperoleh:

Maka Ongkos pesan = 3 x Rp. 100,-
= Rp. 300,-

Ongkos simpan = 270 x Rp. 1,-
= Rp. 270,-

Jadi ongkos Total Persediaan = Rp. 300,- + Rp. 270,-
= Rp. 570,-

Look Back:

Tabel 5. 20. Teknik *Lotting* PBB *Look Back*

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Keb. Bersih (unit)	20	40	30	10	40	30	35	20	40	265
Kuantitas pesan	90									
PP = 100	70	30	0							
	60									
PP = 40	40	0								
	80	40	10	0						
LTC	90			80			95			
<i>Lot baru Look</i>	100				105			60		

Periode ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
<i>ahead</i>										
Lot baru	60		45		55		110			180
Look Back										
Unit yang disimpan	80									270
Unit yang disimpan	70	30	0	70	30	0	60	40	0	300

KB 30 unit pd periode ke 3 bila:

- Bila KB 30 unit gabung dengan 10 unit pd periode ke 4 akan menimbulkan *part period* (pp) : 10 pp.
- Bila KB 30 unit gabung dengan Lot sebelumnya yaitu 90 unit, sehingga Lot menjadi 100 unit akan menimbulkan *part period* (pp) : 60 pp, ini berasal dari 100 pp – 40 pp.
- Berarti lebih ekonomis bila KB 30 unit pd periode ke 3 ditambahkan dengan lot sesudahnya menjadi 100 unit.

Dengan Tekning *Lotting* PPB *Look Back* diperoleh:

Maka Ongkos pesan = 4 x Rp. 100,-

= Rp. 400,-

Ongkos simpan = 180 x Rp. 1,-

= Rp. 180,-

Jadi ongkos Total Persediaan = Rp. 400,- + Rp. 180,-

= Rp. 580,-

TUGAS

- Diketahui waktu operasi (menit), matriks operasi pendahulu dan pengikut dalam jaringan kerja sebagai berikut:

Tabel 5. 21. Data Matriks Operasi

Operasi	Waktu Operasi	Matriks Operasi Pendahulu P			Matrik Operasi Pengikut F	
1	20	0	0	0	2	0
2	43	1	0	0	11	0

Operasi	Waktu Operasi	Matriks Operasi Pendahulu P			Matrik Operasi Pengikut F	
3	23	0	0	0	10	0
4	75	0	0	0	10	0
5	30	0	0	0	6	0
6	33	5	0	0	11	14
7	21	0	0	0	8	0
8	37	7	0	0	12	0
9	45	0	0	0	12	0
10	22	3	4	0	11	0
11	25	2	10	0	13	0
12	22	6	8	9	13	0
13	22	11	12	0	14	0
14	26	13	0	0	15	0
15	21	14	0	0	0	0

Sasaran produksi untuk satu tahun diketahui sebanyak 2000 unit, dan diperkirakan ada delapan jam kerja dalam sehari dan 300 hari kerja dalam setahun. Pertanyaan:

- a. Gambar Preseden diagram!
 - b. Gunakan metode pilihan Anda untuk menyeimbangkan lini produksi sehingga Efisiensi Lini setinggi mungkin!
2. Sepuluh pekerjaan dengan waktu pemrosesan (jam) dan tanggal jatuh tempo (jam) berikut perlu diselesaikan pada sebuah mesin:

Tabel 5. 22. Data *Job*

URAIAN		PEKERJAAN									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
MHS NPM GJL	ti	6	2	4	1	4	5	4	2	5	7
	di	8	10	12	9	17	20	30	25	40	20
MHS NPM GNP	ti	3	7	2	1	4	4	5	8	6	5
	di	30	10	15	20	12	17	22	10	35	40

Jadwalkan job-job tersebut sehingga jumlah job yang terlambat seminimal mungkin!

BAB 6

MODEL SISTEM PRODUKSI JEPANG

6.1 SISTEM PRODUKSI JUST IN TIME

Metode produksi *Just In Time* bertujuan menurunkan biaya produksi dengan cara mengurangi berbagai bentuk pemborosan. Beberapa contoh pemborosan dalam sistem produksi antara lain produk cacat, kelebihan persediaan, waktu tunggu yang lama, serta keterlambatan dalam proses produksi. Ketika akumulasi persediaan di rantai produksi diminimalkan, maka inefisiensi operasional pun lebih mudah dikenali. Untuk menghindari terjadinya kelebihan stok, sangat penting memastikan bahwa bahan atau barang tersedia tepat waktu sesuai kebutuhan proses selanjutnya (Shivanad, 2006).

Just In Time Manufacturing berasal dari pendekatan manajemen Jepang yang diadopsi dalam dunia bisnis. Strategi ini berfokus pada pengiriman produk dalam jumlah dan kualitas yang sesuai, tepat waktu, dan di lokasi yang benar. Seiring meningkatnya persaingan bisnis, semakin banyak perusahaan di Amerika Utara yang mulai menerapkan strategi ini (Shivanad, 2006).

Dengan pengelolaan persediaan yang efektif yang dapat menyumbang hingga lebih dari 80% dari total biaya produk perusahaan dapat meningkatkan daya saing serta profitabilitasnya. Filosofi *Just In Time* berupaya mengeliminasi pemborosan dalam produksi dengan mengoptimalkan pemanfaatan tenaga kerja, modal, serta peralatan yang tersedia (Shivanad, 2006).

