

PERANCANGAN *LINE BALANCING* UNTUK MEMINIMASI *WASTE WAITING* PADA PROSES PRODUKSI MODUL SURYA 260WP PT XYZ DENGAN PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING*

DESIGN OF LINE BALANCING TO MINIMIZE WASTE WAITING IN PRODUCTION PROCESS OF SOLAR CELL 260WP PT XYZ WITH A LEAN MANUFACTURING APPROACH

Laras Shinta Cahya Putri¹, Agus Alex Yanuar², Praty Poeri Suryadhini³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, ³ Universitas Telkom

¹larasshinta@student.telkomuniversity.ac.id ²axytifri@telkomuniversity.ac.id

³praty@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT XYZ perusahaan industri manufaktur yang memproduksi peralatan elektronik. Penelitian ini, berfokus pada Modul Surya 260 WP. Berdasarkan data tahun 2017, permasalahan pada perusahaan ialah ketidaktercapaian produksi sehingga mengalami keterlambatan pengiriman produk. Berdasarkan permasalahan, diperlukan penelitian mengenai permasalahan yang terjadi menggunakan *lean manufacturing*.

Tahap pertama yaitu menggambarkan proses produksi dengan *process activity mapping* (PAM) dan *value stream mapping* (VSM). Diketahui *lead time* sebesar 21151,24 detik dan *value added* sebesar 3404,37 detik. *Lead time* berisikan aktivitas *value added*, *necessary non-value added* dan *non-value added*. Berdasarkan PAM diketahui aktivitas *waste waiting* dalam proses produksi. Selanjutnya, tahap kedua mengidentifikasi akar penyebab *waste waiting* menggunakan *fishbone*. Akar penyebab *waste waiting* akan diminimasi dengan menggunakan *line balancing* dan penataan *station sealant*. Rancangan usulan perbaikan diharapkan waktu siklus dari aktivitas *waste waiting* akan berkurang atau hilang. Aktivitas tersebut yaitu menunggu kedatangan modul untuk diproses, menunggu modul untuk framing dan modul menunggu untuk di sealant.

Berdasarkan rancangan usulan perbaikan, didapatkan *lead time* sebesar 6185,39 detik dengan *value added* 3404,37 detik dengan menerapkan penyeimbangan lintasan pada workstation *terminating*, *layup*, *EL*, *trimming EL2*, *Sun Simulator*, *framing* dan *testing* dan menata *station sealant*.

Kata kunci : *Lean Manufacturing*, *Waste Waiting*, *Line Balancing*, *Value Stream Mapping*, *Process Activity Mapping*

Abstract

PT XYZ company manufacturing industries producing of electronic equipment. The study, focusing on the Solar Module 260 WP. Based on data for the year 2017, problems in the company is achievement makes delay in product delivery. Based on problems, needed research on problems occurred using lean manufacturing.

The first stage that is described the process of production with process activity mapping (PAM) and value stream mapping (VSM). Known lead time of 21151.24 seconds and value added of 3404.37 seconds. Lead time contains a value added activity, necessary non-value added and non-value added. Based on the PAM, known activity of waste waiting in the production process. Next, the second stage is to identify the root cause of waste waiting using a fishbone. The root cause of waste waiting will be minimize by using the line balancing and design of sealant station. The draft proposal of the improvement is expected from the activity cycle time waste waiting will be reduced or lost. The event that is waiting for the arrival of the module for processing, waiting for module to framing and module is waiting to sealant.

Based on the design of the proposed improvements, obtained lead time of 6185.39 seconds with value added 3404.37 seconds by applying a balancing trajectory on workstation *terminating*, *layup*, *trimming*, *EL2*, *Sun Simulator*, *framing* and *testing* and setting the station sealant.

