

Analisis Keseimbangan Produksi *Lower Holder* dengan Pendekatan *Line Balancing* Pada PT. XYZ

Selvi Alvionita, Rr. Rochmoeljati

Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran
Jl. Rungkut Madya No.1 Gn. Anyar, Jawa Timur, Surabaya 60294
E-mail: salvionita49@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyeimbangkan produksi *lower holder* dengan melakukan pembagian tenaga kerja yang seimbang, dan merancang aliran proses serta tata letak produksi yang efisien untuk meminimalkan waktu tunggu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Ranked Positional Weight*, *Largest Candidate Rule*, dan *Kilbridge and Wester*. Hasil penelitian menggunakan metode perusahaan *line efficiency* sebesar 62%, *balance delay* sebesar 38%, dan *smoothness index* sebesar 686,1. Metode *Ranked Positional Weight line efficiency* sebesar 62%, *balance delay* sebesar 38%, dan *smoothness index* sebesar 220,73. Metode *Largest Candidate Rule line efficiency* sebesar 62%, *balance delay* sebesar 38%, dan *smoothness index* sebesar 226,89. Metode *Kilbridge and Wester line efficiency* sebesar 62%, *balance delay* sebesar 38%, dan *smoothness index* sebesar 205,82. Maka dapat dipilih metode *Kilbridge and Wester* sebagai metode terbaik karena memiliki nilai *smoothness index* yang lebih kecil. Rekomendasi penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan faktor kendala teknis pada penggunaan mesin dan fasilitas produksi diperusahaan agar hasil penelitian dapat lebih optimal.

Kata kunci: *Kilbridge and Wester, Largest Candidate Rule, Line Balancing, Ranked Positional Weight*

ABSTRACT

This research aims to balance lower holder production by distributing labor in a balanced manner, and designing efficient process flows and production layouts to minimize waiting times. The methods used in this research are Ranked Positional Weight, Largest Candidate Rule, and Kilbridge and Wester. The results of the research using the company's line efficiency method were 62%, balance delay was 38%, and the smoothness index was 686.1. Ranked Positional Method Weight line efficiency is 62%, balance delay is 38%, and smoothness index is 220.73. The Largest Candidate Rule line efficiency method is 62%, balance delay is 38%, and the smoothness index is 226.89. The Kilbridge and Wester line efficiency method is 62%, balance delay is 38%, and the smoothness index is 205.82. So the Kilbridge and Wester method can be chosen as the best method because it has a smaller smoothness index value. Recommendations for further research can consider technical constraints on the use of machines and production facilities in the company so that research results can be more optimal.

Keywords: *Kilbridge and Wester, Largest Candidate Rule, Line Balancing, Ranked Positional Weight*

1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan IPTEK, banyaknya perusahaan baru di Indonesia sehingga dapat meningkatkan persaingan industri (Jumriani, dkk., 2019). Perusahaan harus terus meningkatkan kinerja mereka dengan menerapkan sistem produksi yang paling efisien (Al Faridzi, dkk., 2022). Perusahaan yang ingin meningkatkan produktivitas sering mengalami kendala pada proses perakitan yang akan berpengaruh ke keseimbangan lini produksi, seperti terdapat beban kerja yang tidak merata disetiap stasiun kerja dan waktu menganggur yang tinggi (Andi & Nasution, 2020). Penyeimbangan lintasan produksi perlu dilakukan agar sistem produksi di industri manufaktur lebih baik (Dharmayanti & Marliansyah, 2019). Perusahaan yang memproduksi, menghasilkan, dan menjual barang disebut perusahaan manufaktur (Casban & Dhimas, 2023). Dengan keseimbangan lintasan, semua sumber daya manusia menerima jumlah pekerjaan yang sama di stasiun kerja (Basuki, dkk., 2019).

Tata letak adalah salah satu faktor yang memengaruhi kelancaran sistem produksi (Sihombing, dkk., 2021). Tata letak yang tidak tepat dapat menyebabkan waktu pemindahan bahan menjadi tidak efektif (Adiasa, dkk., 2020). Tata letak sangat penting karena menentukan daya saing perusahaan dalam hal kapasitas, proses, fleksibilitas, biaya, dan mutu kehidupan kerja (Yulistio, dkk., 2022). Tempat kerja yang efektif dan efisien bergantung pada tata letak yang baik (Nursyanti, dkk., 2024). Untuk memudahkan proses produksi yang ada, tata letak pabrik harus diperhatikan dengan tepat (Adiyanto & Clistia, 2020).

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi produk *Lower Holder*. Perusahaan ini berlokasi di Kec. Dawar Blandong, Kabupaten Mojokerto. Pada proses produksinya jarang dilakukan pembaruan *layout*. Masalah yang sering terjadi pada perusahaan ini adalah adanya *bottleneck* pada stasiun kerja *Wax Injection, Fixing and Assembly, Dipping, Drying, Melting and Pouring, Finishing, dan Packing*. Penyebab masalah ini adalah kapasitas produksi yang tidak seimbang, serta adanya waktu menunggu antar stasiun kerja. Sehingga, lintasan produksi menjadi tidak efisien dan tidak optimal.

