

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Edward (1998) menjelaskan bahwa sebuah *work center* terdiri dari banyak jenis mesin, dan pada kenyataannya *work center* lebih sering diindikasikan sebagai mesin dan operator. Setiap pekerjaan yang terdiri dari sumber daya yang dipengaruhi oleh mesin harus dijadwalkan. Apabila sebuah mesin dalam suatu *work center* telah dijadwalkan secara individual, maka masalah penjadwalan akan difokuskan pada level masing-masing mesin. Pada sisi lainnya, jika sebuah *work center* dapat diberlakukan sebagai sumber daya untuk mencapai tujuan penjadwalan, maka dalam menjadwalkan harus mencakup semua sumber daya dalam sebuah *work center*.

Nahmias (2001) menjelaskan bahwa permasalahan penjadwalan pada umumnya adalah menjadwalkan sejumlah pekerjaan pada sejumlah mesin. Kompleksitas permasalahan tersebut tergantung pada berbagai faktor, salah satunya kriteria pengoptimalan yang dipilih. Permasalahan dalam tugas akhir ini adalah belum adanya sistem penjadwalan di dalam perusahaan PT X. Penjadwalan ini dibuat dengan tujuan menghindari kekosongan yang terjadi di *inventory* sementara yang terletak di *plant I* sebelum rantai dirakit (*plant II*) sehingga mencegah terjadinya keterlambatan pengiriman ke pelanggan sesuai dengan *due-date* yang telah ditentukan oleh perusahaan dan pelanggan secara bersama. Baroto (2002) menjelaskan bahwa akibat dari kekosongan tersebut adalah biaya produksi yang menjadi semakin besar dan hal ini dapat menurunkan efektivitas, pelayanan, dan banyak hal lain secara tidak langsung. Penjadwalan dengan teknik penjadwalan EDD sangat cocok digunakan di dalam penyelesaian masalah ini. Menurut Pinedo (2002) bahwa fungsi dari teknik penjadwalan EDD adalah meminimasi keterlambatan dan dapat menyelesaikan masalah individual *due-date*.

Gelogullari dan Logendran (2009) melakukan penelitian untuk menentukan penjadwalan produksi yang bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas dan fleksibilitas di dalam perusahaan manufaktur elektronik dengan sistem produksi *flow shop*. Metode yang digunakan adalah metode penjadwalan kelompok atau *group scheduling*.

Su, Ling-Huey *et al.* (2009) melakukan penelitian untuk menentukan penjadwalan produksi yang bertujuan untuk menghasilkan peningkatan waktu yang lebih optimal dalam sistem produksi *flow shop* untuk meminimasi *makespan*. Metode yang digunakan adalah dengan teknik penjadwalan *Longest Processing Time* (LPT).

2.1. Pengertian Sistem Produksi

Menurut Nasution dan Prasetyawan (2008) sistem produksi merupakan kumpulan dari sub sistem-sub sistem yang saling berinteraksi dengan tujuan mentransformasi *input* produksi menjadi *output* produksi. *Input* produksi berupa bahan baku, mesin, tenaga kerja, modal, dan informasi, sedangkan *output* produksi merupakan produk yang dihasilkan.

2.2. Klasifikasi Sistem Produksi

Menurut Nasution dan Prasetyawan (2008) klasifikasi sistem produksi dibagi menjadi tiga, yaitu:

a. Sistem Produksi Menurut Proses Menghasilkan *Output*

i. Proses Produksi Kontinyu (*Continuous Process*)

Proses ini tidak memerlukan waktu *setup* yang berganti-ganti karena proses ini memproduksi secara terus menerus untuk jenis produk yang sama.

ii. Proses Produksi Terputus (*Intermittent Process/Discrete System*)

Proses ini memerlukan total waktu *setup* yang lebih lama, karena proses ini memproduksi berbagai jenis spesifikasi barang sesuai pesanan. Jenis produk dalam setiap proses diproduksi berbeda-beda sehingga dibutuhkan waktu *setup* yang berbeda.

iii. Proses Produksi Repetitif

Proses produksi repetitif merupakan kombinasi antara proses produksi kontinyu dan proses produksi terputus. Proses ini menggunakan modul-modul. Modul-modul ini merupakan bagian atau komponen yang telah dipersiapkan sebelumnya, biasanya terjadi pada proses kontinyu.

b. Sistem Produksi Menurut Tujuan Operasinya

i. *Engineering To Order* (ETO)

Engineering To Order (ETO) yaitu pemesan yang meminta produsen untuk membuat produk yang dimulai dari proses perancangannya.