Keywords: *Lean Manufacturing*, *Waste Waiting*, *Line Balancing*, *Value Stream Mapping*, *Process Activity Mapping*

1. Pendahuluan

PT XYZ adalah sebuah perusahaan industri manufaktur yang memproduksi peralatan elektronik yang didirikan sejak tahun 1965. PT XYZ menjadi sebuah perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) pada tahun 1991. PT XYZ mempunyai komitmen untuk senantiasa menyediakan produk yang memuaskan dan menyenangkan

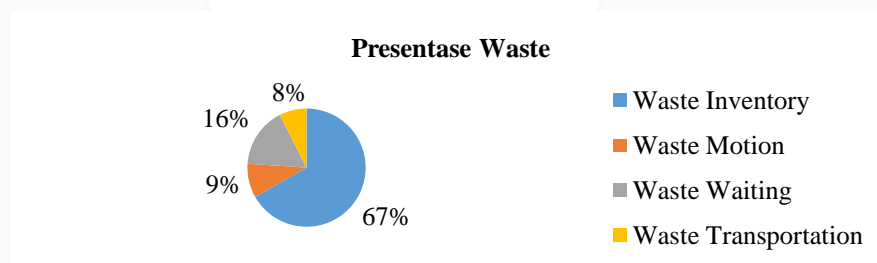
pelanggan. Salah satu usaha yang dilakukan oleh perusahaan tersebut yaitu dengan pemenuhan order tepat waktu. Sistem make to-order ini merupakan sistem produksi yang dimulai ketika adanya pesanan dari customer. Salah satu jenis produk yang dihasilkan oleh PT XYZ ini adalah Modul Surya. PT XYZ mendapat pesanan Modul Surya 260WP pada bulan September 2017 sebesar 2980 unit. Dalam kesepakatannya dengan pelanggan produk modul surya ini akan selesai pada bulan November 2017. Perusahaan ini tidak memproduksi sejumlah permintaan customer yaitu 2980 unit, dikarenakan perusahaan ini masih mempunyai stok Modul Surya 260WP sejumlah 1483 unit, sehingga perusahaan hanya memproduksi sebesar 1497 unit yang dimulai pada 27 Oktober 2017. Berikut merupakan data presentase produksi mingguan tahun 2017 yang ditampilkan pada Tabel.1

Tabel 1 Presentase Ketidaktercapaian Produksi 2017

Minggu	Target	Aktual	GAP	Presentase Ketidaktercapaian	Rata-rata presentase
1	148	66	82	55.41%	55.61%
2	449	199	250	55.68%	
3	450	199	251	55.78%	
4	450	200	250	55.56%	
Total	1497	664	833		

Ketidaktercapaian produksi yang cukup besar ini yaitu 833 unit menyebabkan produksi menambah waktu untuk mencapai kekurangan unit tersebut. Sehingga, akibat dari penambahan waktu produksi ini mengakibatkan pengiriman produk Modul Surya mengalami keterlambatan pengiriman.

Proses produksi modul surya 260WP secara keseluruhan dilakukan dengan penggambaran VSM (Value Stream Mapping) current state dan PAM (Process Activity Mapping) current state. Berdasarkan hasil *Value Stream Mapping* didapatkan lead time sebesar 21151,24 detik sedangkan nilai *takt time* untuk satu produk sebesar 384 detik. Berikut adalah presentase waste yang terjadi pada rantai produksi di PT XYZ berdasarkan hasil penggambaran *Process Activity Mapping* yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Presentase Waste di Rantai Produksi Modul Surya

Berdasarkan gambar I.1 dapat diketahui bahwa terdapat lima waste yang terjadi di perusahaan, yaitu waste inventory, waste waiting, waste overprocessing, waste motion dan waste transportation. Dibawah ini adalah tabel pengelompokan aktivitas yang termasuk ke dalam kelompok waste waiting berdasarkan penggambaran PAM.

