

**PERANCANGAN LINTASAN PERAKITAN SUB-ASSEMBLY STATOR COMPLETE
BLDC 5 KW UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI LINI DENGAN
MENGUNAKAN METODE *LINEAR PROGRAMMING* DAN SIMULASI
DI PT. XYZ**

***DESIGN OF ASSEMBLY LINE OF SUB-ASSEMBLY STATOR COMPLETE BLDC 5
KW TO IMPROVE THE LINE EFFICIENCY USING LINEAR PROGRAMMING AND
SIMULATION METHODS IN PT. XYZ***

Putu Ayu Anggrasari Wirawardani¹, Dida Diah Damayanti², Widia Juliani³

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

¹anggrawirawardani@gmail.com, ²didadiah@telkomuniversity.com, ³widiajuliani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi produk Motor Listrik. Penelitian ini meneliti lintasan perakitan produk Sub-Assembly Stator Complete milik produk Motor Listrik BLDC 5 kW. Permasalahan yang terjadi adalah terdapat ketidakseimbangan waktu yang menyebabkan terjadinya bottleneck dan waktu menunggu. Selain itu, waktu siklus yang lebih tinggi daripada takt time yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi. Maka, penelitian ini bertujuan untuk merancang usulan lintasan perakitan dengan meningkatkan efisiensi guna dapat memenuhi target produksi dan merancang usulan lintasan perakitan apabila terjadi kenaikan permintaan sebesar 20% ditahun berikutnya dengan menggunakan metode linear programming menggunakan waktu baku untuk pengalokasian elemen kerja pada masing-masing stasiun kerja dengan software LINGO versi 18.0 serta simulasi menggunakan waktu observasi yang digunakan untuk memvalidasi dan memverifikasi hasil pengalokasian elemen kerja pada stasiun kerja dengan software Arena Simulation versi 14.0. Hasil dari penelitian ini adalah rancangan lintasan perakitan usulan dengan jumlah stasiun kerja, yaitu 17 stasiun kerja, meningkatkan efisiensi lintasan dari 41,48% menjadi 80,51%. Sedangkan, apabila terjadi kenaikan permintaan sebesar 20% ditahun berikutnya, maka rancangan lintasan perakitan usulan dengan jumlah stasiun kerja, yaitu 29 stasiun kerja, memiliki efisiensi lintasan sebesar 79,35%. Berdasarkan hasil rancangan lintasan perakitan usulan, maka perusahaan dapat mencapai target produksi per harinya.

Kata kunci: *Penyeimbangan Lintasan, Stator Complete, Linear Programming, Simulasi*

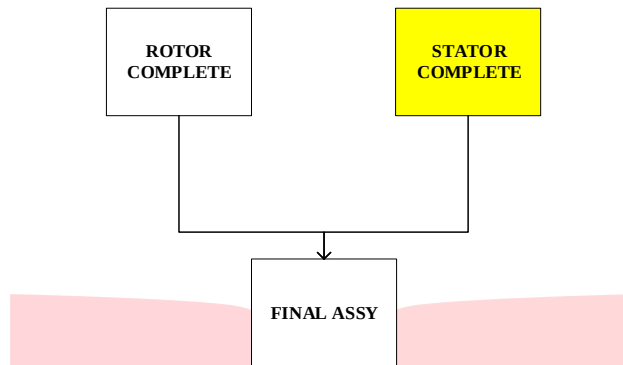
Abstract

PT. XYZ is a company that manufactures Electric Motor products. This study examines the assembly line of Sub-Assembly Stator Complete, sub-assembly of product BLDC 5 kW Electric Motor. The problem that occurs is that there is a time imbalance that causes a bottleneck and waiting time. In addition, cycle times are higher than takt time, which the company cannot achieving the production target. So, this study aims to design a assembly line by increasing line efficiency in order to achieve production targets and designing assembly lines if there is an increase in demand by 20% in the next year using linear programming methods using standard time to allocate work elements to each work station with LINGO software 18.0 version and simulation uses observation time to validate and verify the results of the allocation of work elements on the work station with Arena Simulation software 14.0 version. The results of this study are the proposed assembly line with the number of work stations is 17 work stations, increasing line efficiency from 41.48% to 80.51%. Whereas, if there is an increase in demand of 20% in next year, the assembly line with the number of work stations is 29 work stations, has a line efficiency of 79.35%. Based on the results of the proposed assembly line that the company can achieve the production target per day.

