

Perbaikan Keseimbangan Lintasan di Lini Produksi ECOSS Perusahaan *Heat Exchanger*

Ardityo Irawan¹

Abstract: PT XYZ is one of the company that produce heat exchanger in Indonesia. The Company developing a new production line for a new product, which is ECOSS product. The Company demanding an effective and efficient process of ECOSS production line design. The design analyse production line with line balancing method. Line balancing analysis purposed for balancing the production line, also increase the production output and minimalize labor cost. Line balancing done by optimizing amount of labor. The improvement design can increase production output and lower the labor cost. Production output per month increased by 101.4% and labor cost lowered to Rp 1,382,320/product from the initial labor cost Rp 1,988,614/product.

Keywords: Line Balancing, Amount of Labors, Production Output, Labor cost.

Pendahuluan

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan heat exchanger. PT XYZ pertama kali didirikan pada tahun 1995 di Pasuruan, Jawa Timur, dan mulai melakukan proses produksi pada tahun 1996. PT XYZ sendiri sudah melakukan beberapa standarisasi, yaitu ISO 9001:2008, ISO 14001:2008, dan OHSAS 18001:2007. Perusahaan ini juga menerapkan sistem 6S untuk seluruh departemen yang ada.

PT XYZ selalu melakukan perbaikan terus-menerus atau disebut juga sebagai continuous improvement. Perbaikan tersebut bertujuan untuk mengeliminasi segala macam waste yang ada di lingkungan perusahaan. Perusahaan ini memiliki beberapa lini produksi yaitu, OEM 1&2, Commercial, CU, SSCS, GEK, dan ECOSS. Lini produksi ECOSS merupakan lintasan produksi yang masih baru dan masih perlu dikembangkan.

Lini produksi ECOSS yang masih baru untuk sekarang ini memiliki proses-proses yang tidak seimbang, yang mana waktu untuk setiap proses berbeda secara signifikan dan dapat mengakibatkan bottleneck dari proses satu ke proses lainnya. Perusahaan menginginkan adanya suatu rancangan keseimbangan lintasan atau line balancing pada lintasan ini agar dapat menghasilkan output maksimal dan biaya tenaga kerja rendah.

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas metode-metode yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah pada usaha perbaikan ini.

Line Balancing

Purnomo [1] berpendapat *Line Balancing* merupakan sekelompok orang atau mesin yang melakukan tugas-tugas sekuensial dalam merakit suatu produk yang diberikan kepada masing-masing sumber daya secara seimbang dalam setiap lintasan produksi, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi di setiap stasiun kerja. Inti dari penggunaan metode *line balancing* adalah bagaimana mendesain lintasan produksi yang dapat membuat proses produksi berjalan efisien.

Langkah-langkah pemecahan masalah *line balancing* menurut Gaspersz [2] adalah mengidentifikasi aktivitas yang dilakukan, menentukan waktu untuk setiap aktivitas, dan menetapkan *precedence constraints*. Penentuan *output* dari *assembly line* dibutuhkan, lalu menentukan waktu total yang tersedia. Langkah berikutnya adalah menghitung *cycle time* yang dibutuhkan, lalu menetapkan banyaknya stasiun yang dibutuhkan, menilai efektifitas dan efisiensi, dan mencari terobosan untuk perbaikan terus-menerus.

Ranked Positional Weight

Helgeson-Birnie (*Ranked Positional Weight*) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pemecahan masalah line balancing menurut Purnomo [1]. Baroto [3] menguraikan langkah-langkah

¹ Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: arditoyoirawan@gmail.com

kah dalam metode RPW, seperti pembuatan *precedence diagram* untuk tiap proses, penentuan bobot posisi, pemberian *ranking* tiap elemen kerja, penentuan waktu siklus, serta pengalokasian stasiun kerja berdasarkan bobot tertinggi.

Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu kerja merupakan usaha untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan wajar dalam rancangan sistem kerja yang terbaik. Teknik pengukuran waktu kerja dapat dibagi menjadi dua menurut Wignjosobroto [4] yaitu pengukuran secara langsung dan pengukuran secara tidak langsung. Pengukuran yang digunakan pada usaha perbaikan ini adalah pengukuran secara langsung dengan menggunakan *stopwatch*. Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan waktu baku serta perhitungan output baku. Perhitungan waktu baku dapat dihitung dengan rumus yang dikembangkan Wignjosobroto [4]

$$Ob = \frac{Tt + Wbl - \sum Wb}{Wbl} \quad (1)$$

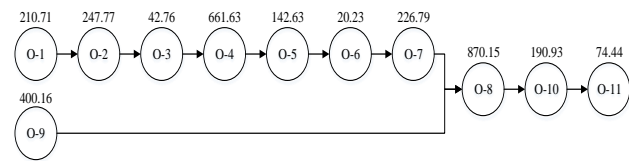
dimana:

- Ob output baku
- Tt jumlah waktu kerja yang tersedia
- Wbl waktu baku terlama dalam satu siklus kerja
- $\sum Wb$ jumlah waktu baku dari proses kerja

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Keadaan Lini Produksi ECOSS

Proses produksi dari produk ECOSS 1500 untuk saat ini memiliki 8 stasiun kerja yang terbagi menjadi 11 *task* (proses). Lini produksi ECOSS saat ini dapat memproduksi produk ECOSS 1500. Stasiun *coil assembly* terdiri menjadi 2 *task*, yaitu proses perangkaian komponen-komponen *frame* dan proses memasukkan pipa *hairpin*. Stasiun *Welding* terbagi menjadi 2 *task*, yaitu *welding preparation* dan *welding*. Stasiun *Pickling* digunakan untuk proses pembersihan sisa pengelasan pada *hairpin* dan *connection*. Stasiun *washing* mengerjakan proses pencucian *coil* setelah siap untuk diuji kebocorannya. Stasiun *Leakage Test* digunakan untuk menguji kebocoran dari *coil*. Stasiun *Final Assembly* pada lini produksi ECOSS terbagi menjadi 2 *task*, yaitu *final assembly top* dan *final assembly bottom*. Stasiun *Electrical Assembly* digunakan untuk perangkaian *fan* dan sistem kelistrikan pada produk. Stasiun *Packing* digunakan untuk proses pengepakan suatu produk yang sudah siap untuk dikirim ke *customer*.



Gambar 1. *Precedence diagram* proses produksi ECOSS 1500

Precedence diagram menggambarkan proses-proses yang dilalui untuk memproduksi satu produk ECOSS 1500 pada lini produksi ECOSS. Jumlah proses yang dilalui adalah 11 proses dan terdapat beberapa titik krusial yang dapat menyebabkan *bottleneck*.

Tabel 1. Proses dan waktu yang dilalui lini produksi ECOSS

Kode	Proses	Waktu (menit)
O-1	Coil assembly	210,71
O-2	Tube insertion to coil	247,77
O-3	Welding preparation	42,76
O-4	Welding	661,63
O-5	Pickling	142,63
O-6	Coil washing	20,23
O-7	Leakage test	226,79
O-8	Final assembly top	870,15
O-9	Final assembly bottom	400,16
O-10	Electrical assembly	190,93
O-11	Packing	74,44

Proses yang berpotensi terjadi *bottleneck* pada lini produksi ini adalah pada O-3 ke O-4 dimana waktu proses pendahulu lebih sedikit daripada proses sesudahnya sehingga akan menunggu. Proses yang memiliki waktu terlama dan sangat berpotensi menimbulkan *bottleneck* adalah proses O-4 dan O-8, sehingga diperlukan suatu pengembangan.

Jumlah pekerja yang ada di lini produksi ECOSS sekarang ini adalah 15 orang setiap *shift* kerja. PT XYZ menentukan 2 *shift* kerja untuk pengerjaan di lini produksi ECOSS, setiap *shift* kerjanya berlangsung selama total 8 jam dengan istirahat selama 1 jam pada hari Senin-Jumat. Hari Sabtu total jam kerja sebanyak 5 jam dan berjalan selama 2 *shift* kerja. Pekerja diwajibkan mengikuti *briefing* di awal *shift* selama 15 menit dan membersihkan area kerja selama 15 menit sebelum *shift* kerja berakhir.

