

Evaluasi Efisiensi Proses Produksi pada Lintasan Original Equipment Manufacturing 1,2 di PT. XYZ

Theofilus Calvin Sudjoko¹, I Nyoman Sutapa²

Abstract: This research aim to improve the efficiency of the production proses on the OEM 1,2 line at PT. XYZ. This research conducted because of the large idle time and low efficiency found on the OEM 1,2 line. The method used to solve this problem is using line balancing method. The unit used as a measurement is Coil-Air Cooler Z0123348 (FRONIUS). The first step of the research is to take the cycle time from the production process of Coil-Air Cooler Z0123348. The next step is to determine the performance rating and allowance of the operator to get the standard time. The standard time is used as data processing to get the initial condition of the line and the improvements that will be given. The results of the design improvement show that the second improvement is the optimum solution. The calculation results show that with the second improvement, the idle time can decrease by 75.22% and the line efficiency increases by 22.86% with worker costs / unit Rp. 8.514, -.

Keywords: Time Study, Stopwatch Time Study, Line Balancing, Introduction to Industrial Engineering and Management

Pendahuluan

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi *heat exchanger*. Perusahaan ini merupakan perusahaan global yang mempunyai kewajiban untuk memenuhi permintaan pasar di kawasan asia. Perusahaan memiliki strategi pemenuhan permintaan *make to order* dengan variasi produk yang besar. Perusahaan mempunyai beberapa line produksi untuk membedakan jenis unit yang diproduksi. Line produksi yang ada saat ini yaitu Sheet Metal, Commercial, OEM 1,2, Japan dan CU. Line produksi dengan jumlah *quantity* terbesar terdapat pada line OEM (Original Equipment Manufacturing) 1,2. Hal ini mengharuskan perusahaan untuk dapat membuat line OEM 1,2 berjalan dengan efektif dan efisien. Urutan Proses produksi pada line OEM 1,2 meliputi *Coil Assembly, Vertical Expand, Final Assembly, Brazing Preparation, Brazing U-bend dan Header, Leak Test, Washing, Blowing, Drying, Inspection dan Packing*. Masalah yang terdapat pada line OEM 1,2 saat ini yaitu masih besarnya *waste time* yang terjadi pada proses produksi.

Waste tersebut meliputi *idle time* dan *bottleneck*. Hal ini yang menyebabkan lintasan produksi kurang efisien, sehingga akan berpengaruh terhadap output produksi. Tujuan dilakukannya perancangan perbaikan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi lintasan pada line OEM 1,2.

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas mengenai metode metode yang digunakan untuk membantu memberikan rancangan perbaikan terhadap permasalahan yang ada.

Pengukuran Waktu Kerja

Time study (pengukuran waktu) atau yang biasa disebut dengan *work measurement* (pengukuran kerja) merupakan teknik untuk menetapkan waktu standar yang dibutuhkan oleh pekerja untuk melakukan tugas yang diberikan. Penetapan diberikan berdasarkan pengukuran isi pekerjaan dari metode yang telah ditentukan dan dengan mempertimbangkan kelonggaran karena kelelahan, kebutuhan pribadi, dan *delay* yang tidak dapat dihindari. Pengukuran waktu kerja dengan menggunakan metode pengukuran langsung dapat menggunakan beberapa teknik, diantaranya adalah *a stopwatch time study, computerized data collection, standard data, fundamental motion data, work sampling, and estimates based on data* [1].

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: calvintheofilus@gmail.com, mantapa@petra.ac.id

Stopwatch Time Study

Stopwatch time study diperkenalkan pertama kali oleh Frederick W. Taylor. Metode ini sangat baik diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (repetitive). Hasil dari pengukuran akan diperoleh waktu baku yang dapat digunakan untuk menyelesaikan siklus pekerjaan, dimana waktu ini digunakan untuk standard penyelesaian pekerjaan bagi semua pekerja. Secara garis besar langkah-langkah untuk melakukan pengukuran waktu kerja dengan jam henti ini dapat diuraikan sebagai berikut [2].

