

## Analisis *Line Balancing* Produksi Kain Grey Pada Perusahaan *Textile*

Ayu Anggraeni Sibarani<sup>1\*</sup>, Rizky Ramdhani Dewanto<sup>2</sup>, Firdhani Faujiyah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Mayjen Sungkono KM. 5 Blater, Kalimanah, Purbalingga, 53371

Email: [ayu.anggraeni.sibarani@unsoed.ac.id](mailto:ayu.anggraeni.sibarani@unsoed.ac.id)\*

<sup>3</sup> Politeknik APP Jakarta

Jl. Timbul No.34 Ciganjur, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12630

### ABSTRAK

PT ABC merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri tekstil yang memproduksi kain grey. PT ABC mengalami kendala karena dalam proses produksi kain grey terdapat perbedaan waktu pengerjaan yang tinggi untuk setiap *workstation* di lantai produksi. Kondisi tersebut mengakibatkan terjadinya *bottleneck* yang menyebabkan PT ABC terlambat memenuhi permintaan dari pelanggan. Masalah ini dapat diatasi dengan *line balancing*. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan keseimbangan antara stasiun kerja dalam proses produksi kain grey dan memberikan usulan *line balancing* yang dapat meningkatkan kecepatan produksi untuk setiap stasiun kerja di lantai produksi. Pada penelitian ini analisis *line balancing* dilakukan dengan *Largest Candidate Rule* dan *Rank Positional Weight*. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan kondisi aktual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Largest Candidate Rule* memberikan hasil yang terbaik, yaitu jumlah *workstation* berkurang yang semula dari 6 menjadi 4, efisiensi lintasan sebesar 71.77%, *balance delay* sebesar 28.23%, waktu *idle* sebesar 91.05 menit, dan *smoothing indeks* sebesar 54.3.

**Kata Kunci:** *Line balancing, Largest Candidate Rule, Ranked Positional Weight, Bottleneck*

### ABSTRACT

*PT ABC is a company engaged in the textile industry, which produces raw fabric. PT ABC is experiencing problems because in the production process of raw fabric has high differences in processing time for each workstation in production floor. The condition resulting a bottleneck, which led PT ABC late to fulfill demand from customer. This problem can be solved by line balancing method. Therefore, the purpose of this study is to determine the balance between works station in the raw fabric production process and proposed method that increase production speed of the for each work station in production floor. In this study line balancing analysis do by largest candidate rule and ranked positional weight. The result of analysis then compared each other's and also with the initial condition. The best results will be proposed for improvement of PT ABC. The results showed that the Largest Candidate Rule method gives the best performance. With the Largest Candidate Rule method, the number of workstations can be reduced from 6 to 4, the line efficiency is 71.77%, the balance delay is 28.23%, the idle time is 91.05 minutes and smoothness index is 54.3.*

**Kata Kunci:** *Line balancing, Largest Candidate Rule, Ranked Positional Weight, Bottleneck*

### Pendahuluan

Pengaturan operasi pada suatu perusahaan perlu mendapat perhatian dan dilakukan secara tepat. Pengaturan operasi yang tidak baik serta tidak tepat akan menyebabkan lintasan produksi memiliki kecepatan produksi yang berbeda satu sama lain. Perbedaan waktu produksi menyebabkan lintasan produksi tidak efisien karena adanya penumpukan material diantara stasiun kerja yang tidak berimbang kecepatan produksinya. Selain itu, perbedaan waktu produksi dapat menyebabkan terjadinya waktu menganggur. Suatu pekerjaan dikatakan telah diselesaikan secara efisien apabila waktu penyelesaiannya berlangsung paling singkat [1]

PT ABC adalah perusahaan yang bergerak dalam industri tekstil, yaitu pembuatan kain grey. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada PT ABC, ditemukan adanya perbedaan waktu pengerjaan pada stasiun kerja yang dimiliki. Perbedaan waktu ini menjadi hambatan dalam proses produksi, yaitu menyebabkan terjadinya penumpukan material dan waktu menunggu yang dikenal juga sebagai *bottleneck*. Menurut [2] *bottleneck* adalah suatu kondisi dimana adanya pekerjaan yang membatasi keluaran hasil produksi dan banyaknya produksi. Adanya *bottleneck* pada stasiun Loom (5) dengan waktu *workstation* tertinggi yaitu 80.628

menit berdampak pada keterlambatan dalam pemenuhan permintaan dari pelanggan oleh PT ABC. Data mengenai waktu tiap stasiun dapat dilihat pada Table 1.

