

Perbaikan Proses Produksi Menggunakan *ECRS Based Line Balancing* pada Lini Perakitan Stator 4

Oksiana Tiovani*¹⁾ dan Fakhrina Fahma

Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, 57126, Indonesia

DOI: 10.20961/performa.18.1.30202

Abstrak

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur di Indonesia. Perusahaan tersebut memproduksi pompa air. Komponen penting dalam pompa air adalah stator. Hasil observasi pada lini Perakitan Stator 4 menunjukkan bahwa efisiensi lini yang rendah terjadi karena proses produksi belum berjalan dengan maksimal. Sehingga perbaikan proses produksi penting untuk dilakukan pada lini tersebut. Salah satu metode untuk memperbaiki proses produksi adalah *ECRS based line balancing*. Dengan tetap mempertimbangkan konsep *line balancing*, maka efisiensi lini dapat ditingkatkan melalui perbaikan proses produksi. Melalui perbaikan proses produksi, terjadi penurunan jumlah stasiun kerja dari 10 stasiun kerja menjadi 9 stasiun kerja, perbaikan layout lini dan stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*) serta peningkatan efisiensi lini dari 74.72% menjadi 81.09%.

Kata kunci: *ECRS, proses produksi, keseimbangan lini, perakitan*

Abstract

PT. XYZ is one of the manufacturing companies in Indonesia. The company produces water pumps. An important component in the water pump is the stator. The observation results in the Stator Assembly line 4 show that low line efficiency occurs because the production process has not run optimally. So that an improvement in the production process is important to do on this line. One method to improve the production process is *ECRS based line balancing*. By still considering the concept of *line balancing*, line efficiency can be improved through improving the production process. Through the improvement of the production process, there was a decrease in the number of work stations from 10 work stations to 9 work stations, improvement of line layout and 7th work station (*Heating Air Dryer*), also an increase in line efficiency from 74.72% to 81.09%.

Keywords: *ECRS, production process, line balancing, assembly*

1. Pendahuluan

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur. Perusahaan tersebut memproduksi pompa air. Salah satu komponen penting dalam pompa air adalah stator. Terdapat lima lini Perakitan Stator pada departemen produksi. Penelitian ini berfokus pada lini Perakitan Stator 4. Lini Perakitan Stator 4 merupakan satu-satunya lini perakitan *single model* di antara lima lini perakitan stator yang terdapat di PT. XYZ dengan pekerja yang memiliki performansi dan *skill* normal dan merata. Lini ini dilengkapi dengan *conveyor* untuk membantu perpindahan barang *work in process*. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan, lini tersebut mampu mencapai target produksi. Akan tetapi, efisiensi lini pada lini tersebut terbilang rendah. Hal ini disebabkan oleh proses produksi yang kurang baik yang ditandai dengan distribusi elemen kerja yang dilakukan oleh operator tidak merata dan *layout* stasiun kerja yang kurang baik. Artikel ini berisi mengenai tahapan-tahapan proses untuk memperbaiki proses produksi pada lini Perakitan Stator 4 menggunakan perbaikan metode kerja *ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify)* dengan mempertimbangkan konsep keseimbangan lini. Metode kerja yang lebih baik akan berdampak pada efisiensi dan efektivitas kerja yang akan mengakibatkan berkurangnya waktu pemrosesan (Suhardi, B. dkk., 2019).

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian terdahulu. Ongkunaruk dan Wongsatit (2014) pernah melakukan penelitian pada sebuah perusahaan *frozen chicken* di Thailand dengan menggunakan metode *ECRS-based line balancing concept*. Dalam penelitian tersebut dilakukan identifikasi operasi *bottleneck* dan peningkatan kapasitas stasiun untuk meningkatkan kapasitas proses secara keseluruhan. Selain itu, *ECRS based line balancing* juga digunakan pada penelitian Amran dan Wibowo (2018) mengenai perbaikan proses produksi sistem pengereman dengan *ECRS based Line Balancing*. Melalui penelitian

*Korespondensi : oksianatiovani@student.uns.ac.id

tersebut, Amran dan Wibowo (2018) mampu melakukan pengurangan jumlah operator dan meningkatkan efisiensi lini sehingga biaya produksi berkurang. Sebagai pengembangan dari penelitian sebelumnya, perbaikan proses produksi pada penelitian ini tidak hanya dilakukan dengan perbaikan metode kerja, pendistribusian elemen kerja yang seimbang dan penentuan jumlah stasiun maupun operator. Melainkan turut menyajikan *layout* lini dan *layout* stasiun kerja yang baru. Jadi, tujuan penelitian ini adalah memperbaiki proses produksi pada lini Perakitan Stator 4.

2. Metode Penelitian

Tahap pertama adalah melakukan perhitungan efisiensi lini sebelum perbaikan dengan menggunakan data waktu siklus tiap elemen kerja. Proses produksi dijabarkan secara rinci dalam elemen-elemen kerja pada setiap stasiun kerja. Kemudian waktu siklus diukur pada setiap elemen kerja. Data waktu siklus didapatkan melalui pengukuran waktu secara langsung dengan menggunakan *stopwatch*. Perhitungan efisiensi lini sebelum perbaikan didapatkan dengan menggunakan persamaan (3).

Tahap kedua adalah penerapan *ECRS based line balancing*. Tahapan ini menerapkan metode ECRS dengan tetap mempertimbangkan konsep keseimbangan lini. Amran dan Wibowo (2018) mengungkapkan konsep ECRS berupa metode perbaikan dengan mengeliminasi pekerjaan yang dianggap tidak penting, menggabungkan pekerjaan, mengatur ulang pekerjaan, dan menyederhanakan pekerjaan. Menurut Gaspersz (2004), *line balancing* merupakan penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas dari suatu *assembly line* ke *work station* untuk meminimumkan banyaknya *work station* dan meminimumkan total *idle time* pada semua stasiun untuk tingkat output tertentu.