- a) Definisi pekerjaan yang akan diteliti untuk diukur waktunya dan beritahukan maksud dan tujuan dari pengukuran.
- b) Catat semua informasi yang berkaitan erat dengan penyelesaian pekerjaan seperti layout, karakteristik, mesin atau peralatan kerja yang digunakan.
- c) Bagi operasi kerja dalam elemen-elemen kerja sedetail-detailnya.
- d) Amati, ukur dan catat waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan elemen-elemen kerja tersebut.
- e) Tetapkan jumlah siklus kerja yang harus diukur dan dicatat. Teliti apakah jumlah siklus kerja yang dilaksanakan ini sudah memenuhi syarat atau tidak. Lalu test keseragaman dan kecukupan data yang diperoleh.
- f) Tetapkan rate of performance dari operator saat melaksanakan aktivitas kerja yang diukur. Rate of performance ditetapkan untuk setiap elemen kerja yang ada. Untuk elemen kerja yang dilakukan secara penuh oleh mesin maka performance dianggap normal (100%).
- g) Sesuaikan waktu pengamatan berdasarkan performance yang ditunjukkan oleh operator tersebut, sehingga akhirnya akan diperoleh waktu kerja normal.
- h) Tetapkan waktu longgar (*allowance time*) yang akan digunakan untuk menghadapi kondisi seperti kebutuhan pribadi, faktor kelelahan, keterlambatan material dan lain-lainnya.
- i) Tetapkan waktu kerja baku atau *standard time*.

Ada beberapa rumus yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Berikut adalah beberapa rumus yang digunakan:

- a) Uji kecukupan data, berguna untuk menetapkan berapa jumlah observasi yang seharusnya dibuat (N'), oleh karena itu harus diputuskan terlebih dahulu berapa tingkat kepercayaan (*confidence level*) dan derajat ketelitian (*degree of accuracy*) untuk pengukuran kerja ini. Aktivitas pengukuran biasanya akan diambil 95% confidence level dan 5% degree of accuracy. Data dikatakan sudah cukup jika uji kecukupan data (N') lebih besar dari pada data yang telah diambil (N). Formula yang dapat digunakan untuk menghitung uji kecukupan data adalah sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{k}{s} \sqrt{N \times \sum x^2 - (\sum x)^2} \right)^2$$

Dimana :

- k = Tingkat Kepercayaan
- s = Tingkat Ketelitian
- x = Data yang didapat dari pengamatan
- N = Jumlah data yang telah didapat
- N' = Jumlah data yang diperlukan

- b) Waktu Siklus, merupakan hasil rata-rata dari total waktu hasil pengamatan yang telah diambil menggunakan stopwatch. Rumus dari perhitungan waktu siklus adalah sebagai berikut:

$$Ws = \frac{\sum_i^n Xi}{n}$$

Dimana :

- Ws = Waktu Siklus
- Xi = Data ke-i
- N = Jumlah Data

- c) Waktu Normal, merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan tertentu dengan mempertimbangkan performance ratingnya. Waktu normal suatu elemen kerja hanya menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan atau tempo yang normal [2]. Rumus dari perhitungan waktu normal yaitu:

$$Wn = Ws \times p$$

Dimana :

- Wn = Waktu Normal
- Ws = Waktu Siklus
- P = Performance Rating

Penilaian *performance rating* didasarkan pada empat aspek, yaitu *skill*, *effort*, *conditions* dan *consistency*. Menentukan nilai performance rating dari operator dapat menggunakan Westing House System's Rating. Tabel Westing house dapat dilihat pada Gambar 1.

Westinghouse System Skill Ratings		
+0.15	A1	Superskill
+0.13	A2	Superskill
+0.11	B1	Excellent
+0.08	B2	Excellent
+0.06	C1	Good
+0.03	C2	Good
0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair
-0.10	E2	Fair
-0.16	F1	Poor
-0.22	F2	Poor
Westinghouse System Effort Ratings		
+0.13	A1	Excessive
+0.12	A2	Excessive
+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2	Excellent
+0.05	C1	Good
+0.02	C2	Good
0.00	D	Average
-0.04	E1	Fair
-0.08	E2	Fair
-0.12	F1	Poor
-0.17	F2	Poor
Westinghouse System Condition Ratings		
+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excellent
+0.02	C	Good
0.00	D	Average
-0.03	E	Fair
-0.07	F	Poor
Westinghouse System Consistency Ratings		
+0.04	A	Perfect
+0.03	B	Excellent
+0.01	C	Good
0.00	D	Average
-0.02	E	Fair
-0.04	F	Poor

Gambar 1. Westinghouse System's Ratings

Penilaian *performance ratings* dapat mengacu pada Gambar 1. Tujuan *performance rating* sendiri berguna untuk menormalkan waktu kerja yang diperoleh dari pengukuran kerja akibat tempo atau kecepatan kerja operator yang berubah-ubah.