Just In Time (JIT) merupakan serangkaian aktivitas terkoordinasi yang dirancang untuk menyelesaikan produksi skala besar dengan tingkat persediaan yang minimal, baik itu untuk bahan baku, barang dalam proses, maupun barang jadi. Inti dari pendekatan ini adalah bahwa produksi hanya dilakukan saat benar-benar dibutuhkan (Shivanad, 2006).

JIT telah menjadi salah satu konsep paling dikenal dan banyak diterapkan dalam berbagai sektor industri sebagai bagian dari sistem lean manufacturing. Teori ini menyatakan bahwa pemborosan dalam proses produksi dapat ditekan melalui pengurangan kapasitas persediaan, bahkan hingga menghilangkan stok dan prosedur yang tidak menambah nilai (Shnaiderman & Ben-Baruch, 2016). Dalam konteks lean, JIT berperan sebagai metode yang sederhana namun efektif untuk memastikan kelancaran aliran material (Krajewski et al., 2013; Alcaraz et al., 2016). Sistem ini bertujuan untuk meminimalkan pemborosan dan mengoptimalkan keuntungan melalui pemanfaatan sumber daya, arus informasi, dan struktur pengambilan keputusan yang efisien (Maldonado-Macías, 2017).

Dikenal juga dengan istilah sistem kanban atau sistem kartu, JIT pertama kali diterapkan oleh Toyota Motor Company di Jepang pada awal 1970-an. Dalam sistem ini, proses produksi dikendalikan dengan menggunakan kartu sebagai alat komunikasi antarproses, di mana setiap proses hanya memproduksi ketika menerima permintaan dari proses berikutnya. Seperti halnya *Material Requirements Planning* (MRP), tujuan sistem ini adalah meminimalkan persediaan dengan menunda produksi hingga benar-benar diperlukan (Shivanad, 2006).

Sebenarnya, strategi JIT dan MRP dapat saling melengkapi. JIT menggunakan pendekatan "*pull system*", di mana produksi hanya dilakukan saat ada permintaan dari proses selanjutnya. Sebaliknya, MRP menerapkan pendekatan perencanaan ke depan dengan menjadwalkan produksi lebih awal agar dapat memenuhi permintaan secara tepat waktu, terutama dalam produksi dengan waktu proses yang panjang. Dengan demikian, MRP dapat mendukung pelaksanaan JIT dalam kondisi tertentu (Monden, 2012).

Toyota Production System (TPS), yang dikembangkan oleh *Toyota Motor Corporation*, menjadi cikal bakal sistem JIT dan mendapat pengakuan luas dari berbagai organisasi di Jepang. Fokus utama dari sistem ini adalah penghapusan berbagai bentuk pemborosan tersembunyi dalam proses produksi melalui pendekatan *kaizen* atau perbaikan berkelanjutan. Bahkan di tengah ketidakpastian ekonomi, Toyota berhasil mempertahankan profitabilitas dengan menghilangkan kelebihan stok dan tenaga kerja secara signifikan. Sistem ini dianggap sebagai terobosan besar dalam manajemen produksi, setara dengan sistem produksi ilmiah Taylor maupun produksi *massal* Ford (Monden, 2012).

Pada awal 1970-an, produsen di Amerika Serikat mulai menerapkan sistem JIT sebagai respons terhadap kompleksitas penjadwalan yang tidak sepenuhnya diatasi oleh sistem MRP. Meskipun MRP, dan kemudian MRP II yang muncul pada dekade 1980-an, memberikan manfaat dalam perencanaan produksi, banyak manajer manufaktur memilih JIT karena dinilai lebih fleksibel. Di masa itu, muncul anggapan keliru bahwa MRP hanya cocok untuk produksi dalam jumlah besar akibat lamanya waktu penyetelan mesin. Namun, pemahaman yang lebih mendalam akhirnya

menunjukkan bahwa JIT dan MRP bukanlah pendekatan yang saling bertentangan, melainkan dapat diterapkan secara sinergis untuk mengelola persediaan secara lebih efektif (Benhabib, 2003).

Secara tidak langsung, JIT kemudian dikenal bukan sebagai teknik yang sederhana, melainkan sebagai pendekatan yang menantang untuk diterapkan. Teknologi dan gagasan *Single Minute Exchange of Dies* (SMED), yang memungkinkan produsen untuk menukar dies atau peralatan manufaktur dengan cepat, awalnya diperkenalkan ke AS dari Jepang. Produsen dapat menggunakan gagasan ini untuk membuat berbagai variasi produk dalam *batch* kecil pada jalur yang sama. SMED dan pengendalian mutu proses bekerja sama untuk menyediakan pendekatan manufaktur yang sangat efektif. Penerapan tiga pilar utama JIT—pengendalian mutu proses, SMED, dan JIT itu sendiri—oleh sektor manufaktur AS memakan waktu sekitar sepuluh tahun (Benhabib, 2003).

