

BUKU AJAR

PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI DAN PERSEDIAAN II



Penulis:

- Nur Rahmawati
- M. T. Safirin
- Rus Indiyanto
- Rr. Rochmoeljati

BUKU AJAR

PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI DAN PERSEDIAAN II

**Nur Rahmawati
M. T. Safirin
Rus Indiyanto
Rr. Rochmoeljati**



GETPRESS INDONESIA

BUKU AJAR
PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI DAN
PERSEDIAAN II

Penulis :

Nur Rahmawati

M. T. Safirin

Rus Indiyanto

Rr. Rochmoeljati

ISBN : 978-623-125-890-8

Editor : Diana Purnama Sari

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa

PENERBIT GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah

Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id

email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Juli 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 rahmad dan ridho Allah SWT dan kerja keras, akhirnya bisa diselesaikan penyusunan Buku 2 Perencanaan dan Pengendalian Produksi dan Persediaan ini. Salah satu tujuan dari disusunnya buku ajar ini adalah untuk membantu mempermudah memahami khususnya bagi para mahasiswa yang memprogram Mata Kuliah (MK) Perencanaan dan Pengendalian Produksi dan Persediaan, Sistem Produksi dan mata kuliah mata kuliah lain yang terkait materinya.

Dengan telah selesainya penyusunan Buku Ajar Perencanaan dan Pengendalian Produksi ini, penulis haturkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan saran dan masukan demi penyempurnaan buku ini. Penulis juga menyadari bahwa Buku Ajar Perencanaan dan Pengendalian Produksi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis terus mohon ada saran dan masukan yang bisa terus menyempurnakan isi buku ajar ini.

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

Padang, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Peranan Perencanaan dan Pengendalian Produksi.....	1
1.2 Definisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi dan Persediaan (PPIC).....	2
1.3 Sifat-Sifat Perencanaan Produksi	3
1.4 Ruang Lingkup Perencanaan dan Pengendalian Produksi dan Persediaan	6
BAB 2 PERENCANAAN KAPASITAS	7
2.1 Definisi Permasalahan & Ukuran Kapasitas	7
2.2 Metode RCCP.....	12
2.3 Metode CRP (RRP)	16
BAB 3 KESEIMBANGAN LINTASAN	24
3.1 Definisi Permasalahan & Ukuran Lintasan	24
3.2 Metode RPW	26
3.3 Metode LCR (Pembebanan Berurut).....	35
3.4 Metode <i>Region Approach</i> (Pendekatan Wilayah).....	39
BAB 4 PENJADWALAN n JOB m MESIN	44
4.1 Definisi, Permasalahan dan Ukuran Penjadwalan n Job m Mesin.....	44
4.2 Metode Penjadwalan	50
BAB 5 METODE JIT & KANBAN	67
5.1 Just In Time	67
5.2 Implementasi <i>Just In Time</i> (JIT)	79
5.3 Kanban	86
BAB 6 METODE ERP	96
6.1 Pengenalan <i>Enterprise Resource Planning</i> (ERP)	96
6.2 Aplikasi Sistem ERP	107
DAFTAR PUSTAKA	116
BIODATA PENULIS	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Hubungan antara Perencanaan Kapasitas dan Perencanaan Produksi.....	12
Gambar 2. 2. <i>Bill of Material</i>	13
Gambar 2. 3. <i>Leadtime</i> produk (Dalam Minggu).....	18
Gambar 2. 4. Profil Beban <i>Milling Work Center</i>	21
Gambar 2. 5. Distribusi Beban pada Mesin <i>Milling</i>	23
Gambar 3. 1 Jaringan Kerja Suatu Perakitan.....	27
Gambar 3. 2 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja Sebelum <i>Trial & Error</i>	33
Gambar 3. 3 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja yang Diperbaiki	34
Gambar 3. 4 Pembagian Jaringan Kerja Pada Contoh Soal Dalam Wilayah-Wilayah	40
Gambar 3. 5 Hasil Pembebanan Operasi Pada Stasiun Kerja.....	42
Gambar 5. 1 Sistem Kanban Dua Kartu	88
Gambar 6. 1 Tahapan Evolusi Sistem ERP	97
Gambar 6. 2 Ruang Lingkup <i>Closed Loop MRP</i>	99
Gambar 6. 3 <i>Scoop</i> Dari Sebuah <i>Enterprise System</i>	101
Gambar 6. 4 Infrastruktur Sistem ERP	103
Gambar 6. 5 <i>Enterprise System</i>	104
Gambar 6. 6 Siklus Sistem <i>Procurement</i>	108
Gambar 6. 7 Siklus <i>Sales and Distribution</i>	109
Gambar 6. 8 Modul ERP	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tabel Perhitungan.....	14
Tabel 2. 2 Tabel Perhitungan.....	15
Tabel 2. 3 Tabel Perhitungan.....	15
Tabel 2. 4 Tabel Perhitungan.....	16
Tabel 2. 5 Tabel Perhitungan.....	16
Tabel 2. 6 Tabel Perhitungan.....	18
Tabel 2. 7 Tabel Perhitungan.....	19
Tabel 2. 8 Tabel Perhitungan.....	20
Tabel 2. 9 Tabel Perhitungan.....	20
Tabel 2. 10 Tabel Perhitungan	22
Tabel 3. 1 Waktu Operasi Lintasan Perakitan Pada Contoh (Dalam Menit)	28
Tabel 3. 2 Contoh Matrik Pendahulu & Pengikut	30
Tabel 3. 3 Hasil Perhitungan Bobot Posisi Untuk Setiap Operasi	30
Tabel 3. 4 Hasil Pengurutan BP Mulai dari Besar ke Kecil.....	31
Tabel 3. 5 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja Sebelum <i>Trial & Error</i>	32
Tabel 3. 6 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja yang Diperbaiki	34
Tabel 3. 7 Data Waktu Operasi, Matrik Pendahulu, dan Matrik Operasi Pengikut Untuk Tiap Operasi Dalam Jaringan Kerja.....	36
Tabel 3. 8 Prosedur Metode Pembebanan Berurut	37
Tabel 3. 9 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja	38
Tabel 3. 10 Prioritas Pembebanan Di Tiap Wilayah.....	40
Tabel 3. 11 Pembebanan Operasi Pada Stasiun Kerja	41
Tabel 6. 1 Perbandingan ERP dan ERP II.....	102

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 membuat perencanaan produksi dan keputusan pengendalian yang mempertimbangkan semua tujuan ini untuk mencapai tujuan produsen dan konsumen.

Perencanaan dasar proses produksi dan aliran material, serta pengaturan dan analisis organisasi dan koordinasi material, mesin, peralatan, sumber daya manusia, dan tindakan lain yang diperlukan, merupakan tujuan utama perencanaan dan pengendalian produksi. Hal ini memungkinkan produksi produk yang diperlukan secara tepat waktu dan hemat biaya. Untuk mencapai tujuan perusahaan, tindakan koordinasi manajemen diperlukan untuk memastikan bahwa departemen pembelian, departemen teknik, departemen akuntansi, dan departemen penjualan bekerja dengan baik sebagai tim yang terkoordinasi untuk menghasilkan dan menjual hasil produksi secara efektif dan efisien. Aktivitas ini dapat berupa koordinasi antara berbagai bagian perusahaan atau antar aktivitas. Uraian di atas menunjukkan betapa pentingnya perencanaan dan

pengendalian produksi dalam suatu perusahaan. Dengan perencanaan dan pengendalian produksi yang tepat, organisasi seharusnya dapat menghasilkan barang atau jasa secara lebih efektif dan efisien.

1.2 Definisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi dan Persediaan (PPIC)

Perencanaan dan pengendalian produksi serta inventaris adalah proses pengorganisasian dan pengendalian aliran material ke dalam, ke luar, dan melalui sistem produksi atau operasi untuk memenuhi permintaan pasar dengan kuantitas yang sesuai, jadwal pengiriman yang tepat, serta biaya produksi dan inventaris serendah mungkin. Berdasarkan kriteria yang diberikan di atas, pekerjaan PPIC secara umum dapat dikategorikan ke dalam dua area yang saling terkait: perencanaan dan pengendalian persediaan serta produksi.

Renaca produksi adalah proses memutuskan apa yang perlu dilakukan, berapa banyak yang perlu dilakukan, kapan harus dilakukan, dan arah umum operasi di masa mendatang. Karena *planning* yang strategis berkaitan dengan masa depan, perencanaan ini didasarkan pada proyeksi yang berasal dari data historis dan sejumlah asumsi. Oleh karena itu, suatu *planning* tidak akan selalu menghasilkan hasil yang diinginkan, sehingga setiap rencana harus ditinjau secara berkala menggunakan kontrol. Di sisi lain, kontrol adalah proses memastikan bahwa rencana tersebut dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan sehingga tujuan dapat dicapai dengan sukses dan ekonomis.

1.3 Sifat-Sifat Perencanaan Produksi

Keterikatan dengan waktu, adanya jenjang, keterpaduan, keberlanjutan, keterukuran, realistis, akurasi, dan sulit adalah beberapa ciri perencanaan produksi. Informasi tambahan ditunjukkan di bawah ini:

a. Berjangka waktu

Bergantung pada jangka waktu yang dicakup perencanaan, ada tiga bentuk perencanaan yang biasanya kita hadapi dalam perencanaan produksi:

1. Rencana produksi untuk *long term*.
2. Rencana produksi untuk *middle term*..
3. Rencana produksi untuk *short term*

b. Berjenjang

Rencana suatu produksi tidak dapat dibuat sekali saja dan kemudian digunakan tanpa batas waktu. Perencanaan ini perlu dilakukan secara bertahap. Akibatnya, perencanaan ini akan berlapis dari tingkat tinggi ke tingkat rendah, dengan perencanaan produksi tingkat rendah berfungsi sebagai deskripsi perencanaan produksi tingkat tinggi. Dengan menggabungkan perencanaan untuk jangka waktu tersebut, kami dapat memberikan penjelasan yang lebih menyeluruh sebagai berikut:

1. Mempersiapkan produksi jangka panjang.

Rencana ini sering kali melihat ke depan lima tahun atau lebih. Perencanaan ini berfokus pada pengaruh perubahan di masa mendatang terhadap tujuan sistem dan aktivitas yang diperlukan untuk

beradaptasi seperti mengembangkan barang baru, meningkatkan layanan, menerapkan teknologi proses baru, dan membangun lokasi yang baru.

2. **Perencanaan produksi jangka menengah (perencanaan agregat).** Perencanaan agregat dibangun atas dasar kerangka kerja yang ditetapkan dalam perencanaan produksi jangka panjang dan memiliki jangka waktu perencanaan satu hingga dua belas bulan.
3. **Perencanaan produksi jangka pendek.** Jadwal produksi adalah format rencana produksi jangka pendek, yang memiliki jangka waktu kurang dari satu bulan.

c. Terpadu

Banyak elemen, termasuk personel, waktu, bahan baku, dan mesin atau peralatan, akan terlibat dalam perencanaan produksi. Semua faktor ini harus konsisten dengan persyaratan yang diantisipasi untuk memenuhi target produksi tertentu berdasarkan perkiraan. Rencana tersebut harus diproduksi sesuai dengan rencana produksi terpadu, tetapi tidak perlu merencanakan masing-masing komponen ini secara independen berdasarkan batasan masing-masing faktor yang dimiliki perusahaan. Rencana untuk pemeliharaan, tenaga kerja, pengadaan material, dan area lain yang berdampak langsung pada rencana produksi juga harus dihubungkan dengan rencana produksi.

d. Berkelanjutan

Perencanaan produksi dibuat untuk jangka waktu tertentu, yang dikenal sebagai masa berlaku rencana. Setelah jangka waktu tersebut berlalu, rencana baru harus dibuat untuk jangka waktu berikutnya. Rencana baru harus didasarkan pada temuan evaluasi rencana sebelumnya, termasuk apa yang telah dan belum dilakukan, apa yang telah dihasilkan, dan bagaimana hasilnya berhubungan dengan tujuan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, strategi baru harus merupakan perluasan dari rencana sebelumnya.

e. Terukur

Realisasi rencana produksi akan terus dipantau selama proses berlangsung untuk mengidentifikasi kesalahan terhadap rencana yang telah ditetapkan. Rencana produksi harus memastikan apakah ada penyimpangan untuk membuat keputusan tersebut. Nilai-nilai ini dapat berupa sasaran produksi yang dinyatakan dalam satuan lusinan, kilogram, satuan produk, dan satuan lainnya.

f. Realistik

Agar tujuan menjadi nilai realistis yang dapat dicapai dengan kondisi yang ada di perusahaan pada saat rencana tersebut ditetapkan, maka rencana produksi harus dimodifikasi untuk mencerminkan kondisi yang ada di dalam organisasi.

g. Akurat

Agar dapat memperhitungkan statistik yang muncul dalam target produksi, perencanaan produksi harus didasarkan pada pengetahuan yang dapat diandalkan

tentang kondisi internal dan eksternal. Rencana produksi yang disarankan akan bermasalah jika nilai parameter produksi diestimasi secara tidak tepat. Demikian pula, perhatian yang lebih besar harus diberikan pada perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai variabel produksi berdasarkan nilai parameter produksi untuk menghindari kesalahan yang sama.

h. Menantang

Meskipun penting untuk membuat rencana produksi serealistik mungkin, ini tidak berarti bahwa rencana tersebut harus mencakup tujuan yang mudah dicapai. Rencana produksi yang dirancang dengan baik harus mencakup tujuan yang memerlukan kerja keras untuk mencapainya.

1.4 Ruang Lingkup Perencanaan dan Pengendalian Produksi dan Persediaan

Perencanaan dan pengendalian produksi dan inventaris sering kali mencakup hal-hal berikut:

1. *Demand Forecasting*
2. Rencana produksi agregat dan disagregat
3. Manajemen Inventaris Tradisional
4. Manajemen Inventaris Menggunakan Model MRP
5. Teknik Lotting
6. Model JIT dan Kanban
7. Perencanaan Kapasitas
8. Keseimbangan Lintasan
9. Penjadwalan Job m Mesin
10. Model ERP

BAB 2

PERENCANAAN KAPASITAS

2.1 Definisi Permasalahan & Ukuran Kapasitas

Sejak seseorang ingin memulai perusahaan hingga operasi harian unit bisnis, masalah perencanaan kapasitas dapat berkembang. Ukuran pabrik, apakah akan berlokasi di satu tempat atau beberapa lokasi, dan pertanyaan lain sering diajukan selama fase perencanaan memulai unit bisnis. Sementara itu, masalah yang muncul setelah unit bisnis beroperasi meliputi cara mengatur mesin dan peralatan serta pekerja yang akan menghadapi pola permintaan dalam jangka waktu tertentu, apakah perlu melakukan sub-kontrak ke bisnis lain, apakah pesanan yang masuk akan diterima atau ditolak, dan cara menganalisis dan melakukan pengaturan mesin serta peralatan yang digunakan pada seluruh proses produksi dengan mempertimbangkan target produksi telah ditetapkan. Landasan dan metode untuk menyelesaikan masalah ini akan diberikan.

Sederhananya, kapasitas merupakan suatu luaran atau *output* (produk/layanan) terbanyak yang dihasilkan oleh suatu fasilitas baik mesin maupun peralatan produksi dalam jangka waktu tertentu (jam, hari, bulan, tahun, dst.). Pada kenyataannya, kapasitas disebut dengan sejumlah frasa, seperti:

a. Kapasitas Desain

Menunjukkan hasil maksimal yang dapat dicapai oleh suatu fasilitas dalam kondisi ideal sebagaimana yang telah ditetapkan oleh produsen.

b. Kapasitas Efektif

Hasil maksimal yang dapat dihasilkan suatu fasilitas dalam kondisi operasi tertentu ditunjukkan oleh kapasitas efektifnya.

Kapasitas Efektif : kap. *Design* x % Efektifitas

$$\% \text{ Efektivness} : \% \text{ Utilisasi} \times \% \text{ Efisiensi} \quad (2.1)$$

$$\text{Kapasitas Efektif} : \text{Kapasitas } Design \times \% \text{ Utilisasi} \times \% \text{ Efisiensi} \quad (2.2)$$

$$\% \text{ Utilisasi} : \left(\frac{\text{Applied Hours}}{\text{Net Available Hours}} \right) \times 100\% \quad (2.3)$$

$$\% \text{ Efisiensi} : \left(\frac{\text{Waktu Standar}}{\text{Waktu Aktual}} \right) \times 100\% \quad (2.4)$$

$$\% \text{ Efisiensi} : \left(\frac{\text{Output Aktual}}{\text{Output Standar}} \right) \times 100\% \quad (2.5)$$

$$\text{Applied Hours} : \text{Net Available Hours} - \text{Total Idle Time} \quad (2.6)$$

$$\% \text{ Efisiensi} : \frac{\text{Waktu Standar}}{\text{Waktu Aktual}} \quad (2.7)$$

c. Kapasitas Aktual

Menunjukkan hasil nyata yang dapat dihasilkan suatu fasilitas dalam lingkungan operasinya saat ini.

d. Kapasitas Rata-Rata

Ini merupakan kapasitas rata-rata dari kapasitas riil.

Contoh:

- 1) Seorang pekerja mengoperasikan mesin bubut. Hari kerja dimulai pukul 08.00 dan berakhir pukul 17.00 dengan waktu istirahat dari pukul 12.00 hingga 13.00. Satu jam sehari adalah jumlah waktu menganggur rata-rata. Tentukan persentase waktu yang dihabiskan untuk bekerja secara efektif! Jika waktu riil adalah lima menit per unit dan waktu standar adalah empat unit per

unit. Tentukan persentase waktu efisiensi! Hitung juga efikasinya!

Jawab:

$$\text{Net Available Hours} = 9 \text{ jam} - 1 \text{ jam} = 8 \text{ jam}$$

$$\text{Applied Hours} = 8 \text{ jam} - 1 \text{ jam} = 7 \text{ jam}$$

$$\% \text{ Utilisasi} = \left(\frac{\text{Applied Hours}}{\text{Net Available Hours}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{7}{8} \right) \times 100\%$$

$$= 87,5 \%$$

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

$$= \left(\frac{4}{5} \right) \times 100\%$$

$$= 80\%$$

$$\text{Tingkat Efektivitas} = \% \text{ Utilisasi} \times \% \text{ Efisiensi}$$

$$= 87,5 \% \times 80\%$$

$$= 70\%$$

- 2) Bila pabrik mengerjakan 4 orang karyawan mengerjakan 4 mesin Bubut dengan data yang sama, diketahui kapasitas desain setiap mesin Bubut adalah 800 unit/bulan. Berapa kapasitas efektif pabrik tersebut !