Keywords: *Line Balancing, Stator Complete, Linear Programming, Simulation*

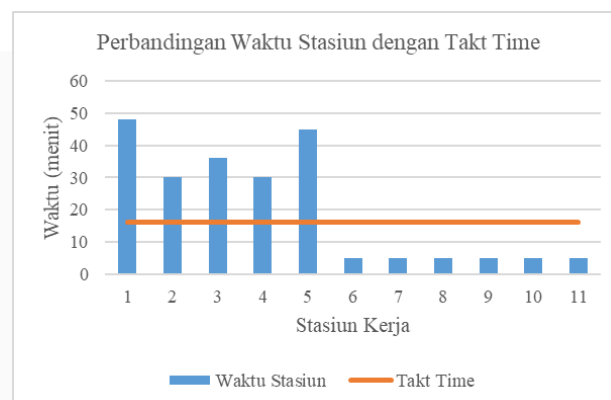
1. Pendahuluan

PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi produk Motor Listrik. Penelitian ini dilakukan pada lintasan perakitan produk Motor Listrik BLDC 5 kW, yaitu *Sub-Assembly Stator Complete* yang memiliki target produksi 7.176 unit/tahun dan akan terjadi kenaikan permintaan sebesar 20% di tahun berikutnya.



Gambar 1. 1 *Precedence Diagram* Secara Umum Motor Listrik BLDC 5 kW

Pada penelitian ini berfokus pada *Sub-Assembly Stator Complete* yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Dengan *available production time* selama 480 menit/hari (5 hari kerja/minggu dengan 8 jam kerja/hari) dan jumlah permintaan 30 unit/hari, maka *takt time* sebesar 16 menit/unit.



Gambar 1. 2 Perbandingan Waktu Stasiun dengan *Takt Time*

Pada Gambar 1.2 menyatakan bahwa terdapat perbandingan antara waktu siklus dan *takt time* pada 5 stasiun kerja dari 11 stasiun kerja yang ada. Terdapat *gap* antara waktu siklus dengan *takt time* sebesar 34 menit pada stasiun kerja 1, 14 menit pada stasiun kerja 2 dan 4, 20 menit pada stasiun kerja 3, serta 29 menit pada stasiun kerja 5. Hal ini menyebabkan adanya aktivitas menunggu dan kurangnya kecepatan waktu dalam menghasilkan produksi sesuai dengan permintaan konsumen, sehingga target produksi tidak tercapai. Selain itu, akan terdapat *bottleneck* pada stasiun kerja 2 (perakitan *coil* pada *stator wedges*) dan stasiun kerja 5 (perakitan *slot insulation* pada seluruh *stator core*) dikarenakan perbedaan waktu selama 6 menit antara stasiun kerja 2 ke stasiun kerja 3 dan perbedaan waktu selama 15 menit antara stasiun kerja 4 ke stasiun kerja 5. Maka, terjadi waktu menunggu pada stasiun kerja 1 ke stasiun kerja 2 dengan perbedaan waktu 18 menit serta pada stasiun kerja 3 ke stasiun kerja 4 dengan perbedaan waktu 6 menit.

Permasalahan lainnya, terdapat waktu siklus yang lebih tinggi daripada *takt time* (48 menit > 16 menit). Dengan keadaan lintasan perakitan aktual, diperoleh tingkat efisiensi lintasan atau *line efficiency* sebesar 41,48% dan indeks kelancaran dari lintasan perakitan atau *smoothness index* sebesar 109,06, yang mana *smoothness index* yang baik adalah mendekati nol. Target produksi produk *Sub-Assembly Stator*

