

**PENERAPAN *LINE BALANCING* METODE *KILBRIDGE & WESTER* DAN *RANKED POSITIONAL WEIGHT (RPW)* DALAM PROSES *ASSEMBLING* UNTUK MENGURANGI *BOTTLENECK* PADA MODEL SEPATU FORUM MID DI PT PANARUB INDUSTRI**

**Henri Ponda<sup>1</sup>, Nur Fadilah Fatma<sup>2</sup>, Siti Nur'aini<sup>3</sup>**

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Tangerang*

E-mail: [henri\\_ponda@umt.ac.id](mailto:henri_ponda@umt.ac.id)<sup>1</sup>, [nurfadilah.fatma@umt.ac.id](mailto:nurfadilah.fatma@umt.ac.id)<sup>2</sup>

**ABSTRAK**

PT Panarub Industry merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri sepatu, terutama dalam pembuatan sepatu dengan merek Adidas. Salah satu model sepatu yang menjadi objek penelitian ini adalah model Forum Mid, dimana dalam proses produksinya sering terjadi *bottleneck* pada lintasan produksi sehingga target tidak tercapai. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk menanggulangi hal tersebut sehingga target produksi dapat tercapai. Konsep *Line Balancing* atau keseimbangan lintasan merupakan konsep keseimbangan waktu kerja antar stasiun kerja. Penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *Kilbridge & Wester* dan *RPW (Ranked positional weight)*. Berdasarkan hasil olah data dengan menggunakan metode *Kilbirdge & Wester* dan *RPW* diperoleh bahwa dengan metode *RPW* lebih efisien karena memiliki *idle time* terendah yakni 69,14 detik dengan nilai *line efficiency* sebesar 91,41% dan nilai *balance delay* terendah yakni 0,85% dengan nilai *smoothness index* 46,19, sehingga dapat mengurangi *bottleneck* dalam pembuatan sepatu Forum Mid.

Kata kunci: *Bottleneck; Line Balancing; Kilbridge & Wester; Ranked Positional Weight; Idle Time; Balanced Delay; Smoothness Index.*

**ABSTRACT**

*PT Panarub Industry is a company engaged in the shoe industry, especially in the manufacture of shoes with the Adidas brand. One of the shoe models that is the object of this research is the Forum Mid model, where in the production process bottlenecks often occur on the production line so that the target is not achieved. Therefore, it is necessary to make efforts to overcome this so that the production target can be achieved. The concept of Line Balancing or trajectory balance is the concept of balancing work time between work stations. In this research, the method used is the Kilbridge & Wester method and the RPW (Ranked positional weight). Based on the results of data processing using the Kilbirdge & Wester and RPW methods, it was found that the RPW method was more efficient because it had the lowest idle time of 69.14 seconds with a line efficiency value of 91.41% and the lowest balance delay value of 0.85% with a value of 0.85%. smoothness index 46.19, so as to reduce bottlenecks in the manufacture of Forum Mid shoes.*

Keywords: *Bottleneck; Line Balancing; Kilbridge & Wester; Ranked Positional Weight; Idle Time; Balanced Delay; Smoothness Index.*

## PENDAHULUAN

Setiap perusahaan yang ingin menang atau bertahan dalam persaingan harus memiliki strategi yang tepat, strategi yang akan mengarahkan ke tujuan jangka panjang yang ingin dicapai. Salah satu cara yang dapat ditempuh perusahaan adalah melakukan efisiensi. Efisiensi dapat memaksimalkan pemanfaatan sumber daya yang ada untuk memaksimalkan output. Pencapaian hasil yang besar dengan pengorbanan sekecil mungkin pasti membuat perusahaan dapat bertahan dalam persaingan.

PT Panarub *Industry* merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi alas kaki atau sepatu merk Adidas. Sepatu yang dihasilkan oleh PT Panarub *Industry* adalah sepatu jenis *football*, *rugby*, *original*, dan *outdoor*. Dalam 4 bulan terakhir produksi sepatu di line *Assembling* model *Copa 20.1* dapat mencapai 100%, dimana target bulannya yakni rata-rata 17.100 psg/bulan. Lalu model *Swift Run* juga dapat mencapai 100% target bulannya yakni rata-rata 10.425 psg/bulan. Sedangkan sepatu model *Forum mid* hanya dapat mencapai 98% dari target produksinya yakni rata-rata 9.063 psg/bulan.

Dalam rangka mewujudkan efisiensi perusahaan diperlukan konsep yang dapat membantu agar efisiensi dapat terlaksana. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mewujudkan efisiensi ialah dengan menggunakan *Line Balancing* atau keseimbangan lintasan. Pada umumnya merencanakan suatu keseimbangan di dalam sebuah lintasan perakitan meliputi usaha yang bertujuan untuk mencapai suatu kapasitas yang optimal, di mana tidak terjadi penghamburan fasilitas. Penerapan konsep penyeimbangan lini pada suatu sistem produksi perusahaan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi dari perusahaan tersebut.

*Klibridge & Wester* dan *RPW (Ranked positional weight)* duat alat yang dapat digunakan dalam mengatasi keseimbangan lini. Dalam penelitian ini akan dibandingkan keduanya untuk mengetahui alat yang paling efektif dalam menurunkan *idle time*.

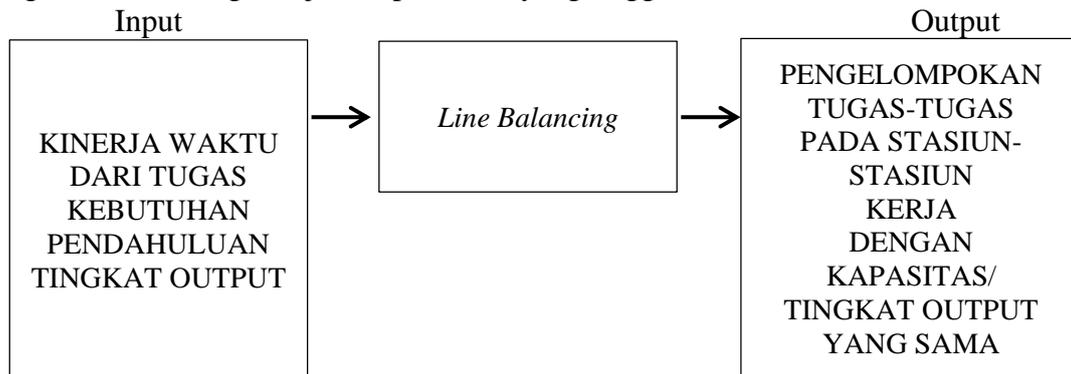
## MATERI DAN METODA

### ***Line Balancing (LB)***

*Line balancing* berhubungan erat dengan produksi massal sejumlah pekerjaan perakitan dikelompokkan kedalam beberapa pusat kerja, yang untuk selanjutnya disebut stasiun kerja. Waktu yang diijinkan untuk menyelesaikan elemen pekerjaan itu ditentukan oleh kecepatan lintas perakitan. Semua stasiun kerja diharapkan harus memiliki waktu siklus yang sama. Bila suatu stasiun kerja memiliki waktu dibawah waktu siklus idealnya, maka stasiun kerja tersebut akan memiliki waktu menganggur, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi pada setiap stasiun kerja. (Nasution, 2003 dalam Herdiani dan Nurcahyo, 2018).

Permasalahan keseimbangan lintasan paling banyak terjadi pada proses perakitan dibanding pada proses pabrikasi. Pabrikasi pada sub komponen-komponen biasanya memerlukan mesin berat dengan siklus panjang. Ketika beberapa operasi dengan peralatan yang berbeda dibutuhkan secara proses seri, maka terjadilah kesulitan dalam menyeimbangkan panjangnya siklus-siklus mesin, sehingga utilitas kapasitas menjadi rendah. Pergerakan yang terus-menerus kemungkinan besar dicapai dengan operasi-operasi perakitan yang dibentuk secara manual ketika beberapa operasi dapat dibagi-bagi menjadi tugas-tugas kecil dengan durasi waktu yang pendek. Semakin besar fleksibilitas dalam mengkombinasikan beberapa tugas, maka semakin tinggi pula

tingkat keseimbangan yang dapat dicapai. Hal ini akan membuat aliran yang mulus dengan utilitas tenaga kerja dan perakitan yang tinggi.



