

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Aliran produksi yang lancar sangat mendukung ketercapaian jumlah *output* produksi. Aliran produksi ini dapat ditinjau dengan aliran *output* untuk setiap proses. Apabila beban kerja pada suatu proses lebih berat dan proses lainnya lebih ringan, maka proses yang lebih berat tersebut akan menjadi penghambat dalam suatu lini. Beban kerja dan waktu antar stasiun kerja yang terbagi rata dapat menghasilkan aliran produksi yang lancar tanpa adanya waktu tunggu yang signifikan setiap proses.

Salah satu metode yang berguna untuk meratakan beban kerja dan waktu antar stasiun kerja adalah *line balancing* atau keseimbangan lini atau keseimbangan lintasan. Terdapat banyak metode *line balancing* yang terkenal, seperti *Region Approach* (Kilbridge-Wester), *Ranked Positional Weight* (Helgeson-Birnie), *Largest Candidate Rule* dan lain-lain. Metode-metode tersebut dapat digunakan secara bebas sesuai dengan kebutuhan sistem yang ingin ditinjau.

*Line balancing* dapat digunakan dalam berbagai macam industri manufaktur. *Line balancing* ini umumnya digunakan pada departemen *assembly* yang terdapat pada industri manufaktur untuk menyeimbangkan lintasan produksi (Ekoanindiyo dan Helmy, 2017). Metode *line balancing* yang digunakan berbeda sesuai kebutuhan dan keadaan saat penelitian. Terdapat peneliti yang menggunakan beberapa metode *line balancing* untuk kemudian dibandingkan agar mendapat skenario lintasan yang paling tepat tujuan. Di samping itu, terdapat pula penelitian yang hanya menggunakan salah satu metode *line balancing* sehingga skenario lintasan hanya ditentukan dari metode yang dipilih.

Dwicahyani dan Muttaqin (2020) menggunakan *line balancing* pada industri kecil menengah (IKM) dengan bidang usaha mebel atau furniture dengan metode *Largest Candidate Rule*. Hermanto dan Nur (2016) menggunakan *line balancing* pada sebuah perusahaan pembuatan frame, yaitu PT Bitzer Compressors Indonesia dengan membandingkan metode *Largest Candidate Rule*, *Region Approach*, dan *Ranked Positional Weight*. Dwitya (2020) menggunakan *line balancing* pada sebuah perusahaan otomotif bagian perakitan dan lain-lain, yaitu

PT Mercedes-Benz Indonesia juga dengan membandingkan metode *Largest Candidate Rule*, *Region Approach*, dan *Ranked Positional Weight*. Ekoanindiyo dan Helmy (2017) menggunakan *line balancing* pada CV. MJ yang bergerak pada bidang *wooden garden furniture* dengan membandingkan metode Killbridge-Wester (*Region Approach*), dan *Ranked Positional Weight*. Terdapat pula metode Moodie Young dan metode J Wagon yang digunakan Gozali dkk. (2015) dalam penelitiannya sebagai pembanding dua metode lainnya, yaitu metode *Region Approach* (Killbridge Wester), metode *Ranked Positional Weight* (Helgeson-Birnie). Panudju, dkk. (2018) menggunakan *line balancing* pada PT. Tong Hong Tannery Indonesia yang bergerak pada bidang penyamakan kulit asli dengan metode *Ranked Positional Weight*.

Selain penyeimbangan lini dengan metode-metode *line balancing*, ada baiknya juga jika mempertimbangkan faktor-faktor yang memengaruhi operator dalam bekerja, seperti keterampilan, usaha, konsistensi, dan kondisi serta faktor kelonggaran terhadap lingkungan fisik pekerjaannya. Pertimbangan faktor-faktor yang memengaruhi operator dalam bekerja ini dapat menentukan durasi atau lama operator dalam mengerjakan suatu pekerjaan. Dwicahyani dan Muttaqin (2020), Hermanto dan Nur (2016), Sari (2018) serta Dwitya (2020) melakukan penelitian mengenai *line balancing* yang diawali dengan studi waktu. Studi waktu ini dilakukan untuk menentukan waktu baku dari sebuah elemen kerja. Tidak hanya Dwicahyani dan Muttaqin (2020), Hermanto dan Nur (2016), serta Dwitya (2020) yang melakukan studi waktu untuk mengawali metode *line balancing*, akan tetapi hampir semua penelitian terdahulu melakukan studi waktu untuk mengawali metode *line balancing*.

Langkah penelitian yang dilakukan dari para peneliti terdahulu ketika menggunakan metode *line balancing* juga hampir mirip satu sama lain. Langkah penelitian yang dilakukan, yaitu identifikasi proses produksi untuk melihat bagian yang akan diperbaiki, penentuan sampel dan periode data, pengambilan data, melakukan perhitungan dengan metode *line balancing* yang akan digunakan, analisis hasil yang didapat, dan membuat kesimpulan (Rachman dan Santoso, 2019). Pengujian kecukupan dan keseragaman data juga dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diambil sudah cukup dan seragam. Data yang diambil pada penelitian menggunakan metode *line balancing* ini adalah pengukuran waktu siklus dari setiap proses atau pengerjaan tugas dan alur proses pengerjaan suatu tugas (Aripin dan Kurniawan, 2019). Pengujian kecukupan data

akan menunjukkan bahwa data yang diambil sudah mewakili populasi data yang ada. Pengujian keseragaman data menunjukkan bahwa data yang diambil terdapat pada luar batas kontrol (Damayanti dan Marliansyah, 2019). Kemudian, analisis yang dilakukan tergantung berdasarkan jumlah metode *line balancing* yang digunakan dan juga objek penelitian masing-masing.

