
USULAN PENINGKATAN EFISIENSI STASIUN KERJA PADA LINI PERAKITAN CURRENT COIL (STUDI KASUS: PT. PADMA SOODE INDONESIA)

Gidion Karo-Karo¹, Seri Hendra

E-mail: gidion_k@yahoo.com¹

Penulis

Gidion Karo-karo adalah dosen tetap program studi Teknik Industri Universitas Bunda Mulia. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Industri dan melanjutkan pendidikan Master pada departemen *Mechanical Engineering & Transportation System* di Technical University, Berlin, Jerman.

Abstract

PT.Padma SOODE Indonesia adalah perusahaan yang bergerak di bagian logam presisi stamping, presisi plastik molding, dan presisi perakitan elektronik. Untuk mengurangi perbedaan tingkat efisiensi karena perbedaan waktu antara unsur-unsur siklus bekerja, dilakukan Line Balancing. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Line Balancing Helgeson-Birnie, metode peramalan dan *Weight Moving Average*, *Moving Average*, metode pengukuran akurasi peramalan berarti kuadrat kesalahan, dan ProModel 6.0 software untuk menguji kemampuan stasiun kerja untuk memenuhi permintaan. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode - metode di atas diperlukan 4 stasiun kerja selama 4 bulan terakhir dengan kemampuan untuk merakit 49,504 pcs (jumlah permintaan tertinggi berdasarkan peramalan empat periode rata-rata bergerak selama 4 bulan terakhir) coil saat ini dalam 153,51 jam dari total 160 jam waktu kerja dan rata-rata - rata-rata kenaikan tingkat efisiensi selama 4 bulan terakhir sebanyak 9,92%.

Keywords

Line Balancing, Helgeson-Birnie, peramalan, moving average, weight moving average, means squared error.

PENDAHULUAN

PT. Padma Soode Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dibidang precision stamping metal part, precision plastic injection, dan precision electronic assembly dengan aktivitas produksi dan perakitan berbagai alat – alat elektronik. Kegiatan produksi dan perakitan ini melibatkan berbagai elemen kerja dan stasiun kerja. Perbedaan waktu siklus antar elemen kerja menyebabkan idle time yang mengakibatkan perbedaan tingkat efisiensi stasiun kerja yang cukup signifikan. Untuk mengurangi hal tersebut, maka dilakukan penelitian dengan menggunakan faktor penyesuaian terhadap waktu siklus elemen kerja untuk mendapatkan waktu baku tiap elemen kerja, teknik peramalan dengan metode moving average dan *Weight Moving Average* untuk menentukan jumlah permintaan, *Line Balancing* dengan metode Helgeson-Birnie yang bertujuan mengurangi idle time dan menetapkan jumlah stasiun kerja yang efisien, serta software ProModel 6.0 untuk membuktikan bahwa jumlah stasiun kerja sudah mampu memenuhi kuota permintaan yang ada.

ISI PENELITIAN

Jenis Peramalan & Akurasi Peramalan

Menurut Gaspersz (2004), aktivitas peramalan merupakan suatu fungsi bisnis yang berusaha memperkirakan permintaan dan penggunaan produk sehingga produk – produk itu dapat dibuat dalam kuantitas yang tepat. Dengan demikian, peramalan merupakan suatu dugaan terhadap permintaan yang akan datang berdasarkan pada beberapa variable peramal, sering berdasarkan data deret waktu historis. Oleh karena masing – masing metode peramalan berbeda, maka penggunaannya harus hati – hati terutama dalam pemilihan metode untuk penggunaan dalam kasus tertentu.

Validasi metode peramalan terutama dengan metode – metode diatas tidak dapat lepas dari indikator – indikator dalam pengukuran akurasi peramalan. Keakuratan yang menyeluruh dari model – model peramalan bisa ditentukan dengan membandingkan nilai – nilai yang diramalkan dengan nilai – nilai aktual. Kesalahan peramalan (forecast error) atau yang sering disebut juga dengan galat dapat didefinisikan dengan:

$$Et = Xt - Ft$$

Dimana:

E_t = Nilai galat

X_t = Data aktual pada periode ke t

F_t = Data ramalan pada periode ke t

Bagaimanapun juga, terdapat sejumlah indikator dalam pengukuran akurasi peramalan, dan indikator atau metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah mean squared error (MSE).

$$MSE = \frac{\sum Et^2}{n}$$

Dimana:

Et² = Nilai galat kuadrat

n = Banyak data

Weight Moving Average

Weight Moving Average adalah metode moving average atau rata – rata bergerak yang memiliki bobot. Model rata – rata bergerak terbobot lebih responsive terhadap perubahan, karena data dari periode yang baru biasanya diberi bobot lebih besar. Nilai dari bobot ini dapat berapa saja dengan ketentuan nilai bobot untuk harga yang terbaru adalah lebih besar daripada nilai bobot harga sebelumnya. Perumusan WMA adalah sebagai berikut:

$$WMA = \frac{\sum(data \times bobot)}{\sum bobot}$$

Dimana:

Data = Nilai sebelumnya

Bobot = Penilaian sesuai dengan panjang periode

Tabel 2.1 3 Months Weight Moving Average

Bulan	Data Aktual Permintaan	Data Peramalan	Galat (Et)	Galat Kuadrat (Et ²)
Januari	32,046			
Februari	64,834			
Maret	56,961			
April	58,087			
Mei	43,743	59,099	-15,356	235,806,736
Juni	54,650	50,690	3,960	15,681,600
Juli	47,705	52,066	-4,361	19,018,321
Agustus	33,385	48,997	-15,612	243,734,544
September	52,350	41,934	10,416	108,493,056
Oktober	59,480	45,732	13,748	189,007,504
November	49,800	52,122	-2,322	5,391,684
Desember	25,394	53,214	-27,280	773,952,400
Januari	31,999	39,533	-7,534	56,761,156
Februari	38,240	33,578	4,662	21,734,244
Jumlah Galat Kuadrat $\sum Et^2$				1,669,581,245
<i>Mean Squared Error (MSE)</i>				166,958,124.5

Tabel 2.2 4 Months Weight Moving Average

Bulan	Data Aktual Permintaan	Data Peramalan Permintaan	Galat (Et)	Galat Kuadrat (Et ²)
Januari	32,046			
Februari	64,834			
Maret	56,961			
April	58,087			
Mei	43,743	56,495	-12,752	162,613,504
Juni	54,650	52,799	1,851	3,426,201
Juli	47,705	52,117	-4,412	19,465,744
Agustus	33,385	50,035	-16,650	277,222,500
September	52,350	42,970	12,380	153,264,400
Oktober	59,480	47,162	12,318	151,733,124
November	49,800	51,845	-2,045	4,182,025
Desember	25,394	52,173	-26,779	717,114,841
Januari	31,999	42,529	-10,530	110,880,900
Februari	38,240	36,326	1,914	3,663,396
Jumlah Galat Kuadrat $\sum Et^2$				1,603,566,635
Mean Squared Error (MSE)				160,356,663.5

Moving Average

Rata – rata bergerak (*moving average*) bermanfaat jika kita mengasumsikan bahwa permintaan pasar tetap stabil sepanjang waktu. Rata – rata bergerak empat bulan diperoleh dengan menjumlahkan permintaan selama empat bulan dan dibagi 4. Data bulan terakhir ditambahkan ke jumlah data tiga bulan sebelumnya, dan bulan yang paling awal dihilangkan. Secara matematis, rata – rata bergerak sederhana (yang menjadi estimasi dari permintaan periode berikutnya) ditunjukkan sebagai:

$$\text{Rata – rata bergerak} = \frac{\sum \text{Permintaan data } n \text{ periode sebelumnya}}{n}$$

Dimana:

n = Jumlah periode

Tabel 2.3 Three Periods Moving Average

Bulan	Data Aktual Permintaan	Data Peramalan Permintaan	Galat (Et)	Galat Kuadrat (Et ²)
Januari	32,046			
Februari	64,834			
Maret	56,961			
April	58,087			
Mei	43,743	59,961	-16,218	263,023,524
Juni	54,650	52,931	1,719	2,954,961
Juli	47,705	52,160	-4,455	19,847,025
Agustus	33,385	48,700	-15,315	234,549,225
September	52,350	45,247	10,103	102,070,609
Oktober	59,480	45,480	14,000	196,000,000
November	49,800	49,405	396	156,025
Desember	25,394	54,877	-29,483	869,247,289
Januari	31,999	44,892	-12,893	166,229,449
Februari	38,240	35,731	2,509	6,295,081
Jumlah Galat Kuadrat $\sum Et^2$				1,860,373,188
Mean Squared Error (MSE)				186,037,318.8

