

BAB II

DASAR TEORI

2.1. JENIS SISTEM PRODUKSI BERDASARKAN PROSES PRODUKSI

Produksi adalah kegiatan mengubah bahan baku menjadi barang lain yang bernilai ekonomis atau yang memiliki nilai tambah tinggi (produk), baik berupa barang jadi maupun barang setengah jadi. Proses kegiatan mengubah / transformasi bahan baku menjadi barang lain yang memiliki nilai tambah lebih tinggi (produk) disebut sebagai proses produksi atau dalam bahasa Inggris disebut *manufacture*. Jenis-jenis atau bentuk-bentuk sistem produksi berdasarkan perbedaan cara perusahaan dalam melakukan proses produksi menurut Nasution (1999), Askin dan Standridge (1993) adalah sebagai berikut :

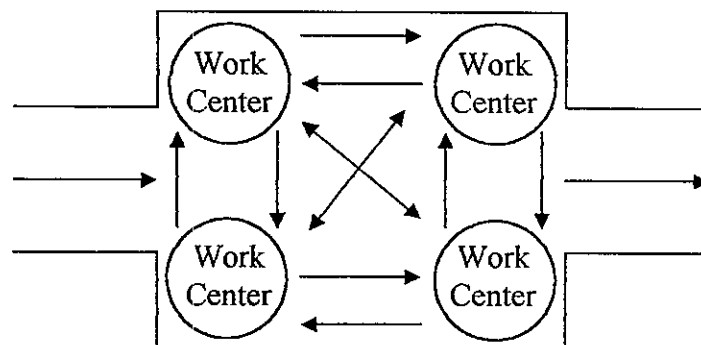
1. Sistem Project (No Product Flow)

Pada sistem ini proses produksi bersifat khusus, sedemikian sehingga seluruh bahan baku (material), peralatan dan tenaga kerja dibawa ke lokasi proyek. Walaupun aktivitas dalam suatu proyek tetap memiliki urutan-urutan pengerjaan, tetapi tidak ada aliran produk.

2. Sistem Job Shop (Jumbled Flow)

Pada sistem ini proses produksi dilakukan untuk memproses produk-produk yang sangat bervariasi jenisnya, bergantung dari *delivery order* (tingkat pesanan) dari pasar. Pada tipe ini, proses produksi menggunakan satuan jumlah unit yang dibuat. Suatu pabrik pada perusahaan manufaktur yang menggunakan proses produksi tipe *job shop* akan memiliki beberapa buah

work center yang berbeda-beda fungsinya, dimana tiap work center akan berisi mesin-mesin dan peralatan yang sesuai dengan fungsi work center tersebut, misalnya seperti work center bubut, workcenter drilling, workcenter assembly dan sebagainya. Work center-work center tersebut bersifat fleksibel, mengingat perusahaan akan menghasilkan berbagai jenis produk yang sangat bervariasi jenisnya. Masing-masing produk yang memiliki urutan pengerjaan proses sendiri-sendiri tersebut, diproses pada workcenter yang sesuai dengan kebutuhan spesifikasi masing-masing produk. Dengan demikian, aliran kerja atau aliran produk yang terjadi pada masing-masing workcenter membentuk aliran tercampur (jumbled flow pattern) antar satu produk dengan produk jenis lain (Gambar 2.1.).



Gambar 2.1. Aliran Sistem Job Shop Tercampur

3. *Sistem Flow Line*

Pada sistem ini proses produksi dilakukan untuk memproses produk-produk yang tidak terlalu banyak jenisnya, karena produk yang dibuat hanya beberapa jenis dan sudah tertentu jenisnya, namun dalam batch-batch berukuran sedang hingga besar maka tata letak (lay out) dari work center-work center tersebut

dibuat mengikuti urutan-urutan atau sekuen pengerjaan produk. Setiap produk yang dihasilkan, diproses batch per batch mengalir mengikuti work center-work center, membentuk line yang urutannya telah didesain. Dengan melihat sifat dari work center-work center yang membentuk line tersebut, menurut Nasution (1999) proses produksi tipe flow line dibedakan atas :

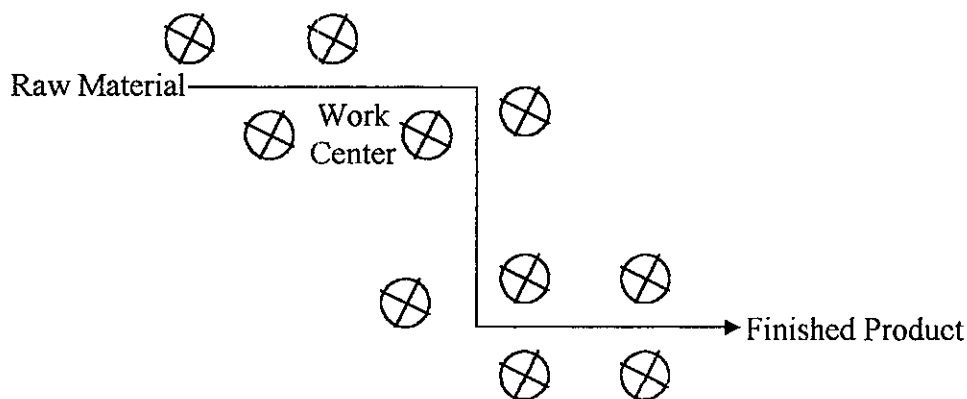
- *Sistem Interrupted Flow Line* atau *Batch Production*

Pada sistem ini proses produksi untuk membuat produk yang jenis atau spesifikasinya cukup bervariasi. Meskipun produk-produk yang bervariasi tersebut dapat diproses menggunakan line yang sama, karena urutan atau sekuen pengerjaan yang sama, namun karena perbedaan spesifikasi masing-masing produk mengharuskan terjadinya set up ulang mesin-mesin pada work center. Jadi jalannya aliran kerja atau aliran produk pada line bersifat terputus ketika terjadi pergantian dari satu produk ke produk yang lain.

- *Sistem Repetitive Flow Line* atau *Mass Production*

Pada sistem ini proses produksi dilakukan apabila perusahaan menginginkan suatu jenis produk dengan spesifikasi tertentu hendak dibuat dalam batch-batch berukuran besar (hingga ribuan), maka dapat dibuat line khusus untuk produk tertentu tersebut. Line tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga dapat bekerja secara kontinyu / terus menerus sepanjang batch yang akan dibuat, tanpa harus set up ulang setiap pergantian produk.

Suatu perusahaan manufaktur yang menjalankan proses produksi flow line dapat saja sekaligus memiliki beberapa line, baik berupa interrupted flow line maupun repetitive flow line secara bersamaan, tergantung kepada variasi jenis maupun ukuran batch yang dibuat. Perpindahan material atau pun produk dari satu work center ke work center berikutnya dalam line dapat dilakukan secara manual (manual flow line), maupun secara otomatis (automatic flow line) menggunakan material handling devices sejenis ban berjalan (conveyor). Seiring perkembangan teknologi, material handling devices pada flow line yang semula dikendalikan secara semi otomatis (mekanik), akhirnya berkembang pesat memasukkan unsur komputer. Lebih jauh lagi, dengan penggunaan mesin-mesin otomatis berbasis kontrol numerik (CNC), pada masing-masing work center, automatic flow line generasi terakhir menjadi dasar penciptaan desain proses produksi tipe fleksible manufacturing system.



Gambar 2.2. Lay out Product Flow

4. *Sistem Flexible Manufacturing System (FMS)*

Pada sistem ini proses produksi dilakukan membentuk suatu line berbentuk automated cell yang berisi sekelompok peralatan/mesin perkakas otomatis yang terpadu secara otomatis pula dengan peralatan pemindah material yang digunakan untuk membuat berbagai jenis produk yang memiliki karakteristik proses yang mirip. Tujuan penerapan FMS adalah untuk menciptakan proses produksi yang fleksibel terhadap perubahan desain dan volume, serta tuntutan waktu penyerahan.

2.2. **JENIS SISTEM PRODUKSI BERDASAR PERBEDAAN CARA MERESPON TERHADAP PERMINTAAN PASAR**

Cara perusahaan dalam merespon permintaan pasar (pelanggan) akan menentukan jenis atau bentuk sistem produksi yang dikembangkan perusahaan. Berikut ini adalah jenis-jenis sistem produksi berdasarkan perbedaan cara perusahaan dalam merespon permintaan pasar tersebut menurut Nasution (1999) dan Fogarty et.al (1991) :

1. *Sistem Design to Order*, yaitu proses produksi baru dilakukan jika hanya ada pesanan. Jenis-jenis produk sangat bervariasi dan tidak standar.
2. *Sistem Make to Order*, yaitu proses produksi dilakukan jika hanya ada pesanan, namun perusahaan sudah memiliki desain-desain produk dan bahan baku yang standar.
3. *Sistem Assemble to Order*, yaitu proses produksi berjalan terus-menerus tanpa menunggu pesanan, namun proses produksi dilakukan hanya untuk membuat

komponen-komponen sub assembly (barang setengah jadi). Bila ada pesanan dari customer; perusahaan baru melakukan proses produksi lanjut berupa proses perakitan (assembling).