Hasil penelitian yang dihasilkan dari para peneliti terdahulu juga berbeda-beda. Hermanto dan Nur (2016) mengatakan bahwa Ranked Position Weight (Helgeson Birnie) memiliki nilai *line efficiency* yang paling tinggi atau paling baik. Dwitya (2020) mengatakan bahwa *Largest Candidate Rule* (LCR) merupakan metode terbaik dari ketiga metode yang telah dicoba karena menghasilkan nilai *line efficiency* yang paling tinggi. Gozali dkk. (2015) mengatakan bahwa metode Moodie Young merupakan metode yang paling baik karena memiliki waktu menganggur yang paling rendah. Berdasarkan perbandingan kesimpulan setiap jurnal, metode yang paling baik atau paling cocok akan kembali lagi kepada sistem atau objek yang ditinjau sehingga tidak ada metode yang paling bagus.

### **2.1.2. Penelitian Saat Ini**

Penelitian saat ini melakukan perhitungan waktu baku dan penyeimbangan lintasan produksi pada suatu lini. Penelitian saat ini menggunakan metode *time study* untuk mengetahui waktu baku dari proses penjahitan pada Departemen Sewing PT Mega Putra Garment. Penelitian ini juga akan melakukan penyeimbangan lintasan produksi dengan pengurutan proses operasi menggunakan metode *line balancing*. Penelitian saat ini akan melakukan *line balancing* yang diawali dengan studi waktu seperti yang telah dilakukan oleh Dwicahyani dan Muttaqin (2020), Hermanto dan Nur (2016), serta Dwitya (2017). Penelitian saat ini menggunakan metode *Region Approach* (Kilbridge-Wester), *Ranked Positional Weight* (Helgeson-Birnie), dan *Largest Candidate Rule* dalam menentukan efisiensi lintasan. Selain itu, inisiatif dari penelitian saat ini adalah melakukan penyesuaian hasil perhitungan *line balancing* dengan kondisi pada objek penelitian.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Studi Waktu (*Time Study*)**

Studi waktu atau *time study* merupakan suatu kegiatan pengamatan terhadap pekerja serta pencacatan waktu kerja baik untuk setiap elemen atau siklus (Azizan,

2017). Studi waktu merupakan kegiatan analisis terhadap suatu kerja dengan melakukan pengukuran dan memerhatikan faktor untuk menetapkan pedoman baku mengenai waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaian suatu pekerjaan. Studi waktu bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan perbaikan yang akan dilakukan mengenai kebutuhan waktu dalam penyelesaian suatu pekerjaan.

Terdapat dua cara atau metode dalam pengukuran waktu, yaitu:

a. Pengukuran waktu langsung

Metode pengukuran waktu langsung dilaksanakan dengan cara berhadapan langsung dengan pekerjaan (objek pengukuran) yang berlangsung di tempat kerja. Ada dua metode pengukuran waktu secara langsung, yaitu *stopwatch time study* dan *work sampling*.

b. Pengukuran waktu tak langsung

Metode ini dilakukan dengan menggunakan tabel data waktu dengan waktu-waktu tertentu yang telah ditentukan. Dalam metode ini, peneliti tidak harus berhadapan dengan pelaksanaan pekerjaan yang ingin diukur di tempat kerja.

### **2.2.2. Faktor Penyesuaian dan Kelonggaran**

Menurut Saputra (2020) dalam Wignjosoebroto, (2006), faktor penyesuaian adalah faktor pemberian kesempatan pada operator untuk melakukan pekerjaannya sesuai dengan kondisi masing-masing operator. Salah satu metode penentuan faktor penyesuaian adalah metode *Westinghouse*. Metode *Westinghouse* mempertimbangkan empat pengaruh kewajaran dalam bekerja. Empat pengaruh kewajaran tersebut, yaitu keterampilan kerja (*skill*), usaha dalam bekerja (*effort*), kondisi kerja (*condition*), dan konsistensi dalam bekerja (*consistency*). Nilai dari faktor penyesuaian berdasarkan metode *Westinghouse* disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Faktor Penyesuaian *Westinghouse*

Pengaruh Kewajaran	Skor	Kategori	Lambang
Keterampilan	+0,15	<i>Super skill</i>	A1
	+0,13		A2
	+0,11	<i>Excellent</i>	B1
	+0,08		B2
	+0,06	<i>Good</i>	C1
	+0,03		C2
	0	<i>Average</i>	D
	-0,05	<i>Fair</i>	E1
	-0,10		E2
	-0,16	<i>Poor</i>	F1
	-0,22		F2
	Usaha	+0,13	<i>Excessive</i>
+0,12		A2	
+0,10		<i>Excellent</i>	B1
+0,08			B2
+0,05		<i>Good</i>	C1
+0,02			C2
0		<i>Average</i>	D
-0,04		<i>Fair</i>	E1
-0,08			E2
-0,12		<i>Poor</i>	F1
-0,17	F2		
Kondisi	+0,06	<i>Ideal</i>	A
	+0,04	<i>Excellent</i>	B
	+0,02	<i>Good</i>	C
	0	<i>Average</i>	D
	-0,03	<i>Fair</i>	E
	-0,07	<i>Poor</i>	F

