

Line Balancing Analyst in Production Areas Using the Largest Candidate Rule and Region Approach Method at PT Xyz

[Analisa Keseimbangan Lintasan Pada Area Produksi Dengan Metode Largest Candidate Rule dan Region Approach di PT Xyz]

Rista Dwi Cahyaningurm¹⁾, Tedjo Sukmono^{*,2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: thedjoss@umsida.ac.id

Abstract. Shoe manufacturing companies cannot achieve daily production targets due to an imbalance in the workload in the finishing area during the shoe shine process or what is usually called the creaming process. This is because the process has a time exceeding the takt time, namely 1.215 minutes. The creaming process is carried out in 2x processes using a total of 2 operators for 1x creaming process. In this finishing process, each work station is carried out by 1 operator at each work station. The aim of this research is to balance the production trajectory of the finishing process. Researchers used the Large Candidate Rule (LCR) and Regional Approach (RA) methods. Comparison of the calculation results of track efficiency, smoothing index, balance delay, total Idle time, and total work stations. By using both methods, the RA method is the most optimal method. This is indicated by a track efficiency value of 81.73%, balance delay of 18.27%, total Idle time of 1.998 minutes, smoothing index of 0.931, and a total of 9 work stations..

Keywords - Line Balancing, Large Candidate Rule, Region Approach, shoe

Abstrak. Perusahaan pembuatan sepatu memiliki ketidakseimbangan beban kerja menyebabkan produksi harian tidak dapat mencapai target di area finishing pada proses penyemiran sepatu atau yang biasa disebut dengan proses creaming brushing. Hal ini disebabkan karena proses tersebut memiliki waktu melebihi cycle time yaitu 1,215 menit. Proses creaming brushing memiliki standart menit 2,250 dan dilakukan 2 kali. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyeimbangkan lintasan produksi proses finishing. Proses analisa ini menggunakan metode Large Candidate Rule (LCR) dan Regional Approach (RA). Evaluasi komparatif hasil perhitungan efisiensi lintasan, smoothing index, balance delay, total waktu tidak produksi, dan total area kerja. Hasil analisa menggunakan kedua metode, metode RA merupakan yang pilihan terbaik. Hal itu ditunjukkan dengan nilai efisiensi lintasan 81,73%, balance delay 18,27%, total waktu menganggur 1,998 menit, smoothing index 0,931, dan total stasiun kerja menjadi 9.

Kata Kunci – Keseimbangan lintasan, Large Candidate Rule, Region Approach, Sepatu

I. PENDAHULUAN

PT Xyz adalah produsen bidang produksi sepatu dengan berbagai model dan tipe dengan tujuan penjualannya adalah ekspor ke eropa. Berdasarkan data perusahaan dalam proses produksinya dibagi menjadi tiga area manufaktur utama, yaitu area proses *cutting dan assembly, injection, finishing line*. Dalam prosesnya, produksi masih belum bisa mencapai target yang diharapkan yaitu 358 pasang sepatu dalam 7,5 jam kerja. Salah satu hal yang menjadi permasalahan tidak tercapainya target adalah penumpukan di salah satu *work stasion*, dan pembagian kerja yang tidak seimbang. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terlihat adanya ketidak seimbangan beban kerja yang memiliki waktu proses melebihi *cycle time* 1,215 menit yaitu pada proses *creaming brushing upper* pertama dan kedua masing – masing memiliki waktu 2,250 menit. Sedangkan proses *folding box* menjadi proses dengan waktu terendah yaitu 0,204 menit.

Ketidakseimbangan lintasan dapat menyebabkan perencanaan produksi menjadi tidak efektif [2]. Line balancing adalah proses mengoptimalkan proses produksi dengan mengatur tugas – tugas sekuensial, sehingga setiap stasiun kerja memiliki beban kerja yang seimbang dan efisiensi kerja yang tinggi [10]. Keseimbangan lini berfungsi untuk menciptakan suatu proses produksi yang harmonis dan seimbang [1]. Dalam proses produksi, upaya yang dilakukan adalah mengurangi pemborosan yang tidak menambah nilai, seperti produksi berlebih, waktu tunggu transportasi, gerakan yang tidak perlu, produk yang rusak, dan potensi karyawan yang tidak termanfaatkan [3]. Prinsip *lean*, yang berpusat pada perbaikan berkelanjutan dan peningkatan kinerja karyawan, merupakan strategi yang hemat biaya dan meningkatkan efisiensi [11].

Terdapat beberapa referensi sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian, salah satunya adalah penerapan metode penyeimbangan lintasan produksi pada lini *finishing* sepatu untuk mengurangi ketidakseimbangan distribusi beban kerja antar stasiun kerja yang memiliki waktu proses yang lebih lama dari *takt time*, dengan menggunakan metode *heuristic regional approach* dan *large candidate rule* [12].