4. *Sistem Make to Stock*, yaitu proses produksi berjalan terus menerus tanpa menunggu pesanan, langsung membuat produk berupa bahan jadi untuk dijadikan persediaan (inventory).
5. *Sistem Make to Demand*, yaitu proses produksi baru dilakukan jika hanya ada pesanan seperti design to order, namun kecepatan pemenuhan / waktu penyerahan (delivery time) menyamai make to stock.

2.3. PENJADWALAN PRODUKSI

2.3.1. Definisi Penjadwalan Produksi

Persoalan penjadwalan meliputi persoalan berapa banyak produk yang akan dihasilkan dan bilamana bagian-bagian dari produk tersebut akan diolah (bagian mana yang harus didahulukan dalam proses produksi dan bagian mana yang akan dikemudiankan) dengan mengingat keterbatasan waktu, tenaga kerja, skala produksi, sumber yang tersedia serta karakter dan prasyarat pekerjaan yang ditangani.

Menurut Kenneth R Baker (1984), penjadwalan produksi didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Dalam definisi tersebut, dinyatakan bahwa penjadwalan berfungsi sebagai alat pengambil keputusan dalam menetapkan kapan produk tersebut akan dibuat dan berapa

banyak produk yang harus dibuat. Penjadwalan juga berarti suatu teori yang terdiri sekumpulan prinsip-prinsip dasar, model, teknik, dan kesimpulan logis dalam proses pengambilan keputusan.

2.3.2. Tujuan Penjadwalan

Dalam banyak hal, penjadwalan tidak akan diperlukan sampai beberapa masalah perencanaan yang mendasar terselesaikan. Fungsi dari penjadwalan akan menjadi relevan dalam situasi dimana keadaan dari tugas yang dijadwalkan sudah ditentukan dan konfigurasi dari sumber yang dapat digunakannya juga sudah ditetapkan.

Dalam penyusunan perencanaan produksi diperlukan adanya pengaturan dan penjadwalan yang tepat. Adapun tujuan daripada pengaturan dan penjadwalan adalah sebagai berikut.

1. Meningkatkan utilitas sumber daya yang dimiliki

Yaitu penggunaan sumber-sumber daya secara efektif untuk mengurangi waktu menganggur dari sumber-sumber daya.

2. Respon yang cepat terhadap permintaan

3. Mengurangi persediaan barang setengah jadi

Yaitu mengurangi rata-rata jumlah tugas yang menunggu dalam antrian satu mesin karena mesin tersebut sibuk.

4. Mengurangi keterlambatan

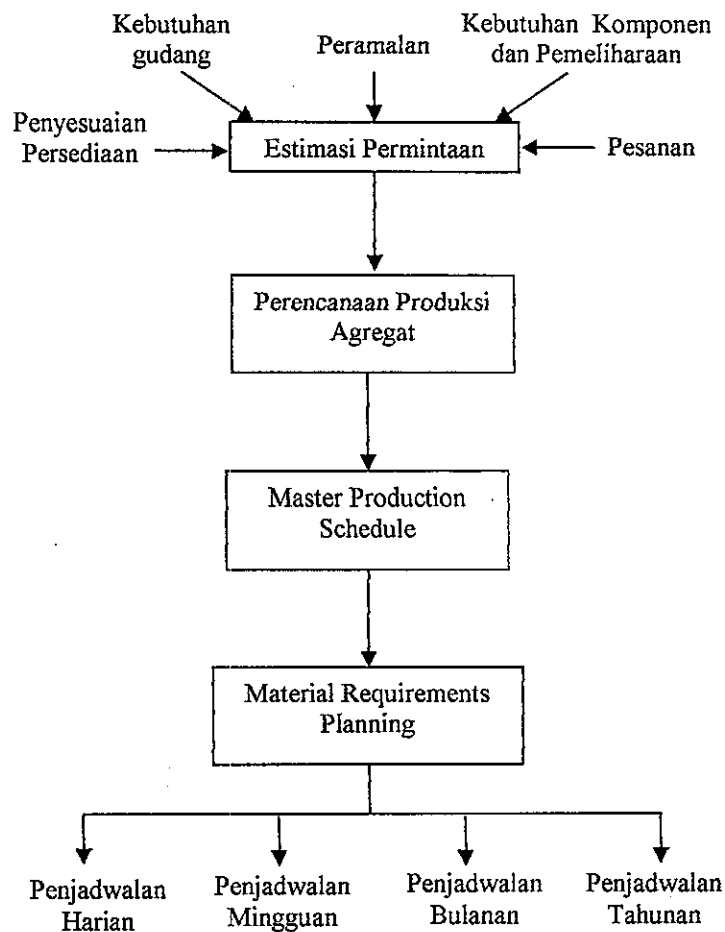
Yaitu berusaha menepati (tidak melampui) batas *due-date* yang telah ditetapkan dalam penyelesaian pekerjaan.

5. Meningkatkan produktifitas mesin

Yaitu penyesuaian tugas yang diterima terhadap karakteristik sumber daya yang dimiliki.

Dengan tercapainya tujuan pengaturan dan penjadwalan ini diharapkan nantinya dapat meningkatkan produktivitas perusahaan secara keseluruhan dalam menghasilkan produk dan memenuhi order yang diterima.

Pekerjaan-pekerjaan yang berupa alokasi kapasitas untuk order-order penugasan prioritas job dan pengendalian jadwal produksi membutuhkan informasi yang terperinci. Informasi-informasi tersebut akan menyatakan input dari sistem penjadwalan. Pada bagian ini, kita harus menentukan kebutuhan-kebutuhan kapasitas dari order-order yang dijadwalkan dalam hal macam dan jumlah sumber daya yang digunakan. Untuk produk-produk tertentu, informasi ini diperoleh dari lembar kerja operasi yang berisi ketrampilan dan peralatan yang dibutuhkan. Selain lembar kerja operasi BOM (*Bill Of Material*) sangat dibutuhkan yang berisi kebutuhan akan komponen, sub komponen, dan bahan pendukung. Kualitas dari keputusan penjadwalan sangat dipengaruhi oleh ketepatan estimasi input-input diatas. Oleh karena itu, pemeliharaan catatan baru tentang status tenaga kerja dan peralatan yang tersedia, dan perubahan kapasitas yang diakibatkan perubahan desain produk atau desain proses menjadi sangat penting. Berikut ini bagan alir proses perencanaan dan penjadwalan produksi :



Gambar 2.3.
Proses Perencanaan dan Penjadwalan Produksi

Sesuai dengan gambar diatas, dapat diketahui bahwa sebelum penjadwalan produksi dilakukan, kita harus membuat peramalan, sampai dengan perencanaan kebutuhan bahan baku. Hal ini dimungkinkan untuk menghindari ketidaksesuaian penjadwalan yang ada dengan penerapan didalam proses produksi. Ketidaksesuaian tersebut dikarenakan persediaan bahan baku yang kurang mendukung, dimana pada saat pembuatan produk akan dilakukan ternyata bahan baku masih kurang persediannya. Kejadian tersebut sangat mengganggu penjadwalan yang membuat proses produksi menjadi terlambat.

Perencanaan produksi dimulai dengan meramalkan permintaan secara tepat sebagai input utamanya. Selain peramalan, input-input permintaan produk tersebut juga harus memasukkan pesanan-pesanan aktual yang telah dijanjikan, kebutuhan spare part dan service, kebutuhan persediaan gudang dan penyesuaian tingkat persediaan yang telah ditentukan. Dalam sistem produksi job shop, semua jenis pesanan harus segera dibuat dimana kapasitas yang dimiliki perusahaan sudah diketahui. Karena dalam menerima pesanan atau job, sudah ditentukan due date atau batas akhir penyelesaian produk yang akan dibuat.

