

ANALISIS PERBANDINGAN KRITERIA LINE BALANCING DENGAN MENGGUNAKAN METODE *LCR* PADA AUTOMATION CELL

(STUDI KASUS DI PT. UNP)

Wawan Gunawan, Sri Mukti Wirawati

[#] *Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri Universitas Banten Jaya
Warung Pojok di, Jl. Ciwaru Raya No.73, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42117*

¹wgunawan.wg58@gmail.com ²sri.muktiwirawati@unbaja.ac.id

ABSTRACT

PT UNP is one of the manufacturing companies that produce footwear products for export needs, the company has two production process lines, namely the regular and automatic lines, and each has five main work stations, one of which is an assembling, this station has the highest level of activity density and number of employees when compared to other stations so that it is interesting to be used as an object of research, especially in the analysis of line balancing. Line balancing methods are often used to determine the standard time and performance (performance) of work stations, by calculating the standard time and line balancing criteria, the actual time required by each employee works and the level of efficiency, delay time and accuracy of the number of employees needed can be known. Standard time and line balancing criteria based on the initial data obtained standard time 710.09 seconds and efficiency line 57.12%, delay time 42.88%, PPH 4.86. The method used in analyzing the standard time and line balancing criteria is using a comparison, that is comparing the results of the initial data calculation with data analysis after improvement so that the line balancing criteria gap value is known as efficiency 4.01%, -4.02% for delay time and 1.6 for PPH

Keyword: *Assembling, Standard Time, Line Balancing Criteria*

ABSTRAK

PT UNP merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi produk alas kaki untuk kebutuhan ekspor, perusahaan tersebut memiliki dua lini proses produksi yaitu lini reguler dan lini otomatis, dan masing-masing memiliki lima stasiun kerja utama, salah satunya adalah assembling, stasiun ini memiliki tingkat kepadatan aktivitas dan jumlah pegawai paling tinggi jika dibandingkan dengan stasiun lain sehingga menarik untuk dijadikan objek penelitian khususnya dalam analisis line balancing. Metode line balancing sering digunakan untuk menentukan standar waktu dan kinerja (kinerja) stasiun kerja, dengan menghitung standar waktu dan kriteria line balancing, dapat diketahui waktu aktual yang dibutuhkan oleh setiap pegawai bekerja dan tingkat efisiensi, waktu tunda serta ketepatan jumlah pegawai yang dibutuhkan. Waktu standar dan kriteria line balancing berdasarkan data awal diperoleh waktu standar 710,09 detik dan efisiensi saluran 57,12%, waktu tunda 42,88%, PPH 4,86. Metode yang digunakan dalam menganalisis waktu standar dan kriteria line balancing menggunakan perbandingan yaitu membandingkan hasil perhitungan data awal dengan analisis data setelah dilakukan perbaikan sehingga nilai gap kriteria line balancing diketahui efisiensi 4,01%, -4,02%. untuk waktu tunda dan 1,6 untuk PPH

Kata Kunci : Perakitan, Waktu Standar, Kriteria Line Balancing

1. PENDAHULUAN

Strategi produksi yang banyak digunakan oleh perusahaan maupun industri yaitu melakukan produksi seoptimal mungkin namun tetap mengedepankan keefektifan dan efisiensi. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan biaya produksi agar tidak terjadi pemborosan maupun pengeluaran biaya yang besar untuk hasil yang sedikit. Salah satu faktor yang harus diperhatikan untuk mencapai efisiensi produksi adalah waktu proses produksi. Stasiun kerja merupakan bagian penting dalam lini produksi. Stasiun kerja merupakan bagian penting dalam lini produksi. Perencanaan stasiun kerja yang efektif sangat berperan penting, dimana jangan sampai terjadi ketimpangan antar stasiun kerja sehingga tidak ada waktu menunggu untuk proses selanjutnya. Salah satu cara untuk mengurangi ketidakseimbangan lintasan produksi yaitu dapat dilakukan dengan *Line Balancing*. Penyeimbangan lintasan merupakan hal yang penting dilakukan pada sebuah lini produksi, sebab lini produksi yang seimbang akan mengoptimalkan penggunaan sumber daya perusahaan dan mengurangi waktu *idle*. Lintasan yang tidak seimbang ditandai dengan adanya penumpukan bahan sebelum stasiun kerja dan adanya stasiun kerja yang menganggur karena menunggu bahan yang harus diproses. *Line Balancing* bertujuan untuk menentukan jumlah stasiun kerja yang seminimal mungkin dengan memperhatikan urutan antar tugas atau

pekerjaan dan waktu siklus sehingga batasan keterhubungan terpenuhi dan waktu stasiun tidak melebihi waktu siklus.

Line Balancing merupakan suatu jadwal aliran produksi yang menyeimbangkan beban kerja di setiap stasiun produksi. *Line Balancing* memiliki kesamaan karakteristik dengan pengalokasian dan penyeimbangan sumberdaya, selain itu *line balancing* juga berusaha untuk meminimasi stasiun produksi yang disesuaikan dengan *cycle time*, atau bisa juga meminimasi *cycle time* (maksimasi kecepatan produksi) yang disesuaikan dengan jumlah stasiun kerja (Bedworth, et al 1987, hal 320). *Line balancing* yang baik akan terlihat dari nilai kriteria *line balancing* itu sendiri, PT UNP memiliki dua jalur produksi yang berbeda yaitu *regular cell* (sel regular) dan *automation cell* (sel otomatis), masing masing memiliki kelebihan dan kekurangan, untuk mengetahui kelebihan jalur otomatis perlu dilakukan penelitian secara menyeluruh pada sel otomatis khususnya pada Jalur perakitan, karena jalur tersebut memiliki waktu siklus dan jumlah karyawan paling banyak dibandingkan dengan jalur produksi lainnya kedua jalur diatas.

