

# Perbaikan Lintasan CU dengan Metode *Line Balancing*

Intan Mei Erwanto<sup>1</sup>, Prayonne Adi<sup>2</sup>

**Abstract:** Line Cu process flow have buildup of output in some operations because the amount of labor and line balance is not optimal. Existing problems require working observations to make suitable improvement designs. Observations were made by measuring directly using the stopwatch method. Observation results are used to determine the amount of labor and the optimal division of work stations with line balancing method. The improvement that writer propose is changing the number of workers and stations. Number of workers from improvement is 12 people and 6 stations from 7 stations. Reduced number of stations came from combined of 2 stations, which is washing and testing process. The result of writer's improvement is reduced labor cost for one coil and increased number of outputs.

**Keywords:** Time Study, Line Balancing, Amount of Labor, Workstations.

## Pendahuluan

PT. XYZ adalah perusahaan mendunia dalam sektor *heat exchanger*. Perusahaan ini mengutamakan produk yang inovatif dan kualitas tinggi kelas dunia. PT. XYZ berdiri sejak tahun 1995 di Wonokoyo Beji, Pasuruan. Perusahaan ini telah melakukan standarisasi pengaplikasian 6s dan ISO seperti ISO - 9001:2008, ISO 14001:2008, dan OHSAS 18001:2007. Sistem produksi yang digunakan oleh PT. XYZ adalah *made-to-order*, dimana jumlah dan tipe dari produk yang diproduksi sesuai dengan permintaan pelanggan. Penilaian kinerja dari proses produksi saat ini menggunakan sistem *barcode* yang dilakukan oleh operator produksi. Kinerja proses produksi ini dilihat dari tingkat efisiensi proses produksi. Setiap *line* yang ada pada PT. XYZ terdapat seorang *Shift Leader* yang berbeda untuk tiap *shift*-nya dan semua proses memiliki operator masing-masing. Penelitian dilakukan karena berdasarkan pengamatan, sering terjadi penumpukan *output* dan terdapat beberapa stasiun yang menunggu. Masalah ini mengakibatkan keterlambatan penyelesaian produk. Perbaikan yang akan dilakukan peneliti untuk mengurangi keterlambatan tersebut adalah melakukan analisa keseimbangan lintasan (*line balancing*). Peneliti kemudian merumuskan masalah apa yang akan diangkat sebagai bahan penelitian.

Rumusan masalah yang ada didapatkan dari pertimbangan penulis berdasarkan pengamatan langsung pada rantai produksi. Permasalahan yang ada adalah perbaikan apa yang tepat untuk menyeimbangkan lintasan produksi CU di PT. XYZ.

Rumusan masalah akan menjadi dasar untuk menentukan tujuan penelitian.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah menyeimbangkan lintasan proses produksi *line* CU di PT. XYZ. Penyeimbangan ini akan dilakukan dengan menggunakan metode yang dipilih oleh penulis. Metode yang digunakan adalah metode yang memiliki hasil terbaik sesuai ketentuan atau faktor yang ditentukan. Tujuan ini membantu peneliti menentukan batasan masalah dari penelitian yang dilakukan.

Batasan masalah dari penelitian yang dilakukan adalah pengambilan data dilakukan dengan menggunakan stopwatch, pengambilan data hanya dilakukan pada produk S-GSF 050.3J/37-END50.I, data yang diambil hanya dilakukan pada proses produksi CU, pengambilan data hanya dilakukan pada hari Senin hingga hari Jumat pada pukul 08.00 hingga pukul 16.00.

## Metode Penelitian

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[2]. Pengukuran kerja dengan jam henti (*stopwatch time study*) pertama kali diperkenalkan oleh Frederick W. Taylor sekitar abad 19 yang lalu. Metode ini terutama sekali baik diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat.

Cara termudah untuk menuliskan makalah an Waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan pekerjaan dengan memperhatikan kelonggaran yang diberikan[2]. Waktu baku yang digunakan peneliti adalah sebagai berikut:

<sup>1,2</sup> Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, U2niversitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: [erwanto1495@yahoo.com](mailto:erwanto1495@yahoo.com), [prayonne.adi@petra.ac.id](mailto:prayonne.adi@petra.ac.id)

$$w_b = w_n \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \quad (1)$$

Keterangan persamaan adalah  $w_b$  waktu baku,  $w_n$  waktu normal, dan *Allowance* kelonggaran.