Complete tidak tercapai disebabkan oleh kapasitas produksi yang tidak dapat mencukupi target perusahaan, yaitu 30 unit/hari. Tingkat ketercapaian dari target dan realisasi dari lintasan produksi aktual produk Motor Listrik BLDC 5 kW sebesar 71,92% pada tahun 2018.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka perlu dilakukannya perancangan keseimbangan lintasan perakitan dengan meningkatkan efisiensi produksi jalur perakitan dengan waktu siklus yang telah ditentukan atau *simple assembly line balancing problem type 1* (SALBP-1). SALBP-1 dipilih karena terjadi ketidakseimbangan waktu antara masing-masing stasiun kerja, sehingga akan dilakukan pengalokasian elemen kerja ke masing-masing stasiun kerja berdasarkan metode perhitungan yang telah diperoleh dengan pembatas jumlah stasiun kerja minimum agar perusahaan dapat memenuhi target produksi. Berdasarkan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah yang akan diteliti, yaitu:

- Bagaimana rancangan usulan lintasan perakitan produk *Sub-Assembly Stator Complete* yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dengan menggunakan metode *linear programming* dan simulasi di PT. XYZ?
- Bagaimana rancangan usulan lintasan perakitan produk *Sub-Assembly Stator Complete* apabila terjadi kenaikan permintaan sebesar 20% ditahun berikutnya yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dengan menggunakan metode *linear programming* dan simulasi di PT. XYZ?

2. Dasar Teori

2.1 Linear Programming

Metode pemrograman linier atau *linear programming* dipilih karena metode linear programming dapat memecahkan masalah keseimbangan lintasan perakitan dengan memperoleh solusi hasil yang optimal [3]. Selain itu, metode ini dapat digunakan karena penelitian ini memiliki masalah yang tidak kompleks, sehingga metode ini dapat digunakan dengan menggunakan *software* LINGO versi 18.0. Pada model matematis metode *linear programming* terdapat fungsi tujuan yang berfungsi untuk menggambarkan tujuan dari penelitian dan fungsi kendala yang berfungsi untuk menggambarkan batasan-batasan, yaitu:

- Fungsi tujuan, untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja dari waktu siklus yang telah ditentukan.

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^K A_k$$

- Fungsi kendala:

- Fungsi kendala penugasan dengan *task* i hanya dapat ditugaskan ke satu stasiun kerja.

$$\sum_{k=1}^K x_{ik} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

- Fungsi kendala menjamin bahwa total waktu *task* yang ditugaskan untuk stasiun kerja k tidak melebihi waktu siklus.

$$\sum_{i=1}^N t_i \times x_{ik} \leq CT, \quad k = 1, 2, \dots, k$$

- Fungsi kendala mendefinisikan hubungan pada *precedence diagram*.

$$\sum_{k=1}^K (KX_{jk} - KX_{ik}) \geq 0, \quad (i, j) \in \text{Pred}$$

- Fungsi kendala memastikan bahwa jika tugas i ditugaskan ke stasiun kerja j , nilainya diatur ke 1, jika tidak maka diatur ke 0.

$$x_{ij} = 0 \text{ atau } 1$$

$$y_j = 0 \text{ atau } 1$$

- Fungsi kendala tambahan untuk pemrograman *software* LINGO.

$$\sum_{k=1}^K x_{ik} \leq nA_k, \quad k = 1, 2, \dots, k$$

Software LINGO digunakan untuk memecahkan model matematika dari keseimbangan lintasan perakitan. Untuk menggunakan *software* LINGO ini perlu mengubah model matematika menjadi model yang sesuai dengan *software* LINGO agar dapat menemukan solusi yang optimal [3]. Pada penelitian ini menggunakan waktu baku untuk perhitungan pada metode *linear programming* dan perhitungan menggunakan *software* LINGO versi 18.0.