Pada suatu proses produksi tentu ada permasalahan dalam peningkatan *efficiency* produksi seperti masalah *bottleneck*. *Bottleneck* adalah kondisi dimana beberapa stasiun kerja mengalami kepadatan kerja yang tinggi, sementara stasiun kerja lainnya memiliki kapasitas yang tidak terpakai atau menganggur [13]. Penyelesaian dalam mengatasi permasalahan ini menggunakan metode *line balancing* yang terdiri dari metode *Largest Candidate Rule* (LCR) dan metode *Region Approach*, yang masih merupakan metode *heuristic*, metode ini digunakan sebagai kerangka untuk memvisualisasikan pendekatan yang digunakan dalam memecahkan masalah dan mengambil keputusan [9]. *Largest candidate rule* (LCR) adalah teknik pengaturan elemen kerja yang memprioritaskan elemen kerja berdasarkan waktu, sehingga elemen kerja terbesar diatur terlebih dahulu [4]. Secara dasar, metode ini melakukan penyeimbangan lini produksi berdasarkan waktu operasi terpanjang, sehingga operasi yang paling lama akan ditempatkan terlebih dahulu di stasiun kerja [6]. LCR merupakan bagian dari metode *heuristic* yang pada dasarnya dirancang untuk mendapatkan hasil yang lebih baik mengacu pada batasan – batasan tertentu [5]. Sedangkan untuk metode *Region Approach* (RA) atau metode pendekatan wilayah yang diciptakan oleh Bedworth membagi diagram *precedence* menjadi beberapa wilayah vertikal yang terpisah dan independen, sehingga memudahkan dalam mengatur operasi kerja [10]. Strategi yang dilakukan dengan cara mengumpulkan tugas – tugas ke dalam suatu perkumpulan atau tempat yang memunyai tingkat keterhubungan tertentu Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan lintasan produksi sepatu secara optimal dan meningkatkan efisiensi produksi sepatu sesuai target *line efficiency* perusahaan.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 8 bulan pada tahun 2024 dari bulan Februari hingga November. Tempat penelitian dilakukan di pabrik sepatu yang berlokasi di Kecamatan Sidoarjo.

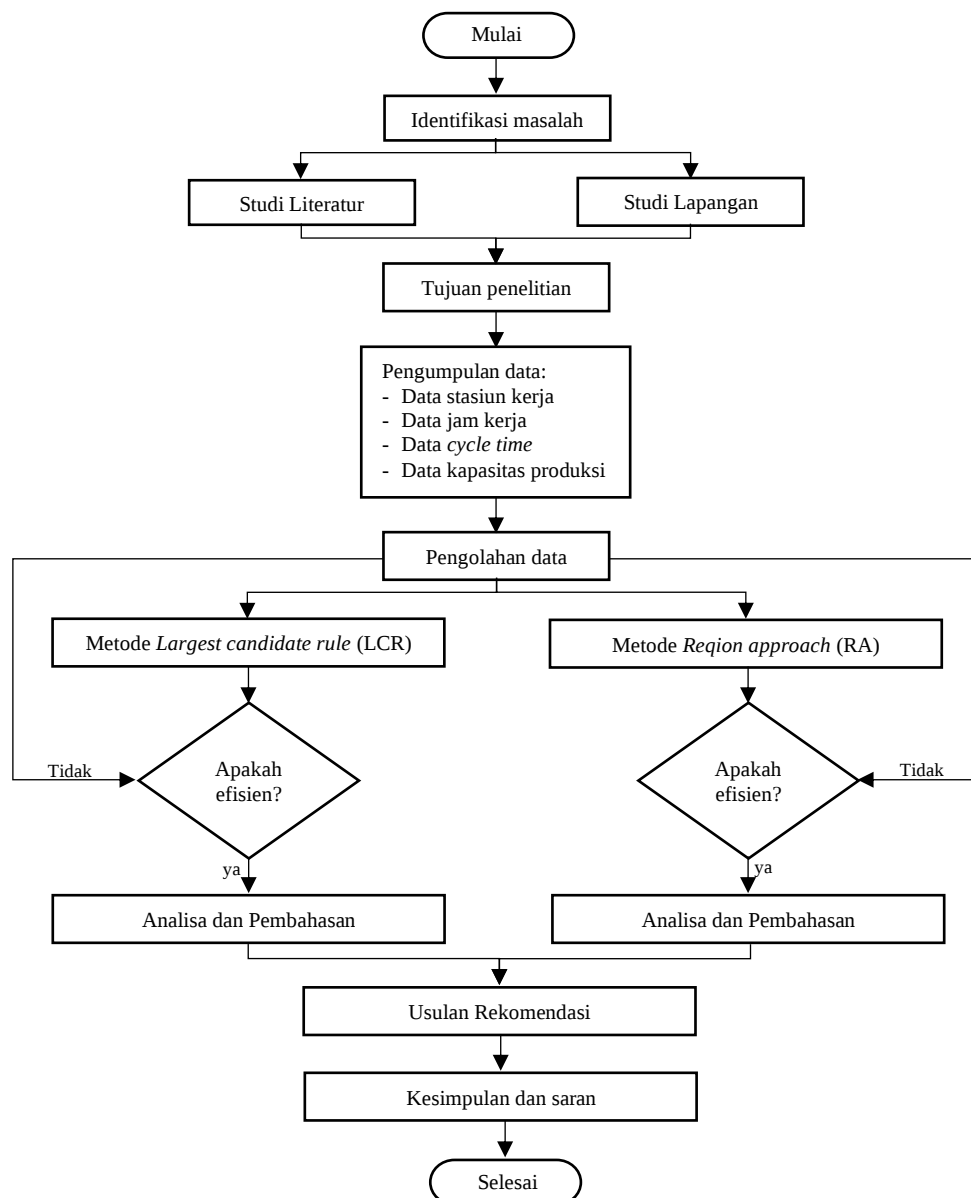
B. Jenis Data

Penelitian ini berfokus pada lini produksi *finishing* sepatu yang memiliki masalah ketidakseimbangan lini, sehingga beberapa operator tidak memiliki pekerjaan yang cukup di stasiun kerja. Pada penelitian ini menggunakan metode *line balancing* yang terdiri dari metode *Largest Candidate Rule* (LCR) dan metode *Region Approach* (RA). Data yang dibutuhkan dalam metode ini meliputi data primer yang didapatkan dari hasil survei yang meliputi data-data untuk pengolahan *line balancing* seperti data stasiun kerja, data *man power*, data *cycle time*, *actual time*, dan data kapasitas produksi.

