



ANALISIS *LINE BALANCING* UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PRODUKSI DI PERUSAHAAN MANUFAKTUR *HEAT EXCHANGER*

LINE BALANCING ANALYSIS TO IMPROVE PRODUCTION EFFICIENCY IN A HEAT EXCHANGER MANUFACTURING COMPANY

Maria Bernadete dan David Andrian

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Katolik Darma Cendika
Jl. Dr. Ir. H. Soekarno No. 201, Klampis Ngasem, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60117
email: mariabhernadeta@gmail.com, davidand1784@yahoo.com*

Received:
07 Jan 2024

Accepted:
20 Mei 2024

Published:
01 Juni 2024

Abstrak

PT.X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur alat penukar panas yang memproduksi unit *Evaporator*, *Condensor*, *Cooler*, dan berbagai komponen dari bagian unit lainnya. Untuk melakukan perbaikan pada lini produksi, digunakan *Line Balancing* dengan metode *Killbridge & Westery* yang bertujuan untuk mengetahui jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan dan mengetahui waktu optimal dalam proses produksi unit. Hasil yang didapat adalah waktu optimum untuk memproduksi 1 unit sebesar 151.71 Menit dengan jumlah usulan stasiun kerja sebanyak 5.

Kata Kunci: *Line Balancing*, *Killbridge & Wester*, produktivitas produksi.

Abstract

PT.X is a company engaged in manufacturing heat exchangers that produces Evaporator, Condenser, Cooler, and various components of other unit parts. To make improvements to the production line, Line Balancing is used with the Killbridge & Wester method which aims to determine the number of work stations needed and determine the optimal time in the unit production process. The results obtained are the optimum production time of 1 unit of 151.71 Minutes with the number of proposed work stations as many as 5.

Keywords: *Line Balancing*, *Killbridge & Wester*, Production productivity.



JIEOM is an open-access article under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0). Copyright by authors.

How to cite: Bernadete, M., & Andrian, D. (2024). Analisis *Line Balancing* untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi Di Perusahaan Manufaktur *Heat Exchanger*. *Journal of Industrial Engineering and Operation Management (JIEOM)*, 7(1), 11-19.

DOI: <http://dx.doi.org/10.31602/jieom.v7i1.13805>

PENDAHULUAN

Bidang perindustrian di Indonesia memiliki beberapa bidang, seperti makanan, minuman, tekstil, dan manufaktur. Salah satu bidang yang mengalami perkembangan adalah industri manufaktur. Menurut Kementerian Perindustrian, sektor industri manufaktur merupakan salah satu sektor yang mendorong perekonomian Indonesia dengan kontribusi sebesar 19,8% pada tahun 2020 (Nurhayani, 2022).

PT. X merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi alat penukar panas. PT. X bersaing dengan perusahaan manufaktur lain yang memiliki bidang produksi yang sama sehingga menyebabkan perusahaan ingin berkembang dan melakukan inovasi untuk mencapai manajemen operasi yang optimal dan mampu memenuhi permintaan tepat waktu dengan mengurangi pemborosan. Pemborosan (*waste*) sendiri merupakan hal yang merugikan perusahaan selain jumlah minimum sumber daya (tenaga kerja, waktu, fasilitas, material, peralatan, dan lainnya) yang mutlak penting untuk menciptakan nilai bagi pelanggan (Astuti, 2020). Terdapat tujuh macam pemborosan, yaitu *over production*, *waiting time (delay)*, *inappropriate processing*, *excessive inventory*, *unnecessary motion*, dan *defect* (Suharjo & Sudiro, 2018). *Waste* dalam bentuk apapun perlu dilakukan perbaikan bahkan dihilangkan agar aliran nilai produksi dapat berjalan dengan lancar (Mohamad cipto sugiono, 2022). Jika terjadi penumpukan pada produksi, maka dapat dilakukan pengendalian lintasan produksi untuk memperoleh lintasan yang seimbang dengan waktu menunggu antar stasiun kerja diminimalkan.