Jawab:

$$\text{Kapasitas efektif} = \text{Kapasitas desain} \times \text{Tingkat efektivitas}$$

$$= 800 \text{ unit/bln} \times 4 \text{ unit} \times 70\%$$

$$= 2.240$$

Istilah "fasilitas" dapat merujuk pada satu fasilitas, seperti mesin atau stasiun kerja, atau bahkan pabrik dengan beberapa mesin. Kapasitas tidak hanya didasarkan pada kapasitas potensial mesin saat ini; tetapi juga bergantung pada tenaga kerja yang mengoperasikan mesin, metode kerja, apa yang dilakukan, dan faktor-faktor lainnya.

Mengingat bahwa kapasitas fasilitas ditentukan oleh mesin dengan output terkecil (*bottleneck*), mengukur kapasitas untuk satu mesin jauh lebih mudah daripada untuk fasilitas dengan banyak unit. Misalnya, jika fasilitas produksi pakaian memiliki mesin pemotong yang dapat membuat 50 unit per jam, mesin obras yang dapat menghasilkan 30 unit per jam, dan mesin jahit yang dapat menghasilkan 25 unit per jam, maka kapasitas fasilitas per jam adalah 25 unit per jam.

Dibandingkan dengan jalur produksi fabrikasi (*job shop*), di mana mesin dapat digunakan untuk mengoperasikan banyak proses, jalur produksi perakitan (*flow shop*) memudahkan identifikasi hambatan. Prosedur mudah berikut dapat digunakan untuk memastikan kemampuan fasilitas untuk produksi fabrikasi:

1. Membuat *Operation Process Chart* (OPC) barang.
2. Membuat *Multiple Product Process Chart* (MPPC).
3. Menentukan kapasitas produksi masing-masing mesin.
4. Mengenali masalah-masalah yang menyebabkan kemacetan.

Dari sudut pandang cakrawala waktu perencanaan, masalah perencanaan kapasitas dapat dipisahkan menjadi:

a. Perencanaan Kapasitas Jangka Panjang

Keputusan yang berkaitan dengan elemen struktural sistem produksi biasanya dibuat dengan efek jangka panjang (tiga tahun atau lebih). Menentukan kapasitas pabrik baru dan perluasan pabrik (horizontal dan vertikal) adalah dua contoh perencanaan semacam ini.

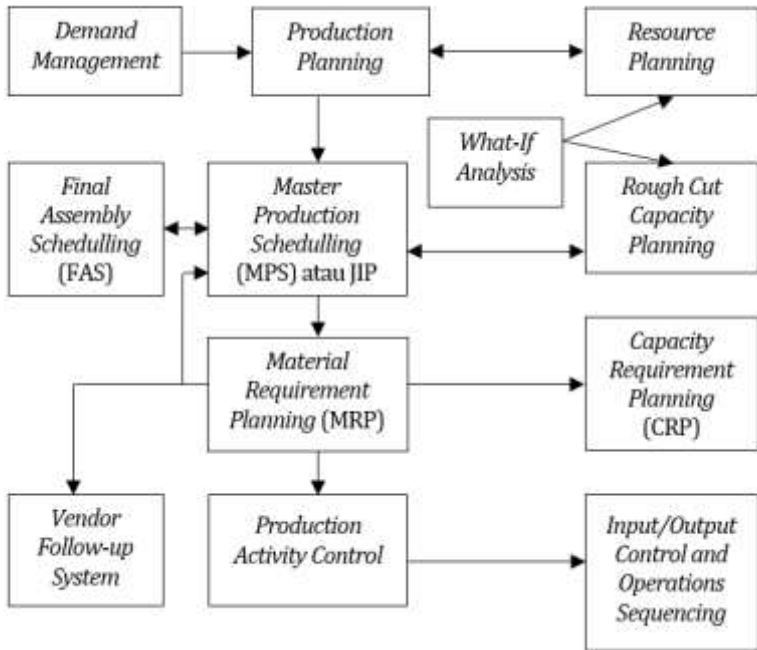
b. Perencanaan Kapasitas Jangka Menengah (1-3 tahun)

Biasanya, kapasitas yang diambil berkaitan dengan seberapa baik sistem manufaktur yang ada menggunakan kapasitasnya untuk memenuhi permintaan pelanggan. Di antara keputusan yang dibuat dalam kategori ini adalah keputusan yang berkaitan dengan subkontrak, perekrutan lebih banyak staf, penambahan shift kerja, dan penambahan serta penggantian mesin.

c. Perencanaan Kapasitas Jangka Pendek (< 1 tahun)

Perencanaan semacam ini terutama berkaitan dengan pengalokasian sumber daya yang tersedia (peralatan dan tenaga kerja) sesuai dengan jadwal produksi yang telah ditetapkan. Keputusan tentang pemuatan dan penjadwalan mesin, perjanjian lembur, dan rotasi pekerjaan termasuk dalam kategori ini.

Gambar berikut mengilustrasikan bagaimana perencanaan kapasitas berhubungan langsung dengan perencanaan produksi dan operasi pengendalian, selain klasifikasi yang disebutkan sebelumnya.



Gambar 2. 1. Hubungan antara Perencanaan Kapasitas dan Perencanaan Produksi

2.2 Metode RCCP

Rencana produksi jangka panjang diubah menjadi persyaratan kapasitas menggunakan metode ini, lalu membandingkannya dengan kapasitas yang ada.

Ada 3 penyebab penyederhanaan utama:

1. Kelompok produk merupakan *input*. Kelompok produk merupakan kumpulan barang dengan "rute toko" dan jam operasi yang sebanding, sama seperti pusat kerja merupakan kumpulan mesin dan/atau orang dengan keterampilan yang serupa. Kelompok ini sering disebut

sebagai keluarga produk; namun, dalam konteks ini, istilah "keluarga" mengacu pada kumpulan komponen, barang jadi, atau sub-rakitan yang memiliki konfigurasi umum.

2. Memanfaatkan pusat-pusat kerja utama daripada setiap mesin. Dengan asumsi bahwa masalah sering muncul di pusat-pusat kerja yang penting.
3. Daftar bahan baku, lembar rute, dan waktu standar suatu produk tertentu dalam suatu kelompok produk dipilih guna menghitung kebutuhan kapasitas untuk perencanaan produksi kelompok produk tersebut.

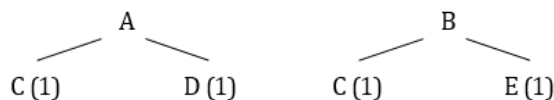
Data untuk *input* RCCP:

- a. JIP (Jadwal Iduk Produksi)
- b. Struktur Produk
- c. Waktu Operasional dan Waktu Persiapan
- d. EPQ atau EOQ

Langkah-Langkah Metode RCCP:

1. Menyusun JIP
2. Membuat Struktur Produk
3. Menghitung Standard Waktu Kerja (SRH)
4. Penentuan Sumber Daya yang Dibutuhkan (*Bill of Resources* =BOR)
5. Perhitungan Kapasitas Kasar (RCCP)

Contoh studi kasus berikut bertujuan untuk menjelaskan pendekatan ini:



Gambar 2. 2. *Bill of Material*

Tabel 2. 1. Tabel Perhitungan

	Nomor Operasi	Work Center	Operasi	Set-up (jam)	Operasi (jam)
A	10	1030	Assembly	0	2.00
B	10	1030	Assembly	0	3.00
C	10	1012	Milling	0.3	0.14
	20	1020	Drilling	2.4	0.40
	30	1012	Milling	2.7	0.23
	40	1018	Grinding	1	0.21
D	10	1012	Milling	0.4	0.15
	20	1020	Drilling	2.8	0.35
	30	1018	Grinding	2.2	0.24
E	10	1012	Milling	0.3	0.18
	20	1020	Drilling	2.1	0.39
	30	1012	Milling	2.5	0.26
	40	1020	Grinding	1.3	0.23

Berikut ini adalah lembar proses yang digunakan untuk membuat produk: (dengan asumsi bahwa satu stasiun kerja sama dengan satu karyawan dan satu mesin).

Waktu operasi standar untuk setiap pusat kerja dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut apabila EOQ produksi untuk item A, B, C, D, dan E masing-masing sebesar 15, 10, 25, 20, dan 30:

$$\text{Waktu standard operasi} = \frac{\text{Waktu Set Up}}{\text{EOQ}} + \text{Waktu Operasi} \quad (2.8)$$

SRH untuk item C pada pusat kerja penggilingan (operasi 10-30), misalnya:

$$\text{Waktu standard operasi} = \frac{0,3 + 2,7}{25} + (0,14 + 0,23) = 0,49 \text{ jam}$$

Dengan cara yang sama, adalah mungkin untuk menentukan waktu operasi standar untuk setiap item di setiap pusat kerja, dan hasil perhitungannya yaitu setelah

menghasilkan "*Bill of Resources*" yang, secara teori, selanjutnya dijumlahkan waktu operasi tipikal per unit dari pusat kerja yang sama.

Tabel 2. 2 Tabel Perhitungan

Item	Work Center	Waktu Standar Operasi Per Unit
C ($Q^* = 25$)	Milling	0.49
	Drilling	0.50
	Grinding	0.25
D ($Q^* = 20$)	Milling	0.17
	Drilling	0.49
	Grinding	0.25
E ($Q^* = 30$)	Milling	0.53
	Drilling	0.46
	Grinding	0.27
A ($Q^* = 15$)	Assembly	2
B ($Q^* = 10$)	Asembly	3

Menghitung *Bill of Resources* (BOR) pada setiap WC:

Tabel 2. 3 Tabel Perhitungan

Work Center	Waktu Standard Operasi Per Unit	
	Group Produk A	Group Produk B
1012 Milling	$0.66 = 0,49 + 0,17$	$1.02 = 0,17 + 0,53$
1020 Drilling	0.99	0.96
1018 Grinding	0.60	0.52
1030 Asembly	2.00	3.00

Asumsikan berikut ini adalah jadwal produksi jangka panjang kami untuk setiap produk:

Tabel 2. 4 Tabel Perhitungan

Item	Unit Per Tahun				
	1	2	3	4	5
A	3000	4000	3000	3000	3000
B	2000	2000	3000	3500	4000

Kebutuhan kapasitas untuk *work center milling* tahun 1 adalah:

RCCP *milling* th 1 = $(3000 \times 0.66) + (2000 \times 1.02) = 4020$ jam

RCCP *milling* th 2 = $(4000 \times 0.66) + (2000 \times 1.02) = 4680$ jam

Sehingga rencana kebutuhan kapasitas (*Rough-Cut*) untuk *milling center* saja dapat diringkaskan sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Tabel Perhitungan

	Unit Per Tahun				
	1	2	3	4	5
Dibutuhkan	4020	4680	5040	5550	6060
Tersedia	5000	5000	5000	5000	5000
Kekurangan				590	1650

Asumsi : Kapasitas yang tersedia = 5000 jam operasi / tahun.

2.3 Metode CRP (RRP)

Permintaan kapasitas diperkirakan lebih tepat dan dalam waktu yang lebih singkat dalam RRP atau CRP, tetapi sebaliknya pada dasarnya sama seperti dalam Perencanaan Kapasitas *Rough-Cut*. RRP mempertimbangkan waktu tunggu produksi seperti yang dilakukan MRP, berbeda dengan RCCP.

Berikut merupakan langkah-langkah yang terlibat dalam Perencanaan Kebutuhan Sumber Daya:

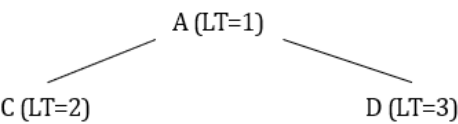
1. Tentukan profil beban setiap kelompok produk. Satu unit produk rata-rata berfungsi sebagai dasar untuk profil beban.
2. Hitung beban keseluruhan yang dibutuhkan untuk setiap sumber daya dalam JIP yang direncanakan. *The Resource Requirement Profile* adalah nama yang diberikan untuk penilaian ini.
3. Pilih JIP yang dapat diterapkan dengan mensimulasikan bagaimana JIP yang berbeda akan memengaruhi persyaratan sumber daya.

Dengan memilih produk yang umum dari kategori produk, profil beban produk dapat dibuat. Jalankan satu unit produk melalui sistem MRP tanpa ukuran lot atau inventaris awal untuk setiap item guna mendapatkan profil. Rencana produksi (*Planned Order Release*, atau POR) diperoleh dengan memanfaatkan kebutuhan kotor (GR) satu unit produk yang umum di semua tingkat dan struktur produk. Profil beban disimpan di komputer untuk penggunaan lebih lanjut, dan perhitungan hanya dilakukan satu kali.

Beban pada sumber daya penting diperkirakan berdasarkan *Resource Requirement Profile*. Profil beban untuk setiap kelompok produk dalam jadwal produksi induk bruto (JIP) diperluas untuk membuat *Resource Requirement Profile*. Untuk menentukan apakah ada masalah kapasitas, *Resource Requirement Profile* dibuat terutama untuk pusat mesin penting dan sebanding dengan kapasitas yang ada. Jika ditemukan masalah, *Resource Requirement Profile* baru dibuat menggunakan Jadwal Produksi Induk alternatif.

Untuk membantu menjelaskan konsep dan proses

perencanaan kebutuhan sumber daya, berikut ini akan menguraikan sebuah studi kasus. Kami membahas skenario yang sama, tetapi untuk kelompok produk A, yang memiliki waktu tunggu (minggu) dan struktur produk sebagai berikut:



Gambar 2. 3. *Leadtime* produk (Dalam Minggu)

Rencana Produksi (POR) kelompok produk A pertama-tama ditentukan untuk mengatasi masalah tersebut (kita buat kebutuhan kotor (GR) = 1 unit produk). Tabel 2.6 dan 2.7 menampilkan hasil perhitungan.

Tabel 2. 6 Tabel Perhitungan

	Minggu									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produk akhir A (LT = 1 minggu)										
Kebutuhan Kotor (GR)										1
Rencana Produksi (PQR)									1	
Item C (LT = 2 minggu)										
GR									1	
POR							1			
Item D (LT = 3 minggu)										
GR									1	
POR						1				

Tabel 2. 7 Tabel Perhitungan

Item	Nomor Operasi	Work Center	Waktu Set-up	Waktu Operasi	Waktu Standard Operasi Per Unit
A	10	Assembly	0	2.0	2.000
B	10	Assembly	0	3.0	3.000
C ($Q^* = 25$)	10	Milling	0.3	0.14	0.152
	20	Drilling	2.4	0.40	0.492
	30	Milling	2.7	0.23	0.338
D ($Q^* = 20$)	40	Grinding	1.0	0.21	0.250
	10	Milling	0.4	0.15	0.170
	20	Drilling	2.8	0.35	0.490
	30	Grinding	2.2	0.24	0.350

Profil beban setiap pusat mesin kemudian ditentukan. Tabel berikut menampilkan hasil perhitungan. Menurut perhitungan POR yang kami lakukan sebelumnya, tampak bahwa untuk nilai 10 dan 30 operasi penggilingan (item C), kami mengalokasikan waktu operasi standar untuk setiap operasi selama 0,152 dan 0,338 jam pada minggu ketujuh dan kedelapan. Tabel 2.8 menunjukkan estimasi profil beban untuk setiap pusat mesin:

Tabel 2. 8 Tabel Perhitungan

Mesin	Minggu									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Assembly</i> beban									2.000	
<i>Milling</i>										
Beban untuk C							0.152	0.338		
Beban untuk D						0.170				
Total						0.170	0.152	0.338		
<i>Drilling</i>										
Beban untuk C							0.500			
Beban untuk D							0.490			
Total							0.990			
<i>Grinding</i>										
Beban untuk C								0.250		
Beban untuk D								0.350		
Total								0.600		

Sekarang mari kita fokus hanya pada profil beban untuk pusat kerja penggilingan untuk menyederhanakan penjelasan, dengan asumsi Jadwal Produksi Induk Bruto (JIP) seperti yang ditampilkan dalam di bawah ini.

Tabel 2. 9 Tabel Perhitungan

Minggu	6	7	8	9	10
Produk A	200		200		200
Produk B		150		150	

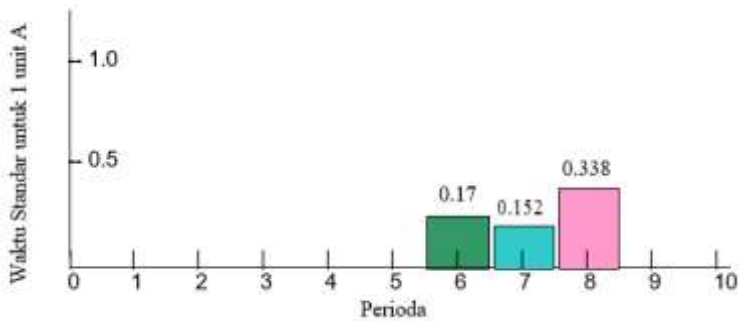
Perhitungan profil beban untuk kelompok produk A dengan demikian dapat dilakukan sebagai berikut:

Minggu ke-8 : $(200) \times (0.338) = 67.6$ Jam

Minggu ke-7 : $(200) \times (0.152) = 30.4$ Jam

Minggu ke-6 : $(200) \times (0.170) = 34.0$ Jam

Gambar di bawah ini menunjukkan profil beban ini secara grafis. Kita dapat menghitung profil beban untuk produk B dan pusat kerja lainnya dengan cara yang sama. Gambar 2.4 menunjukkan profil beban kelompok produk A untuk pusat kerja penggilingan.



Gambar 2. 4. Profil Beban *Milling Work Center*

Perhitungan pada *Resource Requirement Profile* untuk *Milling Machine Center* (untuk grup produk A dan B) dapat dilihat pada Tabel 2.10 dibawah ini.

Tabel 2. 10 Tabel Perhitungan

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	
				Grup A	Grup B	Grup A	Grup B	Grup A	
				200	150	200	150	200	
Lot 1 Grup A		34.00	30.40	67.60					
Lot 2 Grup B				64.80	102.15				
Lot 3 Grup A				34.00	30.40	67.60			
Lot 4 Grup B						64.80	102.15		
							30.40		
Lot 5 Grup A						34.00		67.60	
Total		34.00	30.40	166.40	132.55	166.40	132.55	67.60	

Total kebutuhan sumber daya pada minggu ke-4, ke-5, dan ke-6 melampaui kapasitas yang tersedia, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.10. Akibatnya, JIP perlu dimodifikasi jika keadaan menghalangi penyesuaian kapasitas.

