



Line Balancing Model Analysis in Improving Production Line Efficiency Case Study: PT XYZ

Analisis Model *Line Balancing* dalam Peningkatan Efisiensi Jalur Lini Produksi Studi Kasus: PT XYZ

Dika Restu Elyuda¹, Wildanul Isnaini¹, Halwa Annisa Khoiri¹

¹ Program Studi Teknik Industri

Universitas PGRI Madiun, Jl. Setia Budi No. 85, Kanigoro, Kec. Kartoharjo, Kota Madiun, Jawa Timur 63118

email : dika_1805103004@mhs.unipma.ac.id

doi: <https://doi.org/10.31315/opsi.v16i1.7531>

Received: 8th Agustus 2022; Revised: 2nd April 2023; Accepted: 19th June 2023;

Available online: 19th June 2023; Published regularly: June 2023

ABSTRACT

The production line system is an important problem for the majority of manufacturing industries in Indonesia. PT XYZ is manufacturing company focuses on general construction and mining products supplier. Friction Bolt Stabilizer is one PT XYZ's superior products. The problem in the friction bolt stabilizer production line is unbalanced distribution of work elements. Based on these problems, in this study a solution is provided by comparing the actual production line with the results of line balancing analysis. There are two methods used, namely Ranked Positional Weight and Killbridge Western Heuristic. The result is that the Killbridge western heuristic method produces the best design with a performance level of 91% line efficiency, 9% balance delay, a total of four workstations and a smoothness index value of 401.55 seconds.

Keywords: Killbridge Western Heuristic, Line Balancing, Ranked Positional Weight, Stopwatch Time Study

ABSTRAK

Sistem lini produksi yang efektif dan efisien menjadi salah satu masalah yang penting bagi mayoritas industri manufaktur di Indonesia. PT XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang berfokus pada general construction and supplier of mining product. Salah satu produk unggulan di PT XYZ adalah friction bolt stabilizer. Dari hasil pengamatan terdapat permasalahan yaitu pembagian elemen kerja yang belum seimbang pada lini produksi friction bolt stabilizer. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dalam penelitian ini diberikan solusi dengan membandingkan lini produksi aktual dengan hasil analisis line balancing. Metode yang digunakan adalah ranked positional weight dan killbridge western heuristic. Dari hasil analisis, metode killbridge western heuristic menghasilkan rancangan terbaik dengan tingkat performansi 91% line efficiency, 9% balance delay, total workstation empat dan nilai smoothness indeks sebesar 401.55 detik.

Kata Kunci: Killbridge Western Heuristic, Line Balancing, Ranked Positional Weight, Stopwatch Time Study

1. PENDAHULUAN

Produktivitas adalah salah satu tuntutan yang harus dipenuhi oleh setiap perusahaan. Pengaturan sistem produksi yang efektif dan efisien merupakan hal yang krusial (Djunaidi & Angga, 2018). Untuk mencapai lintasan produksi yang maksimal maka, waktu tunggu antar stasiun kerja harus minimal agar tidak terjadi penumpukan pekerjaan yang berdampak

pada terhambatnya proses produksi (Dharmayanti & Marliansyah, 2019).

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang berfokus di bidang general construction and supplier of mining product. Produk pertambangan yang diproduksi di PT XYZ yaitu *butterfly plate*, *rock bolt*, *dome plate*, *wheel shaft car*, dan *friction bolt stabilizer*. Selain itu PT XYZ juga menerima pesanan produksi alat transportasi bawah tanah seperti



grandby car, minning car, dan man riding car. Pada divisi *production* terkadang terjadi peningkatan permintaan produk alat tambang X. Berikut ini adalah tabel permintaan konsumen terhadap produk alat tambang X dari bulan Januari 2021 sampai Desember 2021.