- ii. *Assembly To Order (ATO)*

Assembly To Order (ATO) yaitu produsen membuat desain standar dan modul-modul opsinya standar, dan melakukan perakitan suatu kombinasi tertentu dari modul-modul tersebut sesuai dengan pesanan konsumen.
 - iii. *Make To Order (MTO)*

Make To Order (MTO) yaitu produk diproduksi jika terdapat pesanan dari konsumen untuk produk tersebut. Jika produk tersebut bersifat unik dan mempunyai desain yang akan dibuat menurut pesanan, maka konsumen harus bersedia menunggu hingga produsen menyelesaikan produk tersebut.
 - iv. *Make To Stock (MTS)*

Make To Stock (MTO) yaitu produsen membuat produk dan produk tersebut ditempatkan sebagai persediaan sebelum pesanan konsumen diterima. Produk tersebut baru akan dikirim dari persediaannya setelah pesanan konsumen diterima.
- c. Sistem Produksi Aliran Operasi dan Variasi Produk
- i. Aliran Produksi *Flow Shop*

Aliran produksi *flow shop* adalah proses konversi dimana unit-unit *output* secara berturut-turut melalui urutan operasi yang sama pada mesin-mesin khusus, biasanya ditempatkan sepanjang suatu lintasan produksi. Proses ini digunakan untuk produk yang mempunyai desain dasar yang tetap sepanjang waktu yang lama dan ditujukan untuk pasar yang luas, sehingga diperlukan penyusunan bentuk proses produksi *flow shop* yang bersifat *Make To Stock (MTS)*. Bentuk umum proses *flow shop* dapat dibagi menjadi jenis produksi *flow shop* kontinu dan *flow shop* terputus. *Flow shop* kontinu adalah proses bekerja untuk memproduksi jenis *output* yang sama, sedangkan *flow shop* terputus adalah proses kerja secara periodik diinterupsi untuk melakukan *setup* bagi pembuatan produk dengan spesifikasi yang berbeda (meskipun desain dasar yang sama). Setiap siklus produksi, seluruh unit mengikuti urutan yang sama. Proses *flow shop* biasanya disebut juga sistem produksi masal (*Mass Production*).
 - ii. Aliran Produksi *Continuous*

Aliran produksi *continuous* merupakan bentuk ekstrim dari *flow shop* dimana terjadi aliran material yang konstan. Satu lintasan produksi pada proses kontinu hanya dialokasikan untuk satu produk saja.

iii. Aliran Produksi *Job Shop*

Aliran produksi *job shop* merupakan proses konversi dimana unit-unit pesanan yang berbeda akan mengikuti urutan produksi yang berbeda pula dengan melalui stasiun-stasiun kerja yang dikelompokkan berdasarkan fungsinya. Volume produksi tiap jenis produksi sedikit tetapi variasi produknya banyak, lama proses produksi tiap jenis produk agak panjang, dan tidak ada lintasan produksi khusus. Aliran produksi *job shop* bertujuan untuk memenuhi kebutuhan khusus konsumen, biasanya bersifat *Make To Order* (MTO). Kebutuhan aliran produksi *job shop* dalam menangani banyaknya variasi dari desain produk membutuhkan adanya sumber daya mesin dan manusia yang terampil. Waktu proses untuk aliran produksi *job shop* lebih lama karena setiap proses harus dilakukan setup, hal ini disebabkan karena produk yang bervariasi. Kekurangan dari aliran produksi *job shop* adalah waktu pengiriman yang lebih lama, kualitas produk yang lebih variabel, dan biaya yang lebih tinggi dibandingkan aliran *flow shop*.