Saat ini, peran JIT sudah sangat terlihat nyata di berbagai industri manufaktur modern, terutama di mana sistem pemesanan dilakukan secara daring dan langsung diteruskan ke rantai produksi begitu bahan baku tersedia. Penerapan JIT memungkinkan pengurangan besar terhadap *inventory* dalam proses maupun setelah produksi, serta memberikan efisiensi biaya yang signifikan bagi pelanggan. Namun demikian, karena *inventory* sangat minimal, perusahaan dituntut untuk mengantisipasi semua potensi gangguan produksi, seperti kerusakan mesin atau masalah kualitas produk. Sebagai ilustrasi, tidak jarang perusahaan komponen otomotif hanya menyimpan persediaan untuk setengah hari produksi. Klien dari industri ini bahkan sering kali menuntut pengiriman beberapa kali dalam sehari, dan

tidak jarang mengenakan denda besar apabila terjadi keterlambatan dalam pengiriman (Benhabib, 2003).

Setelah terjadinya krisis minyak pada tahun 1973, Toyota mengembangkan sistem produksinya dengan tujuan utama untuk mengidentifikasi dan menghilangkan berbagai bentuk pemborosan yang tersembunyi di dalam organisasi melalui proses perbaikan berkelanjutan. Bahkan di tengah perlambatan ekonomi, Toyota tetap mampu menghasilkan keuntungan melalui penerapan sistem produksi yang secara signifikan mengurangi atau bahkan menghapuskan persediaan berlebih dan penggunaan tenaga kerja yang tidak efisien. Setelah sistem Ford, yang berfokus pada jalur perakitan massal, dan sistem Taylor, yang mengutamakan metode ilmiah, sistem ini dipandang sebagai jenis revolusi baru dalam manajemen produksi (Monden, 2012).

Dalam bagian ini, dibahas secara menyeluruh mengenai prinsip-prinsip dasar dari sistem produksi Toyota, cara kerjanya dalam menciptakan produk, dan terutama bagaimana inovasi yang berasal dari Jepang terlihat jelas dalam penerapannya. Lebih jauh lagi, kerangka kerja sistem ini diuraikan dengan menjelaskan ide pokok dan tujuannya, serta berbagai alat dan metode yang digunakan untuk mencapai efisiensi tersebut. Sistem Produksi Toyota dinilai efektif dalam menciptakan produk karena berperan sebagai sarana untuk mencapai tujuan utama yaitu keuntungan. Untuk mencapai hal tersebut, target utama sistem ini adalah menekan biaya produksi atau dengan kata lain meningkatkan produktivitas (Monden, 2012).

Upaya menekan biaya dan meningkatkan produktivitas dilakukan dengan cara menghapus semua jenis pemborosan seperti stok berlebih dan tenaga kerja yang tidak diperlukan. Dalam konteks sistem ini, pengertian “biaya” mencakup lebih dari sekadar biaya produksi. Biaya juga dipahami

sebagai seluruh pengeluaran tunai yang terkait dengan aktivitas untuk menghasilkan keuntungan, termasuk biaya penjualan, biaya administrasi, bahkan biaya modal (Monden, 2012).

Konsep *Just In Time* berlandaskan pada tiga prinsip utama. Prinsip pertama adalah sistem tarik. Sistem tarik menjadi salah satu elemen fundamental dalam *Just In Time* karena dalam pendekatan ini, produksi dipicu oleh permintaan aktual, bukan oleh perkiraan atau perencanaan sebelumnya. Salah satu alat yang terkenal dalam sistem ini adalah kanban, yang telah lama diidentikkan dengan penerapan sistem tarik. Namun, penting dipahami bahwa kanban hanyalah salah satu alat yang dapat dipergunakan dalam sistem tarik. Sistem tarik tidak bergantung sepenuhnya pada kanban, dan bisa diimplementasikan dengan berbagai cara lain yang menekankan pentingnya arus informasi (Stewart, 2011).

Dalam organisasi tradisional, aliran informasi cenderung didorong secara sepihak dari atas ke bawah. Karena informasi yang mengalir ini mendorong pergerakan bahan baku dalam proses produksi, maka muncul kecenderungan untuk menciptakan penumpukan persediaan di berbagai tahap proses. Akibatnya, bisa ditemukan akumulasi persediaan dalam jumlah besar yang sebenarnya tidak memberikan nilai tambah nyata bagi pelanggan. Hal ini mencerminkan adanya modal kerja yang tersimpan dalam bentuk barang yang tidak langsung menghasilkan keuntungan (Stewart, 2011).

Prinsip dasar kedua dari sistem *Just In Time* adalah pentingnya aliran proses yang berkelanjutan. Tujuannya adalah menghilangkan gangguan dalam bentuk penghentian dan pengulangan produksi yang menyebabkan tidak lancarnya jalannya proses. Dengan menjaga agar proses

produksi tetap mengalir secara stabil, maka waktu tunggu secara keseluruhan dapat ditekan dan persediaan barang dalam proses dapat dikurangi secara signifikan. Sistem aliran ini bekerja beriringan dengan sistem tarik untuk mendukung efisiensi operasional (Stewart, 2011).

Dalam penerapannya, bentuk ideal dari aliran proses adalah memproduksi barang satu per satu atau dikenal dengan istilah *one-piece flow*. Artinya, setiap produk dikerjakan dan langsung diteruskan ke tahap proses berikutnya tanpa harus menunggu hingga batch selesai. Pendekatan ini bertujuan untuk menghindari penumpukan barang setengah jadi yang sering terjadi dalam sistem produksi konvensional berbasis *batch*. Dengan menerapkan *one-piece flow*, perusahaan dapat meminimalkan gangguan yang timbul akibat proses produksi yang berhenti dan mulai secara terus-menerus, yang lazim terjadi pada sistem *batch* tradisional (Stewart, 2011).