Kemudian merencanakan kebutuhan produksi harian, mingguan, bulanan dan tahunan bagi kelompok-kelompok produk sebagaimana yang telah diperkirakan dalam peramalan permintaan. Setelah perencanaan dibuat, maka hasilnya akan diintegrasikan kedalam kebutuhan-kebutuhan berdasarkan tahapan waktu untuk masing-masing jenis produk. Perencanaan ini disebut dengan Jadwal Induk Produksi (*Master Production Scheduling*). Kata produk dapat diasumsikan dengan job, dimana dalam sistem job shop setiap jenis pesanan dinamakan job. Dalam membuat penjadwalan induk produksi, dari beberapa produk atau job harus dipilih urutan job yang akan dibuat. Jadwal Induk Produksi bukan merupakan peramalan, tetapi merupakan suatu jadwal yang berisikan informasi tentang kapan produksi harus dilakukan.

Perencanaan kapasitas kasar dibuat untuk menganalisa kapasitas pabrik pada titik-titik kritis dari proses produksi berdasarkan jadwal induk produksi yang telah dibuat. Perencanaan kapasitas kasar menitikberatkan pada operasi-operasi khusus seperti assambly akhir, pengecatan, dan proses penyelesaian akhir yang

menentukan titik-titik dimana kemacetan kemungkinan besar akan terjadi. Dalam sistem job shop, kenacetan pada saat proses produksi berlangsung ditentukan oleh jumlah mesin dan waktu proses yang terjadi pada mesin tersebut. Penjadwalan produksi dibuat dengan mengasumsikan kemacetan akibat kerusakan mesin tidak terjadi.

2.3.3. Jenis Penjadwalan

Dari struktur jenisnya, sistem penjadwalan dipengaruhi oleh situasi tertentu sehingga model penjadwalan menurut Arum Primasari (2000) dibedakan atas keadaan sebagai berikut :

1. Berdasarkan mesin yang menangani, dibedakan atas : proses dengan mesin tunggal dan proses dengan mesin jamak.
2. Berdasarkan pola kedatangan pekerjaan, dibedakan atas :
 - a) *Statis*, apabila sejumlah n pekerjaan datang secara serentak dan siap untuk dikerjakan oleh mesin-mesin yang tidak bekerja.
 - b) *Dinamis*, apabila pekerjaan datang sedikit demi sedikit (tidak tentu) sehingga kadang-kadang bersifat stokastik.
3. Berdasarkan pola aliran proses penjadwalan menurut Kostas N. Dervitsiosis (1981), dibedakan atas :
 - a) *Penjadwalan Flow Shop*, adalah proses perubahan unit output secara terus menerus melalui urutan operasi yang sama pada suatu peralatan khusus dimana proses berjalan sepanjang line produksi. Usaha terbanyak yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu bentuk penjadwalan *flow shop* dilakukan pada tahap desain sistem

produksinya. Pada *flow shop* ini, terjadilah suatu pergerakan unit-unit yang terus menerus melalui suatu rangkaian stasiun-stasiun kerja yang berdasarkan produk. Suatu susunan proses produksi jenis *flow shop* ini dapat diterapkan dengan tepat untuk produk-produk dengan desain yang stabil dan diproduksi secara banyak volume, sehingga investasi dengan tujuan khusus yang digunakan dapat secepatnya kembali.

- b) *Penjadwalan Job Shop*, adalah proses perubahan dimana untuk setiap pesanan unit yang berbeda dikerjakan mengikuti urutan yang berbeda pula dari awal proses berlanjut sampai selesai untuk memenuhi sesuai pesanan pelanggan. Penjadwalan pada proses produksi tipe *job shop* lebih sulit dibandingkan dengan tipe *flow shop*. Hal ini disebabkan oleh tiga hal : Pertama, *job shop* menangani variasi produk yang sangat banyak, dengan pola aliran yang berbeda-beda melalui pusat kerja. Kedua, peralatan pada *job shop* digunakan secara bersama-sama oleh bermacam-macam order dalam prosesnya, sedangkan pada *flow shop* digunakan khusus hanya satu jenis produk. Ketiga, job-job yang berbeda mungkin ditentukan oleh prioritas yang berbeda pula hal ini mengakibatkan order tertentu yang dipilih harus diproses pada saat order tersebut ditugaskan pada suatu pusat kerja.

4. Berdasarkan karakteristik dari parameter penjadwalan, yang dibedakan atas :

- a) *Deterministik*

Model ini dapat dilihat dengan adanya kepastian informasi tentang karakteristik dari parameter yang ada.

b) *Stokastik*

Model stokastik mengandung unsur ketidakpastian informasi tentang karakteristik dari parameter yang ada. Elemen-elemen yang dimaksud adalah :

- Karakteristik pekerjaan dari segi kedatangan, batas waktu penyelesaian dan perbedaan kepentingan di antara tugas.
- Karakteristik tugas dari segi banyaknya operasi, susunan mesin, waktu proses dan kendala lainnya.
- Karakteristik mesin dari segi jumlah dan kapasitas mesin dan fleksibilitas mesin yang dimiliki.

Ada empat parameter notasi yang digunakan untuk mengidentifikasi persoalan penjadwalan menurut Arum Primasari (2000) yakni sebagai berikut :

1. Melukiskan proses kedatangan pekerjaan yang dilukiskan sebagai n , merupakan sesuatu yang berubah-ubah tetapi terbatas. Pada persoalan statis merupakan jumlah dari pekerjaan.
2. Melukiskan jumlah mesin di pabrik dilukiskan sebagai m , merupakan penggambaran jumlah mesin yang berubah-ubah.
3. Melukiskan pola aliran dalam pabrik dimana pola alirannya yang berubah-ubah. Untuk kasus pabrik dengan mesin tunggal tidak ada pola alirannya, sehingga parameter ini dihilangkan.
4. Melukiskan kriteria yang mana penjadwalan akan dievaluasi, yang menyatakan tujuan penjadwalan misalnya meminimumkan waktu menganggur mesin dan sebagainya.

2.3.4. Istilah Dasar Penjadwalan

Beberapa istilah yang digunakan dalam penjadwalan produksi menurut Pinedo (2002) :

1. *Processing Time* (p_{ij})

Adalah penilaian peramalan terhadap berapa lama (waktu) untuk menjadikan suatu pekerjaan itu selesai. Penilaian itu termasuk waktu yang diperlukan untuk persiapan dan waktu untuk memperlakukan bahan sesuai dengan tujuan proses yang bersangkutan.

2. *Ready Time* (r_i)

Waktu pekerjaan datang dalam sistem dengan kata lain waktu awal saat pekerjaan i dapat dimulai untuk diproses.

3. *Due-date* (d_i)

Adalah batas waktu penyelesaian pekerjaan yang tidak dapat dilanggar, apabila dilanggar maka akan benar-benar diperhitungkan kelambatannya, dan dianggap sebagai hukuman atas kelambatan yang terjadi.

4. *Lateness* (L_i)

Adalah selisih antara waktu penyelesaian (*completion time*) dari pekerjaan dan *due-datenya*. Pekerjaan akan bernilai *positif lateness* apabila diselesaikan setelah *due-datenya* dan bernilai *negatif lateness* bila diselesaikan sebelum *due-datenya*.

5. *Earliness* (E_i)

Adalah selisih antara *due date* dengan waktu penyelesaian (*completion time*) dari pekerjaan.

6. *Tardiness* (T_i)

Adalah ukuran dari *positif lateness*. Jika suatu pekerjaan cepat selesai akan mempunyai nilai *negatif lateness* tetapi bernilai 0 *Tardiness*, jika nilai suatu pekerjaan adalah *positif lateness* maka bernilai *positif tardines*.

7. *Slack Time* (SL_i)

Adalah ukuran dari perbedaan antar sisa waktu dari *due-date* dan *processing time* jadi $SL_i = d_i - t_i$.

8. *Completion Time* (C_i)

Adalah waktu antara awalnya pekerjaan pada pekerjaan ke-i dimulai dimana $t = 0$ dan waktu dimana sebuah pekerjaan i telah selesai.

9. *Flow Time* (F_i)

Adalah waktu antara batas dimana suatu pekerjaan siap diproses dan batas pekerjaan telah lengkap / selesai. Jadi merupakan penjumlahan dari *processing time* dan waktu dimana pekerjaan menunggu untuk diproses.

10. *Makespan* (C_{\max})

Adalah total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kumpulan job.

Ukuran keberhasilan penjadwalan dari suatu pelaksanaan aktivitas penjadwalan adalah meminimalkan kriteria-kriteri sebagai berikut :

1. Rata-rata waktu alir (*Mean Flow Time*)
2. *Makespan*

3. Rata-rata kelambatan positif (*Mean Tardiness*)
4. Jumlah job yang terlambat (*Number of Tardy*)

Meminimasi makespan dimaksudkan untuk meraih utilisasi yang tinggi baik peralatan maupun sumber daya dengan cara menyelesaikan seluruh job secepatnya. Meminimasi waktu alir akan mengurangi barang setengah jadi, sedangkan meminimalkan jumlah job yang menganggur berarti akan meminimalkan nilai dari maksimum kelambatan.