Tahap ketiga adalah perbaikan *layout* lini dan stasiun kerja. *Layout* tersebut dibuat berdasarkan usulan perbaikan menggunakan *ECRS based line balancing*. Jumlah stasiun kerja disesuaikan dengan hasil dari *ECRS based line balancing* yang telah dilakukan sebelumnya. Perubahan jumlah stasiun kerja akan merubah *layout* lini Perakitan Stator 4. Adanya elemen kerja baru dari suatu stasiun kerja menyebabkan perlunya perubahan *layout* stasiun kerja yang bersangkutan.

Tahap keempat adalah perhitungan waktu siklus menggunakan *Method Time Measurement-1*. Perhitungan ini dilakukan karena perubahan *layout* menyebabkan perubahan waktu siklus pada elemen kerja yang bersangkutan. Dalam memperoleh nilai waktu siklus tersebut, dilakukan pengukuran waktu tidak langsung. Andriani (2017) mengungkapkan bahwa MTM-1 membagi gerakan-gerakan kerja atas elemen-elemen gerakan menjangkau (*reach*), mengangkut (*move*), memutar (*turn*), memegang (*grasp*), mengarahkan (*position*), melepas (*release*), lepas rakit (*disassemble*), gerakan mata (*eye movement*), dan beberapa gerakan anggota badan lainnya.

Tahap kelima adalah perhitungan efisiensi lini setelah perbaikan sebagai perbandingan dengan efisiensi lini sebelum perbaikan. Perhitungan efisiensi lini dilakukan dengan menggunakan persamaan (3).

Berikut persamaan matematik yang digunakan dalam penelitian ini:

a. Takt Time

Takt Time adalah waktu yang tersedia untuk memproduksi suatu barang/produk dibagi dengan permintaan dalam periode waktu tertentu (Nabi, F. dkk., 2015).

$$A_{tt} = C_{Tmax} \quad (1)$$

Dimana :

A_{tt} = Actual Tact Time

C_{Tmax} = Waktu Siklus Maksimum

b. Efisiensi Stasiun Kerja

Merupakan rasio dari waktu operasi tiap stasiun terhadap waktu siklus atau waktu stasiun kerja terbesar (Marfuah dan Alfiat, 2014).

$$S_e = \frac{T_i}{C_{Tmax}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

S_e = Efisiensi stasiun kerja

T_i = Waktu siklus stasiun kerja ke - i

C_{Tmax} = Waktu Siklus Maksimum

c. Efisiensi Lini

Efisiensi lini merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja atau jumlah efisiensi stasiun kerja dibagi jumlah stasiun kerja (Nabi, F. dkk., 2015).

$$L_e = \frac{\sum_{i=1}^k T_i}{K \times C_{Tmax}} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

L_e = Efisiensi lini

T_i = Waktu siklus stasiun kerja ke - i

C_{Tmax} = Waktu Siklus Maksimum

K = Jumlah stasiun kerja yang terdapat dalam lini

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan dari tahapan penelitian yang telah dilakukan.

3.1 Perhitungan Efisiensi Lini Sebelum Perbaikan

Pada sub bab ini disajikan perhitungan efisiensi lini sebelum perbaikan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keadaan awal lini saat itu. Data waktu siklus setiap elemen kerja yang didapatkan melalui hasil observasi langsung digunakan untuk menghitung efisiensi lini.

Contoh perhitungan *actual tact time* pada lini Perakitan Stator 4 :

$$A_{tt} = C_{Tmax}$$

$$A_{tt} = 17,511 \text{ detik.}$$

Contoh perhitungan efisiensi stasiun kerja 9 (*Binding-Forming 2*) :

$$S_e = \frac{T_9}{C_{Tmax}} \times 100\%$$

$$S_e = \frac{10,54}{17,511} \times 100\%$$

$$S_e = 60,19\%$$

Contoh perhitungan efisiensi lini Perakitan Stator 4 :

$$L_e = \frac{\sum_{i=1}^k T_i}{K \times C_{Tmax}} \times 100\%$$

$$L_e = \frac{130,846}{10 \times 17,511} \times 100\%$$

$$L_e = 74,72\%$$

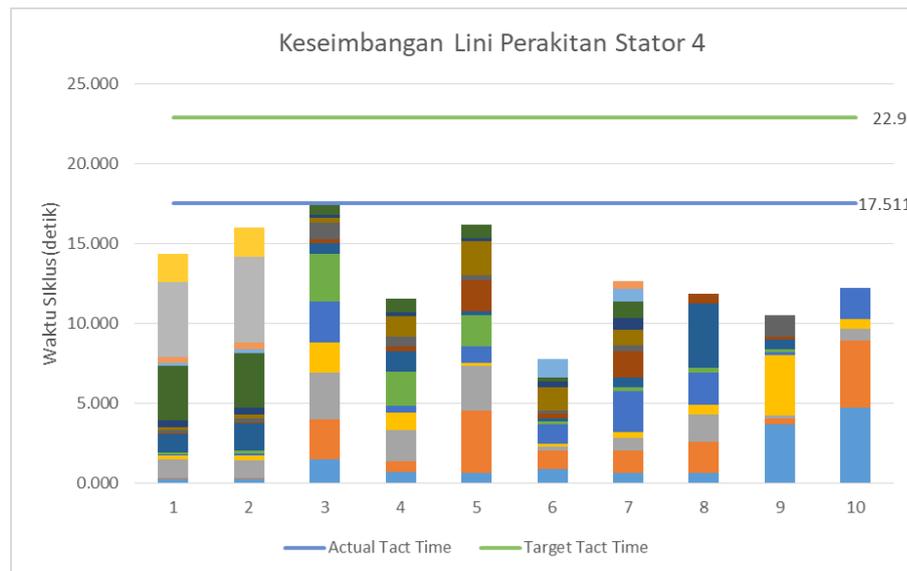
Hasil perhitungan *actual tact time*, efisiensi setiap stasiun kerja, dan efisiensi lini Perakitan Stator 4 sebelum perbaikan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Efisiensi Lini Sebelum Perbaikan