Metode *line balancing* antara lain *Ranked Positional Weight, Largest Candidate Rule*, dan *Kilbridge and Wester* adalah metode yang paling umum digunakan dalam masalah produk yang melalui *assembly line*. Metode *Ranked Positional Weight* (RPW) menghitung bobot posisi dan menganalisis lintasan produksi (Christata, dkk., 2023). Metode *Largest Candidate Rule* (LCR) merupakan item pekerjaan yang diurutkan secara menurun (dari tertinggi ke terendah) berdasarkan nilai waktu operasi (Kusuma & Purnomo, 2024). Metode *Kilbridge and Wester* mengutamakan operasi yang bertanggung jawab pada tahap awal produksi, dan tugas dimasukkan ke dalam kategori yang sama berdasarkan hubungan antar tugas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyeimbangkan produksi *lower holder*. Proses pengukuran kerja dalam penelitian ini dilakukan dengan menghitung waktu proses setiap operasi pada lini produksi menggunakan metode jam henti atau *stop watch*. Metode jam henti dapat sebagai metode pengukuran waktu yang akurat sehingga dapat menghasilkan informasi pengukuran waktu baku yang akurat dalam menyelesaikan siklus kerja (Purbasari, dkk., 2023). Sedangkan metode untuk perhitungan keseimbangan lintasan produksi adalah *Ranked Positional Weight, Largest Candidate Rule*, dan *Kilbridge and Wester*, sehingga akan dipilih metode yang paling optimal sebagai rekomendasi untuk meningkatkan keseimbangan lintasan produksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Ranked Positional Weight*

Metode *Ranked Positional Weight* diterbitkan oleh Helgeson dan Birnie. Metode *Ranked Positional Weight* dilakukan dengan penentuan jumlah stasiun kerja dan pembagian tugas dilakukan dengan pembobotan posisi pada tiap tugas hingga tugas-tugas ditempatkan pada semua stasiun (Dharmayanti & Marliansyah, 2019).

2.2 *Largest Candidate Rule*

Metode *Largest Candidate Rule* sebagian besar bergantung pada *outsourcing* operasi dari waktu pemesinan terlama ke komponen dengan waktu kerja terpendek. Sebelum menghubungkan, Anda harus menentukan jumlah siklus yang akan digunakan. Waktu

siklus ini akan berfungsi sebagai penghalang untuk menggabungkan berbagai operasi di satu stasiun kerja (Misbachudin, dkk., 2020).

2.3 Kilbridge and Wester

Metode *Kilbridge and Wester* diciptakan oleh M. Kilbridge dan L. Wester, metode ini adalah cara lain untuk mengatasi masalah keseimbangan lini dengan cara tugas-tugas dikelompokkan ke dalam sejumlah kelompok yang memiliki tingkat keterhubungan yang sama (Dharmayanti & Marliansyah, 2019).

2.4 Tata Letak

Tata letak pabrik atau tata letak fasilitas sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik untuk mendukung proses produksi yang lancar. Luas area penempatan mesin atau fasilitas penunjang produksi, kelancaran gerakan perpindahan material, penyimpanan material permanen dan temporer, dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan adalah semua manfaat dari tata letak (Laksono & Saifuddin, 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan analisis data melalui studi lapangan. Metode analisis yang digunakan adalah *Ranked Positional Weight (RPW)*, *Largest Candidate Rule (LCR)*, dan *Kilbridge and Wester*. Proses pencarian data dilakukan dengan mengumpulkan berbagai dokumen yang bersumber dari internal perusahaan seperti data elemen kerja yang tersedia, data waktu proses setiap elemen kerja, data kapasitas produksi, data waktu kerja, data bahan baku dan mesin yang digunakan, dan data layout awal. Selain itu, data juga dikumpulkan melalui dokumen yang bersumber dari artikel-artikel penelitian, *working paper*, konferensi, media massa, dan berbagai sumber data lain yang membahas tentang keseimbangan lintasan produksi. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan

dengan empat tahapan yaitu pengolahan data, pemilihan metode yang terbaik, *layout*, dan penarikan kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Keseragaman Data

Setiap waktu operasi kerja hasil pengamatan dilakukan uji keseragaman data untuk menentukan apakah data yang diperoleh seragam atau belum. Uji keseragaman data diperlukan untuk mengetahui bahwa pada data yang terkumpul tidak ada data ekstrim. Tingkat kepercayaan dan ketelitian yang digunakan pada uji keseragaman data dalam penelitian ini, yakni sebesar 95% dan 5%.

- 1) Menghitung nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{0,75 + 0,72 + 0,67 + \dots + 0,68}{10} = 0,7$$

- 2) Menghitung standar deviasi (std)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,75 - 0,7)^2 + \dots + (0,68 - 0,7)^2}{(10 - 1)}} = 0,03$$