Penyeimbangan lintasan perakitan dapat dilakukan dengan menentukan jumlah stasiun kerja, urutan *task*, serta waktu siklus hingga waktu stasiun yang tidak melebihi waktu siklus (Nugrianto et al., 2020). Menurut Gaspersz, *Line Balancing* juga dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan perusahaan berupa sering terjadi keterlambatan proses produksi dengan penyeimbangan penugasan elemen tugas dari suatu *assembly line* ke stasiun kerja guna meminimalkan waktu menganggur (Gaspersz, 2004). *Line Balancing* membantu untuk menentukan jumlah pekerja dalam stasiun kerja yang saling berkaitan dalam suatu lini produksi dengan perolehan hasil berupa adanya peningkatan *output* dan efisiensi perusahaan. *Line Balancing* bertujuan untuk memaksimalkan kecepatan di tiap stasiun kerja. Elwoos S. Buffa mengatakan bahwa keseimbangan merupakan permasalahan pokok dimana dalam perencanaan keluaran atau hasil keseluruhan produksi yang berkelanjutan maupun yang bersifat *assembly* (Anugerah et al., 2016). Sebelumnya terdapat penelitian mengenai analisis *Line Balancing* pada lini produksi *Evaporator & Japan* oleh Diio dengan hasil perolehan awal *Line Efficiency* sebesar 56% dengan waktu menganggur 8.1 Jam. Setelah dianalisa menggunakan metode *Ranked Positioned Weight Line Efficiency* meningkat menjadi 70% dengan waktu menganggur 4.48 Jam (Rivaldo, 2021). Sama dengan perusahaan tersebut, PT. X juga mengalami permasalahan serupa yakni terjadi ketidaksesuaian waktu proses produksi dengan kondisi jumlah waktu produksi (*Cycle Time*) tidak sesuai serta adanya unit yang menunggu proses selanjutnya karena adanya antrian. Hal tersebut menunjukkan bahwa ada ketidakseimbangan lintasan produksi dengan tanda-tanda stasiun kerja yang sibuk dengan waktu menganggur yang mencolok (Widyantoro et al., 2020).

Penelitian ini dilakukan dengan objek yang dianalisis berupa lintasan produksi untuk unit *Coil – Air Cooler* dengan menggunakan *Line Balancing* dengan metode *Kilbridge & Wester*. *Line Balancing* dapat meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) pada

lintasaan yang ditentukan oleh operasi yang paling lambat (Baroto, 2002). Tujuan dilakukan penelitian adalah mengetahui jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan dalam lintasan produksi dan menghitung waktu optimal untuk memproduksi unit dalam lintasan produksi.

METODE PENELITIAN

Objek dalam penelitian ini adalah di PT. X yang berlokasi di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan observasi lapangan serta wawancara secara langsung kepada operator di lini produksi unit OEM serta mengumpulkan sampel data berupa waktu siklus dari sampel unit *Coil – Air Cooler* yang diambil sebanyak 40 kali. Analisa dihitung dan diolah menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dengan uji kecukupan data, uji keseragaman data, dan *Line Balancing*. Tujuannya adalah untuk mengetahui waktu baku pada setiap elemen kerja dan mengoptimalkan waktu proses di lini produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kecukupan dan Keseragaman Data

Sampel dari uji kecukupan data diambil pada lini produksi OEM dengan elemen kerja yang terdiri dari dari *Coil Assembly* (O1), *Final Assembly* (O2), *Brazing* (O3), *Leak Test* (O4), *Washing* (O5), *Drying* (O6), *Inspection* (O7), *Finishing* (O8), dan *Packing* (O9). Dilakukan uji kecukupan dan keseragaman terhadap 40 sampel yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Data Hasil Uji Keseragaman Data

No.	Elemen	$\bar{x}$	BAK	BKB	Keterangan
1	<i>Coil Assembly</i>	19.08	23.07	14.93	Seragam
2	<i>Final Assembly</i>	13.96	16.10	11.81	Seragam
3	<i>Brazing</i>	12.82	14.87	10.77	Seragam
4	<i>Leak Test</i>	2.26	2.61	1.91	Seragam
5	<i>Washing</i>	10.74	12.66	8.82	Seragam
6	<i>Drying</i>	6.35	7.79	4.91	Seragam
7	<i>Inspection</i>	10.87	13.36	8.38	Seragam
8	<i>Finishing</i>	6.06	7.78	4.33	Seragam
9	<i>Packing</i>	2.90	3.28	2.52	Seragam

Tabel 2. Data hasil Uji Kecukupan Data

No.	Elemen	N	N'	Keterangan
1	<i>Coil Assembly</i>	40	31.61	Cukup
2	<i>Final Assembly</i>	40	11.93	Cukup
3	<i>Brazing</i>	40	16.71	Cukup
4	<i>Leak Test</i>	40	9.53	Cukup
5	<i>Washing</i>	40	14.41	Cukup
6	<i>Drying</i>	40	15.46	Cukup
7	<i>Inspection</i>	40	29.88	Cukup

8	<i>Finishing</i>	40	39.6	Cukup
9	<i>Packing</i>	40	6.95	Cukup

Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan pekerjaan. Waktu diperoleh dari pengamatan langsung menggunakan alat bantu ukur *stopwatch*.