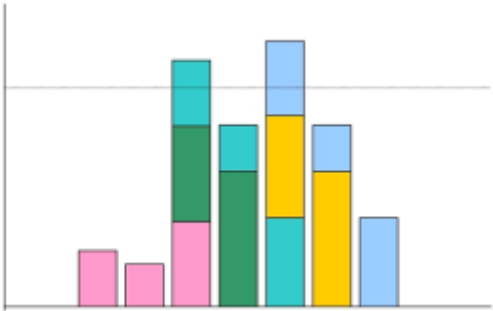
Bahkan jika JIP dimodifikasi untuk mencakup 100 item A dan 75 produk B setiap minggu, konsumsi sumber daya secara keseluruhan tetap di bawah kapasitas. Tabel berikut memperjelas hal ini:

Tabel 2. 12 Tabel Perhitungan

GR	6	7	8	9	10
Grup A	200		200		200
Grup B		150		150	

Jumlah jam tertinggi yang dibutuhkan hanya 149,5, yang masih kurang dari batas mingguan sebesar 150 jam. Tentu

saja, kami menginginkan beban yang lebih konsisten dari minggu ke minggu (tingkat *output* yang seragam), itulah sebabnya simulasi JIP dilakukan untuk memastikan bahwa kami benar-benar memperoleh hasil yang memenuhi kebutuhan kami. Tabel ini hanya mewakili satu kemungkinan varian JIP.



Gambar 2. 5. Distribusi Beban pada Mesin *Milling*

Tabel 2. 13 Perencanaan Kebutuhan Kapasitas *Milling*

	Periode								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
POR									
Grup A				100	100	100	100	100	100
Grup B				75	75	75	75	75	75
Grup A, Periode 4		17	15.2	33.8					
Grup B, Periode 4			32.4	51.1					
Grup A, Periode 5			17	15.2	33.8				
Grup B, Periode 5				32.4	51.1				
Grup A, Periode 6				17.0	15.2	33.8			
Grup B, Periode 6					32.4	51.1			
Grup A, Periode 7						15.2	33.8		
Grup B, Periode 7						32.4	51.1		
Grup A, Periode 8						17	15.2	33.8	
Grup B, Periode 8							32.4	51.1	
Total				149.5	149.5	149.5			

BAB 3

KESEIMBANGAN LINTASAN

3.1 Definisi Permasalahan & Ukuran Lintasan

Keseimbangan lini dan produksi massal berjalan beriringan. Pekerjaan perakitan yang berbeda diatur menggunakan sejumlah pusat kerja, yang akan kita sebut sebagai stasiun kerja. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu bagian pekerjaan bergantung pada kecepatan lini perakitan. Setiap stasiun kerja harus, sejauh memungkinkan, memiliki waktu siklus yang sama. Jika waktu siklus stasiun kerja kurang dari nilai idealnya, maka akan ada waktu menganggur. Tujuan utama penyeimbangan lini adalah untuk mengurangi waktu menganggur setiap stasiun kerja guna memaksimalkan produktivitas di setiap stasiun kerja.

Dibandingkan dengan proses manufaktur, operasi perakitan lebih mungkin mengalami masalah keseimbangan lini. Manufaktur subkomponen terkadang membutuhkan mesin yang besar dan memakan waktu. Sulit untuk menyeimbangkan durasi siklus mesin ketika beberapa operasi yang melibatkan berbagai peralatan dibutuhkan dalam proses seri, yang menyebabkan pemanfaatan kapasitas rendah. Pergerakan berkelanjutan lebih mungkin dilakukan dengan aktivitas perakitan yang dibentuk secara manual ketika beberapa prosedur dapat dibagi menjadi tugas-tugas yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola. Semakin fleksibel Anda dalam menggabungkan berbagai tugas, semakin banyak keseimbangan yang dapat Anda capai. Ini akan menghasilkan aliran yang lancar dengan

pemanfaatan tenaga kerja dan perakitan yang tinggi. Biasanya, proses produksi dijalankan sebagai sistem batch atau aliran terputus-putus. Konfigurasi aliran berkelanjutan dengan aktivitas otomatis yang dibutuhkan memungkinkan seluruh lini produksi beroperasi sebagai satu mesin besar ketika besaran produksi sangat tinggi dan spesifikasi produk ditetapkan.

- **Data Masukan**

Data masukan yang harus dimiliki dalam merencanakan keseimbangan lintas perakitan adalah:

1. **Suatu jaringan kerja/ *Precedence Diagram* (PD)**

(yang menunjukkan urutan perakitan sebagai urutan simpul dan anak panah). Pada sebuah simpul, merupakan simbol perakitan mulai dan akhir. Gambar di bawah ini menunjukkan contoh jaringan. Anak panah menunjukkan bagaimana operasi berlanjut ke simpul lain, sementara setiap simpul menunjukkan operasi yang telah diselesaikan.

2. **Data Waktu Baku Pekerjaan Tiap Operasi (ti)**

Informasi ini berasal dari perhitungan waktu biasa untuk pekerjaan yang melibatkan operasi perakitan.

3. **Waktu Siklus yang Diinginkan (tc)**

Kecepatan produksi jalur perakitan atau waktu operasi terpanjang, dengan asumsi waktu siklus target kurang dari itu, digunakan untuk menghitung waktu siklus yang diinginkan. Misalnya, setiap unit produk harus selesai dalam 8/6 jam, atau 80 menit, jika proyeksi permintaan adalah 1500 unit per tahun dan ada 250 hari kerja dengan 8 jam kerja per hari. Waktu siklus yang diinginkan adalah hasil ini. Sementara itu, kita

tidak dapat menetapkan waktu siklus menjadi 80 menit jika ada proses perakitan yang memakan waktu lebih lama dari itu, katakanlah 100 menit. Karena ini adalah operasi terbesar, waktu siklus ditetapkan pada 100 menit. Lini perakitan tidak akan mampu memenuhi permintaan pesanan jika waktu siklus aktual ditetapkan lebih tinggi dari waktu siklus target, sehingga memerlukan lembur.

4. **Kendala-Kendala dalam Pembebanan Operasi-Operasi ke dalam Stasiun Kerja (SK)**

Terdapat kendala dalam precedence diagram (PD) yang harus diikuti dikarenakan PD itu adalah urutan produksi. Kendala tersebut adalah ($t_i \leq t_c \leq t_i \text{ max}$). Kendala teknologi misalnya muncul suara bising, bau, debu pada beberapa operasi atau stasiun kerja sehingga harus dipisah dengan operasi atau stasiun kerja lain.

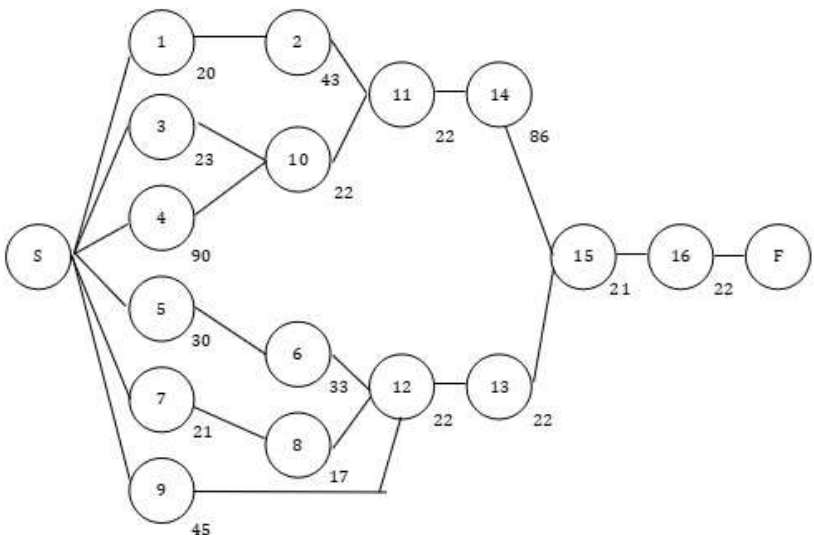
3.2 **Metode RPW**

Pendekatan heuristik pertama yang diciptakan adalah metode Ranking Position Weight (RBP) atau RPW (Rank Positional Weight). W. B. Helgeson dan D. P. Birnie menciptakan teknik ini. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menyelesaikan menggunakan metode bobot posisi ini:

1. Tentukan waktu siklus, jumlah minimal stasiun kerja dan gambar diagram prioritas.
2. Dengan menggunakan jaringan perakitan sebagai panduan, buat matriks prioritas.

3. Tentukan bobot posisi setiap operasi (Bpi) yang ditentukan dengan menjumlahkan durasi operasi dan operasi berikutnya.
4. Atur operasi menurut bobot posisi terkecil (Bpi) dan bobot posisi operasi terbesar (Bpi).
5. Dengan total waktu operasi yang lebih pendek dari waktu siklus muat operasi ke stasiun kerja dalam urutan bobot posis terkecil hingga bobot posisi terbesar.
6. Hitung Efisiensi Lintasan (EL) atau efisiensi rata-rata dan *Balance Delay* (BD). Bila EL masih jauh dari 100% maka gunakan prosedur *trial and error* untuk pengaturan operasi-operasi antar stasiun kerja tanpa melanggar *precedence diagram*. Bila EL sudah mendekati 100% maka gambar urutan aliran bahan antar stasiun kerja.

Penerapan metode bobot posisi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Jaringan Kerja Suatu Perakitan

Diketahui pula bahwa jumlah keseluruhan produk yang dibutuhkan dalam setahun adalah 1500 unit, dan terdapat 270 hari kerja dalam setahun (8 jam kerja per hari). Bagaimana operasi-operasi ini dapat dimuat secara efektif ke dalam stasiun kerja?

Tabel 3. 1 Waktu Operasi Lintasan Perakitan Pada Contoh (Dalam Menit)

Operasi	Waktu
1	20
2	43
3	23
4	90
5	30
6	33
7	21
8	17
9	45
10	22
11	22
12	22
13	22
14	86
15	21
16	63
TOTAL	600

Tentukan waktu siklus yang diinginkan dengan menggunakan Metode Bobot Posisi. Waktu siklus yang diinginkan adalah sebagai berikut jika 1500 unit produk akan diproduksi dalam setahun:

$$\frac{270 \text{ hari} \times 8 \text{ jam} \times 60 \text{ menit}}{1.500 \text{ produk}} = 86,4 \text{ menit}$$

Akan tetapi, waktu siklus aktual tidak dapat disesuaikan menjadi 86,4 menit karena waktu pengoperasian maksimum adalah 90 menit. Akibatnya, waktu siklus aktual akan menjadi 90 menit.

Buat matriks prekursor, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2. Angka 1 menandakan operasi yang harus mengikuti operasi sebelumnya, sedangkan angka 0 mewakili operasi tanpa hubungan preseden (pendahulu). Jika operasi pendahulu berada di baris dan operasi berikutnya berada di kolom, setengah dari matriks di bawah diagonal akan menjadi nol. Misalnya, operasi 10 harus terjadi setelah operasi 3 dan 4. Atau, operasi 3 dan 4 harus terjadi sebelum operasi 10.

Menghitung bobot posisi. Bobot posisi didefinisikan sebagai total waktu yang dihabiskan untuk operasi dan semua operasi berikutnya. Misalnya, bobot posisi operasi 1 adalah $20 + 43 + 22 + 86 + 21 + 63 = 255$. Bobot posisi untuk operasi 5 adalah total waktu yang dihabiskan untuk operasi 5 dan operasi berikutnya (operasi 6, 12, 13, 14, 15, dan 16), yaitu $30 + 33 + 22 + 22 + 86 + 21 + 63 = 277$. Hasil perhitungan bobot posisi untuk setiap posisi ditunjukkan pada Tabel (3.3). Proses pengurutan dari bobot posisi besar ke kecil (3.4).

Tabel 3. 2 Contoh Matrik Pendahulu & Pengikut

Operasi Pendahulu	Operasi Pengikut															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
5	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	1	1	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	1	1	0	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	1	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Tabel 3. 3 Hasil Perhitungan Bobot Posisi Untuk Setiap Operasi

Operasi	Bobot Operasi	Operasi Pendahulu
1	255	-
2	235	1
3	237	-
4	304	-
5	277	-
6	247	5
7	186	-
8	165	7
9	173	-
10	214	3, 4
11	192	2, 10
12	128	6, 8, 9
13	106	12
14	170	12
15	84	13, 14
16	63	15

Tabel 3. 4 Hasil Pengurutan BP Mulai dari Besar ke Kecil

Operasi	Bobot Operasi	Operasi Pendahulu
1	304	-
2	277	-
3	255	-
4	247	5
5	237	-
6	235	1
7	214	3, 4
8	192	2, 10
9	186	-
10	173	-
11	170	12
12	165	7
13	128	6, 8, 9
14	106	12
15	84	13, 14
16	63	15

Dengan membagi seluruh waktu kerja dengan waktu siklus, seseorang dapat memperkirakan berapa banyak stasiun kerja yang harus disiapkan. Hasilnya adalah:

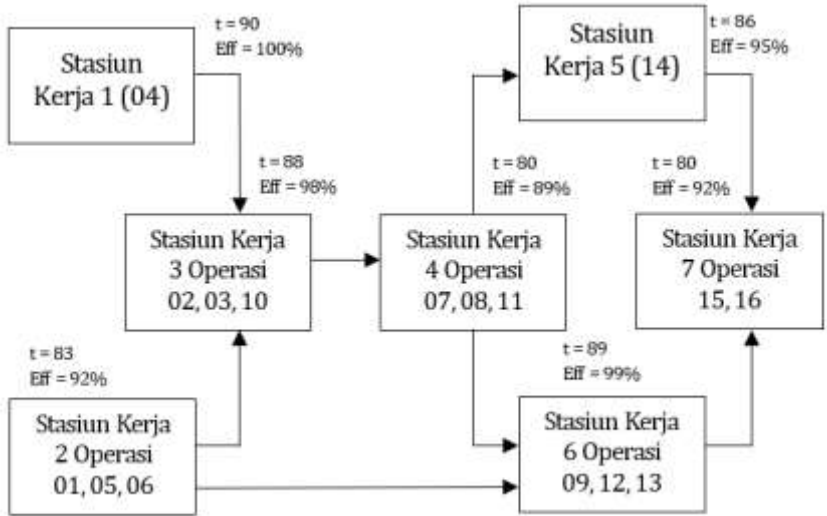
$$\begin{aligned}
 \text{Perkiraan Jumlah Stasiun} &= \frac{\text{Total Waktu Pekerjaan}}{\text{Waktu Siklus yang Diinginkan}} & (3.1) \\
 &= \frac{600}{86} \\
 &= 6,9 \text{ Stasiun}
 \end{aligned}$$

Atau, akan ada sekitar tujuh stasiun kerja (dibulatkan ke atas). Karena operasi 4 memiliki bobot posisi terbesar, maka beban tersebut dibebankan ke stasiun pertama pada awalnya. Karena besar waktu siklus stasiun 4 mencapai 90 menit (sebesar waktu siklus), beban kerja di stasiun kerja pertama dihentikan. Hal ini karena memuat lebih banyak pekerjaan akan menyebabkan stasiun kerja memiliki waktu lebih dari 90 menit. Untuk menentukan beban kerja di tujuh stasiun kerja, proses tersebut diulang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Pertukaran tugas di setiap stasiun kerja merupakan langkah terakhir dalam pendekatan coba-coba untuk meningkatkan produktivitas stasiun kerja. Proses ini dihentikan jika tidak ditemukan tugas tambahan yang akan menghasilkan tingkat efisiensi yang lebih tinggi. Tabel 3.6 dan gambar 3.2 menunjukkan hasil perbaikan berbasis coba-coba. Tidak ada pemuatan operasi perakitan tambahan ke tujuh stasiun kerja yang akan menghasilkan tingkat efisiensi rata-rata yang lebih tinggi daripada efisiensi stasiun kerja rata-rata 95,3%. Karena ketidakmampuan metode pembobotan posisi untuk memperhitungkan efisiensi aliran, penugasan mungkin memiliki tingkat efisiensi tertinggi tetapi mencakup banyak aliran bolak-balik, yang akan meningkatkan biaya pergerakan atau transportasi material.

Tabel 3. 5 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja Sebelum *Trial & Error*

Stasiun Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Stasiun Kerja	Efisiensi Stasiun Kerja
1	4	90	$90/90=100\%$
2	5, 1, 6	$30 + 20 + 33 = 83$	$83/90 = 92\%$
3	3, 2, 10	$23 + 43 + 22 = 88$	$88/90 = 98\%$
4	11, 7, 8	$22 + 21 + 37 = 80$	$80/90 = 89\%$
5	14	86	$86/90 = 96\%$
6	9, 12, 13	$45 + 22 + 22 = 89$	$89/90 = 99\%$
7	15, 16	$21 + 63 = 84$	$84/90 = 93\%$
Efisiensi Lintasan (EL)			95,2%



Gambar 3.2 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja Sebelum *Trial & Error*

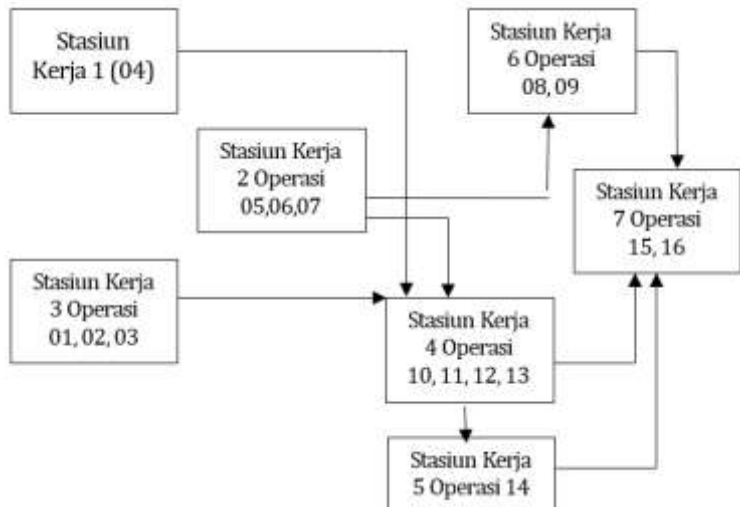
$$\text{Efisiensi keseluruhan (Ef)} = \frac{100+92+98+89+96+99+93}{7} \% = 95,2\%$$

Atau:

$$Ef = \frac{\sum ti}{N.tc} \times 100\% \quad (3.2)$$

Tabel 3. 6 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja yang Diperbaiki

Stasiun Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi Stasiun Kerja	Efisiensi Stasiun Kerja
1	4	90	90/90=100%
2	5, 6, 7	84	84/90=93%
3	1, 2, 3	86	86/90=96%
4	10, 11, 12, 13	88	88/90=98%
5	14	86	86/90=98%
6	8, 9	82	82/90=91%
7	15, 16	21+63=84	84/90=93%
Efisiensi Rata-Rata Lintas Keseluruhan			95,3%



Gambar 3. 3 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja yang Diperbaiki

$$\text{Efisiensi keseluruhan (Ef)} = \frac{100+93+96+96+91+93}{7} \% = 95,3\%$$

3.3 Metode LCR (Pembebanan Berurut)

Teknik Pembebanan Berurutan (*Least Candidate Rules* = LCR) merupakan upaya untuk mengatasi kekurangan teknik bobot posisi yang telah diidentifikasi sebelumnya. Urutan prioritas pembebanan pekerjaan bervariasi tergantung pada mekanisme yang digunakan untuk menetapkan pekerjaan ke stasiun kerja.

