

**PERANCANGAN LINI PERAKITAN MOTOR LISTRIK BLDC 5 KW UNTUK
MENINGKATKAN EFISIENSI LINI DENGAN MENGGUNAKAN METODE
MOODIE YOUNG DAN PENDEKATAN SIMULASI PADA PT XYZ**

***ASSEMBLY LINE DESIGN FOR BLDC 5 KW ELECTRIC MOTOR TO IMPROVE LINE
EFFICIENCY USING MOODIE YOUNG METHOD AND SIMULATION APPROACH
IN PT XYZ***

Evita Rengganis¹, Dida Diah Damayanti², Widia Juliani³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹evitarengganis@telkomuniversity.ac.id, ²didadiah@telkomuniversity.com,

³widiajuliani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT XYZ di bagian divisi alat berat memproduksi motor listrik BLDC 5 kW. Pada lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW terdapat permasalahan yaitu tidak tercapainya target produksi dan adanya peningkatan permintaan motor listrik BLDC 5 kW pada tahun 2020 sebesar 20%. Sehingga perlu dilakukannya sebuah penelitian perancangan suatu lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW dengan tujuan meningkatkan efisiensi lini dengan meminimasi jumlah stasiun kerja menggunakan metode moodie young, dan untuk memvalidasi hasil perhitungan dengan metode tersebut digunakan *software* Arena Simulation. Proses perakitan motor listrik BLDC 5 kW dilakukan secara manual sehingga waktu mengalami berfluktuasi dan dibutuhkan observasi. Dari hasil perbandingan antara lini perakitan aktual dan lini perakitan usulan dengan melakukan pengalokasian elemen kerja dengan waktu dari hasil observasi maka diperoleh peningkatan efisiensi lini menjadi 84,55%, jumlah stasiun kerja dapat di-minimasi menjadi 4 stasiun kerja dan berdasarkan hasil simulasi untuk memproduksi 30 unit produk dibutuhkan waktu selama 7,97 jam. Sedangkan untuk lini perakitan usulan dengan kenaikan permintaan sebesar 20% diperoleh efisiensi lini sebesar 79,85%, dengan jumlah stasiun sebanyak 8 stasiun kerja dan berdasarkan hasil simulasi untuk memproduksi 36 unit produk dibutuhkan waktu selama 8,5 jam.

Kata kunci: Penyeimbangan Lini Perakitan, Moodie Young, Simulasi.

Abstract

PT XYZ in heavy equipment division produces BLDC 5 kW electric motors. In the BLDC 5 kW electric motor assembly line there are problems occurs that is not achieving production target and increasing demand for BLDC 5 kW electric motors in 2020 by 20%. So its necessary to do research about design of BLDC 5 kW electric motor assembly line with the aim of increasing line efficiency by minimizing the number of work stations using the moodie young method, and to validate the calculation results with those method we used Arena Simulation software. Process of BLDC 5 kW electric motor assembly is done manually so that time is so that time experiences fluctuations and observations are needed. From the results of comparison between actual assembly line and the proposed assembly line by allocating work elements with time from the observation, it can increases line efficiency to 84.55%, a total work stasoins can be minimized to 4 work stations and based on simulation results to produce 30 unit product takes 7.97 hours. Whereas for the proposed assembly line with an increase in demand of 20%, line efficiency is 79.85%, with a total 8 work stations and based on simulation results to produce 36 units product it took 8.5 hours.

Keywords: Assembly Line Balancing, Moodie Young, Simulation

1. Pendahuluan

PT XYZ terdapat satu divisi yaitu divisi Alat Berat, Alat Berat merupakan divisi yang memproduksi produk pendukung industri kontruksi, pertambangan, perkapalan, kelistrikan dan pertanian. Produk jasa yang disediakan salah satunya yaitu perakitan motor listrik BLDC 5 kW. Jumlah target produksi pada tahun 2019 adalah sebanyak 7176 unit, dan pada tahun 2020 adanya rencana kenaikan permintaan sebesar 20% sehingga jumlah target produksi menjadi 8612 unit.

