



Analisis *Line Balancing* pada *Line x cc Machining Department* di Perusahaan Otomotif untuk Peningkatan Kapasitas Produksi

Hery Hamdi Azwir¹, Kukuh Cahyo Aryanto², Hirawati Oemar³

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Presiden,

³Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal IPTEK – Volume 24
Nomor 1, Mei 2020

Halaman:
27 – 36
Tanggal Terbit :
29 Mei 2020

DOI:
[10.31284/j.iptek.2020.v24i1.703](https://doi.org/10.31284/j.iptek.2020.v24i1.703)

ABSTRACT

The line x cc is a production line from the machining department where the finished product will be sent to the engine assembly line (user) then be assembled into a motorized bicycle engine unit. The problem that occurs is the difference in the cycle time of both, so there are many finished product stocks on the line x cc. To find the cause of the problem of high operational time on the line x cc, work time elements are measured by using time studies. From the results obtained, line balancing analysis is performed to determine the cause of path imbalances on the line x cc. Changes in the process flow and improvement of work elements can improve the balance of the line and reduce the average cycle time of production by 17.28%, which is 75.79 seconds, then the pitch time drops to 82.44 seconds, the difference is 9.19 seconds from the cycle time. Path efficiency (EI) increased to 91.94%, smoothness index (SI) decreased to 6.65, balance delay (BD) became 8.06%, and gap cycle time decreased by 42.20% to 27.79 seconds.

Keywords: Cycle time; Line balancing; Process flow; Time study; Work Element

EMAIL

¹hery.azwir@president.ac.id

PENERBIT

LPPM- Institut Teknologi
Adhi Tama Surabaya
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal IPTEK by LPPM-ITATS is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Line x cc merupakan lini produksi dari machining departement yang finished product-nya akan dikirim ke engine assembly line (user) untuk kemudian dirakit menjadi unit mesin sepeda bermotor. Permasalahan yang terjadi adalah adanya perbedaan cycle time keduanya sehingga banyak terdapat stok finished product pada line x cc. Untuk mencari penyebab permasalahan tingginya waktu operasional pada line x cc, dilakukan pengukuran waktu elemen kerja dengan cara mengukur time study. Dari hasil yang didapat, dilakukan analisis line balancing untuk mengetahui penyebab ketidakseimbangan lintasan pada line x cc. Perubahan process flow dan elemen kerja dapat memperbaiki keseimbangan lintasan kerja serta menurunkan average cycle time produksi sebesar 17,28%, yaitu menjadi 75,79 detik. Selain itu, pitch time dapat diturunkan menjadi 82,44 detik, selisih 9,19 detik dari cycle time. Efisiensi lintasan (EI) naik menjadi 91,94%; smoothness index (SI) turun menjadi 6,65; balance delay (BD) menjadi 8,06%; dan gap cycle time turun sebesar 42,20% menjadi 27,79 detik.

Kata kunci: Cycle time; Elemen kerja; Line balancing; Process flow; Time study

PENDAHULUAN

PT Z adalah perusahaan PMA Jepang yang memproduksi produk otomotif. Tumbuhnya permintaan produk otomotif menjadi sebab meningkatnya kebutuhan akan pasokan produk otomotif dan seluruh pendukungnya. Akibatnya, perusahaan harus mencari cara agar dapat meningkatkan kapasitas dengan cara yang paling efisien dan efektif. Dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi ini, salah satu departemen yang menjadi perhatian adalah *line*

produksi pada departemen produksi di PT Z yang dipersiapkan untuk produksi model Max Model, yaitu *shop machining line x cc*.

Agar dapat memenuhi target produksi, dibutuhkan *line* produksi yang dapat mengimbangi *cycle time* yang dibutuhkan pada *line engine assembly* perakitan unit mesin yang berada pada kisaran waktu 48 detik/unit *engine* atau setara dengan 80 DM (*decimal minute*). Untuk memproduksi satu unit produk, *line x cc* membutuhkan *cycle time* produksi pada kisaran waktu 96 detik/pcs *cc*, atau setara 160 DM (*decimal minute*). Dengan kata lain, terjadi suatu *bottleneck*.