Nama Lini : Perakitan Stator 4		Model : JX 129 AL										
Stasiun Kerja :		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Actual Tact Time</i>	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	175.114
<i>Target Tact Time</i>	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	229
Waktu Siklus per Elemen Kerja (detik)	1	0.310	0.303	1.484	0.694	0.631	0.927	0.665	0.649	3.677	4.759	
	2	0.065	0.055	2.557	0.687	3.947	1.115	1.394	1.980	0.369	4.176	
	3	1.133	1.113	2.888	1.942	2.775	0.249	0.800	1.678	0.198	0.713	
	4	0.236	0.277	1.924	1.101	0.222	0.174	0.355	0.610	3.766	0.610	
	5	0.067	0.112	2.560	0.440	1.013	1.252	2.542	2.023	0.219	2.005	
	6	0.153	0.200	2.929	2.133	1.970	0.183	0.281	0.297	0.199		
	7	1.149	1.705	0.685	1.306	0.196	0.167	0.574	3.999	0.594		
	8	0.065	0.058	0.285	0.271	1.971	0.339	1.694	0.642	0.188		
	9	0.135	0.224	0.988	0.616	0.290	0.168	0.333		1.331		
	10	0.222	0.270	0.307	1.267	2.139	1.476	0.975				
	11	0.403	0.402	0.170	0.230	0.185	0.333	0.763				
	12	3.414	3.408	0.735	0.873	0.880	0.258	1.029				
	13	0.184	0.293				1.154	0.746				
	14	0.363	0.379					0.523				
	15	4.696	5.408									
	16	1.779	1.831									
Total Waktu Siklus :		14.372	16.038	17.511	11.561	16.219	7.795	12.673	11.877	10.540	12.262	130.846
Nama Stasiun :		Main Coil Winding	Sub Coil Winding	Coil Insert	Forming 1	Lacing	Caulking-Dipping	Heating Air Dryer	Insulation Tube	Binding-Forming 2	Inspection	
Efisiensi Lini :		82.07%	91.58%	100.00%	66.02%	92.62%	44.51%	72.37%	67.82%	60.19%	70.02%	74.72%

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa *actual tact time* sebesar 17,511 detik, nilai efisiensi stasiun kerja yang variatif, serta efisiensi lini sebesar 74,72%.

Tingkat keseimbangan lini Perakitan Stator 4 sebelum perbaikan diperjelas pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Keseimbangan Lini Perakitan Stator 4 Sebelum Perbaikan

Berdasarkan Gambar 1, ditunjukkan kondisi keseimbangan lini Perakitan Stator 4 dimana pendistribusian elemen kerja belum merata.

3.2 Penerapan ECRS

Pada sub bab ini disajikan penerapan perbaikan metode kerja menggunakan ECRS (*Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify*) sebagai salah satu tahap awal untuk perbaikan proses produksi. Dalam penerapan ini, keseimbangan lini menjadi salah satu konsep yang dipegang. Hal ini dilakukan agar metode kerja yang baru dapat mempertahankan bahkan meningkatkan efisiensi lini Perakitan Stator 4.

Perbaikan metode kerja (ECRS) dilakukan mulai dari stasiun 7 (*Heating Air Dryer*) sampai dengan stasiun 10 (*Inspection*). Perbaikan dimulai dari stasiun 7 (*Heating Air Dryer*) karena stasiun 1 (*Main Coil Winding*) sampai dengan stasiun 5 (*Lacing*) menggunakan mesin-mesin yang bekerja secara individual. Sedangkan pada stasiun 6 (*Caulking-Dipping*) terdapat waktu tunggu selama 5 menit untuk pengeringan sebelum diproses pada stasiun 7 (*Heating Air Dryer*) sehingga harus bekerja lebih cepat dari stasiun lain untuk menyediakan barang *work in process* (WIP) agar produksi dapat terus berjalan. Dalam pendistribusian elemen tugas, konsep keseimbangan lini dijadikan pegangan agar beban kerja setiap stasiun merata. Setelah digunakan *ECRS based line balancing*, terjadi pengurangan jumlah stasiun kerja. Dimana elemen kerja pada stasiun 8 (*Insulation Tube*) didistribusikan ke stasiun kerja lain sehingga stasiun 8 (*Insulation Tube*) dapat dihilangkan.

Perbaikan metode kerja (ECRS) yang dibuat dengan mempertimbangkan keseimbangan lini ditunjukkan pada Gambar 2.