Tujuan penelitian ini adalah Mengetahui waktu baku jalur perakitan sel otomatis, mengetahui kriteria *line balancing* jalur perakitan sel otomatis dan menghitung gap kriteria antara sel otomatis sebelum dan sesudah perbaikan dalam pembuatan sepatu di PT UNP. Keunikan dari penelitian ini adalah adanya perbandingan penerapan *line balancing* pada konvensional dan area automation system, sehingga dapat mengetahui perubahan produktivitas dan efisiensi pada area tersebut. Penelitian ini memiliki kesamaan dalam memperbaiki keseimbangan Jalur lintasan perakitan dengan metode heuristik, tetapi memiliki perbedaan objek penelitiannya yaitu perusahaan yang bergerak di bidang mebel untuk penelitian terdahulu, sedangkan penelitian ini bergerak pada perusahaan sepatu, perbedaan lain terletak pada metode heuristik yang digunakan pada penelitian ini terfokus menggunakan metode *Large Candidate Ruler (LCR)*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Line Balancing

Line Balancing merupakan suatu jadwal aliran produksi yang menyeimbangkan beban kerja di setiap stasiun produksi. *Line Balancing* memiliki kesamaan karakteristik dengan pengalokasian dan penyeimbangan sumberdaya, selain itu *balancing* juga berusaha untuk meminimasi stasiun produksi yang disesuaikan dengan *cycle time*, atau bisa juga meminimasi *cycle time* (maksimasi kecepatan produksi) yang disesuaikan dengan jumlah stasiun kerja (Bedworth, et al 1987, hal 320). Terkait penyeimbangan lini jalur perakitan bermula dikembangkan agar hemat biaya untuk produksi masal bersetandar (Boysen, N., et all. 2007). Keseimbangan lini merupakan hal yang penting untuk dilakukan pada suatu lini produksi, karena lini produksi yang seimbang akan mengefisienkan penggunaan sumber daya perusahaan dan mengurangi waktu menganggur. Metode *line balancing* berusaha untuk mengalokasikan jumlah waktu yang sama untuk setiap pekerja sehingga produksi mengalir dengan lancar tanpa waktu tunggu yang lama (Bhattacharjee, T. K. and Sahu, S. 1988).

Track yang tidak seimbang ditandai dengan menumpuknya material sebelum stasiun kerja dan adanya stasiun kerja yang menganggur menunggu material diproses. *Line Balancing* ini bertujuan untuk menentukan jumlah minimum stasiun kerja dengan memperhatikan urutan antara tugas atau pekerjaan dan waktu siklus agar batasan konektivitas terpenuhi dan waktu stasiun tidak melebihi waktu siklus. Studi tentang *sequencing* model campuran telah mencoba untuk menyelesaikan masalah dengan menyarankan prosedur *sequencing* yang mengoptimalkan berbagai ukuran sistem, seperti *throughput*, waktu siklus, jumlah stasiun, waktu idle, waktu aliran, panjang garis, barang dalam proses dan permintaan bahan baku. deviasi dikembangkan heuristik untuk masalah *balancing-sequencing* (Bukchin, J., Ezey, M., Dar-El, Rubinovitz, J., 2002)

Line Balancing adalah penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas dari suatu *assembly line* ke *workstation* untuk meminimumkan banyaknya *workstation* dan meminimumkan total *idle time* pada semua stasiun untuk tingkat *output* tertentu. Dalam penyeimbangan tugas ini, kebutuhan waktu per-unit produk yang dispesifikasikan untuk setiap tugas dan hubungan sekuensial harus dipertimbangkan (Gasperz, 2001, hal 360).

2.2 Kriteria Dalam Line Balancing

Secara matematis kriteria yang umum digunakan dalam suatu keseimbangan lintas perakitan adalah (Elsayed et al.,1994, hal 345-346):

1. Line Efficiency (LE)

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^N ST_i}{K.CT} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

2. Smoothness Indeks (SI)

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^N (ST_{Max} - ST_{Min})^2} \dots\dots\dots (2)$$

Selain dari dua kriteria di atas juga terdapat kriteria lain, yaitu:

1. Delay Time

$$DT = KST_{Max} - \sum_{i=1}^K ST_i \dots\dots\dots (3)$$

2. Persentase Delay Time (% DT)

$$\%DT = \frac{(DT)}{K.(ST_{Max})} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

3. Efisiensi Stasiun Kerja (ESK_K)

$$ESK_K = \frac{ST_K}{ST_{Max}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

- Keterangan : K = Jumlah stasiun kerja
 ST_{max} = Total waktu operasi stasiun terbesar
 ST_k = Total waktu operasi untuk setiap stasiun
 T = Waktu operasi masing-masing stasiun
 CT = Cycle Time adalah pembebanan

2.3 Metode Large Candidate Ruler (LCR)

Menurut Elsayed et al., 1994, hal 346, bahwa metode LCR merupakan penentuan operasi pada stasiun kerja dengan mengurutkan waktu operasi yang terbesar hingga yang terkecil. Waktu yang terbesar memiliki ranking satu (1), kemudian perankingan tersebut diikuti oleh waktu-waktu operasi selanjutnya. Pengalokasian operasi tiap komponen pada stasiun dimulai dengan operasi yang memiliki ranking awal, tetapi hal ini harus tetap dilakukan dengan memperhatikan precedence diagram.