2.4. PENJADWALAN n TUGAS PADA MESIN TUNGGAL

Masalah pengurutan (*sequencing*) murni adalah suatu persoalan penjadwalan khusus dimana susunan pekerjaan betul-betul menentukan jadwal. Dimana hanya ada satu jenis mesin yang akan mengerjakan sejumlah tugas dalam periode tertentu.

Masalah mesin tunggal yang mendasar ditandai oleh kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Satu set dari sejumlah n tugas (*task*) yang independen siap diproses pada saat nol
2. Waktu set-up pekerjaan termasuk dalam waktu penyelesaian pekerjaan (*processing time*)
3. Perincian pekerjaan (*job*) diketahui kemajuannya
4. Satu mesin dapat digunakan terus menerus dan tidak pernah mengganggu
5. Sekali suatu pekerjaan diproses, maka harus diselesaikan tanpa interupsi

Penjadwalan n tugas pada mesin tunggal bertujuan untuk mendapatkan minimum rata-rata *flow time*. Pencapaian tujuan dilakukan dengan menerapkan aturan prioritas penjadwalan sebagai aturan pemilihan prioritas pekerjaan berdasarkan kedatangannya dalam sistem.

Adapun prosedur pembentukan jadwal pada mesin tunggal adalah sebagai berikut :

- Langkah pertama sehubungan parameter-parameter pekerjaan yaitu berupa informasi dasar sebagai variabel-variabel yang digunakan dalam proses pengurutan dan penjadwalan job yakni :

i : Menunjukkan job, $i = 1, \dots, n$

j : Menunjukkan mesin, $j = 1, \dots, m$

p_{ij} : Processing Time (Waktu Proses) job i pada mesin j

d_i : due date (Batas Waktu Proses) job i

r_i : Ready Time (Waktu Awal Proses) job i dikerjakan

C_i : Completion Time (Waktu Selesai Proses) job i

F_i : Flow Time (Waktu Alir Proses) job i , dimana $F_i = C_i - r_i$

W_i : Waiting Time (Waktu Menunggu) job i , dimana $W_i = C_i - \sum_j p_{ij}$

L_i : Lateness (Keterlambatan) job i , dimana $L_i = C_i - d_i$

E_i : Earliness job i , dimana $E_i = \max\{-L_i = -\{C_i - d_i\}, 0\}$

T_i : Tardiness (Ukuran Kelambatan) job i , dimana $T_i = \max\{L_i = C_i - d_i, 0\}$

U_i : Unit Penalty Job i , dimana $U_j = \begin{cases} 1 & \text{jika } C_i > d_i \\ 0 & \text{jikasebaliknya} \end{cases}$

$$\bar{F} : \text{Mean Flow Time, } \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$$

$$\bar{C} : \text{Mean Completion, } \bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i$$

$$\bar{E} : \text{Mean Earliness, } \bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

$$\bar{T} : \text{Mean Tardiness, } \bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$$

$$F_{\max} : \text{Maximum Flow Time, } F_{\max} = \max F_i$$

C_{\max} : Maximum Completion Time atau Makespan,

$$C_{\max} = \max_i \{C_i\} = \max_i \left\{ \sum_{s=1}^i p_s \right\}$$

$$E_{\max} : \text{Maximum Earliness, } E_{\max} = \max E_i$$

$$T_{\max} : \text{Maximum Tardiness, } T_{\max} = \max T_i$$

Jika kita asumsikan bahwa waktu antara awalnya pekerjaan (*ready time*) pada pekerjaan ke- i dimulai dimana $t=0$ maka $F_i = C_i$, hal ini bisa ditunjukkan sebagai berikut dari persamaan $F_i = C_i - r_i$ dimana akibat dari $t=0$ maka $r_i = 0$ sehingga persamaannya menjadi

$$\begin{aligned} F_i &= C_i - r_i \\ F_i &= C_i - 0 \\ F_i &= C_i \end{aligned} \tag{2.1}$$

karena flow time dan completion time mempunyai nilai yang sama, dari persamaan (2.1) dapat dicari mean flow time yaitu :

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (2.2)$$

Misal $[i]$ menunjukkan urutan ke- i dari pekerjaan di urutan (*sequence*) job dalam

proses produksi $C_{[i]} = \sum_{r=1}^i p_{[r]}$, maka pernyataan (2.2) menjadi

$$\begin{aligned} \bar{F} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^i p_{[r]} \\ &= n^{-1} [np_{[1]} + (n-1)p_{[2]} + (n-2)p_{[3]} + \dots + 1 \cdot p_{[n]}] \end{aligned} \quad (2.3)$$

karena setiap job harus sesuai dalam penempatan dari $[1]$ sampai $[n]$ job, bahwa penempatan job yang terbaik kita letakkan job yang mempunyai waktu proses terkecil pada posisi pertama, job yang mempunyai waktu proses terkecil berikutnya ditempatkan pada posisi kedua dan seterusnya, akibatnya akan mempengaruhi Rata-rata waktu alir sehingga akan meminimalkan waktu alir (Conway dkk. [1967], hal . 27). Ini dibuktikan dengan teorema 2.4.1.

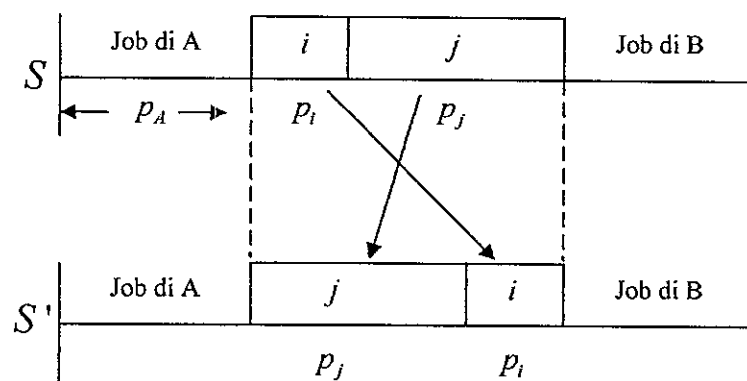
Theorema 2.4.1.

Setiap urutan job (*sequence*) pada mesin tunggal dengan sifat $p_{[1]} \leq p_{[2]} \leq \dots \leq p_{[n]}$ adalah meminimalkan rata-rata waktu alir (*Mean Flow Time*).

Bukti :

Terdapat penjadwalan dengan dua urutan job (*sequence*) yang dapat berubah, yaitu S dan S' . Urutan job ini adalah identik atau sama (mempunyai panjang job yang sama) kecuali untuk dua job i dan j yang saling berbatasan,

dimana pada urutan job S' , job i dan j bertukar posisi dan $p_{[i]} \leq p_{[j]}$. Job yang terdapat sebelum job i dan j didefinisikan sebagai job yang terdapat pada bagian A dan sesudahnya adalah job yang terdapat pada bagian B. Dua urutan job dapat dilihat pada gambar 2.4. Dari gambar dapat dilihat bahwa job yang terdapat pada bagian A dan B mulai start proses dan penyelesaian proses mempunyai waktu yang sama di kedua urutan job yakni S dan S' , akibatnya waktu alir (*Flow Time*) keduanya sama, yang berbeda hanya urutan job i dan j yang berbeda posisi. Maka rata-rata waktu alir untuk setiap urutan job ditunjukkan dengan gambar 2.4.



Gambar 2.4. Penjadwalan dua urutan job, S dan S'

- Untuk urutan job S

$$\begin{aligned} \bar{F}_S &= \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{\substack{\forall k \\ \text{di A dan B}}} F_{k,s} \right) + F_{i,s} + F_{j,s} \right] \\ &= \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{\substack{\forall k \\ \text{di A dan B}}} F_{k,s} \right) + (p_A + p_i) + (p_A + p_i + p_j) \right] \end{aligned}$$

- Untuk urutan job S'

$$\begin{aligned}\bar{F}_{s'} &= \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{\substack{\forall k \\ \text{di } A \text{ dan } B}} F_{k,s'} \right) + F_{j,s'} + F_{i,s'} \right] \\ &= \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{\substack{\forall k \\ \text{di } A \text{ dan } B}} F_{k,s'} \right) + (p_A + p_j) + (p_A + p_j + p_i) \right]\end{aligned}$$

dengan mengurangi rata-rata flow time S dan S' kita mendapatkan

$$\bar{F}_s - \bar{F}_{s'} = \frac{1}{n} [p_i - p_j]$$

mengingat bahwa $p_{[i]} \leq p_{[j]}$, maka

$$\bar{F}_s - \bar{F}_{s'} = \frac{1}{n} [p_i - p_j] < 0$$

$$\bar{F}_s < \bar{F}_{s'} \quad (2.4)$$

pernyataan (2.4) mengindikasikan bahwa rata-rata flow time dari urutan job S kurang dari urutan job S' , karena di S job i dan j pengurutannya mendahului yang mempunyai waktu proses terkecil. \square

Contoh : Berikut ini diberikan suatu urutan job yang mempunyai waktu proses sebagai berikut dalam satuan jam.