BEFORE IMPROVEMENT						AFTER IMPROVEMENT		
Stasiun 7 (Heating Air Dryer)						Stasiun 7 (Heating Air Dryer)		
No	Elemen Kerja	Waktu Proses			No	Elemen Kerja	Waktu Proses	
1	Mengambil stator dari conveyor	0.665			1	Mengambil stator dari conveyor	1.132	
2	Mengambil 3 heat shrink	1.394			2	Mengambil 3 heat shrink	0.706	
3	Memasukkan ketiga ujung lead wire ke dalam heat shrink	0.800			3	Memasukkan ketiga ujung lead wire ke dalam heat shrink	0.800	
4	Memasukkan lead wire ke mesin	0.355			4	Memasukkan lead wire ke mesin	0.355	
5	Menunggu (mengambil dan memasukkan insulation tube pendek dan panjang, meletakkan stator ke conveyor)	4.035			5	Mengeluarkan lead wire dari mesin	0.187	
6	Memeriksa dan mengeluarkan lead wire dari mesin	2.542	1		6	Meletakkan stator berdekatan dengan conveyor	0.415	
7	Meletakkan stator berdekatan dengan conveyor	0.281			7	Mengambil penjepit	0.630	
8	Mengambil penjepit	0.574			8	Menjepit heat shrink	1.694	
9	Menjepit heat shrink	1.694			9	Meletakkan penjepit	0.392	
10	Meletakkan penjepit	0.333		2	10	Mengambil insulation tube pendek dan panjang	1.177	
11	Mendinginkan heat shrink (mengambil stator dari conveyor, mengambil dan memasang heat shrink, memanaskan lead wire)	3.215			11	Memasukkan insulation tube pendek ke thermal protector pendek	0.763	
12	Mengambil insulation tube pendek	0.975	2	3	12	Memasukkan insulation tube panjang ke thermal protector panjang	0.746	
13	Memasukkan insulation tube pendek ke thermal protector pendek	0.763		4	13	Mengambil 2 insulation tube	0.677	
14	Mengambil insulation tube panjang	1.029	2	5	14	Memasukkan 2 insulation tube ke bagian lead wire merah dan putih	1.980	
15	Memasukkan insulation tube panjang ke thermal protector panjang	0.746	3	6	15	Merapikan lead wire dan thermal protector	1.678	
16	Meletakkan stator ke conveyor	0.523	9	7	16	Mengambil cable tie	0.677	
Total Waktu Siklus :		12.673		8	17	Mengikat lead wire dan thermal protector dengan cable tie	2.023	
				9	18	Meletakkan stator ke conveyor	0.826	
				Total Waktu Siklus :		16.857		

Gambar 2. Penerapan ECRS pada Lini Perakitan Stator 4

BEFORE IMPROVEMENT		
Stasiun 8 (Insulation Tube)		
No	Elemen Kerja	Waktu Proses
1	Mengambil 2 insulation tube	0.649
2	Memasukkan 2 insulation tube ke bagian lead wire merah dan putih	1.980
3	Merapikan lead wire dan thermal protector	1.678
4	Mengambil cable tie	0.610
5	Mengikat lead wire dan thermal protector dengan cable tie	2.023
6	Mengambil benang	0.297
7	Mengikat lead wire dan thermal protector dengan benang	3.999
8	Menggantung benang dan cable tie serta membuang sisa pengguntingan	0.642
Total Waktu Siklus :		11.877

AFTER IMPROVEMENT		
Stasiun -		
No	Elemen Kerja	Waktu Proses
Penghilangan Stasiun Kerja		

BEFORE IMPROVEMENT		
Stasiun 9 (Binding-Forming 2)		
No	Elemen Kerja	Waktu Proses
1	Mengikat thermal protector 1	3.6772
2	Menggantung sisa benang	0.3687
3	Membuang sisa benang	0.198
4	Mengikat thermal protector 2	3.7662
5	Menggantung sisa benang	0.2187
6	Membuang sisa benang	0.1985
7	Meletakkan stator ke mesin	0.5937
8	Menekan double switch	0.188
9	Meletakkan stator ke conveyor dan memeriksa stator	1.3308
Total Waktu Siklus :		10.54

AFTER IMPROVEMENT		
Stasiun 8 (Binding-Forming 2)		
No	Elemen Kerja	Waktu Proses
1	Mengikat lead wire dan thermal protector dengan benang	3.999
2	Menggantung benang dan cable tie serta membuang sisa pengguntingan	0.642
3	Mengikat thermal protector 1	3.677
4	Menggantung sisa benang	0.369
5	Membuang sisa benang	0.198
6	Mengikat thermal protector 2	3.766
7	Menggantung sisa benang	0.219
8	Membuang sisa benang	0.199
9	Meletakkan stator ke mesin	0.594
10	Menekan double switch	0.188
11	Meletakkan stator ke conveyor dan memeriksa stator	1.331
Total Waktu Siklus :		15.180

Gambar 2. Penerapan ECRS pada Lini Perakitan Stator 4 (lanjutan)

BEFORE IMPROVEMENT		
Stasiun 10 (Inspection)		
No	Elemen Kerja	Waktu Proses
1	Meletakkan stator ke mesin dan membuang selaput kabel	4.759
2	Menyambungkan kabel	4.176
3	Menutup cover mesin	0.713
4	Menunggu (melakukan proses pada mesin lain)	12.262
5	Membuka cover mesin	0.610
6	Memeriksa dan meletakkan stator ke rak vanish	2.005
Total Waktu Siklus :		12.262

AFTER IMPROVEMENT		
Stasiun 9 (Inspection)		
No	Elemen Kerja	Waktu Proses
1	Meletakkan stator ke mesin dan membuang selaput kabel	4.759
2	Menyambungkan kabel	4.176
3	Menutup cover mesin	0.713
4	Membuka cover mesin	0.610
5	Memeriksa dan meletakkan stator ke rak vanish	2.005
Total Waktu Siklus :		12.262

Keterangan :