Langkah-langkah pengolahannya adalah:

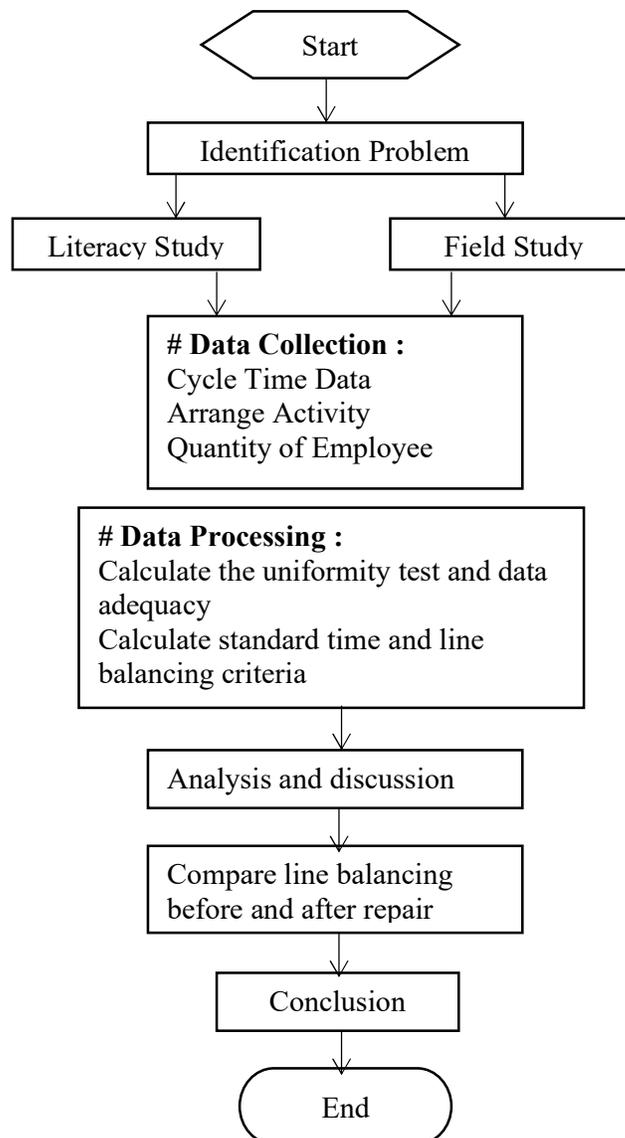
1. Urutkan/ranking setiap operasi/tugas berdasarkan waktu proses terlama/terbesar.
2. Alokasikan operasi yang mempunyai ranking paling awal kepada stasiun yang lebih awal dengan memperhatikan precedence diagram.
3. Alokasikan seluruh operasi kepada seluruh stasiun yang ada.
4. Pengalokasian operasi kepada salah satu stasiun, total waktu prosesnya tidak boleh melebihi CT (Cycle Time) yang telah ditentukan dan tidak melanggar precedence diagram.

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, beberapa tahapan dilalui hingga memperoleh hasil, diantaranya adalah tahap identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data analisis hasil pengolahan data dan tahap penarikan kesimpulan. Pada tahap identifikasi dilakukan penetapan indikator yang akan dijadikan tolak ukur adanya keseimbangan jalur perakitan produksi sepatu. Langkah-langkah dalam pemecahan masalah pada penelitian ini diawali dari studi pendahuluan dan identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan, pengolahan, pengujian data serta analisa sebelum dan sesudah penelitian dilakukan. Pada tahap pengumpulan dan pengolahan data dilakukan uji kecukupan, uji keseragaman dan uji kenormalan data. Setelah data yang dihasilkan normal, maka pengukuran data dilanjutkan dengan menghitung waktu baku. Pada prinsipnya data waktu baku berisi dari waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu pekerjaan yang telah diteliti pada waktu yang lalu.

Adapun metode pengumpulan data menggunakan pendekatan kuantitatif yang mengutamakan pengumpulan data dengan memiliki nilai tertentu sehingga dapat dihitung pada kegiatan pengolahan data. Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data primer adalah data yang diperoleh dari PT UNP melalui pengamatan langsung (visual motion study) dan observasi untuk mendapatkan data waktu operasi dari setiap elemen kerja . Pengukuran waktu kerja (Stopwatch Time Study) , menggunakan jam henti diperkenalkan Frederick W. Taylor pada abad ke-19. Metode ini baik untuk diaplikasikan pada pekerjaan yang singkat dan berulang (repetitive). Dari hasil pengukuran akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan yang akan dipergunakan sebagai waktu standar penyelesaian suatu pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama. (Wignjosoebroto,2000). Metode pengolahan data dilakukan secara matematis berdasarkan kriteria yang umum digunakan dalam suatu keseimbangan lintasan (*Line Balancing*).
2. Data Sekunder adalah data yang dikumpulkan secara tidak langsung dari sumber-sumber terkait yang dapat dipertanggungjawabkan. Data sekunder diperoleh melalui studi literature, data perusahaan, dan wawancara . Untuk lebih jelasnya terkait kerangka penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian yang menunjukkan proses aliran penelitian dari mulai identifikasi masalah , pengumpulan data, pengolahan data sampai pada penarikan kesimpulan seperti di bawah ini



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah Pengolahan Data

Adapun kriteria penerapan *Line Balancing* yang digunakan adalah *Line Efficiency (LE)*, *Smoothness Index (SI)*, *Delay Time (DT)* serta *Produktivty Person per Hours (PPH)*.

1. *Line Efficiency (LE)*

Kriteria ini digunakan untuk mengetahui seberapa efisien pembagian beban kerja antar area kerja yang ada pada *Automation* dan *Regular Cell* dengan mempertimbangkan waktu siklus (*Cycle Time*) dan jumlah operator yang digunakan pada masing-masing area kerja. Semakin tinggi nilai yang dihasilkan, menunjukkan bahwa tingkat efisiensi semakin tinggi.

2. *Smoothness Indeks (SI)*

Kriteria ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar perbandingan beban kerja antar area kerja yang ada pada *Automation* dan *Regular Cell* dengan mempertimbangkan waktu siklus (*Cycle Time*) tertinggi dan terendah pada masing-masing area kerja. Semakin kecil nilai yang dihasilkan, maka semakin bagus pula penerapan *Line Balancing* yang digunakan.

3. *Delay Time*

Kriteria ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar selisih waktu antara waktu siklus (*Cycle Time*) tertinggi dengan waktu siklus (*Cycle Time*) area lainnya yang ada pada sel otomatis. Semakin kecil nilai yang dihasilkan, maka semakin bagus pula penerapan *Line Balancing* yang digunakan.