Prinsip dasar terakhir adalah *takt time*, yang berfungsi untuk menyelaraskan laju produksi dengan permintaan pelanggan. Menariknya, istilah *takt* sendiri berasal dari bahasa Jerman, yaitu *Taktzeit*, yang berarti waktu siklus. Meski terdengar serupa, *takt time* dan waktu siklus merupakan dua konsep yang berbeda meskipun berkaitan erat satu sama lain (Stewart, 2011).

Waktu takt dihitung dengan membagi jumlah permintaan pelanggan harian dengan jumlah keseluruhan waktu produksi yang tersedia. Waktu siklus, yang dihitung dengan membagi waktu produksi harian dengan jumlah total unit produksi yang memungkinkan, tidak sama dengan persamaan ini. Waktu takt, secara sederhana, adalah jumlah waktu yang dibutuhkan untuk membuat satu unit produk berdasarkan permintaan aktual (Stewart, 2011).

Sebagai ilustrasi, jika pelanggan membutuhkan sebanyak dua puluh ribu unit dalam sebulan dan perusahaan memiliki jadwal produksi selama dua puluh hari kerja, maka kebutuhan harian adalah seribu unit per hari. Dengan total waktu kerja efektif selama tujuh setengah jam (atau 450 menit), maka setiap unit harus diproduksi dalam waktu sekitar dua puluh tujuh detik. Itulah yang disebut sebagai *takt time* untuk produk tersebut (Stewart, 2011).

Jika sistem *Just In Time* berhasil diterapkan secara menyeluruh di dalam perusahaan, maka seluruh bentuk persediaan yang tidak diperlukan di area produksi bisa dihapuskan secara total, bahkan membuat keberadaan toko atau gudang menjadi tidak relevan lagi. Hal ini tentu berdampak positif terhadap penurunan nilai persediaan tercatat dan meningkatkan rasio perputaran modal perusahaan (Monden, 2012).

Sistem Produksi Toyota secara khusus menekankan pada pentingnya pengurangan biaya melalui penghapusan pemborosan. Pada kenyataannya, terdapat empat jenis pemborosan utama yang sering muncul dalam proses produksi manufaktur: produksi berlebih, inventaris yang tidak terkendali, penggunaan sumber daya produksi yang berlebihan, dan pengeluaran modal yang tidak perlu. Keempat kategori pemborosan ini tidak hanya membuat biaya langsung seperti tenaga kerja dan bahan baku menjadi lebih mahal, tetapi juga menyebabkan kenaikan biaya administratif dan biaya tidak langsung seperti depresiasi aset (Monden, 2012).

Dari semua jenis pemborosan tersebut, pemborosan tenaga kerja sering kali menjadi yang pertama muncul dan dapat memicu pemborosan lainnya. Oleh karena itu, sangat penting bagi perusahaan untuk terlebih dahulu memfokuskan upaya pada pengurangan atau penghapusan

tenaga kerja yang tidak efisien sebagai langkah awal menuju efisiensi yang lebih menyeluruh (Monden, 2012).

Just In Time (JIT) merupakan sesuatu yang bertujuan mengoptimalkan seluruh proses dan prosedur dalam kegiatan produksi melalui pengurangan pemborosan secara terus-menerus. Sistem ini dikenal dengan pendekatannya terhadap *continuous improvement* atau perbaikan berkelanjutan yang berfokus pada penghilangan segala bentuk pemborosan yang tidak memberikan nilai tambah. Dalam praktiknya, JIT mengenali tujuh jenis pemborosan utama yang harus dikurangi untuk meningkatkan efisiensi produksi (H.K. Shivanand, 2006), yaitu:

1. **Pemborosan karena Overproduksi** – Terjadi ketika jumlah produksi melebihi permintaan aktual, yang menyebabkan akumulasi stok tidak perlu.
2. **Pemborosan Waktu Tunggu** – Terjadi saat barang, informasi, atau tenaga kerja menunggu giliran untuk diproses.
3. **Pemborosan Proses** – Proses yang tidak diperlukan atau berlebihan dalam tahapan produksi.
4. **Pemborosan Transportasi** – Perpindahan bahan atau produk yang tidak menambah nilai.
5. **Pemborosan Persediaan** – Persediaan berlebih yang mengikat modal dan ruang penyimpanan.
6. **Pemborosan Gerakan (*Motion*)** – Gerakan pekerja atau peralatan yang tidak efisien.
7. **Pemborosan Akibat Produk Cacat** – Produk gagal yang menyebabkan *rework* atau bahkan pemborosan total jika tidak bisa digunakan.

Limbah terbesar dalam lingkungan manufaktur sering kali berasal dari kelebihan bahan produksi. Kelebihan kapasitas fasilitas produksi, jumlah karyawan yang berlebihan, atau persediaan yang berlebihan adalah beberapa contohnya. Kelebihan komponen-komponen ini,

baik itu personel, peralatan, bahan baku, atau barang, hanya akan menyebabkan biaya yang lebih tinggi tanpa memberikan nilai kepada konsumen (Monden, 2012). Sebagai contoh, kelebihan tenaga kerja akan menaikkan biaya personel; fasilitas yang berlebihan meningkatkan beban penyusutan; dan persediaan yang tidak terkendali akan menyedot biaya modal serta investasi dalam bentuk stok. Kelebihan sumber daya ini secara langsung memicu pemborosan sekunder, yaitu overproduksi, yang dalam sistem Toyota dianggap sebagai pemborosan paling serius. Overproduksi terjadi ketika produksi terus berjalan meskipun proses utama seharusnya dihentikan sementara.