Job	Waktu Proses
1	21,4
2	5,7
3	16,2
4	8,4
5	9
6	11,2

Penyelesaiannya :

Langkah 1 : Urutkan job yang mempunyai waktu proses terkecil sampai dengan terbesar.

Langkah 2 : Hitung waktu completion (waktu alir).

Job	Waktu Proses	Waktu alir
2	5,7	5,7
4	8,4	14,1
5	9	23,1
6	11,2	34,3
3	16,2	50,5
1	21,4	71,9

Langkah 3 : Hitung rata-rata flow time dengan rumus (2.2)

$$\begin{aligned}\bar{F} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \\ &= \frac{5,7 + 14,1 + 23,1 + 34,3 + 50,5 + 71,9}{6} = 33,27 \text{ jam}\end{aligned}$$

Langkah 4 : Hitung rata-rata flow time dengan rumus (2.3)

$$\begin{aligned}\bar{F} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^i p_{[r]} \\ &= n^{-1} \left[np_{[1]} + (n-1)p_{[2]} + (n-2)p_{[3]} + \dots + 1 \cdot p_{[n]} \right] \\ &= \frac{6(5,7) + 5(8,4) + 4(9) + 3(11,2) + 2(16,2) + 21,4}{6} = 33,27 \text{ jam}\end{aligned}$$

Langkah 5 : Harus didapatkan nilai yang sama antara langkah 3 dan langkah 4.

Kita dapat mengestimasi rata-rata jumlah job (\bar{N}) pada mesin tunggal.

Persamaan (2.5) juga mengindikasikan rata-rata jumlah job dalam proses selanjutnya yang disebut sebagai WIP (*Work In Process*).

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n p_i = C_{\max}(\text{makespan})} \quad (2.5)$$

dari persamaan (2.5) didapat bahwa rata-rata jumlah job yang bekerja atau work in process pada mesin tersebut adalah :

$$\bar{N} = \frac{5,7 + 14,1 + 23,1 + 34,3 + 50,5 + 71,9}{71,9} = 2,78 \text{ job}$$

- Langkah selanjutnya adalah membuat penjadwalan tugas untuk menentukan tugas manakah yang dapat didahulukan. Dalam penyusunan jadwal ini digunakan beberapa aturan prioritas sebagai berikut

1. FCFS (Pertama datang Pertama Dilayani)

Aturan ini mendahulukan job yang pertama kali datang yang akan dikerjakan terlebih dahulu. Metode penjadwalan ini tidak mengacu pada performance penjadwalan.

2. EDD (Metode Waktu Penyelesaian Tercepat)

Metode ini bertujuan untuk meminimumkan kelambatan positifnya (T). Penjadwalan dilakukan dengan mendahulukan tugas yang paling cepat memenuhi batas waktu proses yang sudah disepakati atau jatuh tempo suatu proses produksi dikerjakan (*due date*), sehingga diperoleh urutan tugas sebagai berikut :

$$d_{[1]} \leq d_{[2]} \leq \dots \leq d_{[n]}$$

3. SPT (Metode Waktu Proses Terpendek)

Metode ini bertujuan meminimumkan rata-rata flow time (\bar{F}) dan meminimumkan rata-rata kelambatan (\bar{L}). Langkah yang dilakukan dengan mendahulukan pekerjaan yang mempunyai waktu proses terpendek di antara n tugas atau job yang ada sehingga rata-rata waktu proses dapat diminimumkan dengan diperolehnya urutan tugas sebagai berikut :

$$P_{[1]} \leq P_{[2]} \leq \dots \leq P_{[n]}$$

Untuk meminimumkan rata-rata waktu proses digunakan rumus :

$$\bar{F} = \frac{1}{n} [nt_{[1]} + (n-1)t_{[2]} + \dots + 2t_{[2n-1]} + t_{[n]}]$$

dan untuk meminimumkan rata-rata kelambatan digunakan rumus:

$$\begin{aligned} \bar{L} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - d_i) \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i - \sum_{i=1}^n d_i \\ &= \bar{F} - \bar{d} \end{aligned}$$

Theorema 2.4.2

Setiap urutan job (*sequence*) pada mesin tunggal dengan sifat $d_{[1]} \leq d_{[2]} \leq \dots \leq d_{[n]}$ adalah meminimalkan maksimum lateness.

Bukti :

Dengan bantuan gambar 2.4 kita dapat membuktikan theorema 2.4.2. Jika S adalah pasangan job yang saling berdekatan dan tidak mengikuti aturan EDD misalkan $d_{[i]} \geq d_{[j]}$, sebaliknya jika S' adalah pasangan job yang

saling bertukar posisi mengikuti aturan EDD sedemikian sehingga

$d_{[1]} \leq d_{[2]} \leq \dots \leq d_{[n]}$ dimana :

$$L_{i,s} = p_A + p_i - d_i \qquad L_{j,s} = p_A + p_i + p_j - d_j$$

$$L_{j,s'} = p_A + p_j - d_j \qquad L_{i,s'} = p_A + p_j + p_i - d_i$$

dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa karena $L_{j,s} \geq L_{i,s'}$ dan

$$L_{j,s} \geq L_{j,s'}, \text{ maka } L_{j,s} \geq \max \{L_{i,s'}, L_{j,s'}\}. \square$$

Contoh : Berikut ini diberikan suatu urutan job metode FCFS yang mempunyai waktu proses dan due date sebagai berikut dalam satuan menit

Job	Proses Time	Due Date	Completion Time	Lateness
1	630	3600	630	-2970
2	720	2880	1350	-1530
3	1300	2880	2650	-230
4	360	1440	3010	1570
5	410	2880	3420	540

Dari tabel diatas terlihat bahwa maksimum latenessnya adalah 1570 menit.

Dengan menggunakan metode EDD akan diperlihatkan tabel di bawah ini bahwa maksimum latenessnya menjadi sangat minimal dimana tidak adanya job yang terlambat.

Job	Proses Time	Due Date	Completion Time	Lateness
4	360	1440	360	-1080
5	410	2880	770	-2110
2	720	2880	1490	-1390
3	1300	2880	2790	-90
1	630	3600	3420	-180

Dengan nilai performance penjadwalan sebagai berikut untuk metode FCFS dengan urutan job (1,2,3,4,5) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{mak}(\text{makespan}) &= \sum_{i=1}^5 P_i \\ &= 630 + 720 + 1300 + 360 + 410 = 3420 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MC(\text{mean completion}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^5 C_i \\ &= \frac{630+1350+2650+3010+3420}{5} = 2212 \text{ menit} \end{aligned}$$

- W_{mak} (*maximum waiting time*) dilihat dari waktu menunggu maksimum yang terjadi pada saat proses produksi berlangsung.

Start Time	Stop Time
0	630
630	1350
1350	2650
2650	3010
3010	3420

Dari tabel diatas maka W_{mak} (*maximum waiting time*) = $\max_i W_i$, adalah 3010

menit. Dimana W_i (*waiting time*) = $C_i - \sum_j P_{ij}$.

$$\begin{aligned} MW(\text{mean waiting}) &= \frac{\sum_{i=1}^5 W_i}{n} \\ &= \frac{0+630+1350+2650+3010}{5} = 1528 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML(\text{mean lateness}) &= \frac{\sum_{i=1}^5 (C_i - d_i)}{n} \\ &= \frac{(-2970)+(-1530)+(-230)+1570+540}{5} \\ &= -524 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad ME(\text{mean earliness}) &= \frac{\sum_{i=1}^5 E_i}{n} \\ &= \frac{2970+1530+230+0+0}{5} = 946 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad MT(\text{mean tardiness}) &= \frac{\sum_{i=1}^5 T_i}{n} \\ &= \frac{0+0+0+1570+540}{5} = 422 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad NT(\text{number of tardy}) = 2 \text{ job}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad WIP(\text{work in process}) &= \frac{\sum_{i=1}^5 C_i}{C_{\max}} \\ &= \frac{630+1350+2650+3010+3420}{3420} = 3,234 \text{ job} \end{aligned}$$

Untuk metode EDD dengan urutan job (4,5,2,3,1) nilai performance penjadwalannya dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad C_{\max}(\text{makespan}) &= \sum_{i=1}^5 P_i \\ &= 360 + 410 + 720 + 1300 + 630 = 3420 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad MC(\text{mean completion}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^5 C_i \\ &= \frac{360+770+1490+2790+3420}{5} = 1766 \text{ menit} \end{aligned}$$

- W_{mak} (*maximum waiting time*) dilihat dari waktu menunggu maksimum yang terjadi pada saat proses produksi berlangsung.