Dengan adanya perbedaan *cycle time* sebesar 48 detik/80 DM antara *line cc* dengan *line engine assembly* tersebut, departemen *machining* dihadapkan dengan pilihan untuk menambah jumlah *line* atau melakukan manajemen *stock* unit *cc* agar dapat memenuhi kebutuhan *line engine assembly* sebab banyak menumpuknya *stock cc (inventory)* di area produksi *machining*. Oleh karena itu, diperlukan suatu usaha untuk meningkatkan produktivitas *line x cc* untuk mengoptimalkan *stock* produksi sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi.

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mencari solusi atas problem ini, terdapat beberapa metode yang bisa digunakan. Di antaranya adalah metode Rank Positional Weight (RPW) sebagaimana yang dilakukan oleh [1] yang mengaplikasikannya dalam industri sepatu bola dan [2] yang menggunakan *line balancing* untuk meningkatkan kapasitas produksi *muffler* (knalpot) motor. RPW diaplikasikan juga pada industri rokok yang produksinya mencapai jutaan per hari oleh [3], juga dalam industri farmasi oleh [4]. Aplikasi *line balancing* dalam industri pengolahan kelapa sawit juga dilakukan oleh [5]. Penelitian lainnya ialah pendekatan *lean manufacturing* dengan salah satu solusinya yang menggunakan *line balancing* telah dilakukan oleh [6]. Selain pendekatan konvensional untuk melakukan *line balancing*, pendekatan lain juga dilakukan dengan metode OPEX yang dapat memberi solusi berbagai persoalan termasuk di antaranya masalah *line balancing* [7]. Metode heuristik juga digunakan sebagaimana yang dilakukan dalam [8] dan [9] yang diaplikasikan dalam industri peralatan militer dan furnitur. Metode lainnya adalah Harmony Search [10] yang digunakan sebagai solusi untuk *assembly line balancing*. Selain menerapkan *line balancing*, solusi lain yang dapat diterapkan ialah melalui *re-layout* sebagaimana yang diimplementasikan dalam [11] dan [12].

Perencanaan dan pengaturan yang tidak tepat dapat mengakibatkan setiap stasiun kerja pada lintasan perakitan memiliki kecepatan produksi yang berbeda sehingga terjadi penumpukan material di antara stasiun kerja yang tidak berimbang kecepatan produksinya (*bottleneck*) [13]. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha-usaha untuk menyeimbangkan lintasan (*line balancing*). Darmayanti [14] membahas cukup detail sejumlah metode *line balancing*. Selain itu, metode ECRS juga dikembangkan sebagai salah satu alternatif *line balancing* [15].

Penerapan metode *line balancing* untuk mengatasi adanya *loss* yang terjadi dapat diusulkan menjadi suatu perbaikan untuk meningkatkan *cycle time* dan produktivitas produksi *line x cc*. Tujuan penelitian ini ialah untuk meningkatkan produktivitas dengan meminimalisasi *bottleneck process* pada *line x cc* dengan cara melakukan analisis *time study* dan *line balancing* untuk mengetahui permasalahan serta memberikan usulan perbaikan *process flow production* guna meningkatkan produktivitas proses produksi.

METODE

Penelitian dilakukan melalui tahapan pengumpulan data yang dilakukan dengan cara pengamatan kerja secara langsung, yaitu dengan cara pengambilan data waktu kerja elemen proses-proses produksi dengan menggunakan metode *time study* pada setiap *work process* yang dilakukan secara langsung pada *line x cc*. Selanjutnya, mengadopsi penelitian [16] dan [17], dilakukan analisis dengan pengukuran kondisi awal performansi stasiun kerja dengan mencari nilai dari sejumlah parameter sebagai berikut.

1. Waktu normal (W_n) adalah waktu penyelesaian pekerjaan yang diselesaikan pekerja dalam kondisi wajar dan kemampuan rata-rata.

$$W_n = W_o \times (1 + R_p) \quad \dots (1)$$

dengan W_o adalah waktu observasi, W_n adalah waktu normal, dan R_p adalah *Rating Performance*.

2. Waktu baku (W_b) adalah waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaannya yang dikerjakan dalam sistem kerja terbaik saat itu.

$$W_b = W_n + (\text{Kelonggaran} \times W_n) \quad \dots (2)$$

dengan W_b adalah waktu baku dan W_n adalah waktu normal.