- 3) Menghitung BKA dan BKB

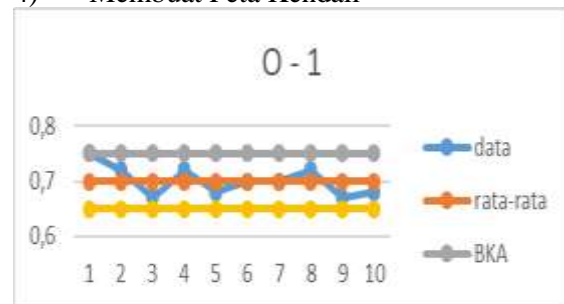
$$BKA = \bar{X} + Z\sigma\bar{X}$$

$$BKA = 0,7 + 2(0,03) = 0,75$$

$$BKB = \bar{X} - Z\sigma\bar{X}$$

$$BKB = 0,7 - 2(0,03) = 0,65$$

- 4) Membuat Peta Kendali



Gambar 1. Peta Kendali Operasi *Inject Lilin Lower Holder*

Tabel 1. Uji Keseragaman Data

No	Rata-rata	std	BKA	BKB	Keterangan
1	0,7	0,03	0,75	0,65	Seragam
2	1,03	0,07	1,16	0,89	Seragam
3	1,51	0,04	1,59	1,43	Seragam
4	7,16	0,19	7,54	6,78	Seragam
5	3,44	0,19	3,83	3,05	Seragam
6	0,59	0,05	0,69	0,49	Seragam
7	1,37	0,06	1,48	1,25	Seragam
8	0,55	0,07	0,68	0,41	Seragam
9	0,4	0,04	0,44	0,28	Seragam
10	120	0,00	120,00	120,00	Seragam
11	0,37	0,05	0,47	0,28	Seragam
12	120	0,00	120,00	120,00	Seragam
13	0,4	0,03	0,45	0,32	Seragam
14	120	0,00	120,00	120,00	Seragam
15	0,70	0,05	0,81	0,59	Seragam
16	120	0,00	120,00	120,00	Seragam
17	0,47	0,03	0,53	0,40	Seragam
18	120	0,00	120,00	120,00	Seragam
19	0,37	0,04	0,45	0,30	Seragam
20	120	0,00	120,00	120,00	Seragam
21	17,28	0,00	17,28	17,28	Seragam
22	90	0,00	90,00	90,00	Seragam
23	60	0,00	60,00	60,00	Seragam
24	0,13	0,01	0,15	0,11	Seragam
25	0,27	0,03	0,32	0,21	Seragam

26	20	0,00	20,00	20,00	Seragam
27	0,22	0,01	0,25	0,19	Seragam
28	0,45	0,06	0,57	0,34	Seragam
29	7	0,00	7,00	7,00	Seragam
30	0,03	0,00	0,03	0,02	Seragam
31	1,16	0,10	1,36	0,95	Seragam
32	0,32	0,04	0,40	0,24	Seragam

33	20	0,00	20,00	20,00	Seragam
34	3	0,00	3,00	3,00	Seragam
35	0,03	0,00	0,03	0,02	Seragam
36	0,31	0,04	0,39	0,23	Seragam
37	0,48	0,06	0,60	0,36	Seragam
38	1,46	0,08	1,63	1,30	Seragam
39	0,17	0,01	0,19	0,15	Seragam

4.2 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data pada penelitian ini menggunakan tingkat ketelitian (*degree of accuracy*) 5%, yang menunjukkan penyimpangan maksimum dari hasil pengukuran waktu penyelesaian sebenarnya. Sedangkan untuk tingkat keyakinan (*confidence level*) sebesar 95%, yaitu menunjukkan besarnya keyakinan pengukur akan ketelitian data yang ada.

$$N = 10$$

$$k = 2$$

$$s = 0,05$$

$$\Sigma X^2 = (0,75)^2 + \dots + (0,68)^2 = 4,92$$

$$(\Sigma X)^2 = (0,75 + \dots + 0,68)^2 = 49,14$$

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

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{(10 \times 4,92) - (49,14)}}{7,01} \right]^2$$

$$N' = 2,86 \approx 3$$

$N > N' \rightarrow$ Data telah cukup

$10 > 3$, Maka jumlah data pengamatan telah mencukupi

Tabel 2. Uji Kecukupan Data

No	Proses	N	N'	Keterangan
1	Inject lilin lower holder	10	3	Cukup
2	Merendam hasil inject lilin lower holder	10	5	Cukup
3	Inject lilin tangkai	10	2	Cukup
4	Merendam hasil inject lilin tangkai	10	2	Cukup
5	Meratakan permukaan hasil inject lower holder	10	5	Cukup
6	Menggabungkan tangkai dengan lower holder	10	7	Cukup
7	Pencucian lilin	10	4	Cukup
8	Mengeringkan lilin dengan cara menyemprotkan angin	10	10	Cukup
9	Pencelupan lapisan 1	10	9	Cukup
10	Pengeringan lapisan 1	10	0	Cukup
11	Pencelupan lapisan 2	10	10	Cukup
12	Pengeringan lapisan 2	10	0	Cukup
13	Pencelupan lapisan 3	10	7	Cukup
14	Pengeringan lapisan 3	10	0	Cukup
15	Pencelupan lapisan 4	10	6	Cukup
16	Pengeringan lapisan 4	10	0	Cukup
17	Pencelupan lapisan 5	10	6	Cukup
18	Pengeringan lapisan 5	10	0	Cukup
19	Pencelupan lapisan 6	10	8	Cukup
20	Pengeringan lapisan 6	10	0	Cukup
21	Peleburan lilin	10	0	Cukup
22	Pencairan logam	10	0	Cukup
23	Pembakaran keramik	10	0	Cukup
24	Penuangan cairan logam ke keramik	10	6	Cukup
25	Pelepasan cangkang keramik	10	9	Cukup
26	Pembersihan cangkang keramik ke 1	10	0	Cukup
27	Pemotongan antara tangkai dengan lower holder	10	8	Cukup
28	Poles gattng untuk menghilangkan sisa cutting	10	10	Cukup
29	Pencucian logam ke 1	10	0	Cukup
30	Pengeringan	10	8	Cukup
31	Las untuk melakukan penambalan permukaan yang tidak rata	10	7	Cukup
32	Poles untuk menghaluskan permukaan	10	10	Cukup
33	Pembersihan cangkang keramik ke 2	10	0	Cukup
34	Pencucian logam ke 2	10	0	Cukup
35	Pengeringan	10	8	Cukup
36	Dipoles untuk menyamarkan permukaan yang kasar	10	10	Cukup
37	Press untuk presisi seluruh permukaan	10	10	Cukup
38	Pewarnaan produk	10	5	Cukup