Tabel 1. Data permintaan dan aktual produk X

No	Bulan	Permintaan Alat Tambang X (unit)	Aktual Produksi (unit)
1	Januari	255	300
2	Februari	282	300
3	Maret	302	300
4	April	215	300
5	Mei	285	300
6	Juni	252	300
7	Juli	278	300
8	Agustus	312	300
9	September	282	300
10	Oktober	250	300
11	November	312	300
12	Desember	309	300

Permintaan produk yang sering berubah merupakan hal yang perlu diantisipasi. Hal ini dikarenakan jika terjadi peningkatan permintaan yang tinggi, mengakibatkan bertambahnya biaya operasional seperti biaya *overtime*, *overhead* dan lain-lain (Siregar & Yasid, 2018). Pada kondisi saat ini jumlah produksi maksimum untuk produk alat tambang X sebanyak 300 lot. Selama penelitian berlangsung ditemukan bahwa, terjadi *bottleneck* pada lini produksi alat tambang X. Kondisi *bottleneck* ini terjadi karena kurangnya waktu produksi, sehingga PT XYZ harus menambah jam kerja atau *overtime*.

Untuk mengatasi *bottleneck* pada lini produksi alat tambang X, yaitu dengan menganalisis jalur lintasan dengan metode *Line Balancing*. *Line Balancing* merupakan suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi pada *output* dari suatu proses pekerjaan dengan cara mengalokasikan elemen kerja berdasarkan waktu siklus atau *cycle time* (Fardiansyah & Widodo, 2018).

Tools yang digunakan pada metode *line balancing* adalah *Ranked Positional Weight* dan *Kilbridge Western Heuristic*. Menurut Nugrianto et al., (2020), *Ranked Positional Weight* merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengelompokkan elemen

pekerjaan berdasarkan urutan bobot posisi. Pengurutan elemen pekerjaan berdasarkan nilai bobot pekerjaan tertinggi hingga terendah. Metode *Kilbridge Western Heuristic* merupakan salah satu *tools Line balancing* dengan cara mengelompokkan elemen pekerjaan dengan memperhatikan kolom waktu yang mendekati *cycle time*. Pengelompokan elemen kerja dilakukan dengan cara *iterasi* sebanyak mungkin untuk mendapatkan *line efficiency* yang paling optimal (Aryadi, 2020).

Beberapa metode digunakan untuk efisiensi keseimbangan lini yang sudah dilakukan oleh beberapa penelitian terdahulu. Nugrianto et al. (2020) menggunakan metode *Ranked Positional Weight* dan *Kilbridge Western Heuristic* untuk melakukan perbaikan keseimbangan lini dengan empat stasiun kerja yang dianalisis. Azwir et al. (2020) menggunakan metode *time study* untuk melakukan efisiensi enam *workstation*. Febriani et al. (2020) dan Pribadi (2022) menggunakan metode *Ranked Positional Weight* untuk menganalisis tujuh dan sebelas *workstation*. Fitri et al. (2022) menggunakan metode *Ranked Positional Weight* dan *Region Approach* untuk menganalisis enam *workstation*. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, maka kontribusi penelitian ini adalah digunakannya tiga metode efisiensi keseimbangan lini yaitu *Ranked Positional Weight*, *Kilbridge Western Heuristic*, dan *time study* serta melakukan efisiensi keseimbangan lini dengan jumlah *workstation* yang lebih banyak yaitu 11 *workstation*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *efficiency line* pada lintasan produksi dan membandingkannya dengan rekomendasi lini produksi dari analisis metode *Line Balancing*. Penelitian ini dilakukan pada lini produksi alat tambang X di PT XYZ. Diharapkan dari hasil penelitian ini bermanfaat bagi perusahaan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam untuk meningkatkan *efficiency line* pada produksi alat tambang X adalah dengan metode *Line Balancing*. *Tools* yang digunakan dalam metode *Line Balancing* adalah *Ranked Positional Weight* dan *Kilbridge Western Heuristic*. Alur penelitian ini adalah sebagai berikut:



2.1 Observasi Lapangan

Observasi dilakukan pada lini produksi alat tambang X di PT. XYZ.

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari pengukuran waktu kerja secara langsung pada setiap elemen pekerjaan dan wawancara terhadap operator dan penanggung jawab divisi *production* akan penyebab terjadinya *bottleneck*. Data sekunder terdiri dari *Workflow process*, daftar mesin, *layout workshop*, jadwal masuk kerja dan file data permintaan produk alat tambang X.