**Tabel 2.1. Lanjutan**

<b>Pengaruh Kewajaran</b>	<b>Skor</b>	<b>Kategori</b>	<b>Lambang</b>
Konsistensi	+0,04	<i>Ideal</i>	A
	+0,03	<i>Excellent</i>	B
	+0,01	<i>Good</i>	C
	0	<i>Average</i>	D
	-0,02	<i>Fair</i>	E
	-0,04	<i>Poor</i>	F

Keterampilan (*skill*) adalah kemampuan pekerja dalam mengikuti cara kerja yang telah ditentukan. Salah satu cara untuk meningkatkan keterampilan dalam bekerja adalah latihan. Berikut ini merupakan deskripsi mengenai hal-hal yang dapat menjadi pertimbangan dalam penentuan penilaian faktor penyesuaian keterampilan (Widagdo, 2020).

a. *Superskill*

- i. Terlihat sangat cocok dengan pekerjaan yang dilakukan
- ii. Pekerjaan diselesaikan dengan sempurna
- iii. Tampak sudah sangat terlatih dalam bekerja
- iv. Gerakan yang dilakukan sangat lancar dan cepat sehingga sulit untuk diikuti
- v. Gerakan yang dilakukan mirip seperti gerakan mesin
- vi. Terlihat sudah terbiasa dengan pekerjaannya dan tanpa perencanaan gerakan

b. *Excellent*

- i. Memiliki kepercayaan diri dalam bekerja
- ii. Terlihat cocok dengan pekerjaannya
- iii. Tampak telah berlatih dengan baik sebelumnya
- iv. Terlihat bekerja secara teliti tanpa banyak pemeriksaan
- v. Tidak melakukan kesalahan gerakan saat bekerja
- vi. Terlihat baik dalam penggunaan peralatan kerja
- vii. Pekerjaan dilakukan cepat tanpa adanya penurunan kualitas hasil kerja
- viii. Bekerja secara cepat dan cermat
- ix. Bekerja secara terkoordinasi dan berirama

c. *Good*

- i. Hasil kerja berkualitas baik
- ii. Terlihat bekerja lebih baik dibanding kebanyakan pekerja lainnya

- iii. Dapat memberi arahan terkait pekerjaan kepada pekerja lain
  - iv. Terlihat cakap dan cukup terlatih dalam bekerja
  - v. Atasan tidak perlu memberi pengawasan terhadap operator
  - vi. Cukup tidak ada keraguan dalam melakukan suatu pekerjaan
  - vii. Bekerja dengan stabil, cepat, dan terkoordinasi
- d. *Average*
- i. Tampak percaya pada diri sendiri
  - ii. Bekerja dengan gerakan yang cukup cepat
  - iii. Tampak masih melakukan perencanaan ketika sebelum memulai pekerjaan
  - iv. Cukup tampak tidak ragu-ragu dalam bekerja
  - v. Pikiran dan gerakan yang dihasilkan terlihat terkoordinasi dengan cukup baik
  - vi. Pekerja tampak cukup terlatih
  - vii. Cukup teliti dalam bekerja
  - viii. Hasil pekerjaan terlihat baik dan memenuhi kriteria secara keseluruhan
- e. *Fair*
- i. Cukup terlatih namun masih belum cukup cakap dalam bekerja
  - ii. Mengenal alat-alat kerja dan lingkungan kerja dengan baik
  - iii. Tampak sudah melakukan perencanaan ketika sebelum memulai pekerjaan
  - iv. Kurang percaya diri dalam bekerja
  - v. Pekerjaan yang dilakukan dirasa kurang cocok dengan kepribadian pekerja
  - vi. Tidak selalu yakin mengenai apa yang harus dilakukan selanjutnya
  - vii. Sebagian waktu terbuang karena kesalahan yang telah dilakukan
  - viii. Hasil kerja akan kurang baik jika tidak bekerja sungguh-sungguh
- f. *Poor*
- i. Tangan dan pikiran tidak terkoordinasi dengan baik
  - ii. Gerakan kerja kaku
  - iii. Tidak yakin dalam melakukan urutan gerakan
  - iv. Tampak tidak terlatih
  - v. Tidak cocok dengan pekerjaan yang dilakukan
  - vi. Ragu dalam bekerja
  - vii. Sering salah dalam melakukan pekerjaan
  - viii. Tidak ada kepercayaan diri
  - ix. Tidak inisiatif

Usaha (*effort*) adalah penilaian terhadap operator berdasarkan tingkat kesungguhannya yang ditunjukkan dalam bekerja. Berikut ini merupakan deskripsi hal-hal yang dapat menjadi landasan atau alasan dalam penentuan penilaian faktor penyesuaian usaha (*effort*) (Widagdo, 2020).