Gambar 1. Elemen-elemen utama permasalahan keseimbangan lintasan  
Sumber: Nasution, (2003)

Cara menentukan besarnya tingkat keseimbangan dilakukan dengan langkah:

1. Inventarisasi kegiatan yang ada  
Mencatat semua jenis kegiatan yang ada dalam proses produksi dengan cara membuat tabel yang berisikan jenis kegiatan-kegiatan yang mendahului dan berurutan serta waktu penyelesaian kegiatan, dengan tujuan mempermudah penelitian dalam hal analisis data.
2. Menggambar jaringan kerja dan membuat stasiun kerja  
Setelah melakukan inventarisasi kerja, maka dibuatlah suatu jaringan kerja untuk mempermudah dalam menentukan jumlah stasiun kerja yang efisien.
3. Melakukan analisis line balancing  
Menurut Heizer & Render, (2005), cara menentukan besarnya tingkat keseimbangan dilakukan dengan langkah:
  - a. Menentukan waktu siklus (*cycle time*)  
Waktu siklus (*cycle time*) yaitu waktu maksimal dimana produk dapat tersedia pada setiap stasiun kerja jika tingkat produksi dicapai:

$$\text{Waktu siklus} = \frac{\text{Waktu Produksi Yang Tersedia Perhari}}{\text{Unit Yang Diproduksi Perhari}} \dots\dots\dots(1)$$

- b. Menghitung jumlah stasiun kerja secara teoritis  
Jumlah ini merupakan waktu pengerjaan tugas total (waktu yang dibutuhkan untuk membuat produk) dibagi dengan waktu siklus.

$$\text{Jumlah stasiun kerja minimum} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{WaktuPengerjaanTugasi}}{\text{WaktuSiklus}} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana n merupakan jumlah tugas perakitan

- c. Menentukan efisiensi *line balancing*  
Efisiensi line balancing dapat dihitung dengan membagi waktu tugas total dengan jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan dikalikan dengan waktu siklus:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\sum \text{WaktuPengerjaanTugas}}{(\text{jumlahStasiunKerjaAktual}) \times (\text{WaktuSiklus})} \dots\dots\dots(3)$$

Manajer operasi membandingkan tingkat efisiensi yang berbeda untuk stasiun kerja yang berbeda. Dengan cara ini, perusahaan dapat menentukan sensitivitas lini produksi akan perubahan tingkat produksi dan penugasan stasiun kerja.

d. Menentukan *Idle Time*

Untuk mengetahui waktu menganggur dapat dilakukan dengan:

$$Idle\ Time = (k \times CT) - \sum_{i=1}^n ti \dots\dots\dots(4)$$

e. *Balanced delay*

Merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur. Perhitungannya sebagai berikut:

$$Balance\ Delay = \frac{(k \times CT) - \sum_{i=1}^n ti}{k \times CT} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

f. *Smoothness index*

Merupakan indeks yang menunjukkan kelancaran relatif atau cara mengukur tingkat waktu tunggu dari penyeimbangan lini. Perhitungannya sebagai berikut:

$$Smoothness\ Index = \sqrt{\sum_{i=1}^k (CT - STi)^2} \dots\dots\dots(6)$$

**Metode *Kilbridge & Wester***

Dirancang oleh M. Kilbridge dan L. Wester. Pada metode ini, dilakukan pengelompokkan tugas-tugas ke dalam sejumlah kelompok yang mempunyai keterhubungan yang sama. (Dharmayanti dan Marliansyah, 2019).

Adapun langkah-langkah yang digunakan metode kilbridge & Wester adalah sebagai berikut:

1. Kelompokkan beberapa tugas dalam satu kelompok. Misal kelompok ke-n adalah tugas-tugas yang punya tugas sebelumnya di kelompok ke-n, kelompok ke-n+2 terdiri dari tugas sebelumnya di kelompok ke n+1, seterusnya sampai semua tugas dikelompokkan.
2. Tempatkan tugas di suatu kelompok. Mulai kelompok 1, kedalam stasiun kerja yang sama. Hasil gabungan terbaik adalah waktu total semua tugas mendekati atau sama dengan waktu siklus. Jika penempatan tugas pada suatu stasiun menyebabkan waktu total semua tugas melebihi waktu siklus, maka tempatkan tugas tersebut di stasiun kerja berikutnya. Hapus tugas-tugas yang telah ditempatkan dari kelompoknya
3. Jika terdapat tugas-tugas yang belum ditempatkan di suatu stasiun kerja dan waktu totalnya berjumlah kurang dar waktu siklus, lanjutkan penggabungan dengan tugas setelahnya (kelompok 2).
4. Lakukan kembali langkah 2 dan 3 hingga semua tugas tergabung dalam suatu stasiun kerja.

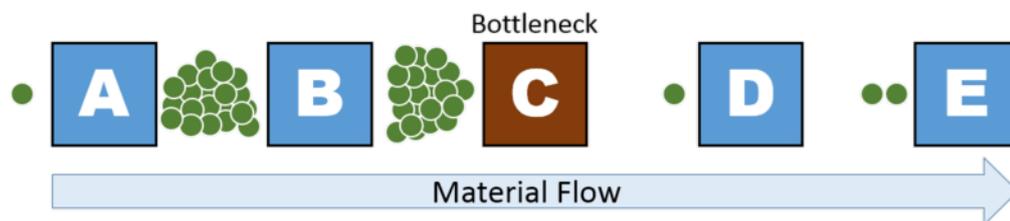
***Ranked Positional Weight (RPW)***

Metode RPW diusulkan oleh Helgeson dan Birnie (2000) dalam Dharmayanti dan Marliansyah (2019) menyebutkan bahwa pada metode ini penentuan jumlah stasiun kerja dan pembagian tugas dilakukan dengan pembobotan posisi pada tiap tugas hinggatugas-tugas ditempatkan pada semua stasiun. Tahapan metode ini adalah:

1. Hitung bobot posisi setiap tugas yaitu bobot suatu tugas ditambah bobot tugas-tugas berikutnya.
2. Urutkan tugas sesuai bobot posisi, yaitu dari yang terbesar sampai terkecil.
3. Tempatkan tugas berbobot terbesar ke suatu stasiun tanpa melanggar precedence constraint dan waktu stasiun tidak melebihi waktu siklus.
4. Lakukan penempatan sampai semua tugas ditempatkan pada stasiun kerja.

### **Bottleneck**

*Bottleneck* didefinisikan sebagai masalah yang terjadi di stasiun kerja yang membatasi efisiensi seluruh proses. Ini dapat menyebabkan situasi dimana stasiun kerja sebelum *bottleneck* dapat menyelesaikan pemrosesan sehingga dapat melanjutkan material, karena pekerjaan yang mengikutinya masih terlibat dalam pemrosesan sebelumnya (Sari, dkk., 2019) dalam (Kustono, 2019).



Gambar 2. Ilustrasi *Bottleneck*

### **Efisiensi**

Menurut Gie (1997), efisiensi adalah satu pengertian tentang perhubungan optimal antara pendapatan dan pengeluaran, bekerja keras dan hasilhasilnya, modal dan keuntungan, biaya dan kenikmatan, yang ada kalanya juga disamakan dengan ketepatan atau dapat juga dirumuskan sebagai perbandingan terbaik antara pengeluaran dan penghasilan, antara suatu usaha kerja dengan hasilnya. Perbandingan ini dapat dilihat dari dua segi, yaitu:

1. Segi hasil

Suatu pekerjaan dapat disebut efisien jika dengan usaha tertentu memberikan hasil yang maksimal. Hasil yang dimaksud yaitu mengenai kualitas dan kuantitas maksimal yang diperoleh.

2. Segi usaha Suatu pekerjaan dapat dikatakan efisien jika suatu hasil tertentu tercapai dengan usaha yang minimal. Usaha yang dimaksud mengandung tiga unsur yaitu waktu, biaya dan metode kerja.