Perhitungan biaya tenaga kerja memerlukan data jumlah operator, data output baku, serta data upah dari operator tersebut. Pengalokasian pekerja untuk setiap stasiun berbeda-beda dan dibagi sesuai proses yang ada.

Tabel 2. Pengalokasian pekerja lini produksi ECOSS

Proses	Operator	Jumlah
Coil Assembly	2	2
Tube insertion	2	
Welding Preparation	2	4
Welding	4	
Pickling	1	1
Washing	1	1
Leakage test	1	1
Final Assembly top	1	2
Final Assembly bottom	1	
Electrical	2	2
Packing	2	2
Total		15

Proses *coil assembly* dan *tube insertion* termasuk dalam stasiun *coil assembly* sehingga jumlah operator yang dihitung adalah jumlah operator per stasiun yaitu sebanyak 2 operator. Stasiun *welding* terdiri dari 4 operator, seluruh operator stasiun tersebut melakukan proses *welding*, tetapi hanya 2 operator yang melakukan proses *welding preparation*. Total operator sekarang ini untuk lini produksi ECOSS adalah 15 operator.

Perhitungan *output* baku menggunakan persamaan (1) mendapatkan jumlah produk yang dapat diproduksi per bulannya adalah sebanyak 18,321 produk. Total waktu produksi yang tersedia adalah 17.760 menit, proses terlama dengan waktu 870,15 menit, dan waktu seluruh proses adalah 2.688,74 menit. Total biaya pekerja untuk satu bulan dikalikan dengan *output* per bulannya, sehingga didapatkan biaya pekerja untuk setiap 1 *coil* adalah Rp 2.692.053.

Rencana Perbaikan dengan *Line Balancing*

Proses yang memiliki waktu terlama dan mengakibatkan *bottleneck* adalah *welding* dan *final assembly top*. Sebelum dilakukan penghitungan *output* baku dan biaya pekerja, terlebih dahulu dilakukan analisa penambahan jumlah pekerja. Analisa penambahan pekerja ini dilakukan dengan mempertimbangkan waktu baku dari proses yang ada. Proses *welding* memiliki waktu baku yang cukup lama dan menimbulkan *bottleneck*, yaitu 661,63 menit. Penambahan pekerja sebanyak satu operator diperlukan pada proses ini agar terbentuk keseimbangan lintasan, sehingga didapatkan waktu proses *welding* yang baru adalah 529,30 menit. Proses *final assembly top* memiliki waktu baku yang terlama dari semua proses yaitu 870,15 menit dan sangat berpotensi menimbulkan *bottleneck*. Penambahan pekerja sebanyak satu operator dilakukan agar terbentuk keseimbangan lintasan, sehingga didapatkan waktu proses *final assembly*

top yang baru adalah 435,07 menit.

Analisa penambahan pekerja pada rancangan perbaikan yang kedua adalah menambah lebih banyak lagi operator pada proses *welding*. Penambahan pekerja sebanyak dua operator diperlukan pada proses ini agar terbentuk keseimbangan lintasan, sehingga waktu proses *welding* yang baru adalah 441,09 menit.

Penambahan operator mengakibatkan perubahan pada waktu baku, dengan berubahnya waktu baku maka *output* baku dari lini produksi ECOSS juga berubah. Waktu baku untuk setiap proses setelah penambahan jumlah operator dapat dilihat pada Tabel 3 untuk rancangan pertama dan Tabel 4 untuk rancangan kedua.

Tabel 3. Hasil perbaikan *line balancing* 1

Proses	Line Balancing 1		
	Waktu baku (menit)	Operator	Σ Operator
Coil Assembly	210,71	2	2
Tube insertion	247,77	2	
Welding preparation	42,76	2	5
Welding	529,30	5	
Pickling	142,63	1	1
Coil Washing	20,23	1	1
Leakage test	226,79	1	1
Final Assembly bottom	400,16	1	3
Final Assembly top	435,07	2	
Electrical	190,93	2	2
Packing	74,44	2	2
Total Operator			17
Output baku / bulan			30,5473