3. Uji kecukupan data dilakukan dengan tujuan untuk meyakinkan bahwa data yang dikumpulkan adalah cukup untuk mewakili kondisi nyata.

$$\bar{N} = \left[\frac{40\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \quad \dots (3)$$

dengan N adalah jumlah data pengamatan dan \bar{N} adalah jumlah data teoretis.

4. Analisis keseragaman data digunakan untuk menentukan besarnya waktu standar yang diperlukan pada satu siklus produksi.

$$UCL = X + 3 SD \quad \dots (4)$$

$$LCL = X - 3 SD \quad \dots (5)$$

dengan SD adalah standard deviasi dan X adalah nilai rata-rata dari suatu pengamatan.

5. Efisiensi lintasan merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja terhadap keterkaitan *cycle time* dengan jumlah stasiun kerja yang dinyatakan dalam persentase x 100%.

$$Eff = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT \times N} \times 100\% \quad \dots (6)$$

dengan t_i adalah total standar *time* pada suatu stasiun kerja, CT adalah waktu siklus (*cycle time*) stasiun kerja terpanjang, dan N adalah jumlah stasiun kerja.

6. *Balance delay (BD)* merupakan rasio antara waktu tunggu (*idle*) dengan waktu yang tersedia.

$$BD = \frac{(n \times CT) - \sum_{i=1}^n t_i}{CT \times N} \times 100\% \quad \dots (7)$$

dengan t_i adalah waktu siklus stasiun ke- i , CT adalah waktu siklus (*cycle time*) stasiun kerja terpanjang, dan N adalah jumlah stasiun kerja.

7. *Smoothing Index (SI)* merupakan bilangan indeks yang menunjukkan suatu kelancaran secara relatif dari suatu keseimbangan lini produksi.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_{ti \max} - S_{ti})^2} \quad \dots (8)$$

dengan $S_{ti \max}$ adalah waktu maksimum stasiun kerja dan S_{ti} adalah waktu siklus stasiun kerja ke- i .

Setelah nilai dari masing-masing parameter tersebut diperoleh, dilanjutkan dengan analisis sebab-akibat untuk mengetahui akar masalah terjadinya *bottleneck*. Setelah akar masalah didapatkan, dilanjutkan dengan usulan perbaikan *line* dengan menerapkan konsep *line balancing*. Usulan perbaikan menggunakan *line balancing* ini selanjutnya dievaluasi kembali dengan memperhatikan nilai dari parameter-parameter yang sama sebagaimana yang dilakukan saat mengevaluasi kondisi awal. Hasil dari evaluasi ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai awal dari masing-masing parameter.

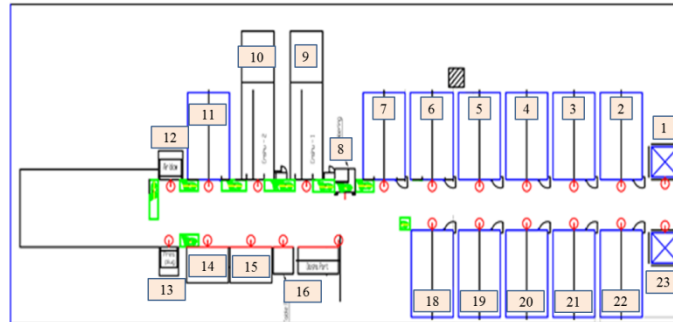
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awal

Tabel 1 memperlihatkan data perbedaan produksi antara *line x cc* dengan *line engine assembly*. Gambar 1 memperlihatkan *layout* dari *line x cc* yang digunakan untuk memproduksi unit *cc Max Model*. Sedangkan Tabel 2 menunjukkan karakteristik mesin-mesin di *line x cc*. Selanjutnya, *average observation time* pada *line x cc* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Tabel Perbandingan Data Produksi *Line x cc* dan *Engine Assy*

Data Produksi	<i>Line x cc</i>	<i>Engine Assembly</i>
Jam kerja	8 jam kerja	8 jam kerja
Operasional	3 <i>shift</i>	2 <i>shift</i>
Cycle time	98 detik/unit <i>cc</i>	48 detik/unit <i>engine</i>
Target <i>qty</i> produksi harian	±300 unit/ <i>shift</i>	±600 unit/ <i>shift</i>



Gambar 1. Machine Layout *Line x cc*

Tabel 2. Keterangan Karakteristik Mesin (*Machine List Line 1 CC*)