Metode penyeimbangan lini (*line balancing*) digunakan untuk menekan waktu menganggur seminimal mungkin dengan membagi tugas dalam stasiun kerja. Fungsi dari *line balancing* adalah membuat suatu lintasan yang seimbang. Tujuan pokok dari penyeimbangan lintasan adalah meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) pada lintasan yang ditentukan oleh operasi yang paling lambat.

*Line efficiency* merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja atau jumlah efisiensi stasiun kerja dibagi jumlah stasiun kerja [3].

$$Line\ Efficiency = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K) \times (CT)} \quad (2)$$

Keterangan dari persamaan diatas adalah  $ST_i$  waktu stasiun kerja dari ke-i, K jumlah stasiun kerja, CT waktu siklus.

*Smoothness index* (SI) adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu. Keseimbangan *line* yang sempurna di indikasi kan dengan *smoothness* indeks bernilai 0. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut [3]:

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{i_{maks}} - ST_i)^2} \quad (3)$$

Keterangan persamaan diatas adalah  $ST_{maks}$  maksimum waktu di stasiun,  $ST_i$  waktu stasiun di stasiun kerja ke-i.

Biaya pekerja untuk 1 *coil* digunakan sebagai salah satu faktor untuk mengukur pengeluaran biaya. Total biaya pekerja (TB) didapatkan dari jumlah operator dikalikan dengan gaji mereka, kemudian dibagi dengan jumlah *output*.

$$Biaya\ pekerja = TB / Output \quad (4)$$

## Hasil dan Pembahasan

### Proses Produksi

Proses produksi yang diamati dari line Cu memiliki beberapa sub proses. Produk WIP dalam *line* ini disebut sebagai coil. Proses ini meliputi beberapa sub proses. Proses *coil assembling* adalah proses perakitan *fin*, *strinblech*, dan pipa menjadi sebuah *coil*. Proses *coil assembling* memiliki operator berjumlah 2 orang pada tiap *shift*. Proses *brazing* merupakan proses penyambungan pipa *u-bend* dengan pipa utama (*core tube*) pada *coil*. Produk yang telah mengalami

proses *brazing*, harus dicuci dulu untuk menghilangkan oli dan kotoran debu lainnya yang dinamakan proses *brazing*. *Coil* yang telah di *brazing* harus di tes kebocoran untuk mengetahui kualitas dari sambungan yang dibuat, kemudian proses selanjutnya adalah *final assembly*, *electric assembling*, dan *packing coil*.

Stasiun FA (*final assembly*) CU merupakan stasiun yang prosesnya membutuhkan operator lebih karena semua pekerjaan yang dilakukan bersifat manual (dilakukan oleh manusia). Operator yang ada pada FA Cu saat ini berjumlah 4 orang untuk tiap *shift*. Stasiun ini biasanya membutuhkan operator tambahan sehingga meminta bantuan operator dari stasiun lain untuk dapat memenuhi target. Produk yang diamati adalah produk yang paling sering diproduksi, yakni S-GSF 050.3J/37-END50.I dimana memiliki ukuran 3000 x 700 cm.

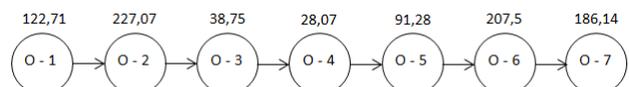
### Kondisi Awal Proses

Proses pada line Cu memiliki jumlah pekerja sebanyak 9 orang. Hasil pengamatan menunjukkan bagaimana pembagian operator yang ada, berikut pembagiannya:

Tabel 1. Pembagian operator *line* CU

Proses	Jumlah Operator
CA	2
Brazing	1
Washing	1
Testing	1
Final Assembly	2
Electric Assembly	1
Packing	1

Alur proses produksi juga merupakan data yang dibutuhkan peneliti untuk membuat usulan perbaikan. Alur proses produksi merupakan dasar dari cara pembuatan rancangan perbaikan yang dapat dibuat dengan peta proses operasi atau *precedence diagram*.