2.3 Pengolahan Data

Pengumpulan data mentah menggunakan metode *Stopwatch Time Study*. Data yang telah dikumpulkan diolah menggunakan bantuan *software Ms. Excel. Tools Line Balancing* yang digunakan antara lain :

- a) *Stopwatch time study* merupakan suatu usaha pengukuran waktu kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan menggunakan alat bantu *stopwatch*. Hasil pengukuran berupa waktu baku yang mana akan digunakan sebagai standar penyelesaian pekerjaan dari setiap *workstation* (Pradana & Pulansari, 2021).
- b) *Ranked Positional Weight* merupakan metode *line balancing* untuk menghitung waktu siklus berdasarkan dari bobot masing-masing elemen kerja. *Ranked positional weight* dikembangkan oleh *WB Helgeson dan DP Birnie* sehingga metode ini biasa disebut *Helgeson-Birnie* (Azwir & Pratomo, 2017).
- c) *Kilbridge Western Heuristic*
Kilbridge western heuristic merupakan metode *line balancing* dengan cara mengelompokkan pekerjaan dengan cara melakukan iterasi sampai mendapatkan *cycle time* terbaik. Syarat metode ini adalah nilai iterasi berada diantara elemen kerja paling tinggi dan nilai *takt time* (Nugrianto et al., 2020).

2.4 Analisis Hasil

Dari hasil analisis *Line Balancing* menggunakan *tools Ranked Positional Weight dan Kilbridge Western Heuristic*, akan dibandingkan dengan lini produksi aktual. Parameter perbandingan yang digunakan yaitu *Smoothness Indeks, Balance Delay, Line Efficiency*, dan *Total Workstation*.

2.5 Istilah Dalam *Line Balancing* dan *Stopwatch Time Study*

Istilah yang lazim yang digunakan pada metode *Line Balancing* dan *Stopwatch Time Study* antara lain:

- a) *Performance Rating*
Performance rating merupakan nilai terhadap kemampuan pekerja baik secara langsung maupun tidak langsung. *Westinghouse* merupakan salah satu metode dalam penentuan *performance rating* (Pradana & Pulansari, 2021)
- b) Waktu Normal
Waktu normal merupakan waktu kerja yang telah mempertimbangkan faktor *performance rating* di dalamnya (Astuti et al., 2022). Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung waktu normal :
$$Wn = \bar{x} \times (1 + \text{performance rating}) \quad (1)$$
- c) *Allowance*
Allowance merupakan waktu yang dibutuhkan operator untuk keperluan pribadi, seperti istirahat atau keperluan di luar pekerjaan (Astuti et al., 2022).
- d) Waktu Baku
Waktu baku merupakan waktu wajar yang dibutuhkan oleh pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang telah mempertimbangkan faktor *allowance* (Astuti et al., 2022). Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung waktu baku :
$$Wb = Wn \times (1 + \text{allowance}) \quad (2)$$
- e) *Cycle Time*
Cycle time merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit produk dari awal hingga akhir pekerjaan (Yuselin & Angganata, 2019). Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung *cycle time* :
$$Ti_{maks} \leq CT \leq TT \quad (3)$$
- f) *Smoothness Indeks*
Smoothness indeks merupakan suatu cara untuk mengukur waktu tunggu relatif dari suatu lini produksi. Semakin kecil nilai *smoothness indeks*, maka pembagian kerja di setiap *workstation* juga semakin merata (Azwir & Pratomo, 2017). Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung *smoothness indeks* :
$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{max} - ST_i)^2} \quad (4)$$
- g) *Balance Delay*



Balance delay digunakan sebagai ukuran untuk menyatakan ketidakseimbangan pada lintasan produksi (Djunaidi & Angga, 2018). Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung *balance delay* :

$$BD = \frac{(K \times CT) - \sum_{i=1}^n T_i}{K \times CT} \times 100\% \quad (5)$$

h) *Line Efficiency*

Line efficiency merupakan rasio antara total waktu stasiun terhadap waktu siklus.