Langkah-langkah metode LCR adalah sebagai berikut:

1. Tentukan waktu siklus, jumlah stasiun kerja minimum, dan gambar diagram prioritas.
2. Dengan menggunakan jaringan perakitan sebagai panduan, membuat matriks operasi pendahulu (P) dan operasi pengikut (F) untuk setiap operasi.
3. Periksa baris-baris dalam matriks aktivitas sebelumnya P yang semuanya terdiri dari nol. Jika lebih dari satu baris memiliki semua elemennya sama dengan nol, tetapkan elemen kerja terbesar yang dapat ditemukan.
4. Catat nomor elemen yang cocok dengan elemen yang diterapkan dalam baris matriks aktivitas pengikut F. Selanjutnya, lihat lagi baris dalam matriks P yang ditampilkan dan gantikan nol untuk nomor identifikasi elemen yang telah dialokasikan ke stasiun kerja.
5. Tetap alokasikan komponen tugas ke setiap stasiun kerja, pastikan bahwa waktu operasi keseluruhan tetap dalam waktu siklus. Prosedur ini diulang hingga setiap baris dalam matriks P memiliki nilai nol.
6. Tentukan Efisiensi Lini gunakan proses coba-coba untuk menentukan pembebanan untuk menaikkan EL jika masih jauh dari 100%.

Tabel 3. 7 Data Waktu Operasi, Matrik Pendahulu, dan Matrik Operasi Pengikut Untuk Tiap Operasi Dalam Jaringan Kerja

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
3	23	0	0	0	10	0
4	90	0	0	0	10	0
5	30	0	0	0	6	0
6	33	5	0	0	12	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	22	2	10	0	14	0
12	22	6	8	9	13	0
13	22	12	0	0	15	0
14	86	6	11	0	15	0
15	21	13	14	0	16	0
16	63	15	0	0	0	0

Penugasan operasi awal diselesaikan di stasiun kerja pertama untuk operasi 4, yang memiliki waktu operasi terpanjang dan semua komponen matriks operasi sebelumnya nol. Operasi 4 telah dialokasikan ke stasiun kerja pertama, seperti yang ditunjukkan oleh angka 4 yang dicoret pada baris matriks operasi anteseden 10 (sepuluh). Operasi 9 adalah yang berikutnya dengan durasi operasi terpanjang dan semua elemen matriks sebelumnya nol. Operasi 9 adalah operasi pertama yang dialokasikan ke stasiun kerja kedua. Pada baris 12 matriks operasi sebelumnya, coret angka 9. Selanjutnya, sejumlah operasi memiliki matriks operasi pendahulu yang setiap

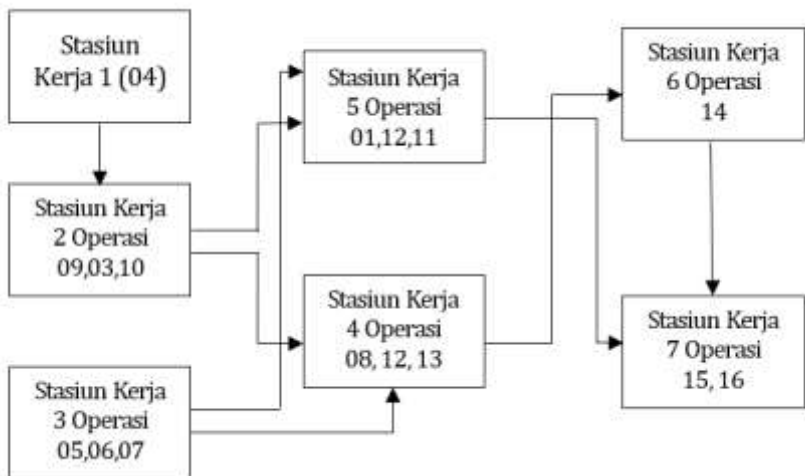
elemennya bernilai nol. Secara khusus, prosedur 1, 3, 5, dan 7. Jadi, hingga setiap baris dalam matriks operasi sebelumnya berisi nol elemen, proses ini diulang.

Tabel 3. 8 Prosedur Metode Pembebanan Berurut

Operasi	Waktu Operasi	Matriks Operasi Pendahulu P*						Matrik Operasi Pengikut F*	
1	20	0		0		0		2	0
2	43	1	0	0		0		11	0
3	23	0		0		0		10	0
4	90	0		0		0		10	0
5	30	0		0		0		6	0
6	33	5	0	0		0		12	14
7	21	0		0		0		8	0
8	37	7	0	0		0		12	0
9	45	0		0		0		12	0
10	22	0	0	0	0	0		11	0
11	22	2	0	10	0	0		14	0
12	22	6	0	8	0	9	0	13	0
13	22	12	0	0		0		15	0
14	86	6	0	11	0	0		15	0
15	21	13	0	14	0	0		16	0
16	63	15		0		0		0	0

Tabel 3. 9 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi Stasiun Kerja	Efisiensi Stasiun Kerja
1	4	90	$90/90=100\%$
2	9, 3, 10	$45+23+22=90$	$90/90=100\%$
3	5, 6, 7	$30+33+21=84$	$84/90=93\%$
4	8, 12, 13	$37+22+22=81$	$81/90=90\%$
5	1, 2, 11	$20+43+22=85$	$85/90=94\%$
6	14	86	$89/90=95\%$
7	15, 16	$21+63=84$	$84/90=93\%$
Efisiensi Rata-Rata Lintas Keseluruhan			95%



Gambar 3. 10 Pembebanan Pekerjaan Perakitan Pada Stasiun Kerja

3.4 Metode *Region Approach* (Pendekatan Wilayah)

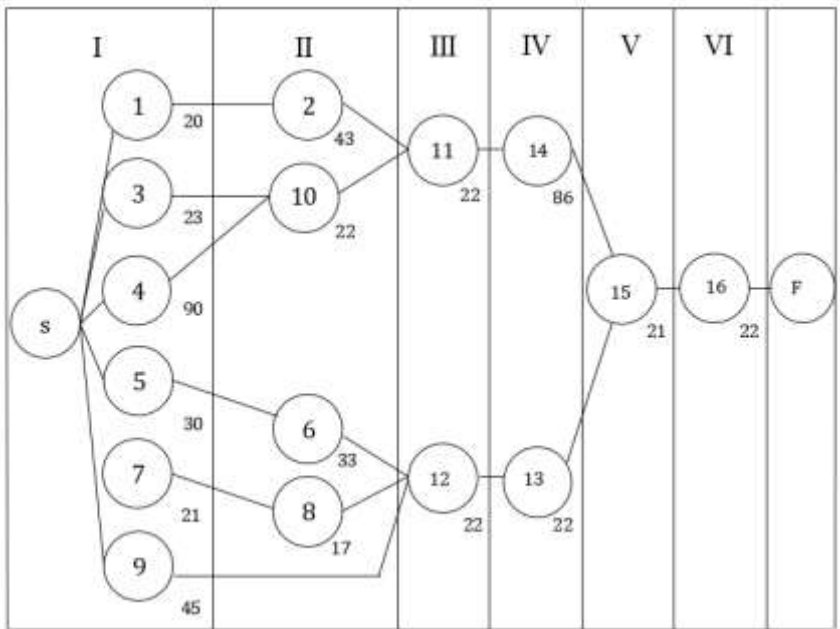
Bedworth menciptakan teknik ini untuk mengatasi kelemahan pendekatan bobot posisi. Menurut Bedworth, kelemahan metode bobot posisi adalah memprioritaskan aktivitas dengan waktu operasi terpanjang daripada aktivitas dengan waktu operasi terpendek, meskipun banyak operasi lain yang mengikutinya.

Langkah-langkah metode pendekatan wilayah (*region approach*) adalah:

1. Tentukan waktu siklus dan jumlah minimum stasiun kerja, lalu buat diagram prioritas.
2. Bagi jaringan kerja ke dalam wilayah-wilayah dari kiri ke kanan. Wilayah paling kiri diisi operasi2 yang tidak berpendahulu. Wilayah II diisi operasi2 yg langsung mengikuti operasi2 di Wilayah I, dst. sampai semua operasi masuk ke wilayah (Stasiun Kerja).

Urutkan pekerjaan di setiap wilayah menurut waktu operasinya, mulai dari yang terlama. Tetapkan tugas atau proses dalam urutan berikt dengan memperhatikan batas wilayah: Mulailah dengan area di sebelah kiri. Tetapkan pekerjaan dengan waktu operasi terlama terlebih dahulu di suatu area. Nilai apakah penggunaan waktu sudah tepat pada akhir penugasan stasiun kerja. Jika tidak, lihat setiap pekerjaan yang memiliki hubungan dengan operasi yang ditugaskan. Tentukan apakah pengalihan pekerjaan ini akan menghasilkan penggunaan waktu stasiun kerja yang lebih baik. Jika ya, lakukan penyesuaian. Konsistensi penugasan pekerjaan berikutnya meningkat.

Kami menggunakan metode area pada contoh sebelumnya untuk mengilustrasikan proses yang disebutkan di atas.



Gambar 3. 4 Pembagian Jaringan Kerja Pada Contoh Soal Dalam Wilayah-Wilayah

Tabel 3. 10 Prioritas Pembebanan Di Tiap Wilayah

Wilayah	Prioritas Operasi
I	4, 5, 3, 7, 1
II	9, 2, 8, 6, 10
III	11, 12
IV	14, 13
V	15
VI	16

Tabel di bawah ini mengilustrasikan cara memuat tugas ke dalam stasiun kerja. Seperti yang terlihat pada tabel di atas, urutan pemuatan didasarkan pada prioritas. Selalu diperhatikan pada akhir setiap pemuatan di stasiun kerja apakah opsi untuk menukar operasi yang dimuat dengan salah satu aktivitas berikutnya akan menyebabkan peningkatan waktu stasiun kerja.

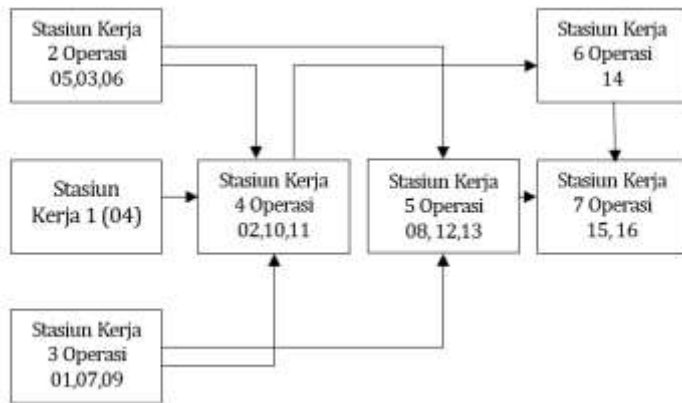
Tabel 3. 11 Pembebanan Operasi Pada Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi Stasiun Kerja	Efisiensi Stasiun Kerja
1	4	90	$90/90=100\%$
2	5,3, (7 → 6), 6	$30+23+33=86 \dots (1)$	$86/90=96\%$
3	7,1,9	$21+20+45=86$	$86/90=96\%$
4	2, (8 → 10), 10, 11	$43+22+22=87 \dots (2)$	$87/90=97\%$
5	8,12,13	$37+22+22=81$	$81/90=90\%$
6	14	86	$86/90=95\%$
7	15,16	$21+63=84$	$84/90=93\%$
Efisiensi Rata-Rata Lintasan Keseluruhan			95,4%

Keterangan:

Waktu di stasiun ditingkatkan dari 74 menit menjadi menit dengan menukar operasi 7 dengan operasi 6.

Waktu stasiun akan meningkat dari 80 menjadi 87 menit karena operasi 8 diperlukan bersama dengan 10 dan 11.



Gambar 3. 5 Hasil Pembebanan Operasi Pada Stasiun Kerja

Pengaruh Waktu Terhadap Penyusunan Stasiun Kerja

Terdapat sedikit perbedaan dalam tingkat efisiensi yang dihasilkan oleh ketiga pendekatan tersebut. Waktu siklus merupakan salah satu elemen yang secara signifikan memengaruhi bagaimana stasiun kerja diatur. Permintaan, tingkat kapasitas, dan waktu pengoperasian terlama digunakan untuk menghitung waktu siklus. Perubahan dalam waktu siklus jelas akan berdampak pada bagaimana operasi dialokasikan ke stasiun kerja.

Jika tidak dibatasi oleh waktu pengoperasian terpanjang, waktu siklus akan menentukan jumlah stasiun kerja. Misalnya, waktu siklus dapat ditetapkan antara 10 dan 80 menit jika durasi operasi maksimum adalah 10 menit dan waktu siklus yang dibutuhkan adalah 80 menit. Kecepatan jalur perakitan akan meningkat seiring dengan berkurangnya waktu siklus untuk meningkatkan jumlah produk per satuan waktu dan jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan. Di sisi lain, waktu siklus yang lebih lama menghasilkan kecepatan jalur perakitan yang lebih rendah

dan lebih sedikit stasiun kerja yang dibutuhkan.

Menurut beberapa ahli, permintaan harus menjadi dasar untuk menetapkan waktu siklus yang optimal. Kapasitas menganggur akan terjadi akibat penetapan waktu siklus yang lebih pendek dari waktu siklus berdasarkan permintaan, yang akan mengganggu produktivitas pabrik secara keseluruhan.

Biegel juga menekankan bahwa satu atau lebih operasi sering kali memerlukan stasiun kerja paralel. Misalnya, misalkan waktu siklus adalah 90 menit dan operasi 14 dalam contoh soal 1 memerlukan waktu 258 menit. Untuk operasi 14, tiga stasiun kerja paralel dapat digunakan untuk mencapai kriteria yang disebutkan di atas.

Bagaimana Penyeimbangan Lintasan Mempengaruhi Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi dilakukan dengan asumsi efisiensi penuh. Jelas akan sulit untuk menyiapkan stasiun kerja dengan cara yang menghasilkan tingkat efisiensi rata-rata 100%. Dalam hal ini, perencanaan produksi akan dipengaruhi oleh tingkat efisiensi lini produksi yang dihasilkan oleh penyeimbangan silang. Jelas bahwa salah satu dari dua faktor perencanaan produksi perlu diubah jika contoh yang disebutkan di atas menghasilkan tingkat efisiensi 95%. Secara khusus, membagi jumlah yang diminta dengan 95% akan menghasilkan peningkatan permintaan, sedangkan mengalikannya dengan 95% akan menghasilkan penurunan kapasitas. Tentu saja, hal ini akan memengaruhi total biaya produksi yang harus dibayarkan perusahaan. Oleh karena itu, keseimbangan lini diperlukan untuk umpan balik dan koreksi.

BAB 4

PENJADWALAN n JOB m MESIN

4.1 Definisi, Permasalahan dan Ukuran Penjadwalan n Job m Mesin

Membantu merencanakan urutan tugas atau pekerjaan untuk mencapai penghematan biaya, efisiensi waktu dan fasilitas, serta tujuan lainnya. Pembatasan berikut menyebabkan beberapa masalah penjadwalan:

- a) Waktu
- b) Tenaga kerja
- c) Jumlah mesin
- d) Sifat dan syarat pekerjaan

Permasalahan penjadwalan muncul pada produksi yang bersifat *job order*. Dilihat dari timbulnya proses produksi, produksi dibedakan menjadi:

1. *Mass Product* (bagaimana keseimbangan lintasan produk).
2. *Job Order* (bagaimana alokasi *Job* (n) pada Mesin (m)).

Permasalahan penjadwalan dapat dilihat dari beberapa aspek yaitu:

- a) Jumlah Mesin
 - Mesin tunggal
 - 2 mesin
 - M mesin
- b) Aliran Proses
 - *Job Shop* > Umumnya untuk *general purpose machine*

- *Flow Shop* > Umumnya untuk *special purpose machine*

- c) Pola Kedatangan
- Statis
 - Dinamis
- d) Elemen Penjadwalan
- Deterministik
 - Stokastik

Ada sekumpulan (n) *job* yang harus dilakukan pada 1 mesin:

- **n job 1 mesin**

Contoh:



Jadi, masalah yang mungkin terjadi dalam kasus ini adalah:

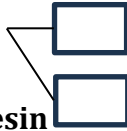
1. Tingkat layanan: bagaimana kita membantu pelanggan dan membantu mereka merasa puas.
2. Utilitas mesin: bagaimana mengatur operasi mesin dengan sebaik-baiknya sehingga dapat digunakan seefektif mungkin.

- **n job 2 mesin**

Mesin dapat dipasang secara:



PARALEL



- **n job m mesin**

Mesin dapat dilakukan pemasangan dengan cara:

- Seri
- Paralel
- Campuran

Campuran menyebabkan perbedaan aliran proses

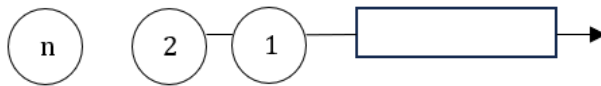
- Flow Shop*. Mengalir dalam arah yang sama dan dengan cara yang sama. Urutannya harus kecil hingga besar.
- Job Shop*
 - *Pure Job Shop*. Tinggi dapat menyebabkan aliran atau sebaliknya. Setiap mesin hanya mengalir satu kali, tetapi dapat mengalir ke mana saja.
 - *General Job Shop*. Pola alirannya ambigu; dalam hal ini, prosesnya dibalik untuk memungkinkan satu mesin melewati benda kerja beberapa kali. Misalnya, merakit komponen radio.

Karena satu mesin dapat diisi oleh beberapa benda kerja (n tugas m mesin), bengkel kerja umum memiliki penjadwalan mesin yang paling menantang. Bergantung pada produk yang diinginkan, mesin yang sama mungkin memiliki pekerjaan yang berbeda. Dengan demikian, pekerjaan yang sama mungkin memiliki jam kerja yang berbeda-beda.

- **n job 1 mesin**

Ada 2 jenis yaitu sebagai berikut:

1. *Job* yang memiliki karakter *independent*. Antara pekerjaan yang satu dengan yang lain tidak ada keterkaitan.
2. *Job* yang memiliki karakter *dependent*. Antara pekerjaan yang satu dengan yang lain ada keterkaitan (ada ketergantungan).