Tabel 4. Hasil perbaikan *line balancing* 2

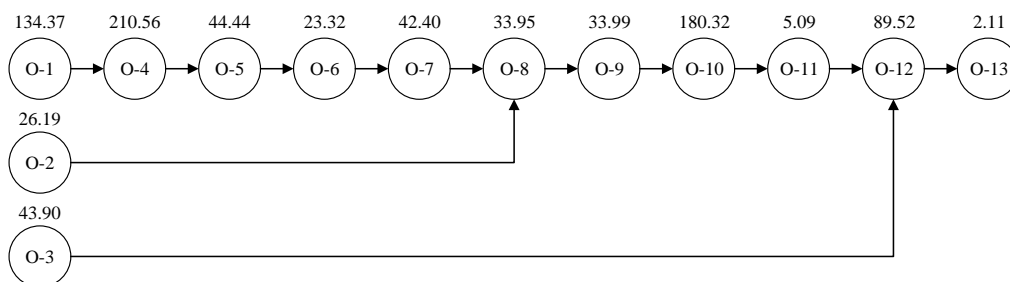
Proses	Line Balancing 2		
	Waktu baku (menit)	Operator	Σ Operator
Coil Assembly	210,71	2	2
Tube insertion	247,77	2	
Welding preparation	42,76	2	6
Welding	441,08	6	
Pickling	142,63	1	1
Coil Washing	20,23	1	1
Leakage test	226,79	1	1
Final Assembly bottom	400,16	1	3
Final Assembly top	435,07	2	
Electrical	190,93	2	2
Packing	74,44	2	2
Total Operator			18
Output baku / bulan			36,657

Tabel 5. Data waktu proses *welding*

Data ke		1	2	3	4	5
Proses Welding	Tack welding (detik)	551,25	525,60	672,86	576,19	606,26
	Welding tube (detik)	18650,25	19310,35	17556,51	18816,80	20145,64
	Welding header (detik)	5486,85	5606,45	5433,68	5584,16	5501,56
	Install connection (detik)	366,34	364,24	405,46	346,62	372,48
	welding connection (detik)	474,31	547,24	413,84	446,09	560,87
	Pressure 10 bar (detik)	4734,26	4568,86	4051,67	5062,60	4943,94
Total waktu pengerjaan (menit)		504,39	515,38	475,57	513,87	535,51
Ws (menit)				508,94		
Wn (menit)				529,30		
Wb (menit)				661,63		

Tabel 6. Data waktu proses *welding* dengan mesin orbital

Data ke		1	2	3	4	5
Proses Welding	Welding tube (detik)	15750,00	15750,00	15750,00	15750,00	15750,00
	Welding header (detik)	3150,00	3150,00	3150,00	3150,00	3150,00
	Install connection (detik)	732,68	728,48	810,93	693,24	744,97
	welding connection (detik)	948,61	1094,48	827,69	892,18	1121,74
	Pressure 10 bar (detik)	4734,26	4568,86	4051,67	5062,60	4943,94
Total waktu pengerjaan		421,93	421,53	409,84	425,80	428,51
Ws (menit)				421,52		
Wn (menit)				438,38		
Wb (menit)				547,98		



Gambar 2. *Precedence diagram* lintasan *final assembly top*

Rencana Perbaikan Proses *Welding*

Proses *welding* merupakan salah satu proses dengan waktu baku yang lebih lama. Pengerjaan yang lama dapat disebabkan beberapa hal. Akar permasalahan terdapat pada pengelasan secara manual dari operator proses *welding* yang dapat menyebabkan waktu pengerjaan lebih lama. Data waktu pengerjaan proses *welding* secara manual dapat dilihat pada Tabel 5. Perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan mesin *orbital welding* yang beroperasi secara otomatis sehingga keahlian dari operator tidak berpengaruh pada waktu pengelasan.