a. *Excessive*

- i. Pekerja melakukan pekerjaan secara cepat yang sangat berlebihan
- ii. Terlalu bekerja keras sehingga dapat membahayakan kesehatan
- iii. Tidak dapat mempertahankan kecepatan kerja untuk sepanjang hari

b. *Excellent*

- i. Tampak sangat cepat dalam bekerja
- ii. Sangat ekonomis dalam bergerak dibandingkan dengan operator lain
- iii. Sangat perhatian terhadap pekerjaan
- iv. Banyak memberi saran dan menerima saran dengan senang
- v. Bangga atas kelebihannya
- vi. Sangat jarang melakukan kesalahan dalam gerakan kerja
- vii. Bekerja secara sistematis
- viii. Perpindahan elemen tidak terlihat karena sangat lancar

c. *Good*

- i. Sangat sedikit mengganggu bahkan sampai tidak ada mengganggu
- ii. Perhatian terhadap pekerjaan
- iii. Senang pada pekerjaan yang dilakukan
- iv. Memiliki kecepatan kerja yang cenderung konstan
- v. Mampu memberi serta menerima saran dengan baik
- vi. Tempat kerja bersih dan rapi
- vii. Pemilihan alat kerja selalu tepat dan penggunaan alat baik
- viii. Dapat menjaga kondisi peralatan dengan baik

d. *Average*

- i. Pekerjaan dilakukan dengan stabil
- ii. Saran mau diterima olehnya tetapi tidak melakukan saran yang diberikan
- iii. Melakukan perencanaan sebelum bekerja

e. *Fair*

- i. Saran yang diberikan kepada pekerja diterima dengan kesal
- ii. Terkadang tidak perhatian pada pekerjaan
- iii. Asal-asalan dalam bekerja

- iv. Tenaga yang dikeluarkan operator masih kurang dibandingkan dengan tenaga yang diperlukan sesungguhnya
- v. Sedikit menyimpang dari cara kerja standar
- vi. Tidak selalu tepat dalam penggunaan alat kerja
- vii. Gerakan yang dilakukan tidak terencana dengan baik

f. *Poor*

- i. Waktu banyak terbuang
- ii. Tampak tidak minat bekerja
- iii. Saran tidak diterima
- iv. Malas serta lambat dalam melakukan pekerjaan
- v. Melakukan gerakan yang tidak diperlukan saat bekerja
- vi. Tempat kerja kotor dan berantakan
- vii. Tidak peduli terhadap kecocokan alat yang digunakan dalam bekerja

Kondisi kerja (*condition*) merupakan situasi atau keadaan fisik lingkungan pekerjaan yang digunakan pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Kondisi fisik lingkungan pekerjaan yang dipertimbangkan antara lain pencahayaan, suhu, kebisingan, dan lain-lain. Kondisi kerja dikatakan *ideal* apabila situasi atau keadaan fisik lingkungan kerja sangat baik dan sangat mendukung untuk melakukan pekerjaan sehingga pekerja dapat bekerja dengan maksimal. Sebaliknya, kondisi kerja dikatakan *poor* apabila situasi atau keadaan fisik lingkungan kerja sangat buruk dan sangat menghambat pelaksanaan pekerjaan sehingga pekerja tidak dapat bekerja dengan maksimal.

Konsistensi (*consistency*) merupakan waktu penyelesaian pekerjaan yang bervariasi. Waktu penyelesaian pekerjaan tergantung dari masing-masing sifat atau karakteristik pekerja. Konsistensi dikatakan *poor* apabila kebanyakan waktu penyelesaian pekerjaan dari seorang pekerja memiliki selisih jauh dari rata-rata waktu penyelesaian.

Menurut Saputra (2020 dalam Satalaksana (2006), faktor kelonggaran adalah faktor yang diperlukan oleh pekerja untuk melakukan kebutuhan pribadi, menghilangkan lelah, dan hambatan yang tak terduga dalam bekerja. Tabel 2.2. menunjukkan penilaian terhadap faktor kelonggaran.

**Tabel 2.2. Faktor Kelonggaran**

Faktor	Contoh Pekerjaan	Kelonggaran (%)		
		Ekuivalen Beban (kg)	Pria	Wanita
<b>A. Tenaga yang Dikeluarkan</b>				
1. Dapat diabaikan	Pekerjaan dilakukan di meja, duduk	Tanpa beban	0,0-6,0	0,0-6,0
2. Sangat ringan	Pekerjaan dilakukan di meja, berdiri	0,00-2,25	6,0-7,5	6,0-7,5
3. Ringan	Seperti menyekop	2,25-9,00	7,5-12,0	7,5-12,0
4. Sedang	Seperti mencangkul	19,00-27,00	12,0-19,0	16,0-30,0
5. Berat	Mengayun benda berat	27,00-50,00	19,0-30,0	
6. Sangat berat	Memikul beban	Di atas 50	30,0-50,0	
7. Luar biasa berat	Memikul beban berat			
<b>B. Sikap Kerja</b>				
1. Duduk	Pekerjaan ringan, duduk		0,00-1,0	
2. Berdiri diatas 2 kaki	Posisi tegak berdiri dengan dua kaki		1,0-2,5	
3. Berdiri diatas 1 kaki	Satu kaki mengoperasikan alat		2,5-4,0	
4. Berbaring	Bagian samping/sisi, belakang atau depan badan		2,5-4,0	
5. Membungkuk	Posisi bungkuk dengan tumpuan kedua kaki		4,0-10	
<b>C. Gerakan Kerja</b>				
1. Normal	Lengan berayun bebas		0	
2. Agak terbatas	Gerakan lengan terbatas		0-5	
3. Sulit	Menggunakan satu tangan sambil membawa beban berat		0-5	
4. Anggota-anggota badan bergerak terbatas	Pekerjaan dengan tangan di atas kepala		5 - 10	
5. Seluruh anggota badan bergerak terbatas	Melakukan pekerjaan di dalam lorong sempit		10 - 15	