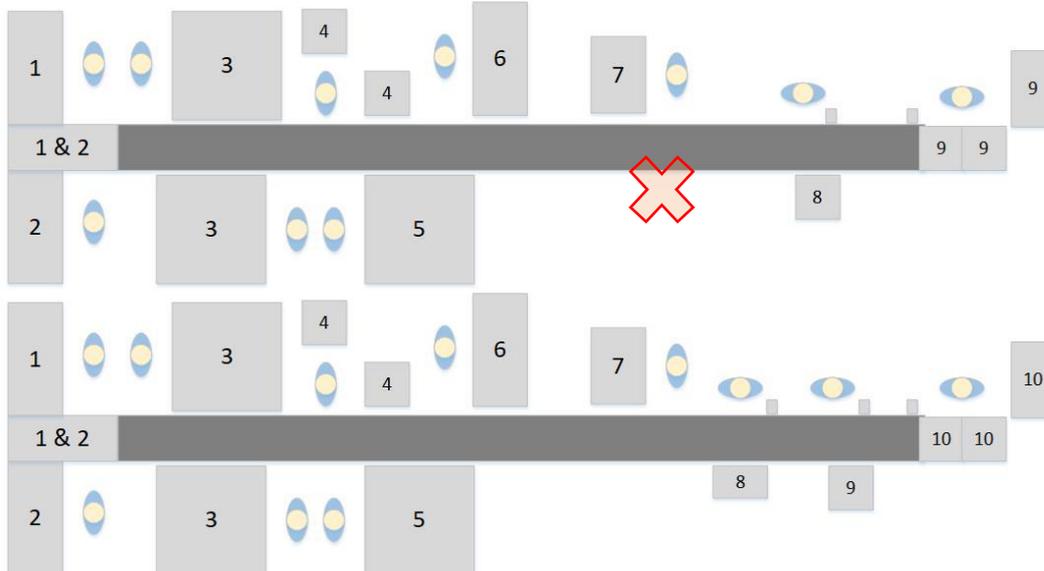
- : Eliminate
- : Combine
- : Re-Arrange
- : Simplify

Gambar 2. Penerapan ECRS pada Lini Perakitan Stator 4 (lanjutan)

Berdasarkan Gambar 2, ditunjukkan perubahan elemen kerja yang terlibat dalam proses produksi. Perubahan ini terjadi sebagai upaya perbaikan menggunakan *ECRS based line balancing*.

3.3 Perubahan Layout Lini Perakitan Stator 4

Pada sub bab ini disajikan perubahan *layout* lini Perakitan Stator 4. *Layout* awal dan *layout* usulan perbaikan lini Perakitan Stator 4 ditunjukkan pada Gambar 3.



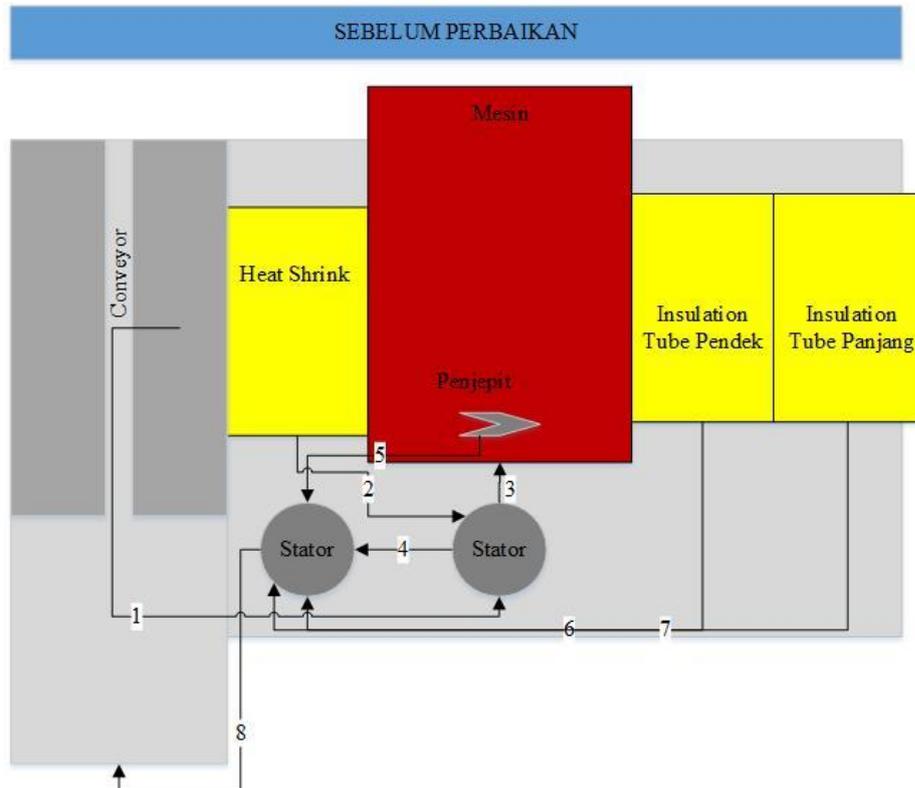
Gambar 3. Perubahan Layout Lini Perakitan Stator 4

Berdasarkan Gambar 3, ditunjukkan bahwa terdapat pengurangan jumlah stasiun kerja. *Layout* awal lini Perakitan Stator 4 terdiri dari 10 stasiun kerja yang meliputi *Main Coil Winding*, *Sub Coil Winding*, *Coil Insert*, *Forming 1*, *Lacing*, *Caulking-Dipping*, *Heating Air Dryer*, *Insulation Tube*, *Binding-Forming 2*, dan *Inspection*. Setelah dilakukan perubahan dengan metode ECRS dan konsep keseimbangan lini, maka dapat dilakukan penghilangan stasiun kerja 8 (*Insulation Tube*). Akibat hilangnya stasiun 8 (*Insulation Tube*) maka *layout* baru lini Perakitan Stator 4 hanya memuat 9 stasiun yang meliputi *Main Coil Winding*, *Sub Coil Winding*, *Coil Insert*, *Forming 1*, *Lacing*, *Caulking-Dipping*, *Heating Air Dryer*, *Binding-Forming 2*, dan *Inspection*. Operator pada stasiun *Heating Air Dryer* dan *Binding-Forming 2* tetap menggunakan orang yang

sama meskipun terjadi penambahan elemen kerja. Sedangkan operator pada stasiun 8 (*Insulation Tube*) dikeluarkan karena stasiun tersebut dihilangkan.