Tabel 6 menunjukkan waktu baku dari proses *welding* dengan *orbital welding* adalah 547,98 menit. Jumlah mesin *orbital welding* yang digunakan adalah empat mesin. Lama waktu proses pengelasan

dengan *orbital welding* adalah 60 detik untuk setiap *joint welding* dan ditambah asumsi pemasangan dan pelepasan *orbital welding* menggunakan waktu sebanyak masing-masing 5 detik. Total waktu proses untuk setiap *joint welding* menjadi 70 detik. Total *joint welding* yang ada pada produk ECOSS 1500 adalah 450 *joint welding*, sehingga total waktu yang digunakan adalah 15750 detik. Proses *tack welding* dihilangkan karena sudah tidak diperlukan apabila menggunakan mesin *orbital welding*.

Jumlah operator setelah penggunaan mesin *orbital welding* adalah 13 operator. Pengurangan operator di proses *welding* dilakukan karena 1 operator dapat langsung mengoperasikan 4 mesin *orbital welding*. Output baku baru apabila menerapkan penggunaan *orbital welding* adalah sebanyak 18,4517 produk ECOSS 1500 dalam 1 bulan.

Rencana Pengembangan Lintasan Final Assembly

Lintasan *final assembly* merupakan salah satu stasiun kerja yang membutuhkan waktu lama untuk dikerjakan, sehingga pihak perusahaan menginginkan suatu pengembangan pada proses kerja *final assembly* yang sekarang ini. Proses *final assembly* yang dikembangkan adalah *final assembly top* karena proses pengerjaan *final assembly bottom* masih dapat dilakukan bersamaan dengan pemrosesan *coil*.

Precedence diagram pada Gambar 2 menunjukkan alur produksi untuk lintasan *final assembly top* dan terlihat waktu baku dari masing-masing proses tidak seimbang. Lintasan *final assembly top* pada keadaan sekarang hanya menggunakan 1 operator dan merupakan satu stasiun kerja. Metode keseimbangan lintasan akan digunakan untuk membagi lintasan *final assembly top* menjadi beberapa stasiun kerja. Pembagian dan penentuan stasiun kerja dilakukan dengan menggunakan metode keseimbangan lintasan Helgeson-Birmie.

Tabel 7. Hasil pembobotan lintasan *final assembly top*

Proses	Waktu baku (menit)	Bobot Posisi
O-1 assembly frame top	134,37	800,05
O-4 assembly brentwood	210,56	665,69
O-5 assembly coil to frame top	44,44	455,13
O-6 assembly drift eliminator	23,32	410,69
O-7 assembly support fan plate	42,40	387,37
O-2 assembly louver	26,19	371,16
O-8 assembly louver to unit	33,95	344,97
O-9 assembly tray louver	33,99	311,02
O-10 assembly all casing cover	180,32	277,03
O-3 assembly fan plate	43,90	135,53
O-11 assembly cover pipa	5,09	96,71
O-12 assembly fan	89,52	91,62
O-13 install label	2,11	2,11

Jumlah minimum stasiun kerja sesuai dengan perhitungan adalah 5 stasiun kerja. Pembagian stasiun kerja akan menggunakan waktu proses terlama sebagai waktu siklus dikarenakan lintasan produksi yang masih baru sehingga belum ada target dan waktu siklus dari perusahaan. Waktu siklus yang digunakan adalah 210,56 menit untuk setiap stasiunnya. Penentuan stasiun kerja harus memperhatikan ketentuan dari *precedence diagram* dan waktu siklus yang telah ditetapkan. Tabel 8 menunjukkan proses-proses yang masuk ke dalam stasiun kerja yang sudah ditentukan. Waktu siklus tiap stasiun dapat dihitung dengan menjumlahkan

waktu baku tiap proses dalam stasiun. Hasil dari perhitungan efisiensi lintasan adalah 82,65%. Hasil dari efisiensi lintasan yang baru tidak dapat dibandingkan dengan keadaan awal karena pada keadaan awal tidak menggunakan sistem lintasan.