- d) Waktu baku, merupakan waktu normal kerja yang telah disesuaikan dengan kelonggaran. Waktu baku dapat dihitung dengan rumus :

$$Wb = Wn \times \left(\frac{100\%}{100\% - \%allowance} \right)$$

Dimana:

Wb = Waktu Baku

Wn = Waktu Normal

Allowance = Faktor Kelonggaran

Allowance adalah waktu longgar yang diberikan kepada operator dalam melakukan pekerjaan. Kelonggaran diberikan untuk tiga hal utama yaitu, kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa lelah, dan hambatan-hambatan yang tidak

bisa dihindarkan. Ketiganya merupakan hal-hal yang secara nyata dibutuhkan oleh pekerja. Oleh karena itu, sesuai pengukuran dan setelah mendapatkan waktu normal, nilai kelonggaran perlu ditambahkan [3].

Line Balancing

Salah satu aplikasi untuk memanfaatkan waktu standard yaitu untuk menyeimbangkan lintasan produksi. Proses keseimbangan lintasan pada dasarnya merupakan satu hal yang tidak pernah mencapai kesempurnaan [2]. Kriteria umum keseimbangan lintasan produksi adalah memaksimalkan efisiensi atau meminimumkan balance delay. Tujuan utama dari penggunaan metode ini yaitu untuk mengurangi atau meminimumkan *idle time* pada lintasan dengan operasi yang paling lambat. Perencanaan keseimbangan lintasan dilakukan dengan mendistribusikan unit-unit kerja pada setiap stasiun kerja agar *idle time* dari stasiun kerja dapat ditekan seminimal mungkin, sehingga pemanfaatan dari peralatan maupun operator dapat maksimal [4]. Sebelum membahas mengenai operasional dari metode line balancing, harus dipahami terlebih dahulu istilah-istilah yang lazim digunakan. Istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut [4].

- a) *Precedence Diagram*, merupakan gambaran secara grafis dari proses operasi kerja secara urut. Tujuan dibuat *precedence diagram* yaitu untuk memudahkan pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait di dalamnya
- b) *Idle time*, merupakan waktu operator atau pekerja menunggu untuk melakukan proses kerja yang akan dikerjakan. Berikut adalah rumus perhitungan *Idle time*:

$$Idle\ Time = n \times Ws - \sum_{i=1}^n Wi$$

Dimana :

N = Jumlah stasiun kerja

Ws = Waktu stasiun kerja terbesar

Wi = Waktu sebenarnya pada stasiun kerja (i = 1,2,3,...,n)

- c) *Balance Delay*, yang sering disebut juga *balancing loss*, merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan. Hal ini disebabkan dari waktu mengganggu karena pengalokasian yang kurang sempurna diantara stasiun-stasiun kerja. *Balance delay* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BD = 100\% - LE$$

Dimana :

BD = *Balance Delay*

LE = *Line Efficiency*

- d) *Line efficiency* adalah rasio dari total waktu pada stasiun kerja dibagi dengan waktu siklus, lalu dikalikan dengan jumlah stasiun kerja. *Line efficiency* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Line\ Efficiency = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K) \times (CT)}$$

Dimana :

ST_i = Waktu stasiun kerja dari ke-i

K = Jumlah stasiun kerja

CT = Waktu siklus

Hasil dan Pembahasan

Perancangan perbaikan yang diberikan hanya dilakukan pada Lintasan OEM 1,2 . Unit yang digunakan sebagai sampel yaitu adalah Coil-Air Cooler Z0123348. Hasil dari perbaikan akan dibandingkan berdasarkan 3 kategori, yaitu *idle time*, *line efficiency* dan biaya pekerja.

Stasiun Produksi

Dibutuhkan beberapa tahap untuk membuat satu unit Coil-Air Cooler Z0123348. Proses produksi akan melalui 9 stasiun kerja yang dibagi menjadi 11 *task* utama. Pembagian stasiun kerja dan *task* pada line OEM 1,2 adalah sebagai berikut :

- a) Stasiun *Coil Assembly*, memiliki 2 *task* utama, yang pertama adalah *Coil Assembly* dan dilanjutkan dengan proses *Vertical Expand*. *Coil Assembly* adalah proses penggabungan antara *fin* dengan *hairpin*, *strinblech ANS* dan *strinblech BGS*. Selanjutnya adalah proses *Vertical Expand*, dimana proses ini berguna untuk memperbesar diameter *hairpin* agar *press* dengan *fin*.
- b) Stasiun *Final Assembly*, memiliki *task* untuk melakukan *install* deckblech. Proses ini dilakukan setelah coil melalui proses *Vertical Expand*.