Tabel 1. Waktu Proses *Finishing* Sepatu

No.	Operation	Waktu Baku (Menit)
1	<i>Cleaning, burning, brushing, coloring</i>	0,345
2	<i>Hand ironing upper</i>	0,786
3	<i>Creaming brushing 1</i>	2,250
4	<i>Creaming brushing 2</i>	2,250
5	<i>Top line shaping</i>	0,414
6	<i>Fold and insert paper as mould pulp</i>	0,471
7	<i>Celan sole</i>	0,247
8	<i>Spray matt lacquer</i>	0,234
9	<i>Polishing</i>	0,500
10	<i>Insert chopstick</i>	0,211
11	<i>PQC (Production quality control)</i>	0,500
12	<i>Fold box</i>	0,204
13	<i>Packing</i>	0,526

Data primer tersebut juga didapatkan dari orang yang *expert* dalam bidang *Production Preparation* (PP), dan *Production Planning and Inventory Control* (PPIC). Sedangkan data sekunder didapatkan dari hasil referensi jurnal mengenai metode *line balancing* yang terdiri dari metode *Largest Candidate Rule* (LCR) dan metode *Region Approach* (RA). Kegiatan tersebut di rancang sesuai dengan fungsi dan sistem pada stasiun kerja masing-masing *man power*. Waktu yang dibutuhkan dalam penelitian ini mulai dari Agustus 2024 hingga Desember 2024.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

1. Metode Largest Candidate Rule

Metode Largest Candidate Rule (LCR), merupakan bagian dari metode heuristic [5]. Adapun prosedur dari metode ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Mengurutkan elemen kerja berdasarkan waktu proses terlama.
- Mengalokasikan operasi dengan ranking tertinggi ke stasiun awal berdasarkan *precedence diagram*.
- Mengalokasikan semua operasi ke semua stasiun yang tersedia.
- Memastikan bahwa semua operasi dialokasikan ke stasiun dengan waktu yang tidak melebihi *cycle time*.

2. Metode Regional Approach (RA)

Berikut adalah langkah langkahnya [10] :

- Membagi *precedence diagram* menjadi beberapa wilayah (region) secara vertical.
- Mengalokasikan operasi yang tidak memiliki operasi pendahulu ke wilayah pertama.
- Mengalokasikan operasi ke stasiun yang lebih awal berdasarkan *precedence diagram*.
- Mengalokasikan operasi ke stasiun yang ada dengan memperhatikan *cycle time*.

3. Terminologi Keseimbangan Lintasan

Sebelum membahas operasional metode *line balancing*, perlu dipahami beberapa istilah penting, seperti elemen kerja, waktu operasi, dan stasiun kerja, yang merupakan komponen dasar dalam *line balancing* [10], diantaranya yaitu:

- Elemen kerja (*Work element*) merupakan unit kerja terkecil yang merupakan bagian dari keseluruhan proses produksi atau perakitan.
- Waktu operasi (t_i) adalah waktu yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk dengan cara yang efisien dan standar.
- Stasiun kerja (*work station*) tempat pada lini produksi atau perakitan Dimana proses produksi dilakukan, dan untuk menentukan jumlah stasiun yang efisien, dapat digunakan rumus setelah menetapkan periode waktu siklus :

$$K_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT} \dots\dots\dots (1)$$

[10]

Dimana :

K_{min} = jumlah stasiun kerja yang paling sedikit
 N = jumlah komponen kerja
 t_i = Lama waktu proses
 CT = waktu siklus

- Waktu siklus (CT) adalah jangka waktu atau durasi pembuatan satu unit produk di satu stasiun kerja [8]. Apabila periode waktu produksi dan *output* produksi per-periode diketahui, dengan demikian, waktu siklus dapat dihitung berdasarkan hasil bagi periode waktu produksi dan output produksi per-periode.

$$t_{i_{max}} \leq CT \leq \frac{P}{Q} \dots\dots\dots (2)$$

[10]

Keterangan :

$t_{i_{max}}$ = waktu operasi paling besar
 CT = waktu siklus
 P = jam kerja dalam 1 hari
 Q = jumlah produksi dalam 1 hari

- Waktu stasiun kerja (ST_k), merupakan jumlah durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua aktivitas di stasiun kerja.
- *Idle time* adalah waktu tidak produktif di setiap stasiun kerja, dan dapat dihitung dengan mengurangi *cycle time* dengan waktu per proses. [10]
- *Precedence diagram* adalah representasi diagram yang menunjukkan urutan kerja dan hubungan antar elemen dalam proses perakitan, yang mempertimbangkan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek [14]. Pengalokasian elemen kerja ke setiap stasiun kerja harus sesuai dengan mempertimbangkan precedence diagram untuk memastikan efisiensi dan efektifitas proses produksi.
- *Line Efficiency* adalah proporsi waktu stasiun kerja terhadap siklus dan jumlah stasiun kerja, yang menunjukkan efisiensi lini produksi [12]. Perhitungan *Line efficiency* dapat dilakukan dengan rumus berikut:.

$$LE = \frac{\sum ST}{(K)(W_{maks})} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

[12]

Dimana :

$\sum ST$ = total keseluruhan waktu proses
 K = jumlah stasiun kerja
 W_{max} = waktu stasiun kerja yang terbesar

- *Balance Delay* (D) merupakan ukuran efisiensi yang menunjukkan rasio antara waktu menganggur dengan waktu yang tersedia dalam proses perakitan [7]. Perhitungan *Balance delay* lini perakitan dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut.

$$BD = \frac{(n \times CT) - \sum t_i}{(n \times CT)} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

[12]

Dimana :

BD = *Balance Delay* (%)
 N = jumlah stasiun kerja
 CT = waktu siklus
 $\sum t_i$ = total waktu dari seluruh proses
 T_i = waktu operasi