iv. Aliran Produksi *Batch*

Sistem aliran produksi *batch* merupakan bentuk satu langkah ke depan dibandingkan *job shop* dalam hal standarisasi produk, tetapi tidak terlalu terstandarisasi seperti produk yang dihasilkan pada aliran produksi *flow shop*. Sistem aliran produksi *batch* memproduksi banyak variasi dan *volume* produk, lama produksi untuk tiap produk agak pendek, dan satu lintasan produksi dapat dipakai untuk beberapa tipe produk.

v. Aliran Produksi Proyek

Aliran produksi proyek merupakan proses penciptaan satu jenis produk yang rumit dengan suatu pendefinisian urutan tugas-tugas yang terakhir akan kebutuhan sumber daya dan dibatasi oleh waktu penyelesaiannya. Beberapa fungsi yang mempengaruhi produksi seperti perencanaan, perancangan, pembelian, pemasaran, penambahan personal atau mesin (untuk aliran produksi *flow shop* dan *job shop* dilakukan secara terpisah) harus diintegrasikan sesuai dengan urutan waktu penyelesaiannya, sehingga dicapai penyelesaian yang ekonomis.

2.3. Penjadwalan

Menurut Baker (1974) penjadwalan didefinisikan sebagai pengalokasian sumber daya selama suatu rentang waktu tertentu untuk melakukan sekumpulan tugas. Menurut Narasimhan (1987) tujuan dari penjadwalan adalah mengoptimasi penggunaan sumber daya sehingga tujuan produksi dapat tercapai. Menurut Baroto (2002) penjadwalan yang tidak efektif akan menghasilkan tingkat penggunaan yang rendah dari kapasitas yang sudah tersedia, contohnya seperti fasilitas, tenaga kerja dan *idle* untuk waktu tertentu. *Idle* adalah peralatan kerja yang menunggu. Sebagai akibatnya, biaya produksi menjadi besar dan hal ini dapat menurunkan efektivitas, pelayanan dan banyak hal lain secara tidak langsung. Tugas mengalokasikan kapasitas untuk permintaan atau *order*, *prioritas job*, dan pengendalian jadwal memerlukan informasi terperinci, sebagai *input* untuk membuat keputusan dalam penjadwalan. Informasi ini berupa *operation sheet* (*skill* dan peralatan yang diperlukan, waktu standar, dan lain-lain) serta *bill of material* atau struktur produk (komponen, *part*, dan bahan pembantu). Kualitas penjadwalan yang dibuat sangat ditentukan oleh informasi tersebut (Baroto,2002).

Menurut Baroto (2002) *Input* harus dilengkapi dengan beberapa parameter pembatas dalam kapasitas yang berkaitan, parameter-parameter tersebut sebagai berikut:

- a. Teknologi pemrosesan (urutan aktivitas).
- b. Kemampuan kapasitas (kapasitas normal dan kemampuan maksimal).
- c. Rencana *agregat* untuk:
 - i. Persediaan,
 - ii. Jumlah tenaga kerja,
 - iii. Batasan lembur, subkontrak, dan lain-lain.
- d. Kebutuhan pemeliharaan
- e. Kelayakan dan jumlah persediaan.

2.4. Kriteria-Kriteria dan Faktor-Faktor Penjadwalan

Beberapa kriteria yang sering dipakai dalam pengurutan *job* (pengerjaan *job*) antara lain sebagai berikut (Baroto, 2002) :

- a. *Mean flow time* (MFT) atau rata-rata waktu *job* berada dalam sistem.
- b. *Idle time* atau waktu menganggur dari mesin.
- c. *Mean lateness* atau rata-rata keterlambatan.
- d. *Mean number job in the system* (WIP) atau rata-rata jumlah *job* dalam mesin.

e. *Make-span* atau total waktu penyelesaian seluruh *job*.

Faktor yang mempengaruhi pelayanan (pengerjaan) suatu *job* antara lain (Baroto,2002) :

- a. Jumlah *job* yang harus dijadwalkan,
- b. Jumlah mesin yang tersedia,
- c. Tipe manufaktur (*flow shop* atau *job shop*),
- d. Pola kedatangan *job* (statis atau dinamik).