4. PPH

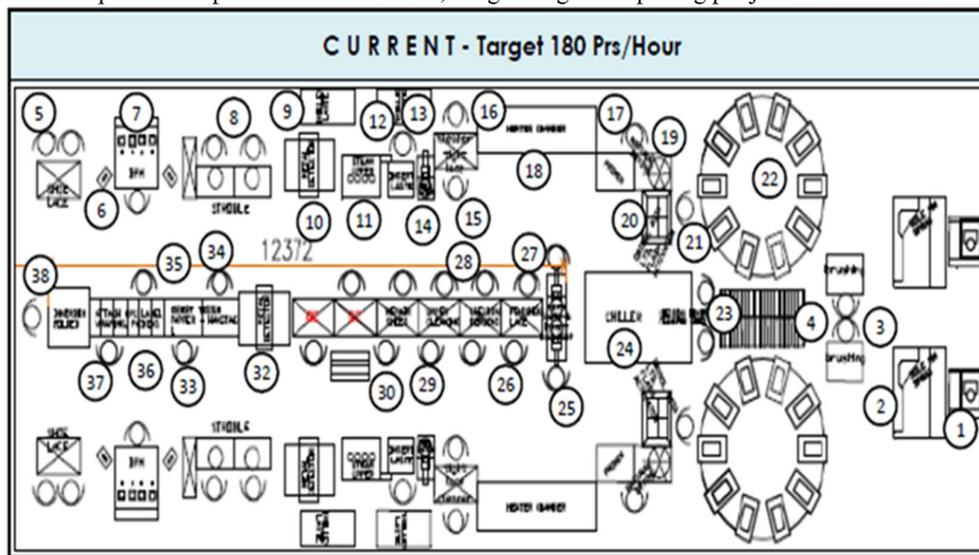
Kriteria ini digunakan untuk membandingkan seberapa besar produktivitas perorangan yang diperoleh pada tiap waktu produksi dengan mempertimbangkan target produksi, waktu kerja dan jumlah operator yang digunakan. Semakin tinggi nilai PPH, menunjukkan penerapan *Line Balancing* semakin baik.

Sebelum melakukan perhitungan kriteria di atas maka diperlukan langkah pengolahan data berdasarkan metode penelitian ini yaitu metode LCR. Urutkan/*ranking* setiap operasi/tugas berdasarkan waktu proses terlama/terbesar.

1. Alokasikan operasi yang mempunyai *ranking* paling awal kepada stasiun yang lebih awal dengan memperhatikan *precedence diagram*.
2. Alokasikan seluruh operasi kepada seluruh stasiun yang ada.
3. Pengalokasian operasi kepada salah satu stasiun, total waktu prosesnya tidak boleh melebihi CT (*Cycle Time*) yang telah ditentukan dan tidak melanggar *precedence diagram*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan tujuan penelitian bahwa pengamatan dilakukan di bagian perakitan (*Assembling*), hal ini dilakukan karena bagian ini yang paling banyak aktifitas, jumlah karyawan dan waktu siklus nya saat produksi berlangsung bila di bandingkan dengan bagian produksi lainnya. Di bawah ini adalah layout yang ada di sel otomatis untuk memproduksi sepatu model MX 409v3, dengan target 180 pasang per jam



Gambar 2. Tata Letak Jalur Perakitan (*Assembling*) Sel Otomatis PT UNP

Berdasarkan gambar layout di atas dapat ditemukan informasi mengenai urutan kegiatan pada jalur perakitan dengan notasi angka, lebih jelasnya dapat dilihat keterangan per notasi pada tabel 1.

Tabel 1. Data Kegiatan Pada Jalur Perakitan Sepatu (Detik)

No	Process	Machine/ Tools	Cycle Time	Manpower	Remark
1	Drum melter	DRUM MELTER MC		2	Chemical 633
2	Purmely Outsole	MOTMELT MC	18.81		
3	Wire brush outsole	WIRE BRUSH MC	11.43		
4	Setting outsole (Conditioning)	DIGITAL & LENZA	5.12		
5	Insert shoelace	STD TABLE	63.78	4	
6	Heating "Counter"	BPM MC	25.91	2	
7	Back part moulding (Hot & Cold)				
8	Jahit stroble	STROBLE MC	45.89	3	
9	Transfer upper to steam upper		4.54	2	
10	Metal Detector	M. DETECTOR MC			
11	Steam upper	STEAM MC	20.11		
12	Setting laste with upper		5.63		
13	Slip lasting	STD TABLE	19.51	2	
14	Heel lasting	HELL LASTING MC	13.70	2	
15	Cleaner upper	STD TABLE	17.66	2	
16	Kencangkan shoelace	STD TABLE	19.83		
17	Primer upper		14.71		
18	Heater Chamber	HEATER			
19	Loading drying activator		4.11	2	
20	Drying activator upper & outsole	DRYING MC	7.35		
21	Attaching upper to ousole		17.90		
22	Rotary press	ROTARY PRESS MC			
23	Transfer shoe to chiller & bonding check		25.16	2	
24	Chiller	CHILLER MC			
25	Kendurkan shoelace & open laste	OPEN LAST MC	17.39	1	
26	Insert sockliner	STD TABLE	7.55	2	
27	Rapihkan shoelace		25.54		
28	Bonding check	STD TABLE	25.11	2	
29	Cleaner shoes	STD TABLE	25.90	2	
30	Repair shoes		25.45	2	
31	QC Toolgate	STD TABLE			
32	Metal Detector	M. DETECTOR MC			
33	Folding innerbox	STD TABLE	17.60	1	
34	Insert paper	STD TABLE	14.16	2	
35	Place hangtag	STD TABLE	15.03		
36	Attach UPC Label	STD TABLE	11.97	2	
37	Scan output	STD TABLE	4.11		
38	Wrapping	STD TABLE			
39	Packing (QC)				
Total			530.95	37.0	0