Overproduksi ini akan menciptakan pemborosan persediaan berlebihan, karena produk yang tidak segera dibutuhkan harus disimpan. Akibatnya, penanganan dan penyimpanan barang memerlukan lebih banyak personel, peralatan, dan ruang lantai. Produksi berlebih menciptakan pekerjaan tambahan, yang mengaburkan asal masalah dan membuatnya lebih sulit diatasi (Monden, 2012).

Seiring waktu, jika kondisi ini dibiarkan, maka akan muncul pemborosan tingkat lanjut dalam bentuk investasi modal yang tidak perlu. Investasi ini meliputi:

- Pembangunan gudang baru untuk menyimpan persediaan berlebih.
- Perekrutan tenaga kerja tambahan untuk memindahkan persediaan.
- Pembelian *forklift* untuk kegiatan transportasi internal.
- Penambahan staf pengelola inventaris di gudang.
- Penunjukan operator yang bertugas memperbaiki persediaan rusak.
- Penerapan sistem pengelolaan persediaan yang kompleks.
- Perekrutan *staf* khusus untuk pengendalian inventaris berbasis komputer.

Dengan menyadari bahwa tenaga kerja yang berlebihan memunculkan waktu tunggu yang tidak produktif, perusahaan dapat melakukan realokasi tugas agar jumlah tenaga kerja bisa disesuaikan secara lebih efisien. Strategi ini bukan hanya mengurangi pemborosan tenaga kerja, tetapi juga menekan pemborosan lain seperti overproduksi, kelebihan persediaan, dan investasi modal yang tidak diperlukan, sehingga tercapai penghematan biaya secara menyeluruh (Monden, 2012).

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pengendalian produksi berlebih merupakan inti dari Sistem Produksi Toyota (*Toyota Production System/TPS*). Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa seluruh proses produksi sejalan dengan permintaan pasar atau kecepatan penjualan aktual. Kemampuan dalam mengendalikan produksi yang berlebih ini menjadi struktur utama dalam sistem produksi Toyota (Monden, 2012).

Meskipun tujuan utama sistem ini adalah untuk mengurangi biaya, tiga tujuan tambahan harus dipenuhi terlebih dahulu, khususnya:

1. **Pengendalian Kualitas**
Sistem harus mampu menyesuaikan produksi dengan fluktuasi permintaan harian maupun bulanan.
2. **Jaminan Kualitas**
Setiap proses hanya diperbolehkan melanjutkan produk yang sudah terjamin kualitasnya untuk tahapan selanjutnya.
3. **Penghargaan terhadap Kemanusiaan**
Sistem perlu menjunjung tinggi moral dan martabat pekerja sembari memanfaatkan sumber daya manusia untuk mencapai efisiensi biaya.

Implementasi dari ketiga sub-tujuan ini akan mendorong sejumlah manfaat, antara lain:

- Meningkatkan kelancaran aliran material.
- Mempercepat waktu pengembangan produk.
- Memperpendek siklus produksi di setiap tahapan.
- Mengurangi waktu penyimpanan bahan baku dan produk jadi.

Perlu digarisbawahi bahwa ketiga sub-tujuan tersebut tidak berdiri secara independen. Sebaliknya, mereka saling terkait dan mendukung tercapainya tujuan utama, yaitu pengurangan biaya. Inilah yang menjadi karakteristik khas dari Sistem Produksi Toyota—semua tujuan beroperasi secara terintegrasi dalam satu sistem, dengan produktivitas sebagai panduan utama. Sebelum membahas TPS secara lebih rinci, penting untuk memahami bahwa hasil dari sistem ini mencakup aspek biaya, kuantitas, kualitas, serta penghormatan terhadap nilai-nilai kemanusiaan (Monden, 2012).

6.2 Implementasi Just In Time (JIT)

Tujuan utama implementasi sistem JIT adalah untuk memperpendek *lead time* dan mengurangi kebutuhan modal kerja. Ketika diterapkan dengan tepat, JIT menjamin bahwa produksi hanya dilakukan sesuai kebutuhan saat itu. Prinsip kualitas bawaan (*built-in quality*) dalam JIT juga memastikan bahwa produk yang dihasilkan bebas dari cacat sebelum diserahkan kepada pelanggan. Ini berarti seluruh hasil produksi langsung dikonversikan menjadi barang jadi, yang secara signifikan meminimalkan jumlah *work in process*.

Pada kenyataannya, sebagian besar bisnis manufaktur menggunakan prosedur yang mengubah sumber daya mentah menjadi barang jadi yang dapat dijual. Pendapatan perusahaan hanya diperoleh dari produk yang berhasil

dijual kepada pelanggan. Oleh karena itu, produksi yang melebihi permintaan pasar tidak memberikan nilai tambah langsung. Produk setengah jadi maupun bahan mentah tidak akan dinilai oleh pelanggan hingga menjadi produk akhir. Maka dari itu, logis apabila perusahaan berusaha untuk meminimalkan semua bentuk kelebihan inventaris dan hanya memproduksi barang sesuai kebutuhan pelanggan.