- *Smoothing Index* (SI) adalah index yang menunjukkan tingkat kelancaran keseimbangan lini perakitan, yang menunjukkan seberapa efektif proses produksi. Rumus untuk menghitung indeks perakitan sebagai berikut:.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{max} - ST_i)^2} \dots\dots\dots [12] \quad (5)$$

Dimana :

ST_{max} = waktu terbesar di stasiun

ST_i = waktu pada stasiun kerja i

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Data waktu baku proses penyelesaian sepatu disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Data waktu baku proses *finishing* Sepatu

No	Operation	Waktu baku (menit)	Proses pendahulu
1	Cleaning, burning, brushing, coloring	0,345	-
2	Hand ironing upper	0,786	1
3	Creaming brushing 1	2,250	2
4	Creaming brushing 2	2,250	3
5	Top line shaping	0,414	4
6	Fold and insert paper as mould pulp	0,471	5
7	Clean outsole	0,247	6
8	Spray mattlacquer	0,234	7
9	Polishing	0,500	8
10	Insert chopstick	0,211	9
11	PQC (production quality control)	0,500	10
12	Fold box	0,204	11
13	Packing	0,526	12

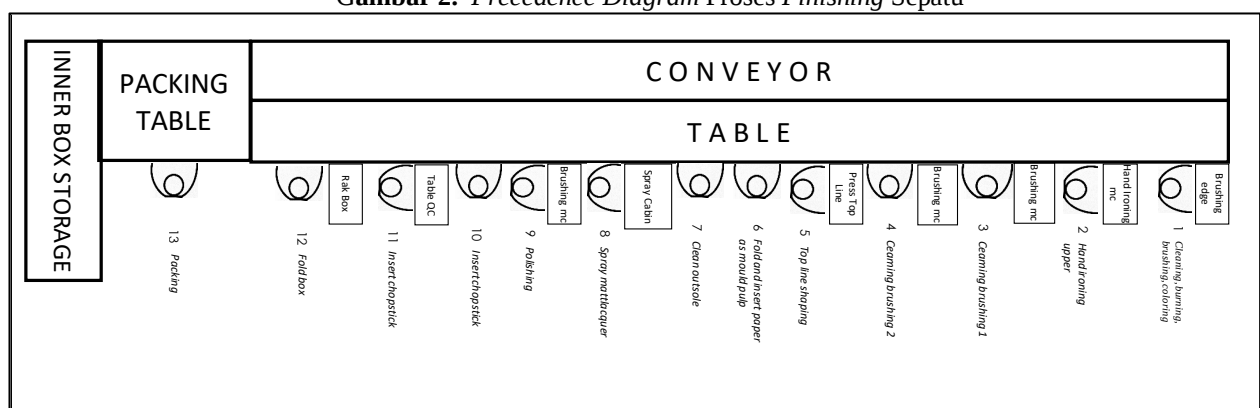
Terdapat 13 elemen kerja yang digunakan dalam proses *finishing* Sepatu, yang kemudian dibagi menjadi 13 stasiun kerja yang masing – masing dioperasikan oleh 1 operator.

B. Precedence diagram

berdasarkan tahapan produksi dan durasi masing – masing tahapan, *precedence* diagram dan tata letak mesin kemudian dibuat, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Precedence Diagram Proses *Finishing* Sepatu



Gambar 3. Tata letak mesin

Pada gambar 3. Memperlihatkan tata letak mesin dengan keseimbangan lini perakitan awal. Total stasiun kerja yang dimiliki adalah 13.

C. Perhitungan keseimbangan lini perakitan awal

Lini proses *finishing* sepatu memiliki 13 stasiun kerja yang belum dioptimalkan dengan keseimbangan lini, dan setiap stasiun kerja dioperasikan oleh 1 operator, dengan target produksi 358 pasang per shift dan jam kerja 7,5 jam atau 435 menit.

1. Total waktu produksi semua stasiun kerja = 8,937 menit

2. Waktu yang dibutuhkan untuk 1 siklus

$$CT = \frac{P}{Q}$$

$$CT = \frac{435}{358}$$

$$CT = 1,215 \text{ menit}$$

3. Efisiensi lini (*line efficiency*)

$$LE = \frac{\sum ST}{(k)(W_{maks})} \times 100\%$$

$$LE = \frac{8,937}{13 \times 1,215} \times 100\%$$

$$LE = 56,6\%$$

4. *Balance delay* (BD)

$$BD = \frac{(n \times CT) - \sum_{i=1}^n t_i}{(n \times CT)} \times 100\%$$

$$BD = \frac{(13 \times 1,215) - 8,937}{13 \times 1,215} \times 100\%$$

$$BD = 43,4\%$$

5. Total waktu menganggur

$$\text{Idle time} = (n \times CT) - (W_{maks})$$

$$\text{Idle time} = (13 \times 1,215) - 8,937$$

$$\text{Idle time} = 6,858 \text{ menit}$$

6. *Smoothing index* (SI)

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

$$SI = \sqrt{(1,215 - 0,345)^2 + \dots + (1,215 - 0,526)^2}$$

$$SI = 3,115$$

7. Efisiensi stasiun kerja

Dilakukan perhitungan satu per satu untuk setiap stasiun kerja

a. Efisiensi stasiun kerja 1

$$LE = \frac{0,345}{1,215} \times 100\%$$

$$LE = 28\%$$

b. Efisiensi stasiun kerja 2

$$LE = \frac{0,786}{1,215} \times 100\%$$

$$LE = 65\%$$

Efisiensi stasiun kerja lainnya dapat dilihat pada tabel 3.

8. *Idle Time*

Perhitungan dilakukan pada setiap stasiun kerja.

a. Waktu menganggur stasiun kerja 1

$$\text{Idle time} = 0,345 - 1,215 = -0,87 \text{ menit}$$

b. Waktu menganggur stasiun kerja 2

$$\text{Idle time} = 0,786 - 1,215 = -0,429 \text{ menit}$$

Waktu menganggur stasiun kerja lainnya dapat dilihat pada tabel 3.