Tabel 2.2. Lanjutan

<b>D. Kelelahan Mata *)</b>		<b>Pencahayaan Baik</b>	<b>Buruk</b>	
1. Pandangan yang terputus-putus	Membawa alat ukur	0,0-6,0	0,0-6,0	
2. Pandangan yang hampir terus-menerus	Pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi	6,0-7,5	6,0-7,5	
3. Pandangan terus-menerus dengan fokus berubah-ubah	Pemeriksaan kecacatan	7,5-12,0 12,0-19,0	7,5-16,0	
4. Pandangan terus-menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti	19,0-30,0 30,0-50,0	16,0-30,0	
<b>E. Keadaan Temperatur Tempat Kerja**)</b>		<b>Temperatur (°Celcius)</b>	<b>Keadaan Normal</b>	<b>Berlebihan</b>
1. Beku (sangat rendah)		Dibawah 0	Diatas 10	Diatas 12
2. Rendah		0 - 13	10 - 0	12 - 5
3. Sedang		13 - 22	5 - 0	8 - 0
4. Normal		22 -28	0 - 5	0 - 5
5. Tinggi		28 -38	5 - 40	0 - 8
6. Sangat tinggi		Di atas 38	Di atas 40	Di atas 100
<b>F. Keadaan Atmosfer ***)</b>		<b>Kelonggaran (%)</b>		
1. Baik	Ruangan memiliki ventilasi yang baik, udara segar	0		
2. Cukup	Ventilasi udara kurang baik, ada bau-bauan tapi tidak berbahaya	0 - 5		
3. Kurang Baik	Ada debu beracun, atau ada banyak debu tidak beracun	5 - 10		
4. Buruk	Ada bau-bauan berbahaya sehingga mewajibkan penggunaan alat bantu pernafasan	10 - 20		

Tabel 2.2. Lanjutan

G. Keadaan Lingkungan yang Baik	Kelonggaran (%)
1. Bersih, sehat, cerah dengan tingkat kebisingan rendah	0
2. Siklus kerja berulang antara 5 sampai 10 detik	0 - 1
3. Siklus kerja berulang antara 0 sampai 5 detik	1 - 3
4. Terdapat suara yang angat bising	0 - 5
5. Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat memperburuk kualitas	0 - 5
6. Terdapat getaran pada lantai dan terasa	5 - 10
7. Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan,dll)	5 - 15

Keterangan:

\*) Kontras warna seharusnya diperhatikan.

\*\*) Tergantung pada keadaan ventilasi udara lingkungan kerja.

\*\*\*) Dipengaruhi oleh ketinggian tempat kerja dari permukaan laut dan keadaan iklim.

Catatan kelonggaran kebutuhan pribadi:

Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi dibedakan berdasarkan jenis kelamin.

Kelonggaran untuk pria = 0 - 2,5%

Kelonggaran untuk wanita = 2 - 5,0%

### 2.2.3. Uji Keseragaman Data

Data yang baik adalah data yang seragam. Untuk mengecek data sudah seragam, uji keseragaman data perlu dilakukan. Data yang seragam berarti seluruh data yang diambil berada di antara batas kendali atas dan batas kendali bawah. Uji keseragaman data diawali dengan mengelompokkan data dalam subgrup dan menghitung rata-rata dari subgrup. Kemudian, standar deviasi subgrup perlu dihitung untuk menghitung batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) (Siswanto, 2021).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (2.1)$$

Rumus BKA dan BKB adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} BKA &= \bar{X} + K\sigma_{\bar{X}} \\ BKB &= \bar{X} - K\sigma_{\bar{X}} \end{aligned} \quad (2.2)$$

### 2.2.4. Uji Kecukupan Data

Data dianggap cukup apabila jumlah data teoritis hasil uji kecukupan data lebih kecil dibandingkan dengan jumlah data pengamatan aktual yang telah diambil di lapangan ( $N' < N$ ). Berikut merupakan rumus perhitungan pengujian kecukupan data (Siswanto, 2021).

$$N' = \left[ \frac{K/s \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2 \quad (2.3)$$

Keterangan:

$N'$  = uji kecukupan data

$K$  = tingkat keyakinan

$s$  = tingkat ketelitian

$x_i$  = data ke- $i$

Tingkat keyakinan dan ketelitian harus ditetapkan dalam melakukan suatu penelitian. Tingkat ketelitian ditetapkan untuk membatasi persentase maksimal dari penyimpangan hasil pengukuran data yang sebenarnya. Kemudian, tingkat keyakinan ditetapkan sebagai besaran tingkat keyakinan peneliti mengenai pencapaian hasil pengukuran terhadap tingkat ketelitian yang dijadikan kriteria.

Sebagai contoh, peneliti menetapkan tingkat ketelitian sebesar 5% dan tingkat keyakinan sebesar 95%. Hal ini berarti rata-rata hasil pengukuran yang dihasilkan oleh peneliti diperbolehkan menyimpang sebanyak 5% dari rata-rata sebenarnya dan kemungkinan keberhasilan pemenuhan syarat 5% tersebut sebesar 95%.

Berikut ini adalah nilai K untuk berbagai tingkat keyakinan.

Jika  $s = 99\%$ , maka  $K = 3$ .

Jika  $s = 95\%$ , maka  $K = 2$ .

Jika  $s = 90\%$ , maka  $K = 1,65$ .