Tabel 2.4 Four Periods Moving Average

Bulan	Data Aktual Permintaan	Data Peramalan Permintaan	Galat (Et)	Galat Kuadrat (Et ²)
Januari	32,046			
Februari	64,834			
Maret	56,961			
April	58,087			
Mei	43,743	52,982	-9,239	85,359,121
Juni	54,650	55,907	-1,257	1,580,049
Juli	47,705	53,361	-5,656	31,990,336
Agustus	33,385	51,047	-17,662	311,946,244
September	52,350	44,871	10,479	109,809,441
Oktober	59,480	47,773	11,707	137,053,849
November	49,800	48,980	820	672,400
Desember	25,394	49,504	-24,110	581,292,100
Januari	31,999	47,506	-15,507	240,467,049
Februari	38,240	41,669	-3,429	11,758,041
Jumlah Galat Kuadrat $\sum Et^2$				1,511,928,630
Mean Squared Error (MSE)				151,192,863

Dengan menggunakan metode Mean Squared Error (MSE) sebagai metode untuk menguji tingkat akurasi peramalan, maka dapat dilihat pada tabel diatas bahwa metode four periods moving average adalah metode peramalan dengan tingkat akurasi tertinggi dibanding metode three periods moving average, 3 months *Weight Moving Average*, dan 4 months *Weight Moving Average*.

Menurut Lina Gozali, Lamto Widodo, dan Martin Bernhard (2006), istilah keseimbangan lini (*assembly Line Balancing*) merupakan suatu metode penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun kerja yang paling berkaitan dalam satu lini produksi dimana setiap stasiun kerja memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut.

Waktu siklus / cycle time (CT), merupakan waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk pada satu stasiun. Apabila waktu produksi dan target produksi telah ditentukan, maka waktu siklus dapat diketahui dari hasil bagi waktu produksi dan target produksi. Dalam mendesain keseimbangan lintasan produksi untuk sejumlah produk tertentu, waktu siklus yang lebih besar dari waktu operasi terbesar merupakan penyebab terjadinya bottle neck (kemacetan). Waktu siklus harus sama atau lebih kecil dari jam kerja efektif per hari dibagi dari jumlah produksi per hari, yang secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$t_i \max \leq CT \leq P/Q$$

Dimana:

$t_i \max$ = Waktu operasi terbesar dalam lintasan.

CT = Waktu siklus (cycle time)

P = Jam kerja efektif per hari

Q = Jumlah produksi per hari

Tabel 2.5 Waktu Siklus

No.	Bulan	Waktu Kerja Efektif (Hari/Jam/Detik)	Kapasitas yang harus dipenuhi (Pcs)	Takt Time (Detik)
1	November	20/160/576,000	48,980	11.75
2	Desember	20/160/576,000	49,504	11.63
3	Januari	20/160/576,000	47,506	12.12
4	Februari	19/152/547,200	41,669	13.13
Rata - rata				12.15

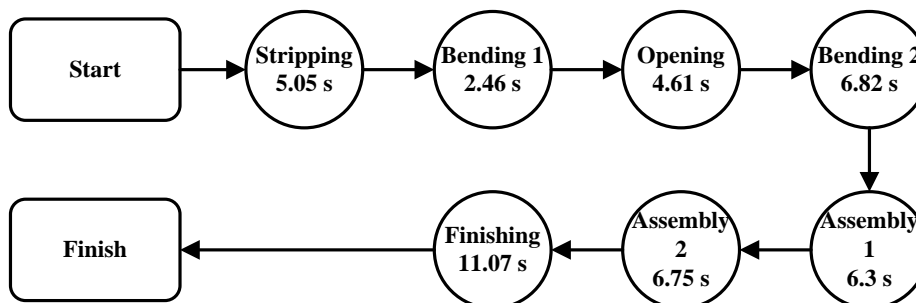
Tabel 2.6 Waktu Baku Elemen Kerja

No.	Elemen Kerja	Waktu Baku (Detik)
1	<i>Stripping</i>	5.05
2	<i>Bending 1</i>	2.46
3	<i>Opening</i>	4.61
4	<i>Bending 2</i>	6.82
5	<i>Assembly 1</i>	6.3
6	<i>Assembly 2</i>	6.75
7	<i>Finishing</i>	11.07

Nama yang lebih populer dari metode ini adalah metode bobot posisi peringkat (Rank Positional Weight). Metode ini sesuai dengan namanya, dikemukakan oleh Helgeson dan Birnie. Langkah – langkah dalam metode ini adalah sebagai berikut (Elsayed dan Thomas 1994):