Tabel 8. Hasil pengelompokan stasiun kerja

Stasiun	Proses	Waktu baku (menit)	Waktu siklus stasiun kerja
1	O-1	134,37	134,37
2	O-4	210,56	210,56
3	O-5	26,19	204,29
	O-6	44,44	
	O-7	23,32	
	O-2	42,4	
	O-8	33,95	
	O-9	33,99	
4	O-10	180,32	180,32
5	O-3	43,9	140,62
	O-11	5,09	
	O-12	89,52	
	O-13	2,11	

Waktu pengerjaan dari *final assembly top* akan berubah setelah dilakukan pengembangan lintasan. Waktu keseluruhan lintasan akan diambil dari waktu stasiun yang terlama yaitu 210,56 menit. Stasiun-stasiun kerja pada lintasan *final assembly top* diasumsikan memiliki 1 operator, sehingga total pekerja pada *final assembly top* adalah 5 operator.

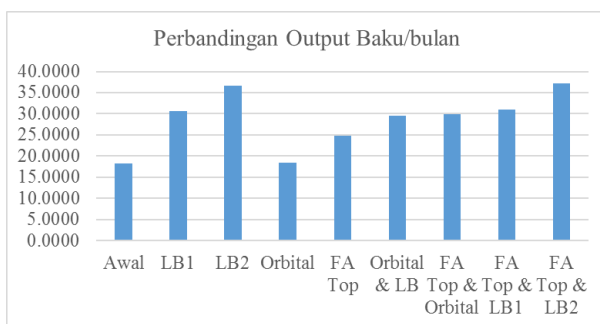
Perbandingan Perbaikan

Rencana-rencana perbaikan yang telah dirancang pada sub bab sebelumnya akan dibandingkan untuk menjadi perbaikan yang layak digunakan oleh perusahaan. Perbandingan yang dilakukan mengacu pada *output* produksi (produk ECOSS 1500) dan biaya pekerja yang dikeluarkan untuk setiap 1 produk. Perbandingan yang dilakukan yaitu membandingkan keadaan awal dengan seluruh rancangan perbaikan beserta dengan penggabungan diantara rancangan perbaikan tersebut. Contoh penggabungan adalah seperti menggabungkan rancangan penambahan operator dengan penggunaan mesin *orbital welding*.

Gambar 3 menunjukkan *output* baku terbesar dalam 1 bulan adalah dengan rancangan perbaikan *line balancing* operator kedua dan digabungkan dengan pengembangan lintasan *final assembly top*. Rancangan perbaikan tersebut dapat meningkatkan *output* produksi dari keadaan awal hingga dua kali lipat, yaitu dari 18,3211/bulan menjadi 37,1660/bulan.

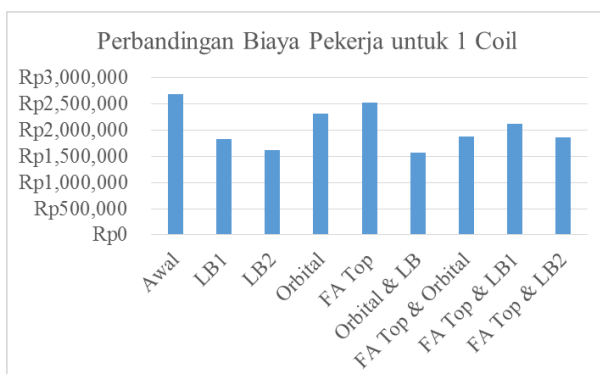
Tabel 9. Contoh perhitungan simulasi operator

Proses	Operator	Waktu baku (menit)	Biaya	TARGET OUTPUT
Coil Assembly	2	458.48		
Welding	2	1323.26	Rp 3,094,153.84	
Pickling	1	142.64	Rp 36,169,023	
Washing	1	20.23		
Leak Test	1	226.79		8
FA Top	1	870.15		
FA Bottom	1	400.16		
Electrical	1	381.86		
Packing	1	148.88		
Total	11			



Gambar 3. Perbandingan *output* baku/bulan

Gambar 4 menunjukkan biaya pekerja untuk setiap produk yang diproduksi. Biaya pekerja untuk saat ini adalah Rp 2.692.053. Analisa rancangan perbaikan menghasilkan beberapa rencana perbaikan. Biaya pekerja terendah dicapai dengan perbaikan mesin *orbital welding* dan penambahan operator (*Line Balancing*) yaitu Rp 1.560.137 setiap 1 *coil* yang diproduksi. Perbaikan tersebut belum tentu diterima dikarenakan masih perlu untuk melakukan investasi mesin *orbital welding* baru.