Waktu Normal

Waktu normal merupakan waktu yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan pekerjaan secara wajar dengan mempertimbangkan faktor penyesuaian. Dapat dilihat penilaian *Rating Factor* pada tabel 3 beserta penghitungan Waktu Normal.

Tabel 3. Hasil Faktor Penyesuaian Tiap Elemen Kerja

<i>Rating Factor</i>	Elemen								
	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
<i>Skill</i>	0.13	0.13	0.11	0.06	0.08	0.08	0.11	0.08	0.11
<i>Effort</i>	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.02	0.10	0.08	0.10
<i>Condition</i>	0.04	0.02	0.04	0.02	0.06	0.06	0.04	0.02	0.04
<i>Consistency</i>	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Total	0.33	0.31	0.31	0.19	0.25	0.22	0.31	0.24	0.31

Waktu Normal dapat dihitung dengan mengalikan Waktu Siklus dengan total nilai *Rating Factor*. Salah satu contoh penghitungan Waktu Normal pada elemen kerja O1 adalah sebagai berikut.

$$WN = WS \times (1 + \sum RF) \quad (1)$$

$$WN = 19.08 \text{ Menit} \times (1 + 0.33) = 25.38 \text{ Menit}$$

Keterangan:

WS : Waktu Siklus

RF : *Rating Factor*

Waktu Baku

Waktu Baku merupakan waktu yang dibutuhkan operator untuk melakukan pekerjaan dengan wajar dan pada kondisi yang normal dengan adanya faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran. Dapat dilihat hasil faktor kelonggaran pada tabel 4 beserta penghitungan Waktu Baku.

Tabel 4. Hasil faktor Kelonggaran Tiap Elemen Kerja

Kelonggaran	Stasiun								
	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
Pribadi	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Lingkungan	4	5	5	4.5	8	1	2	2	1
Tenaga	5	6.5	5	2	6.5	2	1	3	4
Sikap	1	2.5	1	2.5	2	2.5	1	2.5	4
Gerakan	5	3	5	1	5	1	1	1	1
Kelelahan Mata	1	7.5	12	7	11	3	12	6	5
Temperatur	5	4	5	3.5	10	5	3	3	2
Total	22	29.5	34	21.5	43.5	15.5	21	18.5	18

Waktu Baku dapat dihitung dengan mengalikan Waktu Normal di tiap elemen kerja dengan persentase total waktu kelonggaran. Salah satu contoh penghitungan Waktu Baku pada elemen kerja O1 adalah sebagai berikut.

$$WB = WN \times \left(\frac{100}{100 - \sum \text{Kelonggaran}} \right) \quad (2)$$

$$WN = 25.38 \text{ Menit} \times \left(\frac{100}{100 - 22} \right) = 32.54 \text{ Menit}$$

Keterangan:

WN = Waktu Normal

Penghitungan *Line Efficiency*, *Balance Delay*, dan *Smoothest Index* Kondisi Awal

Setelah data yang diperoleh telah diketahui cukup, seragam, dan ditentukan Waktu Bakunya, selanjutnya dilakukan pengelompokkan stasiun kerja berdasarkan data hasil pengamatan.

Tabel 5. Pembagian Stasiun Kerja Lintasan Awal

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Ti	Jumlah Waktu
I	O-1	32.53	32.54
II	O-2	25.94	25.49
III	O-3	25.45	61.81
	O-4	3.43	
	O-5	23.76	
	O-6	9.17	
IV	O-7	18.02	31.87
	O-8	9.22	
	O-9	4.63	

a. Penghitungan Efisiensi Lintasan atau *Line Efficiency* (LE)

Nilai Efisiensi Lintasan dapat diperoleh dengan membagi total waktu menyelesaikan proses dengan jumlah stasiun awal yang dikalikan dengan waktu maksimal stasiun kerja. Berikut contoh penghitungannya.