Table 3. Hasil perhitungan lini perakitan awal

No	Operation	Waktu baku (menit)	Efisiensi stasiun kerja (%)	Waktu menganggur (menit)
1	<i>Cleaning, burning, brushing, coloring</i>	0,345	28,40%	0,870
2	<i>Hand ironing upper</i>	0,786	64,69%	0,870
3	<i>Creaming brushing 1</i>	2,250	185,19%	-1,035
4	<i>Creaming brushing 2</i>	2,250	185,19%	-1,035
5	<i>Top line shaping</i>	0,414	34,07%	0,801
6	<i>Fold and insert paper as mould pulp</i>	0,471	38,77%	0,744
7	<i>Clean sole</i>	0,247	20,33%	0,968

8	<i>Spray matt lacquer</i>	0,234	19,26%	0,981
9	<i>Polishing</i>	0,500	41,15%	0,715
10	<i>Insert chopstick</i>	0,211	17,37%	1,004
11	<i>PQC (production quality control)</i>	0,500	41,15%	0,715
12	<i>Fold box</i>	0,204	16,79%	1,011
13	<i>Packing</i>	0,526	43,29%	0,689

D. Keseimbangan lini

Perhitungan penyeimbangan lini perakitan dilakukan menggunakan metode *heuristic*, yaitu *region approach (RA)* dan *large candidate rule (LCR)*, dengan mempertimbangkan durasi kerja efektif per hari dan target produksi perhari. Selain untuk menyeimbangkan lini, metode ini digunakan untuk menetapkan waktu siklus dan jumlah stasiun kerja yang optimal yang diperlukan untuk mencapai target produksi.

1. Menentukan waktu siklus (CT) untuk stasiun kerja

- Banyaknya produksi 1 hari = 358 pasang
- Lama jam kerja 1 *shift* = 7,5 jam / 435 menit
- Waktu siklus (CT) yang dibutuhkan

$$CT = \frac{435}{358} = 1,215 \text{ menit}$$

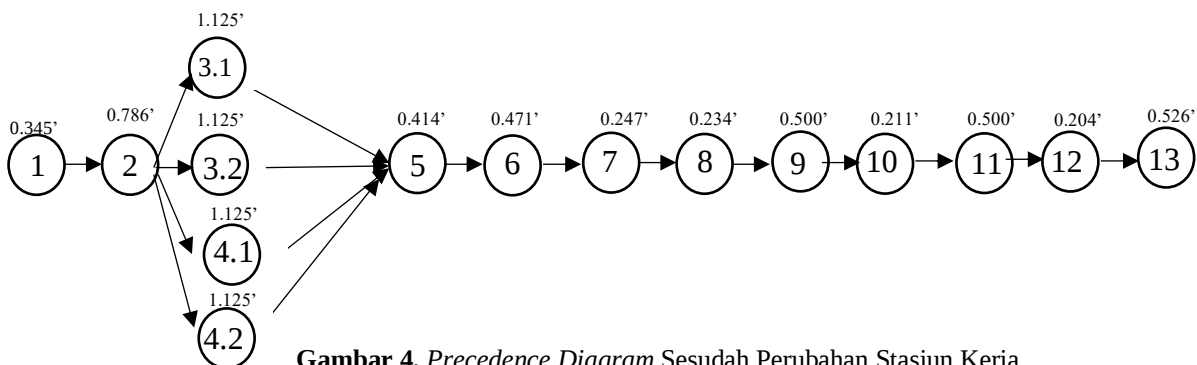
Sehingga, setiap stasiun kerja membutuhkan waktu 1,215 menit untuk menyelesaikan 1 pasang produk.

2. Menentukan jumlah minimum stasiun kerja yang diperlukan

$$N = \frac{8,937}{1,215} = 7,356 \approx 7$$

Total paling sedikit stasiun kerja yang bisa dibentuk adalah 7 stasiun kerja.

Hasil analisis tabel 3 menunjukkan bahwa proses 3 dan 4 memiliki waktu proses yang lebih lama dari waktu siklus, sehingga perlu dibagi menjadi dua proses yang lebih kecil. Untuk mengatasi waktu menganggur yang negates pada proses 3 dan 4, maka proses tersebut dibagi menjadi dua proses yang lebih kecil yaitu 3.1, 3.2 dan 4.1, 4.2.



Gambar 4. Precedence Diagram Sesudah Perubahan Stasiun Kerja

3. Metode Largest Candidate Rule (LCR)

Metode ini dimulai dengan mengurutkan waktu elemen kerja dari yang terlama ke yang terpendek [7]. Setelah pengurutan waktu elemen kerja, waktu elemen kerja dijumlahkan ke dalam stasiun kerja, dengan memastikan bahwa total waktu tidak melampaui waktu siklus yang ditentukan yaitu 1,215 menit. Tabel 4 merupakan klasifikasi stasiun kerja berdasarkan elemen – elemen kerja.