Semakin besar nilai persentase, maka performansi lintasan juga akan semakin baik (Djunaidi & Angga, 2018). Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung *line efficiency* :

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K)(CT)} \times 100\% \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 Data performance rating, waktu normal, allowance, dan waktu baku

Elemen Kerja	Performance Rating	Waktu Normal (Detik)	Allowance (meter)	Waktu Baku (Detik)
<i>Unloading Raw Material</i>	1,21	242,36	0,41	410,78
<i>Setting Material</i>	1,17	26,091	0,34	39,53
<i>Roll Forming Process (Machine 1)</i>	1,21	780,81	0,29	1.099,74
<i>Roll Forming Process (Machine 2)</i>	1,21	681,95	0,29	960,50
<i>Roll Forming Process (Machine 3)</i>	1,21	834,78	0,29	1.175,75
<i>V Grouf Process (Machine 1)</i>	1,21	484,73	0,29	682,71
<i>V Grouf Process (Machine 2)</i>	1,21	466,09	0,29	656,47
<i>V Grouf Process (Mesin 3)</i>	1,21	670,46	0,29	944,31
<i>Tapper Process (Machine 1)</i>	1,21	617,82	0,29	870,18
<i>Tapper Process (Machine 2)</i>	1,21	606,45	0,29	854,16
<i>Tapper Process (Machine 3)</i>	1,21	764,96	0,29	1.077,41
<i>Repairing and inspection Forming Product</i>	1,26	278,58	0,29	392,37
<i>Ring Forming Process</i>	1,16	362,50	0,27	496,58
<i>Welding Proses (Machine 1)</i>	1,21	866,23	0,28	1.203,11
<i>Welding Proses (Machine 2)</i>	1,21	805,13	0,28	1.118,24
<i>Inspection Final Product</i>	1,14	145,46	0,28	202,03
<i>Labeling Product</i>	1,16	191,75	0,28	266,32
<i>Packing</i>	1,08	148,50	0,28	206,25
<i>Loading Product</i>	1,17	73,47	0,28	102,05

Tabel 3 Hasil Analisis Ranked Positional Weight

Workstation	Elemen Kerja	Waktu Operasi (detik)	Total Waktu (detik)
1	<i>Raw Material</i>	410,78	3.102,94
	<i>Setting Material</i>	39,53	
	<i>Rool Forming, V Grouf, Tapper Process (Machine 3)</i>	2.652,63	
2	<i>Rool Forming, V Grouf, Tapper Process (Machine 1)</i>	2.471,13	2.471,13
3	<i>Rool Forming, V Grouf, Tapper Process (Machine 2)</i>	3.197,47	3.694,04
	<i>Ring Forming Process</i>	496,58	
4	<i>Repairing and Inspection Forming Product</i>	392,37	3.490,38
	<i>Welding Process (Machine 1)</i>	1.203,11	



<i>Workstation</i>	Elemen Kerja	Waktu Operasi (detik)	Total Waktu (detik)
	<i>Welding Proses (Machine 2)</i>	1.118,24	
	<i>Inspection Final Product</i>	202,03	
	<i>Labeling Product</i>	266,32	
	<i>Packing</i>	206,25	
	<i>Loading Product</i>	102,05	

Tabel 4 Hasil Analisis Kilbridge Western Heuristic

<i>Workstation</i>	Elemen Kerja	Waktu Operasi (detik)	Total Waktu (detik)
1	<i>Raw Material</i>	410,78	3.102,94
	<i>Setting Material</i>	39,53	
	<i>Rool Forming, V Grouf, Tapper Process (Machine 1)</i>	2.652,63	
2	<i>Rool Forming, V Grouf, Tapper Process (Machine 3)</i>	3.197,47	3.197,47
3	<i>Rool Forming, V Grouf, Tapper Process (Machine 2)</i>	2.471,13	3.360,08
	<i>Ring Forming Process</i>	496,58	
	<i>Repairing and Inspection Forming Product</i>	392,37	
4	<i>Welding Process (Machine 1)</i>	1.203,11	3.098,00
	<i>Welding Proses (Machine 2)</i>	1.118,24	
	<i>Inspection Final Product</i>	202,03	
	<i>Labeling Product</i>	266,32	
	<i>Packing</i>	206,25	
	<i>Loading Product</i>	102,05	

Tabel 5 Perbandingan Performansi Lini Produksi Awal, *Ranked Positional Weight*, Dan *Kilbridge Western Heuristic*

Parameter	Nilai		
	Lini Produksi Awal	<i>Ranked Positional Weight</i>	<i>Kilbridge Western Heuristic</i>
<i>Line Efficiency (LE)</i>	30%	82%	91%
<i>Smoothness Indeks (SI)</i>	8.855,54	1.373,46	401,55
<i>Balance Delay (BD)</i>	70%	18%	9%
<i>Workstation (K)</i>	11	4	4