Beberapa parameter dalam penjadwalan job

1. **Processing Time (ti).** Ini merupakan total waktu yang digunakan untuk dapat menyelesaikan satu tugas, termasuk penyiapan dan persiapan.

Contoh:

Proses mengcopy 1 lembar $\frac{1}{2}$

Prosesnya dari mulai membuka tutup sampai kertas hasil *copy* diambil.

2. **Due Date (di).** Ini adalah jumlah waktu yang dialokasikan untuk menyelesaikan sistem kerja (jumlah maksimum pekerjaan yang dapat diselesaikan). Bukan selama pembuatan tetapi pada hari yang ditentukan.

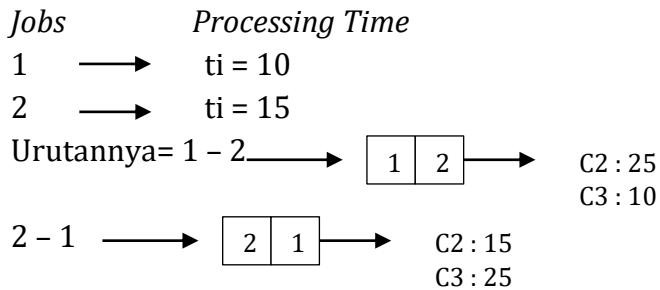
Contoh:

Mengafdruck foto (dijanjikan jam 12 selesai). Sehingga jam 12 merupakan batas penyelesaian paling akhir.

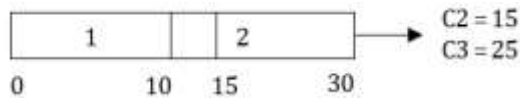
3. **Completion Time (Ci).** Ini adalah jumlah waktu antara dimulainya pekerjaan ($t=0$) dan penyelesaiannya. Waktu total untuk menyelesaikan sebuah *job* (termasuk bila ada *delay*, dll selama proses produksi). *Ci* adalah waktu untuk menyelesaikan *job* ke-*i* setelah

diurutkan *jobnya*. C_i = akumulasi waktu proses (t_i) sampai dengan operasi ke- i .

Contoh:



Jadi C_i sangat tergantung dari jadwal (*schedule*) yang dianut. Bila terjadi kerusakan pada salah satu mesin maka C_i akan berubah.



4. **Flow Time (F_i)**. Ini adalah rentang waktu antara saat sesuatu siap dan saat sesuatu selesai, tidak termasuk hal-hal seperti penundaan, keterlambatan, kerusakan dan sebagainya.

Contoh:

$F_1 : 10$; $F_2 : 25$

5. **Lateness**. Ini adalah nilai negatif dari perbedaan antara tanggal jatuh tempo dan waktu penyelesaian.

(L_i) (+) atau (-) maka ($C_i - D_i$) yang negatif.

Contoh:

$C_i : 10$ $D_i : 15$

$C_2 : 25$ $D_2 : 30$

Jadi $L_i : 10 - 15 : (-5)$ merupakan waktu penyelesaian lebih awal dari yang dijanjikan (lebih cepat selesai).

$C_i : 15 \quad D_i : 15$

$C_2 : 25 \quad D_2 : 30$

Jadi $L_2 = 25 - 15 = (+10)$ merupakan waktu penyelesaian lebih dari yang dijanjikan (jadi lambat sekali).

6. **Tardeness.** Ia mengusung gagasan terlambat karena ada perbedaan positif antara waktu penyelesaian dan tanggal jatuh tempo.

Date masalah *job shop* yang dipertimbangkan.

- a. *Due date*

- b. Harga. Dibuat persaingan sehingga terjadi tawar menawar dalam penyelesaian pekerjaan (di-ti).

7. **Makes Span (Ms).** Merupakan waktu untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan. Ms pada mesin jamak hanya bisa dicari dengan menggunakan Peta Gant Chart.

Ukuran Penjadwalan

$$\text{Mean Flow Time : } \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i \quad (4.1)$$

$$\text{Mean Loteness : } \bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \quad (4.2)$$

$$\text{Mean Tardiness : } \bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (4.3)$$

$$\text{Number of Tardy Jobs : } \sum \delta_i, \delta_i = 1 \rightarrow T_i > 0 \quad (4.4)$$

$$\sum \delta_i, \delta_i = 0 \rightarrow T_i \leq 0$$

Metrik ini digunakan dalam konteks dan skenario tertentu karena tidak ada satu pun ukuran yang dapat diterapkan dalam semua situasi. Komponen terpenting dari penjadwalan adalah bagaimana kita memilih kriteria tertentu untuk situasi tertentu.

Mass production :

- Tidak ada layanan yang disediakan
- Pasar menentukan harga

Contoh:

Jika mesin fotokopi digunakan untuk setiap tugas. Setiap orang membawa jumlah pekerjaan yang sama (sepuluh lembar untuk difotokopi). Dengan demikian, distribusi tugas sistem mesin penjadwalan FCFS.

Oleh karena itu, tidak mungkin untuk menetapkan jadwal sebelum mengamati polanya. Bagaimana Anda memutuskan persyaratan ukuran tertentu untuk pekerjaan tersebut?

- Ada kemungkinan kriteria sistem akan berubah
- Apakah semua pekerjaan dapat diterima.

4.2 Metode Penjadwalan

4.2.1 Metode SPT

Metode *Shorttest Processing Time* (SPT) ini *job-job* diurutkan dari ti kecil ke ti besar. Adapun langkah-langkah metode ini yaitu sebagai berikut :

1. Urutkan *job*/pekerjaan mulai ti terkecil ke ti terbesar.
2. Jadwalkan *job* sesuai urutan.
3. Kumulatifkan job yang sudah diurutkan menjadi Ci
4. Kurangkan Ci dengan di untuk mendapatkan Li

Contoh :

Pekerjaan/Job :

						Urutan Job Dengan SPT					
Job	A	B	C	D	E	i	B	D	C	A	E
ti	11	3	7	5	13	ti	3	5	7	11	13
di	15	10	15	20	25	di	10	20	15	15	25
Jadi urutan	ti3	5	7	11	13	Ci	3	8	15	26	39
Job	B	D	C	A	E	Li	-7	-12	0	+11	+14

$$\bar{F} = \frac{3+8+15+26+39}{5} = \frac{91}{5} = 18,2$$

Maka bisa diminimalkan $\bar{F}$ (*Flow Time* rata-rata) sehingga waktu tunggu yang tidak terlalu lama antara yang satu dengan yang lain.

Melakukan Minimasi $\bar{F}$

Misalkan terdapat 2 pekerjaan : 1 dan 2

Maka

A	B
1 2	2 1

$$\overline{FA} = \frac{1}{2}(F1 + F2)$$

$$\overline{FA} = \frac{1}{2}(t1 + t1 + t2)$$

$$\overline{FB} = \frac{1}{2}(F2 + F1)$$

$$\overline{FB} = \frac{1}{2}(t2 + t2 + t1)$$

$$\overline{FA} - \overline{FB} = \frac{1}{2}(t1 - t2)$$

Maka : $\overline{FA} < \overline{FB}$ bila $t1 < t2$ (*Shortest Processing Time*) $\bar{L}$ (*Lateness* rata-rata paling minimal).

ti	3	5	7	11	13		
Ci	3	8	15	26	39	→	$\bar{L} = 1,2$
di	10	20	15	15	25	←	diurutkan
Li	-7	+12	0	11	14		

Minimasi $\bar{L}$

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum Li$$

$Li = Ci - di$ Jika setiap pekerjaan berisfat *independent* sehingga siap dikerjakan dari awal, maka $Ci =$

$$Li = Fi - di$$

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum (Fi - di)$$

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum Fi - \frac{1}{n} \sum di$$

$$L = F$$

$\bar{d}$ = Tetap bagaimanapun urutan pekerjaan sehingga SPT meminimasi $\bar{F}$ juga meminimasi $\bar{L}$.

Aturan SPT ini dapat berubah jika preferensi (bobot) tertentu terhadap pekerjaan tersebut.

Misal : Bobotnya adalah tingkat keuntungan berbeda maka perlakuan akan berbeda.

Pekerjaan	A	B	C	D	E
Keuntungan	7	5	10	8	-

Jadi pekerjaan diproit menurut bobot keuntungan.

Maka penjadwalannya akan berubah, diurutkan *job* berdasarkan Wi terbesar ke bobot terkecil sehingga :

Pekerjaan	E	C	D	A	B
Keuntungan	-	10	8	7	5

Mengurutkannya berdasarkan $\frac{t_i}{w_i}$ diurutkan dari kecil ke besar.

4.2.2 Metode EDD

Metode *Earliest Due Date* (EDD). Adapun langkah-langkah metode ini yaitu sebagai berikut :

1. Urutkan dimulai dari yang terkecil.
2. Jadwalkan sesuai urutan.

di	10	15	15	20	25
Pekerjaan	B	C	A	D	E
ti	3	7	11	5	13
Ci	3	10	21	26	39
Li	-7	-5	6	6	14

Max L = 14

$Li = Ci - di$ maka pekerjaannya *independent* $Ci = Fi$.

$Li = Fi - di$ maka agar Li dapat minimal, peningkatan Fi harus diimbangi dengan peningkatan di (ADD).

Hasilnya bisa jadi :

Tiga dari lima pekerjaan terlambat, mengubah waktu penyelesaian; Metode Hodgson hanya dapat digunakan untuk mempersingkat waktu keterlambatan dan mengurangi jumlah pekerjaan yang terlambat. Kondisi lainnya adalah bahwa meskipun keterlambatan dapat diterima, keterlambatan akan dihitung menggunakan rata-rata keterlambatan

4.2.3 Metode Hodgson

Dengan asumsi bahwa keterlambatan dan denda tidak berpengaruh, tujuan pendekatan ini adalah untuk mengurangi kuantitas pekerjaan yang terlambat.

Contoh :

1 ada 8 buah *job*.

Job	i	1	2	3	4	5	6	7	8
	ti	5	8	6	3	10	14	7	3
	di	15	10	15	25	20	40	45	50

Jadwalkan pekerjaan ini menurut aturan EDD mulai dari di terkecil hingga di terbesar.

Langkah 1

Lakukan penjadwalan sesuai dengan aturan EDD. Jika tidak terjadi *tardiness* maka STOP.

Langkah 2

Lakukan analisis pekerjaan pertama kali TARDY, apabila tidak terdapat lagi langsung ke-4 jika ada ke-3.

Lakukan identifikasi pekerjaan yang pertama kali terlambat.

i	2	1	3	5	4	6	7	8
ti	8	5	6	10	3	14	7	3
di	10	15	15	20	25	40	45	50
Ci	8	13	19	29	32	46	53	56
Li	-2	-2	+4(k)	+9	+7	+6	+8	+6

Langkah 3

Asumsikan posisi k adalah tempat pekerjaan terlambat pertama terjadi. Pilih pekerjaan dengan ti tertinggi dari k pertama dan hilangkan dari rangkaian. Untuk setiap pekerjaan, hitung ulang solusinya menjadi 2.

Hilangkan ti terbesar dari urutan tersebut. Pekerjaan 2 dihilangkan dari rangkaian karena memiliki ti terbesar dari semua i (2,1,3), yaitu 2.

i	1	3	5	4	6	7	8
ti	5	6	10	3	14	7	3
di	15	15	20	25	40	45	50
Ci	5	11	21	24	38	46	48
Li	-10	-4	+1	-1	-2	0	-2

Hanya 1 pekerjaan yang TARDY. Untuk ti < STOP

Karena pekerjaan 2 dan pekerjaan 5 pasti akan terlambat, tidak ada pilihan lain selain menerima jadwal ini tanpa harus mengulanginya karena hanya pekerjaan ini yang terlambat.

ti	5	6	3	14	7	3	8	10
di	15	15	25	40	45	50	10	20
Ci	3	11	14	28	35	38	46	50
Li	-10	-4	+11	-12	-10	-12	36	36

i	1	3	5	4	6	7	8	2
ti	5	6	10	3	14	7	3	8
Di	15	15	20	25	40	45	50	10
Ci	5	11	21	24	38	45	48	56
Ti	-10	-4	+1	-1	-2	0	-2	+46

Artinya : Pekerjaan 5 akan terlambat satu satuan dan pekerjaan 2 akan terlambat 46 satuan waktu.

Langkah Praktis :

Beritahu klien tentang penundaan tersebut ; jika mereka masih menginginkan proyek tersebut, terima saja jika belum dibatalkan. Untuk menghindari penundaan, ambil subkontrak.

Konsumen
memesan
diperoleh
informasi

→

Jenis
Pekerjaan

→

*Processing
Time (t_i), di.*

i	B	C	A	D	E	i	B	C	A	D	E
ti	3	7	11	5	13	ti	3	7	11	5	13
Ci	3	10	21	26	39	Ci	3	10	21	26	39
di	10	15	15	20	25	di	10	15	15	20	25
Li	-7	-5	+6	+6	+14	Li	-7	-5	+6	+6	+14

Tardy A adalah A, A memiliki ti terbesar, maka A dikeluarkan. A, B, C =7, A=11.

Tardy I adalah E, E memiliki ti terbesar maka E dikeluarkan.

B	C	D	i	B	C	D	A	E
3	7	5	ti	3	7	5	11	13
3	10	15	Ci	3	10	15	26	39
10	15	20	di	10	15	20	15	25
-7	-5	-5	Li	-7	-5	-5	11	14

Tidak ada Tardy (semuanya) urutannya menjadi B – C – D – A -E.

4.2.4 Metode Wilkerson & Irwin

Di sinilah hal itu terlihat jika denda dan lamanya penundaan dipertimbangkan. Tujuannya adalah mengurangi **waktu penundaan rata-rata**.

Contoh :

Tabel 4.1 Data Perhitungan

Job	i	1	2	3	4	5	6	7	8
	ti	5	8	6	3	10	14	7	3
	di	15	10	15	25	20	40	45	50

Langkah-Langkah Algoritma Wilkerson & Irwin adalah :

Langkah 1

Urutkan pekerjaan dengan aturan EDD (2 1 3 5 4 6 7 8) bandingkan 2 job pertama (a dan b) dengan aturan :

$$\text{Apakah } \max.(ta, tb) \leq \max.(da, db)?$$

Jika jawabannya ya, masukkan pekerjaan a ke kolom α dan pekerjaan b ke kolom β . Dan jika jawabannya tidak, maka pekerjaan b ke kolom α dan pekerjaan a ke kolom β .

$$\max.(ta, t1) \leq \max.(d2, d1)$$

$$\max.(8,5) \leq \max.(10,15)$$

$$8 \leq 15$$

Sehingga 2 masuk kolom α dan 1 masuk kolom β .

Selanjutnya pindahkan urutan pekerjaan berikutnya ke kolom γ , dalam contoh yaitu pekerjaan 3 ke kolom γ .

Langkah 2

Bandingkan pekerjaan yang ada di kolom β dan kolom γ dengan aturan :

$$\text{Apakah } t\beta \leq t\gamma \text{ atau } F\alpha + \max(t\beta, t\gamma) \leq \max(d\beta, d\gamma)?$$

$5 \leq 6$ berarti ya.

Jika jawabannya Ya (salah satu atau keduanya Ya) maka pindahkan pekerjaan di kolom β ke kolom α , pekerjaan di kolom γ ke kolom β dan pekerjaan di urutan EDD di kolom γ .

Jika jawabannya Tidak (dua-duanya Tidak) maka lanjutkan ke step 3.

Langkah 3

Keluarkan dulu pekerjaan di kolom β dan ganti dengan pekerjaan dari kolom γ . Selanjutnya bandingkan pekerjaan di kolom α dengan pekerjaan di kolom β yang baru dengan aturan sebagai berikut :

$$t\alpha \leq t\beta \text{ atau } F\alpha - t\alpha + \max(t\alpha, t\beta) \leq \max(t\alpha, t\beta)?$$

Jika jawabannya Ya (salah 1 atau dua-duanya) maka pindahkan di dalam kolom β ke kolom α dan masukkan kembali pekerjaan di kolom β yang dikeluarkan ke kolom β . Tempatkan pekerjaan urutan berikutnya di EDD di kolom γ . Jika jawabannya Tidak (dua-duanya Tidak) maka lanjutkan ke step selanjutnya.

Langkah 4

Letakkan pekerjaan berikutnya di urutan EDD pada kolom γ dan bandingkan pekerjaan ini dengan pekerjaan di kolom β dengan aturan step 2.

Demikian seterusnya sampai semua pekerjaan di urutan EDD dilakukan perbandingan dengan 2, 3, atau 4. Pekerjaan yang tercantum dari atas ke bawah pada kolom α membentuk pesanan pekerjaan.

Dengan EDD diperoleh urutan pekerjaan : 2 1 3 5 4 6 7 8

Contoh :

Job	2	1	3	5	4	6	7	8
ti	8	5	6	10	3	14	7	3
di	10	15	15	20	25	40	45	50
C1	8	13	19	29	32	46	53	56
(F)								

Dengan aturan step 1 diperoleh :

$$\text{Max. (8,5)} \leq \text{Max. (10,15)}$$

Sehingga 2 masuk kolom α dan 1 masuk kolom β .

Tabel 4.2 Perhitungan Metode Wilkironson & Irwin

Step	Kolom			Step 2		Step 3	
	α	β	γ	$t\beta \leq t\gamma$	F $\alpha + \max(t\beta, t\gamma)$ $\leq \max.(d\beta, d\gamma)$	$t \propto$ $\leq t\beta$	F $\alpha - t\alpha$ $+ \max(t$ $\propto, t\beta)$
2	2	1	3	$5 \leq 6$	-	-	-
2	1	3	5	$6 \leq 10$	$(5 + 10) \leq 20$	-	-
2	1	5	4	$10 \leq 3$	$29 \leq 25$	-	-
3	3	4	6	-	-	$6 \leq 3$	$19 \leq 6$
2	3	4	6	$3 \leq 14$	4	6	
2	3	5	6	ya	-	-	-
2	4	6	7	tidak	tidak	-	-
3	5	7	-	-	-	tidak	ya
2	7	6	8	tidak	tidak	-	-
3	7	8	-	-	-	tidak	ya
	8						
	6						

Jadi urutan pekerjaannya sebagai berikut : 2-1-3-4-5-7-8-6

Job	2	1	3	4	5	7	8	6
ti	8	5	6	3	10	7	3	14
di	10	15	15	25	20	45	50	40
Ci	8	13	19	22	32	39	42	56
Li	-2	-2	+4	-3	+12	-16	-8	+16

$$\text{Rata-rata Tardiness} = 32 : 3 = 10,67$$

4.2.6 Metode CDS

Cara pada metode ini yaitu sebagai berikut :

1. Identifikasi $k=1$ dan hitung :

$$ti, 1 = \sum ti. k$$

(4.5)

$$ti, 2 *= \sum ti(m - k + 1)$$

(4.6)

2. Urutkan *job* dengan aturan Johnson
3. Hitung M_s
4. Check apakah $k \geq m$, Jika Ya maka ke langkah 6 namun jika tidak ke langkah 2.
5. Pilih M_s terkecil dari penjadwalan.
6. Stop.