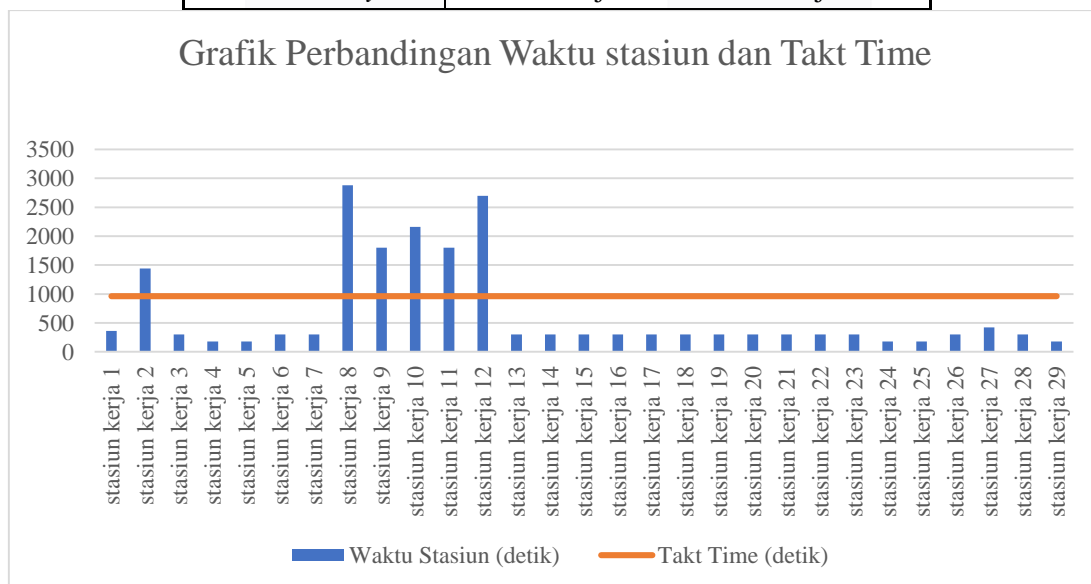
Lini Perakitan motor listrik BLDC 5 kW terbagi menjadi 2 *Sub-Assembly* yaitu perakitan *Rotor Complete*, perakitan *Stator Complete* dan satu lini perakitan *Final Assembly*. Namun pada penelitian kali ini hanya akan berfokus pada perakitan *Final Assembly*.

Pada Gambar 1-1 di beberapa stasiun kerja terdapat waktu stasiun kerja yang melebihi *takt time*, Pada grafik juga dapat dilihat stasiun kerja 2 pada *Sub-Assembly Rotor Complete* (Tabel 1-1) memiliki waktu stasiun kerja yang melebihi *takt time* dan pada *Sub-Assembly Stator Complete* (Tabel 1-1) waktu stasiun kerja yang melebihi *takt time* adalah stasiun Kerja 8, 9, 10, 11 dan 12.

Karena pada *Sub-Assembly Rotor Complete* dan *Sub-Assembly* terdapat waktu stasiun kerja yang melebihi *takt time*. Maka menimbulkan keterlambatan kedatangan material pada *Final Assembly*. Dalam proses perakitan motor listrik BLDC 5 kW, sebagian besar proses dilakukan secara manual sehingga waktu proses pada lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW akan berfluktuasi maka diperlukan observasi pada lini perakitan untuk memperoleh data waktu proses yang dapat diuji agar diketahui apakah data berasal dari sistem dan karakteristik yang sama.

Tabel 1- 1 *Sub-Assembly* Pada Motor Listrik BLDC 5kW

<i>Sub-Assembly</i>	Stasiun Kerja
<i>Rotor Complete</i>	Stasiun Kerja 1 - Stasiun Kerja 7
<i>Stator Complete</i>	Stasiun Kerja 8 - Stasiun Kerja 18
<i>Final Assembly</i>	Stasiun Kerja 19 - Stasiun Kerja 29



Gambar 1- 1 Grafik Perbandingan Waktu Stasiun dan *Takt Time*

Faktor- faktor seperti keterlambatan kedatangan material pada proses *Final Assembly* akan menimbulkan waktu menunggu. Hal tersebutlah yang menyebabkan tingkat produktivitas yang rendah pada lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW.