Start Time	Stop Time
0	360
360	770
770	1490
1490	2790
2790	3420

Dari tabel diatas maka W_{mak} (*maximum waiting time*) = $\max_i W_i$, adalah 2790

menit. Dimana W_i (*waiting time*) = $C_i - \sum_j P_{ij}$.

- $$MW(\text{mean waiting}) = \frac{\sum_{i=1}^5 W_i}{n}$$

$$= \frac{0+360+770+1490+2790}{5} = 1082 \text{ menit}$$

- $$ML(\text{mean lateness}) = \frac{\sum_{i=1}^5 (C_i - d_i)}{n}$$

$$= \frac{(-1080)+(-2110)+(-1390)+(-90)+(-180)}{5}$$

$$= -970 \text{ menit}$$

- $$ME(\text{mean earliness}) = \frac{\sum_{i=1}^5 E_i}{n}$$

$$= \frac{1080+2110+1390+90+180}{5}$$

$$= 970 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad MT(\text{mean tardiness}) &= \frac{\sum_{i=1}^5 T_i}{n} \\ &= 0 \end{aligned}$$

MT (mean tardiness) 0, artinya tidak ada job yang mengalami keterlambatan dengan kata lain semua job diselesaikan sebelum batas waktu produksi (*due date*).

- $NT(\text{number of tardy}) = 0$ job, artinya jumlah job yang terlambat tidak ada.

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad WIP(\text{work in process}) &= \frac{\sum_{i=1}^5 C_i}{C_{\max}} \\ &= \frac{360+770+1490+2790+3420}{3420} = 2,582 \text{ job} \end{aligned}$$

2.5. PENJADWALAN PRODUKSI DI PT. COCA COLA BOTTLING INDONESIA JAWA TENGAH

PT. Coca Cola Bottling Indonesia Jawa Tengah adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri minuman ringan (*soft drink*). Jenis sistem produksi berdasarkan cara merespon pasar yaitu sistem job order. Hal ini berarti perusahaan baru melakukan proses produksi jika ada permintaan dari pasar dimana untuk menentukan jenis produk yang akan diproduksi melihat permintaan terbesar dari konsumen, selain melihat yang utama yaitu konsumen, perusahaan juga memperhatikan faktor bahan baku dan sumber daya. Sedangkan untuk tipe penjadwalan produksinya adalah tipe job shop. Perusahaan mempunyai empat mesin yaitu line 3 (kecepatannya 150/450 BPM), line 4 (kecepatannya 600 BPM), line 5 (kecepatannya 280/300 BPM) dan line 8 (kecepatannya 800 BPM).

Penggunaan line 800 BPM (*Bottles Per Minute*) dalam proses produksi sangat tinggi dikarenakan line 800 BPM adalah line yang terbaru buatan Jerman serta pengendaliannya semi otomatis dibandingkan line-line yang lain, sehingga tingkat pemakaian serta produktivitasnya sangat diperlukan guna mencapai target tingkat produksi yang diharapkan oleh perusahaan. Line 800 BPM maksimalnya sanggup menghasilkan per menitnya 800 botol. Operator line 800 BPM dalam menjalankannya dipandu oleh sistem komputerisasi yang terdapat pada bagian line 800 BPM. Penulis melakukan pengamatan terhadap line 800 BPM dikarenakan banyaknya job yang dikerjakan pada line 800 BPM sehingga tingkat keterlambatan dalam penyelesaian job proses produksi sering terjadi dengan metode dari perusahaan yakni FCFS (*First Come First Served*).

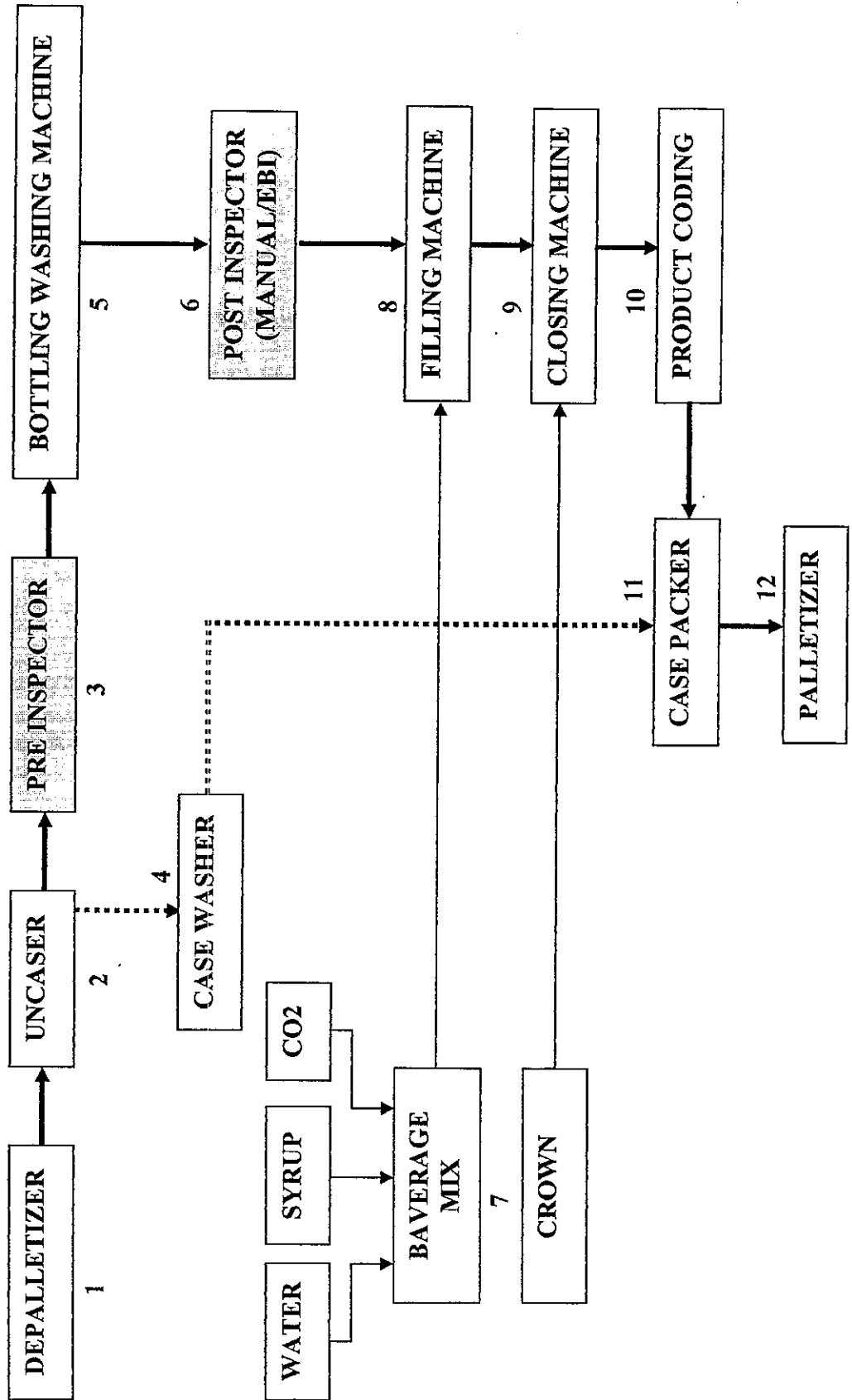
2.5.1. Aliran Proses Produksi Line 800 BPM (*Bottles Per Minute*)

Berikut ini keterangan aliran proses produksi pada line 800 BPM yang dioperasikan perusahaan beserta fungsinya :