- c) Stasiun *Brazing*, dibagi menjadi 2 *task* utama, yaitu *Brazing Preparation* dan *Brazing*. *Brazing Preparation* memiliki tugas untuk melakukan brut (memperlebar permukaan *hairpin*) dan *install* u-bend. Sedangkan proses *Brazing* terdiri dari proses *brazing u-bend*, *install header* dan *brazing header*.
- d) Stasiun *Leak Test*, berguna untuk menguji coil yang telah melalui proses *brazing*. Proses ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada kebocoran dari coil, dengan cara diberikan tekanan angin dan dimasukkan kedalam bak air.
- e) Stasiun *Washing*, berguna untuk coil yang telah melalui proses *Brazing* dan telah lolos *Leak Test* kemudian akan dicuci. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan bekas oli yang terdapat pada coil dan membersihkan kotoran bekas *brazing* yang terdapat pada pipa/*hairpin*.
- f) Stasiun *Blowing*, mempunyai tugas untuk menyemprot/menghilangkan sisa air yang masih terdapat pada coil. Hal ini perlu dilakukan karena jika unit yang masuk ke mesin *drying* masih dalam keadaan basah, maka akan menimbulkan cacad *white rust*.
- g) Stasiun *Drying*, digunakan untuk proses pengeringan coil. Proses *Drying* dilakukan dengan menggunakan mesin otomatis dengan conveyor. Kecepatan conveyor pada mesin ini dipasang pada range 2,5 – 2,8 km/h.
- h) Stasiun *Inspection (Finishing)* mempunyai tugas untuk *finishing* unit. Proses *Inspection* sendiri meliputi merapikan *fin*, mengukur dimensi unit, memasang *synthetic cap* untuk *inlet* dan *outlet*.
- i) Stasiun *Packing* mempunyai tugas untuk melakukan *packaging* unit sesuai dengan permintaan customer.

Pengumpulan Data

Data yang diambil yaitu adalah waktu siklus dari setiap proses kerja untuk membuat unit Coil-Air Cooler Z0123348. Tabel 1 menunjukkan data hasil pengamatan yang telah dilakukan selama kurang lebih 3 bulan :

Tabel 1. Data Waktu Hasil Pengamatan

Waktu Ke -	Waktu Siklus (sec)								
	CA	VE	FA	BP	BRA	LT	WAS	BL	INS
1	126,0	14,5	17,0	72,0	165,0	72,0	238,0	271,0	121,0
2	106,0	11,5	21,0	64,0	136,0	75,0	253,0	257,0	131,0
3	113,0	12,5	18,0	62,0	159,0	52,0	186,0	276,0	146,0
4	104,0	12,0	18,0	62,0	152,0	56,0	233,0	292,0	117,0
5	81,0	13,5	24,0	59,0	195,0	49,0	245,0	251,0	91,0
6	110,0	15,5	23,0	66,0	169,0	63,0	231,0	259,0	127,0
7	81,0	19,5	22,0	57,0	166,0	54,0	264,0	274,0	145,0
8	129,0	14,0	17,0	58,0	167,0	68,0	212,0	294,0	105,0
9	100,0	17,5	21,0	57,0	157,0	48,0	227,0	275,0	118,0
10	93,0	19,0	21,0	57,0	158,0	72,0	245,0	301,0	148,0
11	130,0	15,5	17,0	63,0	161,0	74,0	300,0	240,0	103,0
12	96,0	15,0	18,0	76,0	163,0	57,0	300,0	240,0	138,0
13	101,0	19,0	24,0	65,0	153,0	50,0	240,0	240,0	94,0
14	92,0	16,0	24,0	74,0	165,0	67,0	240,0	300,0	134,0
15	105,0	14,0	16,0	63,0	145,0	67,0	240,0	300,0	127,0
16	83,0	14,5	17,0	64,0	170,0	61,0	271,0	257,0	94,0
17	121,0	15,0	16,0	70,0	148,0	56,0	235,0	293,0	94,0
18	135,0	11,0	21,0	67,0	151,0	58,0	251,0	251,0	131,0
19	114,0	13,5	20,0	68,0	134,0	57,0	262,0	303,0	117,0
20	99,0	13,5	17,0	74,0	142,0	53,0	220,0	321,0	104,0
21	134,0	12,0	20,0	59,0	173,0	61,0			135,0
22	106,0	14,0	21,0	59,0	193,0	66,0			143,0
23	104,0	16,5	18,0	60,0	171,0	67,0			139,0
24	94,0	15,5	22,0	68,0	174,0	73,0			118,0
25	107,0	15,5	21,0	66,0	206,0	63,0			137,0
26	93,0	13,5	19,0	69,0	166,0	64,0			122,0
27	119,0	16,5	15,0	65,0	187,0	59,0			138,0
28	111,0	11,0	15,0	66,0	172,0	55,0			139,0
29	110,0	12,5	17,0	66,0	167,0	77,0			110,0
30	81,0	15,5	19,0	65,0	187,0	79,0			148,0
31	113,0	12,5	20,0			65,0			137,0
32	105,0	13,5	24,0			58,0			112,0
33	107,0	15,5	17,0			73,0			131,0
34	98,0	16,5	18,0						116,0
35	128,0	15,5							118,0
36	121,0	13,5							123,0
37	117,0	14,5							122,0
38		13,5							139,0
39		16,5							