Perbandingan terbaik antara usaha kerja dan hasilnya dalam setiap pekerjaan terutama ditentukan oleh bagaimana pekerjaan itu dilakukan. Jadi efisiensi kerja pada umumnya merupakan perwujudan dari cara-cara bekerja yang efisien, dilihat dari segi usaha yang meliputi 3 unsur yaitu waktu, biaya dan metode kerja (tenaga dan pikiran), suatu cara bekerja yang efisien ialah cara yang dengan tanpa sedikitpun mengurangi hasil yang hendak dicapai yaitu:

1. Cara yang termudah
2. Cara yang teringan
3. Cara yang tercepat
4. Cara yang tersingkat
5. Cara yang termurah

Suatu cara bekerja efisien yang dipraktekkan pada suatu satuan usaha tertentu akan mengakibatkan tercapainya hasil yang dikehendaki, bahkan dalam derajat yang

tertinggi mengenai mutu dan jumlahnya. Jadi hasil yang maksimal dalam setiap pekerjaan tergantung pula pada cara bekerja yang efisien.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Proses dan Waktu Pembuatan Sepatu Forum Mid Line *Assembling*

Urutan proses kerja *Assembling Forum Mid* dan waktu kerja sebagai berikut:

Tabel 1. Time Study Proses *Assembling Forum Mid*

No	Proses	Waktu Pengamatan (Detik)					Total (detik)	Waktu Rata-Rata (Detik)	Keterangan VAT/NVAT
		1	2	3	4	5			
1	Jahit Strobel	50,04	53,02	52,06	50,00	51,08	256,20	51,24	VAT
2	Slip Lasting	18,1	18,3	18,2	18,5	18,4	91,5	18,3	VAT
3	Pasang Tongue Cover+Rapikan tali	21,1	21,1	20,4	21,2	21,4	105,2	21,04	VAT
4	Heel Lasing+Kencangkan Tali	22,35	22,15	22,25	21,59	22,31	110,7	22,13	VAT
5	Marking Upper	24,5	24,1	24,3	24,1	24,15	121,2	24,23	NVAT
6	Buffing Toe Outsole	11	11,2	11,1	11,3	11,2	55,8	11,16	VAT
7	Hand Buffing	47,2	47,5	47,3	47,2	47,2	236,4	47,28	VAT
8	Setting Outsole dan Rubber Shell Toe+Upper	10,5	9,8	9,4	9,3	10,2	49,2	9,84	NVAT
9	Primer Outsole & Rubber Shell Toe + Upper	33,4	32,1	32,5	33,1	32,4	163,5	32,7	VAT
10	Primer Vamp & Primer Upper	42,1	42,3	42,5	42,1	42,2	211,2	42,24	VAT
11	Heater	20,4	19,2	19,3	20,2	19,5	98,6	19,72	VAT
12	Cementing Outsole & Rubber Sheel Toe	32,15	32,25	32,55	32,45	32,16	161,6	32,31	VAT
13	Cementing Vamp & Upper	42,5	42,3	41,56	42,15	42,55	211,1	42,21	VAT
14	Heater	20,31	19,55	20,15	20,2	20,14	100,4	20,07	VAT
15	Attaching	78,20	79,50	79,56	78,58	78,55	395,39	79,08	VAT
16	Chiller	19,45	19,32	19,2	19,5	19,4	96,9	19,37	VAT
17	Buka Tali Lasting	49,58	49,56	49,55	49,57	49,56	247,8	49,56	VAT
18	Cabut Last	9,56	9,48	9,55	9,52	9,54	47,7	9,53	VAT
19	Pasang Inlaysole	20,09	20,15	20,1	20,12	20,13	100,6	20,12	VAT
20	Cleaning HC400	43,5	43,56	43,52	43,46	43,51	217,6	43,51	VAT
21	QC	18,56	18,5	18,54	18,53	18,55	92,7	18,54	NVAT
22	Pasang Hantag	12,51	12,52	12,52	12,52	12,51	62,6	12,52	VAT
23	Tempel Barcode	6,08	6,1	6,07	6,08	6,1	30,4	6,09	VAT

24	Bungkus+Masukan Sepatu ke Inner Box	14,5	14,5	14,5	14,45	14,5	72,5	14,49	VAT
25	Lipat Karton Box+Packing+Cat Hasil+Scan	8,05	8,09	8,08	8,08	8,08	40,4	8,08	VAT
Total Waktu								675,35	

**Uji Kecukupan Data**

Tujuan dari uji kecukupan data adalah untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan merupakan data yang dapat dikatakan cukup secara objektif. Pada uji kecukupan data terdapat 2 faktor yang mempengaruhi yaitu tingkat keyakinan dan tingkat ketelitian. Pada penelitian ini, tingkat keyakinan yang diperlukan sebesar 95% dengan tingkat ketelitian 5%. Untuk itu rumus yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$N' = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{(N \sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

Dengan :

N = Jumlah Data

N' = Jumlah data teoritis

K = Tingkat keyakinan

S = Tingkat ketelitian

Apabila  $N' \leq N$  maka data yang digunakan dikatakan cukup. Berikut contoh perhitungan uji kecukupan data Jahit Strobel adalah sebagai berikut :

$$N' = \left[ \frac{\frac{2}{5\%} \sqrt{(25 \times 5,85) - (13134,532)}}{65638,44} \right]^2$$

$$= 0,83$$

Maka  $N'(0,83) \leq N(5)$ , sehingga data yang telah dikumpulkan dapat dikatakan cukup dan dapat lanjut pada tahap selanjutnya.

Tabel 2. Rekap Hasil Uji Kecukupan Data

No	Proses	N	N'	Ket
1	Jahit Strobel	5	0,83415	Cukup
2	Slip Lasting	5	0,09555	Cukup
3	Pasang Tongue Cover+Rapikan tali	5	0,41348	Cukup
4	Heel Lasing+Kencangkan Tali	5	0,253	Cukup
5	Marking Upper	5	0,06432	Cukup
6	Buffing Toe Outsole	5	0,13361	Cukup
7	Hand Buffing	5	0,00973	Cukup
8	Setting Outsole dan Rubber Shell Toe+Upper	5	3,47677	Cukup
9	Primer Outsole & Rubber Shell Toe + Upper	5	0,34116	Cukup
10	Primer Vamp & Primer Upper	5	0,02009	Cukup
11	Heater	5	0,97758	Cukup
12	Cementing Outsole & Rubber Sheel Toe	5	0,0395	Cukup

13	Cementing Vamp & Upper	5	0,11384	Cukup
14	Heater	5	0,28298	Cukup
15	Attaching	5	0,08761	Cukup
16	Chiller	5	0,04733	Cukup
17	Buka Tali Lasting	5	0,00007	Cukup
18	Cabut Last	5	0,01409	Cukup
19	Pasang Inlaysole	5	0,0018	Cukup
20	Cleaning HC400	5	0,00088	Cukup
21	QC	5	0,00197	Cukup
22	Pasang Hantag	5	0,00025	Cukup
23	Tempel Barcode	5	0,00622	Cukup
24	Bungkus+Masukkan Sepatu ke Inner Box	5	0,00305	Cukup
25	Lipat Karton Box+Packing+Catat Hasil+Scan	5	0,00451	Cukup

### Uji Keseragaman Data

Selain uji kecukupan data, dalam penelitian ini juga diperlukan uji keseragaman data dengan tujuan agar data yang diperoleh masih dalam batas kontrol sebelum data yang diperoleh digunakan dalam pengolahan data. Uji keseragaman data dipengaruhi oleh standar deviasi, tingkat kepercayaan dan rata-rata waktu elemen kerja. Tingkat kepercayaan yang digunakan penelitian ini adalah 95%. Rumus yang digunakan dalam uji keseragaman data adalah sebagai berikut :

$$BKA = \bar{x} + k \sigma$$

$$BKB = \bar{x} - k \sigma$$

Dibawah ini adalah tabel rata-rata dan standar deviasi dari pengamatan proses produksi Line Assembling:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi

No	Proses	Rata-rata(detik)	Stdev
1	Jahit Strobel	51,24	1,31
2	Slip Lasting	18,30	0,16
3	Pasang Tongue Cover+Rapikan tali	21,04	0,38
4	Heel Lasing+Kencangkan Tali	22,13	0,31
5	Marking Upper	24,23	0,17
6	Buffing Toe Outsole	11,16	0,11
7	Hand Buffing	47,28	0,13
8	Setting Outsole dan Rubber Shell Toe+Upper	9,84	0,51
9	Primer Outsole & Rubber Shell Toe + Upper	32,70	0,53
10	Primer Vamp & Primer Upper	42,24	0,17
11	Heater	19,72	0,54
12	Cementing Outsole & Rubber Sheel Toe	32,31	0,18
13	Cementing Vamp & Upper	42,21	0,40
14	Heater	20,07	0,30

15	Attaching	79,08	0,65
16	Chiller	19,37	0,12
17	Buka Tali Lasting	49,56	0,01
18	Cabut Last	9,53	0,03
19	Pasang Inlaysole	20,12	0,02
20	Cleaning HC400	43,51	0,04
21	QC	18,54	0,02
22	Pasang Hantag	12,52	0,01
23	Tempel Barcode	6,09	0,01
24	Bungkus+Masukkan Sepatu ke Inner Box	14,49	0,02
25	Lipat Karton Box+Packing+Catat Hasil+Scan	8,08	0,02

Pada tabel diatas menunjukkan waktu setiap elemen dalam satuan detik, serta menunjukkan informasi terkait mengenai nilai standart deviasi masing-masing elemen kerja sehingga langkah selanjutnya informasi tersebut dapat diolah menjadi batasan BKA dan BKB dengan contoh perhitungan UCL (*Upper Control Limit*) dan LCL (*Lower Control Limit*) pada elemen kerja Jahit Strobel adalah sebagai berikut:

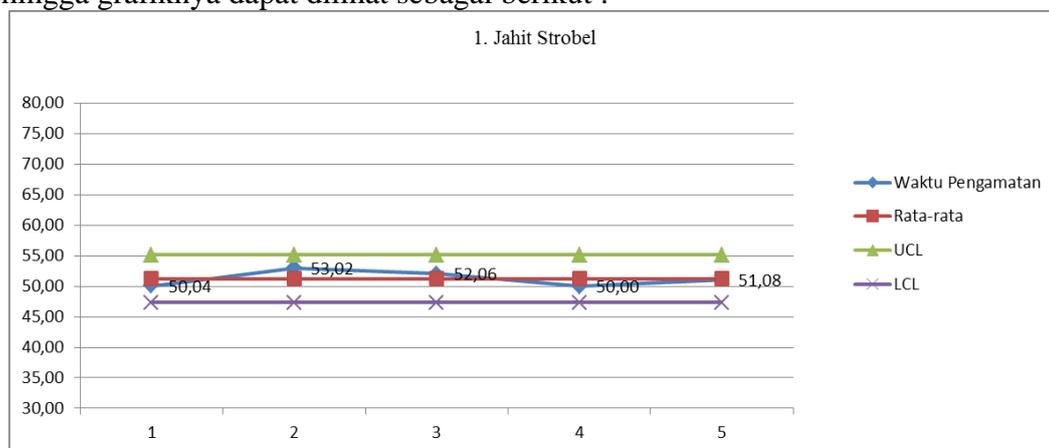
$$BKA = 51,24 + (2 \times 1,31)$$

$$= 53,86 \text{ detik}$$

$$BKB = 51,24 - (2 \times 1,31)$$

$$= 48,62 \text{ detik}$$

Sehingga grafiknya dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Uji Keseragaman data

Pada grafik diatas terdapat informasi bahwa pengukuran terhadap waktu pada elemen kerja Jahit Strobel sebanyak 5 kali pengamatan dengan keseluruhan waktu siklus berada dibawah BKA yaitu sebesar 55,16, dan BKB 48,62. Rekap data keseragaman data proses produksi *line assembling* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Rekap Uji Keseragaman Data

No	Proses	Keterangan
1	Jahit Strobel	Seragam
2	Slip Lasting	Seragam
3	Pasang Tongue Cover+Rapikan tali	Seragam
4	Heel Lasing+Kencangkan Tali	Seragam
5	Marking Upper	Seragam
6	Buffing Toe Outsole	Seragam

7	Hand Buffing	Seragam
8	Setting Outsole dan Rubber Shell Toe+Upper	Seragam
9	Primer Outsole & Rubber Shell Toe + Upper	Seragam
10	Primer Vamp & Primer Upper	Seragam
11	Heater	Seragam
12	Cementing Outsole & Rubber Sheel Toe	Seragam
13	Cementing Vamp & Upper	Seragam
14	Heater	Seragam
15	Attaching	Seragam
16	Chiller	Seragam
17	Buka Tali Lasting	Seragam
18	Cabut Last	Seragam
19	Pasang Inlaysole	Seragam
20	Cleaning HC400	Seragam
21	QC	Seragam
22	Pasang Hantag	Seragam
23	Tempel Barcode	Seragam
24	Bungkus+Masukkan Sepatu ke Inner Box	Seragam
25	Lipat Karton Box+Packing+Catat Hasil+Scan	Seragam

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa keseluruhan elemen kerja pada kelompok kerja *Line Assembling* adalah seragam dan dapat dilakukan perhitungan selanjutnya.

### Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Baku

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan waktu normal dan waktu baku pada masing-masing proses. Nilai Rating Faktor didapat dari metode *Westing House*.

Tabel 5. Jumlah Rating Faktor untuk tiap proses

Proses	Keterampilan	Usaha	Kondisi	Konsistensi	Jumlah	Rf (dtk)
1	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08
2	+0,06	0,00	+0,02	0,00	0,08	1,08
3	+0,06	+0,05	+0,02	0,00	0,13	1,13
4	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08
5	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08
6	+0,06	0,00	+0,02	0,00	0,08	1,08
7	0,00	+0,05	+0,02	0,00	0,07	1,07
8	0,00	+0,05	+0,02	0,00	0,07	1,07
9	+0,06	0,00	+0,02	+0,01	0,09	1,09
10	+0,03	+0,05	+0,02	+0,00	0,1	1,1
11	+0,06	+0,05	+0,02	0,00	0,13	1,13
12	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08
13	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08
14	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08
15	+0,06	0,06	+0,01	0,00	0,13	1,13
16	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08
17	+0,00	+0,05	+0,02	+0,00	0,07	1,07
18	+0,00	+0,02	+0,05	+0,01	0,08	1,08
19	+0,03	+0,02	+0,02	+0,00	0,07	1,07
20	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08
21	+0,00	+0,05	+0,02	0,00	0,07	1,07
22	+0,03	+0,02	+0,02	+0,01	0,08	1,08

23	+0,06	0,00	+0,02	0,00	0,08	1,08
24	0,00	+0,05	+0,02	+0,01	0,08	1,08
25	+0,06	0,00	+0,02	+0,01	0,09	1,09

Dari tabel diatas di dapat informasi penilaian masing – masing proses beserta nilai yang diberikan. Nilai yang didapat masing – masing proses berupa keterampilan, usaha, kondisi dan konsistensi. Berikut ini merupakan contoh perhitungan Ws, Wn, dan Wb pada proses 1:

- Hitung Waktu Siklus rata-rata

$$WS = \frac{\sum xi}{N'} = \frac{256,2}{5} = 51,24 \text{ detik}$$

- Hitung Waktu Normal

$$\begin{aligned} Wn &= \text{Rata-rata elemen kerja} \times \text{Rating Faktor} \\ &= 51,24 \times 1,08 \\ &= 55,34 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Hitung Waktu Baku

$$\begin{aligned} Wb &= Wn \times \frac{100}{100-l} \\ &= 51,24 \times \frac{100}{100-5\%} \\ &= 55,37 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan tabel Ws, Wn, dan Wb yang didapat:

Tabel 6. Rincian Perhitungan Ws, Wn, Wb

No	Proses	Ws (detik)	Wn (detik)	Allowance (%)	Wb (detik)
1	Jahit Strobel	51,24	55,34	5	55,37
2	Slip Lasting	18,30	19,76	5	19,77
3	Pasang Tongue Cover+Rapikan tali Heel	21,04	23,78	5	23,79
4	Lasing+Kencangkan Tali	22,13	23,90	5	23,91
5	Marking Upper	24,23	26,17	5	26,18
6	Buffing Toe Outsole	11,16	12,05	5	12,06
7	Hand Buffing	47,28	50,59	5	50,61
8	Setting Outsole dan Rubber Shell	9,84	10,53	5	10,53
9	Toe+Upper Primer Outsole & Rubber Shell Toe + Upper	32,70	35,64	5	35,66
10	Primer Vamp & Primer Upper	42,24	46,46	5	46,49
11	Heater	19,72	22,28	5	22,29
12	Cementing Outsole & Rubber Sheel Toe	32,31	34,89	5	34,91
13	Cementing Vamp & Upper	42,21	45,59	5	45,61
14	Heater	20,07	21,68	5	21,69
15	Attaching	79,08	89,36	5	89,41
16	Chiller	19,37	20,92	5	20,93
17	Buka Tali Lasting	49,56	53,03	5	53,06

18	Cabut Last	9,53	10,29	5	10,30
19	Pasang Inlaysole	20,12	21,53	5	21,54
20	Cleaning HC400	43,51	46,99	5	47,01
21	QC	18,54	19,84	5	19,85
22	Pasang Hantag	12,52	13,52	5	13,53
23	Tempel Barcode	6,09	6,58	5	6,58
24	Bungkus+Masukkan Sepatu ke Inner Box Lipat Karton	14,49	16,23	5	15,66
25	Box+Packing+Catat Hasil+Scan	8,08	8,81	5	8,81

### Analisa Kondisi Awal Proses Perakitan

Kondisi awal pada bagian assembling di PT.Panarub Industry saat ini terdapat 25 elemen kerja yang dibagi 13 stasiun kerja dengan 13 operator saja. Dari data tabel 6 terlihat bahwa elemen kerja ke 15 (*Attaching*) merupakan operasi yang paling lambat sehingga membatasi produksi. Karena membutuhkan waktu yang lama sedangkan proses sebelum dan sesudah *Attaching* hanya membutuhkan waktu yang cepat maka terjadilah *bottleneck*. Tidak hanya di proses *Attaching bottleneck* terjadi di beberapa stasiun lain dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Analisa *Bottleneck*

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Wb (detik)	Selisih (detik)	<i>Bottleneck</i> (ya/tidak)
1	1	55,37	-	-
2	2,3,4	67,47	-12,11	Ya
3	5	26,18	41,29	Tidak
4	6,7	62,67	-36,49	Ya
5	8,9,10	92,68	-30,01	Ya
6	11,12	57,21	35,48	Tidak
7	13,14	67,30	-10,09	Ya
8	15,16	110,34	-43,04	Ya
9	17,18	63,35	46,98	Tidak
10	19,20	68,55	-5,20	Ya
11	21	19,85	48,71	Tidak
12	22,23	20,11	-0,26	Ya
13	24,25	24,47	-4,36	Ya

Dari data diatas diketahui ada 8 stasiun kerja yang mengalami *bottleneck*. Untuk itu perlu dilakukan analisis terhadap efisiensi line tersebut. Untuk mengetahui *efficiency line* tersebut, kita perlu mengetahui *cycle time* produk saat ini.