3.4 Perubahan Layout Stasiun Kerja 7

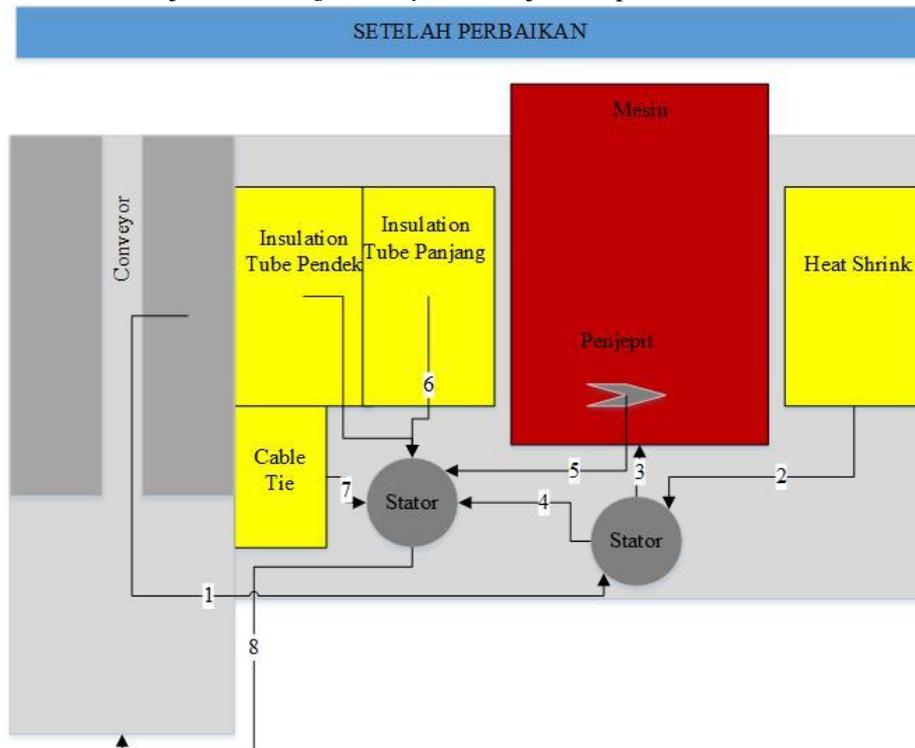
Pada sub bab ini disajikan perubahan *layout* stasiun kerja 7. Perubahan *layout* stasiun kerja 7 terjadi akibat penghilangan stasiun 8 (*Insulation Tube*) sehingga pengikatan *lead wire* dan *thermal protector* dengan *cable tie* dilakukan pada stasiun 7 (*Heating Air Dryer*). *Layout* awal stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*) ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Layout Awal Stasiun Kerja 7

Berdasarkan Gambar 4, diketahui 4 objek utama yang diletakkan di meja yaitu *pallet heat shrink*, mesin, penjepit, dan *pallet insulation tube*. Meja tersebut diletakkan tepat di samping *conveyor*. *Layout* awal stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*) tidak efektif karena jarak *pallet insulation tube* yang jauh.

Layout usulan stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*) ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Layout Usulan Perbaikan Stasiun Kerja 7

Berdasarkan Gambar 5, ditunjukkan perubahan dengan menukar posisi *pallet insulation tube* dengan *pallet heat shrink* untuk memperpendek jarak perpindahan. Selain perubahan tersebut, dilakukan penambahan *pallet cable tie*. Akibat penambahan *pallet*, dilakukan perubahan ukuran meja yang semula berukuran 70 x 50 cm menjadi 80 x 50 cm. Perubahan ini dapat dilakukan karena terdapat beberapa meja yang dapat ditukar fungsinya. Seperti meja yang digunakan untuk meletakkan *part reject* dapat ditukar dengan meja perakitan lini *Stator Assembly 4*. Penggunaan meja berukuran 80 x 50 cm telah diterapkan pada beberapa lini lain untuk stasiun *Heating Air Dryer*.

3.5 Perhitungan Waktu Siklus Menggunakan MTM-1

Pada sub bab ini disajikan perhitungan waktu siklus menggunakan *Methods Time Measurement-1*.

Setelah dilakukan perbaikan *layout* pada stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*) maka diperlukan perhitungan waktu kerja yang baru. Pada penelitian ini, digunakan metode pengukuran waktu kerja tidak langsung yaitu *Method Time Measurement-1*.

Perubahan *layout* yang dilakukan adalah penukaran posisi *pallet insulation tube dan heat shrink*. Selain itu, terdapat penambahan *pallet cable tie*. Akibat dari perubahan *layout* stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*) maka beberapa elemen kerja mengalami perubahan waktu proses. Elemen kerja yang mengalami perubahan waktu proses meliputi elemen kerja 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 16, dan 18 dengan hasil perhitungan waktu menggunakan MTM-1 secara berurutan meliputi 1,132 detik, 0,706 detik, 0,187 detik, 0,415 detik, 0,630 detik, 0,392 detik, 1,177 detik, 0,677 detik, 0,677 detik, 0,826 detik. Elemen-elemen kerja tersebut memiliki waktu proses yang berbeda karena jarak perpindahan obyek mengalami perubahan. Dalam menentukan kode-kode MTM-1 yang tepat, dilakukan pengukuran jarak melalui observasi langsung dan penimbangan massa stator.