### 2.2.5. Perhitungan Waktu Baku

Waktu siklus harus dihitung terlebih dahulu sebelum perhitungan waktu baku dilakukan. Waktu atau durasi dalam melakukan suatu proses dari awal hingga akhir di suatu tempat kerja disebut waktu siklus. Waktu siklus diambil ketika pengambilan data di lapangan (Widagdo, 2020). Waktu siklus rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.4.

$$Ws = \frac{\sum X_i}{N} \quad (2.4)$$

Selanjutnya, waktu normal dapat dilakukan perhitungan setelah mendapatkan waktu siklus rata-rata. Waktu normal juga akan memperhitungkan faktor penyesuaian ( $p$ ) yang didapat dari penilaian peneliti terhadap kinerja operator. Waktu normal merupakan waktu siklus dengan tambahan pertimbangan faktor penyesuaian. Persamaan untuk menghitung waktu normal ditunjukkan pada persamaan 2.5 (Widagdo, 2020).

$$Wn = Ws \times p \quad (2.5)$$

Kemudian, perhitungan waktu baku melibatkan waktu normal yang telah dihitung sebelumnya dan faktor kelonggaran. Oleh karena itu, waktu baku dapat dikatakan waktu kerja yang telah memperhitungkan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran ( $a$ ) sehingga waktu baku sudah merupakan waktu kerja keseluruhan untuk satu proses. Persamaan untuk menghitung waktu baku ditunjukkan pada persamaan 2.6 (Widagdo, 2020).

$$Wb = Wn (1+a) \quad (2.6)$$

### **2.2.6. Manual Assembly Line**

Lini perakitan manual adalah lini produksi yang terdiri dari serangkaian stasiun kerja di mana pekerja manusia melakukan tugas perakitan. Seorang pekerja melakukan sebagian dari total pekerjaan pada unit produk di setiap stasiun. Pada jalur perakitan manual, stasiun kerja adalah lokasi yang ditentukan di sepanjang jalur alur kerja di mana satu atau lebih elemen kerja dilakukan oleh satu atau lebih pekerja. Stasiun kerja juga mencakup peralatan dan perlengkapan (peralatan tangan atau peralatan dengan daya) yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan (Groover, 2015).

Pemisahan beban kerja total menjadi elemen kerja minimum dan *precedence constraints* yang harus dipenuhi adalah dua konsep penting dalam penyeimbangan lini. Elemen kerja minimum adalah sejumlah kecil pekerjaan yang memiliki tujuan terbatas tertentu, seperti menambahkan komponen ke bagian dasar, menggabungkan dua komponen, atau melakukan sebagian kecil lainnya dari total beban pekerjaan (Groover, 2015).

### **2.2.7. Line Balancing**

Keseimbangan lintasan produksi (*line balancing*) bertujuan untuk melakukan peningkatan nilai efisiensi lintasan (*line efficiency*) sehingga produktivitas dapat meningkat. *Line balancing* melakukan penyeimbangan beban penugasan dari lintasan produksi (*production line*) ke stasiun kerja (*workstation*) untuk meminimasi banyaknya *workstation* dan meminimasi waktu menganggur (*idle time*) (Angga dan Djunaedi, 2017). Masalah keseimbangan lini berkaitan dengan menugaskan elemen kerja individu ke stasiun kerja sehingga semua pekerja memiliki jumlah pekerjaan yang sama. Lini yang seimbang secara umum akan memaksimalkan nilai LE dan meminimalkan nilai *balance delay* (Groover, 2015).

*Precedence diagram* dibutuhkan dalam metode *line balancing*. *Precedence diagram* dibuat untuk memetakan urutan operasi kerja dan hubungan antar operasi kerja. Waktu operasi kerja yang akan diperhitungkan adalah waktu baku yang telah ditetapkan menggunakan persamaan (2.6) dalam penyelesaian suatu pekerjaan.

Metode *line balancing* juga membutuhkan perhitungan *line efficiency*, *balance delay*, efisiensi stasiun, dan utilitas sebagai bahan untuk analisis selanjutnya. *Line efficiency* merupakan ukuran efisiensi lini yang dihitung dengan cara pembagian antara total waktu pada stasiun kerja (ST) dengan hasil perkalian antara waktu siklus (proses operasi terlama) dengan jumlah stasiun kerja. Persamaan 2.7

merupakan persamaan perhitungan *line efficiency* (Dwicahyani dan Muttaqin, 2020).

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^n ST_i}{(n \times \text{cycle time})} \times 100\% \quad (2.7)$$

*Balance delay* merupakan ukuran waktu *idle* atau mengganggu yang muncul akibat kurang sempurnanya pengalokasian proses operasi dalam stasiun-stasiun kerja. Persamaan 2.8 merupakan persamaan perhitungan *balance delay* (Dwicahyani dan Muttaqin, 2020).

$$\text{Balance delay} = 100\% - \left( \frac{\sum_{i=1}^n ST_i}{(n \times \text{cycle time})} \times 100\% \right)$$

$$\text{Balance delay} = 100\% - LE \quad (2.8)$$

Efisiensi stasiun juga perlu dilakukan sebagai pengukur performansi dari stasiun kerja terhadap waktu standar yang telah ditetapkan. Persamaan 2.9 merupakan persamaan perhitungan efisiensi stasiun (Dwicahyani dan Muttaqin, 2020).

$$\text{Efisiensi stasiun} = \frac{\text{waktu standar}}{\text{waktu aktual}} \times 100\% \quad (2.9)$$

*Smoothness index* (SI) perlu dihitung untuk menunjukkan kelancaran relatif dari hasil *line balancing*. *Smoothness index* memiliki satuan waktu. Persamaan 2.10 merupakan persamaan perhitungan *smoothness index* (Dwicahyani dan Muttaqin, 2020).