39	Packing	10 5	Cukup
----	---------	------	-------

4.3 Pembentukan dan Perhitungan Line Balancing

- 1) Waktu Total Proses
 $T_{wc} = 0,7 + \dots + 0,17 = 961,3$ menit
- 2) *Production Rate*
 $R_p = (\text{Kapasitas Produksi}) / (\text{Operation Time})$
 $= 2500 / (7 \times 25)$
 $= 0,29$ box/jam $\approx 14,29$ unit/jam
- 3) *Time Cycle*
 $T_c = (60 E) / R_p$
 $= (60(0,92)) / 0,29$
 $= 192,5$ menit

- 4) *Time Service*
 $T_s = T_c - T_r$
 $= 192,5 - 2$
 $= 190,5$ menit
- 5) *Minimum Workstation*
 $w^* = (\text{Minimum Integer} \geq T_{wc} / T_c)$
 $= (\text{Minimum Integer} \geq 961,3 / 192,5)$
 $= 4,99$ workstation ≈ 5 workstation

4.4 Metode Perusahaan

Kondisi awal perusahaan adalah kondisi keseimbangan lintasan yang saat ini (*existing*) sedang diberlakukan oleh perusahaan dalam lini produksi *lower holder*.

Tabel 3. Penugasan *Workstation* Metode Perusahaan

Stasiun	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu stasiun (menit)	Waktu siklus (menit)	Efisiensi stasiun kerja	Idle time (menit)
1	1	-	0,70	10,40	192,5	5%	182,10
	2	1	1,03				
	3	-	1,51				
	4	3	7,16				
2	5	2	3,44	5,94	192,5	3%	186,56
	6	5,4	0,59				
	7	6	1,37				
	8	7	0,55				
3	9	8	0,36	2,66	192,5	1%	189,85
	11	10	0,37				
	13	12	0,39				
	15	14	0,70				
	17	16	0,47				
	19	18	0,37				
4	10	9	120,00	720,00	192,5	374%	-527,50
	12	11	120,00				
	14	13	120,00				
	16	15	120,00				
	18	17	120,00				
	20	19	120,00				
5	21	20	17,28	17,28	192,5	9%	175,22
6	22	-	90,00	150,13	192,5	78%	42,37
	23	21,22	60,00				
	24	23	0,13				
7	25	24	0,27	54,72	192,5	28%	137,78
	26	25	20,00				
	27	28	0,22				
	28	27	0,45				
	29	28	7,00				
	30	29	0,03				
	31	30	1,16				
	32	31	0,32				
	33	32	20,00				
	34	33	3,00				
	35	34	0,03				
36	35	0,31					
37	36	0,48					
38	37	1,46					
8	39	38	0,17	0,17	192,5	0%	192,33

$$Line\ efficiency = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(k).(CT)} \times 100\% = \frac{961,3}{(8 \times 192,5)} \times 100\% = 62\%$$

$$\begin{aligned} \text{Balance delay} &= \frac{n.C - \sum ti}{(n.ti)} \times 100\% = 686,1 \\ &= \frac{8 \times 192,5 - 961,3}{(8 \times 192,5)} \times 100\% \\ &= 38\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Smoothness index} &= \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{i\max} - ST_i)^2} \\ &= \sqrt{(182,1)^2 + \dots + (192,33)^2} \end{aligned}$$

4.5 Metode Ranked Positional Weight (RPW)

1. Menentukan hubungan posisi elemen kerja terhadap elemen kerja yang lainnya.

Immediate Predecessor (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
1	-	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	-	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	-	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Gambar 2. Hubungan Elemen Kerja dengan Elemen Kerja Lainnya

2. Menentukan bobot posisi.

Tabel 4. Urutan Beban RPW

Elemen Kerja	Urutan Beban RPW	Elemen Kerja	Urutan Beban RPW
3	866,13	22	205,02
4	864,62	21	132,30
1	862,62	9	115,02
2	861,92	23	115,02
5	860,90	24	55,02
6	857,46	25	54,89
7	856,87	26	54,63
8	855,50	27	34,63
10	854,60	28	34,40
11	734,60	29	33,95
12	734,22	30	26,95
13	614,22	31	26,93
14	613,84	32	25,77
15	493,84	33	25,45
16	493,14	34	5,45
17	373,14	35	2,45
18	372,67	36	2,42
19	252,67	37	2,11
20	252,30	38	1,63
		39	0,17

3. Mengelompokkan menjadi stasiun kerja.

Tabel 5. Pengelompokkan Stasiun Kerja Berdasarkan Metode RPW

Stasiun	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu stasiun (menit)	Waktu siklus (menit)	Efisiensi stasiun kerja	Idle time (menit)
1	3	-	1,51	136,71	192,5	71%	55,79

