

Analisis Line Balancing Pada Carline Subaru Menggunakan Metode Rank Positional Weight (RPW) Untuk Meningkatkan Efisiensi Dan Produktivitas Kerja

Zuniartiningrum^{1*)}, Muhammad Choiru Zulfa²⁾, Gunawan Mohammad³⁾

Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 19 Juni 2025

Revised: 18 Juli 2025

Accepted: 27 Juli 2025

Keywords:

Line Balancing,
Rank Positional Weight,
Sistem Produksi

Published by

Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi
Copyright © 2025 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Optimalisasi waktu dalam keseimbangan lintasan produksi sangat penting bagi perusahaan yang bergerak di industri komponen otomotif seperti PT YYY dimana proses produksi dibuat secara massal dimana metode dan elemen-elemen kerja dilakukan berulang-ulang. Oleh karena itu keseimbangan lintasan ini harus direncanakan dengan baik supaya mampu mengefisienkan penggunaan tenaga kerja dan memaksimalkan keuntungan perusahaan. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan manajemen pengendalian produksi yang baik agar tidak ada waktu dan operator yang menganggur hingga berakibat kerugian bagi perusahaan. Line balancing merupakan penyeimbangan penugasan beberapa elemen kerja ke stasiun kerja untuk meminimalkan banyaknya work station dan mengurangi total waktu menunggu (idle time) pada seluruh stasiun kerja pada tingkat output tertentu. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Rank Positional Weight (RPW). Adapun alur penelitian dimulai dari identifikasi masalah, studi lapangan dan studi literatur. Setelah melakukan studi pendekatan, kemudian dilakukan penentuan batasan masalah, rumusan masalah serta tujuan penelitian. Nilai smoothness index yang diperoleh yaitu 590,565 menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi beban kerja antar stasiun. Meskipun tingkat efisiensi mendekati batas minimal yang diterima dalam industri, nilai tersebut masih menunjukkan potensi perbaikan.

Optimizing time in the balance of the production trajectory is very important for companies engaged in the automotive component industry such as PT YYY where the production process is made in bulk where the methods and elements of work are carried out repeatedly. Therefore, this trajectory balance must be well planned in order to be able to efficiently use labor and maximize company profits. To overcome this, good production control management is needed so that there is no time and idle operators that result in losses for the company. Line balancing is the balancing of assigning several work elements to the workstation to minimize the number of work stations and reduce the total idle time on all workstations at a certain output level. This study uses a quantitative approach using the Rank Positional Weight (RPW) method. The research flow starts from problem identification, field studies and literature studies. After conducting an approach study, then the determination of the problem limit, problem formulation and research objectives are carried out. The smoothness index value obtained was 590.565 indicating an imbalance in the distribution of workload between stations. Although the level of efficiency is close to the minimum limit accepted in the industry, it still shows potential for improvement

Corresponding Author:

Zuniartiningrum

D Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara, Indonesia

Jl. Taman Siswa, Pekeng, Kauman, Tahunan, Kec. Tahunan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah 59451

Email: zuniartiningrum@gmail.com

PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi Indonesia dalam beberapa tahun terakhir mengalami tekanan signifikan yang berdampak pada berbagai sektor industri, termasuk industri manufaktur. Sektor ini, sebagai penghasil *capital goods* atau barang modal yang digunakan kembali dalam proses produksi, turut merasakan dampak dari penurunan permintaan yang cukup tajam. Salah satu perusahaan yang terdampak adalah PT YYY, yang mengalami penurunan permintaan wiring harness, terutama pada lini produksi *carline* Subaru. Dalam menghadapi kondisi ini, perusahaan dituntut untuk mampu bertahan melalui peningkatan efisiensi operasional, khususnya pada aspek kualitas produk dan efisiensi proses produksi, guna menjaga keberlangsungan bisnis di tengah persaingan yang semakin ketat.

Proses produksi yang efisien memerlukan perencanaan dan pengendalian produksi yang baik. Salah satu tantangan yang sering dihadapi adalah ketidakseimbangan lintasan produksi yang menyebabkan ketidakefisienan. Ketidakseimbangan ini tampak dari pembagian beban kerja yang tidak merata di antara stasiun kerja, waktu menganggur yang tinggi, serta munculnya produk setengah jadi yang menumpuk di beberapa titik produksi. Jika tidak ditangani dengan tepat, ketidakseimbangan ini dapat menurunkan produktivitas, meningkatkan biaya operasional, dan berdampak negatif terhadap kinerja keuangan perusahaan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Heizer dan Render (2015) bahwa perencanaan produksi yang tidak tepat akan mengakibatkan inefisiensi proses manufaktur dan pemborosan sumber daya.