Hasil perhitungan waktu proses baru pada stasiun kerja 7 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Methods Time Measurement-1* pada Stasiun 7

Methods Time Measurement -1 Setelah Perbaikan untuk Stasiun 7					
No Proses	Code	TMU	TMU	Code	Waktu Proses (detik)
1	R14A	10.5	0	-	
	M16Bm3.48	18.948	0	-	
	RL1	2	0	-	
Total TMU Elemen Kerja 1 :		31.448		x 0.036	1.132
2	G5	0	6.4	R4B	
	G5	0	3.5	G1B	
	G5	0	9.7	M7B	
Total TMU Elemen Kerja 2 :		19.6		x 0.036	0.706
3	Waktu Proses :				0.800
4	Waktu Proses :				0.355
5	G5	0	5.2	M2C	
Total TMU Elemen Kerja 5 :		5.2		x 0.036	0.187
6	M4Bm3.48	9.514	0	-	
	RL1	2	0	-	
Total TMU Elemen Kerja 6 :		11.514		x 0.036	0.415
7	G5	0	8.6	R6B	
	G5	0	8.9	M6B	
Total TMU Elemen Kerja 7 :		17.5		x 0.036	0.630
8	Waktu Proses :				1.694
9	-	0	8.9	M6B	
	-	0	2	RL1	
Total TMU Elemen Kerja 9 :		10.9		x 0.036	0.392

Tabel 2. *Methods Time Measurement-1* pada Stasiun 7 (Lanjutan)

No Proses	Code	TMU	TMU	Code	Waktu Proses (detik)
10	G5	0	10.8	R7D	
	G5	0	3.5	G1B	
	G5	0	6.9	M4B	
	G5	0	3.5	G1B	
	G5	0	8	M5B	
Total TMU Elemen Kerja 10 :		32.7		x 0.036	1.177
11	Waktu Proses :				0.763
12	Waktu Proses :				0.746
13	G5	0	8.4	R4D	
	G5	0	3.5	G1B	
	G5	0	6.9	M4B	
Total TMU Elemen Kerja 13 :		18.8		x 0.036	0.677
14	Waktu Proses :				1.980
15	Waktu Proses :				1.678
16	G5	0	8.4	R4D	
	G5	0	3.5	G1B	
	G5	0	6.9	M4B	
Total TMU Elemen Kerja 16 :		18.8		x 0.036	0.677
17	Waktu Proses :				2.023
18	G1A	2	0	-	
	M16Bm3.48	18.948	0	-	
	RL1	2	0	-	
Total TMU Elemen Kerja 18 :		22.948		x 0.036	0.826

Berdasarkan Tabel 2, ditunjukkan bahwa beberapa proses mengalami perubahan waktu proses. Proses yang memerlukan perhitungan TMU merupakan proses yang mengalami perubahan waktu proses, berlaku sebaliknya. Kode bagian kiri tabel merupakan kode untuk gerakan yang dilakukan oleh tangan kiri. Sedangkan kode bagian kanan tabel merupakan kode untuk gerakan yang dilakukan oleh tangan kanan. Kode-kode tersebut dibuat berdasarkan tabel MTM-1.

3.6 Perhitungan Efisiensi Lini Setelah Perbaikan

Pada sub bab ini disajikan perhitungan efisiensi lini setelah perbaikan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbaikan proses produksi terhadap efisiensi lini Perakitan Stator 4.

Contoh perhitungan *actual tact time* pada lini Perakitan Stator 4 :

$$A_{tt} = C_{Tmax}$$

$$A_{tt} = 17,511 \text{ detik.}$$

Contoh perhitungan efisiensi stasiun kerja 8 (*Binding-Forming 2*) :

$$S_e = \frac{T_B}{C_{Tmax}} \times 100\%$$

$$S_e = \frac{15,18}{17,511} \times 100\%$$

$$S_e = 86,69\%$$

Contoh perhitungan efisiensi lini Perakitan Stator 4 :

$$L_e = \frac{\sum_{i=1}^k T_i}{K \times C_{Tmax}} \times 100\%$$

$$L_e = \frac{127,794}{9 \times 17,511} \times 100\%$$

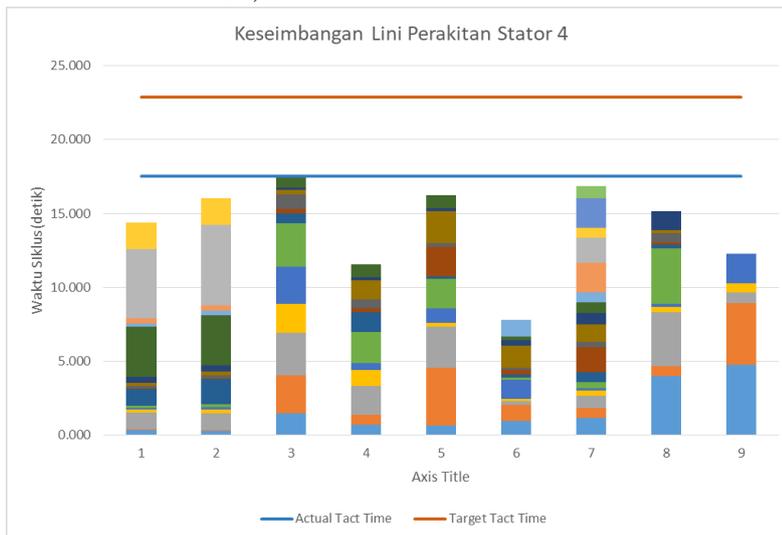
$$L_e = 81,09\%$$

Hasil perhitungan *actual tact time*, efisiensi setiap stasiun kerja, dan efisiensi lini Perakitan Stator 4 setelah perbaikan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Efisiensi Lini Setelah Perbaikan