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

$$LE = \frac{151.71}{(4)(61.81)} \times 100\% = 61.36\%$$

Keterangan:

ΣST : Total waktu menyelesaikan proses

k : Jumlah stasiun

W_{maks} : Waktu maksimal stasiun kerja

b. Penghitungan *Balance Delay*

Nilai *Balance Delay* dapat diperoleh dengan mengurangi nilai persentase sempurna dengan persentase nilai efisiensi lintasan yang telah diperoleh seperti dibawah ini.

$$BD = 100\% - \text{Line Efficiency} \quad (4)$$

$$BD = 100\% - 61.36\% = 38.64\%$$

c. Penghitungan *Smoothest Index*

Nilai *Smoothest Index* dapat diperoleh dengan menghitung total nilai dari pengurangan total waktu stasiun kerja terbesar dengan waktu proses ke-i. Kemudian hasilnya diakar, seperti contoh dibawah ini.

$$SI = \sqrt{\sum (ST_{max} - ST_i)^2} \quad (5)$$

$$SI = \sqrt{(61.81 - 32.54)^2 + (61.81 - 25.49)^2 + \dots + (61.81 - 9.22)^2 + (61.81 - 4.63)^2} = 139.91$$

Keterangan:

ST_{max} : Total waktu stasiun kerja terbesar

ST_i : Waktu proses elemen kerja ke-i

d. Penghitungan *Cycle Time*

Waktu siklus (*Cycle Time*) merupakan batas waktu kerja maksimum dari setiap stasiun kerja. Pada tabel 5 waktu maksimum terbesar adalah 32.53 Menit. Sehingga waktu siklus dapat ditetapkan sebesar 32.53 Menit $\approx$ 33 Menit.

e. Menentukan Jumlah Stasiun Kerja Minimum

Jumlah stasiun kerja dapat ditentukan dengan mengetahui nilai total waktu proses yang dibagi dengan nilai waktu siklus.

$$W = \text{min integer } \frac{T_{wc}}{T_{ws}} \quad (6)$$

$$W = \text{min integer } \frac{151.71}{33} = 4.59 \approx 5 \text{ Stasiun Kerja}$$

Keterangan:

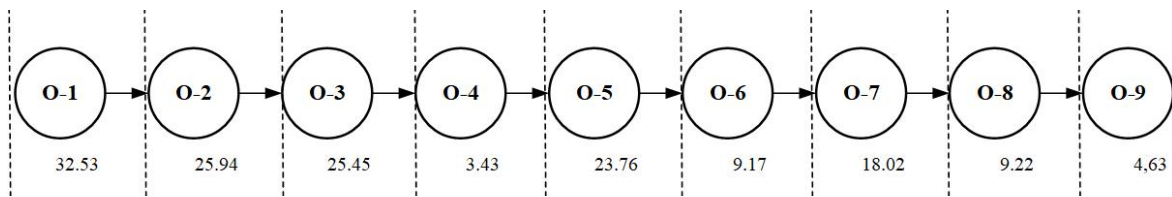
T_{wc} : Total waktu proses

T_{ws} : Total waktu siklus

Penghitungan Metode Killbridge & Wester

Metode *Killbridge & Wester* dapat membantu untuk membebankan tugas pada operasi

yang memiliki tanggung jawab yang besar, sehingga yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah menetapkan *precedence constraints diagram* seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Pembagian Region Pada Precedence Diagram Killbridge & Wester

Kemudian dapat dilakukan pembagian stasiun kerja berdasarkan metode *Killbridge & Wester* seperti pada tabel 6.

Tabel 6. Pembagian Stasiun Kerja Killbridge & Wester

Stasiun Kerja	Elemen	Ti	Jumlah Waktu	Predecessor
I	Coil Assembly	32.53	32.54	O-1
II	Final Assembly	25.94	25.94	O-2
III	Brazing	25.45	28.88	O-3
	Leak Test	3.43		O-4
IV	Washing	23.76	32.93	O-5
	Drying	9.17		O-6
V	Inspection	18.02	31.87	O-7
	Finishing	9.22		O-8
	Packing	4.63		O-9

a. Penghitungan Efisiensi Lintasan

Penghitungan Efisiensi Lintasan atau *Line Efficiency* (LE)

$$LE = \frac{\sum ST}{(k)(W_{maks})} \times 100\% \quad (7)$$

$$LE = \frac{152.16}{(5)(32.93)} \times 100\% = 92.41\%$$

Keterangan:

$\sum ST$: Total waktu menyelesaikan proses

k : Jumlah stasiun

W_{maks} : Waktu maksimal stasiun kerja

b. Penghitungan *Balance Delay*

$$BD = 100\% - \text{Line Efficiency} \quad (8)$$

$$BD = 100\% - 92.41\% = 7.59\%$$

c. Penghitungan *Smoothest Index*

$$SI = \sqrt{\sum (ST_{max} - ST_i)^2} \quad (9)$$

$$SI = \sqrt{\frac{(32.93 - 32.54)^2 + (32.92 - 25.49)^2 + \dots + (32.93 - 9.22)^2 + (32.93 - 4.63)^2}{n}} = 56.49$$