Gambar 2. *Precedence Diagram* line CU

*Precedence diagram* pada gambar 2 dapat menunjukkan bahwa terjadi *bottleneck* diantara beberapa proses yang menyebabkan terjadinya penumpukan output dan waktu menunggu. Analisa dari diagram adalah sebagai berikut:

### Operasi 1 ke operasi 2

Waktu baku dari operasi 1 lebih cepat dari operasi 2 sehingga menyebabkan terjadi *overtime* dan

penumpukan output pada operasi 2. *Overtime* pada proses ini menyebabkan kurang optimalnya waktu proses produksi sehingga harus dikurangi atau dihilangkan.

**Operasi 2 ke operasi 3**

Waktu baku dari operasi 2 lebih lama dari operasi 3 sehingga terjadi *delay* dan *waiting time* pada operasi 3 sehingga harus diseimbangkan waktu dari dua proses ini.

**Operasi 4 ke operasi 5**

Operasi 4 memiliki waktu baku yang lebih cepat dari operasi 5 sehingga akan terjadi penumpukan *output* yang menunggu untuk diproses pada operasi 5.

**Operasi 5 ke operasi 6**

Waktu baku operasi 5 lebih lama dari operasi 6. Masalah ini menyebabkan terjadinya *delay* dan *waiting time* pada operasi 6 dan *overtime* pada operasi 5.

Data lain yang dibutuhkan adalah biaya pekerja untuk memproduksi 1 *coil*. Biaya ini dihitung dengan menggunakan jumlah output sebesar 54 *coil*, jumlah pekerja 9 orang dan gaji UMR sebesar 3.288.093 rupiah saat ini. Perhitungan biaya pekerja untuk memproduksi 1 *coil* adalah sebagai berikut:

Data lain yang dibutuhkan adalah biaya pekerja untuk memproduksi 1 *coil*. Biaya ini dihitung dengan menggunakan jumlah output sebesar 54 *coil*, jumlah pekerja 9 orang dan gaji UMR sebesar 3.288.093 rupiah saat ini. Perhitungan biaya pekerja untuk memproduksi 1 *coil* adalah sebagai berikut:

Biaya pekerja = 9 orang × Rp 3.288.093 / 54 *coil*

Biaya pekerja untuk 1 *coil* = 548.015,5 rupiah

Keseimbangan lintasan sangat penting agar dapat memaksimalkan produksi dari suatu proses. Beberapa usulan *line balancing* akan diberikan sebagai perbaikan dari masalah ini.

**Hasil Pengamatan**

Pengamatan dilakukan hanya pada operator *line CU* saja, jumlah operator CA adalah 4 orang, *brazing* berjumlah 1 orang, *washing* 1 orang, *testing* 1 orang, *washing* 1 orang, FA 2 orang, *electric assembly* 1 orang, dan *packing* 1 orang. Hasil dari pengamatan berjumlah 10 data untuk tiap operasi dalam waktu empat hari. Data yang ada akan diuji keseragaman dan kecukupannya, kemudian data akan dianalisa untuk mendapatkan usulan perbaikan yang tepat. Hasil uji menyatakan bahwa data telah seragam, normal dan cukup.

**Tabel 2.** Waktu baku dari hasil pengamatan

Proses	Wb
CA	122,71
Brazing	227,07
Washing	38,75
Testing	28,07
Final Assembly	332,29
Electric Assembly	207,50
Packing	188,37
Total	1144,76

Total waktu produksi dari produk Coil-S-GSF 050.3J / 37-END50.I adalah 1144,76 menit, yaitu 19 jam 5 menit. Waktu baku terlama adalah proses *final assembly* dengan waktu sebesar 332 menit, yaitu 5 jam 32 menit. Waktu baku yang ada digunakan untuk mengetahui output baku perharinya.

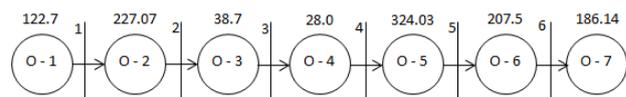
**Analisa Line Balancing**

Waktu standar yang digunakan didapat dari data perusahaan untuk tiap proses, sedangkan waktu aktual didapatkan dari perhitungan waktu baku tiap proses.