1. Buatlah precedence diagram.

2. Tentukan posisi peringkat (positional weight) untuk setiap elemen kerja (sebuah posisi peringkat sebuah operasi berhubungan pada waktu alur terpanjang dari awal operasi hingga akhir jaringan).
3. Urutkan elemen – elemen kerja berdasarkan posisi peringkat pada langkah nomor 2. Elemen kerja dengan posisi peringkat paling tinggi diurutkan paling pertama.
4. Proses penempatan elemen – elemen kerja pada stasiun kerja, dimana elemen kerja dengan posisi peringkat dan urutan paling tinggi yang ditempatkan pertama.
5. Jika pada stasiun kerja ada sisa waktu setelah menempatkan sebuah operasi, tempatkan operasi dengan urutan selanjutnya pada stasiun kerja, sepanjang operasi tidak melanggar hubungan precedence, waktu stasiun kerja tidak melebihi waktu siklus.
6. Ulangi langkah 4 dan 5 sampai semua elemen kerja ditempatkan pada stasiun kerja.



Gambar 2.1 Precedence Diagram Current Coil

Tabel 2.7 Bobot Elemen Kerja

No.	Elemen Kerja	Bobot
1	<i>Stripping</i>	43.06
2	<i>Bending 1</i>	38.01
3	<i>Opening</i>	35.55
4	<i>Bending 2</i>	30.94
5	<i>Assembly 1</i>	24.12
6	<i>Assembly 2</i>	17.82
7	<i>Finishing</i>	11.07

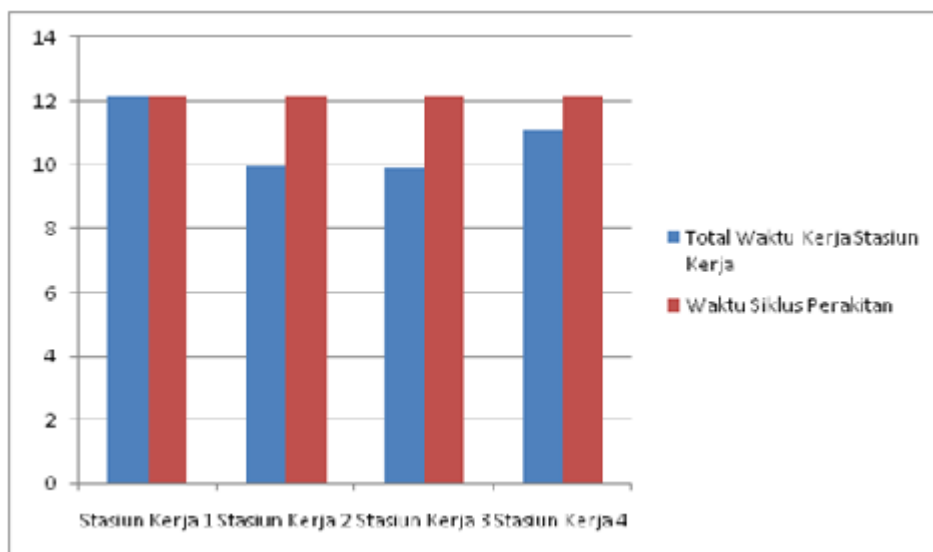
Dengan menggunakan waktu siklus sebesar 12.15 detik sebagai waktu batasan maksimal untuk sebuah stasiun kerja dalam melakukan proses produksi dalam pembuatan sebuah produk, maka pengalokasian elemen – elemen kerja terhadap stasiun kerja dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.8 Hasil Alokasi Elemen Kerja Metode Helgeson-Birnle

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu (ti)	Total Waktu	Idle (Detik)
1	Stripping	5.05	12.12	0.03

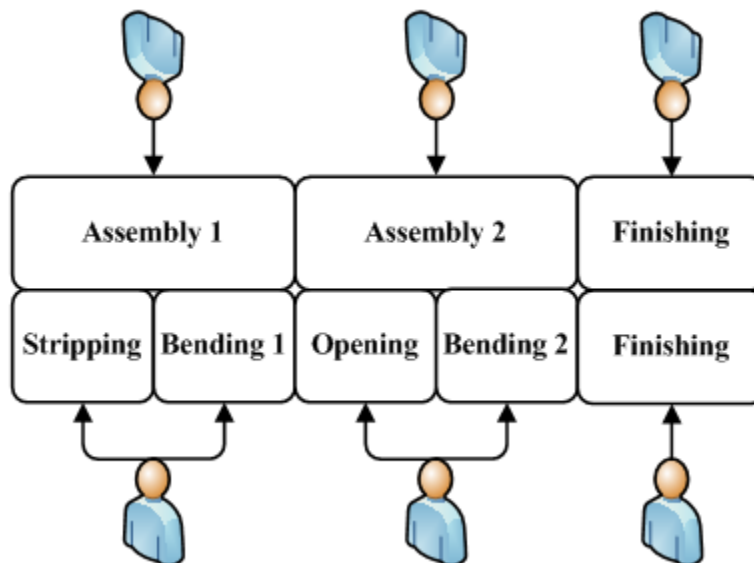
	Bending 1	2.46		
	Opening	4.61		
2	Bending 2	6.82	9.97	2.18
	Assembly 1	3.15		
3	Assembly 1	3.15	9.9	2.25
	Assembly 2	6.75		
4	Finishing	11.07	11.07	1.08
Total Idle				5.54