Dalam implementasi nyata, proses ini biasanya dimulai dengan penyusunan jadwal produksi, yang selanjutnya menjadi dasar untuk pembelian bahan baku serta penjadwalan semua peralatan dan aktivitas produksi. Jadwal ini kemudian disebarkan ke berbagai departemen produksi serta para pemasok terkait. Idealnya, jika semuanya berjalan sesuai rencana, maka tidak akan ada perubahan. Namun, dalam kenyataannya, bahkan pada perusahaan sekelas Toyota, perubahan selalu terjadi. Hal ini dikarenakan kondisi awal yang mendasari jadwal produksi umumnya mengalami perubahan seiring waktu (Stewart, 2007).

Penerapan JIT dalam Proses Pembelian (*Just In Time Purchasing* / JITP)

Metode ***Structural Equation Modeling (SEM)*** digunakan untuk mempelajari dampak *Just In Time Purchasing (JITP)* terhadap kinerja bisnis di Yordania. Melalui tiga karakteristik kinerja perusahaan dan enam parameter pengukuran JITP, pendekatan ini menghubungkan JITP dengan kinerja bisnis. Informasi dikumpulkan dari 250 bisnis. Temuan menunjukkan bahwa implementasi JITP dan keberhasilan bisnis dipengaruhi secara positif oleh komitmen manajemen puncak, pelatihan karyawan, dan hubungan karyawan. Namun, JITP dan kinerja tidak dipengaruhi secara signifikan oleh manajemen transportasi,

perjanjian pengiriman kuantitas, atau metode nilai tambah pemasok (Golinska, 2014).

Menurut temuan studi tersebut, mayoritas bisnis di Yordania telah memulai proses penerapan JITP; namun, untuk meningkatkan kinerja bisnis, mereka masih perlu membuat rencana tindak lanjut untuk menjalankan prosedur JITP secara lebih menyeluruh. Dalam menghadapi persaingan global yang ketat, bisnis di mana pun didorong untuk menemukan metode guna memangkas biaya, meningkatkan kualitas, dan beradaptasi dengan perubahan permintaan pelanggan. Metode produksi JIT merupakan salah satu taktik yang telah menunjukkan hasil yang menjanjikan (Balci et al., 2007; Barlow, 2002; Marsh & Conard, 2008).

Dalam konteks ini, JITP menjadi bagian vital dari keseluruhan sistem JIT, di mana pemasok berperan sebagai perpanjangan tangan dari sistem produksi utama. Tujuan utamanya adalah memastikan proses produksi berjalan secara berkesinambungan, dari penerimaan bahan baku hingga pengiriman barang jadi. Keuntungan dari penerapan JITP antara lain:

- Waktu produksi yang lebih singkat
- Agar persediaan rendah
- Kualitas yang lebih tinggi
- Ketepatan pengerjaan dapat diandalkan
- Penurunan biaya bahan baku
- Fleksibilitas yang lebih baik

Praktik JITP ini umumnya melibatkan pengiriman dalam jumlah kecil tetapi sering, menggunakan pemasok lokal yang diseleksi secara ketat. Hubungan antara produsen dan pemasok pun bersifat saling bergantung, dibangun atas

dasar komunikasi yang intensif dan kepercayaan jangka panjang (Golinska, 2014).

Sistem *Just In Time* (JIT) bertujuan untuk memperpendek waktu proses (*lead time*) dan meminimalkan penggunaan modal kerja. Ketika diterapkan dengan benar, JIT memastikan bahwa hanya produk yang dibutuhkan oleh pelanggan yang diproduksi, serta menjamin kualitas tanpa cacat sehingga semua unit yang dibuat langsung menjadi barang jadi, dan bukan pekerjaan dalam proses (*work in process*). Hal ini penting karena pada kenyataannya, sebagian besar perusahaan manufaktur saat ini hanya memperoleh nilai dari produk jadi yang benar-benar dibeli oleh pelanggan. Persediaan berlebih atau produk setengah jadi tidak memberikan nilai tambah langsung.

Perusahaan harus membuat jadwal produksi yang menguraikan prosedur produksi yang diperlukan, pemanfaatan mesin, dan kebutuhan bahan baku agar JIT dapat berfungsi seefisien mungkin. Semua departemen dan pemasok terkait telah menerima jadwal ini. Namun, dalam praktiknya, rencana produksi jarang berjalan sesuai rencana awal karena kondisi pasar, kapasitas produksi, maupun ketersediaan bahan sering berubah.

A. Penerapan JIT dalam Proses Pembelian

Kinerja bisnis sangat dipengaruhi oleh penerapan *Just In Time Purchasing* (JITP). Enam faktor memengaruhi penerapan JITP, menurut penelitian yang dilakukan di Yordania menggunakan teknik *Structural Equation Modelling* (SEM). Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Dedikasi manajemen puncak
2. Pelatihan karyawan
3. Interaksi antar rekan kerja

4. Nilai tambah dari vendor
5. Efektivitas transportasi
6. Kuantitas dan keteraturan pasokan

Hasilnya menunjukkan bahwa dimensi pertama hingga ketiga memberikan pengaruh positif terhadap kinerja perusahaan. Namun, tiga dimensi lainnya belum menunjukkan dampak signifikan, yang mengindikasikan perlunya penguatan dalam praktik JITP. Hal ini menjadi catatan penting bagi perusahaan di negara berkembang seperti Yordania dalam menghadapi persaingan global.