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa terdapat masalah pada lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW diantaranya tidak tercapainya target produksi dan pengalokasian elemen kerja yang kurang optimal maka dibutuhkan suatu penyeimbangan lini perakitan. Jurnal ini bertujuan untuk membuat rancangan suatu lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW PT XYZ untuk mengoptimumkan target produksi pada tahun 2019 dan 2020 dan meningkatkan efisiensi dengan cara meminimasi jumlah stasiun kerja menggunakan metode *moodie* dan untuk memvalidasi hasil perhitungan tersebut, digunakan pendekatan simulasi dan *software* yang digunakan pada penelitian ini yaitu Arena Simulation18.0.

Berdasarkan latar belakang diatas, perumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana merancang suatu lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW PT XYZ untuk mengoptimumkan target produksi dan meningkatkan efisiensi dengan cara meminimasi jumlah stasiun kerja menggunakan pendekatan simulasi?
2. Bagaimana merancang suatu lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW PT XYZ untuk mengoptimumkan target produksi dan meningkatkan efisiensi dengan cara meminimasi jumlah stasiun kerja menggunakan pendekatan simulasi setelah adanya kenaikan demand sebesar 20%?

2. Dasar Teori

2.1 Metode Moodie Young

Metode *moodie young* [1] terdiri atas 2 fase. Fase pertama adalah Fase pertama adalah menempatkan elemen kerja pada stasiun kerja dengan aturan, bila terdapat dua elemen kerja yang bisa dipilih maka elemen kerja yang mempunyai waktu lebih besar ditempatkan diurutan teratas. Pada fase ini juga dibuat matriks P dan F yang menggambarkan matriks (P) sebagai elemen kerja pendahulu dan matriks (F) sebagai elemen kerja yang mengikuti untuk semua elemen kerja yang ada.

Pada fase kedua mencoba untuk mendistribusikan waktu menganggur (*idle*) secara merata tiap stasiun kerja melalui mekanisme jual dan pindah elemen kerja antar dua stasiun, yaitu antara stasiun kerja dengan waktu kerja maksimum dan stasiun kerja dengan waktu kerja minimum. Langkah pada fase kedua adalah sebagai berikut:

- a. Identifikasi waktu stasiun kerja terbesar dan waktu stasiun kerja terkecil
- b. Tentukan *GOAL*, dengan rumus:

$$GOAL = \frac{ST_{max} - ST_{min}}{2} = \quad (1)$$

- c. Identifikasi sebuah elemen kerja terdapat dalam stasiun kerja dengan waktu paling maksimum, yang mempunyai waktu lebih kecil dari *GOAL*, yang elemen kerja tersebut apabila dipindah ke stasiun kerja dengan waktu paling minimum dan tidak melanggar *precedence* diagram.
- d. Pindahkan Elemen Kerja tersebut.
- e. Ulangi evaluasi sampai tidak ada elemen kerja yang dapat dipindah.

Setelah hasil alokasi pada metode moodie young, dilakukan perhitungan performansi lini perakitan. Dengan Indikator orersebut ialah: (i) efisiensi lini (LE); (ii) *balance delay* (iii) dan, *smoothing index*.

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^n ST_i}{(K)(CT)} \times 100\% \quad (2)$$

$$BD = \frac{(n \times C) - \sum_{i=1}^n t_i}{(n \times C)} \times 100\% = \quad (3)$$

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^m (ST_{i_{maks}} - ST_i)^2} \quad (4)$$

2.2 Metode Simulasi

Simulasi adalah suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah [1].