Waktu siklus (*cycle time*) harus lebih besar atau sama dengan waktu stasiun dimana  $T_i \leq ST_i \leq CT$ . Waktu siklus terbesar pada penelitian ini terdapat pada stasiun kerja 15 (*Attaching*) hal ini dapat dilihat dari tabel 6. Berikut merupakan perhitungan efisiensi stasiun kerja:

Tabel 8. *Idle time* berdasarkan waktu stasiun kerja terlama

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Ws Elemen Kerja (detik)	<i>Idle Time</i> (detik)	Efisiensi Elemen Kerja (%)
1	1	55,37	34,04	62%
2	2	19,77	69,63	22%
	3	23,79	65,62	27%

	4	23,91	65,49	27%
3	5	26,18	63,22	29%
4	6	12,06	77,35	13%
	7	50,61	38,79	57%
5	8	10,53	78,87	12%
	9	35,66	53,74	40%
	10	46,49	42,92	52%
6	11	22,29	67,11	25%
	12	34,91	54,49	39%
7	13	45,61	43,80	51%
	14	21,69	67,72	24%
8	15	89,41	0,00	100%
	16	20,93	68,48	23%
9	17	53,06	36,35	59%
	18	10,30	79,11	12%
10	19	21,54	67,87	24%
	20	47,01	42,39	53%
11	21	19,85	69,56	22%
12	22	13,53	75,88	15%
	23	6,58	82,82	7%
13	24	15,66	73,75	18%
	25	8,81	80,59	10%
	$\Sigma$	735,55		

Maka, perhitungan *idle time*, *line efficiency*, *balance delay* dan *smoothness index* pada kondisi awal adalah sebagai berikut:

- Idle Time* =  $(k \times CT) - \sum_{i=1}^n ti$   
 =  $(13 \times 89,41) - 735,55$   
 =  $1.162,33 - 735,55$   
 = 426,78 detik
- Line Efficiency* =  $\frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K)(CT)} \times 100\%$   
 =  $\frac{735,55}{13 \times 89,41} \times 100\%$   
 =  $\frac{735,55}{1.162,33} \times 100\%$   
 = 63,28 %
- Balance Delay* =  $\frac{(k \times CT) - \sum_{i=1}^n ti}{k \times CT} \times 100\%$   
 =  $\frac{(13 \times 89,41) - 735,55}{13 \times 89,41} \times 100\%$   
 =  $\frac{426,78}{1.162,33} \times 100\%$   
 = 36,72 %
- Smoothness Index* =  $\sqrt{\sum_{i=1}^k (CT - ST_i)^2}$   
 = 314,76

Tabel 9. Penghitungan *Smoothness Index*

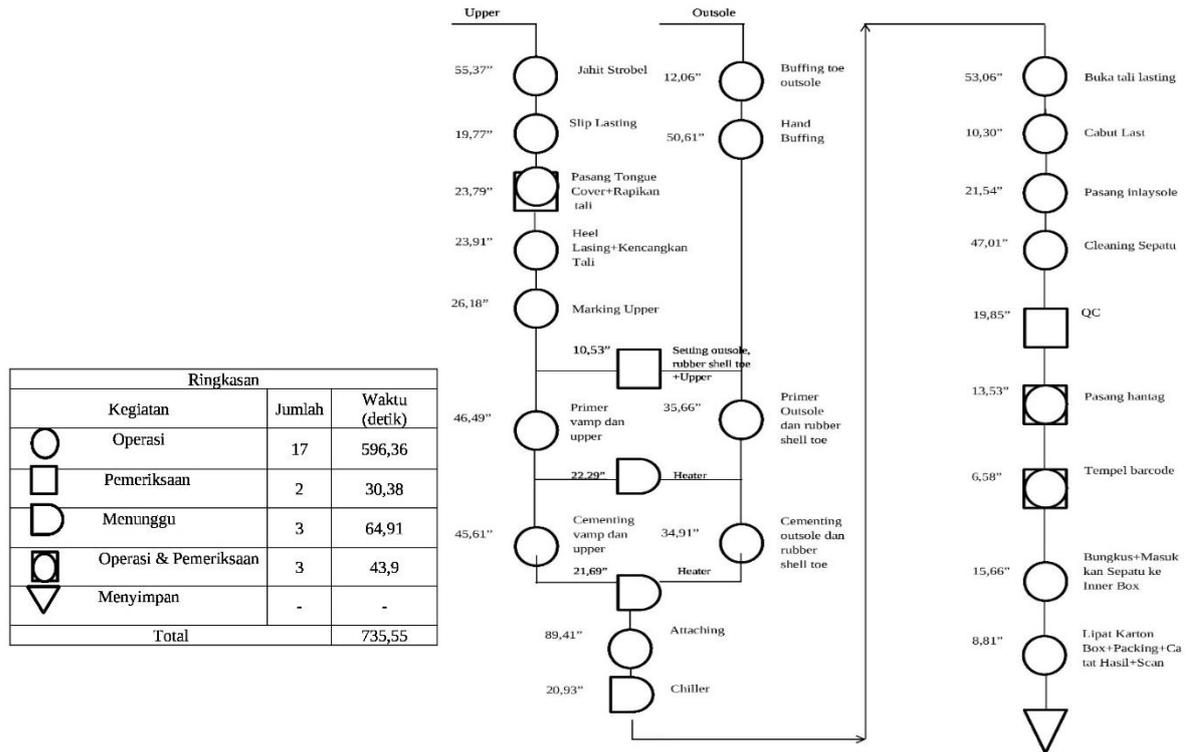
Stasiun Kerja	Elemen Kerja	CT	Si	CT-Si	(CT-Si) <sup>2</sup>
1	1	89,41	55,37	34,04	1158,60
	2	89,41	19,77	69,63	4848,51
2	3	89,41	23,79	65,62	4305,72
	4	89,41	23,91	65,49	4289,30
3	5	89,41	26,18	63,22	3997,23
	6	89,41	12,06	77,35	5982,45
4	7	89,41	50,61	38,79	1504,68
	8	89,41	10,53	78,87	6220,64
5	9	89,41	35,66	53,74	2888,45
	10	89,41	46,49	42,92	1841,94
6	11	89,41	22,29	67,11	4503,80
	12	89,41	34,91	54,49	2969,47
7	13	89,41	45,61	43,80	1918,05
	14	89,41	21,69	67,72	4585,82
8	15	89,41	89,41	0,00	0,00
	16	89,41	20,93	68,48	4688,83
9	17	89,41	53,06	36,35	1321,28
	18	89,41	10,30	79,11	6258,01
10	19	89,41	21,54	67,87	4605,78
	20	89,41	47,01	42,39	1796,98
11	21	89,41	19,85	69,56	4838,23
	22	89,41	13,53	75,88	5757,28
12	23	89,41	6,58	82,82	6859,92
	24	89,41	15,66	73,75	5438,78
13	25	89,41	8,81	80,59	6495,31
					99075,03
					314,76

Hasil analisis menunjukkan performansi lini perakitan yang kurang baik pada kondisi *line assembling* saat ini. Berdasarkan perhitungan analisis kondisi awal, terdapat permasalahan dari indikator performansi *line assembling* yaitu belum optimalnya performansi *line assembling* dan terjadinya *bottleneck*.

Berdasarkan identifikasi penyebab masalah yang telah dijelaskan dapat disimpulkan bahwa untuk memperbaiki performansi *line assembling* maka diperlukan metode *line balancing* yang dapat mengoptimalkan performansi *line assembling*.

### Penerapan *Line Balancing*

Metode *line balancing* ini digunakan untuk menekan waktu menganggur seminimal mungkin dengan membagi tugas dalam stasiun kerja. Dalam hal ini terkait dengan metode *line balancing* untuk perhitungannya dari berbagai metode, praktikum menggunakan metode *kilbridge wester*. Metode ini digunakan karena dianggap paling baik dibandingkan dengan metode lain. Berikut merupakan data penunjang sebagai data perhitungan *line*.