PT YYY sebagai perusahaan yang memproduksi secara massal mengalami dampak nyata dari ketidakseimbangan ini. Penurunan permintaan yang konsisten dari tahun 2021 hingga 2025 dengan rata-rata penurunan sebesar 15% per tahun menyebabkan waktu kerja dan tenaga operator menjadi tidak termanfaatkan secara optimal. Biaya tetap seperti gaji, tunjangan, dan fasilitas tetap harus dibayarkan meskipun output menurun. Oleh karena itu, upaya efisiensi perlu dilakukan agar sumber daya manusia dan waktu kerja dapat dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan menerapkan metode keseimbangan lintasan (*line balancing*), yaitu suatu metode untuk menyamakan beban kerja di setiap stasiun kerja dalam suatu lintasan produksi agar tercapai efisiensi maksimum.

Namun demikian, terdapat kesenjangan riset dalam studi-studi sebelumnya yang banyak menyoroti perbaikan produktivitas secara umum, namun belum menggarisbawahi secara spesifik penerapan metode *Rank Positional Weight (RPW)* pada jalur produksi dengan permintaan yang menurun secara bertahap. Padahal metode RPW telah terbukti mampu mengoptimalkan beban kerja berdasarkan bobot posisi elemen kerja (Gokulan & Srinivasan, 2010), yang memungkinkan distribusi tugas lebih proporsional dan efisien di setiap stasiun kerja. Oleh karena itu, studi ini menjadi penting sebagai kontribusi ilmiah dalam mengisi celah tersebut, khususnya dalam konteks pengendalian produksi yang menyesuaikan dengan dinamika penurunan permintaan pada industri manufaktur otomotif.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara praktis maupun akademis. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi manajemen PT YYY dalam menyusun strategi peningkatan efisiensi jalur produksi, meminimalkan waktu menganggur, serta menekan biaya tenaga kerja tanpa mengorbankan kualitas. Secara akademis, penelitian ini memperkaya literatur mengenai aplikasi metode RPW dalam konteks keseimbangan lintasan pada industri otomotif dengan tantangan permintaan yang menurun, serta memberikan pendekatan baru dalam studi pengendalian produksi yang responsif terhadap dinamika pasar.

URAIAN TEORI

Sistem Produksi

Sistem produksi merupakan kumpulan sub-sistem yang saling terintegrasi dan bekerja secara sinergis untuk mengubah input menjadi output yang bernilai tambah. Input dalam sistem produksi dapat berupa bahan baku, tenaga kerja, energi, mesin, serta informasi, sementara outputnya adalah produk

akhir, limbah, maupun data proses [1]. Dalam menjalankan fungsinya, sistem produksi memiliki dua elemen utama: elemen struktural dan elemen fungsional. Elemen struktural mencakup komponen-komponen fisik seperti material, tenaga kerja, mesin, modal, dan informasi, sedangkan elemen fungsional mencakup perencanaan, pengendalian, pengawasan, serta manajemen sumber daya [2].

Menurut International Conference on Production Research (ICPR) pada tahun 1983, *manufacturing* didefinisikan sebagai rangkaian kegiatan yang mencakup desain, pemilihan material, perencanaan, proses manufaktur, jaminan kualitas, manajemen, dan pemasaran, yang saling berkaitan dan membentuk suatu sistem terpadu [3].

Studi Waktu (Time Study)

Untuk mendukung kelancaran sistem produksi, pengukuran waktu kerja atau *time study* merupakan teknik penting yang digunakan dalam menganalisis waktu siklus kerja. Tujuan utamanya adalah menentukan waktu standar yang dibutuhkan oleh seorang operator dengan keterampilan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam kondisi kerja normal. Prosedur *time study* dimulai dari penentuan waktu dasar (*basic time*), penyesuaian terhadap rating kinerja (*performance rating*), dan penambahan waktu kelonggaran (*allowance*) untuk kebutuhan pribadi, kelelahan, dan penundaan yang tak terhindarkan [4]. Menurut Barnes (1980), pengukuran kerja adalah metode sistematis untuk mengetahui hubungan antara kegiatan manusia dan output yang dihasilkan [5].