Tahap-tahap dalam melakukan simulasi adalah sebagai berikut:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| a. <i>Problem formulation</i> | f. <i>Model translation</i> |
| b. <i>Setting objectives and overall plan project</i> | g. <i>Verified</i> |
| c. <i>Model conceptualization</i> | h. <i>Validated</i> |
| d. <i>Data collection</i> | i. <i>Production run and analysis</i> |
| e. <i>Problem formulation</i> | |

3. Pembahasan

3.1 Keseimbangan Lini Aktual

- Pada lini perakitan *Final Assembly* motor listrik BLDC 5 kW terdapat 11 stasiun kerja dimana setiap stasiun kerja terdiri atas 1 elemen kerja.
- Waktu siklus adalah waktu stasiun kerja pada lini perakitan *Final Assembly* dengan waktu terlama terjadi pada proses perakitan *Cable Gland* selama 420 detik.
- Pada lini perakitan *Final Assembly* diperoleh nilai efisiensi aktual sebesar 66,23%.
- Pada lini perakitan *Final Assembly* diperoleh nilai *balance delay* aktual sebesar 33,76%.
- Nilai indeks kelancaran dari lini perakitan *Final Assembly* adalah sebesar 590,93.

3.2 Perhitungan Moodie young dengan Data Probabilistik

Dalam melakukan pengelompokkan elemen kerja pada beberapa stasiun kerja menggunakan metode *moodie young* dilakukan pengelompokkan elemen kerja pada beberapa stasiun kerja dilakukan pada 2 buah fase. Untuk data matriks P dan F dapat dilihat pada tabel 1-2 dan hasil alokasi elemen kerja dapat dilihat tabel tabel 1-3.

Tabel 1- 2 Matriks P dan F

ELEMEN	MATRIKS		t_i	MATRIKS	
1	0	0	302,667	2	4
2	1	0	297,067	3	0
3	2	0	303,833	8	0
4	1	0	314,200	5	0
5	4	0	310,367	6	0
6	5	0	180,067	7	0
7	6	0	171,333	8	0
8	3	7	312,533	9	0
9	8	0	415,233	10	0
10	9	0	305,200	11	0
11	10	0	178,533	0	0

Pada fase 2 setelah dilakukan perhitungan dengan rumus (1), diperoleh nilai *GOAL* adalah 215,1 detik.

$$GOAL = \frac{913,933 \text{ detik} - 483,733 \text{ detik}}{2} = 215,1 \text{ detik}$$

Berdasarkan langkah pada fase 2, maka tidak ada elemen kerja dari stasiun kerja I yang dapat dipindah ke stasiun kerja IV. Dikarenakan aktivitas bersifat dependen maka aktivitas tidak dapat dipindah.

Tabel 1- 3 Hasil Alokasi Elemen Kerja

Stasiun	Waktu	Elemen	ti	STk	Idle
I	960	1	302,667	913,933	46,0666667
		4	314,200		
		2	297,067		
II	960	5	310,367	794,267	165,733
		3	303,833		
		6	180,067		
III	960	7	171,333	899,100	60,9
		8	312,533		
		9	415,233		
IV	960	10	305,200	483,733	476,266667
		11	178,533		

Lalu dilakukan perhitungan tingkat performansi dan diperoleh nilai efisiensi sebesar 84,55%, nilai *balance delay* sebesar 15,45% dan nilai indeks kelancaran adalah sebesar 446,78 dan jumlah stasiun kerja berkurang menjadi 4 stasiun kerja.

3.3 Perhitungan *Modie young* dengan Data Probabilistik dan Kenaikan *Demand* 20%.

Dalam melakukan perhitungan dengan metode *moodie young* dilakukan pengelompokkan elemen kerja pada beberapa stasiun kerja dilakukan pada 2 buah fase. Karena waktu operasinya sama dengan perhitungan *moodie young* dengan probabilistik, maka matriks P dan F dapat dilihat pada tabel 1-2 dan hasil alokasi elemen kerja dapat dilihat tabel 1-4.