2.2 Simulasi

Simulasi adalah alat penting untuk menganalisis situasi saat ini dan menentukan apa yang perlu dilakukan nanti. Simulasi merupakan metode yang dapat digunakan sebagai alat pengambilan keputusan tanpa risiko apapun [2]. Berikut merupakan tahap-tahap melakukan simulasi:

- | | |
|---|--|
| 1. <i>Problem formulation</i> | 6. <i>Verified</i> |
| 2. <i>Setting objectives and overall plan project</i> | 7. <i>Validated</i> |
| 3. <i>Model conceptualization</i> | 8. <i>Experimental design</i> |
| 4. <i>Data collection</i> | 9. <i>Production run and analysis</i> |
| 5. <i>Model translation</i> | 10. <i>More run</i> |
| | 11. <i>Documentation and reporting</i> |

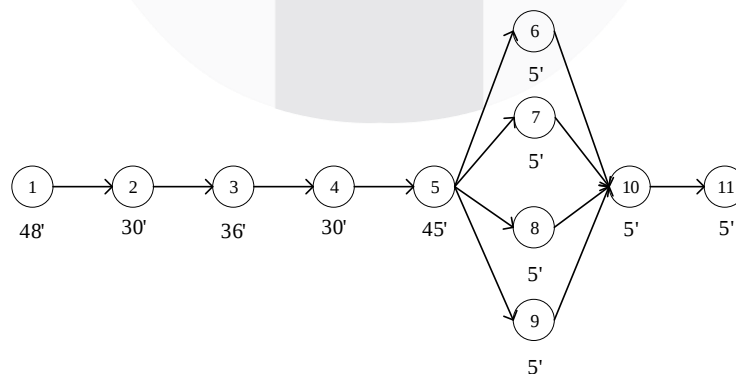
Metode simulasi dipilih karena dapat memprediksi atau menganalisis kinerja hasil jika diterapkan pada kondisi aktual. Maka, diperlukan suatu simulasi untuk menganalisis kinerja alternatif yang dihasilkan tanpa harus menunggu untuk diaplikasikan terlebih dahulu ke sistem nyata [6]. Selain itu, simulasi digunakan dikarenakan waktu proses yang berfluktuasi dengan sistem perakitan yang manual.

Software Arena Simulation adalah perangkat lunak penyusun model dan simulator. Hal yang dibutuhkan saat menggunakan *software* ini adalah pengetahuan mengenai sistem yang akan diteliti sebelum dimodelkan. Pada penelitian ini menggunakan waktu observasi untuk mengetahui distribusinya yang akan digunakan pada pemodelan simulasi menggunakan *software* Arena Simulation versi 14.0.

3. Pembahasan

3.1 Lintasan Perakitan Aktual

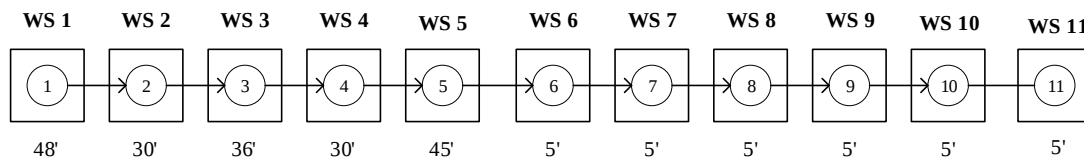
Produksi Motor Listrik BLDC 5 kW memiliki waktu kerja selama 8 jam/hari dengan 1 *shift*/hari dalam 5 hari kerja/minggu. Produk ini memiliki target produksi 30 unit/hari pada tahun 2019 dan akan mengalami kenaikan sebesar 20% di tahun 2020, maka target produksi sebesar 36 unit/hari. Untuk memproduksi *Sub-Assembly Stator Complete* ini membutuhkan total waktu perakitan selama 219 menit/unit dengan 11 elemen kerja dan 11 stasiun kerja. *Precedence diagram* perakitan *Sub-Assembly Stator Complete* tertera pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Precedence Diagram Sub-Assembly Stator Complete*

Sebelum melakukan proses penyeimbangan lintasan, maka dilakukan perhitungan nilai performansi lintasan perakitan *Sub-Assembly Stator Complete* aktual untuk melihat perbandingan antara lintasan

perakitan aktual dengan lintasan perakitan usulan setelah dilakukan proses penyeimbangan lintasan. Lintasan perakitan aktual tertera pada Gambar 3.2 serta nilai performansi lintasan perakitan aktual tertera pada Tabel 3.2.