Contoh :

Ada 6 *job* yang akan dikerjakan pada 3 mesin yang tersusun seri. Waktu operasi (jam) dari masing-masing *job* pada mesin-mesin sebagai berikut :

Tabel 4.6 Data Perhitungan

Job	1	2	3	4	5	6
t mesin I	4	6	2	3	8	5
t mesin II	3	8	3	4	6	6
t mesin III	5	2	5	8	5	7

Jadwalkan *job-job* tersebut dengan Metode CDS !

Ada 2 alternatif urutan *job* yang perlu dikerjakan dengan metode Johnson.

- a. Hitung Slope Indeks (S_j) Job ke j dengan persamaan :
- $$S_j = (m-1)_{tj,m} + (m-3)_{tj,m-1} + (m-5)_{tj,m-2} + \dots - (m-3)_{tj,2} - (m-1)_{tj,1}$$
- (4.7)
- $$S_j = \sum [m - (2j - 1)]_{tj,m}$$
- (4.8)

Bila jumlah **mesin 2** maka Persamaan S_j :

$$S_j = 2t_{i2}^2 - 2t_{i1}$$

$$\begin{aligned} S_j &= (2-1)_{tj,2} + (2-3)_{tj,1} + (2-5)_{tj,0} + \dots - (2-3)_{tj,2} - (2-1)_{tj,1} \\ &= t_{j,2} - t_{j,1} + t_{j,2} - t_{j,1} \\ &= 2t_{j2} - 2t_{j1} \end{aligned}$$

Bila jumlah **mesin 3** maka Persamaan S_j :

$$S_j = 2t_{i3} - 2t_{i1}$$

- b. Urutkan *job-job* dengan mengurutkan nilai S_j dari besar ke kecil.

Contoh Metode Palmer :

Tabel 4.11 Data Perhitungan

Job ke	1	2	3	4	5
t _{iI}	6	4	3	9	5
t _{iII}	8	1	9	5	6
t _{iIII}	2	1	5	8	6

Urutkan *job-job* tersebut dengan Metode Palmer !

Jawab :

Dengan jumlah 3 mesin, persamaan S_j setelah dicari ketemu :

$$S_j = 2t_{i3} - 2t_{i1}$$

Tabel 4.14 Maskespan dengan Gant Chart

[illegible]

4.2.8 Metode Gupta

Metode Gupta juga menggunakan parameter Slope Indeks (S_j), tapi persamaannya beda. Langkah-langkahnya adalah sbb :

- a. Hitung **Slope Indeks (Sj)** dengan persamaan :

$$S_j = e_j / \text{minimum } (t_{j,k} + t_{j,k+1})$$

$e_j = +1$ jika $t_{j1} < \dots$
 $e_j = -1$ jika $t_{j1} \geq \dots$

- b. Urutkan job-job dengan mengurutkan nilai Sj dari besar ke kecil

Contoh Metode Gupta :

Tabel 4.15 Data Perhitungan

Job ke	1	2	3	4	5
til	6	4	3	9	5
till	8	1	9	5	6
tilll	2	1	5	8	6

Urutkan *job-job* tersebut dengan Metode Gupta dan hitung berapa Ms nya !

Jawaban :

Sj masing-masing adalah :

$$S1 = -1/\text{min} [(6+8) ; (8+2)] = -1/10$$

$S2 = -1/2 = -1 / [(4+1) ;(1+1)] = -1/2$

$S3 = 1/12$

$S4 = -1/13$

$S5 = +1/11$

Jadi urutan jobnya ada adalah = 5 – 3 – 4 – 1 – 2

Tabel 4.16 Data Perhitungan

Job ke	1	2	3	4	5
tiI	6	4	3	9	5
tiII	8	1	9	5	6
tiIII	2	1	5	8	6
tiIV	3	4	1	2	6
tiV	4	2	3	4	2

Urutkan job-job dengan Metode Gupta dan hitung berapa Ms nya !

$S1 = -1/\min [(6+8) ;(8+2) ;(2+3) ;(3+4)] = -1/5$

$S2 = -1/\min [(4+1) ;(1+1) ;(1+4) ;(4+2)] = -1/2$

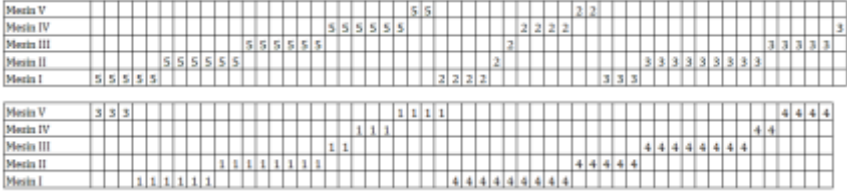
$S3 = -1/\min [(3+9) ;(9+5) ;(5+1) ;(1+3)] = -1/4$

$S4 = -1/\min [(9+5) ;(5+8) ;(8+2) ;(2+4)] = -1/6$

$S5 = -1/\min [(5+6) ;(6+6) ;(6+6) ;(6+2)] = 1/$

Urutan job = 5 – 2 – 3 – 1 – 4

Tabel 4.17 Maskespan dengan Gant Chart



BAB 5

METODE JIT & KANBAN

5.1 Just In Time

Dengan menghilangkan beberapa jenis pemborosan, metode produksi *Just In Time* bertujuan untuk menurunkan biaya produksi. Cacat produk, kelebihan persediaan, waktu tunggu, dan penundaan proses adalah beberapa contoh pemborosan dalam lingkungan produksi. Akan lebih mudah untuk menemukan inefisiensi operasional jika penumpukan stok di rantai pabrik berkurang. Untuk mencegah kelebihan stok, sangat penting bahwa persediaan diproduksi atau diterima tepat waktu untuk langkah berikutnya (Shivanad, 2006).

Konsep manajemen Jepang yang digunakan dalam bisnis adalah tempat dimulainya *Just In Time Manufacturing*. Tujuan utama strategi ini adalah mengirimkan barang dalam jumlah dan kualitas yang tepat pada waktu dan tempat yang tepat. Seiring dengan semakin kompetitifnya lingkungan perusahaan, semakin banyak perusahaan Amerika Utara yang mulai menggunakan strategi ini (Shivanad, 2006).

Posisi kompetitif dan profitabilitas perusahaan dapat ditingkatkan secara signifikan melalui kemampuannya mengelola inventaris secara efisien, yang sering kali mencapai lebih dari 80% dari seluruh biaya produk, untuk memenuhi permintaan konsumen atau mengubah spesifikasi produk. Menghilangkan pemborosan dalam

proses produksi merupakan tujuan utama metode Just In Time, sebuah filosofi manajemen yang menggabungkan penggunaan tenaga kerja, modal, dan peralatan sebaik mungkin (Shivanad, 2006).

Untuk *raw material*, barang dalam proses, atau *finished goods*, *Just In Time* mengacu pada serangkaian tindakan terkoordinasi yang dimaksudkan untuk menyelesaikan produksi skala besar dengan persediaan yang sedikit. Landasan strategi ini adalah gagasan bahwa tidak ada yang dibuat sampai benar-benar dibutuhkan saat itu juga (Shivanad, 2006).

Salah satu konsep yang paling terkenal dan sering diterapkan dalam banyak bisnis adalah konsep *Just In Time*, yang merupakan komponen dari sistem *lean manufacturing*. Menurut teori ini, pemborosan dalam proses dapat dikurangi dengan menurunkan kapasitas inventaris, bahkan menyingkirkan stok dan prosedur yang tidak memberikan nilai (Shnaiderman & Ben-Baruch, 2016). Lebih jauh lagi, dalam sistem produksi lean, JIT adalah teknik yang sederhana namun ampuh untuk memfasilitasi aliran material yang lancar (Krajewski et al., 2013; Alcaraz et al., 2016). Tujuan utama sistem ini adalah pengurangan limbah dan maksimalisasi keuntungan melalui sumber daya, aliran informasi, dan organisasi pengambilan keputusan (Maldonado-Macías, 2017).

Disebut juga sebagai sistem kanban atau sistem kartu, sistem produksi *Just In Time* awalnya diterapkan di Jepang oleh Toyota Motor Company pada awal tahun 1970-an. Dalam sistem ini, operator melakukan pemesanan kepada proses sebelumnya dengan menggunakan kartu sebagai alat komunikasi. Seperti halnya sistem *Material Requirements*

Planning (MRP), tujuan dari pendekatan ini adalah untuk meminimalkan stok dengan menunda produksi komponen hingga benar-benar diperlukan (Shivanad, 2006).

Strategi manajemen persediaan *Just In Time* (JIT) dan *Material Requirements Planning* (MRP) sebetulnya bersifat saling melengkapi. Dalam JIT, prinsip utamanya adalah bahwa produksi suatu komponen tidak boleh dimulai sebelum adanya permintaan nyata dari proses selanjutnya—konsep ini dikenal sebagai sistem tarik. Sementara itu, MRP dapat melengkapi pendekatan ini dengan menjadwalkan lebih awal produksi komponen untuk menghindari keterlambatan, terutama dalam proses manufaktur yang membutuhkan waktu lebih lama. MRP berfungsi mengantisipasi kebutuhan sebelum terjadi penarikan aktual, dan menginisiasi produksi agar dapat diselesaikan tepat waktu guna memenuhi permintaan di masa depan secara efisien (Monden, 2012).

Sistem Produksi Toyota merupakan sistem yang dicetuskan oleh Toyota Motor *Corporation* dan mulai diakui secara luas oleh berbagai organisasi yang ada di Jepang. Sistem ini berfokus pada penghapusan berbagai bentuk pemborosan yang tersembunyi dalam proses perusahaan melalui kegiatan perbaikan berkelanjutan. Bahkan ketika kondisi ekonomi tidak stabil, Toyota tetap mampu menghasilkan keuntungan dengan memangkas biaya secara signifikan melalui penghapusan total terhadap kelebihan stok dan tenaga kerja. Sistem ini dianggap sebagai inovasi besar dalam manajemen produksi, sejajar dengan sistem Taylor yang mengusung pendekatan ilmiah, dan sistem produksi massal ala Ford (Monden, 2012).

Pada awal tahun 1970-an, para produsen di Amerika Serikat mulai menerapkan sistem JIT dengan harapan sistem MRP mampu menyelesaikan kompleksitas penjadwalan produksi mereka. Meskipun MRP telah memberikan keuntungan dasar dan ditingkatkan lagi melalui perkembangan menjadi MRP II pada era 1980-an, banyak manajer produksi saat itu justru memilih untuk menghindari penerapan MRP II dan lebih memilih JIT. Hal ini kemudian disadari bahwa JIT dan MRP bukanlah dua pendekatan yang saling bersaing, melainkan strategi yang bisa berjalan berdampingan dalam mengelola persediaan secara efektif. Salah satu kesalahpahaman yang umum saat itu adalah anggapan bahwa MRP memerlukan produksi dalam jumlah besar karena waktu yang dibutuhkan untuk menyetel ulang mesin tergolong lama (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).

5.2 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 rantai 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, standarisasi 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*).

5.3 Kanban

Kanban, yang secara harfiah berarti “kartu” dalam bahasa Jepang, merupakan sistem yang digunakan untuk mengatur aliran material dalam proses manufaktur, khususnya pada lini perakitan. Kanban adalah suatu integral dari konsep ***Just In Time (JIT)***, dan memiliki fungsi yang serupa dengan sistem **MRP-I** dalam kerangka **MRP-II**.

Popularitas konsep JIT mulai melonjak pada tahun 1970-an, ketika produk-produk asal Jepang seperti mobil, kamera, televisi, dan mainan mulai mendominasi pasar internasional. Produk-produk tersebut dikenal karena harganya yang kompetitif dan kualitasnya yang tinggi, sehingga mengejutkan industri manufaktur di Amerika dan Eropa.

Pada mulanya, Kanban dikembangkan oleh perusahaan otomotif **Toyota** bukan sebagai sistem kendali produksi semata, melainkan sebagai metode untuk **meningkatkan produktivitas kerja**. Lingkungan bisnis Jepang yang mendukung, budaya kerja yang disiplin, serta hubungan erat antara manajemen dan karyawan menjadi faktor utama yang memungkinkan sistem ini berkembang secara efektif.

Dalam perkembangannya, Kanban menjadi bagian penting dari JIT maupun TQC (*Total Quality Control*), serta diakui sebagai metode yang sangat efektif untuk mengendalikan aliran material sekaligus mendorong peningkatan produktivitas secara keseluruhan.

Filosofi JIT dan Kontras dengan Pandangan Barat

Sistem *Just In Time* dilandasi oleh keyakinan bahwa keberadaan persediaan (stok) terjadi akibat kesalahan dalam:

- Menentukan jumlah produksi
- Menentukan lokasi produksi
- Menentukan waktu produksi

Jepang telah membuktikan bahwa dalam situasi tertentu, sistem produksi dapat berjalan tanpa persediaan.

Sebaliknya, negara-negara Barat melihat inventaris sebagai hasil sampingan alami dari pencapaian keseimbangan antara risiko kehabisan stok, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan. Oleh karena itu, stok dianggap sebagai sesuatu yang perlu disediakan.

Jenis-Jenis Sistem Kanban

Dalam praktiknya, terdapat tiga jenis utama sistem Kanban yang berkembang saat ini:

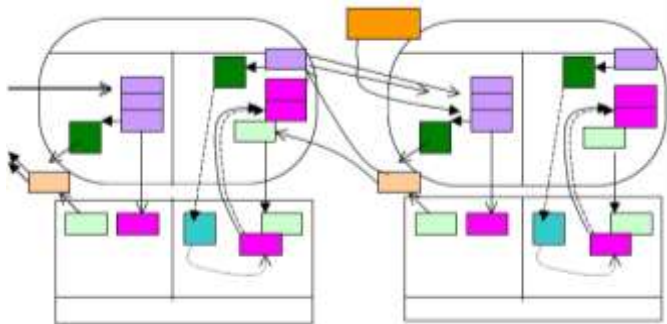
1. Sistem Kanban Dua-Kartu (*Two-Card System*)

Metode yang awalnya diciptakan oleh Toyota ini menggunakan dua jenis kartu:

- Kanban Produksi: Mengotorisasi pusat kerja untuk memulai produksi.
- Kanban Pemindahan: Mengotorisasi pengiriman barang ke pusat kerja berikutnya.

Cara kerjanya:

1. Jika operator di pusat kerja A menerima kanban produksi, ia akan segera memproduksi sejumlah komponen sesuai dengan informasi dalam kartu.
2. Komponen hasil produksi disimpan dalam kontainer, disertai kanban produksi dan kanban pemindahan.
3. Secara berkala, pekerja pengangkut memindahkan kontainer tersebut ke pusat kerja B.
4. Wadah kosong dan kanban transfernnya dibawa Kembali ke pusat kerja A untuk diisi ulang setelah operator di B menggunakan isi wadah.



Gambar 5. 1 Sistem Kanban Dua Kartu

Faktor-faktor berikut memengaruhi jumlah kartu yang beredar (Y):

- Tingkat permintaan (D).
- Umumnya ukuran wadah (C) –tidak melebihi 10% dari konsumsi harian.
- Waktu sirkulasi (T) – waktu yang dibutuhkan untuk mengisi, menunggu, memindahkan, menggunakan, dan kemudian kembali untuk mengisi.

2. Sistem Kanban Satu-Kartu (*Single-Card System*)

Dikembangkan oleh **Kawasaki**, sistem ini menggunakan **satu jenis kartu** saja, yang bisa berfungsi ganda untuk keperluan produksi dan pengiriman, tergantung pada prosesnya.

3. Sistem Gabungan Kanban-MRP (*SYNCHRO-MRP*)

Metode yang diciptakan oleh Yamaha ini menggabungkan Kanban dengan pendekatan *Material Requirements Planning* (MRP). Sistem gabungan ini bertujuan untuk menyinergikan fleksibilitas dan efisiensi Kanban dengan kekuatan perencanaan terstruktur dari MRP.

Perbedaan Prinsip Persediaan antara Jepang dan Barat

Jika diperhatikan secara sekilas, persamaan-persamaan dalam sistem persediaan tradisional ala Barat tampak mirip dengan pendekatan yang digunakan oleh Jepang. Namun, terdapat perbedaan prinsip yang sangat kontras antara keduanya.

Pendekatan Jepang meyakini bahwa faktor-faktor yang memengaruhi ketidakpastian dalam produksi seperti waktu setup, fluktuasi permintaan, serta lead time dapat

diminimalkan, bahkan dalam beberapa kondisi dihilangkan. Contohnya, Jepang telah berhasil menekan waktu setup secara signifikan. Hal ini berimplikasi langsung pada:

- Pemangkasan waktu proses (*lead time*).
- Mengurangi kuantitas kanban yang digunakan atau ukuran lot produksi (sebaliknya ukuran lot=1).
- Meminimalkan waktu tunggu dan akumulasi persediaan.

Dengan pendekatan ini, persediaan menjadi sangat minim, sementara tingkat pelayanan (*service level*) dan produktivitas meningkat.

Sementara itu, di negara Barat, fluktuasi dan ketidakpastian biasanya diantisipasi melalui variabel tambahan dalam perhitungan persediaan. Sebaliknya, Jepang mengatasi fluktuasi dengan menerapkan prinsip *Total Quality Control* (TQC) dan menjalin hubungan kerja yang erat antara produsen dan pemasok, terutama dalam sistem subkontrak. Dengan begitu, sumber ketidakpastian dapat dikendalikan lebih efektif.

Jenis-Jenis Sistem Kanban

1. Sistem Kanban Dua-Kartu (*Two-Card Kanban System*)

(Sudah dijelaskan pada bagian sebelumnya)

Sistem ini menggunakan dua kartu: kanban produksi dan kanban pemindahan, yang bekerja secara sinergis untuk mengatur produksi dan aliran barang antarpusat kerja.

2. Sistem Kanban Kartu Tunggal (*Single-Card Kanban System*)

Hanya kanban transfer yang digunakan dalam siste ini. Jadwal produksi yang telah ditetapkan berfungsi sebagai dasar untuk keputusan produksi, bukan kanban. Sistem ini memadukan dua metode:

- **Push system** selama produksi (sesuai jadwal).
- **Pull system** selama pengiriman (tergantung pada persyaratan pusat kerja berikutnya)

Namun, kelemahan sistem ini muncul ketika terjadi gangguan produksi. Misalnya, jika salah satu pusat kerja mengalami kerusakan atau mogok, pusat kerja sebelumnya tetap memproduksi, namun hasil produksinya tidak bisa dikirim. Akibatnya, persediaan akan menumpuk, dan sistem menjadi kurang efisien dibandingkan sistem dua-kartu dalam hal peningkatan produktivitas.