Tabel 1 menunjukkan data yang telah diambil. Data yang waktu yang diambil yaitu hanya 9 proses saja. Hal ini disebabkan karena proses *drying* merupakan proses otomatis tanpa operator, sedangkan proses packing memiliki waktu yang berbeda-beda mengikuti *request* dari pemesan. Kedua waktu proses diatas mengikuti waktu proses pada stasiun sebelumnya.

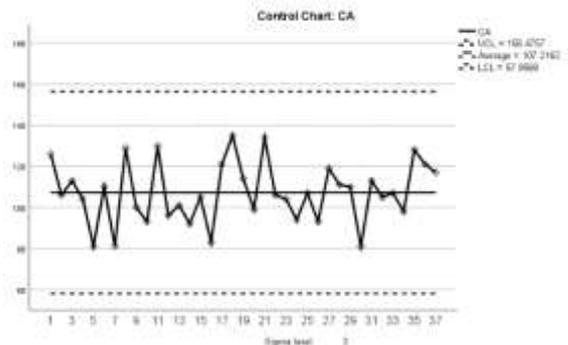
Pengolahan Data

Data waktu siklus yang telah didapat kemudian dilakukan pengujian keseragaman dan kecukupan data. Hal ini berguna untuk menentukan apakah data yang didapat telah

sesuai untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. Data waktu siklus yang telah memenuhi kedua syarat diatas dapat digunakan untuk menghitung waktu baku.

Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diambil berada didalam batas kendali. Uji keseragaman perlu dilakukan karena pada proses produksi terdapat varians waktu yang ada cukup besar. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal, pertama yaitu perbedaan material yang digunakan untuk merakit coil. Kedua yaitu kecenderungan operator dalam bekerja kurang konsisten, terutama saat mendekati waktu istirahat dan waktu pulang. Uji keseragaman dapat dilakukan dengan bantuan program SPSS. Hasil pengolahan menggunakan SPSS akan menampilkan *control chart* dari masing-masing proses. Data dikatakan seragam apabila seluruh sampel berada dalam range UCL (Upper Control Limit) dan LCL (Lower Control Limit) yang telah ditentukan. Salah satu hasil uji keseragaman dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Uji Keseragaman Data Coil Assembly

Gambar 2 menunjukkan hasil uji keseragaman dari waktu proses coil assembly. Seluruh data waktu proses pada coil assembly berada dalam range UCL dan LCL yang telah ditentukan, maka dapat disimpulkan bahwa data waktu proses coil assembly seragam. Hasil uji keseragaman untuk seluruh data waktu dari proses produksi unit Coil-Air Cooler Z0123348 telah lolos uji keseragaman.

Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dihitung setelah semua data waktu siklus telah memenuhi syarat keseragaman. Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui jumlah minimal data yang harus diambil, yang berguna untuk tingkat keakuratan data tersebut. Tingkat keyakinan yang digunakan yaitu sebesar 95% dengan

tingkat ketelitian yaitu 5%. Perhitungan kecukupan data dilakukan menggunakan persamaan 2.1. Berikut adalah salah satu perhitungan dari proses *coil assembly*:

$$n' = \left(\frac{k}{s} \sqrt{N \times \sum x^2 - (\sum x)^2} \right)^2$$

$$n' = \left(\frac{1,96}{0,05} \sqrt{(37 \times 433213) - 15737098} \right)^2$$

$$n' = 28.49188$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diketahui jumlah data yang diperlukan untuk proses *coil assembly* adalah 28.49 dibulatkan menjadi 29 data. Data waktu siklus aktual yang diambil yaitu berjumlah 37 data. Jumlah data yang telah diambil lebih besar dibandingkan jumlah data yang diperlukan, sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang diambil telah cukup. Pengujian kecukupan data juga dilakukan terhadap seluruh proses dari unit Coil-Air Cooler Z0123348 dan didapatkan bahwa seluruh data yang diambil telah mencukupi.