Tabel 4. Klasifikasi stasiun kerja metode Largest candidate rule

No	Operation	Waktu stasiun kerja (menit)	Waktu baku (menit)
1	<i>Creaming brushing 1</i>	1,125	1,125
2	<i>Creaming brushing 1</i>	1,125	1,125
3	<i>Creaming brushing 2</i>	1,125	1,125
4	<i>Creaming brushing 2</i>	1,125	1,125
5	<i>Hand ironing upper</i>	0,786	0,786
6	<i>Packing</i>	1,026	0,526
	<i>Polishing</i>		0,500
7	<i>PQC (production quality control)</i>	0,971	0,5
	<i>Fold and insert paper as mould pulp</i>		0,471
8	<i>Top line shaping</i>	1,006	0,414
	<i>Cleaning, burning, brushing, colouring</i>		0,345

9	<i>Spray mattlaquer</i>	0,649	0,234
	<i>Insert chopstick</i>		0,211
	<i>Fold box</i>		0,204

a. Efisiensi lini (*line efficiency*)

$$LE = \frac{8,937}{9 \times 1,215} \times 100\%$$

$$LE = 82,7 \%$$

b. *Balance delay* (BD)

$$BD = \frac{(9 \times 1,215) - 8,937}{9 \times 1,215} \times 100\%$$

$$BD = 18,3 \%$$

c. Total waktu menganggur

$$Idle\ time = (9 \times 1,215) - 8,937$$

$$Idle\ time = 1,998\ \text{menit}$$

d. *Smoothering index* (SI)

$$SI = \sqrt{(1,215 - 1,125)^2 + \dots + (1,215 - 0,649)^2}$$

$$SI = 0,822$$

e. Efisiensi stasiun kerja

- Efisiensi stasiun kerja 1

$$LE = \frac{1,125}{1,215} \times 100\%$$

$$LE = 92,6 \%$$

f. Waktu menganggur

- Waktu menganggur stasiun kerja 1

$$Idle\ time = 1,125 - 1,215 = -0,09\ \text{menit}$$

Efektivitas stasiun kerja serta waktu tidak produktif dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil performansi stasiun kerja metode *large candidate rule* (LCR).

Stasiun	Operation	Waktu stasiun kerja (menit)	Efisiensi stasiun kerja (%)	Waktu menganggur (menit)
1	<i>Creaming brushing 1</i>	1,125	92,6 %	0,09
2	<i>Creaming brushing 1</i>	1,125	92,6 %	0,09
3	<i>Creaming brushing 2</i>	1,125	92,6 %	0,09
4	<i>Creaming brushing 2</i>	1,125	92,6 %	0,09
5	<i>Hand ironing upper</i>	0,786	64,7 %	0,429
6	<i>Polishing and Packing</i>	1,026	84,4 %	0,189
7	<i>Fold and insert paper as mould pulp + production quality control (PQC)</i>	0,971	79,9 %	0,244
8	<i>Top line shaping + cleaning, burning, brushing, colouring and clean sole</i>	1,006	82,8 %	0,209
9	<i>Spray matt lacquer, insert chopstick, fold box</i>	0,649	53,4 %	0,566

4. Metode *Region Approach* (RA)

Metode *line balancing* ini berdasarkan pada pendekatan wilayah, yang membagi wilayah secara vertical dan mengatur waktu elemen kerja sehingga tidak ada dua operasi yang berhubungan dalam satu wilayah. Tabel 6 merupakan pengelompokan stasiun kerja berdasarkan komponen – komponen kerja yang terkait.

Tabel 6. Pengelompokan stasiun kerja metode *region approach* (RA).

No	Operation	Waktu stasiun kerja (menit)	Precedence	Waktu baku (menit)
1	<i>Cleaning, burning, brushing, colouring</i>	1,131	1	0,345
	<i>Hand ironing upper</i>		2	0,786
2	<i>Creaming brushing 1</i>	1,125	3.1	2,250
3	<i>Creaming brushing 1</i>	1,125	3.2	
4	<i>Creaming brushing 2</i>	1,125	4.1	2,250
5	<i>Creaming brushing 2</i>	1,125	4.2	
6	<i>Top line shaping</i>	1,132	5	0,414

	<i>Fold + insert paper as mould pulp</i>		6	0,471
	<i>Clean outsole</i>		7	0,247
7	<i>Spray mattlacquer</i>	0,945	8	0,234
	<i>Polishing</i>		9	0,500
	<i>Insert chopstick</i>		10	0,211
8	<i>Production Quality Control (PQC)</i>	0,500	11	0,500
9	<i>Fold box</i>	0,730	12	0,204
	<i>Packing</i>		13	0,526
Total		8,937		8,937

a. Efisiensi lintasan (*line efficiency*)

$$LE = \frac{8,937}{9 \times 1,215} \times 100\%$$

$$LE = 81,73 \%$$

b. *Balance delay* (BD)

$$BD = \frac{(9 \times 1,215) - 8,937}{9 \times 1,215} \times 100\%$$

$$BD = 18,27 \%$$

c. Total waktu menganggur

$$Idle\ time = (9 \times 1,215) - 8,937$$

$$Idle\ time = 1,998\ \text{menit}$$

d. *Smoothing index* (SI)

$$SI = \sqrt{(1,215 - 1,131)^2 + \dots + (1,215 - 0,730)^2}$$

$$SI = 0,931$$

e. Efisiensi stasiun kerja

- Efisiensi stasiun kerja 1

$$LE = \frac{1,131}{1,215} \times 100\%$$

$$LE = 93,09 \%$$

f. *Idle Time*

- Waktu menganggur stasiun kerja 1

$$Idle\ time = 1,131 - 1,215 = -0,084\ \text{menit}$$

Efektivitas stasiun kerja serta waktu tidak produktif dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Performasi Stasiun Kerja Metode *Regional Approach*

Stasiun	Waktu stasiun kerja (menit)	Efisiensi stasiun kerja (%)	Waktu menganggur (menit)
1	1,131	93,1 %	0,084
2	1,125	92,6 %	0,090
3	1,125	92,6 %	0,090
4	1,125	92,6 %	0,090
5	1,125	92,6 %	0,090
6	1,132	93,2 %	0,083
7	0,945	77,8 %	0,270
8	0,500	41,2 %	0,715
9	0,730	60,1 %	0,485
Total	8,937		1,998