Tabel 2 Process Activity Mapping untuk waste waiting

No	Workstation	Aktivitas	Waktu Siklus (detik)
1	<i>Trimming</i>	Menunggu kedatangan modul untuk diproses	226.5
2	<i>Framming</i>	Menunggu modul untuk <i>framming</i>	43.03
3	<i>Framming</i>	Modul menunggu untuk di silincer	3.00
Total Waktu			272.5

Berdasarkan permasalahan waste waiting yang ditemukan di *workstation trimming* dan *workstation framing*, maka diperlukan usulan perbaikan proses produksi modul surya 260WP dengan menggunakan salah satu tools lean manufacturing yaitu line balancing, sehingga dapat meminimasi *lead time* produksi serta membuat lintasan produksi menjadi efektif dan efisien.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 LEAN MANUFACTURING

Lean *Manufacturing* adalah sebuah kualitas manajemen dengan pendekatan yang awalnya dikembangkan untuk mengurangi pemborosan di sektor otomotif, dengan didefinisikan sebagai sebuah sistem yang memanfaatkan sedikit input dan menghasilkan output yang sama dengan memberikan nilai yang lebih bagi pelanggan [1].

2.1.2 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping digunakan untuk menggambarkan proses produksi secara menyeluruh disertai informasi secara rinci produk yang sedang berjalan diproduksi sehingga waste yang terjadi didalam produksi dapat teridentifikasi [2].

2.1.3 Process Activity Mapping

Process Activity Mapping suatu diagram yang menunjukkan urutan dari proses operasi, pemeriksaan, transportasi, menunggu dan penyimpanan yang terjadi selama proses berlangsung [3].

2.1.4 Fishbone (Cause And Effect Diagram)

Fishbone diagram ini terdiri dari batang pusat yang mengarah ke efek (masalah), dengan beberapa cabang datang dari batang berbagai kelompok yang menjadi kemungkinan penyebab masalah [4]

2.1.5 Takt Time

Takt time merupakan waktu yang diperlukan dalam pengerjaan suatu produk hingga selesai. Tujuan takt time yaitu agar di lini/lantai produksi seimbang berdasarkan beban kerja [5].

2.1.6 Line Balancing

Line Balancing bertujuan untuk meminimasi waktu menganggur dari workstation pada lantai produksi dengan menyeimbangkan elemen kerja pada setiap workstation sehingga dapat memaksimalkan sumber daya yang ada yaitu dari operator maupun peralatan [6]. Istilah lain dalam *line balancing* yaitu sebagai berikut [6]:

1. *Precedence Diagram*

2. Waktu Operasi yaitu ketetapan waktu untuk menyelesaikan sebuah operasi

3. Workstation adalah tempat stasiun kerja dalam melakukan proses perakitan. Berikut rumus untuk mengukur jumlah workstation efisien

$$K_{Min} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{c} \quad (I)$$

4. *Cycle Time* (Waktu Siklus) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu produk per workstation.

5. *Balance Delay* merupakan suatu ukuran ketidakefisienan lintasan yang disebabkan karena pendistribusian yang tidak seimbang di antara workstations sehingga menghasilkan waktu menganggur. Berikut rumus dari *Balance Delay*, yaitu:

$$D = \frac{(n \times c) - \sum_{i=1}^n t_i}{(n \times c)} \times 100 \% \quad (II)$$

6. *Line Efficiency* (LE) merupakan rasio dari total waktu di stasiun kerja dibagi dengan Cycle Time dikalikan jumlah workstation.

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

7. *Smoothness Index* (SI) merupakan sebuah indeks yang menunjukkan kelancaran relative dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{i_{max}} - ST_i)^2} \quad (IV)$$