Waktu baku adalah waktu penyelesaian yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaannya yang dikerjakan dalam sistem kerja terbaik pada saat itu. Hasil perhitungan waktu baku dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2, Hasil Perhitungan Waktu Baku (detik)

No	Process	Machine/ Tools	Waktu Siklus	Waktu Normal	Waktu Baku	WB. Per Stasiun detik	Jumlah Karyawan
			$W_s = \sum X/N$	$W_n = W_s P$	$W_b = W_n \times 100 / (100 - a)$		
1	Drum melter	DRUM MELTER MC				248.64	2
2	Purmely Outsole	MOTMELT MC	18.81	21.07	27.36		
3	Wire brush outsole	WIRE BRUSH MC	11.43	12.80	16.63		
4	Setting outsole (Conditioning)	DIGITAL & LENS A	5.12	5.73	7.45		
5	Insert shoelace	STD TABLE	63.78	71.43	92.77		
6	Heating "Counter"	BPM MC	25.91	29.02	37.69		
7	Back part moulding (Hot & Cold)						
8	Jahit stroble	STROBLE MC	45.89	51.40	66.75		
9	Transfer upper to steam upper		4.54	5.08	6.60	142.59	2
10	Metal Defector	M. DETECTOR MC					
11	Steam upper	STEAM MC	20.11	22.52	29.25		
12	Setting laste with upper		5.63	6.31	8.19		
13	Slip lasting	STD TABLE	19.51	21.85	28.38		
14	Heel lasting	HELL LASTING MC	13.70	15.34	19.93		
15	Cleaner upper	STD TABLE	17.66				
16	Kencangkan shoelace	STD TABLE	19.83	22.21	28.84		
17	Primer upper		14.71	16.48	21.40		
18	Heater Chamber	HEATER				79.30	2
19	Loading drying activator		4.11	4.60	5.98		
20	Drying activator upper & outsole	DRYING MC	7.35	8.23	10.69		
21	Attaching upper to outsole		17.90	20.05	26.04		
22	Rotary press	ROTARY PRESS MC					
23	Transfer shoe to chiller & bonding check		25.16	28.18	36.60		
24	Chiller	CHILLER MC				148.12	1
25	Kendurkan shoelace & open laste	OPEN LAST MC	17.39	19.48	25.29		
26	Insert sockliner	STD TABLE	7.55	8.46	10.98		
27	Rapihkan shoelace		25.54	28.60	37.15		
28	Bonding check	STD TABLE	25.11				
29	Cleaner shoes	STD TABLE	25.90	29.01	37.67		
30	Repair shoes		25.45	28.50	37.02		
31	QC Toolgate	STD TABLE					
32	Metal Defector	M. DETECTOR MC				91.44	2
33	Folding innerbox	STD TABLE	17.60	19.71	25.60		
34	Insert paper	STD TABLE	14.16	15.85	20.59		
35	Place hangtag	STD TABLE	15.03	16.83	21.86		
36	Attach UPC Label	STD TABLE	11.97	13.41	17.41		
37	Scan output	STD TABLE	4.11	4.60	5.98		
38	Wrapping	STD TABLE					
39	Packing (QC)						
Total			530.95	546.77	710.09	710.09	37.00
PPH AREA							4.86

Sebelum menghitung waktu baku, harus dilakukan perhitungan waktu normal terlebih dahulu. Contoh perhitungan waktu normal dan waktu baku pada kegiatan *Steam Upper* di mesin *Steam MC* (item 11)

$$\begin{aligned} \text{Waktu Normal} &= \text{Rata - rata waktu siklus} \times \text{Performance Rating} & (6) \\ \text{Performance Rating} &= 1.22 \text{ (untuk operator menggunakan metode Westinghouse)} \end{aligned}$$

$$W_n = W_s \times P = 20.11 \times 1.22 = 22.52 \text{ detik}$$

Maka waktu bakunya :

$$W_b = W_n \times 100 / (100 - \text{allowance}) \tag{7}$$

Allowance

= 23 (berdasarkan buku sutalaksana adalah sebesar 23 untuk operator perempuan)

$$\begin{aligned} \text{Waktu Baku} &= \text{Waktu Normal} \times 100 / (100 - 23) \\ &= 22.52 \times 1.2987 \\ &= 29.25 \end{aligned}$$

Perhitungan keseimbangan lintasan (*line balancing*) menggunakan metode LCR dimulai dengan menghitung waktu baku, mengurutkan waktu baku per stasiun dari yang paling tinggi waktu bakunya sampai yang terendah (jika tidak berlawanan dengan urutan penugasan), kemudian dihitung kriteria keseimbangan lintasan.

Tabel 3, Hasil Perhitungan *Line Balancing* Area *Assembling* Sebelum Perbaikan

Section	DRUM MELTER MC	STEAM MC	HEATER	CHILLER MC	M. DETECTOR MC
Item Control					
C/T(sec)	248.6	142.6	79.3	148.1	91.4
CT Max / Area	92.8	29.3	36.6	37.7	25.6
Operator arangement	11	8	4	9	5
P/T arangement / CT Max (Sec)	23.2	19.5	18.3	18.8	25.6
Take Time T/T (sec)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Line Efficiency (LE) or Line Balancing Efficiency	97.46%	91.40%	108.35%	87.37%	71.44%
Efficiency Area / Departement	100%	57%	32%	60%	37%
Line Efficiency (LE) Total	57.12%				
Smoothness Index (SI)	134.47				
Delay Time (DT)	533.11				
% Delay Time or Line Balance Delay	42.88%				
PPH	4.86				

Langkah-langkah perhitungan kriteria line balancing seperti terlihat persamaan di bawah ini

1. *Line Efficiency* (LE)

$$LE = \frac{\text{Total CT Stasiun Kerja}}{\text{Jumlah Orang} \times \text{CT max}} \times 100\%$$