No.	Operation	Machine Type	Nama Mesin
1	Stock raw material	Manual Process	Iron Trolley
2	CC 1 - Op 1	CNC Machine	TC Speedio
3	CC 1 - Op 2	CNC Machine	TC Speedio
4	CC 1 - Op 3	CNC Machine	TC Speedio
5	CC 1 - Op 4	CNC Machine	TC Speedio
6	CC 1 - Op 5	CNC Machine	TC Speedio
7	CC 1 - Op 6	CNC Machine	TC Speedio
8	Numbering	Automatic Machine	Numbering Machine Vector
9	Assembly 1	CNC Machine	Enshu JE30S
10	Assembly 2	CNC Machine	Enshu JE30S
11	Cleaning	CNC Machine	TC S2A Cleaning
12	Cleaning	Manual Process	Air Blow
13	Insert Plug	Manual Process	Insert Plug Machine
14	Air Leak Test	Automatic Machine	Leak Test Machine
15	Air Leak Test	Automatic Machine	Leak Test Machine
16	Inspection	Manual Process	Final Inspection
17	Stock finished product	Manual Process	Unit CC
18	CC 2 - Op 5	CNC Machine	Robodrill
19	CC 2 - Op 4	CNC Machine	Robodrill
20	CC 2 - Op 3	CNC Machine	Robodrill
21	CC 2 - Op 2	CNC Machine	Robodrill
22	CC 2 - Op 1	CNC Machine	Robodrill
23	Stock raw material	Manual Process	Iron Trolley

Tabel 3. Observasi *Time Study*

Work station (WS)	Total Work Element	Average Observation Time		Output quantity	Waktu siklus (cycle time)	
		Second	Minute		Second	Minute
WS 1	20	73,25	1,22	1	73,25	1,22
WS 2	20	59,88	1,00	1	59,88	1,00
WS 3	25	105,12	1,75	2	52,56	0,88
WS 4	12	133,39	2,22	1	133,39	2,22
WS 5	10	71,83	1,20	1	71,83	1,20
WS 6	10	89,45	1,49	1	89,45	1,49

Analisis Kondisi Awal

Dari Tabel 4, dapat diketahui bahwa terdapat data *work station* sebanyak 6 yang dikerjakan oleh 6 orang operator. Selain itu, juga dapat diketahui nilai dari waktu normal (*normal time*), waktu baku (*standard time*), dan waktu siklus (*cycle time*) pada setiap *work station*-nya.

Tabel 4. Resume Time study Line 1 cc (Man Time)

Working Element	Work station 1	Work station 2	Work station 3	Work station 4	Work station 5	Work station 6
Total observation time (sec)	73,25	59,88	105,12	133,39	71,83	89,45
Performance rating	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Waktu normal	79,84	65,27	114,58	145,40	78,30	97,50
Kelonggaran	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Waktu baku	83,83	68,53	120,31	152,67	82,21	102,38
Output	1	1	2	1	1	1
Waktu siklus	83,83	68,53	60,15	152,67	82,21	102,38

Perhitungan Efisiensi Lintasan

$$Eff = \frac{549,74}{152,66 \times 6} \times 100\% = 60,02\%$$

Perhitungan Smoothness Index

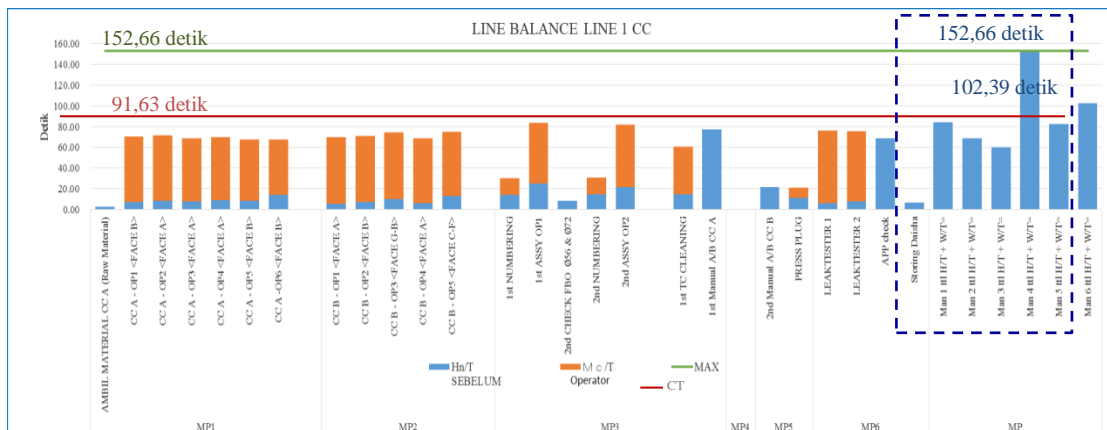
$$Smoothness\ index = \sqrt{\sum_{t=1}^K (152,66 - 91,62)^2} = 61,04$$