2.1.7 Metode Helgeson Birnie

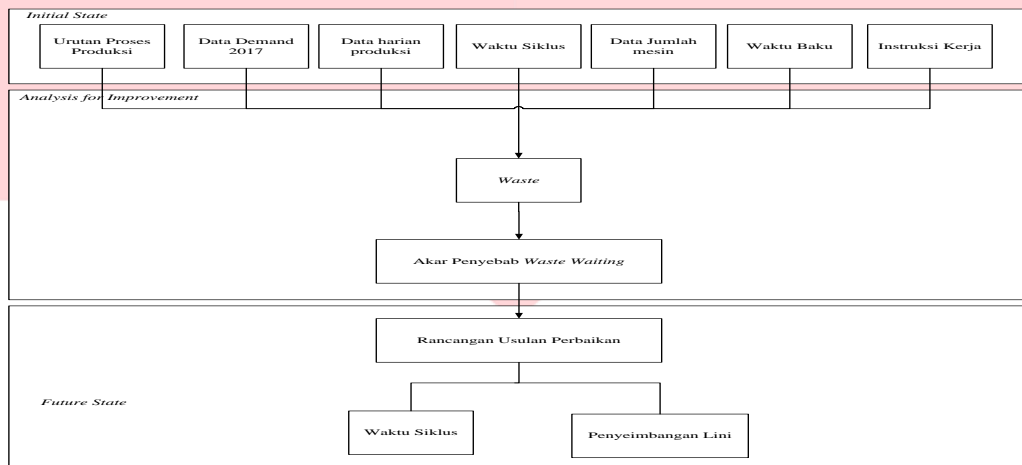
Metode ini dikemukakan oleh Helgeson Birnie [6]. Metode ini dikenal dengan metode bobot posisi (*Positional-Weight Technique*). Langkah-langkah dalam metode ini sebagai berikut [6].

1. Buat *precedence diagram* untuk tiap proses.
2. Tentukan bobot posisi untuk masing masing elemen kerja yang berkaitan dengan waktu operasi untuk waktu pengerjaan yang terpanjang dari mulai operasi permulaan hingga sisa operasi sesusahnya.
3. Pembuatan Ranking
4. Elemen operasi dengan bobot tertinggi, alokasikan ke suatu stasiun kerja. Alokasi kerja ini tidak boleh membuat waktu stasiun > *cycle time*

5. Bila alokasi suatu elemen operasi membuat waktu stasiun > CT, maka sisa waktu ini (CT-ST) dipenuhi dengan alokasi elemen operasi dengan bobot paling besar dan penambahannya tidak membuat ST > CT.
6. Jika elemen operasi yang jika dialokasikan untuk membuat ST > CT sudah tidak ada, kembali ke langkah 5.

2.2 Model Konseptual

Sebuah kerangka berpikir untuk menggambarkan pemecahan masalah yang disusun secara sistematis dengan menggambarkan setiap langkah-langkah dalam proses penelitian sehingga tujuan dari penelitian dapat terpenuhi. Berikut ini merupakan model konseptual berupa langkah-langkah yang akan dilalui.



Gambar 2 Model Konseptual

3. Pembahasan

3.1 Value Stream Mapping

Penggambaran VSM bertujuan agar dapat diketahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan dalam proses produksi, waktu kegiatan yang memiliki nilai tambah (*value added*) dan waktu aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah (*non value added*) sehingga hasil dari penggambaran VSM bisa dapat menjadi acuan dalam merencanakan usulan perbaikan untuk mengurangi *waste waiting* yang terjadi dalam rantai produksi modul surya 260WP. *Lead time* yang dibutuhkan dalam proses produksi dari bahan baku hingga menjadi produk jadi yaitu modul surya 260WP membutuhkan waktu sebesar 21151,24 detik. Aktivitas bernilai tambah (*value added*) pada proses produksi modul surya sebesar 3404,37 detik.

3.2 Process Activity Mapping

Process activity mapping bertujuan untuk menggambarkan secara *detail* aktivitas operator dalam memproses modul surya 260WP. Total waktu yang dihasilkan dalam kelompok aktivitas *Value Added* adalah sebesar 3404,37 detik atau 49,89% dari total waktu siklus, kelompok aktivitas *Necessary Non-Value Added* sebesar 1602,107 detik atau 23,48% dari total waktu siklus dan kelompok aktivitas *Non-Value Added* sebesar 1817,564 detik atau 26,63% dari total waktu siklus.