- $LE \text{ Drum Melter} = \frac{248 \text{ detik}}{11 \times 23 \text{ detik}} \times 100\% = 97,46\%$
- $LE \text{ Steam MC} = \frac{142,6 \text{ detik}}{8 \times 19,5 \text{ detik}} \times 100\% = 91,40\%$
- $LE \text{ Heater} = \frac{79,3 \text{ detik}}{4 \times 18,3 \text{ detik}} \times 100\% = 108,35\%$
- $LE \text{ Chiller MC} = \frac{148,1 \text{ detik}}{9 \times 18,8 \text{ detik}} \times 100\% = 87,37\%$
- $LE \text{ M Detector} = \frac{91,4 \text{ detik}}{5 \times 25,6 \text{ detik}} \times 100\% = 71,44\%$

$$LE \text{ TOTAL Assembling Line} = \frac{710,09 \text{ detik}}{5 \times 710,09 \text{ detik}} \times 100\% = 57,12\%$$

2. *Smoothness Indeks* (SI)

SI

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(710,09 - 248)^2 + (710,09 - 142,6)^2 + (710,09 - 79,3)^2 + (710,09 - 148,1)^2 + (710,09 - 91,4)^2} \\ &= 134,47 \end{aligned}$$

3. *Delay Time*

$$\begin{aligned} DT &= 5(248) - (248 + 142,6 + 79,3 + 148,1 + 91,4) \\ &= 533,11 \text{ detik} \end{aligned}$$

4. Persentase *Delay Time* (% DT)

$$\%DT = \frac{533,11}{5 \times 248} \times 100\% = 42,88,7\%$$

5. Efisiensi Stasiun Kerja (ESK_K)

- $ESK \text{ Drum Melter} = \frac{248,6}{248,6} \times 100\% = 100\%$

ESK Steam MC=142,6/248,6 x100%=57%

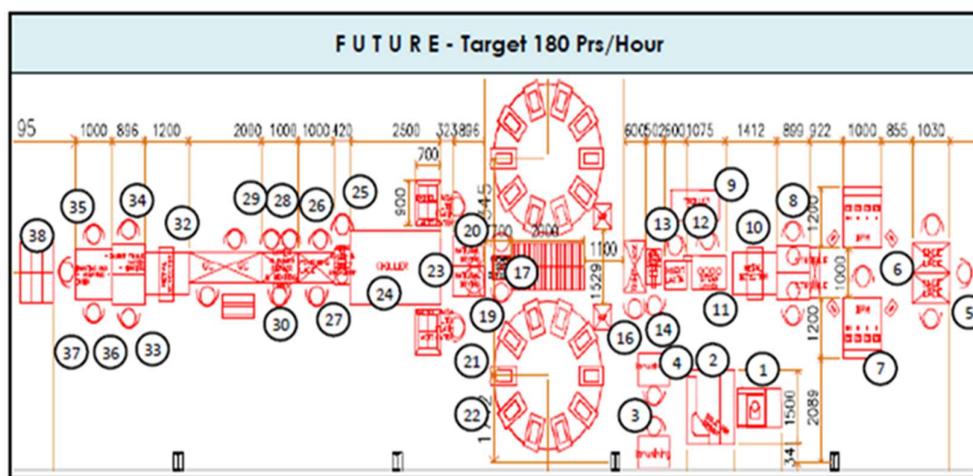
ESK Heater=79,3/248,6 x100%=32%

ESK Chiller MC=148,1/248,6 x100%=60%

ESK M Detector=91,4/248,6 x100%=37%

Data Hasil Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada araea perakitan yang sudah dilakukan perubahan tata letak fasilitas , gambar perubahan tata letak fasilitas pada area perakitan seperti terlihat pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3, Tata Letak Jalur Perakitan (*Assembling*) Sel Otomatis PT ABC (Sesudah Perbaikan)

Data yang diamati adalah waktu siklus pada tiap kegiatan di jalur perakitan, sebagaimana diketahui jumlah item perakitan adalah 39, tiap item kegiatan diambil data sebanyak 30 kali dalam jangka waktu enam bulan (Januari-Juni 2023). Data hasil pengamatan diolah terlebih dahulu dengan melakukan pengujian keseragaman dan kecukupan data.

Uji keseragaman data kali ini menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan ketelitian 5%. Contoh pengujian pada proses item ke sebelas (11), *Steam Upper* di mesin *Steam MC*

Jumlah Data (N) = 30

Rata-rata Data (x) = 6.01

Jumlah data di kurangi rata-rata ($\sum(X_i-x)^2$) = 40.66 (8)

Simpangan Baku (σ) = $\sqrt{\sum(X_i-x)^2/(N-1)}$ = 2.85

Simpangan Baku Rata-rata ($\sigma_x = \sigma / \sqrt{n}$) = 0.52 (9)

BKA (Batas Atas) = $x+2.\sigma_x = 6.01 + 2(0.52) = 6.01 + 1.04 = 7.05$

BKB (Batas Bawah) = $x-2.\sigma_x = 6.01 - 2(0.52) = 6.01 - 1.04 = 4.97$

Rata-rata data (x) berada pada batas atas dan bawah sehingga telah memenuhi uji keseragaman.