Perhitungan Balance Delay

$$Balance\ Delay = \frac{(6)(152,66) - 599,74}{(6)(152,66)} \times 100\% = 39,98\%$$

Analisis Histogram Line X CC

Keseimbangan lintasan kerja (*line balancing*) pada *line x cc* dilakukan dengan menggunakan histogram yang menunjukkan perbandingan antara *man* dan *machine time* terhadap waktu puncak (*pitch time*) dan waktu siklus aktual (*cycle time*). Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa *pitch time* untuk *line x cc* yaitu sebesar 152,66 detik dan *average actual observation cycle time* yaitu sebesar 91,63 detik. Sementara itu, *cycle time* untuk operator 4 adalah 152,66 detik dan operator 6 adalah 102,39 detik, melebihi *standard cycle time* yang ditetapkan. Hal ini merupakan salah satu penyebab tidak seimbangya lintasan kerja yang diakibatkan oleh adanya *bottleneck process* sehingga proses menumpuk pada *line x cc*. Oleh karena itu, efisiensi dan produktivitas kerja menjadi kurang maksimal.

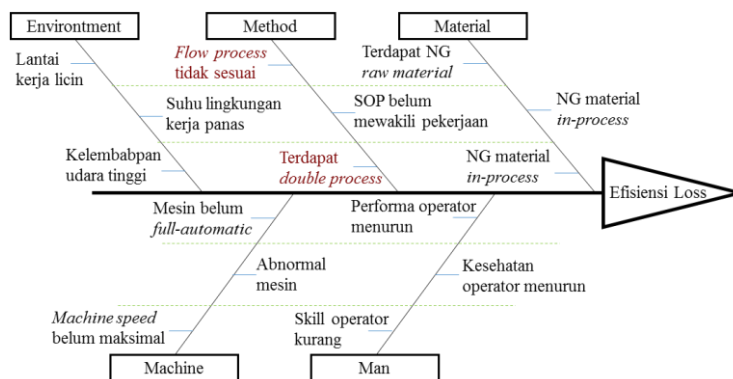


Gambar 2. Histogram Line Balancing Line x CC

Analisis *Bottleneck* dengan Diagram Fish Bone

Gambar 3 merupakan diagram sebab-akibat (*fish bone diagram*) yang digunakan untuk menelusuri akar masalah terjadinya *bottleneck process* pada *line x cc*. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, ada dua penyebab yang dapat diperbaiki guna meningkatkan produktivitas, yaitu:

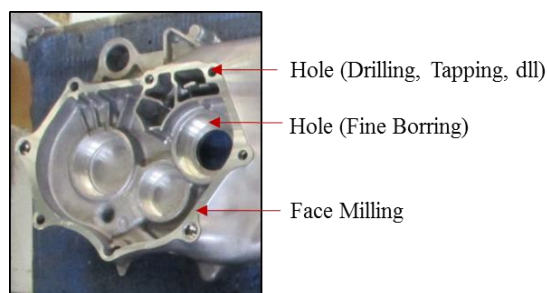
1. *Kurang optimalnya process flow*. Dengan *process flow* yang diterapkan sekarang, terdapat ketidakseimbangan proses kerja di antara *work station*. Untuk itu, perlu dilakukan perbaikan *process flow* guna menyeimbangkan lintasan antarprosesnya, terutama pada *work station 4* dan *work station 6* (Gambar 2) yang menyebabkan penumpukan proses pada area tersebut (*bottleneck process*).
2. *Ditemukannya double process*. Proses atau pekerjaan *manual air blow* dilakukan dua kali, yaitu *main cleaning air blow* dan *rinse cleaning air blow*.