3.3 Line Balancing

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam perancangan penyeimbangan lini yaitu dengan menghitung *takt time*. Dalam penelitian ini jumlah permintaan modul surya PT XYZ pada tahun 2017 sebesar 1497 berikutan merupakan perhitungan *takt time*.

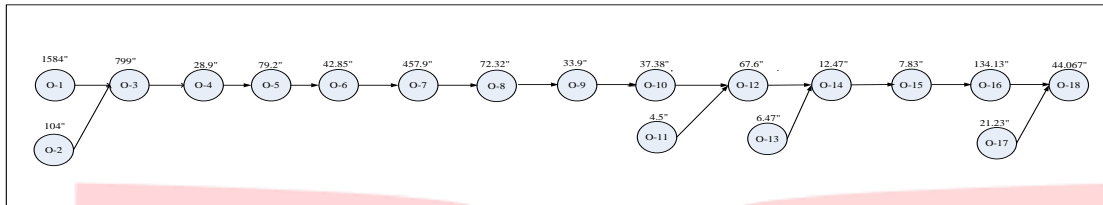
3.3.1 Takt Time

Permintaan modul surya 260WP dilakukan per hari, sehingga perhitungan jam kerja operator adalah per hari. Kegiatan produksi dilaksanakan dari hari senin hingga sabtu dengan jam kerja operator per hari selama 7,25 jam atau sebesar 435 menit. Maka perhitungan *takt time* untuk proses produksi modul surya sebagai berikut:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Available Time (Number of Shifts)}}{\text{Daily Demand}} = \frac{435}{75} = 5.8 \text{ menit}$$

3.3.2 Precedence Diagram

Precedence diagram ini bertujuan untuk menggambarkan keterkaitan proses produksi antar *workstation*.



Gambar 3 Precedence Diagram Current

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa jumlah *station* eksisting untuk proses produksi modul surya 260WP sebesar 18 *station*. Dibawah ini merupakan tabel informasi *task workstation* yang terdapat dalam *precedence diagram*.

Tabel 3 Informasi Task dan Waktu Operasi

Task	Operasi	Waktu Operasi
Tabbing	O-1	1584
Pembersihan kaca	O-2	104
Matrixing	O-3	799
terminating	O-4	28.9
layup	O-5	79.20678022
el1	O-6	42.85384472
Lminating	O-7	457.9014487
el2	O-8	72.32042244
Trimming	O-9	33.93333333
sun simulator	O-10	37.38842323
pengeleman frame	O-11	4.5
Framming	O-12	67.6
Pengeleman junction box	O-13	6.466666667
Pemasangan junction box	O-14	12.466666667
Testing	O-15	7.83
Cleaning	O-16	134.06666667
Pembentukan kardus	O-17	21.23
Packing	O-18	44.06666667

Tabel 3 memperlihatkan bahwa waktu *station* terbesar terdapat pada proses *tabbing*. Hal ini menandakan bahwa terdapat perbedaan beban kerja di setiap *station* sehingga operator yang mempunyai waktu operasi lebih kecil harus menunggu. Setelah membandingkan waktu proses dengan waktu *takt time*, selanjutnya yaitu menghitung *line efficiency*, *balance delay*, *smoothness index* dan jumlah *workstation* yang efisien.

- a) $Line\ Efficiency = \frac{3537.73}{18 \times 348} \times 100\% = 56.48\%$
- b) $Balance\ Delay = \frac{(18 \times 348) - 3537.73}{18 \times 348} = 43.52\%$
- c) $Smoothness\ index = \sqrt{\sum_{i=1}^s (Ts\ Max - Tsi)^2} = \sqrt{37366586.27} = 6112.82$
- d) $Jumlah\ workstation\ minimum = \frac{3537.73}{1348} = 10.16 \approx 11$

Setelah menghitung *line efficiency* dan *balance delay*, selanjutnya menghitung *efficiency* dan *idle time* disetiap *station*.