2.5. Tujuan dan Fungsi Penjadwalan

Bedworth dan Bailey (1987) mengidentifikasi beberapa tujuan dari penjadwalan, sebagai berikut:

- a. Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu sehingga total waktu proses dapat berkurang dan produktivitas meningkat.
- b. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang masih mengerjakan pekerjaan lain.
- c. Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi *penalty cost*. *Penalty cost* adalah biaya keterlambatan dalam pengiriman barang kepada *customer*.
- d. Membantu dalam pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

Penjadwalan produksi memiliki beberapa fungsi dalam sistem produksi, aktivitas-aktivitas fungsi tersebut adalah sebagai berikut (Baroto, 2002):

a. *Loading* (pembebanan)

Loading bertujuan untuk mengkompromikan antara kebutuhan yang diminta dengan kapasitas yang ada, yaitu untuk menentukan fasilitas, operator, dan peralatan.

b. *Sequencing* (penentuan urutan)

Sequencing bertujuan untuk membuat prioritas pengerjaan dalam pemrosesan *order-order* yang masuk.

c. *Dispatching*

Dispatching adalah pemberian perintah-perintah kerja ke tiap mesin atau fasilitas lainnya.

d. Pengendalian kinerja penjadwalan, dengan cara :

- i. Memonitor perkembangan pencapaian pemenuhan order dalam suatu sector.
 - ii. Merancang ulang *sequencing*, bila terjadi kesalahan atau ada prioritas utama baru.
- e. *Updating schedules*
Pelaksanaan jadwal biasanya selalu ada masalah baru yang berbeda dari saat pembuatan jadwal, maka jadwal harus segera di-*update* bila ada permasalahan baru yang perlu diakomodasi.

2.6. Pengertian-Pengertian Yang Digunakan Dalam Penjadwalan

Pengertian dan beberapa definisi yang digunakan dalam penjadwalan sebagai berikut (Bedworth,1987):

a. *Processing Time* (t_1)

Processing time adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan suatu pekerjaan. Waktu untuk persiapan dan pengaturan (*set-up*) selama proses berlangsung sudah termasuk di dalam *processing time*.

b. *Due Date* (D_1)

Due date adalah batas waktu dimana operasi terakhir dari suatu pekerjaan harus selesai.

c. *Slack Time* (SL_1)

Slack Time adalah ukuran dari perbedaan antar sisa waktu dari *due date* dan *processing time*. Rumus *slack time* sebagai berikut:

$$SL_1 = d_1 - t_1 \quad (3.1)$$

d. *Flow Time* (F_1)

Flow time adalah rentang waktu antara satu titik ketika tugas tersebut selesai. *Flow time* sama dengan *processing time* dijumlahkan dengan waktu ketika pekerjaan menunggu sebelum diproses.

e. *Completion Time* (C_1)

Completion time adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan mulai dari saat tersedianya pekerjaan sampai pada pekerjaan tersebut selesai dikerjakan.

f. *Lateness* (L_1)

Lateness adalah selisih antara *completion time* (C_1) dengan *due date* (d_1). Nilai *lateness* negatif disebut *earliness* sedangkan nilai *lateness* positif disebut *tardiness*.

g. *Tardiness* (T_1)

Tardiness adalah selisih antara waktu selesai dengan *due date* untuk *job* yang terlambat.

h. *Makespan* (M)

Makespan adalah total waktu penyelesaian pekerjaan-pekerjaan mulai dari urutan pertama yang dikerjakan pada mesin atau *work center* pertama sampai urutan pekerjaan terakhir pada mesin atau *work center* terakhir.

2.7. Teknik-Teknik Penjadwalan

Pinedo (2002) mengklasifikasikan teknik penjadwalan menjadi beberapa jenis, yaitu penjadwalan mesin tunggal dan penjadwalan mesin paralel. Penjadwalan mesin tunggal dikelompokkan menjadi beberapa jenis, antara lain:

a. Penjadwalan n *job* pada mesin tunggal dengan aturan SPT

Penjadwalan jenis ini digunakan untuk masalah tanpa *due-date*. Penjadwalan dengan aturan SPT berfungsi untuk meminimasi *mean flowtime* dan *mean lateness*.