Tabel 2.1.
Keterangan Bottling Flowchart Line 800 BPM

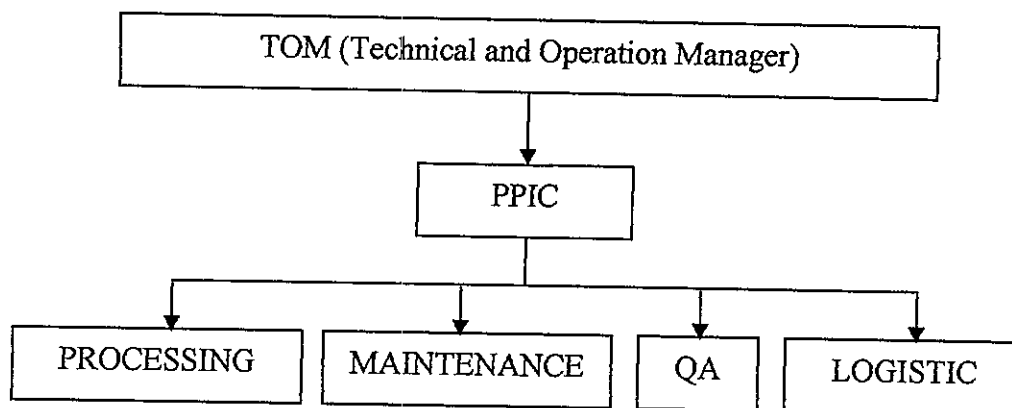
No	Nama Work Center	Fungsi
1	Depalletizer	Adalah suatu material handling otomatis untuk mengambil cases (krat) dari pallet (1 pallet = 45 cases)
2	Uncaser	Material handling untuk mengambil botol kosong dari cases
3	Pre Inspector	Pemeriksaan sebelum botol kosong masuk ke mesin pencuci botol
4	Case Washer	Mesin pencuci cases (krat)
5	Bottle Washing Machine	Mesin pencuci botol kosong
6	Post Inspector (Manual/EBI)	Pemeriksaan akhir botol kosong setelah dari mesin pencuci botol dengan Electronic Bottling Inspection
7	Baverage Mixer	Alat pencampur air, syrup dan CO ₂
8	Filling Machine	Mesin pengisi bahan campuran air, syrup, dan CO ₂ ke botol kosong yang siap diisi
9	Closing Machine	Mesin penutup botol dengan crown (tutup botol)
10	Product Coding	Pemberian kode ke masing-masing botol (kode tanggal dan tahun kadaluarsa, lokasi pabrik pembotolan, jam saat pembotolan, jalur produksi dan regu kerja pada hari produksi)
11	Case Packer	Material handling untuk memasukkan botol isi setelah melewati closing machine ke cases
12	Palletizer	Material handling untuk menyusun cases ke pallet

BOTTLING FLOWCHART LINE 800 BPM (Bottles Per Minute)



2.5.2. Sistem Penjadwalan Produksi di PT CCBI Jawa Tengah

Sistem penjadwalan produksi berjalan dengan melibatkan beberapa bagian departemen yang mempunyai tugas masing-masing. Dalam pelaksanaannya TOM (*Technical and Operation Manager*) membuat kebijakan dalam hal manajemen jalannya operasi produksi dan didukung oleh teknik produksinya. Dibawah TOM pembuat kebijakan selanjutnya adalah logistic and distribution (PPIC) sebagai penentu pembuatan produk perharinya serta produk dibuat pada line berapa, ini berdasarkan ketersediaan bahan baku dari pihak logistik baik bahan baku botol, tutup botol, campuran konsentrasinya serta kesiapan mesin produksi yang disiapkan oleh pihak perawatan dan pemeliharaan mesin (*Maintenance*) agar mesin selalu siap berproduksi, setelah pihak PPIC menentukan jadwal produksi proses produksi siap dilaksanakan yang diawasi oleh processing sebagai pengontrol hasil produksi serta melakukan perhitungan-perhitungan yang berhubungan dengan hasil produksi dan QA (*Quality Assurance*) sebagai pengawas bahan baku produk sebelum dilepaskan ke pasar dan dinikmati oleh konsumen atau layak tidaknya produk hasil proses produksi dikonsumsi. Seperti yang digambarkan oleh bagan alur (Gambar 2.5.) sistem penjadwalan produksi berikut ini.



Gambar 2.5. Sistem Penjadwalan Produksi

Dalam melakukan proses produksi untuk menghasilkan satu unitnya menghasilkan berapa krat (cases) sudah ditentukan oleh perusahaan sebagai patokan untuk menentukan target yang akan dicapai dalam proses produksi dan ini juga sudah ditentukan dalam jadwal produksi.

Berikut ini diberikan tabel 2.2. berdasarkan satuan 1 unit dari konsentrate atau baverage base =cases

Tabel 2.2.
For One Unit Of Concentrate / Baverage Base

Package (Size)	CC	SPR	FPA	FSB	FO	FSW
175 ml	457,14	476,19	-	476,19	476,19	476,19
193 ml	416,23	-	-	-	-	-
200 ml	-	416,67	416,67	416,67	416,67	-
295 ml	270,54	281,82	281,21	281,82	-	281,82
1000 ml	160	166,67	-	166,67	166,67	-

Keterangan :

CC (Coca Cola), SPR (Sprite), FPA (Fanta Pineapple), FSB (Fanta Strawberry),

FO (Fanta Orange), FSW (Fanta Soda Water).

Dalam setiap pergantian job dalam hal ini pergantian rasa maupun ukuran terdapat waktu change over maupun change size dan didalam change over yang berarti pergantian rasa terdapat langkah sanitasi (3 langkah dan 5 langkah) yang mempunyai waktu ± 60 menit untuk sanitasi 3 langkah dan ± 90 menit untuk sanitasi 5 langkah. Berikut ini diberikan tabel matrik langkah sanitasi untuk berbagai jenis produk dan rasa (*flavour*).

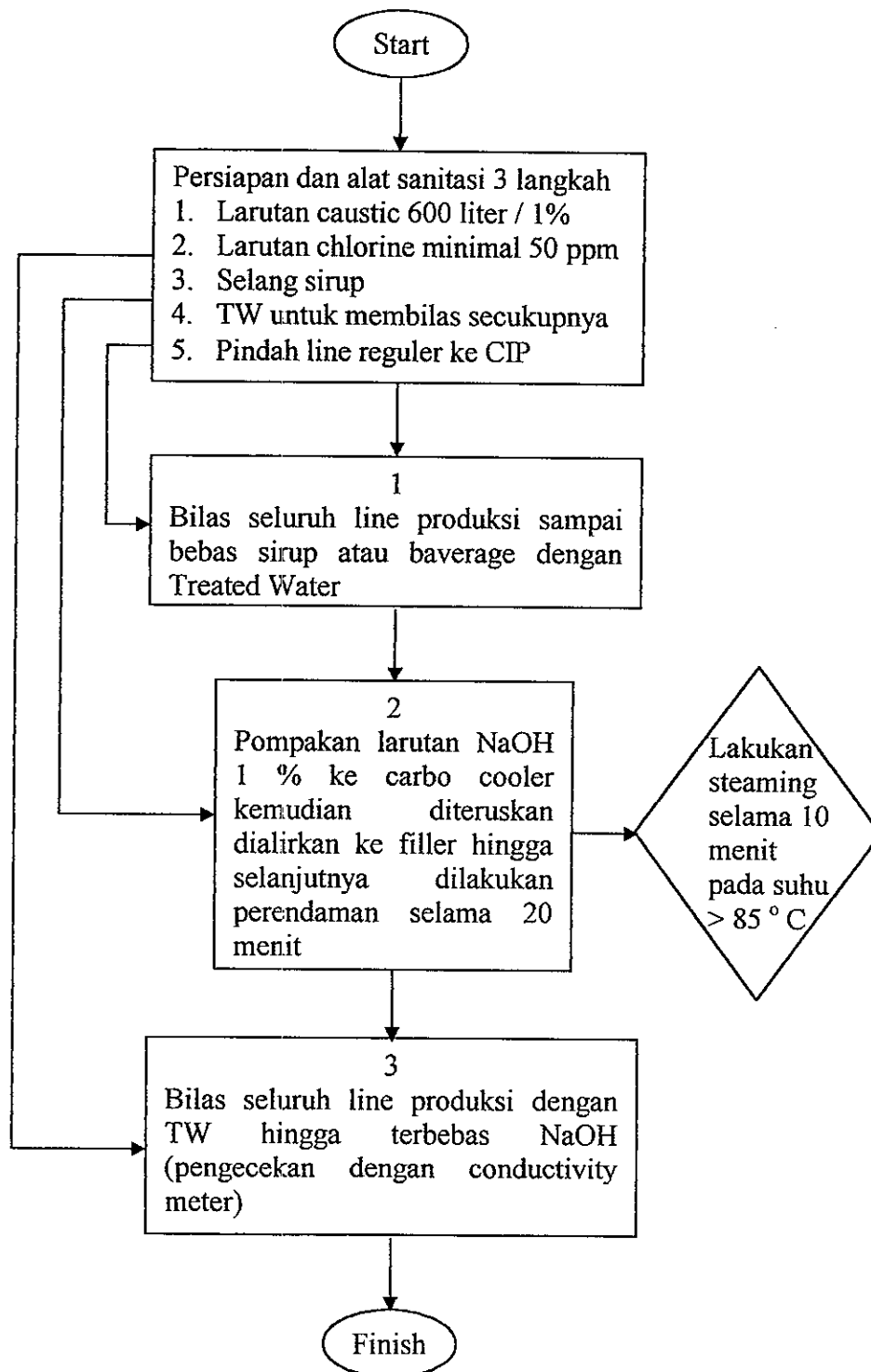
Tabel 2.3.
Matrik Langkah Sanitasi Jenis Produk