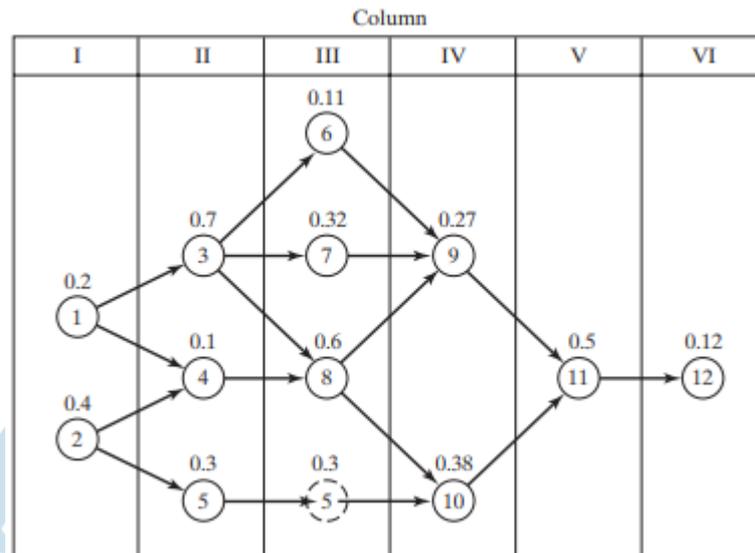
$$SI = \sqrt{\sum_{n=1}^K ((ST)_{max} - (ST)_n)^2} \quad (2.10)$$

Terdapat tiga metode *line balancing* yang terkenal, yaitu *Region Approach* (Kilbridge-Wester), *Ranked Positional Weight* (Helgeson-Birnie), dan *Largest Candidate Rule*.

a. Metode *Region Approach* (Kilbridge-Wester)

Metode Kilbridge-Wester merupakan metode dengan prinsip operasi yang memiliki tanggung jawab terdahulu akan dibebankan terlebih dahulu sesuai dengan pembagian wilayah yang digambarkan pada *precedence diagram*. Berikut ini merupakan langkah-langkah metode Kilbridge-Wester.

- i. Memetakan *precedence diagram* dan membaginya ke dalam beberapa wilayah dari kiri ke kanan. Gambar 2.1. merupakan contoh *precedence diagram*.



**Gambar 2.1. Contoh Precedence Diagram**

(Sumber: Groover, 2015)

- ii. Mengurutkan operasi berdasarkan wilayah pada *precedence diagram*. Gambar 2.2. merupakan contoh pengurutan operasi berdasarkan wilayah.

Work Element	Column	$T_{ek}$ (min)	Preceded By
2	I	0.4	-
1	I	0.2	-
3	II	0.7	1
5	II, III	0.3	2
4	II	0.1	1, 2
8	III	0.6	3, 4
7	III	0.32	3
6	III	0.11	3
10	IV	0.38	5, 8
9	IV	0.27	6, 7, 8
11	V	0.5	9, 10
12	VI	0.12	11

**Gambar 2.2. Contoh Pengurutan Operasi Berdasarkan Wilayah**

(Sumber: Groover, 2015)

- iii. Menentukan *cycle time*, yaitu waktu operasi paling lama dari keseluruhan proses operasi.

- iv. Menempatkan semua proses operasi ke dalam stasiun kerja hingga semua proses masuk dalam seluruh stasiun kerja dengan memprioritaskan waktu operasi yang terbesar ditempatkan lebih dulu pada suatu stasiun kerja dan suatu stasiun kerja waktu operasinya tidak lebih tinggi dari *cycle time*. Gambar 2.3. merupakan contoh penempatan proses operasi ke stasiun kerja pada metode *Region Approach*.

Station	Work Element	Column	$T_{ek}$ (min)	Station Time (min)
1	2	I	0.4	1.0
	1	I	0.2	
	5	II	0.3	
2	4	II	0.1	0.81
	3	II	0.7	
	6	III	0.11	
3	8	III	0.6	0.92
	7	III	0.32	
4	10	IV	0.38	0.65
	9	IV	0.27	
5	11	V	0.5	0.62
	12	VI	0.12	

**Gambar 2.3. Contoh Penempatan Proses Operasi ke Stasiun Kerja pada Metode *Region Approach***

(Sumber: Groover, 2015)

- b. Metode *Ranked Positional Weight* (Helgeson-Birnie)

Metode RPW menghitung bobot setiap operator yang berada di dalam suatu sistem dan mengurutkannya dari bobot terbesar sampai bobot yang terkecil. (Purwanto dan Astuti, 2019).

Langkah-langkah pelaksanaan metode RPW adalah sebagai berikut (Pratama, 2018):

- i. Memetakan proses menggunakan *precedence diagram* yang dimulai dari proses akhir hingga proses awal.
- ii. Menghitung bobot posisi tiap operasi. Bobot posisi tiap operasi dihitung dengan cara waktu proses tersebut ditambah dengan waktu proses-proses yang mengikutinya.

- iii. Mengurutkan operasi dari bobot posisi operasi paling besar hingga bobot posisi paling kecil. Gambar 2.4. merupakan contoh pengurutan proses operasi berdasarkan bobot RPW.