3. Sistem SYNCHRO-MRP (Gabungan MRP dan Kanban)

Synchro-MRP adalah sistem yang dikembangkan oleh Yamaha melalui sistem PYMAC (Pan Yamaha Manufacturing Control). Istilah “Synchro-MRP” sendiri diperkenalkan oleh R. Hall.

Sistem ini merupakan gabungan dari dua pendekatan:

- **MRP-I** untuk bagian produksi yang bersifat *job shop*.
- **Kanban** untuk bagian produksi yang bersifat *flow shop*.

Ciri khas sistem ini adalah penggunaan kontainer standard di seluruh departemen, yang menjadi media koordinasi antara kedua sistem.

Di dalam sistem Kanban-nya, PYMAC juga menggabungkan dua pendekatan:

- Sistem dua-kartu
- Sistem kartu tunggal

Dalam implementasinya, sistem menggunakan dua jenis kartu:

- SYNCHRO-I (sebagai pengganti kanban pemindahan)
- SYNCHRO-II (sebagai pengganti kanban produksi)

Produksi di bagian flow shop akan dimulai jika memenuhi dua kondisi berikut:

1. Waktu produksi telah sesuai dengan jadwal yang ditentukan.
2. Terdapat kartu SYNCHRO-II dalam kotak penyimpanan produksi.

Sementara itu, untuk bagian *job shop*, sistem beroperasi menggunakan pendekatan MRP sederhana. Produksi dijalankan berdasarkan jadwal harian, dengan tanggal jatuh tempo (*due date*) sebagai prioritas. Pembaruan data dilakukan secara rutin agar informasi selalu akurat dan terintegrasi.

Kondisi Untuk Menjalankan Sistem Kanban

Pada kenyataannya, Kanban merupakan komponen penting dari sistem *Total Quality Control* (TQC) dan *Just In Time* (JIT). Secara sederhana, prinsip dasar JIT dapat dirangkum sebagai berikut:

"Produksi dan pengiriman barang yang berkualitas dilakukan tepat waktu sesuai kebutuhan penjualan; perakitan dilakukan dalam jumlah minimal dan tepat waktu;

serta pembelian bahan baku dilakukan pada saat yang tepat untuk proses perakitan."

JIT bukan hanya sekadar sistem pengendalian persediaan melalui pengoperasian Kanban. Lebih dari itu, JIT juga berfungsi sebagai alat pengendalian kualitas dan limbah (*scrap*), meningkatkan utilisasi fasilitas produksi, memperlancar alur proses (*flow process*) dalam lini produksi, menyelaraskan jalur kerja (*lintasan*), serta mendorong partisipasi dan motivasi tenaga kerja agar lebih produktif.

Elemen Kunci Keberhasilan JIT/TQC

Berikut adalah komponen penting yang harus dipenuhi agar implementasi JIT/TQC dan Kanban di dalamnya berhasil:

- a. Produksi harus stabil dalam jangka pendek, misalnya dalam periode 10 hari. Hal ini hanya mungkin dilakukan pada volume produksi tinggi, produk yang seragam, serta lingkungan produksi berulang (*repetitive manufacturing*).
- b. Waktu setup harus seminimal mungkin, agar memungkinkan produksi dalam lot kecil, *lead time* yang pendek, serta persediaan yang minimal.
- c. Jadwal produksi harus dapat dipenuhi secara akurat. Hal ini memerlukan pelaksanaan perawatan mesin secara preventif (*preventive maintenance*) dan pengendalian kualitas 100% yang konsisten.
- d. Penggunaan kontainer standard dalam seluruh alur produksi.
- e. Tenaga kerja harus dilibatkan secara aktif, dengan kemampuan multi-fungsi (*multi-skilled workers*) untuk menunjang fleksibilitas proses.

- f. Kemitraan kerja sama dengan pemasok (*supplier*) harus terjalin kuat, terutama untuk menjamin ketepatan waktu pengiriman.

Meskipun sistem Kanban itu sendiri relatif sederhana, namun keberhasilannya sangat bergantung pada lingkungan pendukung yang kompleks. Hal ini menjadikan penerapannya lebih menantang di luar Jepang, terutama di negara-negara dengan kondisi budaya dan manajerial yang berbeda.

Penerapan Sistem Kanban

Dalam berbagai literatur, sistem Kanban dua kartu lebih banyak dibahas. Namun, dalam praktik industri, justru Kanban kartu tunggal yang lebih sering digunakan.

Contoh Penerapan:

- **Toyota Motor Corporation:** Salah satu contoh sukses penggunaan sistem Kanban dua kartu. Penerapan ini berhasil menurunkan jumlah persediaan secara signifikan dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.
- **Kanban Kartu Tunggal:** Karena kesederhanaan dan kemudahan pengelolaannya, pendekatan ini lebih populer meskipun efek peningkatan produktivitasnya tidak sebaik Kanban dua kartu. Beberapa perusahaan yang menerapkannya antara lain:
 - **Kawasaki**
 - **Nihon Radiator**
 - Pabrik Jepang yang beroperasi di **Lincoln, Amerika Serikat**
- **Synchro-MRP (gabungan MRP dan Kanban):** Sistem ini mengintegrasikan metode **MRP dalam lingkungan**

JIT. Selain digunakan oleh **Yamaha**, sistem ini juga telah diterapkan di beberapa perusahaan besar seperti:

- **John Deere**
- **Holley Carburetor**

BAB 6

METODE ERP

6.1 Pengenalan *Enterprise Resource Planning* (ERP)

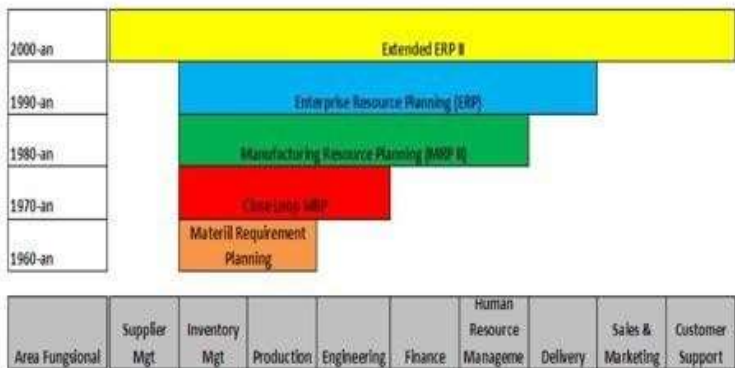
6.1.1 Pendahuluan

Sebelumnya dikenal sebagai manajemen perusahaan pada tahun 1960-an, perencanaan sumber daya perusahaan (ERP) telah mendapatkan banyak perhatian di dunia bisnis dalam beberapa tahun terakhir. Perhitungan otomatis untuk mengendalikan aspek produksi kontrol inventaris merupakan fokus utama Sistem Manufaktur ketika manajemen pertama kali muncul pada tahun 1960-an. Untuk merencanakan dan membeli barang jadi, komponen, dan bahan baku, serta untuk sering melacak produksi dari pabrik manufaktur, penekanannya beralih ke Perencanaan Kebutuhan Material (MRP) pada tahun 1970-an. MRP mengubah jadwal induk produk menjadi kebutuhan bersih bertahap. Perencanaan Sumber Daya Manufaktur (MRP dan MRP II) adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan hal ini. Kata "ERP" mendapatkan popularitas pada tahun 1990-an dan menjadi komponen utama operasi bisnis dalam organisasi.

Biasanya, ini mencakup manajemen proyek, pemasaran, keuangan, dan sumber daya manusia. Sistem ERP besar awalnya mendominasi sistem ERP awal. bisnis dengan sarana untuk mengintegrasikan teknologi modern ke dalam operasi mereka. Perusahaan yang lebih kecil mulai berpartisipasi sekitar akhir tahun 1990-an, karena biaya dan

keterjangkauan sistem ini meningkat. Selama waktu ini, para pengambil keputusan di seluruh negeri dengan cepat merangkul teknologi ERP, menghabiskan total \$300 miliar (sekitar \$500 miliar saat ini). Biasanya, sistem ERP baru ini merupakan solusi siap pakai untuk seluruh organisasi yang bersifat lokal dan menggunakan satu basis data. Metodologi *break/fix*, yang dikenal baik oleh para ahli TI, digunakan oleh sistem ini. Model *Software as a Service* (SaaS) yang lebih dikenal dimungkinkan oleh NetSuite, yang merupakan platform pertama yang menawarkan perangkat lunak ERP kepada bisnis daring. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1998 (Introduction ERP, t.t.).

Tahapan Evolusi Sistem ERP



Gambar 6. 1 Tahapan Evolusi Sistem ERP

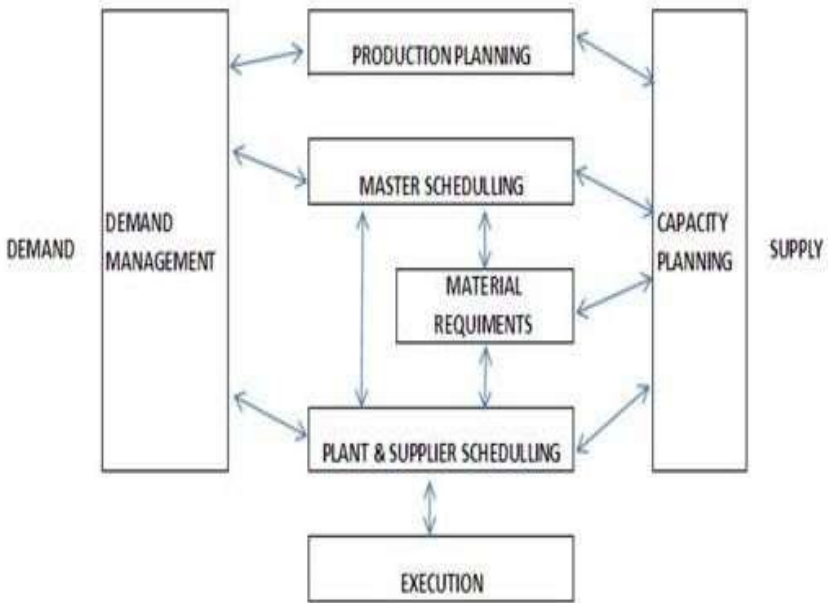
6.1.2 Material Requirement Planning (MRP)

Persamaan industri manufaktur disimulasikan menggunakan *Material Requirement Planning* (MRP). MRP merupakan kemajuan signifikan dalam proses perencanaan material. Dengan menggunakan catatan inventaris yang

akurat dan jadwal produksi induk, yang didukung oleh daftar bahan baku yang secara tepat menentukan bahan baku mana yang dibutuhkan untuk membuat setiap produk akhir, komputer dapat menentukan kebutuhan bahan baku kotor untuk pertama kalinya. Kebutuhan bahan baku bersih kemudian dapat ditentukan dengan menggunakan kuantitas bahan baku yang saat ini tersedia atau yang diperkirakan akan tiba. Tindakan seperti mengajukan pesanan baru, membatalkan pesanan sebelumnya, atau menyesuaikan waktu pesanan yang telah dilakukan sebelumnya kemudian didorong oleh hal ini. Untuk pertama kalinya, manufaktur memiliki kerangka kerja untuk menjaga prioritas dalam lingkungan industri yang terus berubah. Kapasitas sistem perencanaan untuk menjadwalkan setiap komponen secara metodis dan efektif merupakan peningkatan yang luar biasa dalam produktivitas dan kualitas. Namun, perencanaan material dan tujuan produksi hanyalah sebagian dari masalah dalam manufaktur (Umble dkk.,2003)

Masalah lainnya adalah perencanaan kapasitas. Sebagai tanggapan, kemampuan sistem MRP dasar diperluas untuk mencakup metodologi perencanaan kapasitas. Alat untuk peramalan, pembuatan jadwal khusus (penjadwalan produksi induk), perencanaan penjualan dan pesanan pelanggan (manajemen permintaan), analisis sumber daya tingkat tinggi (perencanaan kapasitas kasar), dan perencanaan pada tingkat penjualan dan produksi agregat (perencanaan penjualan dan operasi) dikembangkan. Sistem MRP diintegrasikan dengan metodologi penjadwalan pabrik dan pemasok dasar. Mereka mulai melihat sistem mereka sebagai perluasan dari sistem bisnis sebagai hasilnya.

Langkah evolusi yang kemudian dikenal sebagai MRP loop tertutup adalah hasil dari kemajuan ini.



Gambar 6. 2 Ruang Lingkup *Closed Loop* MRP

6.1.3 *Material Requirement Planning (MRP) II*

Perusahaan mampu mengoordinasikan pergerakan inventaris dengan aktivitas keuangan yang sesuai pada tahun 1980-an saat mereka mulai memanfaatkan kemampuan yang terus berkembang dan keterjangkauan teknologi yang tersedia. Solusi perencanaan sumber daya manufaktur (MRP II) telah dikembangkan untuk mengintegrasikan sistem manajemen manufaktur dan material dengan sistem akuntansi dan manajemen keuangan. Hal ini memungkinkan bisnis untuk memiliki sistem bisnis yang lebih terintegrasi yang mengumpulkan kapasitas dan kebutuhan material untuk operasi yang ingin mereka rencanakan, menambahkan aktivitas input

terperinci, mengubah semua ini menjadi laporan keuangan, dan merekomendasikan tindakan untuk memperbaiki tindakan yang tidak sejalan dengan rencana yang dimaksudkan. MRP II diperluas untuk mencakup integrasi semua perencanaan sumber daya untuk seluruh organisasi pada awal tahun 1990-an berkat kemajuan teknologi yang terus berlanjut. Perencanaan kini dapat mencakup berbagai bidang termasuk manajemen proyek, sumber daya manusia, keuangan, sistem komunikasi, perencanaan material, perencanaan kapasitas, desain produk, dan informasi pergudangan. Hal ini menyebabkan munculnya istilah ERP. ERP tidak terbatas pada industri manufaktur; ERP dapat digunakan oleh perusahaan mana pun yang ingin menjadi lebih kompetitif dengan memanfaatkan semua sumber dayanya dengan lebih baik, termasuk informasi.

6.1.4 Enterprise Resource Planning (ERP)

Sistem perusahaan tampaknya seperti impian belaka. Paket perangkat lunak yang dijual secara komersial menjamin kelancaran integrasi semua arus informasi perusahaan, termasuk rantai pasokan, pelanggan, sumber daya manusia, keuangan, dan data akuntansi. Tujuan utama penerapan ERP adalah untuk memungkinkan organisasi beroperasi secara signifikan lebih efektif daripada sebelumnya dalam lingkungan yang sangat kompetitif dan cepat berubah.

perluasan kemampuan sistem ERP saat ini, yang mencakup semua fitur yang memfasilitasi koneksi dengan pelanggan dan pemasok. Selain berfokus pada pelanggan, prosedur produksi, transaksi real-time, dan manajemen aset

bagi perusahaan, sistem ini juga mengoptimalkan seluruh jaringan bisnis, termasuk integrasi pemasok.

Financials

Accounts receivable and payable
 Asset accounting
 Cash management and forecasting
 Cost-element and cost-center accounting
 Executive information system
 Financial consolidation
 General ledger
 Product-cost accounting
 Profitability analysis
 Profit-center accounting
 Standard and period-related costing

Human Resources

Human-resource time accounting
 Payroll
 Personnel planning
 Travel expenses

Operations and Logistics

Inventory management
 Materials management
 Plant maintenance
 Production planning
 Project management
 Purchasing
 Quality management
 Routing management
 Shipping
 Vendor evaluation

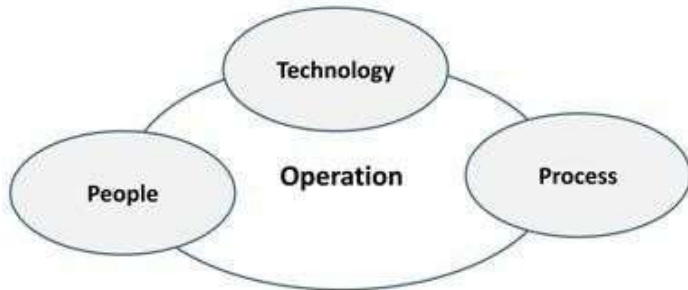
Sales and Marketing

Order management
 Pricing
 Sales management
 Sales planning

Gambar 6. 3 *Scoop* Dari Sebuah *Enterprise System*

Tabel 6. 1 Perbandingan ERP dan ERP II

Aspek	ERP	ERP II
Peranan	Optimasi Enterprise	Keterlibatan komponen dalam rantai proses bisnis organisasi dan dukungan penuh untuk <i>e-commerce</i> .
Domain	Manufaktur dan Distribusi	Setiap departemen dan divisi bisnis.
Fungsi	Produksi, penjualan, distribusi dan proses keuangan	Lintas industri, industri tertentu dan prosedur industri tertentu.
Proses	Optimasi Enterprise	Keterlibatan komponen dalam rantai proses bisnis organisasi, dukungan penuh untuk <i>e-commerce</i> .
Arsitektur	Manufaktur dan Distribusi	Setiap divisi dan area bisnis.
Data	Dihasilkan dan dikonsumsi oleh internal perusahaan	Diproduksi dan diserap oleh pemangku kepentingan internal dan eksternal organisasi dan hasilnya disebarakan kepada pihak yang berkepentingan.



Gambar 6. 4 Infrastruktur Sistem ERP

6.1.5 Karakteristik Sistem ERP

Daniel mencantumkan hal-hal berikut sebagai beberapa fitur sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP):

- Memungkinkan integrasi proses perencanaan dan transaksi.
- Mendukung sistem bahasa dan mata uang yang sangat penting bagi perusahaan global.
- Memungkinkan modifikasi terhadap persyaratan bisnis tertentu tanpa memerlukan pemrograman ulang.

Menurut James A O'brien ada beberapa karakteristik ERP yaitu sebagai berikut :

- Efisiensi dan kualitas.
- Menurunkan biaya.
- Membantu dalam pengambilan keputusan.
- Kelincahan bisnis.
- Sistem yang kohesif.
- Sistem ERP menggabungkan lebih dari sekadar orang dan data.
- Manajemen dapat mengawasi kegiatan dengan bantuan sistem ERP.
- Ekstraksi informasi dapat difasilitasi oleh siste ERP.

- i. Sistem ERP menghasilkan data.
- j. Struktur organisasi dibuat oleh sistem ERP.
- k. Setiap kegiatan dijamin oleh sistem ERP.
- l. Semua prosedur perusahaan dikelola oleh sistem ERP.