Ke Dari	Coke	Diet Coke	Fanta Fruit Punch	Fanta Strawberry	Fanta Orange	Sprite	Fanta Soda Water
Coke	TW	5	3	3	3	3	3
Diet Coke	3	TW	3	3	3	3	3
Fanta Fruit Punch	5	5	TW	5	5	5	5
Fanta Strawberry	5	5	5	TW	5	5	5
Fanta Orange	5	5	3	3	TW	3	3
Sprite	5	5	3	3	3	TW	3
Fanta Soda Water	TW	5	TW	TW	TW	TW	TW

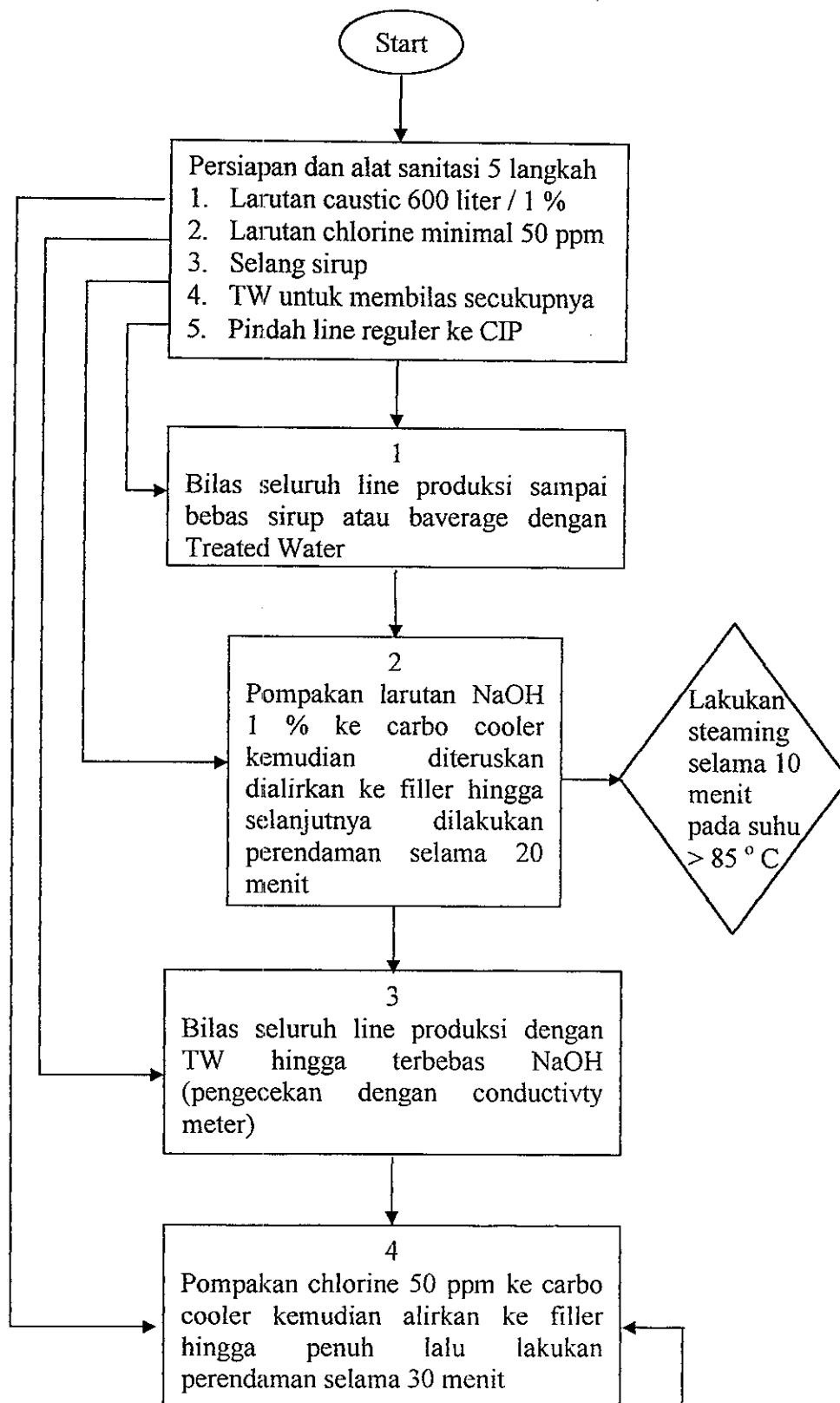
Keterangan : TW (bilas dengan Treated Water), Treated Water adalah air pembilas sirup atau baverage dalam melakukan sanitasi.

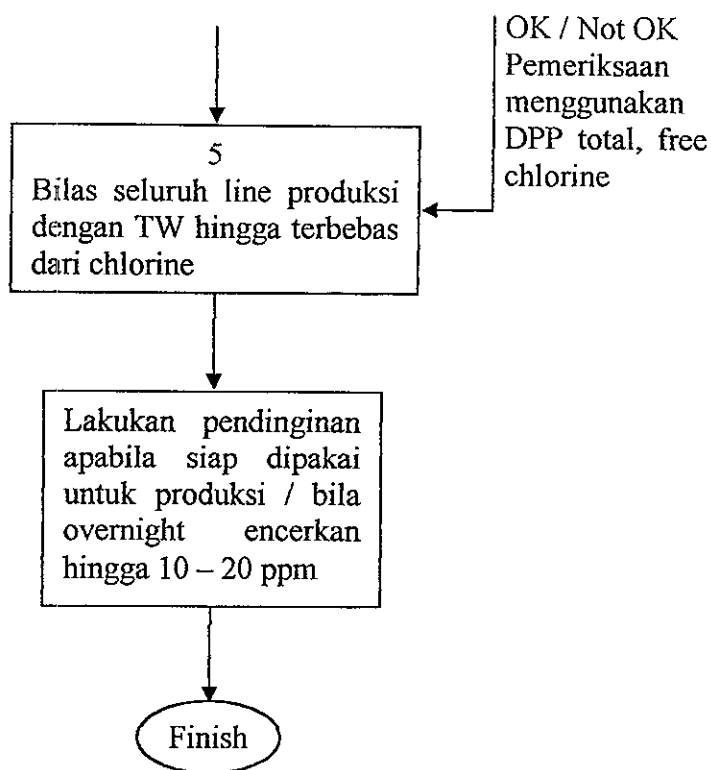
Untuk sanitasi 3 dan 5 langkah masing-masing mempunyai langkah yang berbeda dan disajikan dalam bentuk algoritma urut-urutannya sebagai berikut :

▪ Algoritma sanitasi 3 langkah



▪ Algoritma sanitasi 5 langkah





Keterangan waktu dan proses (spesifikasi) diberikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.4.
Keterangan Waktu dan Proses (Spesifikasi)

No	Proses	Spesifiksai
1	Bilas dengan TW	Taste / App (Normal)
2	Rendam dengan larutan caustic	NaOH 1 % , selama 20 menit
3	Bilas dengan TW	Task / App (Normal), sampai Bebas caustic, selama 10 – 15 menit
4	Rendam dengan larutan chlorine atau dengan air panas	Chlorine 50 ppm, selama 30 menit Atau Temperatur min 85 ⁰ C, selama 30 menit
5	Bilas dengan TW	Task / App (Normal), sampai Bebas chlorine
6	Steam bagian luar Filler	Temperatur min 85 ⁰ C, selama 10 menit
7	Rendam dengan air chlorine	Overnight