Workstation pada lini produksi awal terdiri dari 11 elemen kerja. Jumlah workstation ini dinilai masih belum optimal karena terlalu banyak dan berakibat pada banyaknya tenaga kerja yang diperlukan. Optimalisasi jumlah *workstation* ini dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *ranked positional weight* dan *Kilbridge Western Heuristic*. Pada metode *Ranked Positional Weight*, dasar yang

digunakan untuk mengoptimalkan jumlah *workstation* adalah berdasarkan bobot masing-masing elemen kerja. Elemen kerja yang memiliki bobot tertinggi berada pada peringkat satu, dua, dan seterusnya. Selanjutnya, elemen kerja dikelompokkan berdasarkan rankingnya. Elemen kerja yang masuk dalam *workstation 1* adalah elemen kerja yang memiliki bobot besar. Penggabungan beberapa elemen kerja pada



workstation 1 dihentikan jika *cycle time* sudah lebih dari 3900 detik, begitu pula untuk *workstation* 2, 3, dan 4. Hasil akhir dari pengelompokan elemen kerja menjadi 4 *workstation* ditampilkan pada tabel 3.

Penentuan *workstation* dengan metode *Kilbridge Western Heuristic* berdasarkan *trial and error* pada *cycle time*. Nilai *cycle time* ini berada diantara nilai waktu operasi tertinggi dan nilai *Takt Time*. Dari iterasi yang dilakukan dua kali, diperoleh hasil pengelompokan menjadi 4 *workstation* seperti pada tabel 4.

Perubahan jumlah *workstation* yang diusulkan didasarkan pada aliran material, kedekatan penggunaan mesin berdasarkan fungsi, serta total waktu *cycle time* tidak melebihi nilai *Takt Time*.

Dasar nilai *Performance Rating* dan *Allowance* pada setiap faktor didasarkan tabel *westinghouse*. Pemilihan nilai dilakukan dengan cara *Expert Adjustment*. Nilai *Performance Rating* dan *Allowance* dari masing-masing elemen kerja dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil nilai *Performance Rating* dan *Allowance* akan menjadi faktor tambahan pada perhitungan waktu normal dan waktu baku. Waktu baku akan menjadi dasar waktu operasi untuk perhitungan.

Sebelum melakukan analisis *Ranked Positional Weight* dan *Kilbridge Western Heuristic*, dilakukan analisis performansi pada lini produksi awal. Nilai performansi pada lini produksi awal dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil analisis menunjukkan nilai performansi pada lini produksi kurang baik. Dapat dilihat dari nilai *line efficiency* yaitu, 30% menyatakan bahwa rasio performansi produksi cukup kecil. Pada nilai *smoothness indeks* sebesar 8.855,54 detik. Ini menunjukkan bahwa tingginya *idle time* selama produksi sehingga terjadi *bottleneck*.

Dari hasil perhitungan pada Tabel 3 dengan metode *ranked positional weight* dapat diketahui bahwa, hasil untuk *line efficiency* sebesar 82%. Jika dilihat pada Tabel 5, nilai *line efficiency* pada *ranked positional weight* lebih besar daripada lini produksi awal. Hal ini menyatakan bahwa rasio rangkaian kegiatan produksi cukup baik jika dibandingkan dengan lini produksi awal. Pada nilai *smoothness indeks* sebesar 1.373,46 detik. Ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan *idle time* jika

dibandingkan dengan lini produksi awal. Pengurangan nilai *smoothness indeks* dapat mengurangi terjadinya *bottleneck* selama proses produksi berlangsung.

Untuk hasil analisis pada Tabel 4 dengan metode *kilbridge western heuristic* dapat diketahui bahwa, hasil untuk *line efficiency* sebesar 91%. Jika dilihat pada Tabel 5, nilai *line efficiency* pada *ranked positional weight* lebih besar daripada lini produksi awal dan rekomendasi *ranked positional weight*. Hal ini menyatakan bahwa rasio rangkaian kegiatan produksi semakin baik. Pada nilai *smoothness indeks* sebesar 401,55 detik. Ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan *idle time* yang lebih besar daripada lini produksi awal dan rekomendasi *ranked positional weight*.