E. Analisis

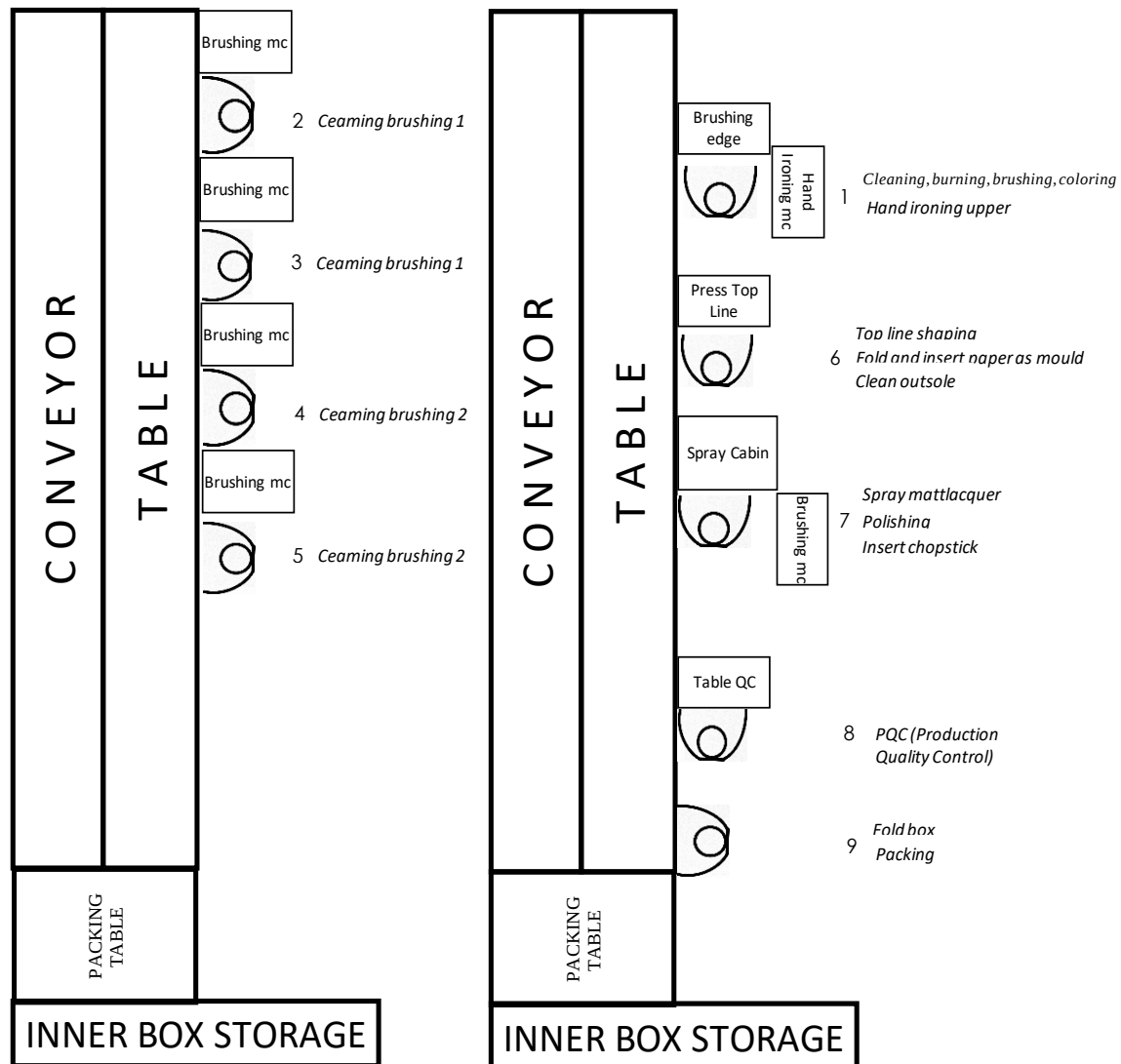
Metode LCR dan RA digunakan untuk memperbaiki distribusi waktu dan beban kerja, dan setelah dilakukan perhitungan, hasilnya dapat dilihat secara rinci pada tabel 8.

Tabel 8. Performansi *Line Balancing*

Performasi	Lini perakitan awal	Metode <i>line balancing</i>	
		LCR	RA
Efisiensi lini	49,0 %	81,73 %	81,73 %
<i>Balance delay</i>	50,9 %	18,27%	18,27 %
Total waktu menganggur	9,738	1,998	1,998
<i>Smooting index</i>	2,796	0,931	0,931

Jumlah stasiun kerja	15	9	9
----------------------	----	---	---

Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi lini yang lebih besar mengindikasikan bahwa pembagian tugas antar stasiun kerja menjadi lebih merata dan efisien. Sedangkan, nilai *balance delay* merupakan indikator yang menunjukkan seberapa besar keseimbangan waktu sengan dalam proses produksi. Jika nilai *balance delay* meningkat, maka ketimpangan beban kerja antar stasiun kerja juga meningkat dan semakin tidak merata pembagian bobot kerja, yang berarti kinerja proses produksi semakin buruk dan tidak efisien. Nilai waktu menganggur yang semakin besar menunjukkan bahwa Perusahaan memiliki banyak waktu yang tidak produktif, sehingga perlu diambil Tindakan untuk menguranginya. Nilai 0 pada *smooting index* menunjukkan keseimbangan yang ideal, atau yang disebut *perfect balance*. Berdasarkan hasil Analisa, dapat dilihat pada gambar 5 tata letak mesin menggunakan metode RA.



Gambar 5. Tata letak mesin menggunakan metode *Regional Approach*.