**Table 1.** Perhitungan waktu tiap stasiun

WC	Pekerjaan	Waktu Baku (menit)	Jumlah Mesin	Waktu Tiap Mesin (menit)	Waktu Tiap Workstation (menit)
1	Pasang Benang	26.491	2	13.245	43.822
	Set Up	6.272	2	3.136	
	Warping	54.883	2	27.441	
2	SetUp	6.118	2	3.059	41.35
	Sizing	76.582	2	38.291	
3	Tying	60.968	5	12.193	12.193
4	Pasang Wadah Leno	0.498	1	0.498	12.916
	Ikat Benang Leno	0.303	1	0.303	
	Leno	8.265	1	8.265	
	Pasang Wadah Laker	0.439	1	0.439	
	Ikat Benang Laker	0.297	1	0.297	
5	Loom	14513.112	180	80.628	80.628
	Manding	474.336	15	31.662	
6	Folding	5.4	2	2.7	40.503
	finishing	6.181	1	6.181	
Total					231.412

Untuk mengatasi masalah ini perlu dilakukan penyeimbangan lintasan atau *line balancing*. Keseimbangan lintasan atau *line balancing* dapat diartikan sebagai alokasi berurutan kegiatan kerja menjadi suatu bentuk yang disebut *workstation* untuk mencapai pemanfaatan terbaik tenaga kerja dan peralatan sehingga meminimalkan waktu *idle* [3]. Jika kecepatan produksi setiap *workstations* sama atau mendekati sama, maka dapat meningkatkan efisiensi lintasan dan mengurangi waktu menganggur. Selain itu juga, *bottleneck* dapat dihindari.

Penelitian mengenai *line balancing* telah banyak dilakukan diantaranya oleh [1]–[3], dan [4] yang meneliti mengenai analisis *line balancing* pada bagian *sub frame* motor *matic xxx* menggunakan metode *Rank Positional Weight*. Penelitian lainnya dilakukan oleh [5] yang meneliti perhitungan efektivitas lintasan produksi menggunakan metode *Region Approach* dan *Rank Position Weight*. [6] juga melakukan penelitian mengenai keseimbangan lintasan produksi pada perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang roti kering. Tidak hanya itu penelitian menggunakan metode *Rank Position Weight* (RPW), *Region Approach* (RA), dan *Largest Candidate Rule* (LCR) juga dilakukan oleh [7], [8], dan [9]. Hasil penelitian [7] menunjukkan bahwa LCR menjadi metode yang paling optimal dengan menghasilkan *line efficiency* tertinggi, *balance delay* terendah, dan *smoothing index* terkecil. Sedangkan penelitian [8] dan [9] menunjukkan bahwa RPW menjadi metode yang optimal. Penelitian dalam mempertimbangkan minimasi *workstation* juga dilakukan oleh [10]–[13] dan [14] dengan hasil yang menunjukkan bahwa metode RPW dan LCR dapat membuat perusahaan mampu mencapai jumlah produksi tinggi dengan jumlah *workstation* yang lebih sedikit dari kondisi sebelumnya. [15] dalam penelitiannya menyampaikan bahwa metode RPW menjadi metode terbaik dalam meminimalkan *balance delay*. Metode LCR dan RPW menjadi metode yang mampu meningkatkan efisiensi produksi dengan menyebabkan perubahan dalam tata letak dan spesifikasi tugas terhadap operator seperti pada penelitian yang dilakukan oleh [16] dan [17] namun juga dapat mempengaruhi spesifikasi tugas operator tanpa mengubah tata letak seperti yang diungkapkan oleh [18]. Tidak hanya itu, metode RPW juga menjadi metode yang praktis dalam penyeimbangan jalur perakitan manufaktur skala kecil yang dapat dengan mudah dipahami dan diterapkan [19]. Kelebihan metode RPW lainnya juga dijelaskan oleh [20] yang menyatakan bahwa metode tersebut mampu membuat efisiensi penyeimbangan yang lebih tinggi dan lebih produktif. Sedangkan [21] menyatakan bahwa kelebihan metode LCR lainnya adalah dapat membuat waktu proses untuk tiap stasiun menjadi lebih rendah dan cepat.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan keseimbangan antara stasiun kerja dalam proses produksi kain *grey* dan memberikan usulan *line balancing* yang dapat meningkatkan kecepatan produksi untuk setiap stasiun kerja di lantai produksi pada PT ABC. Pada penelitian ini digunakan dua metode *line balancing* berupa *Largest Candidate Rule* dan *Ranked Positional Weight*. Pemilihan kedua metode tersebut didasari dari penelitian-

penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kedua metode tersebut menjadi metode terbaik yang dihasilkan. Sehingga, kedua metode tersebut pada penelitian ini akan dibandingkan untuk mendapatkan metode terbaik. Faktor pembandingan yang digunakan adalah *idle time*, *balance delay*, efisiensi lintasan, dan *smoothness index*. Metode terbaik yang didapatkan akan digunakan sebagai usulan perbaikan lintasan pada PT ABC.

## Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada PT ABC yang terletak di Ngemplak, Jetis, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57511. Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 18 Agustus 2020 sampai dengan 18 September 2020. Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, observasi langsung, serta berdasarkan data historis perusahaan.

Data dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diambil dari hasil pengamatan langsung di lapangan dengan cara mencatat waktu setiap kegiatan produksi yang ada di PT ABC dengan menggunakan jam henti. Data sekunder diambil dari data historis perusahaan.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap mulai dari uji kecukupan, uji keseragaman, serta perhitungan *line balancing* baik kondisi aktual dan menggunakan metode usulan.

### Uji Kecukupan dan Keseragaman Data

Uji Keseragaman data dilakukan untuk mengetahui hasil pengukuran waktu yang didapat sudah seragam atau belum. Suatu data dikatakan seragam bila data berada di dalam batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB). Penentuan standar deviasi dilakukan dengan menggunakan Persamaan (1). Sedangkan perhitungan BKA dan BKB dilakukan dengan Persamaan (2) dan (3)

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{X})^2}{N-1}} \quad (1)$$

$$BKA = \bar{X} + K\delta \quad (2)$$

$$BKB = \bar{X} - K\delta \quad (3)$$

Di mana:

$\delta$	=	Standar deviasi
$N$	=	Jumlah data aktual
$K$	=	Tingkat keyakinan
$BKA$	=	Batas kontrol atas
$BKB$	=	Batas kontrol bawah

Uji Kecukupan Data dilakukan untuk mengetahui jumlah data yang diperoleh dalam pengukuran sudah mencukupi untuk dijadikan sample uji atau tidak. Untuk menguji kecukupan data digunakan Persamaan (4) [22]:

$$N' = \left( \frac{k\sqrt{N(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}}{\sum xi} \right)^2 \quad (4)$$

Di mana:

$N'$	=	Jumlah data yang seharusnya
$K$	=	Tingkat keyakinan
$s$	=	Tingkat ketelitian

### Perhitungan Line Balancing Kondisi Aktual

Perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan efisiensi lintasan awal, jumlah stasiun kerja minimum, *balance delay*, dan *idle time* pada kondisi aktual.

### Perhitungan Line Balancing dengan Metode Largest Candidate Rule dan Ranked Positional Weight

Metode *Line Balancing* yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi *Largest Candidate Rule* dan *Ranked Positional Weight*. Menurut [23] menyebutkan bahwa *line balancing* adalah proses meratakan beban kerja di semua operasi dalam satu baris untuk menjaga kelancaran aliran material serta mengurangi kegiatan yang tidak bernilai tambah agar dapat memproduksi barang secepat mungkin dengan tetap menjaga kualitas.

Beberapa istilah penting yang perlu dipahami dalam penelitian menyangkut *line balancing* ini yaitu:

1. Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu penyelesaian satu satuan produksi mulai dari bahan baku hingga proses di tempat kerja sehingga menghasilkan produk yang merupakan jumlah dari tiap elemen kerja. Waktu siklus dapat dihitung menggunakan rumus Persamaan (5) berikut [22]:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (5)$$

Di mana:

- $\bar{x}$  = Waktu siklus
- $x$  = Waktu pengamatan
- $n$  = Jumlah percobaan

## 2. Waktu Normal

Waktu Normal merupakan waktu yang diperlukan oleh pekerja / operator untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam keadaan wajar dengan kemampuan rata-rata. Waktu Normal dapat dirumuskan sesuai dengan Persamaan (6) berikut [22]:

$$Wn = Ws x(1 + performance) \quad (6)$$

## 3. Waktu Baku

Waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal pada umumnya dalam menyelesaikan pekerjaannya yang dikerjakan dalam system kerja terbaik saat itu dengan mempertimbangkan *allowance*. Waktu Baku dapat dihitung menggunakan Persamaan (7) berikut [22]:

$$Wb = Wn x (1 + Allowance) \quad (7)$$

## 4. Idle Time

*Idle time* adalah periode dimana tidak ada operasi yang berlangsung pada *workstation* setelah semua operasi selesai, dan akan tetap *idle* hingga benda kerja dipindah ke *workstation* berikutnya [24]. Untuk menghitung *idle time* digunakan Persamaan (8) berikut :

$$Idle\ time = n.CT - \sum_{i=1}^n ST_i \quad (8)$$

Di mana:

- $n$  = Jumlah stasiun kerja
- $CT$  = Waktu siklus (*Cycle Time*)
- $ST_i$  = Waktu stasiun kerja  $i$
- $i$  = 1, 2, 3, ..., n.