Berdasarkan hasil perbandingan antara lini produksi awal, *Ranked Positional Weight* dan *Kilbridge Western Heuristic*, maka rekomendasi perbaikan *line balancing* dapat menerapkan lini produksi pada *Kilbridge Western Heuristic*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis *line balancing* dengan membandingkan lini produksi awal, *Ranked Positional Weight* dan *Kilbridge Western Heuristic*, didapatkan nilai performansi yang paling besar adalah *Kilbridge Western Heuristic*. Nilai performansi dari masing-masing parameter yaitu *line efficiency* 91%, *smoothness indeks* 401,55 detik, *balance delay* 9%, dan jumlah stasiun kerja sebesar 4 *workstation*. Dalam penelitian ini hanya membahas menganalisis mengenai efisiensi waktu operasi untuk setiap elemen kerja, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan analisis mengenai tata letak di lini produksi sehingga dapat memberikan rekomendasi tata letak yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryadi, D. (2020). Penerapan keseimbangan lini produksi daging boneless di PT. Dagsap Endura Eatore menggunakan pendekatan pemodelan sistem. *Industrial Engineering Journal of the University of Sarjanawiyata Tamansiswa*, 4(2), 87–96.



- Astuti, A. W., Retnaningsih, S. M., & Prastuti, M. (2022). Analisis Pengukuran Waktu Kerja di UMKM Ikhwan Mbois Lamongan. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 11(1), 1–6.
- Azwir, H. H., Aryanto, K. C., & Oemar, H. (2020). Analisis Line Balancing pada Line x cc Machining Department di Perusahaan Otomotif untuk Peningkatan Kapasitas Produksi. *Jurnal IPTEK*, 24(1), 27–36. <https://doi.org/10.31284/j.ipitek.2020.v24i1.703>
- Azwir, H. H., & Pratomo, H. W. (2017). Implementasi Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi di Line Welding Studi Kasus: PT X. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 6(1).
- Dharmayanti, I., & Marliansyah, H. (2019). Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing. *Jurnal Manajemen Industri Dan Logistik*, 3(1), 45–56.
- Djunaidi, M., & Angga. (2018). Analisis Keseimbangan Lintasan (Line Balancing) Pada Proses Perakitan Body Bus Pada Karoseri Guna Meningkatkan Efisiensi Lintasan. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 5(2), 77–84.
- Fardiansyah, I., & Widodo, T. (2018). Peningkatan Produktivitas Menggunakan Metode Line Balancing Pada Proses Pengemasan Di Pt.Xyz. *Journal Industrial Manufacturing*, 3(1), 57–62.
- Febriani, W. P., Saputra, M. A., & Lumbanraja, D. S. B. F. (2020). Penerapan Konsep Line Balancing Dalam Proses. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 1(2), 1–6.
- Fitri, M., Adelino, M. I., & Apuri, M. L. (2022). Analisis Line Balancing Untuk Meningkatkan Efisiensi Lintasan Produksi Perakitan. *Rang Teknik Journal*, 5(2), 295–300. <https://doi.org/10.31869/rtj.v5i2.3223>
- Nugrianto, G., Syambas, M., Diky, R., & Demus, N. (2020). Analisis Penerapan Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi pada Proses Produksi Pembuatan Pagar Besi Studi Kasus : CV . Bumen Las Kontraktor. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 1(2).
- Pradana, A. Y., & Pulansari, F. (2021). Analisis Pengukuran Waktu Kerja Dengan Stopwatch Time Study Untuk Meningkatkan Target Produksi Di Pt. Xyz. *Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 2(1), 13–24.
- Pribadi, A. Y., dan Wijanarko, D. A. (2022). Analisis Efisiensi Waktu Siklus Untuk Meningkatkan Produktivitas Dengan Line Balancing Pada Proses Pengemasan Produksi Obat Diabetes di. 3(2).
- Siregar, D., & Yasid, A. (2018). Analisis Peningkatan Kapasitas Produksi Pada Proses Pembuatan Frame Motor KLX Dengan Metode Line Balancing di PT. KMI. XIX(1), 37–48.
- Yuselin, N., & Angganata, I. G. A. (2019). Meningkatkan Efisiensi Line Painting Propeller Shaft Kategori 2 Dan 3 Dengan Metode Line Balancing Di Pt Inti Ganda Perdana. *Technologic*, 10(2), 1–8.