b. Penjadwalan n *job* pada mesin tunggal dengan aturan EDD

Penjadwalan jenis ini digunakan untuk masalah dengan *individual due date*. Penjadwalan dengan aturan EDD berfungsi untuk meminimasi maksimum *lateness* atau meminimasi maksimum *tardiness*.

c. Penjadwalan n *job* pada mesin tunggal dengan aturan Algoritma Hodgson

Penjadwalan jenis ini digunakan untuk masalah dengan *individual due date*. Penjadwalan dengan aturan Algoritma Hodgson berfungsi untuk meminimasi jumlah *job* yang terlambat.

d. Penjadwalan n *job* pada mesin tunggal dengan aturan Algoritma Wilkerson-Irwin.

Penjadwalan jenis ini digunakan untuk masalah dengan *individual due date*. Penjadwalan dengan aturan Algoritma Algoritma Wilkerson-Irwin berfungsi untuk meminimasi rata-rata keterlambatan.

Penjadwalan mesin paralel dikelompokkan menjadi beberapa jenis, antara lain:

a. Penjadwalan n *job* pada mesin paralel identik

Penjadwalan jenis ini beban akan dialokasikan ke mesin yang kosong terlebih dahulu.

b. Penjadwalan n *job* pada mesin paralel non identik

Penjadwalan jenis ini setiap mesin mempunyai fungsi yang sama tetapi waktu prosesnya berbeda.

c. Penjadwalan n *job* pada mesin *unrelated*

Penjadwalan mesin paralel memiliki beberapa metode yang digunakan, antara lain:

i. Aturan LPT (*Longest Processing Time*)

Tujuan dari penggunaan aturan LPT (*Longest Processing Time*) adalah meminimasi *makespan*.

ii. Aturan SPT (*Shortest Processing Time*)

Tujuan dari penggunaan aturan SPT (*Shortest Processing Time*) adalah meminimasi *completion time*.

iii. Aturan LRPT (*Longest Remaining Processing Time*)

Tujuan dari penggunaan aturan LRPT (*Longest Remaining Processing Time*) adalah meminimasi maksimum *lateness*.

iv. Aturan EDD (*Earliest Due-Date*)

Tujuan dari penggunaan aturan EDD adalah meminimasi maksimum *tardiness* dengan memperhatikan *job* dengan *due-date* terdekat yang dikerjakan terlebih dahulu.

d. Penjadwalan *flow shop*

Menurut Sule (2008) pada penjadwalan *flow shop* terdapat m mesin atau *work centers* di dalam fasilitas dan semua *jobs* yang diproses pada mesin ini dengan urutan yang sama. Menurut Baker (1974) penjadwalan *flow shop* adalah suatu pergerakan unit-unit yang terus menerus melalui suatu rangkaian-rangkaian stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk. Susunan suatu proses untuk produk jenis ini dapat diterapkan dengan tepat untuk produk-produk dengan perancangan yang stabil dan diproduksi dengan jumlah yang besar.

e. Penjadwalan *job shop*

Menurut Sule (2008) pada penjadwalan *job shop* hampir sama dengan penjadwalan *flow shop* tetapi pesanan dikerjakan pada *jobs* yang berbeda-beda. Menurut Ginting (2009) penjadwalan pada proses produksi tipe *job shop* lebih sulit dibandingkan dengan penjadwalan pada proses produksi *flow shop*. Hal ini disebabkan oleh tiga alasan, yaitu :

- i. *Job shop* menangani variasi produk yang sangat banyak, dengan pola aliran yang berbeda-beda pada pusat-pusat kerja.

- ii. Peralatan pada proses produksi *job shop* digunakan bersama sama oleh bermacam-macam pesanan pada prosesnya.
 - iii. *Job* yang berbeda mungkin ditentukan oleh prioritas yang berbeda. Hal ini mengakibatkan produk tertentu yang dipilih harus diproses seketika pada saat pesanan tersebut ditugaskan pada suatu pusat kerja.
- f. Penjadwalan *open shop*
- Menurut Sule (2009) penjadwalan *open shop* adalah proses *job* dimana tidak ada urutan secara pasti pada operasi sehingga *job* yang harus mengikuti operasi.