6.1.6 Konsep ERP

Program perangkat lunak komersial yang dikenal sebagai sistem ERP menawarkan integrasi yang lancar dari semua arus informasi di dalam bisnis, termasuk rantai pasokan, akuntansi, sumber daya manusia, keuangan, dan data pelanggan. Sistem ERP adalah sistem informasi serbaguna yang mengintegrasikan aktivitas berbasis informasi dan berbasis data baik di dalam maupun di luar divisi fungsional organisasi. ERP juga memberi seluruh perusahaan akses ke satu basis data, serangkaian aplikasi, dan antarmuka.



Gambar 6. 5 *Enterprise System*

Cakupan Keuangan dan Akuntansi

1. Pusat Biaya dan Laba
2. Hutang Usaha

3. Piutang Usaha
4. Manajemen Kas dan Bank (Manajemen Arus Kas)
5. Manajemen Perbendaharaan
6. Buku Besar (Laporan Laba Rugi dan Neraca)

Ruang Lingkup Penjualan dan Distribusi

1. Penawaran Penjualan
2. Pesanan Penjualan
3. Pengiriman
4. Penerbitan Barang
5. Faktur
6. Kontrol Kredit
7. Komisi, Diskon, dan Nota Kredit

Ruang Lingkup Manufaktur

1. Produksi
2. Daftar Bahan Baku
3. Perencanaan Kontrol Produksi dan Produksi Pesanan
4. Perencanaan Induk
5. Penjadwalan
6. Perencanaan Kebutuhan Penguasaan (MRP)
7. Perhitungan Biaya Produk

Ruang Lingkup Persediaan

1. Pemindahan Persediaan
2. Manajemen Persediaan
3. Beberapa Lokasi Gudang
4. Kategori Produk
5. Item Produk
6. Persediaan Fisik dan Penilaian

Pembelian

1. Perminataan dan Otorisasi Pembelian
2. Persetujuan dan Perintah Pembelian
3. Kwitansi Sah
4. Verifikasi Faktur
5. Pengembalian Pembelian

Ruang Lingkup Sumber Daya Manusia

1. Penjadwalan Karyawan
2. Pelatihan
3. Pengembangan Pekerjaan
4. Manfaat, Penggajian, Bonus, dan Lembur
5. Uraian Jabatan
6. SDM
7. Analisis Alur Kerja dan Struktur Organisasi

Ruang Lingkup Pabrik

1. Mengurangi Anggaran Operasional Terkait Produksi
2. Peningkatan efisiensi dalam manajemen pembersihan pekerjaan, pelaksanaan pemeliharaan, manajemen komponen layanan, manajemen dokumen, penganggaran pemeliharaan dan integrasi aset akuntansi.

Ruang Lingkup Manajemen Hubungan Pelanggan

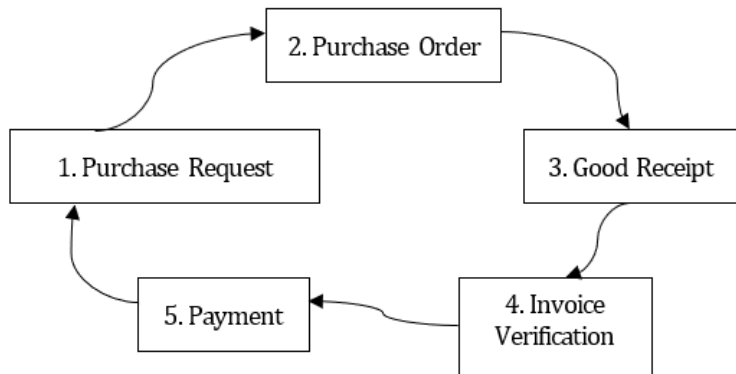
1. Kampanye Untuk Pelanggan
2. Pusat Interaksi Pelanggan
3. Layanan Mandiri Pelanggan Online
4. Pemantauan Prospek dan Aktivitas (Data, Bantuan, Layanan, Penagihan, Akun, Jaminan dan Dukungan)

5. Kualifikasi Penjualan, Laporan Penjualan, Dukungan Penjualan dan Basis Pengetahuan
6. Pengalaman yang Konsistem Bagi Pengguna
7. Personalisasi Layanan
8. Akses Langsung ke Data Bisnis

6.2 Aplikasi Sistem ERP

6.2.1 *Procurement*

Melakukan pembelian (permintaan pembelian) ke departemen merupakan langkah pertama dalam siklus sistem pengadaan. Setelah formulir permintaan disetujui oleh kepala departemen dan dikirim ke departemen pembelian, petugas departemen pembelian akan memilih pemasok, menegosiasikan harga, dan kemudian menerbitkan pesanan pembelian kepada pemasok sebagai bukti bahwa perusahaan telah menyetujui prosedur pembelian. Selain itu, prosedur penerimaan barang gudang, yang bergantung pada *purchase order*. Penyedia membuat tagihan dan faktur pajak untuk proses pembayaran sesuai dengan perjanjian. Prosedur departemen keuangan untuk memverifikasi faktur. Prosedur pembayaran kemudian diselesaikan dan dikirim ke pemasok sebagai bukti pembayaran untuk produk yang diperoleh.



Gambar 6. 6 Siklus Sistem *Procurement*

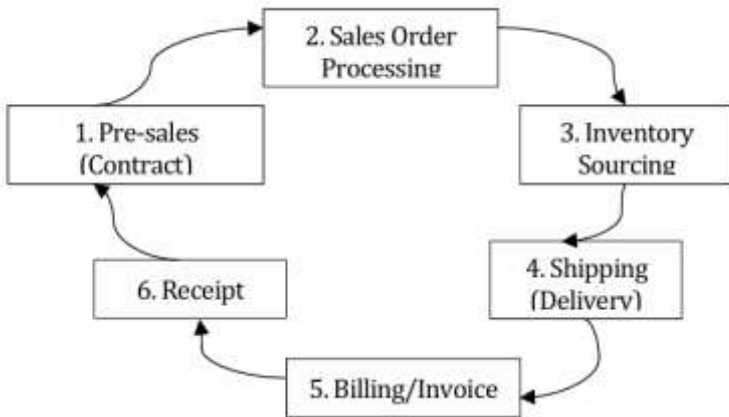
Proses pengadaan menghasilkan laporan berikut:

1. Laporan konfirmasi permintaan pembelian
2. Laporan status pesanan pembelian
3. Laporan pembelian
4. Laporan pengembalian pembelian
5. Mengelola pembelian

6.2.2 Sales and Distribution

Aktivitas prapenjualan (kontrak penjualan), yang melibatkan pembahasan harga dengan pelanggan dan kemudian mengajukan penawaran harga (kuotasi), menandai dimulainya siklus manajemen penjualan. Pemrosesan pesanan penjualan kemudian dilakukan. Kini, alat berbasis web dapat digunakan untuk menerapkan sistem ERP ini. Untuk memasok barang yang dibutuhkan guna menyelesaikan pesanan penjualan, administrasi penjualan kemudian memeriksa inventaris gudang. Kami menyebutnya sebagai pengadaan inventaris. Proses pengiriman, yang melibatkan pembuatan nota pengiriman (SJ) dan Perintah Pengiriman (DO) serta pengangkutan

barang ke lokasi pelanggan, dilakukan setelah barang tersedia. Setelah itu, selesaikan tugas penagihan, yang meliputi pembuatan faktur pajak, faktur bisnis, dan tanda terima yang dikirimkan ke klien. Dari sudut pandang bisnis, saat pelanggan membayar tagihan, prosedur penagihan piutang pelanggan (rekening penerimaan piutang) akan dilakukan.



Gambar 6. 7 Siklus Sales and Distribution

Penjualan dan distribusi memiliki peran sebagai berikut:

1. Meningkatkan kepuasan pelanggan dengan mempercepat pemrosesan pesanan dan transportasi barang yang tepat waktu.
2. Memberikan data dan analisis penjualan yang dibutuhkan klien.
3. Membuat rencana penjualan untuk produksi produk di masa mendatang, perencanaan pembelian dan perhitungan kebutuhan material.

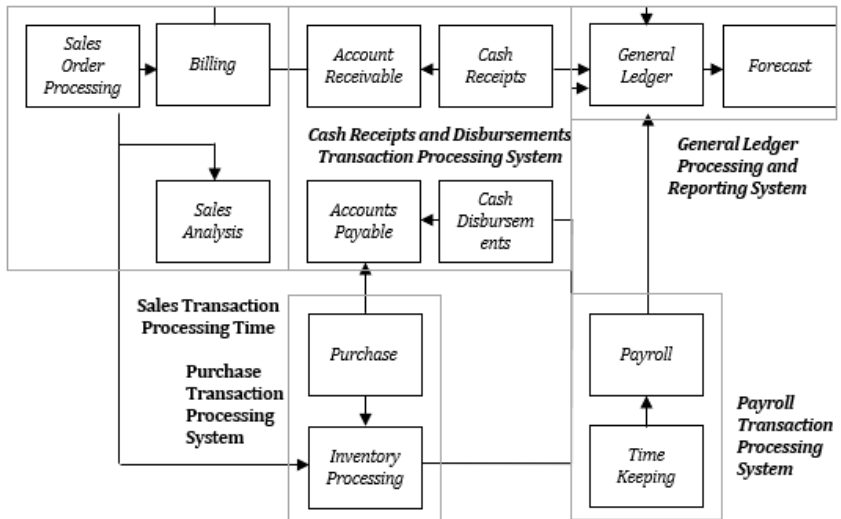
Laporan dari *Sales and Distribution* adalah :

1. Laporan kontrak penjualan dan laporan kontrak penjualan yang belum diselesaikan.
2. Laporan pemesanan penjualan dan pesanan penjualan yang tertunda.
3. Laporan penjualan
4. Laporan analisis penjualan
5. Laporan retur penjualan
6. Laporan pembaruan pengiriman
7. Laporan komisi untuk tenaga penjualan
8. Laporan kredit untuk pelanggan
9. Laporan laba kotor

6.2.3 Finance and Accounting

Aplikasi program General Ledger digunakan dalam sistem ERP untuk menyiapkan laporan keuangan, dimana semua informasi transaksi bersumber dari sistem eksternal yang memproses transaksi, seperti :

1. Sistem pemrosesan pesanan penjualan, penagihan, analisis penjualan dan pemrosesan transaksi penjualan.
2. Sistem pembelian, inventaris dan pemrosesan untuk transaksi pembelian.
3. Sistem pemrosesan transaksi untuk penerimaan dan pengeluaran kas, hutang usaha, penerimaan kas, dan distribusi kas.
4. Mekanisme untuk memproses transaksi penggajian, penggajian pencatatan waktu.



Gambar 6. 8 Modul ERP

General Ledger

Buku besar adalah otak di balik sistem informasi akuntansi karena menghasilkan laporan keuangan, seperti neraca, laporan laba rugi, laporan analisis rasio keuangan, dan laporan keuangan lainnya. Laporan-laporan berikut dihasilkan:

1. Laporan rugi dan neraca
2. Laporan keuangan yang komprehensif dan terperinci
3. Laporan dengan rincian biaya menurut pusat pengeluaran
4. Laporan rincian saldo yang diestimasi
5. Laporan kartu-kartu buku besar
6. Laporan neraca saldo
7. Laporan jumlah transaksi

Inventory

Menggunakan model inventaris ini, bisnis dapat mengatur inventaris dan mengurangi tingkat inventaris, yang akan memengaruhi penggunaan modal kerja dan memungkinkan akumulasi tingkat inventaris yang lebih rendah tanpa mengganggu proses produksi yang efisien. Selain itu, model ini dapat mengurangi jumlah inventaris yang hilang karena usang, rusak, dan tanggal kedaluwarsa. Laporan yang dihasilkan:

1. Data riwayat inventaris
2. Informasi harga pembelian dan penjualan inventaris
3. Laporan penerimaan inventaris
4. Kartu inventaris
5. Laporan stok inventaris dan mutasi
6. Laporan status inventaris
7. Laporan pengembalian pengeluaran inventaris, penyusunan inventaris dan perubahan jenis produk.

6.2.4 Produksi dan Operasi

Perencanaan produksi, peramalan kebutuhan material yang tepat berdasarkan pesanan penjualan yang diterima, dan membandingkan biaya standar dengan biaya aktual (akuntansi) merupakan aspek terpenting dari produksi dan operasi. Perencanaan produksi perlu didasarkan pada posisi inventaris dan proyeksi penjualan untuk periode waktu tertentu agar lebih tepat. Untuk melaksanakan manajemen permintaan, yang meliputi: menghitung kebutuhan material (*material requirement planning*), yang diikuti dengan proses pembelian, dan penjadwalan proses manufaktur secara terperinci.

Laporan yang dihasilkan:

1. Laporan biaya standar untuk perintah kerja produksi yang telah dihitung sebelumnya.
2. Laporan laba/rugi perintah kerja produksi (detail dan ringkasan).
3. Laporan penerimaan produk yang telah selesai (per perintah kerja produksi, per periode)
4. Laporan analisis varians bahan baku untuk setiap perintah kerja produksi.
5. Memberikan laporan analisis varians untuk tenaga kerja langsung dan pembebanan FOH untuk setiap perintah kerja produksi.
6. Laporan proses produksi efisiensi dan pemanfaatan kapasitas.
7. Mesin (deskripsi dan sinopsis)
8. Laporan WIP dan status WIP.
9. Laporan pesanan kerja produksi yang belum selesai.
10. Laporan ringkasan biaya barang yang dijual untuk setiap perintah kerja dalam produksi.
11. Laporan pemborosan produksi.
12. Laporan penggunaan material menurut perintah kerja untuk produksi.
13. Laporan BOM (variens, harga, volume).

6.2.5 Customer Relationship Manajemen

CRM adalah taktik yang digunakan untuk meneliti perilaku dan kebutuhan konsumen guna membangun hubungan yang langgeng dengan mereka. CRM adalah metode untuk memahami dan memengaruhi perilaku konsumen, yang dapat dicapai dengan menggunakan keterampilan komunikasi untuk meningkatkan layanan

permintaan pesanan klien. Sasaran program CRM adalah untuk meningkatkan hubungan positif dengan pelanggan dengan memungkinkan pelanggan berinteraksi dengan sistem dan memperoleh informasi bermanfaat seperti kemajuan pesanan, informasi kontak untuk pengisi daya, dan fungsi penjualan.

Laporan yang dihasilkan:

1. Dukungan dan layanan pelanggan
2. Laporan tentang interaksi pelanggan
3. Laporan tentang pertanyaan daring untuk layanan mandiri pelanggan
4. Pelacakan prospek dan aktivitas
5. Laporan tentang penjualan
6. Laporan tentang dukungan penjualan
7. Laporan tentang kualifikasi penjualan

6.2.6 Sumber Daya Manusia (SDM)

Manajemen sumber daya manusia meliputi perekrutan, penugasan, pemberian pelatihan, evaluasi, dan pemberian kompensasi kepada karyawan. Tujuan manajemen sumber daya manusia adalah pengelolaan sumber daya manusia yang efektif dan efisien di perusahaan. Sistem sumber daya manusia memfasilitasi pengembangan potensi karyawan, perencanaan kebutuhan personel untuk organisasi, dan pengelolaan semua kebijakan dan program personel.

Laporan yang dihasilkan:

1. Laporan tentang penjadwalan karyawan
2. Pelatihan

3. Kemajuan karier
4. Manfaat, lembur, bonus, dan penggajian
5. Laporan tentang deskripsi pekerjaan
6. Analisis arus tenaga kerja dan struktur organisasi

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S., 1993, Manajemen Produksi dan Operasi, Lembaga Penerbit UI, Jakarta.
- Baker, K. R., 1974, Introduction and Operation Management, Mc Graw Hill, Singapor.
- Baker, K. R., 1974, Introduction to Sequencing and Scheduling, John Wiley & Sons, New York.
- Baroto, T., 2002, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Ghalia, Jakarta.
- Bedworth dan James E., 1997, Integrated Production and Control System, John Willey & Sons, Singapore.
- Biegel, J. E., 1992, Pengendalian Produksi, Akademika Pressindo, Jakarta.
- Fogarty, D. W. et. all., 1991, Production and Inventory Management, APICS, USA.
- Elsayed, A. & Thomas O. Broucher, 1985, Analsys and Control of Production Systems, Prentice Hall, New Jersey.
- Gaspers, V., 2001, Production Planning and Inventory Control, PT Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Hardley and Within, 1963, Analysis of Inventory Systems, Prentice Hall Inc, New York.
- Imai, M., 1991, Kaizen - Kunci Sukses Jepang dalam Persaingan, PT Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Kusuma, H., 2004, Manajemen Produksi, Penerbit Andi, Yogyakarta.

- Monden, Y., Sistem Produksi Toyota, Penerbit PPM, Jakarta.
- Narashiman, Soetharna, L. and Leavy, 1985, Production Planning and Inventory Control, Allyn and Bacon, Massachussetts.
- Nasution, A. H. dan Yudha Prasetyawan, 2008, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Nur Bahagia, S., 1993, Manajemen Material, TMI – ITB, Bandung.
- Pinedo, M., 1995, Scheduling, Theory, Algorithms and Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Riggs, James L., 1987, Production System : Planning, Analysis and Control, John Wiley & Sons, New York.
- Safirin, M. T., 2010, Buku Ajar Perencanaan dan Pengendalian Produksi, TI - UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Sinulingga, S., 2009, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Smith, S. B., 1999, Computer Based Production and Inventory Control, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Schroeder, R. G., 2007, Operations Management, Mc Graw Hill, New York.
- Tersine, Richards J., 1988, Principles of Inventory and Materials Management, North Holland, New York.

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. Mochmad Tutuk Safirin, MT

Dosen Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim

Penulis lahir di Bojonegoro, 6 April 1963. Gelar Magister Teknik Industri diperoleh dari ITB Bandung tahun 1995. Saat ini Penulis sebagai dosen tetap 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 oleh penulis adalah: Metodologi Penelitian, Sistem Prokduksi, Penelitian Operasional dan Statistik Penelitian Akademik.

BIODATA PENULIS



Ir. Rr. Rochmoeljati, M.MT.

Dosen Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim

Penulis lahir di Sampang tanggal 29 Oktober 1961. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia, dan S2 pada Jurusan Teknik Manajemen Industri, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Penulis memiliki *research interest* di bidang: *modelling system optimization, quality control* dan *quality engineering*, dan *lean manufacturing*.

BIODATA PENULIS 4



Ir. Rus Indiyanto, M.T

Dosen Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim

Penulis lahir di Sampang tanggal 25 Februari 1965. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim. Penulis pernah mengajar di Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Gresik tahun 1995-1005 dan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Sidoarjo tahun 1999-2019. Penulis memiliki *research interest* di bidang: *process and system production*, sistem manufaktur, dan ergonomi.