Keterangan:

STmax : Total waktu stasiun kerja terbesar

STi : Waktu proses elemen kerja ke-i

Analisis Performansi Lini Produksi Awal dengan Hasil Penerapan *Line Balancing*

Berikut merupakan hasil perbandingan performansi keseimbangan lini produksi pada lintasan awal dengan hasil penghitungan menggunakan metode Killbridge & Wester.

Tabel 7. Hasil Analisis Keseimbangan Lini produksi

Keseimbangan Lini	<i>Line Efficiency</i>	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothest Index</i>
Lintasan Awal	61.36%	38.64%	139.91
Killbridge & Wester	92.41%	7.59%	56.49

Dari tabel 7 dapat diketahui bahwa terjadi perbaikan dan peningkatan efektivitas dan efisiensi lini produksi dilihat dari meningkatnya nilai *Line Efficiency* serta menurunnya nilai *Balance Delay*. Hal tersebut dikarenakan terjadinya penyesuaian elemen dalam stasiun kerja yang digabungkan berdasarkan elemen kerja yang jaraknya dekat dan penyesuaian dari keterkaitan pekerjaan. Hal tersebut ternyata mampu membantu perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dalam lini produksi terkait.

KESIMPULAN

Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dari *Line Balancing* dengan metode Killbridge & Wester, yaitu 1. Nilai *Line Efficiency* awal sebesar 61.36%, *Balance Delay* sebesar 38.64%, dan *Smoothest Index* sebesar 139.91. Berdasarkan hitungan tersebut, diketahui bahwa efisiensi lini berjalan dengan baik namun masih terjadi ketidaktepatan waktu produksi dan ada elemen kerja yang tidak melakukan kerja akibat efisiensi elemen kerja yang belum merata. Dapat diketahui bahwa *Line Balancing* usulan menggunakan metode Killbridge & Wester mengalami peningkatan nilai, yaitu nilai *Line Efficiency* sebesar 92.41%, *Balance Delay* sebesar 7.59%, dan *Smoothest Index* sebesar 56.49. Dengan usulan jumlah stasiun kerja baru sebanyak 5 stasiun. Untuk penyempurnaan dari penelitian yang dilakukan, penulis menyarankan untuk lebih mendetilkkan kegiatan yang dilakukan dalam suatu proses dalam lini produksi sehingga tidak hanya elemen kerja secara garis besar.

REFERENSI

- Anugerah, R., Puteri, M., & Sudarwati, W. (2016). Pengukuran Line Balancing dan Simulasi ProModel di PT. Caterpillar Indonesia. *Integrasi Sistem Industri*, 3(2), 15–21.
- Astuti, R. D. (2020). *Aplikasi Lean Six-Sigma Untuk Mengurangi*. 7(2).
<https://doi.org/10.24853/jisi.7.2.143-153>
- Baroto, T. (2002). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Ghalia Indonesia.

- Gaspersz, V. (2004). *Production Planning and Inventory Control* (pp. 98–110). Gramedia Pustaka Utama.
- Mohamad cipto sugiono. (2022). *Analisis Sistem Produksi Dengan Pendekatan Lean Manufacturing*. 05(01), 92–101.
- 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), 46–53.
- Nurhayani. (2022). Analisis sektor industri manufaktur di Indonesia. *Jurnal Paradigma Ekonomika*, 17(3), 2085–1960.
- Rivaldo, D. (2021). *Analisis Efektivitas dan Efisiensi Lintasan Produksi di Perusahaan Manufaktur Heat Exchanger Pasuruan*. Universitas Katolik Darma Cendika.
- Suharjo, & Sudiro, S. (2018). Pengurangan Pemborosan Pada Proses Produksi Menggunakan WRM, WAQ dan Valsat Pada Sistem Manufaktur. *Jurna LIlmhiah*, 8(2), 291–302. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v8i2.896>
- Widyantoro, M., Solihin, S., Rosihan, R. I., & Fajar, I. (2020). Peningkatan Efisiensi pada Lini Proses Machining Velg Motor dengan Metode Line Balancing PT. XYZ. *Jurnal PASTI*, 14(1), 54–64. <https://doi.org/10.22441/pasti.2020.v14i1.006>