	4	3	7,163				
	1	-	0,701				
	2	1	1,025				
	5	2,4	3,44				
	6	5	0,589				
	7	6	1,368				
	8	7	0,545				
	10	9	120				
	11	10	0,372				
2	12	11	120	120,39	192,5	63%	72,11
	13	12	0,386				
3	14	13	120	120,7	192,5	63%	71,8
	15	14	0,698				
4	16	15	120	120,47	192,5	63%	72,03
	17	16	0,468				
5	18	17	120	120,37	192,5	63%	72,13
	19	18	0,373				
6	20	19	120	120	192,5	62%	72,5
7	22	-	90	168,03	192,5	87%	24,47
	21	20	17,28				
	9	8	0,358				
	23	21,22	60				
	24	23	0,128				
	25	24	0,266				
8	26	25	20	54,63	192,5	28%	137,88
	27	26	0,221				
	28	27	0,452				
	29	28	7				
	30	29	0,0272				
	31	30	1,155				
	32	31	0,324				
	33	32	20				
	34	33	3				
	35	34	0,0272				
	36	35	0,308				
	37	36	0,48				
	38	37	1,464				
	39	38	0,167				

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

$$= \frac{961,3}{(8 \times 192,5)} \times 100\% = 62\%$$

$$Balance\ delay = \frac{n.C - \sum ti}{(n.ti)} \times 100\%$$

$$= \frac{8 \times 192,5 - 961,3}{(8 \times 192,5)} \times 100\%$$

$$= 38\%$$

$$Smoothness\ index = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{imax} - ST_i)^2}$$

$$= \sqrt{(55,79)^2 + \dots + (137,87)^2}$$

$$= 220,73$$

4.6 Metode Largest Candidate Rule (LCR)

1. Mengurutkan semua elemen kerja berdasarkan waktu yang paling besar.

Tabel 6. Urutan Elemen Kerja Berdasarkan Metode LCR

No	Proses	Preceded by	Waktu (menit)
10	Pengeringan lapisan 1	9	120
12	Pengeringan lapisan 2	11	120
14	Pengeringan lapisan 3	13	120
16	Pengeringan lapisan 4	15	120
18	Pengeringan lapisan 5	17	120
20	Pengeringan lapisan 6	21	120
22	Pencairan logam	-	90
23	Pembakaran keramik	21,22	60
26	Pembersihan cangkang keramik ke 1	25	20
33	Pembersihan cangkang keramik ke 2	32	20
21	Peleburan lilin	20	17,28
4	Merendam hasil inject lilin tangkai	3	7,16
29	Pencucian logam ke 1	28	7
5	Meratakan permukaan hasil inject lower holder	2	3,44
34	Pencucian logam ke 2	33	3
39	Packing	38	0,17
3	Inject lilin tangkai	-	1,51
38	Pewarnaan produk	37	1,46

7	Pencucian lilin	6	1,37
31	Las untuk melakukan penambalan permukaan yang tidak rata	30	1,16
2	Merendam hasil inject lilin lower holder	1	1,03
1	Inject lilin lower holder	-	0,7
15	Pencelupan lapisan 4	14	0,70
6	Menggabungkan tangkai dengan lower holder	5,4	0,59
8	Mengeringkan lilin dengan cara menyemprotkan angin	7	0,55
37	Press untuk presisi seluruh permukaan	36	0,48
17	Pencelupan lapisan 5	16	0,47
28	Poles gathing untuk menghilangkan sisa cutting	27	0,45

13	Pencelupan lapisan 3	12	0,386
11	Pencelupan lapisan 2	10	0,37
19	Pencelupan lapisan 6	18	0,37
9	Pencelupan lapisan 1	8	0,358
32	Poles untuk menghaluskan permukaan	31	0,32
36	Dipoles untuk menyamarkan permukaan yang kasar	35	0,31
25	Pelepasan cangkang keramik	24	0,27
27	Pemotongan antara tangkai dengan lower holder	26	0,22
24	Penuangan cairan logam ke keramik	23	0,13
30	Pengeringan	29	0,03
35	Pengeringan	34	0,03

2. Pengelompokkan stasiun kerja.

Tabel 7. Pengelompokkan Stasiun Kerja Berdasarkan Metode LCR

Stasiun	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu stasiun (menit)	Waktu siklus (menit)	Efisiensi stasiun kerja	Idle time (menit)
1	10	9	120	120	192,5	62%	72,5
2	12	11	120	120	192,5	62%	72,5
3	14	13	120	120	192,5	62%	72,5
4	16	15	120	120	192,5	62%	72,5
5	18	17	120	120	192,5	62%	72,5
6	20	21	120	120	192,5	62%	72,5
7	22	-	90				
	23	22	60				
	26	25	20	190	192,5	99%	2,5
	33	32	20				
8	21	20	17,28				
	4	3	7,16				
	29	28	7				
	5	2	3,44				
	34	33	3				
	39	38	0,167				
	3	-	1,51				
	38	37	1,46				
	7	6	1,37				
	31	30	1,16	51,3	192,5	27%	141,19
	2	1	1,03				
	1	-	0,7				
	15	14	0,698				
	6	4	0,589				
	8	7	0,55				
	37	36	0,48				
	17	16	0,468				
	28	27	0,45				
	13	12	0,386				
	11	10	0,372				
	19	18	0,373				
	9	8	0,358				
	32	31	0,32				
	36	35	0,31				
	25	24	0,27				
	27	26	0,221				
	24	23	0,13				
	30	29	0,03				