Untuk menghitung uji kecukupan data maka dapat dilakukan dengan formula persamaan di bawah ini. Sebagai contoh perhitungan menggunakan data aktivitas no.item 11 yaitu aktivitas *Steam Upper* di mesin *Steam MC*

$$N' = ((C/\alpha) \times \sqrt{(N \times \sum X^2 - (\sum X)^2)/(\sum X)^2}) \quad (10)$$

Diketahui :

Constanta (C) = 2

Tingkat kesalahan (α) = 0.05

Jumlah Data ($\sum X$) = 180.4

Jumlah kuadrat data ($\sum X^2$) = 1085.86

Jumlah data dikuadrat ($\sum X^2$) = 32,544.16

$$N' = ((2/0.05) \times \sqrt{(30 \times 1085.86) - 32,544.16}) / (180.40)^2$$

$$N' = 1.56$$

Kecukupan data akan terpenuhi apabila $N > N'$, hasil perhitungan kecukupan data di atas telah menunjukkan data yang diolah telah memenuhi uji kecukupan data karena $N=30 > N' = 1.56$. Data hasil pengamatan berupa rata-rata waktu siklus dapat dilanjutkan karena telah memenuhi kecukupan dan keseragaman data dan selanjutnya data di atas dapat digunakan dalam perhitungan waktu normal dan waktu baku, hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Waktu Baku Setelah Perbaikan

No	Process	Machine/ Tools	Waktu Siklus	Waktu Normal	Waktu Baku	WB. Per Stasiun detik	Jumlah Karyawan
			$Ws = \sum X / N$	$Wn = Ws P$	$Wb = Wn \times 100 / (100 - all)$		
1	Drum melter	DRUM MELTER MC				207.26	2
2	Purmely Outsole	MOTMELT MC	18.81	21.07	27.36		
3	Wire brush outsole	WIRE BRUSH MC	11.44	12.81	16.64		
4	Setting outsole (Conditioning)	DIGITAL & LENS	5.12	5.74	7.45		
5	Insert shoelace	STD TABLE	55.10	61.71	80.15		
6	Heating "Counter"	BPM MC	18.91	21.18	27.51		
7	Back part moulding (Hot & Cold)						
8	Jahit stroble	STROBLE MC	33.11	37.08	48.16		
9	Transfer upper to steam upper		4.54	5.08	6.60	100.70	1
10	Metal Detector	M. DETECTOR MC					
11	Steam upper	STEAM MC	6.01	6.73	8.75		
12	Setting laste with upper		5.63	6.30	8.19		
13	Slip lasting	STD TABLE	19.51	21.85	28.38		
14	Heel lasting	HELL LASTING MC	13.71	15.36	19.95		
15	Cleaner upper	STD TABLE					
16	Kencangkan shoelace	STD TABLE	19.82	22.20	28.83		
17	Primer upper		14.70	16.46	21.38		
18	Heater Chamber	HEATER				86.16	2
19	Loading drying activator		4.13	4.63	6.01		
20	Drying activator upper & outsole	DRYING MC	7.37	8.26	10.72		
21	Attaching upper to ousole		17.93	20.09	26.09		
22	Rotary press	ROTARY PRESS MC					
23	Transfer shoe to chiller & bonding check		15.09	16.91	21.96		
24	Chiller	CHILLER MC					
25	Kendurkan shoelace & open laste	OPEN LAST MC	17.36	19.44	25.25		
26	Insert sockliner	STD TABLE	7.53	8.43	10.95		
27	Rapihkan shoelace		25.47	28.53	37.05		
28	Bonding check	STD TABLE				148.02	1
29	Cleaner shoes	STD TABLE	25.92	29.03	37.70		
30	Repair shoes		25.49	28.55	37.08		
31	QC Toolgate	STD TABLE					
32	Metal Detector	M. DETECTOR MC					
33	Folding innerbox	STD TABLE	17.57	19.68	25.56		
34	Insert paper	STD TABLE	14.19	15.89	20.63		
35	Place hangtag	STD TABLE	15.01	16.81	21.84		
36	Attach UPC Label	STD TABLE	12.00	13.44	17.45		
37	Scan output	STD TABLE	4.10	4.59	5.96	91.44	2
38	Wrapping	STD TABLE					
39	Packing (QC)						
Total			435.58	487.85	633.57	633.57	28.00
PPH AREA							6.43

Berdasarkan tabel 4, diatas maka line balancing dapat dihitung dengan menggunakan metode LCR, Perhitungan *Line Balancing* Menggunakan Metode LCR, sama seperti perhitungan *line balancing* di atas menggunakan metode LCR, maka didapatkan hasil perhitungan seperti pada tabel 5. di bawah ini.

Tabel 5 Hasil Perhitungan *Line Balancing* Area *Assembling* Sesudah Perbaikan

Section	DRUM MELTER MC	STEAM MC	HEATER	CHILLER MC	M. DE TECTOR MC
Item Control					
CT(sec)	207.3	100.7	86.2	148.0	91.4
CT Max / Area	80.1	28.8	26.1	37.7	25.6
Operator arangement	8	4	5	6	5
P/T arangement / CT Max (Sec)	26.7	28.8	13.0	18.8	25.6
Take Time T/T (sec)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Line Efficiency(LE) or Line Balancing Efficiency	96.98%	87.32%	132.12%	130.89%	71.56%
Efficiency Area / Departement	100%	49%	42%	71%	44%
Line Efficiency(LE) Total	61.14%				
Smoothness Index (SI)	113.04				
Delay Time (DT)	402.72				
% Delay Time or Line Balance Delay	38.86%				
PPH	6.43				

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan ada delapan kegiatan mengalami perubahan waktu siklus yang signifikan yaitu menjadi lebih rendah, antara lain seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 6 *Gap* Hasil Perhitungan Waktu Siklus Sebelum dan Sesudah Perbaikan

No	Item	Process	Machine/ Tools	Cycle Time		Remarks
				Before	After	
1	5	Insert shoelace	STD TABLE	63.78	55.10	
2	6	Heating "Counter"	BPM MC	25.91	18.91	
3	7	Back part moulding (Hot & Cold)				
4	8	Jahit stroble	STROBLE MC	45.89	33.11	
5	11	Steam upper	STEAM MC	20.11	40.66	
6	15	Cleaner upper	STD TABLE	17.66	0.00	Eliminate Process
7	23	Transfer shoe to chiller & bonding check		25.16	15.09	
8	28	Bonding check	STD TABLE	25.11	0.00	Eliminate Process
Total				223.62	162.87	