Berdasarkan tabel 4.30 Hasil Alokasi Elemen Kerja Metode Helgeson-Birnie di atas, dapat dilihat bahwa dibutuhkan 4 stasiun kerja untuk memenuhi permintaan produksi selama 4 bulan terakhir berdasarkan peramalan permintaan dengan metode four periods moving average. Untuk mempermudah melihat perbandingan antara waktu siklus perakitan dengan total waktu kerja stasiun kerja, maka bisa dilihat pada gambar di bawah ini.

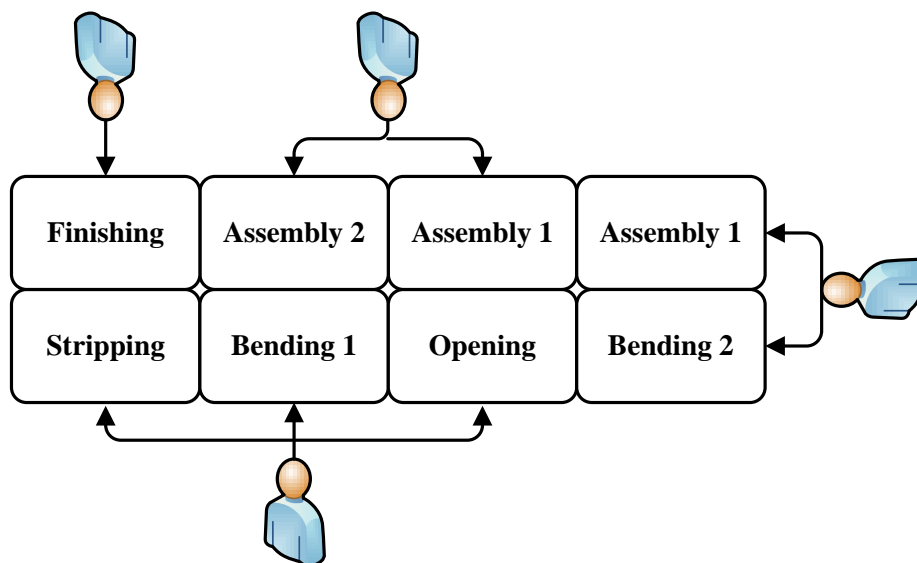


Gambar 2.2 Perbandingan Antara Waktu Siklus Perakitan Dengan Total Waktu Kerja Stasiun Kerja

Untuk lebih mudah dalam memahami penempatan stasiun kerja terhadap elemen kerja dan membandingkan perbedaan antara penempatan stasiun kerja aktual dengan stasiun kerja usulan, maka bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Penempatan Stasiun Kerja Aktual



Gambar 2.4 Penempatan Stasiun Kerja Usulan

Pengukuran Performansi

Pengukuran performansi dilakukan untuk mengetahui dan membandingkan peningkatan efisiensi dari lini perakitan aktual dengan lini perakitan usulan.

Menurut Respati Ayuningtyas, Nasir Widha Setyanto, dan Remba Yanuar Efranto (2007), untuk mengukur performansi sebelum dan sesudah dilakukan proses keseimbangan lintasan produksi, dilakukan kriteria – kriteria berikut ini:

1. Efisiensi Lintasan

Efisiensi lintasan adalah rasio antara waktu yang digunakan dengan waktu yang tersedia. Berkaitan dengan waktu yang tersedia, lintasan akan mencapai keseimbangan apabila setiap stasiun kerja mempunyai waktu yang sama. Pendistribusian elemen kerja yang ada membentuk stasiun kerja dilakukan berdasarkan waktu siklus. Rumus untuk menentukan efisiensi lintasan perakitan setelah proses keseimbangan lintasan adalah sebagai berikut.

$$Eff = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT \times n} \times 100\%$$