## 5. Balance Delay

Menurut [24], *Balance Delay* adalah rasio antara waktu menunggu dalam lintasan perakitan dengan waktu yang tersedia pada lini perakitan. Untuk menghitung *balance delay* digunakan rumus pada Persamaan (9).

$$Balance\ Delay = \frac{Waktu\ Mengganggu}{n.CT} x 100\% \quad (9)$$

## 6. Line Efficiency

*Line Efficiency* merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja. *Line efficiency* dihitung menggunakan Persamaan (10)

$$Line\ Efficiency = \frac{\sum_{i=1}^n ST_i}{n.CT} x 100\% \quad (10)$$

Di mana

- $n$  = Jumlah stasiun kerja
- $CT$  = Waktu siklus (*Cycle Time*)
- $ST_i$  = Waktu stasiun kerja  $i$
- $i$  = 1, 2, 3, ..., n.

## 7. Smoothness Index

*Smoothest Indeks* merupakan indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu [4]. Lintasan produksi yang baik adalah yang memiliki nilai *smoothness index* yang mendekati angka 0. Rumus yang digunakan dalam menghitung *smoothness index* sesuai dengan Persamaan (11):

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^n (ST_{max} - ST_i)^2} \tag{11}$$

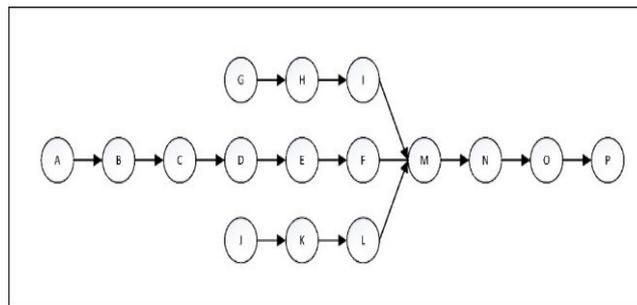
Di mana

- $n$  = Jumlah stasiun kerja
- $ST_{max}$  = Waktu stasiun kerja terbesar
- $ST_i$  = Waktu stasiun kerja  $i$
- $I$  = 1, 2, 3, ...,  $n$ .

### Hasil dan Pembahasan

#### Precedence Diagram

Proses produksi yang dilakukan pada PT ABC terbagi menjadi tiga kegiatan utama, yaitu persiapan, proses penunuan (*loom*) dan *inspecting*. Proses pembuatan kain grey diawali dari benang. Kegiatan mengubah benang menjadi kain grey memerlukan beberapa proses kerja. Untuk mempermudah memahami proses elemen kerja yang ada di PT ABC digambarkan melalui precedence diagram. Gambar 1 berikut ini adalah *precedence diagram* elemen kerja di PT ABC:



Gambar 1. Precedence diagram

Keterangan:

Pasang Benang	A	Proses Leno	I
Set Up	B	Pasang Wadah Laker	J
Warping	C	Ikat Benang Laker	K
Set Up	D	Laker	L
Sizing	E	Loom	M
Tying	F	Manding	N
Pasang Wadah Leno	G	Folding	O
Ikat Benang Leno	H	finishing	P

#### Uji Kecukupan Data

Pada penelitian ini digunakan tingkat ketelitian 10% dengan tingkat kepercayaan 95%. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Persamaan (4). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Hasil uji kecukupan data

Elemen	N	N'	Keterangan	Elemen	N	N'	Keterangan
A	7	3.192	Cukup	I	7	3.9	Cukup
B	7	0.613	Cukup	J	7	0.184	Cukup
C	7	0.609	Cukup	K	7	0.905	Cukup
D	7	0.874	Cukup	L	7	0.135	Cukup
E	7	0.299	Cukup	M	7	3.480	Cukup
F	7	1.165	Cukup	N	7	1.270	Cukup



Elemen	N	N'	Keterangan	Elemen	N	N'	Keterangan
G	7	0.316	Cukup	O	7	0.034	Cukup
H	7	1.396	Cukup	P	7	0.068	Cukup

Berdasarkan data pada Tabel 1 diketahui bahwa data yang dikumpulkan telah memenuhi kecukupan.

**Uji Keseragaman Data**

Langkah selanjutnya, yaitu melakukan uji keseragaman data. Perhitungan dalam uji keseragaman data diawali dengan mencari harga Z menggunakan rumus pada Persamaan (1), tingkat kepercayaan dan ketelitian yang digunakan pada penelitian ini, yaitu 95% dan 10%. Kemudian dilakukan perhitungan BKA dan BKB dengan Persamaan (2)-(3). Hasil uji keseragaman data untuk semua elemen kerja dapat dilihat pada Table 3.