Tabel 4 Work Efficiency di setiap station

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	idle time	Idle time^2	Work efficiency
1	O-1	1584	0	0	100.00%
2	O-2	104	1480	2190400	6.57%
3	O-3	799	785	616225	50.44%
4	O-4	28.9	1555.1	2418336.01	1.82%
5	O-5	79.20678022	1504.79322	2264402.634	5.00%
6	O-6	42.85384472	1541.146155	2375131.472	2.71%
7	O-7	457.9014487	1126.098551	1268097.947	28.91%
8	O-8	72.32042244	1511.679578	2285175.145	4.57%

Tabel 5 *Work Efficiency* di setiap *station* (Lanjutan)

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	idle time	Idle time ²	Work efficiency
9	O-9	33.93333333	1550.066667	2402706.671	2.14%
10	O-10	37.38842323	1546.611577	2392007.369	2.36%
11	O-11	4.50	1579.5	2494820.25	0.28%
12	O-12	67.60	1516.4	2299468.96	4.27%
13	O-13	6.47	1577.533333	2488611.418	0.41%
14	O-14	12.47	1571.533333	2469717.018	0.79%
15	O-15	7.83	1576.17	2484311.869	0.49%
16	O-16	134.0666667	1449.933333	2102306.671	8.46%
17	O-17	21.23	1562.77	2442250.073	1.34%
18	O-18	44.06666667	1539.933333	2371394.671	2.78%

3.5 Helgeson-Birnie (*Ranked Positional Weight*)

Langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan menggambarkan *precedence diagram*. Hal ini telah digambarkan pada gambar 3. Setelah itu, menghitung bobot posisi di setiap *station*. Dibawah ini merupakan tabel bobot posisi di setiap *station*

Tabel 6 Total RPW di setiap *Station*

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	BOBOT RPW
1	O-1	1584	3401.534253
2	O-2	104	1921.534253
3	O-3	799	1817.534253
4	O-4	28.9	1018.534253
5	O-5	79.2068	989.6342527
6	O-6	42.8538	910.4274725
7	O-7	457.901	867.5736277
8	O-8	72.3204	409.672179
9	O-9	33.9333	337.3517566
10	O-10	37.3884	303.4184232
11	O-11	4.5	270.53
12	O-12	67.6	266.03
13	O-13	6.46667	204.8966667
14	O-14	12.4667	198.43
15	O-15	7.83	185.9633333
16	O-16	134.067	178.1333333
17	O-17	21.23	65.29666667
18	O-18	44.0667	44.06666667

Setelah menentukan bobot RPW di setiap *station*, selanjutnya yaitu mengurutkan *station* berdasarkan perhitungan bobot RPW yang telah dihitung.

Tabel 7 Urutan RPW

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	BOBOT RPW
1	O-1	1584	3401.534253
2	O-2	104	1921.534253
3	O-3	799	1817.534253
4	O-4	28.9	1018.534253
5	O-5	79.2068	989.6342527
6	O-6	42.8538	910.4274725
7	O-7	457.901	867.5736277
8	O-8	72.3204	409.672179
9	O-9	33.9333	337.3517566
10	O-10	37.3884	303.4184232
11	O-11	4.5	270.53
12	O-12	67.6	266.03

Tabel 6 Urutan RPW (Lanjutan)

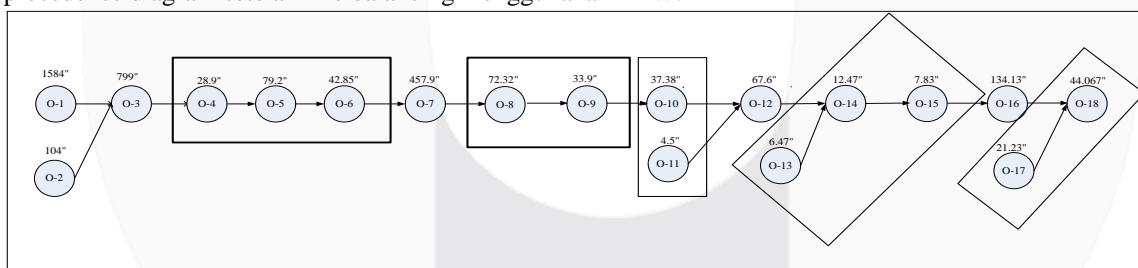
Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	BOBOT RPW
13	O-13	6.46667	204.8966667
14	O-14	12.4667	198.43
15	O-15	7.83	185.9633333
16	O-16	134.067	178.1333333
17	O-17	21.23	65.29666667
18	O-18	44.0667	44.06666667