2.8. Metode Penjadwalan

Menurut Ginting (2009) ada beberapa metode yang digunakan pada strategi penjadwalan, antara lain:

a. Metode *forward scheduling*

Metode *forward scheduling* adalah metode yang menjadwalkan proses kerja dalam setiap sumber daya sejak awal produksi dimulai (saat $t=0$) sampai keseluruhan produk yang direncanakan selesai. Metode *forward* sering dikatakan sebagai penjadwalan operasi yang bergerak searah dengan pergerakan waktu (searah pergerakan jarum jam). Keunggulan penggunaan metode *forward* adalah minimasi *flow time* sedangkan kekurangan dari metode *forward* adalah ada kemungkinan *due date* tidak tepat waktu.

b. Metode *backward scheduling*

Metode *backward scheduling* adalah metode yang menjadwalkan produksi mulai dari batas akhir diselesaikannya keseluruhan produk (*due date*) kemudian bergerak mundur ke belakang sampai didapatkan waktu dimulainya produksi. Keunggulan dari metode *backward* adalah tidak ada produksi yang terlambat (sesuai dengan *due date*) sedangkan kekurangan dari metode ini adalah penjadwalan tidak dapat mendeteksi adanya sumber daya yang menganggur sehingga utilitas sumber daya yang ada tidak dapat digunakan secara maksimum.

2.9. Pengukuran Waktu

Menurut Sतालaksana dkk (1979) pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati pekerja dan mencatat waktu-waktu kerjanya baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan, yaitu

stopwatch, lembar pengamatan, pena atau pensil, dan papan pengamatan. Pengukuran ditujukan untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian pekerjaan yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem kerja terbaik. Pengukuran pendahuluan tahap pertama dilakukan dengan melakukan beberapa kali pengukuran. Tujuannya adalah untuk mengetahui berapa kali tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan. Tingkat ketelitian dan keyakinan ini ditetapkan pada saat menjalankan langkah penetapan dan tujuan pengukuran, setelah itu tiga hal harus mengikutinya yaitu menguji keseragaman data, menghitung jumlah pengukuran yang diperlukan, dan apabila jumlah pengukuran belum mencukupi dilanjutkan dengan pengukuran pendahuluan kedua. Tahap kedua selesai dan harus melakukan tiga hal yang sama seperti diatas, seterusnya sampai jumlah keseluruhan pengukuran mencukupi untuk tingkat ketelitian dan keyakinan yang dikehendaki.

2.10. Uji Keseragaman dan Kecukupan Data

Menurut Sitalaksana dkk (1979) langkah-langkah yang dilakukan untuk uji keseragaman dan kecukupan data adalah sebagai berikut:

- a. Kelompokkan data pengamatan dalam beberapa sub grup.
- b. Hitung harga rata-rata dari harga rata-rata sub grup dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}_i}{k} \quad (3.1.)$$

di mana:

$\bar{\bar{x}}$ = harga rata-rata dari sub grup ke- k

\bar{x}_i = waktu penyelesaian yang terukur selama pengamatan

- c. Hitung standar deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (3.2)$$

di mana:

σ = standar deviasi

- d. Hitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (3.3)$$

di mana:

$\sigma_{\bar{x}}$ = standar deviasi distribusi harga rata-rata sub grup

- e. Tentukan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) dengan rumus sebagai berikut:

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma_{\bar{x}} \quad (3.4)$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma_{\bar{x}} \quad (3.5)$$

Batas kontrol atas dan batas kontrol bawah inilah merupakan batas apakah suatu sub grup seragam atau tidak. Data dinyatakan seragam apabila nilainya berada berada di antara batas-batas tersebut. Langkah selanjutnya jika semua rata-rata sub grup berada dalam batas kontrol adalah menghitung banyaknya pengukuran yang diperlukan yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{\frac{K}{S} \sqrt{N(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (3.6)$$

di mana:

N' = banyaknya data yang harus diamati

K = konstanta untuk tingkat keyakinan tertentu

S = konstanta untuk tingkat ketelitian tertentu

Jika $N' < N$, maka pengamatan cukup, sedangkan jika $N' > N$, maka perlu tambahan data.