Gambar 3. Diagram *Fishbone* Analisis *Line x cc*

Usulan Perbaikan

1. *Usulan perbaikan elemen kerja*. Elemen kerja pada operator 4 adalah *manual process* untuk *cleaning unit cc* setelah proses *machining (metal cutting)*. Untuk itu, perbaikan elemen kerjanya dijelaskan pada Gambar 4.
2. *Perbaikan lintasan Line x cc*. Perbandingan aliran kerja pada lintasan kerja *line x cc* antara aktual dibandingkan dengan usulan perbaikan akan diperlihatkan pada Gambar 5. Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa terdapat perbedaan aliran kerja untuk operator 1 dan operator 2, antara sebelum dan sesudah usulan perbaikan. Melalui analisis, akan didapat perbaikan peningkatan waktu kerja (*cycle time*) dan pengurangan jarak tempuh operator.
3. *Usulan perbaikan manual process air blow*. Aktivitas perbaikan untuk *cleaning unit crank case* dengan menggunakan *manual process air blow* lebih difokuskan pada setiap bagian *cleaning crank case* oleh operator 4 dan operator 5.



Gambar 4. Pembagian Posisi Proses *Air Blow CC Unit*

Gambar 6 merupakan hasil *line balancing* setelah perbaikan elemen kerja untuk operator 4 dan operator 5. Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa keseimbangan lintasan dari *work station 1-6* sudah terlihat seimbang. Penurunan *cycle time* juga terjadi pada operator 4 yang memiliki *cycle time* semula pada besaran waktu 134,79 detik menjadi 82,44 detik. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *cycle time* pada tiap-tiap *work station* sudah berada di bawah standar *cycle time*.

Dari Tabel 5, dapat dilihat bahwa terdapat penurunan *average* pada *pitch time* sebesar 70,2 detik (46%) dan *cycle time* sebesar 15,8 detik (17,28%) dari aktivitas usulan perbaikan yang dilakukan.

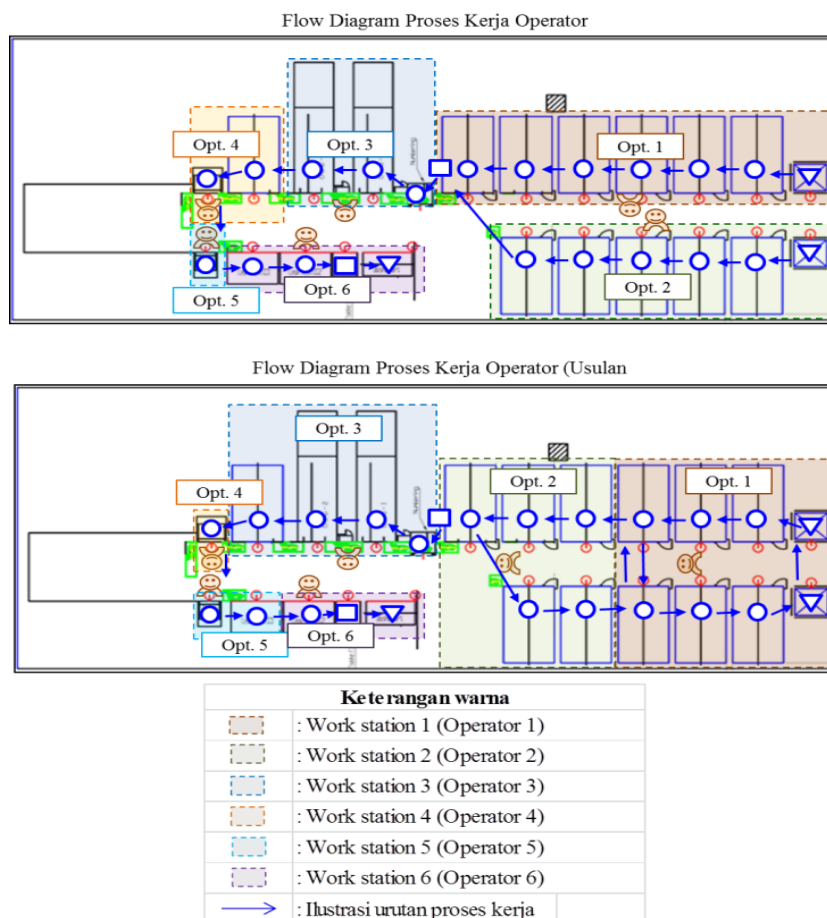
Tabel 5. Komparasi *Pitch Time* dan *Cycle Time*