**Table 3.** Hasil uji keseragaman data

Elemen	BKA (menit)	Waktu (menit)	BKB (menit)	Ket.	Elemen	BKA (menit)	Waktu (menit)	BKB (menit)	Ket.
A	0.171	0.142	0.113	Seragam	I	8.888	7.31	5.731	Seragam
B	5.757	5.28	4.802	Seragam	J	0.414	0.395	0.375	Seragam
C	53.769	49.32	44.875	Seragam	K	0.296	0.267	0.238	Seragam
D	5.709	5.15	4.595	Seragam	L	2.955	2.8	2.714	Seragam
E	73.170	68.82	64.479	Seragam	M	15985.73	13152	10319.26	Seragam
F	58.299	51.8	45,375	Seragam	N	36.948	32.692	28.436	Seragam
G	0.481	0.452	0.423	Seragam	O	5.508	5.4	5.276	Seragam
H	0.312	0.275	0.237	Seragam	P	5.460	5.3	5.139	Seragam

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan terlihat waktu *sampling* berada pada daerah antara BKA dan BKB sehingga dapat dikatakan data yang dikumpulkan seragam.

**Kondisi Aktual PT ABC**

PT ABC memiliki 6 workstasion pada kondisi aktual. Sebelum memeriksa *line balancing* pada kondisi aktual dilakukan uji kecukupan data dan uji keseragaman data. Selanjutnya dilakukan analisis pada performansi kondisi aktual di PT ABC meliputi efisiensi lintasan, *balance delay*, *idle time*, dan *smoothness index*. Perhitungan terhadap performansi kondisi aktual di PT ABC dapat dilihat pada Table 4.

**Table 4** Performansi kondisi aktual di PT ABC

WC	Elemen	Waktu (Menit)	Waktu WC (Menit)	Efisiensi WC
1	A	13.25	43.83	54.36%
	B	3.14		
	C	27.44		
2	D	3.06	41.35	51.28%
	E	38.29		
3	F	12.19	12.19	15.12%
	G	0.5		
	H	0.3		
	I	8.27		
4	J	0.44	12.92	16.02%
	K	0.3		
	L	3.11		
	M	80.63		
5	N	31.67	80.63	100%
	O	2.7		
6	P	6.18	40.55	50.29%
Total			231.47	
Idle Time			252.31	
Balance Delay			52.15%	
Line Efficiency			47.85%	
Smoothness Index			117.56	



**Penentuan Cycle Time**

Waktu Siklus (*Cycle Time*), yaitu batas waktu kerja maksimum setiap *workstation*. Berdasarkan Table 3, diketahui bahwa waktu proses maksimum ( $T_{max}$ ) adalah 80.628 menit.

Waktu siklus (CT) yang digunakan pada penelitian, yaitu waktu proses terbesar pada stasiun kerja.

$$CT = T_{max} \tag{12}$$

Maka waktu siklus adalah 80.628 menit.

**Largest Candidate Rule**

Metode ini diawali dengan membuat *precedence diagram*. *Precedence Diagram* menunjukkan elemen yang dapat dimulai tanpa elemen pendahulu, dan elemen yang memiliki elemen pendahulu. *Precedence Diagram* seperti blueprint tentang cara merakit / memproduksi unit produk [25]. Kemudian dilanjutkan dengan mengurutkan elemen dari yang waktu terbesar menuju terkecil. Pengurutan elemen dapat dilihat pada Table 5.

**Table 5** Hasil pengurutan elemen *largest candidate rule*

Elemen	Waktu (menit)	Predecessor	Jumlah Predecessor	Elemen	Waktu (menit)	Predecessor	Jumlah Predecessor
M	80.63	12	A,B,C,D,E, F,G,H,I,J,K, L	B	3.14	1	A
E	38.29	4	A,B,C,D	L	3.11	2	J,K
N	31.67	13	A,B,C,D,E, F,G,H,I,J,K, L,M	D	3.06	3	A,B,C
C	27.44	2	A,B	O	2.7	14	A,B,C,D,E, F,G,H,I,J,K, L,M,N
A	13.25	0	-	G	0.5	0	-
F	12.19	5	A,B,C,D,E	J	0.44	0	-
I	8.27	2	G,H	H	0.3	1	G
P	6.18	15	A,B,C,D,E, F,G,H,I,J,K, L,M,N,O	K	0.3	1	J

Kemudian setiap elemen kerja dipetakan ke dalam stasiun kerja. Elemen dengan waktu terbesar memiliki prioritas dengan tidak melanggar *constraint precedence* dan *constraint cycle time*. Hasil perhitungan dengan *Largest Candidate Rule* dapat dilihat pada Table 6.