35 34 0,03

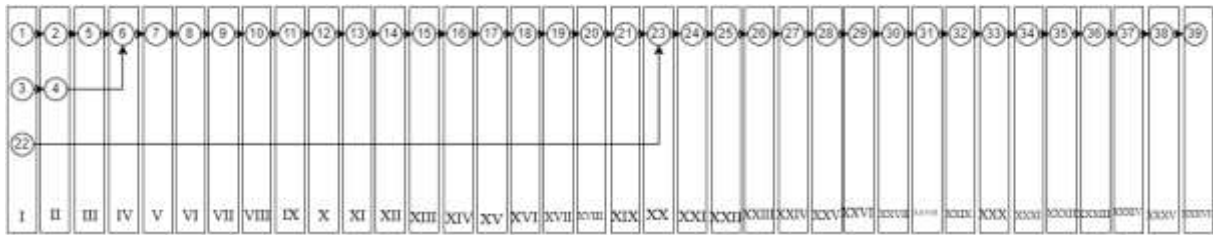
$$\begin{aligned} \text{Line efficiency} &= \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K) \cdot (CT)} \times 100\% \\ &= \frac{961,3}{(8 \times 192,5)} \times 100\% = 62\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balance delay} &= \frac{n \cdot C - \sum ti}{(n \cdot ti)} \times 100\% \\ &= \frac{8 \times 192,5 - 961,3}{(8 \times 192,5)} \times 100\% \\ &= 38\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Smoothness index} &= \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{imax} - ST_i)^2} \\ &= \sqrt{(72,5)^2 + \dots + (141,19)^2} \\ &= 226,89 \end{aligned}$$

4.7 Metode Kilbridge and Wester

1. Membagi precedence diagram berurutan dari kiri hingga kanan.



Gambar 3. Precedence diagram setelah dikelompokkan sesuai wilayah

2. Pembagian tiap wilayah.

Tabel 8. Pembagian tiap wilayah

Operasi	Ranking Operasi	Operasi	Ranking Operasi
I	1, 3, 22	XIX	21
II	2, 4	XX	23
III	5	XXI	24
IV	6	XXII	25
V	7	XXIII	26
VI	8	XXIV	27
VII	9	XXV	28
VIII	10	XXVI	29
IX	11	XXVII	30
X	12	XXVIII	31
XI	13	XXIX	32
XII	14	XXX	33
XIII	15	XXXI	34
XIV	16	XXXII	35
XV	17	XXXIII	36
XVI	18	XXXIV	37
XVII	19	XXXV	38
XVIII	20	XXXVI	39

3. Mengelompokkan menjadi stasiun kerja.

Tabel 9. Pengelompokkan stasiun kerja dengan metode Kilbridge and Wester

Stasiun	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu stasiun (menit)	Waktu siklus (menit)	Efisiensi stasiun kerja	Idle time (menit)
1	1	-	0,70	106,7	192,5	55%	85,8
	3	-	1,51				
	22	-	90,00				
	2	1	1,03				
	4	3	7,16				
	5	2	3,44				
	6	4,5	0,59				
	7	6	1,37				
	8	7	0,55				
2	9	8	0,36	120,37	192,5	63%	72,13
	10	9	120,00				
	11	10	0,37				
3	12	11	120,00	120,39	192,5	63%	72,11
	13	12	0,39				
4	14	13	120,00	120,7	192,5	63%	71,8

	15	14	0,70				
5	16	15	120,00	120,47	192,5	63%	72,03
	17	16	0,47				
6	18	17	120,00	120,37	192,5	63%	72,13
	19	18	0,37				
7	20	19	120,00	137,28	192,5	71%	55,22
	21	20	17,28				
8	23	21,22	60,00	115,02	192,5	60%	77,48
	24	23	0,13				
	25	24	0,27				
	26	25	20,00				
	27	26	0,22				
	28	27	0,45				
	29	28	7,00				
	30	29	0,03				
	31	30	1,16				
	32	31	0,32				
	33	32	20,00				
	34	33	3,00				
	35	34	0,03				
	36	35	0,31				
	37	36	0,48				
	38	37	1,46				
	39	38	0,17				

$$\begin{aligned} \text{Line efficiency} &= \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K) \cdot (CT)} \times 100\% = \sqrt{(85,8)^2 + \dots + (77,48)^2} \\ &= \frac{961,3}{(8 \times 192,5)} \times 100\% = 62\% \\ &= 205,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balance delay} &= \frac{n \cdot C - \sum t_i}{(n \cdot t_i)} \times 100\% \\ &= \frac{8 \times 192,5 - 961,3}{(8 \times 192,5)} \times 100\% \\ &= 38\% \end{aligned}$$

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

4.8 Memilih Metode Terbaik

Pemilihan metode terbaik berdasarkan pada tingkat *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothness index*. Metode terbaik memiliki nilai *line efficiency* yang tinggi dengan *balance delay* rendah. Apabila terdapat metode yang memiliki nilai *line efficiency* dan *balance delay* yang sama, maka dipilih metode yang memiliki nilai *smoothness index* terendah.

Tabel 10. Perbandingan Metode

	Perusahaan	Ranked Positional Weight	Largest Candidate Rule	Kilbridge and Wester
Line Efficiency	62%	62%	62%	62%
Balance Delay	38%	38%	38%	38%
Smoothness Index	686,1	220,73	226,89	205,82

Karena dari keempat metode tersebut memiliki nilai *line efficiency* dan *balance delay* yang sama maka dipilih nilai *smoothness index* yang terkecil. Sehingga metode yang dipilih adalah metode *Kilbridge and Wester* sebagai metode terbaik karena memiliki nilai *smoothness index* yang lebih kecil dari metode perusahaan, *Ranked Positional Weight*, dan *Largest Candidate Rule*.