Konsep Line Balancing

Salah satu pendekatan krusial dalam meningkatkan efisiensi sistem produksi adalah *line balancing* atau keseimbangan lintasan. *Line balancing* merupakan teknik untuk mendistribusikan beban kerja ke berbagai stasiun kerja dalam suatu jalur produksi agar total waktu menganggur (*idle time*) diminimalkan dan jumlah stasiun kerja dapat dioptimalkan [6][7]. Dengan demikian, aliran produksi menjadi lebih lancar dan pemanfaatan tenaga kerja, peralatan, serta fasilitas menjadi lebih maksimal.

Menurut Erlina (2015), lintasan produksi yang seimbang memungkinkan tercapainya waktu pengerjaan optimal dan pemanfaatan sumber daya yang efisien [8]. Hal ini dilakukan dengan menyamakan waktu kerja antar stasiun dan menyesuaikan beban kerja sesuai dengan urutan dan ketergantungan proses produksi.

Tujuan dan Manfaat Line Balancing

Tujuan utama dari *line balancing* adalah meminimalkan waktu menganggur dan meningkatkan efisiensi jalur produksi dengan memaksimalkan utilisasi setiap stasiun kerja. Ketidakseimbangan lintasan seringkali ditandai dengan adanya *bottleneck*, yaitu ketika satu proses produksi selesai namun proses selanjutnya belum siap, menyebabkan operator menjadi menganggur [9]. Oleh karena itu, tugas-tugas produksi harus dialokasikan secara tepat ke dalam setiap stasiun kerja agar tidak terjadi pemborosan waktu dan sumber daya [10].

Metode Ranked Positional Weight (RPW)

Salah satu metode *heuristic* yang umum digunakan untuk menyelesaikan masalah *line balancing* adalah metode *Ranked Positional Weight (RPW)* yang dikembangkan oleh Helgeson dan Birnie. Metode ini mengurutkan elemen kerja berdasarkan bobot posisi yang diperoleh dari jumlah waktu setiap elemen dan waktu seluruh elemen penerusnya [15]. RPW memungkinkan pendistribusian tugas ke stasiun kerja secara sistematis dan efisien, terutama pada sistem produksi yang memiliki urutan kerja kompleks.

Beberapa istilah yang biasa digunakan dalam keseimbangan lintasan sebagai berikut [9]:

1. *Precedence diagram* menunjukkan secara grafis urutan operasi kerja dan hubungannya dengan operasi kerja lainnya dengan tujuan untuk memudahkan pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait.
2. Operasi kerja adalah serangkaian proses, prosedur, dan aktivitas yang dilakukan dalam suatu perusahaan untuk mencapai tujuan perusahaan
3. Waktu operasi kerja (T_i) adalah waktu baku untuk menyelesaikan suatu proses produksi.

4. Stasiun kerja adalah tempat operasi kerja dilakukan dalam proses produksi. Setelah menentukan cycle time, rumus berikut dapat digunakan untuk mengetahui jumlah stasiun kerja minimal:

$$K_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{CT}$$

Dengan t_i merupakan waktu operasi kerja ($i = 1, 2, 3, \dots, m$), CT merupakan waktu operasi terbesar dalam stasiun kerja dan $K_{\min}$ merupakan jumlah stasiun kerja minimum.

5. *Cycle Time* (CT) adalah waktu operasi terbesar yang diperlukan untuk membuat suatu produk di stasiun kerja
6. Waktu stasiun kerja (ST) adalah jumlah waktu yang dihabiskan untuk melakukan operasi kerja pada suatu stasiun kerja yang sama
7. *Balance Delay* adalah ukuran dari ketidakefisiensinan lintasan yang disebabkan oleh waktu menganggur yang disebabkan oleh pengalokasian yang tidak tepat di antara stasiun-stasiun kerja. *Balance Delay* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Balance\ Delay = \frac{(K \times CT) - \sum_{i=1}^m t_i}{(K \times CT)} \times 100\%$$