Gambar 3. 2 Lintasan Perakitan Aktual *Sub-Assembly Stator Complete*

Tabel 3. 1 Performansi Lintasan Perakitan Aktual

Indikator Performa	Aktual
Takt time (menit)	16
Jumlah Stasiun Kerja	11
Waktu Siklus (menit)	48
Jumlah Operator	11
Line Efficiency (%)	41,48
Balance Delay (%)	58,52
Smoothness Index	109,06

3.2 Lintasan Perakitan Usulan

a. Perhitungan Linear Programming

Berdasarkan hasil perhitungan *linear programming* dengan menggunakan *software* LINGO, diperoleh jumlah stasiun kerja yaitu 7 stasiun kerja. Namun, total stasiun kerja adalah 17 stasiun kerja, dikarenakan terjadi penambahan stasiun kerja untuk dijadikan stasiun kerja paralel. Hal tersebut dilakukan karena waktu siklus yang lebih tinggi dari *takt time* (16 menit < 48 menit), dibuat stasiun kerja paralel untuk waktu stasiun kerja yang lebih tinggi *takt time*. Elemen kerja yang dijadikan paralel dengan tiga stasiun kerja, yaitu elemen kerja 1 (perakitan *coil* pada *stator core*), elemen kerja 2 (perakitan *coil* pada *stator wedges*), elemen kerja 3 (*connecting (brazing) coil*), elemen kerja 4 (pengisolasian hasil *connecting*), serta elemen kerja 5 (perakitan *slot insulation* pada seluruh *stator*). Terjadi penggabungan elemen kerja setelah dilakukannya perhitungan penyeimbangan lintasan yaitu, penggabungan elemen kerja 6, 7, dan 8 pada stasiun kerja 6 serta elemen kerja 9, 10, dan 11 pada stasiun kerja 7. Skrip serta hasil program tertera pada Gambar 3.2.

Model:

```

SETS:
TASK/1..21/:T;
PRED(TASK,TASK)/1,2 2,3 3,4 4,5 6,7 7,8 8,9 9,10 11,12 12,13 13,14 14,15
5,16 5,17 5,18 5,19 10,16 10,17 10,18 10,19 15,16 15,17 15,18 15,19
16,20 17,20 18,20 19,20 20,21/;
STATION/1..21/:A;
TXS(TASK,STATION) :X;
ENDSETS

DATA:
T=16 10 12 10 15 16 10 12 10 15 16 10 12 10 15 5 5 5 5 5;
CYCTIME=16;
ENDDATA

@FOR (TXS:@BIN(X));
@FOR (STATION:@BIN(A));
@FOR (TASK(I):@SUM(STATION(K):X(I,K))=1);
@FOR (PRED(I,J):@SUM(STATION(K):K*X(J,K)-K*X(I,K))>=0);
@FOR (STATION(K):@SUM(TXS(I,K):T(I)*X(I,K))<=CYCTIME);
@FOR (STATION(K):@SUM(TXS(I,K):X(I,K))<=@SIZE(TASK)*A(K));

MIN=@SUM (STATION(K):A(K));

END

```

Gambar 3. 3 Perhitungan *Linear Programming* Lintasan Perakitan Usulan

b. Performansi Lintasan

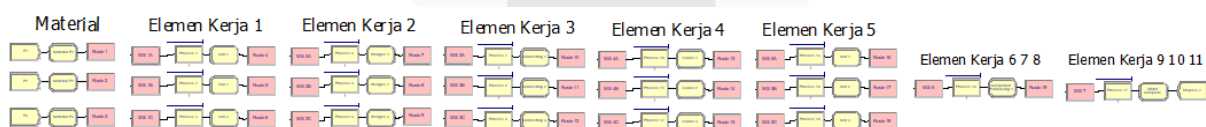
Setelah melakukan proses penyeimbangan lintasan, diperoleh nilai performansi lintasan perakitan *Sub-Assembly Stator Complete* yang meningkat. Perbandingan antara performansi lintasan perakitan aktual pada Tabel 3.2 dengan lintasan perakitan usulan pada Tabel 3.3, terdapat kenaikan tingkat efisiensi lintasan, yaitu 41,48% menjadi 80,51% dengan 17 stasiun kerja dan 17 operator. Penambahan stasiun kerja dilakukan karena stasiun kerja minimal untuk *Sub-Assembly Stator Complete* ini adalah 14 stasiun kerja agar dapat mencapai atau memenuhi target produksi perusahaan. Penurunan indeks kelancaran lintasan dengan aktual sebesar 109,06 menjadi 16,4. Serta terjadi penurunan keseimbangan waktu senggang dengan aktual sebesar 58,52% menjadi 19,49%. Hal tersebut menandakan bahwa pada lintasan usulan lebih lancar dibandingkan dengan lintasan aktual setelah dilakukannya penyeimbangan lintasan ini.