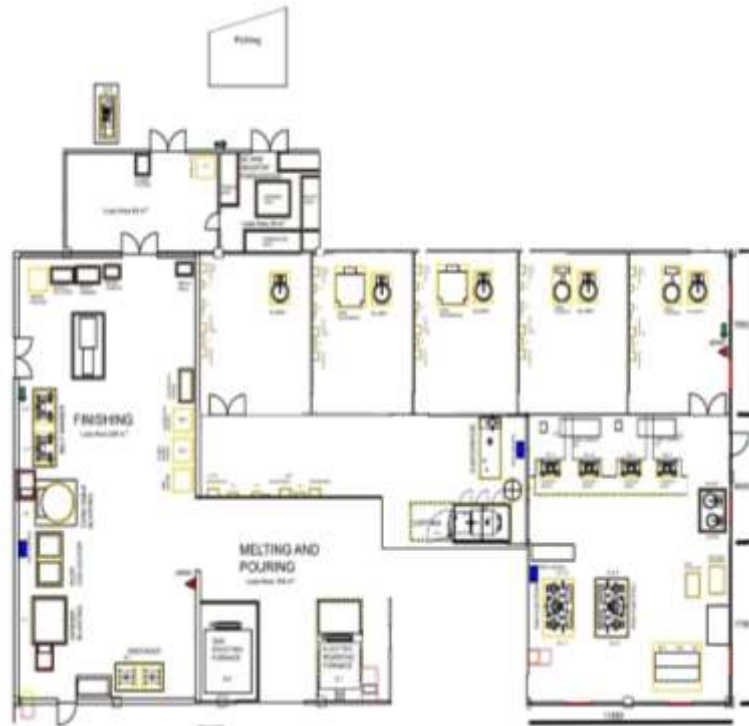
4.9 Menentukan Manpower

Dengan mengetahui waktu siklus total dan kapasitas maksimum garis produksi, maka dapat menghitung kebutuhan *manpower*.

$$\begin{aligned} \text{Manpower} &= (\text{Total Waktu}) / (\text{Hari Kerja Efektif dalam Satu Bulan}) \\ &= 961,3/25 \\ &= 38,45 \text{ pekerja} \approx 39 \text{ pekerja} \end{aligned}$$

4.10 Layout Usulan Berdasarkan Metode Terbaik

Setelah pemilihan metode yang terbaik yaitu metode *Kilbridge and Wester* maka dapat dilakukan perubahan tata letak.



Gambar4. Layout Usulan

Tabel 11. Pembagian Tenaga Kerja Tiap Stasiun

Stasiun Kerja	Jumlah Tenaga Kerja
1	10
2	2
3	2
4	2
5	2
6	2
7	2
8	17
Total	39

4.11 Analisa dan Pembahasan Line Balancing

PT. XYZ memiliki elemen kerja sebanyak 38 elemen kerja pada proses produksi *Lower Holder*. Pada proses produksi *Lower Holder* memiliki waktu total sebesar 961,3 menit, dengan waktu pengerjaan selama 7 jam perhari, dan 25 hari perbulan, sehingga mampu menghasilkan kecepatan produksi sebesar 14,29 unit/jam. Memiliki jumlah minimal *workstation* sebesar 5 *workstation* dan memiliki waktu siklus pada setiap stasiun sebesar 192,5 menit, dan didapatkan minimal pekerja yaitu 39 orang pekerja, serta *time service* sebesar 190,5 menit.

- Metode Perusahaan
Metode ini menghasilkan 8 stasiun kerja dengan *line efficiency* sebesar 62%, memiliki *balance delay* sebesar 38%, dan *smoothness index* sebesar 686,1.
- Metode *Ranked Positional Weight*

Metode ini menghasilkan 8 stasiun kerja dengan *line efficiency* sebesar 62%, memiliki *balance delay* sebesar 38%, dan *smoothness index* sebesar 220,3.

- Metode *Largest Candidate Rule*
Metode ini menghasilkan 8 stasiun kerja dengan *line efficiency* sebesar 62%, memiliki *balance delay* sebesar 38%, dan *smoothness index* sebesar 226,89.
- Metode *Kilbridge and Wester*
Metode ini menghasilkan 8 stasiun kerja dengan *line efficiency* sebesar 62%, memiliki *balance delay* sebesar 38%, dan *smoothness index* sebesar 205,82.

Dari analisa *line balancing* tersebut. Maka dipilih metode *Kilbridge and Wester* sebagai metode terbaik karena memiliki nilai *smoothness index* yang lebih kecil dari metode perusahaan, *Ranked Positional Weight*, dan *Largest Candidate Rule* yaitu sebesar 205,82.

5. KESIMPULAN

Pada susunan lintasan produksi *lower holder*, hasil penelitian menggunakan metode perusahaan memiliki 8 stasiun kerja dengan 39 elemen kerja dengan kapasitas produksi 14,29 unit *lower holder* per jam dengan hasil *line efficiency* sebesar 62%, *balance delay* sebesar 38%, *smoothness index* sebesar 686,1, dan total *idle time* sebesar 578,7 menit. Metode *Ranked Positional Weight* memiliki 8 stasiun kerja dengan 39 elemen kerja dengan kapasitas produksi 14,29 unit *lower holder* per jam dengan hasil *line efficiency* sebesar 62%, *balance delay* sebesar 38%, *smoothness index* sebesar 220,73, dan total *idle time* sebesar 578,7 menit. Metode *Largest Candidate Rule* memiliki 8 stasiun kerja dengan 39 elemen kerja dengan kapasitas produksi 14,29 unit *lower holder* per jam dengan hasil *line efficiency* sebesar 62%, *balance delay* sebesar 38%, *smoothness index* sebesar 226,89, dan total *idle time* sebesar 578,7 menit. Metode *Kilbridge and Wester* memiliki 8 stasiun kerja dengan 39 elemen kerja dengan kapasitas produksi 14,29 unit *lower holder* per jam dengan hasil *line efficiency* sebesar 62%, *balance delay* sebesar 38%, *smoothness index* sebesar 205,82, dan total *idle time* sebesar 578,7 menit.