Dengan K merupakan jumlah stasiun kerja

8. Efisiensi Lintasan adalah ukuran seberapa optimal suatu proses produksi dalam mengalokasikan tugas di sepanjang jalur produksi (*assembly line*). Efisiensi lintasan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Efisiensi\ Lini = \frac{\sum_{n=1}^K (ST)_n}{(K)(CT)} \times 100\%$$

Dengan $(ST)_n$ merupakan waktu stasiun dari stasiun ke-n

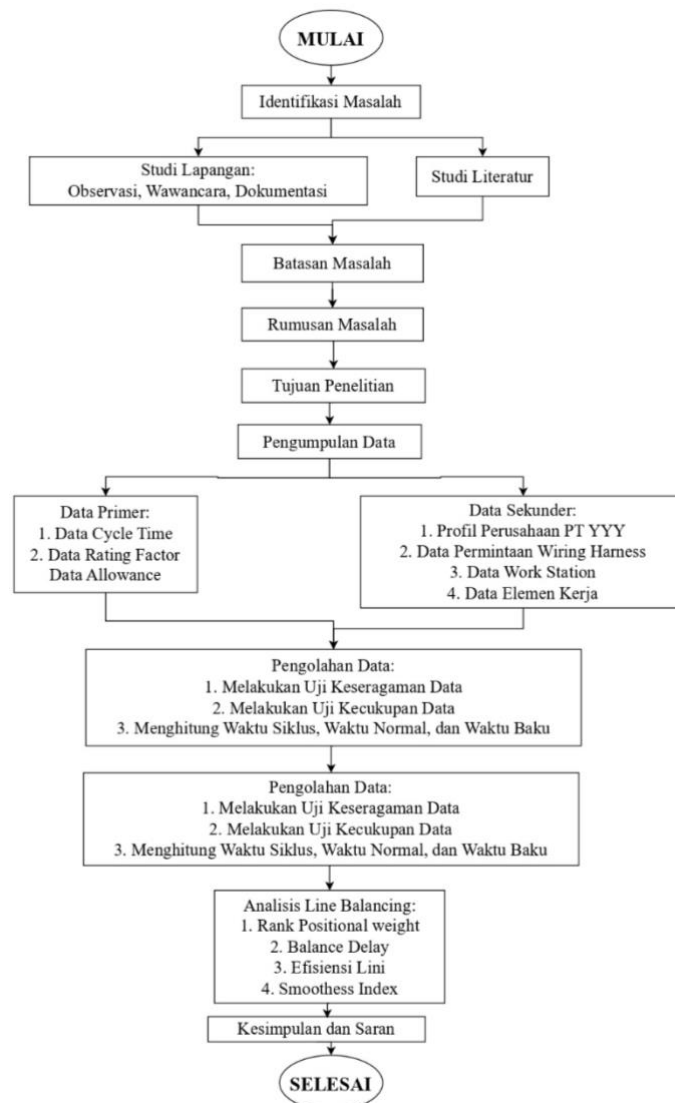
9. *Smoothness Index* (SI) adalah indeks yang mengukur kelancaran relatif dalam penyeimbangan lintasan produksi. Indeks ini digunakan untuk menilai sejauh mana beban kerja terdistribusi secara merata di setiap stasiun kerja dalam suatu lini produksi. *Smoothness Index* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Smoothness\ Index = \sqrt{\sum_{n=1}^K ((ST)_{\max} - (ST)_n)^2}$$

Dengan $(ST)_{\max}$ merupakan maksimum waktu di stasiun kerja.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Rank Positional Weight* (RPW). Adapun alur penelitian dimulai dari identifikasi masalah, studi lapangan dan studi literatur. Setelah melakukan studi pendekatan, kemudian dilakukan penentuan batasan masalah, rumusan masalah serta tujuan penelitian. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode *Rank Positional Weight* dimana tahapannya mulai dari uji keseragaman data, uji kecukupan data, menghitung waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku. Setelah ditemukan waktu baku, dilakukan penentuan bobot dan prioritas, penentuan station kerja, menghitung *efficiency lini*, *balance delay*, dan *smoothness index*. Adapun alur penelitian adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian
Sumber : Pengolahan Data (2025)

HASIL PENELITIAN

Data Pengamatan

Adapun data pengamatan pada penelitian ini merupakan data waktu baku pada setiap elemen proses pekerjaan pada PT YYY. Adapun data waktu baku adalah sebagai berikut.