Gambar 4. Perbandingan biaya pekerja untuk 1 *coil*

Hasil dari perbandingan berdasarkan teori dapat menghasilkan suatu usulan yang belum tentu dapat benar-benar diterapkan pada perusahaan. Perusahaan meminta untuk adanya suatu perhitungan simulasi operator berdasarkan *output*.

Simulasi Perhitungan Operator

Perusahaan menginginkan adanya suatu simulasi perhitungan mengenai jumlah operator yang optimal untuk *output* yang diinginkan. Perhitungan jumlah operator menggunakan *Microsoft Excel*. Jumlah operator akan dihitung sesuai dengan jumlah *output* yang diinginkan oleh perusahaan. Perhitungan ini didasari dengan penggunaan pengembangan lintasan pada proses *final assembly top*. Perusahaan menginginkan suatu kondisi realistis dimana proses *final assembly top* dibagi menjadi stasiun kerja tetapi sesuai dengan jumlah operator, sehingga memunculkan suatu desain lintasan baru dengan berbagai kombinasi stasiun.

Pembagian stasiun kerja pada proses *final assembly top* menjadi 2 stasiun kerja. Operator yang digunakan adalah 1 operator untuk setiap stasiunnya. Waktu siklus untuk pembagian menjadi 2 stasiun kerja ini adalah 438,88 menit. Pembagian stasiun kerja pada proses *final assembly top* menjadi 3 stasiun kerja. Operator yang digunakan adalah 1 operator untuk setiap stasiunnya. Waktu siklus untuk pembagian menjadi 3 stasiun kerja ini adalah 344,93 menit. Pembagian stasiun kerja pada proses *final assembly top* menjadi 4 stasiun kerja. Operator yang digunakan adalah 1 operator untuk setiap stasiunnya. Waktu siklus untuk pembagian menjadi 4 stasiun kerja ini adalah 320,94 menit.

Tabel 9 menunjukkan output target dari perusahaan adalah 8 *coil* per bulan. Jumlah operator berdasarkan perhitungan adalah 11 orang dengan 2 operator pada proses *coil assembly*, 2 operator pada proses *welding*, dan proses lainnya hanya cukup menggunakan 1 operator. Total biaya pekerja yang dikeluarkan adalah Rp 36.169.023 dengan rincian Rp 3.094.153,84 untuk setiap *coil*-nya. Seluruh hasil perhitungan tersebut menghasilkan matriks jumlah operator untuk tiap target *output*.

Simpulan

Hasil perbandingan menunjukkan hasil rancangan perbaikan terbaik adalah penyeimbangan lintasan dengan jumlah operator kedua (*Line Balancing 2*) dengan pengembangan lintasan *final assembly top*. *Output* baku per bulan untuk rancangan perbaikan ini adalah yang tertinggi dari rancangan perbaikan lainnya, yaitu sebanyak 37,1660/bulan. Biaya pekerja untuk 1 *coil* memang terhitung lebih murah untuk rancangan perbaikan menggunakan mesin *orbital welding* dan juga menambah operator (*Line Balancing*), akan tetapi masih ada biaya lain seperti biaya untuk investasi empat mesin *orbital welding* baru. Biaya pekerja untuk 1 *coil* dari rancangan *Line Balancing 2* dengan pengembangan lintasan *final assembly top* masih bisa dikatakan lebih murah daripada beberapa rancangan perbaikan lainnya. Rancangan perbaikan yang dipilih ini pun menjawab keinginan dari perusahaan untuk mengembangkan proses produksi pada *final assembly* di lini produksi ECOSS.

Pengembangan yang realistis juga menjadi tujuan dari perusahaan, sehingga dilakukan suatu simulasi perhitungan operator yang optimal untuk jumlah *output* yang diinginkan per bulannya. Simulasi perhitungan ini menggunakan pembagian stasiun kerja pada proses *final assembly top*.

Daftar Pustaka

1. Purnomo, Hari. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
2. Gaspersz, Vincent. *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum, 2004.
3. Baroto, Teguh. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.
4. Wignjosoebroto, Sritomo. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya, 2003.