Dimana:

t_i = Waktu operasi

n = Jumlah stasiun kerja

CT = Waktu siklus

2. Balance Delay

Balance Delay adalah rasio antara waktu idle dalam lintasan perakitan dengan waktu yang tersedia. Rumus yang digunakan untuk menentukan balance delay lini perakitan adalah sebagai berikut.

$$BD = \frac{(n \times CT) - \sum_{i=1}^n t_i}{n \times CT} \times 100\%$$

Dimana:

n = Jumlah stasiun kerja CT = Waktu siklus

$\sum t_i$ = Jumlah waktu operasi dari semua operasi

t_i = Waktu operasi

BD = Balance delay (%)

3. Smoothing Index

Adalah suatu indeks yang mempunyai kelancaran relative dari penyeimbang lintasan perakitan tertentu. Formula yang digunakan untuk menentukan besarnya SI adalah sebagai berikut.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^n (STi_{max} - STi)^2}$$

Dimana:

STi_{max} = Waktu maksimum di stasiun

STi = Waktu stasiun di stasiun kerja ke- i

Nilai minimum dari smoothing index adalah 0, yang menandakan masing – masing stasiun kerja memiliki waktu proses yang sama.

Tabel 2.9 Pengukuran Performansi November 2014

Kriteria	Lini Perakitan Aktual	Lini Perakitan Usulan
Jumlah Waktu Kerja	576,000	576,000

Jumlah Target Produksi	62,904	48,980
Jumlah Man Power	6	4
Waktu Siklus (detik)	9.15	11.75
Persentase Efisiensi (%)	78.43%	91.61%
Persentase Balance Delay	21.56%	8.38%
Smoothing Index	7.36	3.26

Tabel 2.10 Pengukuran Performansi Desember 2014

Kriteria	Lini Perakitan Aktual	Lini Perakitan Usulan
Jumlah Waktu Kerja	576,000	576,000
Jumlah Target Produksi	61,936	49,504
Jumlah Man Power	6	4
Waktu Siklus (detik)	9.29	11.63
Persentase Efisiensi (%)	77.25%	92.56%
Persentase Balance Delay	22.74%	7.43%
Smoothing Index	7.36	3.26

Tabel 2.11 Pengukuran Performansi Januari 2015

Kriteria	Lini Perakitan Aktual	Lini Perakitan Usulan
Jumlah Waktu Kerja	576,000	576,000
Jumlah Target Produksi	63,484	47,506
Jumlah Man Power	6	4
Waktu Siklus (detik)	9.07	12.12
Persentase Efisiensi (%)	79.12%	88.82%
Persentase Balance Delay	20.87%	11.17%
Smoothing Index	7.36	3.26

Tabel 2.12 Pengukuran Performansi Februari 2015

Kriteria	Lini Perakitan Aktual	Lini Perakitan Usulan
Jumlah Waktu Kerja	547,200	547,200
Jumlah Target Produksi	51,097	41,669
Jumlah Man Power	5	4
Waktu Siklus (detik)	10.7	13.13
Persentase Efisiensi (%)	80.48%	81.98%
Persentase Balance Delay	19.51%	18.01%
Smoothing Index	7.36	3.26

Tabel 2.13 Peningkatan Performansi

Bulan	Efisiensi Lini Perakitan Aktual (%)	Efisiensi Lini Perakitan Usulan (%)	Peningkatan Efisiensi (%)
November	78.43%	91.61%	13.18%
Desember	77.25%	92.56%	15.31%
Januari 2015	79.12%	88.82%	9.7%
Februari 2015	80.48%	81.98%	1.5%
Rata – Rata			9.92%

Berdasarkan tabel – tabel hasil pengukuran performansi dari bulan November 2014 – Februari 2015 diatas, dapat diketahui bahwa lini perakitan current coil usulan dengan menggunakan metode *Line Balancing* Helgeson-Birnie mempunyai tingkat efisiensi rata – rata yang lebih besar sebanyak 9.92% selama 4 bulan ke belakang, dan lebih stabil dalam penentuan stasiun kerja yang dibutuhkan.

ProModel

ProModel (Production Modeler) adalah perangkat simulasi untuk berbagai macam sistem manufaktur dan jasa (www.promodel.com). Dalam membangun model dari suatu sistem, software ProModel menyediakan beberapa elemen – elemen dasar, yaitu locations, entities, arrivals, processing, path networks, dan resources. Dibawah ini merupakan elemen – elemen dasar yang digunakan dalam pembuatan model lini perakitan current coil.