Maka dapat dipilih metode *Kilbridge and Wester* sebagai metode terbaik karena memiliki nilai *smoothness index* yang lebih kecil. Rekomendasi bagi penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan faktor kendala teknis pada penggunaan mesin dan fasilitas produksi diperusahaan agar hasil penelitian dapat lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Adiasa, I., Suarantalla, R., Rafi, M. S., & Hermanto, K. (2020). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Pabrik Di CV. Apindo Brother Sukses Menggunakan Metode Systematic Layout Planning (SLP). *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 19(2), 151–158. <https://doi.org/10.20961/performa.19.2.43467>

Adiyanto, O., & Clistia, A. F. (2020). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Ukm Eko Bubut Dengan Metode Computerized Relationship Layout Planning (Corelap). *JISI: Jurnal*

Integrasi Sistem Industri, 7(1), 49–56. <https://doi.org/10.24853/jisi.7.1.49-56>

Al Faridzi, S., Kusnadi, K., & Hamdani, H. (2022). Pengukuran Waktu Baku untuk Menentukan Produktivitas Karyawan dengan Menggunakan Metode Jam Henti (Studi Kasus CV. Mulia Tata Sejahtera). *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2693–2700.

<https://doi.org/10.32672/jse.v7i1.3832>

Andi, M., & Nasution, S. (2020). Keseimbangan Lini Perakitan Produk Iron Tipe Hd-1172 Menggunakan Metode Heuristik Pada Line Main Assy Iron Di PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 23(3), 193–205. <https://doi.org/10.35760/tr.2018.v23i3.2469>

Basuki, M., Mz, H., Aprilyanti, S., & Junaidi, M. (2019). Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan Produksi Dengan Pendekatan Metode Heuristik. *Jurnal Teknologi*, 11(2), 1–9. [10.24853/jurtek.11.2.117-126](https://doi.org/10.24853/jurtek.11.2.117-126)

Casban, & Dhimas, D. (2023). Usulan Rancangan Tata Letak Gudang untuk Meminimalisir Reject Komponen Field Campaign Return pada Perusahaan Alat Berat di Jakarta. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 10(2), 47–56. <https://doi.org/10.24853/jisi.10.2.47-56>

Christata, B. R., Widayanto, S. M., & Asri, V. I. (2023). Perbaikan Keseimbangan Lintasan Lini Produksi Dengan Metode Ranked Positional Weight (RPW) untuk Meningkatkan Efisiensi. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 6(4), 995–10003. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i4.18245>

Dharmayanti, I., & Marliansyah, H. (2019). Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing. *Jurnal Manajemen Industri Dan Logistik*, 3(1), 43–54. <https://doi.org/10.30988/jmil.v3i1.63>

Jumriani, Pasigai, aris M., & Hidayat, M. (2019). Analisis Implementasi Quality Control pada Produksi Gula PT. Perkebunan Nusantara XIV (PERSERO) Kabupaten Takalar. *Analytical Biochemistry*, 3(1), 1–10. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59379-1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0->

- 12-420070-8.00002-7%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.ab.2015.03.024%0Ahttps://doi.org/10.1080/07352689.2018.1441103%0Ahttp://www.chile.bmw-motorrad.cl/sync/showroom/lam/es/
- Kusuma, H. I., & Purnomo, H. (2024). Analisis Perancangan Stasiun Kerja dalam Memproduksi Produk Inalcafa Jacket dengan Lima Metode Line Balancing. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 546–553. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i1.3854>
- Laksono, A. B., & Saifuddin, J. A. (2023). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Workshop Fabrikasi Dengan Metode Systematic Layout Planning Di PT ABC. *Jurnal Kendali Teknik Dan Sains*, 1(2), 7–22.
- Misbachudin, M. M., Pratikto, P., & ... (2020). Pemilihan Metode Keseimbangan Lintasan Pada Proses Perakitan Pompa Irigasi. *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*, 3(1), 569–574. <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/article/view/1950>
- Nursyanti, Y., Marlina, N., & Widyasari, R. (2024). Usulan Tata Letak Penyimpanan Barang Jadi pada Industri Manufaktur Menggunakan Metode Class Based Storage. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 3(1), 27–39. <https://doi.org/10.55826/tmit.v3i1.272>
- Purbasari, A., Sumarya, E., & Mardhiyah, R. (2023). Penerapan Metode Studi Waktu Dan Gerak Pada Proses Packing Di PT. Abc. *Sigma Teknika*, 6(2), 290–299. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v6i2.5633>
- Sihombing, E. I. N. T., Manik, Y., & Siboro, B. A. H. (2021). Perancangan Tata Letak Fasilitas Pada Rumah Produksi Taman Eden 100. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 8(2), 77–86. <https://doi.org/10.24853/jisi.8.2.77-86>
- Yulistio, A., Basuki, M., & Azhari. (2022). Perancangan Ulang Tata Letak Display Retail Fashion Menggunakan Activity Relationship Chart (Arc). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(1), 21–30. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v10i1.9388>