Berbagai penelitian di negara lain juga menunjukkan temuan serupa. Misalnya, industri di India menunjukkan potensi keuntungan besar dari implementasi JITP, seperti pengurangan persediaan, peningkatan kualitas, efisiensi waktu, dan hubungan yang lebih baik dengan pemasok. Di Kanada, sistem *Kanban* dan *bar-coding* juga berhasil menurunkan tingkat persediaan dan mempercepat proses pengadaan. Peran teknologi informasi sangat penting dalam mendukung sistem JITP secara keseluruhan.

B. Sistem *Just In Time* dalam Toyota Production System

Toyota telah mengintegrasikan filosofi JIT dengan pendekatan humanistik melalui beberapa langkah, seperti:

1. **Menghilangkan kegiatan tidak bernilai tambah di lantai produksi**, dan menggantinya dengan aktivitas produktif, sehingga meningkatkan efisiensi dan moral pekerja.
2. **Memberikan wewenang kepada pekerja untuk menghentikan lini produksi** jika terjadi masalah kualitas (konsep ini disebut *jidoka*).
3. **Mendorong perbaikan berkelanjutan** melalui kelompok kerja kecil (misalnya *QC circle*) dan sistem usulan perbaikan dari pekerja.

Namun, pelaksanaan ini juga menimbulkan tantangan. Upaya meningkatkan produktivitas bisa menjadi tekanan psikologis bagi pekerja apabila tidak dilakukan dengan prinsip yang benar. Kesalahan umum adalah menambahkan beban kerja tanpa memperhatikan nilai tambah dari pekerjaan tersebut. Toyota telah mengatasi tantangan ini dengan menyesuaikan sistem agar tetap menghargai aspek kemanusiaan.

C. Integrasi JIT dengan Sistem Kanban

Sistem *Kanban* adalah sistem informasi yang mendukung pelaksanaan JIT, dengan mengatur aliran produksi berdasarkan jumlah dan waktu yang dibutuhkan pada setiap tahap. Di Toyota, *Kanban* berfungsi sebagai subsistem dalam keseluruhan Toyota Production System, bukan sebagai sistem utama.

Sayangnya, banyak orang salah memahami bahwa *Kanban* adalah JIT itu sendiri. Padahal, *Kanban* hanyalah alat bantu untuk mengatur proses JIT agar berjalan harmonis. Jika prasyarat seperti desain proses, standardisasi kerja, dan kelancaran produksi belum diterapkan dengan baik, maka penerapan JIT tidak akan berhasil, meskipun sistem *Kanban* telah diimplementasikan. Agar sistem *kanban* dapat berjalan secara efektif dalam mendukung penerapan JIT, beberapa **aturan penting** harus dipatuhi, yaitu:

1. **Proses selanjutnya hanya menarik produk sesuai kebutuhan.**

Hanya jumlah yang diperlukan, pada waktu yang tepat, dan di lokasi yang ditentukan yang harus diambil (ditarik) oleh setiap langkah jalur produksi dari langkah sebelumnya. Dengan kata lain, produksi dilakukan sebagai respons terhadap kebutuhan sistem tarik (proses selanjutnya) dan bukan berdasarkan prakiraan.

2. **Proses sebelumnya hanya memproduksi sesuai permintaan proses berikutnya.**
Proses yang berada di hulu harus menghasilkan produk sebanyak yang dibutuhkan dan diminta oleh proses hilir, tidak lebih dan tidak kurang, sehingga tidak terjadi kelebihan produksi atau penumpukan inventori.
3. **Produk cacat tidak boleh diteruskan ke proses berikutnya.**
Hanya produk yang memenuhi standard kualitas yang dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Produk yang rusak atau tidak sesuai spesifikasi harus segera diidentifikasi dan ditangani. Hal ini menjaga kualitas dan mencegah pemborosan pada tahap selanjutnya.
4. **Jumlah *kanban* harus diminimalkan.**
Jumlah kartu *kanban* yang beredar di sistem harus dibatasi seminimal mungkin untuk menghindari kelebihan persediaan. Semakin sedikit *kanban* yang digunakan, semakin ramping dan efisien sistem produksi yang diterapkan.
5. **Sistem *kanban* harus mampu menyesuaikan dengan fluktuasi permintaan kecil.**
Sistem harus fleksibel dan responsif terhadap perubahan permintaan dalam skala kecil. Dengan kata lain, *kanban* harus memungkinkan penyesuaian produksi tanpa menyebabkan gangguan besar atau penumpukan inventori (*kanban improvement*).