Tabel 1- 4 Hasil Alokasi Elemen Kerja

Stasiun Kerja,	Waktu	Elemen	ti	STk	Idle
I	600	1	302,667	302,667	297,333
II	600	4	314,200	314,200	285,800
III	600	2	297,067	297,067	302,933
IV	600	5	310,367	310,367	289,633
V	600	3	303,833	483,900	116,100
		6	180,067		
VI	600	7	171,333	483,867	116,133
		8	312,533		
VII	600	9	415,233	415,233	184,767
VIII	600	10	305,200	483,733	116,267
		11	178,533		

Pada fase 2 setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai *GOAL* 215,1 detik.

$$GOAL = \frac{483,9 \text{ detik} - 297,067 \text{ detik}}{2} = 93,4 \text{ detik}$$

Berdasarkan langkah pada fase, maka tidak ada elemen kerja dari stasiun kerja V yang dapat dipindah ke stasiun kerja III. Dikarenakan aktivitas bersifat dependen maka aktivitas tidak dapat dipindah. Lalu dilakukan perhitungan tingkat performansi dan diperoleh nilai efisiensi sebesar 79,85%, nilai *balance delay* sebesar 20,15%, nilai indeks kelancaran sebesar 362,46 dan jumlah kerja berkurang menjadi 8 stasiun kerja.

3.4 Perancangan Model Simulasi

a. Problem Formulation

Pada lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW *sub-Assembly Final Assembly* pengalokasian elemen kerja yang kurang optimum sehingga menghasilkan produktivitas yang rendah.

b. Setting Objectives and Overall Plan Project

Tujuan dari perancangan model ini adalah untuk memverifikasi dan memvalidasi hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *modie young*.

c. Model Consectualization

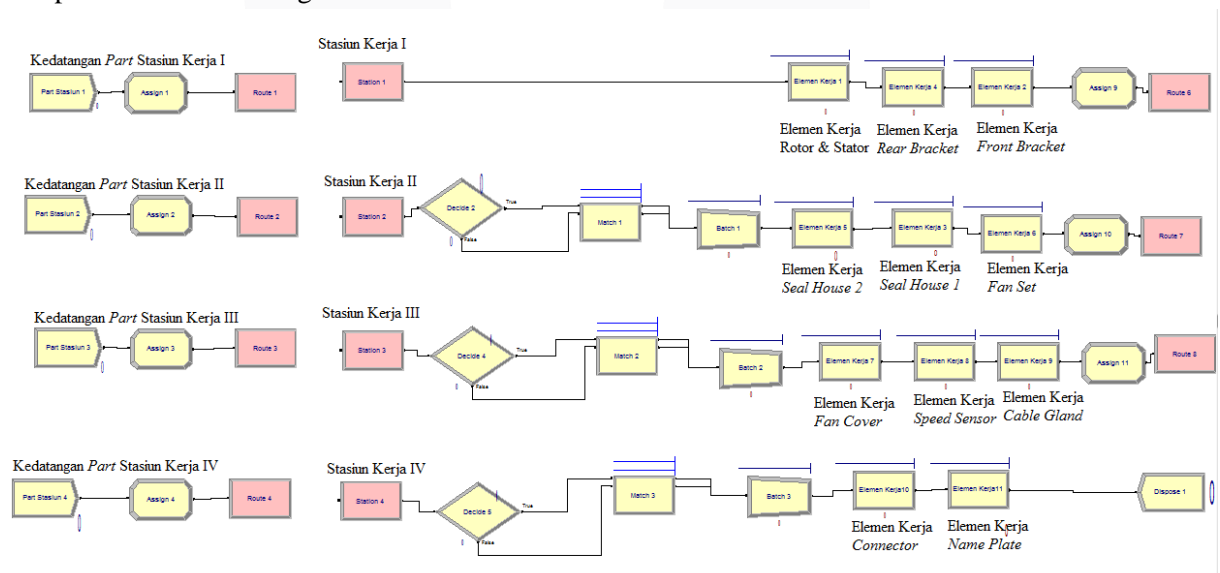
Model konseptual menjelaskan rancangan keterkaitan antar komponen di dalam sebuah sistem, yang dijadikan sebagai acuan untuk merancang model simulasi yang pada *software* Arena simulation 18.0.