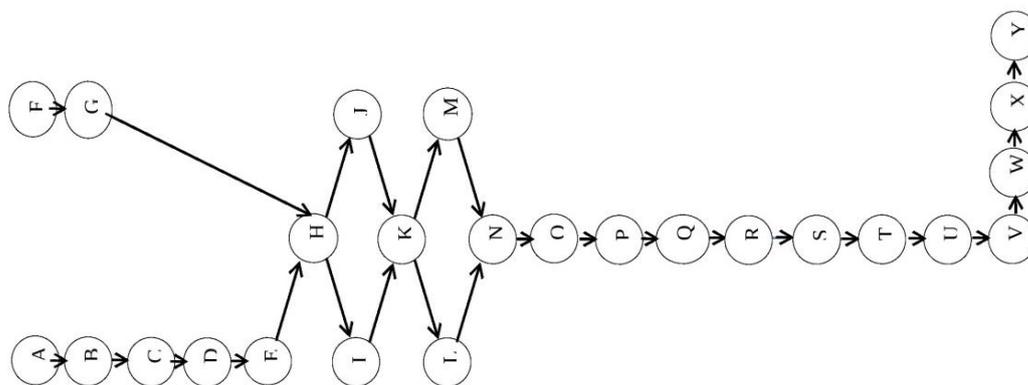
Gambar 4. Assembling Process Chart Sepatu Forum Mid

Pengambilan waktu pembuatan sepatu Forum Mid dilakukan berdasarkan *Assembling Proses Chart* (APC) yang dituangkan dalam Tabel 10 dibawah ini.

Tabel. 10 Kegiatan Perakitan pada Pembuatan Sepatu Forum Mid

No.	Pekerjaan	Simbol	Pekerjaan yang mendahului	Waktu Proses (detik)
1	Jahit Strobel	A	-	55,37
2	Slip Lasting	B	A	19,77
3	Pasang Tongue Cover + Rapihkan Tali	C	B	23,79
4	Heel Lasting + Kencangkan Tali	D	C	23,91
5	Marking Upper	E	D	26,18
6	Buffing Toe Outsole	F	-	12,06
7	Hand Buffing	G	F	50,61
8	Setting outsole dan Rubber Shell Toe + Upper	H	E, G	10,53
9	Primer Outsole & Rubber Shell Toe	I	H	35,66
10	Primer Vamp & Primer Upper	J	H	46,49
11	Heater	K	I, J	22,29

12	Cementing Outsole 17 Cementing Rubber Shell Toe	L	K	34,91
13	Cementing Vamp & Upper	M	K	45,61
14	Heater	N	L,M	21,69
15	Attaching	O	N	89,41
16	Chiller	P	O	20,93
17	Buka Tali Lasting	Q	P	53,06
18	Cabut last	R	Q	10,30
19	Pasang Inlaysole	S	R	21,54
20	Cleaning HC400	T	S	47,01
21	QC	U	T	19,85
22	Pasang Hangtag	V	U	13,53
23	Tempel Barcode	W	V	6,58
24	Bungkus Sepatu + Masukkan Sepatu ke Inner Box	X	W	15,66
25	Lipat Karton Box + Packing + Catat Hasil+Scan	Y	X	8,81
Jumlah				735,55



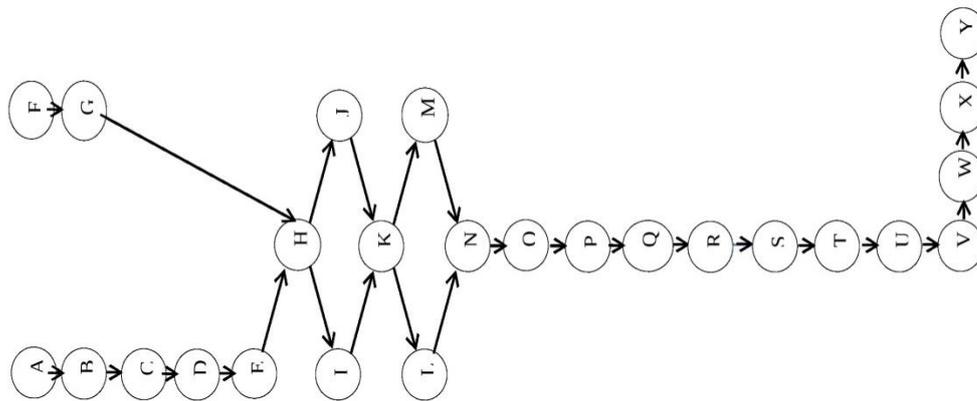
Gambar 5. Precedence Diagram Perakitan Sepatu Forum Mid

### Metode *Kilbridge & Wester Balancing* Operasi

Metode ini merupakan salah satu metode yang digunakan dalam *line balancing*. Perhitungan metode ini yaitu dengan cara mengelompokkan pekerjaan ke dalam sejumlah kelompok yang mempunyai tingkat keterhubungan yang sama. Metode *Kilbridge & Wester* merupakan pengelompokan stasiun kerja dengan memperhatikan kolom yang memiliki waktu yang mendekati *cycle time*.

Dalam menentukan waktu siklus, harus diperhatikan waktu stasiun lainnya, sehingga waktu siklus harus sama atau lebih besar dari waktu operasi terbesar untuk menghindari *bottleneck*. Dimana  $T_i \leq ST_i \leq CT_{maks}$  = Waktu terbesar dari keseluruhan elemen kerja, jadi  $CT = 89,41$  detik pada proses *Attaching*.

Dibawah ini pembagian kelompok berdasarkan *task*.



Gambar 6. Pengelompokan Berdasarkan *Task* untuk Operasi

Setelah dilakukan pengelompokan, maka dibuat stasiun kerjanya dengan memperhatikan total operasinya tidak boleh melebihi *cycle time*. Pengalokasian stasiun kerja yang dibentuk dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengalokasian Sistem Kerja Operasi Metode Killbrige's & Wester

Stasiun Kerja baru	Elemen Kerja	Ws Stasiun Kerja (detik)	Ws Stasiun Kerja baru (detik)	Idle (detik )	Efisiensi Stasiun Kerja (%)
A	A,B	55,37 19,77	75,14	14,26	84,05%
B	C,D,E	23,79 23,91 26,18	73,88	15,52	82,64%
C	F,G,H	12,06 50,61 10,53	73,21	16,20	81,88%
D	I,J	35,66 46,49	82,15	7,26	91,88%
E	K,L	22,29 34,91	57,21	32,20	63,99%
F	M,N	45,61 21,69	67,30	22,11	75,27%
G	O	89,41	89,41	0	100%
H	P,Q,R	20,93 53,06 10,30	84,28	5,12	94,27%
I	S,T	21,54 47,01	68,55	20,85	76,68%
J	U,V,W	19,85 13,53 6,58	39,96	49,45	44,69%
K	X,Y	15,66 8,81	24,47	64,94	27,37%

Keterangan tabel 11:

- Pada kolom 1 merupakan stasiun kerjanya.
- Pada kolom 3 merupakan operasi yang terjadi pada pengelompokan stasiun kerja. ( $\leq T_{maks}$ )
- Pada kolom 4 merupakan kecepatan stasiun dengan jumlah operasi berdasarkan pengelompokan stasiun kerja.

$$V_s = e_1 + e_2 + \dots + e_n$$

Keterangan :  $V_s$  = Kecepatan stasiun kerja  
 $e$  = elemen kerja

- Pada kolom 5 merupakan waktu mengangur dalam stasiun kerja atau *idle time*. *Idle time* didapat dari waktu siklus dikurang total waktu operasi dalam stasiun kerja.

$$IT = W_s - V_s$$

Keterangan :  $W_s$  = Waktu Siklus  
 $V_s$  = Kecepatan stasiun kerja

- Pada kolom 6 merupakan persentase efisiensi pada stasiun kerja.