Work Element	RPW	$T_{ek}$ (min)	Preceded By
1	3.30	0.2	–
3	3.00	0.7	1
2	2.67	0.4	–
4	1.97	0.1	1, 2
8	1.87	0.6	3, 4
5	1.30	0.3	2
7	1.21	0.32	3
6	1.00	0.11	3
10	1.00	0.38	5, 8
9	0.89	0.27	6, 7, 8
11	0.62	0.5	9, 10
12	0.12	0.12	11

**Gambar 2.4. Contoh Pengurutan Proses Operasi Berdasarkan Bobot RPW**

(Sumber: Groover, 2015)

- iv. Menentukan waktu siklus satu unit produk, yaitu waktu operasi paling lama dari seluruh proses operasi.
- v. Melakukan pengelompokkan proses operasi ke dalam stasiun-stasiun kerja dengan memerhatikan waktu setiap stasiun kerja tidak boleh lebih dari waktu siklus. Gambar 2.5. merupakan contoh pengelompokkan proses operasi ke stasiun kerja metode *Ranked Positional Weight*.

Station	Work Element	$T_{ek}$ (min)	Station Time (min)
1	1	0.2	0.90
	3	0.7	
2	2	0.4	0.91
	4	0.1	
	5	0.3	
3	6	0.11	0.92
	8	0.6	
4	7	0.32	0.65
	10	0.38	
5	9	0.27	0.62
	11	0.5	
	12	0.12	

**Gambar 2.5. Contoh Pengelompokkan Proses Operasi ke Stasiun Kerja Metode *Ranked Positional Weight***

(Sumber: Groover, 2015)

vi. Melakukan perhitungan untuk mencari nilai *line efficiency*.

c. Metode *Largest Candidate Rule*

Metode LCR adalah salah satu metode keseimbangan lini yang mengatur stasiun kerja berdasarkan waktu proses operasi tertinggi ke terendah. Berikut merupakan langkah-langkah metode LCR (Dwicahyani dan Mutaqqin, 2020).

- i. Memetakan *precedence diagram* dari proses keseluruhan seperti pada Gambar 2.5.
- ii. Membuat daftar proses operasi dan mengurutkannya dari waktu operasi yang terlama hingga yang tersingkat.
- iii. Proses operasi paling awal dan proses operasi berikutnya dimasukkan ke dalam stasiun kerja pertama hingga waktu proses keseluruhan proses operasi tidak melebihi waktu siklus
- iv. Proses operasi yang tersisa akan dimasukkan ke dalam stasiun kerja selanjutnya dan lakukan hal ini hingga semua elemen kerja masuk ke dalam stasiun kerja.

Berikut merupakan contoh hasil perhitungan dari metode *Largest Candidate Rule*. Metode ini hanya mengurutkan waktu operasi dari setiap operasi dan mengelompokkannya ke dalam stasiun kerja dengan memerhatikan waktu stasiun kerja tidak lebih dari waktu siklus. Gambar 2.6. merupakan contoh pengelompokan proses operasi ke stasiun kerja metode *Largest Candidate Rule*.

Station	Work Element	$T_{ek}$ (min)	Station Time (min)
1	2	0.4	1.0
	5	0.3	
	1	0.2	
	4	0.1	
2	3	0.7	0.81
	6	0.11	
3	8	0.6	0.98
	10	0.38	
4	7	0.32	0.59
	9	0.27	
5	11	0.5	0.62
	12	0.12	

**Gambar 2.6. Contoh Pengelompokan Proses Operasi ke Stasiun Kerja Metode *Largest Candidate Rule***

(Sumber: Groover, 2015)

### 2.2.8. Kapasitas Produksi

Produksi merupakan perubahan bahan mentah atau setengah jadi menjadi barang jadi atau setengah jadi. Produksi diadakan untuk memenuhi permintaan hingga seluruh permintaan terpenuhi. Perencanaan produksi harus dilakukan sebelum eksekusi produksi. Hal ini harus dilakukan karena adanya batasan-batasan dalam proses produksi. Batasan-batasan tersebut, misalnya adalah jumlah mesin, *output rate* dari mesin atau manusia, jam kerja, dan lain-lain.

Menurut KBBI, kapasitas merupakan keluaran maksimum, kemampuan berproduksi. Kapasitas adalah jumlah keluaran (*output*) yang dapat dihasilkan oleh suatu sistem dalam jangka waktu tertentu (Bachtiar, 2018). Kapasitas akan sangat berkaitan dengan efisiensi. Berikut merupakan contoh perhitungan target jumlah produksi per hari (Nurlailia, 2020). Persamaan 2.11 merupakan rumus penghitungan waktu proses rata-rata. Persamaan 2.12 merupakan rumus penghitungan total produksi dalam satu jam. Persamaan 2.13 merupakan rumus penghitungan total produksi dalam satu hari.

$$\text{Waktu Proses Rata-Rata} = \frac{\text{Jumlah Waktu Proses}}{\text{Jumlah Stasiun Kerja}} \quad (2.11)$$

$$\text{Total Produksi 1 Jam} = \frac{3600}{\text{Waktu Proses Rata-Rata}} \quad (2.12)$$

$$\text{Total Produksi 1 Hari} = \text{Total Produksi 1 Jam} \times \text{Jumlah Jam Kerja Per Hari} \times \text{Efisiensi} \quad (2.13)$$