Cycle time	Man Time		Gap	%
	Observasi Aktual	Usulan Perbaikan		
Work station 1	83,83	77,47	6,4	7,59
Work station 2	68,53	66,71	1,8	2,66
Work station 3	60,15	69,04	-8,9	-14,78
Work station 4	152,67	82,44	70,2	46,00
Work station 5	82,21	78,62	3,6	4,37
Work station 6	102,38	80,47	21,9	21,40
Pitch time	152,67	82,44	70,2	46,00
Avg cycle time	91,63	75,79	15,8	17,28

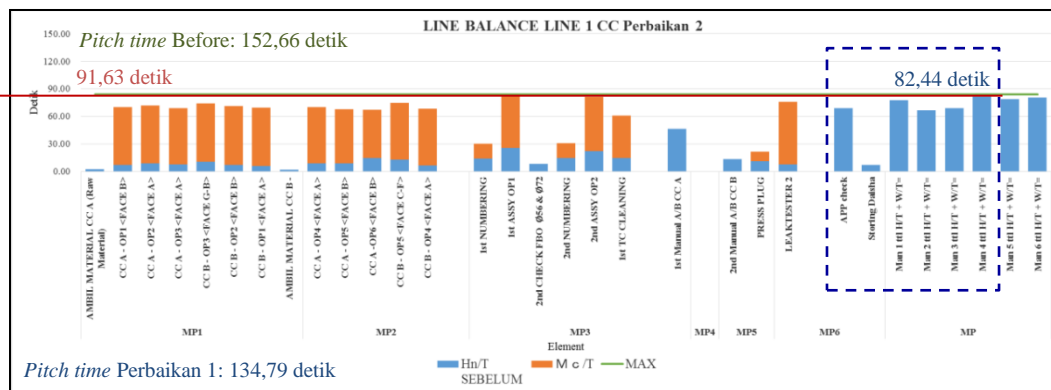
Dari usulan perbaikan yang sudah disimulasikan, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan produktivitas *line*, seperti terjadinya penurunan *pitch time* dan *cycle time* dalam satu siklus kerja. Tentu saja, dengan hasil tersebut, produktivitas dan efisiensi *line x cc* akan meningkat. Hal positif dari usulan yang telah dilakukan adalah berubahnya efisiensi lintasan, *smoothness index*, dan *balance delay* pada *line 1 cc*. Komparasi antara data observasi aktual dibandingkan dengan usulan perbaikan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Tabel Komparasi Kondisi Aktual dibandingkan dengan Usulan Perbaikan

Komparasi	Kondisi Aktual	Usulan perbaikan
Pitch time	192,66	82,44
Avg Cycle time	91,63	75,79
Effisiensi Lintasan	60,02%	91,94%
Smoothness index	61,04	6,65
Balance Delay	39,98%	8,06%