TABEL I
ARENA VALIDATION

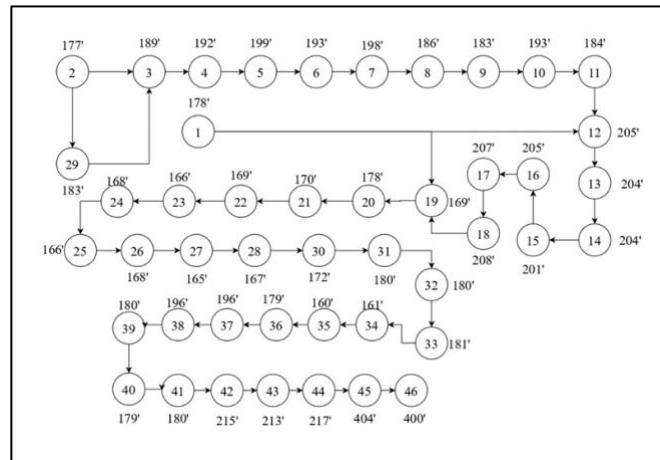
No	Pekerjaan	Waktu Baku (s)
1	Material Supply 01	178
2	Material Supply 02	177
3	Sub Assy 1.2	189
4	Sub Assy 1.4	192
5	Sub Assy 1.6	199

No	Pekerjaan	Waktu Baku (s)
6	Sub Assy 1.7	193
7	Sub Assy 1.8	198
8	Sub Assy 2.1	186
9	Sub Assy 2.3	183
10	Sub Assy 2.5	193
11	Sub Assy 2.7	184
12	Setting 1	205
13	Setting 2	204
14	Setting 3	204
15	Setting 4	201
16	Setting 5	205
17	Setting 6	207
18	Setting 7	208
19	Taping 1	169
20	Taping 2	178
21	Taping 3	170
22	Taping 4	169
23	Taping 5	166
24	Taping 6	168
25	Taping 7	166
26	Taping 8	168
27	Taping 9	165
28	Taping 10	167
29	Sub Assy Torque	183
30	"Grommet + Shisui	172
31	Offline 1	180
32	Offline 2	180
33	Offline 3	181
34	Checker Main 1	161
35	Checker Main 2	160
36	Shiage 1	179
37	Checker FUSE 1	196
38	Checker FUSE 2	196
39	Visual 1	180
40	Visual 2	179
41	Visual 3	180
42	Delivery 1	215
43	Delivery 2	213
44	Delivery 3	217
45	Double Check 1	404
46	Double Check 2	400

Sumber : Pengolahan Data (2025)

Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengamatan hingga mendapatkan waktu baku pada setiap elemen kerja atau operasi, dilakukan penyusunan *precedence diagram*. Pada *precedence diagram* berisi proses elemen kerja serta waktu baku. Hasil waktu baku didapatkan dari perhitungan uji keseragaman data, uji kecukupan data, waktu siklus, waktu normal, serta waktu baku. Adapun *precedence diagram* yang dibuat adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Precedence Diagram
Sumber : Pengolahan Data (2025)

Precedence diagram tersebut menunjukkan alur proses dari *material supply* hingga *double check* yang telah ditunjukkan pada data pengamatan. Dari *precedence diagram* dilakukan penentuan bobot dan prioritas elemen sebagai berikut.

TABEL II
BOBOT ELEMEN PRIORITAS PEKERJAAN

No	Pekerjaan	Bobot	Ti (s)	Prioritas
1	Material Supply 01	5457	178	19
2	Material Supply 02	8607	177	2
3	Sub Assy 1.2	8430	189	3
4	Sub Assy 1.4	8241	192	4
5	Sub Assy 1.6	8049	199	5
6	Sub Assy 1.7	7850	193	6
7	Sub Assy 1.8	7658	198	7
8	Sub Assy 2.1	7459	186	8
9	Sub Assy 2.3	7273	183	9
10	Sub Assy 2.5	7090	193	10
11	Sub Assy 2.7	6897	184	11
12	Setting 1	6713	205	12
13	Setting 2	6508	204	13
14	Setting 3	6305	204	14
15	Setting 4	6101	201	15
16	Setting 5	5900	205	16
17	Setting 6	5694	207	17
18	Setting 7	5487	208	18
19	Taping 1	5279	169	20
20	Taping 2	5111	178	21
21	Taping 3	4933	170	22
22	Taping 4	4763	169	23
23	Taping 5	4594	166	24
24	Taping 6	4428	168	25
25	Taping 7	4260	166	26
26	Taping 8	4094	168	27
27	Taping 9	3926	165	28
28	Taping 10	3760	167	29