**Table 6** Hasil perhitungan *largest candidate rule*

WC	Elemen	Waktu (Menit)	Waktu WC (Menit)	Efisiensi WC
1	A	13.25	59.81	74.18%
	B	3.14		
	G	0.5		
	J	0.44		
	H	0.3		
	K	0.3		
	C	27.44		
	I	8.27		
	L	3.11		
	D	3.06		
2	E	38.29	50.48	62.61%
	F	12.19		
3	M	80.63	80.63	100%
4	N	31.67	40.55	50.29%
	O	2.7		
	P	6.18		
	Total		231.47	
	Idle Time		91.05	



WC	Elemen	Waktu (Menit)	Waktu WC (Menit)	Efisiensi WC
	<i>Balance Delay</i>			28.23%
	<i>Line Efficiency</i>			71.77%
	<i>Smoothness Index</i>			54.30

**Ranked Positional Weight**

Langkah awal *Rank Positional Weight*, yaitu dengan membuat *precedence diagram*. Kemudian dilakukan pembobotan secara berurutan dengan mengakumulasi waktu proses setiap elemen kerja dari awal hingga akhir proses. Nilai bobot posisi yang telah didapat dari perhitungan, kemudian diurutkan dari nilai bobot posisi tertinggi sampai nilai bobot posisi terendah untuk penentuan prioritas pengelompokkan stasiun kerja. Hasil pengurutan dapat dilihat pada Tabel 7.

**Table 7** Pengurutan elemen kerja *rank positional weight*

Prioritas	Elemen	Waktu (Menit)	Bobot Posisi	Prioritas	Elemen	Waktu (Menit)	Bobot Posisi
1	A	13.25	218.55	9	I	8.27	129.45
2	B	3.14	205.3	10	J	0.44	125.03
3	C	27.44	202.16	11	K	0.3	124.59
4	D	3.06	174.72	12	L	3.11	124.29
5	E	38.29	171.66	13	M	80.63	121.18
6	F	12.19	133.37	14	N	31.67	40.55
7	G	0.5	130.25	15	O	2.7	8.88
8	H	0.3	129.75	16	P	6.18	6.18

Langkah selanjutnya, yaitu menempatkan atau mengelompokkan elemen - elemen kerja ke dalam stasiun kerja dengan memperhatikan *constraint precedence* dan *constraint cycle time*. Kemudian dilakukan perhitungan terhadap performansi dari stasiun kerja yang terbangun. Hasil perhitungan dengan *Rank Positional Weight* dapat dilihat pada Tabel 7

**Table 7** Hasil Perhitungan *Rank Positional Weight*

WC	Elemen	Waktu (Menit)	Waktu WC (Menit)	Efisiensi WC
1	A	13.25	46.89	58.15%
	B	3.14		
	C	27.44		
	D	3.06		
2	E	38.29	63.4	78.63%
	F	12.19		
	G	0.5		
	H	0.3		
	I	8.27		
	J	0.44		
	K	0.3		
	L	3.11		
3	M	80.63	80.63	100%
4	N	31.67	40.55	50.29%
	O	2.7		
	P	6.18		
	Total		231.47	
	<i>Idle Time</i>		91.05	
	<i>Balance Delay</i>		28.23%	
	<i>Line Efficiency</i>		71.77%	
	<i>Smoothness Index</i>		55.15	

**Perbandingan Hasil Performansi Line Balancing antara Kondisi Aktual dengan Largest Candidate Rule (LCR) dan Ranked Positional Weight (RPW)**

Perbandingan performansi *line balancing* pada penelitian ini dilihat berdasarkan efisiensi lintasan, *balance delay*, *idle time* dan *smoothness index*. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan terhadap data-data penelitian diperoleh performansi *line balancing* untuk kondisi actual dan dua metode heuristic, yaitu *Largest Candidate Rule* dan *Rank Positional Weight*. Perbandingan performansi *line balancing* dapat dilihat pada Table 8.

**Table 8** Perbandingan performansi *line balancing*



	Kondisi Aktual	LCR	RPW
<i>Idle Time</i>	252.31	91.05	91.05
<i>Balance Delay</i>	52.15%	28.23%	28.23%
<i>Line Efficiency</i>	47.85%	71.77%	71.77%
<i>Smoothness Index</i>	117.56	54.30	55.15

Berdasarkan Table 8, diketahui bahwa *line balancing* dengan *Largest Candidate Rule* dan *Rank Positional Weight* memberikan penurunan yang signifikan dibandingkan dengan kondisi aktual di PT ABC. Terjadi penurunan *idle time* sebesar 161.26 menit dari kondisi aktual dengan LCR dan RPW. *Balance Delay* juga memperlihatkan penurunan dari semula 52.15% menjadi 28.23% dengan menggunakan LCR dan RPW. Sedangkan dari *Line Efficiency* terjadi peningkatan, yaitu semula sebesar 47.85% menjadi 71.77% dengan LCR dan RPW. Hal ini menunjukkan baik LCR dan RPW dapat meningkatkan efisiensi dari kondisi aktual walau belum 100%. Sedangkan *Smoothness Index* yang diperoleh berbeda baik untuk kondisi aktual maupun LCR dan RPW. LCR dan RPW memberikan *smoothness index* yang lebih kecil, yaitu 54.3 untuk LCR dan 55.15 untuk RPW.