d. Data Colecction and Analysis

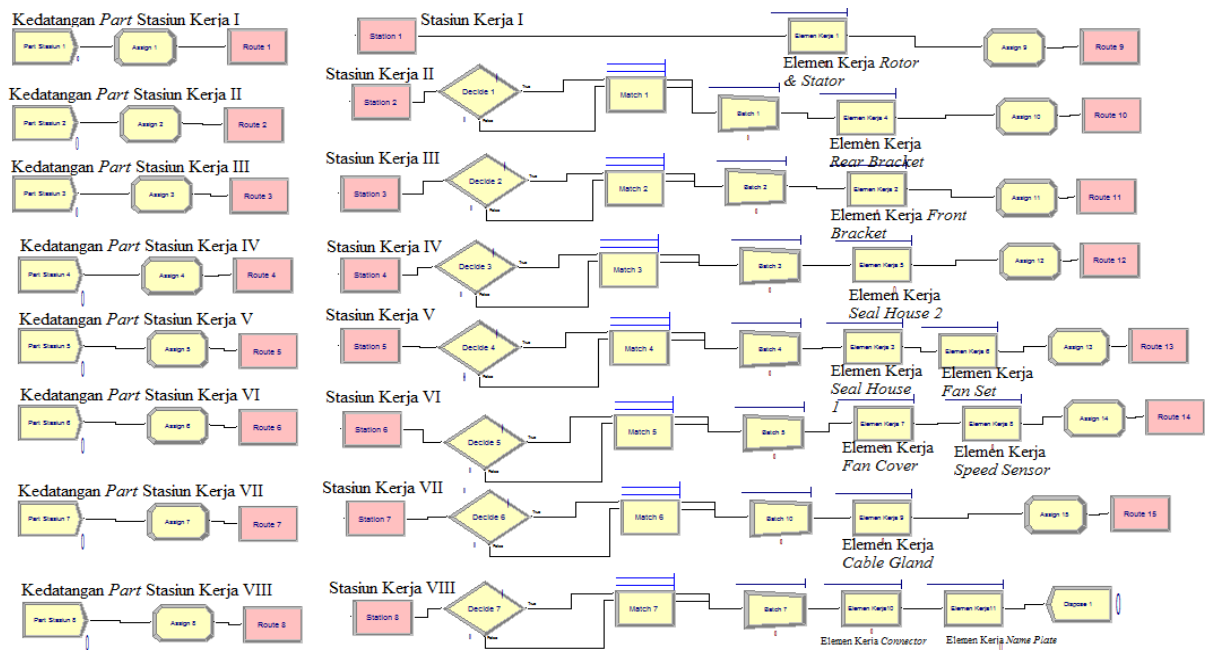
Data yang digunakan sebagai input dalam simulasi adalah data waktu operasi, yang akan dilakukan identifikasi dengan melakukan uji normalitas, uji keseragaman data dan uji kecukupan data.

e. Model Translation

Untuk menerjemahkan sistem kedalam sebuah program komputer dilakukanlah translasi model, *software* yang digunakan adalah *Arena Simulation 18.0*. Model yang telah diterjemahkan dapat dilihat pada Gambar 1-2 untuk model simulasi lini perakitan usulan dan 1-3 untuk model simulasi lini perakitan usulan dengan kenaikan *demand* 20%.



Gambar 1-2 Model Simulasi Lini Perakitan Usulan



Gambar 1- 3 Model Simulasi Lini Perakitan Usulan dengan Kenaikan Demand 20%

f. Verified

Untuk memastikan bahwa model simulasi yang telah dibuat telah menerjemahkan model konseptual maka dilakukan verifikasi. Salah satu bentuk verifikasi adalah pemeriksaan struktur program terhadap model konseptual. Berikut ini adalah verifikasi struktur program: waktu kedatangan material, proses produksi, operator, antrian, *decide* dan *match*.