No	Pekerjaan	Bobot	Ti (s)	Prioritas
29	Sub Assy Torque	8613	183	1
30	"Grommet + Shisui	3593	172	30
31	Offline 1	3421	180	31
32	Offline 2	3242	180	32
33	Offline 3	3061	181	33
34	Checker Main 1	2880	161	34
35	Checker Main 2	2720	160	35
36	Shiage 1	2559	179	36
37	Checker FUSE 1	2380	196	37
38	Checker FUSE 2	2184	196	38
39	Visual 1	1988	180	39
40	Visual 2	1808	179	40
41	Visual 3	1629	180	41
42	Delivery 1	1448	215	42
43	Delivery 2	1233	213	43
44	Delivery 3	1020	217	44
45	Double Check 1	804	404	45
46	Double Check 2	400	400	46

Sumber : Pengolahan Data (2025)

Pada elemen kerja *Delivery 3* didapatkan bobot 1020 yaitu dari proses yang dilewati oleh *Delivery 3*. Adapun proses yang dilalui yaitu *Double Check 1* dan *Double Check 2*, sehingga dapat dihitung dari *Ti Delivery 3* hingga *Double Check 2*, maka didapatkan 1020. Setelah mendapatkan bobot dan prioritas elemen kerja, menentukan *cycle time* untuk mendapatkan jumlah stasiun kerja. Adapun perhitungan *cycle time* sebagai berikut.

Menentukan Cycle Time

Waktu Siklus = Waktu Baku Terbesar = 404 detik

Total Waktu produksi = 8968 detik

$$\text{Jumlah Stasiun Kerja} = \frac{8968}{404} = 22 \text{ Stasiun Kerja}$$

Didapatkan 22 stasiun kerja dari proses perhitungan yang dilakukan, adapun penyusunan stasiun kerja sebagai berikut.

TABEL III
PENYUSUNAN STASIUN KERJA

Stasiun Kerja	Operasi	Kecepatan Stasiun (s)	Idle
ST1	29, 2	361	43
ST2	3, 4	381	23
ST3	5, 6	392	12
ST4	7, 8	384	20
ST5	9, 10	376	28
ST6	11, 12	389	15
ST7	13	204	200
ST8	14	204	200
ST9	15	201	203
ST10	16	205	199
ST11	17	207	197
ST12	18, 1	385	19
ST13	19, 20	346	58
ST14	21, 22	338	66

Stasiun Kerja	Operasi	Kecepatan Stasiun (s)	Idle
ST15	23, 24	334	70
ST16	25, 26	334	70
ST17	27, 28	333	71
ST18	30, 31	352	53
ST19	32, 33	361	43
ST20	34, 35	321	83
ST21	36, 37	375	29
ST22	38, 39	376	28
ST23	40, 41	360	44
ST24	42	215	189
ST25	43	213	191
ST26	44	217	187
ST27	45	404	0
ST28	46	400	4
Total			2345

Sumber : Pengolahan Data (2025)

Penyusunan stasiun kerja berdasarkan bobot paling tinggi dengan total waktu siklus atau proses pada operasi yang berada pada stasiun maksimal 404 menit. *Idle* merupakan waktu kelonggaran yang didapatkan dari *cycle time* dikurangi dengan total waktu siklus pada stasiun. Dari proses penyusunan stasiun kerja didapatkan proses penyusunan stasiun metode *Rank Positional Weight* sebagai berikut.

Dilakukan perhitungan *efisiensi lini*, *balance delay*, dan *smoothness index* sebagai berikut.