- *Locations*

<i>Name</i>	<i>Units</i>
<i>stripping</i>	1
<i>bending1</i>	1
<i>opening</i>	1
<i>bending2</i>	1
<i>assembly1</i>	2
<i>assembly2</i>	1
<i>finishing</i>	1

- *Entities*

<i>Entities</i>
Enamel

- *Arrivals*

<i>Entity</i>	<i>Location</i>	<i>Qty</i> <i>Each</i>	<i>Occurrences</i>	<i>Frequency</i>
enamel	stripping	1	49,504	8.51

- *Resources*

<i>Name</i>	<i>Units</i>
mp	4

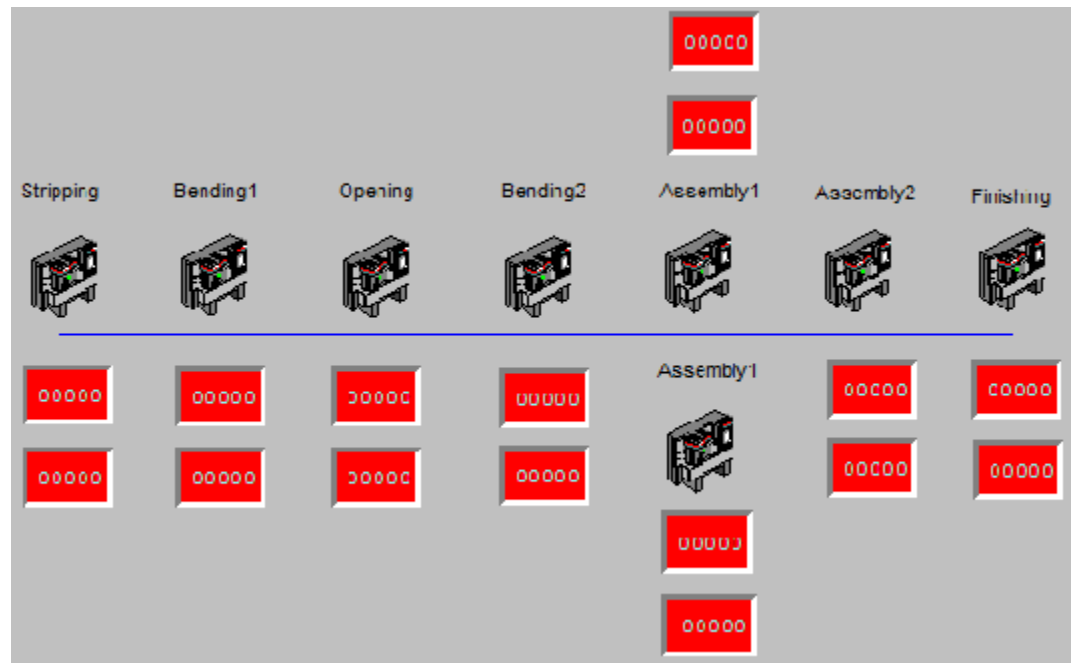
- *Path networks*

<i>Net1</i>				
<i>Paths</i>			<i>Node</i>	<i>Location</i>
<i>From</i>	<i>To</i>	<i>Distance</i>	N1	stripping
N1	N2	1	N2	bending1
N2	N3	1	N3	opening
N3	N4	1	N4	bending2
N4	N5	1	N5	assembly1
N5	N6	1	N6	assembly2
N6	N7	1	N7	finishing

- *Processing*

<i>Entity</i>	<i>Location</i>	<i>Operation</i>	<i>Output</i>	<i>Destination</i>
enamel	stripping	USE 1mp FOR 5.05	enamel	bending1
enamel	bending1	USE 1mp FOR 2.46	enamel	Opening
enamel	opening	USE 1mp FOR 4.61	enamel	bending2
enamel	bending2	USE 1mp FOR 6.82	enamel	assembly1
enamel	assembly1	USE 1mp FOR 6.3	enamel	assembly2
enamel	assembly2	USE 1mp FOR 6.75	enamel	Finishing

enamel	finishing	USE Imp FOR	enamel	EXIT
--------	-----------	----------------	--------	------



Gambar 2.5 Model Lini Perakitan Current Coil

Dengan menggunakan elemen – elemen dasar di atas dalam pembuatan model lini perakitan current coil pada *software ProModel 6.0*, maka akan didapatkan hasil seperti berikut:

Tabel 2.14 *Simulation Run*

Run Hours: 160			
Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Travel To Use
mp.1	153.51	96.43	3.57
mp.2	153.51	96.43	3.57
mp.3	153.51	96.42	3.58
mp.4	153.51	96.42	3.58

Dengan melihat tabel 4.42 di atas, dapat dilihat bahwa lini perakitan current coil dapat merakit 49,504 pcs current coil dengan menggunakan 4 stasiun kerja dalam waktu 153.51 jam dari total waktu 160 jam. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa lini perakitan current coil sudah dapat memenuhi jumlah permintaan.