Hasil perhitungan menunjukkan tidak terdapat perbedaan dari *idle time*, *balance delay* dan *line efficiency* untuk LCR dan RPW. Perbedaan terjadi pada nilai *smoothness index*, yaitu untuk LCR jauh lebih kecil dibandingkan dengan RPW. Nilai *smoothness index* yang mendekati 0 menunjukkan kelancaran proses produksi yang lebih baik. Sehingga *Largest Candidate Rule* dikatakan memberikan perbaikan yang lebih dibandingkan dengan *Rank Positional Weight*.

PT ABC dapat menerapkan *Largest Candidate Rule* untuk *line balancing* pada produksi kain grey sehingga *workstation* berkurang, yang berarti menunjukkan ada penghematan waktu dan dapat meningkatkan keseimbangan serta efisiensi kerja. Berkurangnya *idle time* akan membuat kerja semakin produktif. Selain itu juga dengan meningkatnya efisiensi kerja akan membuat proses produksi semakin baik.

## Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diketahui bahwa PT ABC mengalami ketidakseimbangan lintasan produk kain grey pada kondisi actual dengan nilai performansi berupa efisiensi lintasan 47.85%, *balance delay* sebesar 52.15%, *idle time* sebesar 252.31 menit, dan *smoothness index* 117.56. Metode terbaik yang dapat diusulkan kepada PT ABC untuk mengatasi ketidakseimbangan lintasan adalah *Largest Candidate Rule* dengan nilai performansi efisiensi lintasan sebesar 71.77 %, *balance delay* sebesar 28.23%, *idle time* sebesar 91.05 menit, *smoothness index* 54.30. Pendekatan yang diusulkan juga berhasil mengurangi jumlah *workstation* yang semula 6 menjadi 4.

## Daftar Pustaka

- [1] O. E. Carcano and A. Portioli-Staudacher, "Integrating inspection-policy design in assembly-line balancing," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 44, no. 18–19, pp. 4081–4103, 2006, doi: 10.1080/00207540600786681.
- [2] D. Rosita, R. Alfatiyah, M. Zulziar, and M. Shobur, "Re-Layout Fasilitas Produksi Dengan Metode Line Balancing Untuk Meningkatkan Produktivitas Di Pt. Kmk Global Sports," *JITMI (Jurnal Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.)*, vol. 3, no. 1, p. 33, 2020, doi: 10.32493/jitmi.v3i1.y2020.p33-42.
- [3] K. B. Bagshaw, "Work Line Balancing and Production Efficiency of Manufacturing Firms in Rivers State, Nigeria," *Am. J. Ind. Bus. Manag.*, vol. 10, no. 01, pp. 45–60, 2020, doi: 10.4236/ajibm.2020.101004.
- [4] D. R. Wardhana, "Analisis Line Balancing Pada Bagian Sub Frame Motor Matic Xxx Menggunakan Metode Rank Positional Weight," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 7, no. 3, pp. 191–198, 2020, doi: 10.24912/jitiuntar.v7i3.7001.
- [5] I. Dharmayanti and H. Marliansyah, "Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing," *J. Manaj. Ind. dan Logistik*, vol. 3, no. 1, pp. 45–56, 2019, doi: 10.30988/jmil.v3i1.63.
- [6] M. Basuki, H. Mz, S. Aprilyanti, and M. Junaidi, "Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan Produksi Dengan Pendekatan Metode Heuristik," *J. Teknol.*, vol. 11, no. 2, pp. 1–9, 2019.
- [7] H. S. Haq, F. Pulansari, and A. Suryadi, "Analisis Keseimbangan Lintasan Menggunakan Metode Largest Candidate Rule, Killbridge and Western Method," *J. Manaj. Ind. dan Teknol.*, vol. 01, no. 03, pp. 13–24, 2020.
- [8] D. A. Styawan, W. Wahyudin, and H. Hamdani, "Penerapan Line Balancing untuk Meningkatkan Proses Perakitan Control Panel di Line Service Part pada PT. Kawai Indonesia Plant 3," *J. Serambi*