g. Validated

Untuk memvalidasi lini perakitan usulan yang telah dibuat agar hasil simulasi yang diperoleh dapat dikatakan valid atau akurat, maka dilakukan perbandingan waktu simulasi dan aktual dengan melakukan 10 replikasi pada model simulasi lini perakitan usulan.

h. Production Run and Analysis

Pada lini perakitan usulan dilakukan simulasi selama 7,97 jam untuk menghasilkan 30 unit per harinya dan pada lini perakitan usulan dengan kenaikan *demand* 20% dilakukan simulasi selama 8,5 jam untuk menghasilkan 36 produk per harinya. Diperoleh setelah dikurangi dengan *output* produksi sebanyak 15 produk yaitu saat lini perakitan telah stabil. *Output* 15 produk diperoleh setelah waktu simulasi dijalankan selama 5,63 jam pada lini perakitan usulan dan pada lini perakitan usulan dengan kenaikan *demand* 20% dilakukan simulasi selama 4,8 jam.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan penyimbangan lini dengan melakukan minimasi jumlah stasiun kerja pada pada lini perakitan motor listrik BLDC 5 kW sub-Assembly Final assembly dengan menggunakan metode modie young dan simulasi model. Diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pada Tabel 1-5 dapat dilihat bahwa rancangan lini perakitan usulan terdapat perubahan tingkat performansi dimana, efisiensi lini meningkat yaitu dari 66,23% pada lini perakitan aktual, meningkat menjadi 79,69% pada lini perakitan usulan dengan data waktu baku dan 84,55% pada lini perakitan usulan dengan data waktu hasil observasi. Jumlah stasiun kerja berubah dari 11 stasiun kerja pada lini perakitan aktual menjadi 4 stasiun kerja dan dilakukan simulasi target produksi sebanyak 30 unit produk dapat di produksi selama 7,97 jam atau lebih cepat 2 menit dibandingkan dengan jam kerja perusahaan yang telah di tetapkan yaitu 8 jam kerja, sehingga tidak dibutuhkan waktu lembur. Karena

jumlah stasiun kerja berkurang maka jumlah operator berkurang, dari 11 operator pada lini perakitan aktual menjadi 4 operator pada lini perakitan usulan, maka dapat meminimasi biaya tenaga kerja.

Tabel 1- 5 Perbandingan Tingkat Performansi

	Aktual	Usulan	
		Deterministik	Probabilistik
<i>Line Efficiency (%)</i>	66,23	79,69	84,55
<i>Smoothness Index</i>	590,93	540	446,78
<i>Balance Delay(%)</i>	33,77	20,31	15,45
Stasiun Kerja	11	4	4

2. Pada rancangan lini perakitan usulan dengan adanya kenaikan demand 20% tingkat performansinya adalah 85% untuk efisiensi lini dengan data waktu baku dan 79,85% untuk efisiensi lini dengan data waktu hasil observasi. Untuk jumlah stasiun kerja berubah dari 11 stasiun kerja pada lini perakitan aktual menjadi 8 stasiun kerja dan dilakukan simulasi target produksi sebanyak 36 unit produk dapat di produksi selama 8,5 jam atau 30 menit lebih lambat dibandingkan dengan jam kerja perusahaan yang telah di tetapkan yaitu 8 jam kerja, oleh karena itu dibutuhkan waktu lembur selama 30 menit setiap harinya. Karena jumlah stasiun kerja berkurang maka jumlah operator berkurang, dari 11 operator pada lini perakitan aktual menjadi 8 operator pada lini perakitan usulan dengan kenaikan demand 20%, maka dapat meminimasi biaya tenaga kerja.

Daftar Pustaka

- [1] E. Henry, Analisa Peningkatan Kapasitas Produksi Pada Line Assembling Transmisi PT.X Dengan Metode Line Balancing, 2011.
- [2] W. D. Wenno, S. R. Sentinuwo and A. M. Sambul, "Pemodelan dan Simulasi Pedestrian Untuk Evakuasi Bencana pada Kawasan Boulevard Manado Menggunakan Model Cellular Automata," *E-Journal Teknik Informatika*, vol. 9, pp. 1-7, 2016.