1. *Efisiensi Lini*

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^K (ST)_i}{(K)(CT)} \times 100\%$$

$$LE = \frac{8968}{(28)(404)} \times 100\% = 79,27\%$$

2. *Balance Delay*

$$D = \% \text{ Idle}$$

$$= 100\% - 79,27\% = 20,73\%$$

3. *Smoothness Index*

$$SI = \sqrt{43^2 + 23^2 + 12^2 + \dots + 4^2} = 590,565$$

PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan *line balancing* dengan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), diketahui waktu siklus yang digunakan adalah 896,8 detik dengan batas maksimal waktu proses per stasiun sebesar 404 detik. Dari perhitungan jumlah stasiun kerja yang ideal ditentukan sebanyak 22 stasiun, namun pada saat penyusunan aktual terbentuk 28 stasiun karena adanya pembatasan waktu proses per stasiun yang tidak boleh melebihi batas tersebut. Penyusunan ini menghasilkan total waktu menganggur (*idle time*) sebesar 2.345 detik, dengan nilai efisiensi lini sebesar 79,27% dan *balance delay* sebesar 20,73%. Nilai *smoothness index* yang diperoleh yaitu 590,565 menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi beban kerja antar stasiun. Meskipun tingkat efisiensi mendekati batas minimal yang diterima dalam industri, nilai tersebut masih menunjukkan potensi perbaikan. Hal ini mengindikasikan perlunya evaluasi ulang terhadap pembagian elemen kerja ke setiap stasiun agar dapat mendekati jumlah stasiun ideal, mengurangi *idle time*, meningkatkan efisiensi lini, dan memperkecil *balance delay*. Optimalisasi ini diharapkan dapat menghasilkan aliran produksi yang lebih seimbang, mengurangi jumlah stasiun yang terbentuk, serta meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.

REFERENSI

- Baroto, T. (2002). *Perencanaan dan pengendalian produksi cetakan pertama* (Edisi pertama). Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Basuki, H., & Mahmud, M. Z. (2018). Perancangan sistem keseimbangan lintasan produksi dengan pendekatan metode heuristik. *Jurnal Teknologi*, 11(2), 1–9.
- Boysen, N., Flidner, M., & Scholl, A. (2007). A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, 183(2), 674–693. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.010>
- Desfiasri, A. R. (2013). Optimasi kapasitas produksi assembly line. *Jurnal Teknik Industri*, 9–22.
- Dharmayanti, I., & Marliansyah, H. (2019). Perhitungan efektifitas lintasan produksi menggunakan metode line balancing. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*, 3(1), 45–56. <https://doi.org/10.30988/jmil.v3i1.63>
- Ekoanindiyo, F. A., & Helmy, L. (2017). Meningkatkan efisiensi lintasan kerja menggunakan metode RPW dan Killbridge-Western. *Dinamika Teknik*, 10(1), 16–26.
- Fatmawati, R., & Singgih, M. L. (2019). Evaluasi dan peningkatan performansi lini perakitan speaker dengan menggunakan ekonomi gerakan dan line balancing. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.37910>
- Gokulan, B. P., & Srinivasan, G. (2010). Multi-objective Simulated Annealing Algorithm for Solving Assembly Line Balancing Problem. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 50(5-8), 657–667. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2523-5>
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Operations Management* (11th ed.). Pearson Education.
- Jha, S., & Khan, M. S. (2017). An experimental study on the automotive production line using assembly line balancing techniques. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8(3), 22–33.
- Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). *Perencanaan dan pengendalian produksi* (Edisi pertama). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Prabowo, R. (2016). Penerapan konsep line balancing untuk mencapai efisiensi kerja yang optimal pada setiap stasiun kerja pada PT HM. Sampoerna Tbk. *Jurnal IPTEK*, 20(2), 9. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2016.v20i2.25>
- Sinulingga, S. (2009). *Perencanaan dan pengendalian produksi* (Edisi pertama). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suhardi, B. (2008). *Perancangan sistem kerja dan ergonomi industri* (Jilid 1). Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Suryanto, T. (2018). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Andi.
- Trenggonowati, D. L., & Febriana, N. (2019). Mengukur efisiensi lintasan dan stasiun kerja menggunakan metode line balancing studi kasus PT. XYZ. *Jurnal Industrial Servicess*, 4(2), 97–105. <https://doi.org/10.36055/jiss.v4i2.5158>
- Wignjosoebroto, S. (2003). *Pengantar teknik dan manajemen industri* (Edisi pertama). Surabaya: Guna Widya.
- Wignjosoebroto, S. (2006). *Ergonomi, studi gerak dan waktu* (Edisi pertama). Surabaya: Guna Widya.