**Tabel 3.** Persentase efisiensi tiap proses

Proses	Waktu Standar (menit)	Waktu Aktual (menit)	Efisiensi Stasiun (%)	Jumlah Operator
CA	93,15	122,71	75,91%	2
Brazing	191,40	227,07	84,29%	1
Washing	32,70	38,75	84,37%	1
Testing	22,53	28,07	80,28%	1
Final Assembly	254,90	324,04	78,66%	2
Electric Assembly	163,61	207,50	78,85%	1
Packing	150,96	186,14	81,10%	1
Rata-rata, Total			80,49%	9

Waktu Standar diatas merupakan waktu target dari perusahaan, sedangkan waktu aktual merupakan hasil perhitungan waktu baku dari pengamatan. Efisiensi kondisi awal sebesar 80,49% dari seluruh proses. Usulan perbaikan yang akan diajukan adalah penambahan jumlah operator pada proses yang memiliki waktu siklus yang besar. Proses dikelompokkan berdasarkan task, berikut ini pengelompokannya:



**Gambar 2.** Pengelompokkan proses berdasarkan pengamatan

Rancangan stasiun kerja harus dibuat berdasarkan total operasinya, waktu total operasinya tidak boleh lebih dari waktu siklus. Efisiensi stasiun kerja akan dianalisa untuk tiap stasiun kerjanya. Perancangan perbaikan stasiun kerja memiliki keterbatasan kom-

binasi proses dikarenakan rantai produksi kurang mendukung.

### Usulan Perbaikan Penambahan Jumlah Operator

Usulan ini dilakukan berdasarkan waktu siklus yang didapatkan dari perhitungan waktu baku hasil pengamatan. Tujuan usulan ini adalah penambahan jumlah operator dari proses yang memiliki waktu siklus yang besar.

**Tabel 4.** Hasil dari usulan penambahan operator

Proses	Cycle Time (Sebelum)	Jumlah Operator	Usulan Tambahan operator	Cycle Time (Sesudah)
CA	122,71	2	1	81,80
Brazing	227,07	1	1	113,53
Washing	38,75	1	0	38,75
Testing	28,07	1	0	28,07
Final Assembly	324,04	2	1	216,03
Electric Assembly	207,50	1	0	207,50
Packing	186,14	1	1	93,07

Hasil dari usulan penambahan operator menunjukkan bahwa efisiensi dari line masih kecil karena waktu siklus antar stasiun masih jauh berbeda, sehingga perlu pemberian usulan perbaikan kedua. Analisa selanjutnya dilakukan untuk usulan perbaikan pembagian stasiun kerja berdasarkan waktu siklus yang didapatkan dari penambahan jumlah operator.

### Usulan Perbaikan dengan Pembagian Stasiun Kerja dan Penambahan Operator

Hasil dari usulan pertama, yaitu penambahan jumlah operator masih terlihat bahwa lintasan yang ada masih belum seimbang. Penyeimbangan lintasan pada usulan ini dilakukan dengan metode pembagian stasiun kerja berdasarkan waktu siklus dari usulan pertama. Pembagian stasiun kerja ini memiliki batasan dari perusahaan, dimana tidak semua proses dapat digabungkan karena keterbatasan rantai produksi dan prosesnya tidak memungkinkan. Batasan yang kedua adalah waktu siklus stasiun kerja tidak boleh lebih lama dari waktu siklus terlama.

**Tabel 5.** Hasil dari usulan perubahan stasiun kerja

Stasiun Kerja	Operasi	Waktu Stasiun	Jumlah Operator
1	1	81,80	3
2	2	113,53	2
3	3,4	66,82	1
4	5	216,03	3
5	6	207,5	1
6	7	93,07	2

Usulan perbaikan stasiun kerja yang dilakukan adalah menyatukan proses *washing* dan *testing*. Penyatuan proses ini juga mengubah jumlah operator menjadi 1 orang saja karena prosesnya *continue*.