Waktu Normal dan Waktu Baku

Hasil perhitungan waktu normal dan waktu baku dari keseluruhan proses produksi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu Siklus, Waktu Normal dan Waktu Baku

Proses	Ws (s)	PR	Wn (s)	Allowance	Wb (s)
Coil Assembly	107,21	1,05	112,57	0,16	133,22
Vertical Expand	14,60	1,05	15,33	0,19	18,81
Final Assembly	19,35	1,06	20,51	0,19	25,17
Brazing Preparation	64,7	1,08	69,88	0,19	85,74
Brazing	165,06	1,11	183,22	0,23	237,94
Leak Test	62,69	1,06	66,45	0,19	81,54
Washing	34,95	1,09	38,10	0,21	47,92
Blowing	39,25	1,06	41,61	0,18	50,74
Inspeksi	123,59	1,06	131,01	0,23	170,14

Waktu baku yang telah didapatkan akan digunakan untuk pembuatan peta proses operasi dan *precedence diagram* yang berguna untuk menunjukkan langkah-langkahj proses produksi.

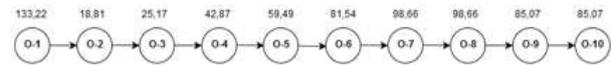
Keadaan Awal Lintasan OEM 1,2

Jumlah pekerja untuk memproduksi Coil-Air Cooler Z0123348 yang ada di lintasan OEM 1,2 saat ini adalah 15 orang untuk setiap *shift*. Pengalokasian pekerja pada masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Pekerja pada Masing-Masing Proses

Proses	Jumlah Pekerja	Waktu Stasiun	Range Waktu
Coil Assembly	1	133,22	0
Vertical Expand	1	18,81	114,41
Final Assembly	1	25,17	-6,36
Brazing Preparation	2	42,87	-17,7
Brazing Header & U-Bend	4	59,49	-16,62
Leak Test	1	81,54	-22,05
Washing	1	98,66	-17,12
Blowing			
Drying	0	98,66	0
Inspeksi	2	85,07	13,59
Packing	2	85,07	0
Total	15	-	

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa produksi unit Coil-Air Cooler Z0123348 melalui 11 proses. *Precedence diagram* dibuat untuk menggambarkan alur/urutan proses produksi Coil-Air Cooler Z0123348. *Precedence diagram* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. *Precedence diagram* Proses Produksi Coil-Air Cooler Z0123348

Precedence diagram diatas menunjukkan urutan proses produksi yang dapat digunakan sebagai analisa untuk mencari *waste*. *Waste* sendiri terdiri dari *waiting time* dan *bottleneck* pada rantai produksi. Beberapa *waste* yang paling signifikan dapat diketahui dari *precedence diagram* diatas adalah:

- a) O-1 ke O-2
Proses O-1 memiliki cycle time yang jauh lebih besar daripada proses O-2. Range waktu dari proses ini sebesar 114,41 detik. Hal ini tentu akan mengakibatkan *waiting time* pada operator O-2. Hal ini harus dihilangkan karena *waiting time* juga termasuk dalam *waste*, selain itu hal ini akan memperlambat output yang dihasilkan oleh line produksi.
- b) O-5 ke O-6
Proses O-5 memiliki cycle time yang lebih cepat dibandingkan proses O-6. Waktu proses ke-5 lebih cepat 22,05 detik daripada proses ke-6. Hal ini menyebabkan akan terjadinya penumpukan/*bottleneck* pada proses ke-6. Hal ini dapat menimbulkan idle time karena operator ke-5 akan berhenti jika terjadi penumpukan barang, serta operator ke-6 akan mengalami kelelahan karena terus melakukan aktivitasnya.

Setelah mengetahui pengalokasian jumlah operator, mengetahui waktu baku tiap proses, maka dapat dihitung *idle time*, *line efficiency* dan *balance delay* dari kondisi awal lintasan. Berikut adalah hasil perhitungan *idle time*, *line efficiency* dan *balance delay*.

- *Idle Time*

$$\begin{aligned} \text{Idle Time} &= (10 \times 133,22) - 728,54 \\ &= 603,66 \text{ detik} \end{aligned}$$

- *Line Efficiency*

$$\begin{aligned} \text{Line Efficiency} &= \frac{(133,22+18,81+\dots+85,07)}{10 \times (133,22)} \times 100\% \\ &= 54,69\% \end{aligned}$$

- *Balance Delay*

$$\begin{aligned} \text{Balance Delay} &= 100\% + 54,59\% \\ &= 45,31\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dari kondisi awal lintasan menunjukkan bahwa lintasan yang ada saat ini kurang efisien, dengan nilai hanya sebesar 54,69%. Perbedaan waktu antar *task* yang terlalu jauh juga menyebabkan adanya *idle time* sebesar 603,66 detik (10,06 menit). Perancangan perbaikan akan dilakukan untuk meningkatkan efisiensi lintasan dan mengurangi *idle time* dari proses produksi. Perancangan dilakukan dengan cara melakukan pembagian elemen-elemen kerja yang sesuai dengan kondisi lintasan produksi.