$$SE = \frac{W_i}{W_s} \times 100\%$$

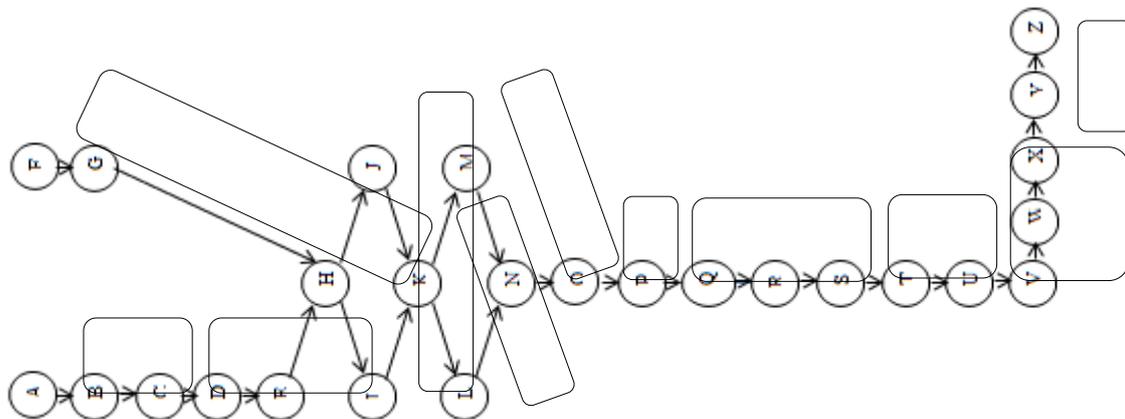
Keterangan :  $SE$  = *Station Efficiency*  
 $W_i$  = Waktu operasi elemen kerja ke-i  
 $W_s$  = Waktu Siklus

Contoh perhitungan Efisiensi stasiun kerja pada stasiun kerja 8 :

$$SE = \frac{W_i}{W_s} \times 100\%$$

$$SE = \frac{84,28}{89,41} \times 100\% = 94,27\%$$

Berdasarkan penjelasan yang sudah dilakukan di atas maka dibuatlah *precedence* diagram dari hasil perhitungan sebelumnya dengan metode *Kilbrige's & Wester* untuk operasi pada proses produksi. *Precedence* diagram dari hasil perhitungan sebelumnya dengan metode *Kilbrige's & Wester* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 7. *Precedence* Diagram Metode *Kilbrige's & Wester* Untuk Operasi

Berdasarkan perhitungan metode *kilbride*, dimana perusahaan telah menetapkan operator dalam perakitan produk sepatu Forum Mid dalam satu lintasan. Satu lintasan tersebut didapatkan 11 stasiun kerja. Lalu berikutnya dilakukan pengukuran utilitas sebagai berikut:

Tabel 12. *Idle Time* Berdasarkan Waktu Stasiun Kerja Terlama

Stasiun Kerja	$W_s$ Stasiun Kerja (detik)	<i>Idle Time</i> (detik)	Efisiensi Stasiun Kerja (%)
A	75,14	14,26	84,05%
B	73,88	15,52	82,64%

C	73,21	16,20	81,88%
D	82,15	7,26	91,88%
E	57,21	32,20	63,99%
F	67,30	22,11	75,27%
G	89,41	0	100%
H	84,28	5,12	94,27%
I	68,55	20,85	76,68%
J	39,96	49,45	44,69%
K	24,47	64,94	27,37%
Σ	735,55		

- Idle Time* =  $(k \times CT) - \sum_{i=1}^n ti$   
 =  $(11 \times 89,41) - 735,55$   
 =  $983,51 - 735,55$   
 = 247,96 detik
- Line Efficiency* =  $\frac{\sum_{i=1}^k STi}{(K)(CT)} \times 100\%$   
 =  $\frac{735,55}{11 \times 89,41} \times 100\%$   
 =  $\frac{735,55}{983,51}$   
 = 74,79%
- Balance Delay* =  $\frac{(k \times CT) - \sum_{i=1}^n ti}{k \times CT} \times 100\%$   
 =  $\frac{(11 \times 89,41) - 735,55}{11 \times 89,41} \times 100\%$   
 =  $\frac{983,51 - 735,55}{983,51} \times 100\%$   
 =  $\frac{247,96}{983,51} \times 100\%$   
 = 25,21%
- Smoothness Index* =  $\sqrt{\sum_{i=1}^k (CT - STi)^2}$   
 = 96,99

Berdasarkan perhitungan di atas perhitungan untuk metode *smoothness index* ini adalah untuk mengetahui index yang menunjukkan kelancaran dari suatu keseimbangan lini *assembly*. Tabel perhitungan *smoothness index* dapat dilihat pada table 13

Tabel 13. Perhitungan *Smoothness Index*

Stasiun Kerja	CT	Si	CT - Si	(CT-Si) <sup>2</sup>
A	89,41	75,14	14,26	203,47
B	89,41	73,88	15,52	241,00
C	89,41	73,21	16,20	262,35
D	89,41	82,15	7,26	52,66
E	89,41	57,21	32,20	1036,72
F	89,41	67,30	22,11	488,81
G	89,41	89,41	0	0,00
H	89,41	84,28	5,12	26,23
I	89,41	68,55	20,85	434,79
J	89,41	39,96	49,45	2445,16

K	89,41	24,47	64,94	4216,74
	$\Sigma$			9407,94
	$\sqrt{\quad}$			96,99

Selanjutnya dilakukan analisa bottleneck menggunakan waktu dari stasiun baru. Berikut datanya:

Tabel 14. Tabel *Bottleneck*

Operasi	Ws (detik)	Selisih	<i>Bottleneck</i> (ya/tidak)
A	69,54	-	-
B	67,40	-0,88	Ya
C	68,28	-6,66	Ya
D	74,94	22,91	Tidak
E	52,03	-10,25	Ya
F	62,28	-16,8	Ya
G	79,08	0,61	Tidak
H	78,47	14,84	Tidak
I	63,63	26,49	Tidak
J	37,14	14,57	Tidak
K	22,57	2,14	Tidak

Dari data diatas dapat diketahui *bottleneck* berkurang menjadi 4 saja yang sebelumnya ada 8 Stasiun kerja.

#### **Ranked Position Weight (RPW)**

RPW adalah metode yang digunakan untuk menyeimbangkan lintasan pada proses produksi dengan diketahui terlebih dahulu waktu-waktu yang ada dalam proses praktikan tersebut dengan tujuan agar proses produksi itu berjalan dengan baik.

Tabel 15. Perhitungan Bobot Posisi untuk Tiap Proses

Operasi awal	Waktu	Operasi yang mengikuti																								Σ			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X		Y		
A	55,37		19,77	23,79	23,91	26,18	12,06	50,61	10,53	35,66	46,91	22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	735,97		
B	19,77			23,79	23,91	26,18			10,53	35,66	46,91	22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	617,93		
C	23,79				23,91	26,18			10,53	35,66	46,91	22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	598,15		
D	23,91					26,18			10,53	35,66	46,91	22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	574,37		
E	26,18								10,53	35,66	46,91	22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	550,45		
F	12,06							50,61	10,53	35,66	46,91	22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	586,95		
G	50,61								10,53	35,66	46,91	22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	574,89		
H	10,53									35,66	46,91	22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	524,27		
I	35,66											22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	466,83		
J	46,91											22,29	34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	477,66		
K	22,29												34,91	45,61	21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	431,17		
L	34,91														21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	363,26		
M	45,61															21,69	89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	373,96	
N	21,69																89,41	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	328,35	
O	89,41																	20,93	53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	306,67	
P	20,93																		53,06	10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	217,26	
Q	53,06																			10,30	21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	196,33	
R	10,30																				21,54	47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	143,27	
S	21,54																					47,01	19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	132,98	
T	47,01																						19,85	13,53	6,58	15,66	8,81	111,44	
U	19,85																							13,53	6,58	15,66	8,81	64,42	
V	13,53																								6,58	15,66	8,81	44,58	
W	6,58																										15,66	8,81	31,05
X	15,66																											8,81	24,47
Y	8,81																												8,81

Dari data diatas diperoleh waktu proses terbesar pada proses O yaitu 89,41 detik.

**Pengurutan prioritas proses berdasarkan bobot posisi.**

Berdasarkan hasil perhitungan bobot diatas diperoleh urutan prioritas proses dimana bobot yang terbesar merupakan prioritas pertama sedangkan bobot yang terkecil merupakan prioritas terakhir. Pengurutan prioritas proses dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini. Penjumlahan bobot dibawah digunakan untuk menentukan stasiun kerja baru mengikuti prioritas tetapi tidak boleh melebihi *cycle time*.

Tabel 16. Pengurutan Waktu Prioritas Proses Berdasarkan Bobot Posisi

Prioritas	Operasi	Bobot
1	A	735,97
2	B	617,93
3	C	598,15
4	F	586,95
5	G	574,89
6	D	574,37
7	E	550,45
8	H	524,27
9	J	477,66
10	I	466,83
11	K	431,17
12	M	373,96
13	L	363,26
14	N	328,35
15	O	306,67
16	P	217,26
17	Q	196,33
18	R	143,27
19	S	132,98
20	T	111,44
21	U	64,42
22	V	44,58
23	W	31,05
24	X	24,47
25	Y	8,81

**Penentuan Jumlah Workstation baru**

Berdasarkan bobot nilai terbesar, jumlah *workstation* yang ideal untuk pembuatan sepatu Forum Mid sebanyak 9 *workstation*. Dimana untuk mengetahui jumlah *workstation* yang ideal dengan formulasi di bawah ini :

$$K = \frac{\sum ti}{c} \times 100\%$$

$$K = \frac{735,97}{89,41} \times 100\% = 8,23 = 9 \text{ workstation}$$

Pembebanan *workstation* lama ke *workstation* baru. Mempertukarkan operasi antar stasiun kerja agar waktu menganggur menjadi lebih berimbang (*trial and error*) dengan penjumlahan tidak boleh melebihi *cycle time*.