### Perbandingan Kondisi Awal dan Usulan Perbaikan

Hasil analisa keseimbangan lintasan pada kondisi awal perusahaan akan dibandingkan dengan usulan perbaikan yang diberikan. Perbandingan bertujuan untuk membuktikan bahwa usulan perbaikan lebih baik dari kondisi awal. Parameter yang digunakan dalam perbandingan ini telah ditentukan yaitu *line efficiency* (LE), *balance delay* (D), *smoothness index* (SI), waktu siklus terlama, output baku, biaya dan jumlah stasiun.

**Tabel 6.** Perbandingan usulan dan kondisi awal

Parameter	Kondisi Awal	Usulan Perbaikan 1	Usulan Perbaikan 2
<i>Line Efficiency</i>	50,01%	51,50%	60,08%
<i>Balance Delay</i>	49,99%	48,50%	39,92%
<i>Smoothness Index</i>	501,52	332,36	151,47
Waktu Siklus Terlama	324,04 menit	216,03 menit	216,03 menit
Jumlah Stasiun	7	6	6
Output Baku	54 coil	82 coil	82 coil
Biaya pekerja untuk 1 coil	548.015,5	521.283	481.184,3

Tabel 6 menunjukkan bahwa *efisiensi line* dari usulan perbaikan jumlah operator dan pembagian stasiun kerja lebih baik dari kondisi awal, dimana usulan perbaikan kedua memiliki *line* yang lebih efisien dibandingkan dengan kondisi awal. *Balance delay* dan *Smoothness Index* dari usulan perbaikan kedua juga lebih baik dari kondisi awal karena nilainya lebih kecil. Waktu siklus terlama dari usulan juga lebih kecil dari kondisi awal, dimana waktu pengerjaan 1 produk pada usulan perbaikan kedua selama 216 menit, yaitu selama 3 jam 36 menit. Jumlah stasiun kerja dari usulan perbaikan kedua juga berkurang. *Output* baku yang dihasilkan pada usulan perbaikan kedua lebih besar dibandingkan dengan kondisi awal. Biaya pekerja untuk 1 coil dalam 1 bulan pada usulan perbaikan 1 lebih baik dari biaya pekerja untuk 1 coil pada kondisi awal, tetapi biaya pekerja pada usulan perbaikan 2 adalah usulan dengan biaya pekerja untuk 1 coil yang lebih optimal. Usulan perbaikan kedua juga masih dapat dikatakan bisa diterima karena usulan yang diberikan sesuai dengan batasan dan target perusahaan.

## Simpulan

Peneliti membahas mengenai perbaikan dari keseimbangan lintasan line CU di PT. XYZ. Usulan perbaikan untuk penyeimbangan lintasan di line CU adalah penambahan operator untuk mengurangi waktu siklus dari proses yang sangat besar dan membuat waktu dari tiap proses *balance*. Hasil usulan penambahan operator menjadi 13 orang masih belum bisa membuat lintasan lebih baik sehingga peneliti melakukan perancangan usulan perbaikan lagi.

Usulan perbaikan kedua adalah merubah rancangan stasiun kerja dari line CU. Usulan ini menggunakan waktu siklus dan jumlah operator dari usulan pertama dan merubah operasi 3 dan 4 menjadi satu proses saja dan hanya menempatkan 1 operator sehingga jumlah operator menjadi 12 orang saja.

Perbandingan nilai dari parameter, yaitu *line efficiency*, *balance delay*, *smoothness index*, waktu siklus terlama dan jumlah stasiun. Hasil dari usulan perbaikan kedua lebih baik dari nilai pada kondisi

awal dan memiliki waktu pengerjaan produk yang lebih cepat sehingga lebih menguntungkan.

Hasil dari analisa biaya juga menunjukkan bahwa hasil usulan perbaikan 2 adalah kondisi terbaik karena memiliki biaya pekerja untuk 1 *coil* paling kecil. Kesimpulannya, usulan perbaikan 2 adalah usulan terbaik berdasarkan analisa *line balancing* dan analisa biaya.

## Daftar Pustaka

1. Sinungan, M. Produktivitas Apa dan Bagaimana. Jakarta: Bumi Aksara, 1995.
2. Wignjosuebrototo and Sritomo. Ergonomi Studi Gerak dan Waktu (3rd ed.). Surabaya: Guna Widya, 2003.
3. Baroto, T. Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.