Gambar 5. FPC Flow Diagram Line X CC



Gambar 6. Histogram Line x cc (Usulan Perbaikan)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada *line x cc machining department* PT Z, didapatkan beberapa simpulan: (1) Perbaikan elemen kerja dan perubahan *process flow* (simulasi) dapat menurunkan *cycle time* rata-rata kerja operator dari 91,63 detik menjadi 75,79 detik; (2) Hasil simulasi usulan perbaikan yang dilakukan dengan mengubah *process flow* (simulasi) dan perbaikan *element* kerja dapat menurunkan *pitch time* dari 152,66 detik menjadi 82,44 detik atau 9,19 detik lebih rendah dari *cycle time*; (3) Usulan perbaikan *flow process* pada *line x cc* dapat meningkatkan efisiensi lintasan (EL) dari 60,02% menjadi 91,94%; menurunkan *smoothness index* (SI) dari 61,04 menjadi 6,65; dan menurunkan *Balance Delay* (BD) dari 39,98% menjadi 8,06%; dan (4) Hasil simulasi juga menunjukkan penurunan *gap cycle time* produksi antara *line x cc* dengan *line engine assembly* dari 48 detik menjadi 27,79 detik atau turun sebesar 42,2%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Afifuddin, "Penerapan Line Balancing Menggunakan Metode Ranked Position Weight (RPW) untuk Meningkatkan Output Produksi pada Home Industri Pembuatan Sepatu Bola," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–46, Apr. 2019, doi: 10.33536/jiem.v4i1.287.
- [2] H. H. Azwir and H. W. Pratomo, "Implementasi Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi di Line Welding Studi Kasus: PT X," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 6, no. 1, p. 57 63, Apr. 2017, doi: 10.26593/jrsi.v6i1.2428.57-64.
- [3] R. Prabowo, "Penerapan Konsep Line Balancing Untuk Mencapai Efisiensi Kerja Yang Optimal Pada Setiap Stasiun Kerja Pada Pt. Hm. Sampoerna Tbk," *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, pp. 9–19, Dec. 2016, doi: 10.31284/j.ipitek.2016.v20i2.25.
- [4] R. D. Astuti and H. S. A. Edy purwanto, "Perbaikan Line Balancing Proses Packing Tablet Xyz Menggunakan Metode Ranked Positional Weight Di Pt. Y," *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 1, Jul. 2019, doi: 10.20961/performa.18.1.32360.
- [5] D. Pujotomo and D. N. Rusanti, "Usulan Perbaikan untuk Meningkatkan Produktivitas Fillingplant Dengan Pendekatan Lean Manufacturing Pada Pt Smart Tbk Surabaya," *JTI UNDIP J. Tek. Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 123–132, Jun. 2015, doi: 10.12777/jati.10.2.123-132.
- [6] R. I. Purnama and Z. F. Ikatrinasari, "Perbaikan Sistem Produksi Minyak Angin Aromatherapy Melalui Lean Manufacturing Di Pt. Us, Jawa Barat," *JTI UNDIP J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 99–106, Jun. 2013, doi: 10.12777/jati.8.2.99-106.
- [7] W. N. Cahyo, "A Proposed Framework to Apply Operational Excellence (opex) as a Business Strategy," *J. Eng. Manag. Ind. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 15–24, May 2019, doi: 10.21776/ub.jemis.2019.007.01.3.
- [8] H. Srijayasari, P. Pratikto, and F. Gapsari, "Designing Line Balancing for Ammunition Box Production Using Heuristic Method," *J. Eng. Manag. Ind. Syst.*, vol. 6, no. 2, pp. 105–113, Dec. 2018, doi: 10.21776/ub.jemis.2018.006.02.5.
- [9] S. Saiful, M. Mulyadi, and T. M. Rahman, "Penyeimbangan Lintasan Produksi Dengan Metode Heuristik (studi Kasus Pt Xyz Makassar)," *J. Tek. Ind.*, vol. 15, no. 2, pp. 182–189, Mar. 2016, doi: 10.22219/JTIUMM.Vol15.No2.182-189.

- [10] H. D. Purnomo, H.-M. Wee, and H. Rau, "Harmony Search for Balancing Two-sided Assembly Lines," *J. Tek. Ind.*, vol. 14, no. 2, Jun. 2011, doi: 10.9744/jti.14.2.83-88.
- [11] V. Kitriastika, P. I. Tanaya, and Y. Indrayadi, "A Redesign Layout to Increase Productivity of a Company," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 83–95, 2013.
- [12] O. Sunny, A. L. Maukar, and I. W. Sosodoro, "Perancangan Kapasitas Produksi Produk Electronic Control Unit (Ecu)," *JIE Sci. J. Res. Appl. Ind. Syst.*, vol. 4, no. 1, p. 53, Aug. 2019, doi: 10.33021/jie.v4i1.748.
- [13] T. Baroto, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.
- [14] I. Dharmayanti and H. Marliansyah, "Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing," *J. Manaj. Ind. Dan Logist.*, vol. 3, no. 1, pp. 45–56, May 2019, doi: 10.30988/jmil.v3i1.63.
- [15] O. Tiovani, "Perbaikan Proses Produksi Menggunakan ECRS Based Line Balancing pada Lini Perakitan Stator 4," *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 1, Jul. 2019, doi: 10.20961/performa.18.1.30202.
- [16] B. W. Niebel and A. Freivalds, *Niebel's methods, standards, and work design*, Thirteenth edition. New York, NY: McGraw-Hill, 2014.
- [17] S. Wignjosubroto, *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya, 2003.

- halaman ini sengaja dikosongkan -