Setelah mengurutkan bobot RPW, selanjutnya ialah mendistribusikan elemen kerja dengan acuan tidak melebihi *takt time* yaitu sebesar 348 detik.

Tabel 8 Distribusi RPW Station

Station	Operasi	Waktu Operasi	waktu station	idle time	idle time^2	Work efficiency
1	O-1	1584	1584	0	0	100.00%
2	O-2	104	104	1480	2190400	6.57%
3	O-3	799	799	785	616225	50.44%
4	O-4	28.9	150.9606249	1433.039375	2053601.85	9.53%
	O-5	79.20678022				
	O-6	42.85384472				
5	O-7	457.9014487	457.9014487	1126.098551	1268097.947	28.91%
6	O-8	72.32042244	106.2537558	1477.746244	2183733.962	6.71%
	O-9	33.93333333				
7	O-10	37.38842323	41.88842323	1542.111577	2378108.115	2.64%
	O-11	4.5				
8	O-12	67.6	67.6	1516.4	2299468.96	4.27%
9	O-13	6.466666667	26.76333333	1557.236667	2424986.036	1.69%
	O-14	12.46666667				
	O-15	7.83				
10	O-16	134.0666667	134.0666667	1449.933333	2102306.671	8.46%
11	O-17	21.23	65.29666667	1518.703333	2306459.815	4.12%
	O-18	44.06666667				

Tabel 8 memperlihatkan distribusi station dengan menggunakan bobot RPW. Terdapat 11 workstation setelah menggunakan metode RPW. Setelah itu, membuat precedence diagram baru. Berikut adalah precedence diagram setelah line balancing menggunakan RPW.



Gambar 4 Precedence Diagram Setelah RPW

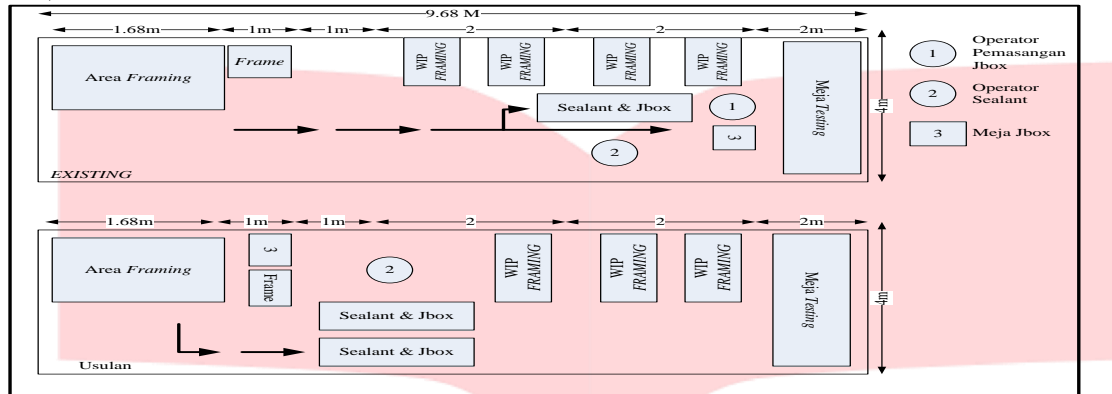
Langkah selanjutnya dalam penyeimbangan lintasan RPW ialah menghitung line efficiency, balance delay dan smoothness index .