Analisis Perbaikan Lintasan Produksi OEM 1,2

Perancangan perbaikan dilakukan dengan cara mengatur pengalokasian operator pada tiap *task* dan mengatur pembagian stasiun kerja. Perancangan perbaikan dilakukan dengan memberikan 2 usulan. Usulan pertama yaitu dengan jumlah operator 15 orang, dimana jumlah ini sama dengan kondisi awal untuk membuat satu unit Coil-Air Cooler Z0123348. Usulan yang kedua yaitu dengan mengalokasikan 17 operator, dimana jumlah ini merupakan total *man power* yang ada di line produksi OEM 1,2.

Perancangan Perbaikan I

Rancangan perbaikan dilakukan dengan cara menyesuaikan *task* dari masing-masing stasiun, dimana akan diatur sehingga range waktu antar stasiun tidak berbeda jauh. Penentuan pengalokasian operator pada masing-masing stasiun kerja dibuat sesuai mungkin dengan keadaan lintasan produksi yang ada. Perbaikan pertama

yang dilakukan yaitu dengan jumlah 15 operator, jumlah ini sama seperti keadaan saat ini untuk mengerjakan unit Coil-Air Cooler Z0123348. Perbandingan kondisi awal lintasan dengan perbaikan pertama dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Kondisi Awal dengan Perbaikan I

Kondisi Awal Lintasan					Perbaikan I						
Stasiun	Proses	Wb	Operator	Wb'	Stasiun	Proses	Wb	Operator	Wb'		
1	CA	133,22	1	133,22	1	CA	133,22	2	66,61		
2	VA	18,81	1	18,81	2	VA + PA	18,81	1	43,98		
3	PA	25,17	1	25,17	3	PA	25,17	2	42,87		
4	BP	85,74	2	42,87	3	BP	85,74	2	42,87		
5	BRA	237,94	4	59,49	4	BRA	237,94	3	79,31		
6	LT	81,54	1	81,54	5	LT	81,54	2	40,77		
7	WASH- BLUW	47,92	1	98,66	6	WASH	47,92	1	47,92		
		50,74			7	BLUW	50,74	1	50,74		
8	DRY	98,66	0	98,66	8	DRY	50,74	0	50,74		
9	INS	170,14	2	85,07	9	INS	170,14	2	85,07		
10	PACK	170,14	2	85,07	10	PACK	170,14	1	85,07		
TOTAL				15	728,54	TOTAL				15	593,07

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat perbedaan antara desain elemen kerja dari line OEM 1,2 saat ini dengan perbaikan yang diberikan. Usulan perbaikan menunjukkan perbedaan waktu antar stasiun menjadi lebih kecil, hal ini berguna untuk mengurangi *idle time* (*waiting time*, *queue time*). Hal lainnya yang dapat dilihat yaitu total waktu produksi dari rancangan perbaikan memiliki total waktu yang lebih kecil, sehingga berguna untuk meningkatkan kapasitas produksi dari line OEM 1,2. Nilai *idle time*, *line efficiency* dan *balance delay* dihitung untuk menunjukkan apakah ada peningkatan dari rancangan perbaikan yang diberikan. Perbandingan nilai dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kondisi Awal dengan Perbaikan I

Kondisi Awal Lintasan		Perbaikan I		Peningkatan
Idle Time	603,66 sec	Idle Time	257,62 sec	57,82%
Line Efficiency	54,69%	Line Efficiency	69,72%	15,03%
Balance Delay	45,31%	Balance Delay	30,28%	

Tabel 5 menunjukkan perbandingan nilai antara kondisi awal dengan rancangan perbaikan I. Hasil dari perhitungan nilai *idle time*, *line efficiency* dan *balance delay* dari perbaikan I memiliki nilai yang lebih baik daripada kondisi awal. Nilai *idle time* dari stasiun dapat ditekan hingga berkurang sebesar 57,82% , nilai *idle time* ini termasuk waktu menunggu dari proses sebelumnya dan waktu menganggur karena unit menumpuk pada proses sesudahnya. Seiring dengan berkurangnya *idle time*, maka nilai efisiensi dari lintasan juga meningkat sebesar 15,03%.

Perancangan Perbaikan II

Rancangan perbaikan kedua dilakukan dengan mengalokasikan 17 operator kedalam masing-

masing stasiun kerja. Jumlah 17 dipakai karena sesuai dengan jumlah total *manpower* dalam lintasan OEM 1,2 saat ini. Dua operator tambahan didapatkan dari stasiun horizontal assembly, dimana saat stasiun ini sedang tidak mengerjakan order maka operator akan diarahkan untuk membantu stasiun lainnya. Perbandingan antara kondisi awal lintasan dengan perbaikan kedua dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini .

Tabel 6. Perbandingan Kondisi Awal dengan Perbaikan II

Kondisi Awal Lintasan					Perbaikan II				
Stasiun	Proses	Wb	Operator	Wb'	Stasiun	Proses	Wb	Operator	Wb'
1	CA	133,22	1	133,22	1	CA	133,22	2	66,61
2	VE	18,81	1	18,81	2	VE + FA	18,81	1	43,98
3	FA	25,17	1	25,17	3	BP	83,74	2	42,87
4	BP	83,74	2	42,87	4	BRA	237,94	4	59,49
5	BRA	237,94	4	59,49	5	LT	81,54	2	40,77
6	LT	81,54	1	81,54	6	WASH	47,92	1	47,92
7	WASH - SLOW	50,74	1	98,66	7	SLOW	50,74	1	50,74
8	DRY	98,66	0	98,66	8	DRY	50,74	0	50,74
9	INS	170,14	2	85,07	9	INS	170,14	3	56,71
10	PACK	170,14	2	85,07	10	PACK	170,14	1	56,71
TOTAL			15	728,54	TOTAL			17	516,53

Tabel 5 menunjukkan perbedaan antara kondisi awal line OEM 1,2 dengan perbaikan kedua yang diberikan. Perbaikan kedua menunjukkan range perbedaan waktu antar stasiun menjadi lebih kecil, hal ini berguna untuk mengurangi *idle time* (*waiting time, queue time*). Hal lainnya yang dapat dilihat yaitu total waktu produksi dari rancangan perbaikan memiliki total waktu yang lebih kecil, sehingga kapasitas produksi yang dimiliki juga akan meningkat. Perbandingan dari kondisi awal dengan perbaikan dibuat untuk mengetahui kondisi yang layak diterapkan oleh perusahaan untuk lintasan OEM 1,2. Hasil dari masing-masing kondisi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Metode yang Digunakan

Idle Time	Line Efficiency	Balance Delay	Kapasitas / Shift	Biaya Pekerja / Coil	
603,66 sec	54,69%	45,31%	162 unit	Rp 15.023	Kondisi Awal
257,62 sec	69,72%	30,28%	253 unit	Rp 9.620	Perbaikan I
149,57 sec	77,55%	22,45%	324 unit	Rp 8.514	Perbaikan II

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui metode terbaik yang dapat digunakan yaitu adalah rancangan perbaikan II. Rancangan perbaikan ini menunjukkan hasil yang lebih baik pada semua kategori.

Idle time, balance delay dan biaya pekerja per coil berkurang, sementara *line efficiency* dan kapasitas produksi meningkat.

Simpulan

Hasil dari pengamatan menunjukkan masih besarnya *idle time* yang menyebabkan lintasan OEM 1,2 kurang efisien. Langkah awal dilakukan dengan menghitung waktu siklus. Langkah kedua menetapkan *performance rating* dan *allowance* tiap operator untuk menghitung waktu baku dari proses produksi. Waktu baku yang telah didapat kemudian diolah sesuai dengan keadaan awal lintasan OEM 1,2, dimana didapatkan nilai efisiensi lintasan yang masih rendah dengan nilai 54,69%, serta *idle time* yang besar yaitu 603,66 detik. Hasil dari perancangan perbaikan memberikan dua solusi perbaikan. Dimana perancangan perbaikan kedua adalah solusi yang paling optimal. Hasil perhitungan *idle time* dari metode perbaikan kedua turun hingga 75,22% dan *line efficiency* meningkat sebesar 22,86% dibandingkan kondisi awal lintasan. Seiring dengan meningkatnya efisiensi dari lintasan, maka kapasitas produksi yang bisa dicapai juga akan meningkat. Hasil dari kapasitas digunakan untuk melakukan perbandingan biaya. Hasil perhitungan biaya menunjukkan bahwa dengan perbaikan kedua, biaya yang harus dibayarkan oleh perusahaan untuk tiap satu unit yaitu sebesar Rp. 8.514,-. Biaya ini lebih rendah daripada kondisi saat ini, dimana dari hasil perhitungan menunjukkan total biaya untuk tiap unit Coil-Air Cooler Z0123348 yaitu Rp 15.023,-.

Daftar Pustaka

1. Niebel, Benjamin W (1993). *Motion and Time Study*. United States of America: Richard D. Irwin, Inc.
2. Wignjosoebroto, Sritomo (2006). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya
3. Satalaksana, Iftikar Z., Anggawisastra, R. & Tjakraatmadja, John H. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: Penerbit ITB.
4. Baroto, Teguh. (2002). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.