Waktu siklus setelah perbaikan mengalami penurunan dari 223.62 detik menjadi 162.87 detik Sedangkan hasil perhitungan *line balancing* terdapat perbedaan yang cukup signifikan diantaranya efisiensi lintasan naik menjadi 61.14% yang sebelumnya 57.12%, *delay time* turun menjadi 38.86% yang sebelumnya 42.88% dan terakhir PPH naik dari 4.86 menjadi 6.43%. Berikut adalah hasil dari pengolahan data yang dilakukan bahasan sebelumnya mengenai *gap* kriteria *line balancing* antara sebelum dan setelah perubahan *layout* ruang *assembling* yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 7 Gap Line Balancing Before & After Re-Design Layout Assembling Area

Item Creteria LB	Creteria LB	
	Before	After
Line Efficiency (LE) Total	57.12%	61.14%
Smoothness Index (SI)	134.47	113.04
Delay Time (DT)	533.11	402.72
% Delay Time or Line Balance Delay	42.88%	38.86%
PPH	4.86	6.43

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini mengacu pada tujuan yang akan dicapai seperti yang di sampaikan pada bab pendahuluan, maka didapatkan kesimpulan penelitian ini sebagai berikut:

1. Waktu baku yang ada di area assembling sebelum perbaikan layout sebesar 710.09 detik sedangkan setelah perbaikan layout sebesar 633.57 detik
2. Kriteria line balancing area assembling sebelum perbaikan layout didapatkan efisiensi lintasan total sebesar 57.12% sedangkan setelah perbaikan layout sebesar 61.14%, kriteria delay time menurun dari 42.88% menjadi 38.86%, kriteria line balancing PPH meningkat dari 4.86 menjadi 6.43
3. Gap kriteria line balancing sebelum dan sesudah perbaikan adalah sebesar 4.02% untuk efisiensi lintasan , - 4.02% untuk delay time dan 1.6 untuk PPH.

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya dilakukan perancangan ulang untuk beberapa unit produksi dengan model atau merek sepatu yang lain.
2. Perlu dukungan penuh dari manajemen agar perbaikan atau *improvement* di area lainnya, sehingga bisa memberikan kontribusi terhadap peningkatan profit perusahaan
3. Adanya keterbukaan dan kerjasama antara perusahaan dan akademisi (pihak kampus) untuk berkolaborasi dalam meningkatkan keuntungan secara bersama-sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Apple, James M., 1990. *Tata letak pabrik dan pemindahan bahan*. Diterjemahkan oleh Nurhayati M. T. 2005. Edisi Ketiga. Bandung : I
- Bedworth, D. D., Bailey, J. E. 1987. *Integrated Production Control System : Management Analysis Design, 2nd Edition*. John Wiley & Sons. New York
- Bhattacharjee, T. K. and Sahu, S. 1988. A heuristic approach to general assembly line balancing. *International Journal of Operations & Production Management* 8(6): 67-77.
- Boysen, N., Fliedner, M., and Scholl, A. 2007. Production, manufacturing and logistics: A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research* 183(2): 674–693
- Bukchin, J., Ezey, M., Dar-El, Rubinovitz, J., “Mixed-Model Assembly Line Design in a Make-to-Order Environment”, *Computers&Industrial Engineering*, 41 (4), pp. 405-421, 2002
- Elsayed A. 1994. *Analysis and Control of Production System*. Prentice Hall International Inc.
- Gasperz, Vincent. 2001. *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta : Gramedia Pustaka
- Heizer, Jay dan Barry Render, 2008. *Operations Management, 9th Edition*, Pearson Prentice Hall. USA

Indrawan, Wawan dan Ni Luh Putu Hariastuti, 2013. *Minimalisasi Bottleneck Proses Produksi Dengan Menggunakan Metode Line Balancing*. Teknik Industri Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. [Diakses dari http://jurnal.itats.ac.id/wp-content/uploads/2013/06/Minimalisasi-Bottleneck-Proses_61.pdf]

Nasution, Arman (2003), **Perencanaan dan pengendalian produksi**. Yogyakarta: Gaha Ilmu

Nu'man. A.H., 2013. *Perancangan tata letak fasilitas*. Bandung : UPT Pusat Pembinaan dan Laboraturium Bahasa UNISBA.

Parvez, M., Faria B.A., and Fahmida A. 2017. Line Balancing Techniques to Improve Productivity Using Work Sharing Methods, IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME), e-ISSN: 2320-7388, p-ISSN: 2320-737X Vol. 7, Issue 3 Ver, IV, PP 07-14.

Prabowo, Rony. 2016. Penerapan Konsep Line Balancing Untuk Mencapai Efisiensi Kerja Yang Optimal Pada Setiap Stasiun Kerja Pada PT. HM. SAMPOERNA Tbk., Jurnal IPTEK Vol. 20(2) pages 9-20. Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Purnamasari, Ita dan Sidhi Atikha Cahyana., 2015. *Line Balancing Dengan Metode Ranked Position Weight (RPW)*. Spektrum Industri, 2015, Vol. 13, No. 2, 115 – 228 ISSN : 1963-6590. Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Sari, A.M., Dodo A. 2017. “Anita Mustikasari, Dodo Ardiles (2017). Implementasi Theory Of Constraint Untuk Meningkatkan Produktivitas Proses Painting Battery Cover Pada PT. HIT Kudus. Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2017, ISSN: 2579-6429. Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Saiful , dkk (2014), Penyeimbangan Lintasa Produksi Dengan Metode Heuristik (*Studi Kasus PT XYZ Makasar*), *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 15, No. 2, Agustus 2014: 183–190, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin(Surel: saiful.ti@gmail.com)

S. H.Eryuruk,F. Kalaoglu, M. Baskak, (2008), Assembly Line Balancing in a Clothing Company

Wignjosoebroto, S., 2003. *Tata letak pabrik dan pemindahan bahan*. Edisi Ketiga. Surabaya : Guna Widya.