Tabel 17. Pembebanan *Workstation* lama ke *Workstation* Baru

Stasiun kerja	Elemen Kerja	Kecepatan stasiun (detik)	Waktu kumulatif (detik)
A	A	55,37	87,20
	B	19,77	
	F	12,06	
B	C	23,79	84,42
	D	23,91	
	E	26,18	
	H	10,53	
C	G	50,61	86,28
	I	35,66	
D	J	46,49	81,40
	L	34,91	
E	K	22,29	88,83
	M	45,61	
	P	20,93	
F	O	89,41	89,41
	N	21,69	
G	Q	53,06	85,04
	R	10,30	
	S	21,54	
H	T	47,01	88,40
	U	19,85	
I	V	13,53	44,58

Setelah dilakukan pengelompokan, maka dibuat stasiun kerjanya dengan memperhatikan total operasinya tidak boleh melebihi *cycle time*. Pengalokasian stasiun kerja yang dibentuk dapat dilihat pada tabel 4.15. berikut merupakan tabel *idle time*-nya.

Tabel 18. *Idle Time* Berdasarkan Stasiun Terlama

Stasiun Kerja baru	Operasi	Ws Stasiun Kerja (detik)	<i>Idle</i> (detik)	Efisiensi Stasiun Kerja (%)
A	A,B,F	87,20	2,21	97,53%
B	C,D,E,H	84,42	4,99	94,42%
C	G,I	86,28	3,13	96,50%
D	J,L	81,40	8,01	91,05%
E	K,M,P	88,83	0,58	99,35%
F	O	89,41	0	100%
G	N,Q,R	85,04	4,37	95,11%
H	S,T,U	88,40	1,01	98,87%
I	V,W,X, Y	44,58	44,83	49,86%
	Σ	735,55		

- $$\begin{aligned}
 \text{Idle Time} &= (k \times CT) - \sum_{i=1}^n ti \\
 &= (9 \times 89,41) - 735,55 \\
 &= 804,69 - 735,55
 \end{aligned}$$

- $$= 69,14 \text{ detik}$$
- *Line Efficiency*

$$= \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K)(CT)} \times 100\%$$

$$= \frac{735,55}{9 \times 89,41} \times 100\%$$

$$= \frac{735,55}{804,69}$$

$$= 91,41\%$$
- *Balance Delay*

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

$$= \frac{(9 \times 89,41) - 735,55}{9 \times 89,41} \times 100\%$$

$$= \frac{804,69 - 735,55}{804,69} \times 100\%$$

$$= \frac{69,14}{804,69} \times 100\%$$

$$= 0,85\%$$
- *Smoothness Index*

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

$$= 46,19$$

Berdasarkan perhitungan di atas perhitungan untuk metode *smoothness index* ini adalah untuk mengetahui index yang menunjukkan kelancaran dari suatu keseimbangan lini *assembly*. Tabel perhitungan *smoothness index* dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 19. Perhitungan *Smoothness Index*

Stasiun Kerja	CT	Si	CT - Si	(CT-Si) <sup>2</sup>
A	89,41	87,20	2,21	4,88
B	89,41	84,42	4,99	24,90
C	89,41	86,28	3,13	9,80
D	89,41	81,40	8,01	64,16
E	89,41	88,83	0,58	0,34
F	89,41	89,41	0	0
G	89,41	85,04	4,37	19,10
H	89,41	88,40	1,01	1,02
I	89,41	44,58	44,83	2009,73
	Σ			2133,92
	√			46,19

Selanjutnya dilakukan analisa *bottleneck* menggunakan waktu dari stasiun baru. Terdapat 4 stasiun kerja yang masih *Bottleneck*. Berikut datanya:

Tabel 20. Tabel *Bottleneck*

Operasi	Ws	Selisih	<i>Bottleneck</i> (ya/tidak)
A	87,20	-	-
B	84,42	2,78	Tidak
C	86,28	-1,86	Ya
D	81,40	4,88	Tidak
E	88,83	-7,43	Ya
F	89,41	-0,58	Ya
G	85,04	4,37	Tidak
H	88,40	-3,36	Ya

I	44,58	43,82	Tidak
---	-------	-------	-------

Tabel 21. Perbandingan indikator performansi

Indikator Performansi	Kondisi Awal	Kilbridge & Wester	RPW
Jumlah Stasiun Kerja	13	11	9
Idle Time	426,78 detik	247,96 detik	69,14 detik
Line Efficiency	63,28%	74,79%	91,41%
Balance Delay	36,72%	25,21%	0,85%
Smoothness Index	314,76	96,99	46,19
Bottleneck	8	4	4

Dilihat dari hasil Tabel 21, perbandingan seluruh indikator performansi dapat diketahui untuk meminimalisasikan *bottleneck* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Kilbridge & wester* dan RPW adalah dengan cara pemeratakan beban kerja dan waktu siklus tiap stasiun. Dari data diatas dapat dilihat bahwa metode RPW merupakan metode yang lebih efisien karena hanya memiliki *idle time* terendah yakni 69,14 detik dengan nilai *line efficiency* sebesar 91,41% dan nilai *balance delay* terendah yakni 0,85% dengan nilai *smoothness index* 46,19.

### KESIMPULAN

Peningkatan performansi *line assembly original* merupakan hasil dari penelitian ini yang menggunakan beberapa indikator performansi untuk melihat seberapa baik tingkat performansi dari metode *Kilbridge & Wester* dan metode RPW. Tabel 21 merupakan hasil perbandingan indikator performansi awal dan performansi usulan pembentukan rancangan keseimbangan metode yang digunakan. Dilihat dari hasil Tabel 21, perbandingan seluruh indikator performansi dapat diketahui untuk meminimalisasikan *bottleneck* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Kilbridge & wester* dan RPW adalah dengan cara pemeratakan beban kerja dan waktu siklus tiap stasiun. Dari data diatas dapat dilihat bahwa metode RPW merupakan metode yang lebih efisien karena hanya memiliki *idle time* terendah yakni 69,14 detik dengan nilai *line efficiency* sebesar 91,41% dan nilai *balance delay* terendah yakni 0,85% dengan nilai *smoothness index* 46,19.

### DAFTAR PUSTAKA

- Daelima, V. D. (2013). Analisis Keseimbangan Lintasan untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi dengan Pendekatan Line Balancing dan Simulasi. *Jurnal Teknik Industri*, 1(2).
- Dharmayanti, I., & Marliansyah, H. (2019). Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*, 3(1).
- Ginting, R. (2007). *Sistem Produksi* (1st ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gitosudarmo. (2002). *Manajemen Operasi* (2nd ed.). Yogyakarta: BPFE.
- Herdiani, L., & Nurcahyo, R. S. (2018). Line Balancing untuk Tercapainya Efisiensi Kerja Optimal pada Stasiun Kerja. Bandung: Universitas Langlangbuana.
- Indrawan, Y., & Hariastuti, N. *Minimalisasi Bottleneck Proses Produksi dengan Menggunakan Metode Line Balancing*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama.

- Nasution, A. H. (2003). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi* (1st ed.). Surabaya: Guna Widya.
- Ponda, H., & Dkk. (2019). Analisa Keseimbangan Lintasan Produksi pada Pembuatan Radiator Mitsubishi PS 220 dengan Metode Ranked Positional Weight (RPW). *Journal Industrial Manufacturing*, 4(1).
- Purnamasari, I., & Cahyana, A. (2015). Line Balancing dengan Metode Ranked Position Weight (RPW). *Jurnal Spektrum Industri*, 13(2).
- Purnomo, H. (2004). *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Render, B., & Heizer, J. (2005). *Manajemen Operasi* (7th ed.). Jakarta: Salemba Empat.
- Sutalaksana, I. Z., & Dkk. (1979). *Teknik Tata Cara Kerja*. Jurusan Teknik Industri. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Suwartono. (2014). *Dasar-dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wignjoyosoebroto, S. (2006). *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu* (1st ed.). Surabaya: Guna Widya.
- Yamit, Z. (1998). *Manajemen Produksi dan Operasi* (1st ed.). Yogyakarta: Ekonisia.