- Eng.*, vol. 6, no. 4, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i4.3520.
- [9] M. I. P. Karmawan, F. Pulansari, and D. S. Donoriyanto, "Analisis Keseimbangan Lintasan Menggunakan Metode Largest Candidate Rule, Killbridge and Western Method, Ranked Positional Weights," *Juminten*, vol. 1, no. 1, pp. 43–54, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i3.18.
- [10] R. M. Hridoy, T. Ahmed F, N. Sakib, and A. T. Shams, "Application of Line Balancing Heuristics for Achieving an Effective Layout: A Case Study Ergonomic assessment of tractor seat design and stress analysis for material selection of seat structure View project Application of Line Balancing Heuristics for Ach," vol. 9, no. 2, pp. 114–129, 2020, doi: 10.22105/riej.2020.234612.1134.
- [11] H. Q. Dung, "The Heuristic Methods for Assembly Line Balancing Problem: A Case of Vietnam Garment Industry," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 2248–2257, 2019, doi: 10.22214/ijraset.2019.4407.
- [12] F. Pulansari and Y. A. Sulaiman, "Line Balancing Techniques for Efficiency Improvement in Construction Steel Company," vol. 2020, pp. 221–225, 2020, doi: 10.11594/nstp.2020.0535.
- [13] F. Valentina Sitanggang and dan Pringgo Widyo Laksono, "Penerapan Line Balancing pada PT. XYZ dengan Metode Largest Candidate Rule dan Ranked Positional Weight," pp. 1–10, 2022.
- [14] R. Nithish Kumar, R. Mohan, and N. Gobinath, "Improvement in production line efficiency of hemming unit using line balancing techniques," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, no. November, pp. 1459–1463, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.03.020.
- [15] M. Manaye, "Line Balancing Techniques for Productivity Improvement," *Int. J. Mech. Ind. Technol.*, vol. 7, no. June, pp. 89–104, 2019.
- [16] N. A. Bakar, M. F. Ramli, M. Z. Zakaria, T. C. Sin, and H. Masran, "Minimization of Bottleneck and Workstations for Assembly Line Balancing Problem in Power Transformer Manufacturing Using Heuristics," *2018 IEEE 5th Int. Conf. Smart Instrumentation, Meas. Appl. ICSIMA 2018*, no. April 2019, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/ICSIMA.2018.8688780.
- [17] M. H. Kharuddin, M. F. Ramli, and M. H. Masran, "Line balancing using heuristic procedure and simulation of assembly line," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 17, no. 2, pp. 774–782, 2019, doi: 10.11591/ijeecs.v17.i2.pp774-782.
- [18] N. A. Bakar, M. F. Ramli, M. Z. Zakaria, T. C. Sin, and H. Masran, "Solving assembly line balancing problem using heuristic: A case study of power transformer in electrical industry," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 17, no. 2, pp. 850–857, 2019, doi: 10.11591/ijeecs.v17.i2.pp850-857.
- [19] I. M. I. et al. . Ibeh Matthew Imagwuike et al., "Assembly Line Balancing Implementation in Manufacturing Industry," *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev.*, vol. 10, no. 3, pp. 5683–5692, 2020, doi: 10.24247/ijmperdjun2020541.
- [20] P. B. Panchal, "Application of Ranked Position Weighted and Kilbridge and Wester Method at Radiator Assembly Plant - A Case Study," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 5, pp. 2717–2724, 2020, doi: 10.22214/ijraset.2020.5457.
- [21] I. A. Hawi, "Multicultural Education Improving Production Line Efficiency By Using Production Line Balancing A Case Study In The State Company For South Gas Production," vol. 6, no. 4, p. 2020, 2020, doi: 10.5281/zenodo.4618503.
- [22] S. Sundana and G. Patrisya, "ANALISIS PERHITUNGAN WAKTU BAKU ASAM LEMAK DI PT X Fatty Acid Standard Time Calculation Analysis At PT. X," *J. Baut dan Manufaktur*, vol. 04, no. 1, pp. 2686–5351, 2022.
- [23] R. Kumar *et al.*, "Optimization of Fitted Sheet Set Assembly Line at Garments Industry by Lean Manufacturing Techniques and SAM Analysis," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, vol. 4, no. 10, pp. 1634–1647, 2022.
- [24] O. Bongomin, J. I. Mwasiagi, E. O. Nganyi, and I. Nibikora, "Improvement of garment assembly line efficiency using line balancing technique," *Eng. Reports*, vol. 2, no. 4, pp. 1–18, 2020, doi: 10.1002/eng2.12157.
- [25] J. A. Rosenau and D. L. Wilson, *Planning and Control*. 2016.