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (1993). *Manajemen produksi dan operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit UI.
- Baker, K. R. (1974). *Introduction and operation management*. Singapore: McGraw-Hill.
- Baker, K. R. (1974). *Introduction to sequencing and scheduling*. New York: John Wiley & Sons.
- Balci, D., Kesen, S. E., & Baykoç, Ö. F. (2007). Adaptability of just-in-time (JIT) philosophy to service systems: A case study. *Simulation*, 83(9), 631–642.
- Barlow, G. L. (2002). Just-in-time: Implementation within the hotel industry—a case study. *International Journal of Production Economics*, 80(2), 155–167.
- Baroto, T. (2002). *Perencanaan dan pengendalian produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Bedworth, D. D., & James, E. (1997). *Integrated production and control system*. Singapore: John Wiley & Sons.
- Benhabib, B. (2003). *Manufacturing: Design, production, automation, and integration*. Boca Raton: CRC Press.
- Biegel, J. E. (1992). *Pengendalian produksi*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Elsayed, A., & Broucher, T. O. (1985). *Analysis and control of production systems*. New Jersey: Prentice Hall.
- Fogarty, D. W., et al. (1991). *Production and inventory management*. USA: APICS.
- García Alcaraz, J. L., Díaz Reza, J. R., & Realyvásquez Vargas, A. (2024). Just in Time (JIT). In *Lean manufacturing in Latin America: Concepts, methodologies and applications* (pp. 127–150). Cham: Springer Nature Switzerland.

- Gaspers, V. (2001). *Production planning and inventory control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.
- Golinska, P. (Ed.). (2014). *Logistics operations, supply chain management and sustainability*. Cham: Springer International Publishing.
- Hardley, R., & Within, C. (1963). *Analysis of inventory systems*. New York: Prentice Hall Inc.
- Imai, M. (1991). *Kaizen – Kunci sukses Jepang dalam persaingan*. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- Kusuma, H. (2004). *Manajemen produksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Marsh, R. F., & Conard, M. A. (2008). A pull system for delegating knowledge work. *Operations Management Research*, 1(1), 61–68.
- Monden, Y. (n.d.). *Sistem produksi Toyota*. Jakarta: Penerbit PPM.
- Narashiman, R., Soetharna, L., & Leavy, B. (1985). *Production planning and inventory control*. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). *Perencanaan dan pengendalian produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nur Bahagia, S. (1993). *Manajemen material*. Bandung: TMI – ITB.
- Pinedo, M. (1995). *Scheduling: Theory, algorithms and systems*. New Jersey: Prentice Hall.
- Riggs, J. L. (1987). *Production system: Planning, analysis and control*. New York: John Wiley & Sons.
- Safirin, M. T. (2010). *Buku ajar perencanaan dan pengendalian produksi*. Surabaya: TI – UPN “Veteran” Jawa Timur.

- Shivanand, H. K. (2006). *Flexible manufacturing system*. New Delhi: New Age International.
- Sinulingga, S. (2009). *Perencanaan dan pengendalian produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Smith, S. B. (1999). *Computer based production and inventory control*. New Jersey: Prentice Hall.
- Schroeder, R. G. (2007). *Operations management*. New York: McGraw-Hill.
- Shnaiderman, M., & Ben-Baruch, L. (2016). Control and enforcement in order to increase supplier inventory in a JIT contract. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 143–154.
- Stewart, J. (2011). *The Toyota Kaizen continuum: A practical guide to implementing lean*. Boca Raton: CRC Press.
- Tersine, R. J. (1988). *Principles of inventory and materials management*. New York: North Holland.

BIODATA PENULIS



Ir. Moch. Tutuk Safirin, MT

Dosen Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan
Nasional “Veteran” Jawa Timur

Ir. Mochmad Tutuk Safirin, MT, lahir di Bojonegoro, 6 April 1963. Gelar Magister Teknik Industri diperoleh dari ITB Bandung tahun 1995. Saat ini Penulis sebagai dosen di Prodi Teknik Industri UPN “Veteran” Jawa Timur dengan Jabatan fungsional Lektor Kepala dalam Bidang Keahlian Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Penulis pernah mengajar di beberapa perguruan tinggi, yaitu di : Unmuh Gresik, Unmuh Sidoarjo, Universitas Islam Mojopahit Mojokerto. Penulis juga pernah mengajar di Program Magister Manajemen Agribisnis UPN “Veteran” Jawa Timur. Selain mengajar, penulis juga pernah menjadi Kepala Laboratorium Komputer di Jurusan Teknik Industri, Sekretaris Jurusan dan Ketua Jurusan Teknik Industri di

UPN “Veteran” Jawa Timur. Beberapa buku / bahan ajar yang telah ditulis adalah : Metodologi Penelitian, Sistem Prokduksi, Penelitian Operasional dan Statistik Penelitian Akademik.

BIODATA PENULIS



Nur Rahmawati, ST., MT.

Dosen Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim

Penulis lahir di Gresik tanggal 1 Agustus 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Penulis memiliki *research interest* di bidang: *supply chain engineering, logistics management* dan *operations management*.

BIODATA PENULIS



Ir. Sumiati, MT.

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jatim

Penulis lahir di Surabaya, Tanggal 13 Desember 1960, Penulis adalah Dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Sains UPN " Veteran " Jawa Timur. Menyelesaikan pendidikan S1 di UPN " Veteran " Jawa Timur Jurusan Teknik kimia (1985) dan S2 Jurusan Teknik Industri Fak.Teknologi Industri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2002). Penulis memiliki *research interest* di bidang *Extration* dan *Value Engineering*.

BIODATA PENULIS



Ir. Iriani, MMT.

Dosen Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim

Penulis lahir di Bandung, Tanggal 26 Nopember 1962, Penulis adalah Dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Sains UPN " Veteran " Jawa Timur. Menyelesaikan pendidikan S1 di UPN " Veteran " Jawa Timur Jurusan Teknik Kimia dan S2 di ITS Jurusan Manajemen Industri. Penulis memiliki *research interest* di bidang Manajemen.