- a. $Line\ Efficiency = \frac{3537.73}{11 \times 348} \times 100\% = 92.42\%$
- b. $Balance\ Delay: \frac{(18 \times 348) - 3537.73}{18 \times 348} = 7.58\%$
- c. $Smoothness\ index: \sqrt{\sum_{i=1}^S (Ts\ Max - Tsi)^2} = \sqrt{19823388} = 4452.34$

Berdasarkan line balancing menggunakan RPW line efficiency menjadi meningkat dari 56.47% menjadi 92.41% dan balance delay, smoothness index mengalami penurunan yaitu 7.59% dan 4452.

3.6 Usulan Perbaikan Penataan Workstation Operator Silincer

Modul menunggu untuk disilincer menjadi salah satu penyebab *waste waiting* pada lantai produksi modul surya 260WP di PT XYZ. Walaupun, penyebab *waste waiting* ini memiliki waktu terkecil dari *waste waiting* yang lain, namun hal ini termasuk ke dalam aktivitas tidak bernilai tambah (*non value added*).



Gambar 5 Usulan Posisi Operator Silincer

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan *line balancing* dan usulan perbaikan untuk penataan *workstation silencer* maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi *existing* lantai produksi modul surya sebesar 18 *station* dengan 32 operator, sedangkan pada lantai produksi usulan terdapat 11 *station* dengan 17 operator. Kondisi usulan setelah *line balancing* terdapat peningkatan *line efficiency* 35.94% dengan kondisi awal *line efficiency* sebesar 56.48% menjadi 92.42%. Terdapat penurunan *balance delay* setelah adanya *line balancing*. Penurunan yang terjadi yaitu sebesar 35.94% dengan kondisi awal *balance delay* sebesar 43.52% menjadi 7.58%. Kondisi usulan setelah *line balancing* membuat penurunan yang cukup signifikan terhadap *smoothness index* yaitu dari kondisi *existing* sebesar 6112.72 detik menjadi 4452.34 detik setelah *line balancing*. Penurunan tidak hanya terjadi pada *balance delay* dan *smoothness index* saja, namun terjadi juga pada *idle time*. *Idle time* mengalami penurunan yang cukup signifikan setelah *line balancing* menjadi sebesar 13886.26 dari kondisi *existing* yaitu sebesar 24972.26.

2. Usulan perbaikan untuk proses produksi modul surya yaitu dengan penyeimbangan lintasan pada *workstation terminating, layup, el1, el2, trimming, Sun Simulator, framing dan testing* dan penataan *station operator sealant* yang bertujuan agar operator yang mengantarkan modul tidak terhalang oleh operator silincer.

Daftar Pustaka

- [1] J.P Womack, D.T Jones, and D Roos, *Machine That Changed the World.*: Simon and Schuster, 1990.
- [2] Peter L.King and Jennifer S.King, *Value Stream Mapping For The Process Industries*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2015.
- [3] I. Z Sutalaksana, R Anggawisastra, and J.H Tjakraatmadja, *Teknik Perancangan sistem kerja*. Bandung: ITB, 2006.
- [4] Mikell Groover, *Automation Production System, and Computer Integrated.*, 2001.
- [5] Chris A. Ortiz, *The Cell Manufacturing Playbook , A Step- By-Step Guideline for The Lean Practitioner*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2016.
- [6] Teguh Baroto, *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.
- [7] Vincent Gaspersz and Avanti Fontana, *LEAN SIX SIGMA*. Bogor: Vinchristo Publication, 2011.
- [8] Beverly Townsend, *The Basics of Line Balancing and JIT Kitting*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2012.
- [9] Lina Gozali, Andreas , and Feriyatis , "Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Dengan Metode Keseimbangan Lini Pada Divisi Plastic Painting PT. XYZ," *Jurnal Ilmia Teknik Industri*, vol. 3 No.1, pp. 10-17, 2015.
- [10] E. A. Elsayed and T. O. Boucher, *Analysis and Control of Production System*, 2nd ed.: Pearson, 1994.