PENUTUP

Hasil yang didapat dengan menggunakan metode – metode di atas adalah dibutuhkan 4 stasiun kerja untuk 4 bulan terakhir dengan kemampuan merakit

49,504 pcs (jumlah permintaan tertinggi berdasarkan hasil peramalan four periods moving average selama 4 bulan terakhir) current coil dalam waktu 153.51 jam dari total 160 jam waktu kerja dan rata – rata kenaikan tingkat efisiensi selama 4 bulan terakhir sebanyak 9.92%

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuningtyas, Respati. Setyanto, Nasir Widha. Efranto, Remba Yanuar. 2007. ANALISIS PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN EFISIENSI KERJA DENGAN PENERAPAN KAIZEN (Studi Kasus pada PT Beiersdorf Indonesia PC Malang). Malang. Universitas Brawijaya.
- Barnes, Ralph M. 1980. Motion and Time Study: Design and Measurement of Work, 7th edition. Newyork. Wiley.
- Elsayed, A. E. Boucher, Thomas O. 1994. Analysis and Control of Production Systems, 2nd edition, Prantice Hall International Editions.
- Falevy, Marcelina Rizka. Samsono, M.zen. Saleh, Akuwan. 2011. SISTEM PERAMALAN HARGA SEMBAKO BERBASIS MOVING AVERAGE DENGAN BREW PLATFORM SEBAGAI MOBIL INTERFACES. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gaspersz, Vincent. 2004. Production Planning and Inventory Control. Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Umum.
- Gian, Gargentiana. 2013. ANALISIS EFEKTIVITAS SISTEM ANTRIAN TELLER BANK BNI DENGAN VISUALISASI PROMODEL (STUDI KASUS CABANG UNIVERSITAS INDONESIA DEPOK. Depok. Universitas Indonesia.
- Gofur, Abdul Ade. Widianti, Utami Dewi. 2013. SISTEM PERAMALAN UNTUK PENGADAAN MATERIAL UNIT INJECTION DI PT. XYZ. Bandung. Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika [KOMPUTA].
- Gozali, Lina. Widodo, Lamto. Bernhard, Martin. 2006. ANALISA KESEIMBANGAN LINI PADA DEPARTEMEN CHASSIS PT TOYOTA MOTOR MANUFACTURING INDONESIA DENGAN ALGORITMA ANT COLONY, RANK POSITIONAL WEIGHT, DAN ALGORITMA GENETIKA. Jakarta. Universitas Tarumanagara.
- Henry R, Eben. 2011. ANALISA PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI PADA LINE ASSEMBLING TRANSMISI PT. X DENGAN METODE *LINE BALANCING*. Depok. Universitas Indonesia.
- Law, A.M., Kelton, W.D. 2000. Simulation Modeling and Analysis, 3rd edition. USA. McGrawHill.
- Laksono, Galuh Dwi. Nurdin, Riani. Astuti, Marni. 2011. SIMULASI SISTEM PROSES PRODUKSI DI PT. BAJA KURNIA, BATUR, CEPER, KLATEN. Klaten.
- NPTEL. 2003. Performance Rating. (http://nptel.ac.in/courses/112107142/part1/table9_1.htm, diakses 9 May 2015)
- Riyanto, Agus. 2012. ANALISIS SIMULASI ANTRIAN NASABAH DI BANK BNI 46 Tbk. Bandung. Universitas Komputer Indonesia.
- Riyanto, Agus. 2014. SIMULASI SISTEM ANTRIAN MENGGUNAKAN PROMODEL DI RS HASAN SADIKIN BANDUNG. Bandung. Universitas Komputer Indonesia.
- Samosir, Phalen Efod. 2014. Penentuan Jumlah Kedatangan Armada Optimal KRL Commuter Line Jalur Bekasi – Manggarai Untuk Skenario Kenaikan

Jumlah Penumpang Menggunakan Simulasi ProModel. Jakarta. Universitas
Bunda Mulia.

Turner, W.C., Mize, J.H., Case, K.E., Nazemetz, J.W., 1993. Pengantar Teknik
dan Sistem Industri. Surabaya. Guna Widya.

Wignjosoebroto, S. 2008. Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu : Teknik Analisis
Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja. Surabaya. Guna Widya.