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode LCR dan RA, dapat disimpulkan metode RA yang memungkinkan untuk digunakan dengan kondisi pabrik saat ini. Sehingga terdapat beberapa perubahan terhadap tata letak mesinnya, seperti yang semula 15 staisun kerja menggunakan 1 line menjadi 9 stasiun kerja menggunakan 2 line. Dengan adanya perakitan lini tersebut produksi sepatu menjadi lebih efisien dan tepat target.

IV. SIMPULAN

Dari hasil perhitungan metode *heuristic*, pada metode RA dan LCR didapatkan hasil yang sama dengan nilai efisiensi di 81,73 % *balance delay* 18,27%, total waktu menganggur 1,998 menit, dengan *smooting index* diangka

0,930, dan perbaikan stasiun kerja dari 15 ke 9 stasiun kerja. Dari kedua metode dinilai dapat digunakan untuk perbaikan keseimbangan lini. Kemudian digunakan faktor *layout* mesin sebagai bahan pertimbangan, menyesuaikan dengan kondisi pabrik maka metode *Regional Approach* dapat digunakan sebagai metode keseimbangan lini di PT Xyz.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada perusahaan terkait yang menjadi tempat penelitian yang senantiasa mendukung dan memberikan hal-hal yang dibutuhkan selama penelitian ini berlangsung. Semoga adanya artikel ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak dan pembaca.

REFERENSI

- [1] Rachman Taufiqur, Santoso Crystal Aviantari, "Perbandingan Metode Ranked Positional Weight (RPW), Metode Largest Candidate Rule, dan Metode J-Wagon Untuk Penentuan Keseimbangan Lintasan Optimal Produksi Sampel Sepatu Model SSOW," J. Inovasi., vol. 15, no. 1, 2019.
- [2] Sofyan Diana Khairani, Syarifuddin, Meutia Sri, Islamiyati, "Penyeimbangan Lintasan Produksi Vulkanisir Ban Dengan Metode Large Candidate Rule (LCR)," J. Optimalisasi, vol. 5, no. 1, 2019.
- [3] Antandito Dikki Julian, Choiri Mochammad, Riawati Lely, " Pendekatan Lean Manufacturing Pada Proses Produksi Furniture Dengan Metode Cost Integrated Value Stream Mapping," J. Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri, vol. 2, no. 6, 2020.
- [4] Karmawan Masdani Irfan Prakoso, Pulansari Farida, Donoriyanto Dwi Sukma, "Analisis *Line Balancing* Menggunakan Metode Largest Candidate Rule, Killbridge And Western Method, Dan Ranked Positional Weights Methods Di PT. XYZ," J. Manajemen Industri dan Teknologi, vol. 01, no. 01, 2020.
- [5] Eddy, Mifthahulahan, "Optimalisasi Keseimbangan Lintasan Produksi Dengan Metode Largest Candidate Rule Di PT.PAP," J. Simetri Rekayasa, Vol. 02, no. 02, 2020.
- [6] Aisyah Rika Isti, Suhaeni Tintin, "Nilai Yang Dirasakan Dari Produk Sepatu Dan Niat Pembelian Kembali Konsumen," J. Riset Bisnis dan Investasi, vol. 5, no. 2, 2019.
- [7] Afifah Aisyah Nur Laili, Lestari Endah Rahayu, "*Line Balancing* Analysis in Ribbed Smoked Sheet Production Using Heuristics Methods (Study at PT Wabin Jayatama)," Bioconf. 90, 2023.
- [8] Azizah Fahriza Nurul, Wahyudin, "Penerapan Konsep *Line Balancing* Menggunakan Metode ranked Position Weight Pada Produksi Pakan Ternak PT XYZ," J. Tek. Industri, Vol. 2, No. 4, 2023.
- [9] Minaturrahim Husain, DKK, "Analisis Perancangan Alat Pemetik Buah Mangga (LATIKMA)," J. Al-azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi, vol. 7, no. 1, 2022.
- [10] Poncotoyo Wahyu, Ayutia Yolla, DKK, "Penerapan Metode *Line Balancing* Dengan Pendekatan Ranked Position Weight, Regional Approach, dan Largest Candidate Rules," J. Sistem Transportasi & Logistik, vol. 2, no. 1, 2022.
- [11] Teshome Melkamu Mengistnew, Meles Tamrat Yifter, "Productivity Improvement Through Assembly *Line Balancing* by Using Simulation Modeling in Case of Abay Garment Industry Gondar," J. heliyon 10, 2024.
- [12] Ardiyansyah Imam Arief, Amrina Uly, "Penyeimbangan Lintasan Produksi Dengan Metode Heuristic Ranked Posotional Weight dan Large Candidate Rule Pada Lini Perakitan Printer," J. Tek. Sistem Industri, vol. 03, no. 02, 2022.
- [13] Nurwicaksono Aditya Fahmi, Rusindiyanto, "Perbaikan Lintasan Produksi Dengan Penerapan Large Candidate Rule (LCR) Dan Killbridge And wester Pada Proses Produksi Di PT EJ," J. Tekmapro, vol. 15, no. 02, 2020.
- [14] Yaqin M.Ainul, Fadhilah Farah Rizky, DKK, "Optimasi Penjadwalan Kegiatan Pondok Pesantren Dengan Precedence Diagram Method (PDM)," J. Riste Sistem Informasi Dan Teknik Informatika, vol. 5, no. 2, 2022.
- [15] Purnomo Hadi, Kusuma Harun Indra, "Analisis Perancangan Stasiun Kerja Dalam Meproduksi Produk Inalcafa Jacket Dengan Lima Metode *Line Balancing*," J.Tek. Terapan, vol. 8, no. 1, 2024.
- [16] Gary, Philip Smale. (2015). "Industrial Engineering Manual". Global Shoe Production. Denmark.
- [17] Gary, Philip Smale. (2015). "Department KPI Standart". Global Shoe Production. Denmark.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.