Nama Lini : Perakitan Stator 4						Model : JX 129 AL					
Stasiun Kerja :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	
<i>Actual Tact Time</i>	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	17.511	157.603
<i>Target Tact Time</i>	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	229
Waktu Siklus per Elemen Kerja (detik)	1	0.310	0.303	1.484	0.694	0.631	0.927	1.132	3.999	4.759	
	2	0.065	0.055	2.557	0.687	3.947	1.115	0.706	0.642	4.176	
	3	1.133	1.113	2.888	1.942	2.775	0.249	0.800	3.677	0.713	
	4	0.236	0.277	1.924	1.101	0.222	0.174	0.355	0.369	0.610	
	5	0.067	0.112	2.560	0.440	1.013	1.252	0.187	0.198	2.005	
	6	0.153	0.200	2.929	2.133	1.970	0.183	0.415	3.766		
	7	1.149	1.705	0.685	1.306	0.196	0.167	0.630	0.219		
	8	0.065	0.058	0.285	0.271	1.971	0.339	1.694	0.199		
	9	0.135	0.224	0.988	0.616	0.290	0.168	0.392	0.594		
	10	0.222	0.270	0.307	1.267	2.139	1.476	1.177	0.188		
	11	0.403	0.402	0.170	0.230	0.185	0.333	0.763	1.331		
	12	3.414	3.408	0.735	0.873	0.880	0.258	0.746			
	13	0.184	0.293				1.154	0.677			
	14	0.363	0.379					1.980			
	15	4.696	5.408					1.678			
	16	1.779	1.831					0.677			
	17							2.023			
	18							0.826			
Total Waktu Siklus :	14.372	16.038	17.511	11.561	16.219	7.795	16.857	15.180	12.262	127.794	
Nama Stasiun :	<i>Main Coil Winding</i>	<i>Sub Coil Winding</i>	<i>Coil Insert</i>	<i>Forming 1</i>	<i>Lacing</i>	<i>Caulking-Dipping</i>	<i>Heating Air Dryer</i>	<i>Binding-Forming 2</i>	<i>Inspection</i>		
Efisiensi Lini :	82.07%	91.58%	100.00%	66.02%	92.62%	44.51%	96.26%	86.69%	70.02%	81.09%	

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa *actual tact time* sebesar 17,511 detik, nilai efisiensi stasiun kerja yang variatif, serta efisiensi lini sebesar 81,09%.



Tingkat keseimbangan lini Perakitan Stator 4 setelah perbaikan diperjelas pada Gambar 6.

Gambar 6. Grafik Keseimbangan Lini Perakitan Stator 4 Setelah Perbaikan

Berdasarkan Gambar 6, ditunjukkan kondisi keseimbangan lini Perakitan Stator 4 setelah dilakukan perbaikan menjadi lebih seimbang.

4. Simpulan

Berdasarkan tahapan perbaikan proses produksi yang telah dilakukan maka usulan perbaikan meliputi perbaikan metode kerja menggunakan *ECRS based line balancing* pada stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*) sampai dengan stasiun terakhir dan berkurangnya tenaga kerja akibat penghilangan stasiun kerja 8 (*Insulation Tube*). Perbaikan tersebut menyebabkan perubahan pada *layout* lini Perakitan Stator 4 dan *layout* stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*). Dampak dari perbaikan tersebut adalah peningkatan efisiensi lini Perakitan Stator 4. Nilai efisiensi lini sebelum perbaikan sebesar 74,72 % sedangkan nilai efisiensi lini setelah perbaikan sebesar 81,09 %. Namun pada penelitian ini pertimbangan kecepatan *conveyor* dari stasiun awal ke stasiun tujuan belum dipertimbangkan dan penerapan *ECRS based line balancing* terbatas pada stasiun kerja 7 (*Heating Air Dryer*) sampai dengan stasiun kerja *Inspection*. Sehingga pada penelitian berikutnya dapat mempertimbangkan faktor kecepatan *conveyor* dalam perancangan *layout* lini perakitan serta melibatkan

keseluruhan stasiun kerja dalam perbaikan proses produksi. Selain itu, penerapan otomasi dapat dilakukan pada penelitian ke depan sebagai upaya perbaikan proses produksi. Hal ini dikarenakan faktor pemesinan merupakan salah satu elemen penentu kualitas proses produksi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada PT. XYZ yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- Amran, T.G. dan Wibowo, N.C. (2018). Perbaikan Proses Produksi Sistem Pengereman Kendaraan Bermotor dengan Metode ECRS-Base Line Balancing. *Prosiding Seminar Nasional Pakar*, hal. 193-204. (Surakarta, 24 Maret 2019).
- Andriani, D.P. (2017). Penentuan Waktu dan Output Baku Pada Proses Produksi Tube Lamp dengan Methods Time Measurement, Vol. 21, No. 3, [online] <https://www.neliti.com/id/publications/197007/penentuan-waktu-dan-output-baku-pada-proses-produksi-tube-lamp-dengan-methods-ti> (Diakses 24 Maret 2019).
- Gaspersz, V. (2004). *Operation Planning And Inventory Control*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Marfuah, U., dan Alfiat, C.N. (2014). Analisis Kebutuhan Man Power dan Line Balancing Jalur Supply Body 3 D01N PT. Astra Daihatsu Motor Karawang Assembly Plant (KAP), Vol. 1, No. 1, [online] <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi/article/view/925> (Diakses 24 Maret 2019).
- Nabi, F., Mahmud, R., Islam, M. Md. (2015). Improving Sewing Section Efficiency through Utilization of Worker Capacity by Time Study Technique, Vol. 4, No. 1, [online] <http://article.sapub.org/10.5923.j.textile.20150401.01.html> (Diakses 8 Mei 2019).
- Ongkunaruk, P. dan Wongsatit, W. (2014). An ECRS-based line balancing concept: a case study of a frozen chicken producer, Vol. 20, No. 5, [online] <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BPMJ-05-2013-0063/full/html> (Diakses 24 Maret 2019).
- Suhardi, B., Anisa, N., Laksono, P.W. (2019). Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle in Indonesian furniture industry, [online] https://www.researchgate.net/publication/330348401_Minimizing_waste_using_lean_manufacturing_and_ECRS_principle_in_Indonesian_furniture_industry (Diakses 22 Juli 2019).