Nilai K dan S untuk berbagai tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian dapat dilihat pada Tabel 2.1. dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Nilai K untuk Tingkat Keyakinan Tertentu

| Tingkat Keyakinan | Nilai K |
|-------------------|---------|
| 68% | 1 |
| 95% | 2 |
| 99% | 3 |

Tabel 2.2. Nilai S untuk Tingkat Ketelitian Tertentu

| Tingkat Ketelitian | Nilai S |
|--------------------|---------|
| 5% | 0,05 |
| 10% | 0,10 |

2.11. Perhitungan Waktu Baku

Langkah selanjutnya jika semua data telah memiliki keseragaman yang dikehendaki dan jumlahnya telah memenuhi tingkat-tingkat ketelitian dan

keyakinan yang diinginkan adalah mengolah data tersebut hingga diperoleh waktu baku (Sutalaksana dkk, 1979). Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Hitung waktu siklus rata-rata dengan rumus sebagai berikut:

$$W_s = \frac{\sum x_i}{N} \quad (3.7)$$

di mana x_i dan N mempunyai arti yang sama dengan yang telah dibahas sebelumnya.

- b. Hitung waktu normal dengan rumus sebagai berikut:

$$W_n = W_s \times p \quad (3.8)$$

di mana p adalah faktor penyesuaian.

- c. Hitung waktu baku dengan rumus sebagai berikut:

$$W_b = W_n \times (1 + a) \quad (3.9)$$

di mana a adalah faktor kelonggaran.

2.12. Faktor Penyesuaian dan Kelonggaran

- a. Penyesuaian

Menurut Sutalaksana dkk (1979) selama pengukuran berlangsung, pengukur harus mengamati kewajaran-kewajaran kerja yang ditunjukkan operator. Ketidak-wajaran dapat terjadi selama pengukuran sedang berlangsung, misalnya bekerja tanpa kesungguhan, sangat cepat seolah diburu waktu, atau karena menjumpai kesulitan-kesulitan seperti karena kondisi ruangan yang buruk. Sebab-sebab ini mempengaruhi kecepatan kerja yang berakibat terlalu singkat atau terlalu panjangnya waktu penyelesaian. Hal ini jelas tidak diinginkan karena waktu baku yang dicari adalah waktu yang diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang diselesaikan secara wajar. Beberapa cara untuk menentukan faktor penyesuaian adalah sebagai berikut:

- i. Cara Persentase

Faktor penyesuaian sepenuhnya ditentukan oleh pengukur melalui pengamatannya selama melakukan pengukuran.

- ii. Cara *Shumard*

Cara ini memberikan patokan-patokan penilaian melalui kelas-kelas performansi kerja di mana setiap kelas mempunyai nilai masing-masing, contohnya seperti *super fast*, *fast*, *excellent*, *good*, dan lain-lain.

- iii. Cara *Westinghouse*

Cara *Westinghouse* mengarahkan penilaian pada empat faktor yang dianggap menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja yaitu keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi. Keterampilan merupakan kemampuan mengikuti cara kerja yang ditetapkan. Usaha didefinisikan sebagai kesungguhan yang ditunjukkan atau diberikan operator ketika melakukan pekerjaan yang diberikan. Kondisi kerja adalah kondisi fisik lingkungan kerja seperti pencahayaan, temperatur, dan kebisingan ruangan. Faktor konsistensi perlu diperhatikan karena kenyataan bahwa pada setiap pengukuran waktu angka-angka yang dicatat tidak pernah sama.

Masing-masing faktor mempunyai kelas dengan nilai yang berbeda, yang merupakan penyimpangan terhadap nilai p ($p = 1$). Penyimpangan ini harga p -nya ditambah dengan angka-angka yang sesuai dengan empat faktor di atas.

iv. Cara Objektif

Cara objektif merupakan cara yang memperhatikan dua faktor, yaitu kecepatan kerja dan kesulitan kerja.

b. Kelonggaran

Kelonggaran diberikan untuk tiga hal yaitu untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa *fatigue* (lelah), dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan. Ketiga hal ini merupakan hal-hal yang dibutuhkan oleh pekerja. Oleh karena itu, setelah mendapatkan waktu normal faktor kelonggaran perlu ditambahkan.