Tabel 3. 2 Performansi Lintasan Perakitan Usulan

Indikator Performa	Usulan
<i>Takt time</i> (menit)	16
Jumlah Stasiun Kerja	17
Waktu Siklus (menit)	16
Jumlah Operator	17
<i>Line Efficiency</i> (%)	80,51
<i>Balance Delay</i> (%)	19,49
<i>Smoothness Index</i>	16,4

c. Simulasi

Pada penelitian ini, simulasi dinyatakan stabil pada produk ke-20 yaitu pada waktu perakitan 10,85 jam. Selanjutnya, dilakukan perhitungan dari produk ke 21 yang merupakan produk pertama sampai produk 50 yang merupakan produk ke-30. Pada 10 produk setelah dinyatakan stabil, membutuhkan waktu perakitan selama 3,13 jam. Untuk total 20 produk membutuhkan waktu perakitan selama 6,02 jam. Dan, untuk total 30 produk membutuhkan waktu perakitan selama 8,9 jam. Total 30 produk digunakan berdasarkan target produksi per hari, yaitu 30 unit/hari dengan 8 jam kerja/hari. Berdasarkan hasil simulasi, terdapat waktu lembur 54 menit untuk mencapai target produksi per harinya. Sedangkan, apabila sesuai dengan waktu kerja per hari maka hasil produksi sebanyak 27 produk. Maka, PT. XYZ dapat menambah waktu lembur selama 54 menit untuk dapat mencapai target produk *Sub-Assembly Stator Complete* perharinya. Model simulasi lintasan perakitan usulan tertera pada Gambar 3.3.



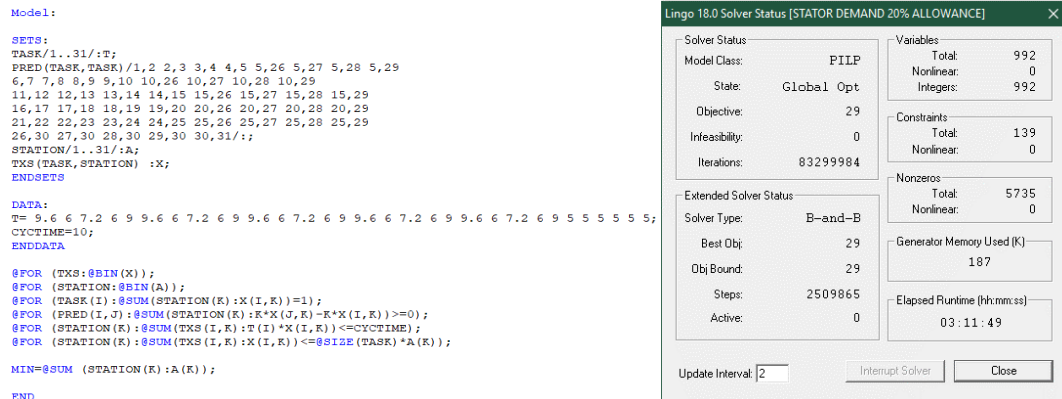
Gambar 3. 4 Simulasi Lintasan Perakitan Usulan

3.3 Lintasan Perakitan Usulan dengan Kenaikan Permintaan 20%

a. Perhitungan *Linear Programming*

Berdasarkan hasil perhitungan *linear programming* dengan menggunakan *software* LINGO, diperoleh jumlah stasiun kerja yaitu 9 stasiun kerja. Namun, total stasiun kerja adalah 29 stasiun kerja, dikarenakan terjadi penambahan stasiun kerja untuk dijadikan stasiun kerja paralel. Hal tersebut dilakukan karena waktu siklus yang lebih tinggi dari *takt time* (10 menit < 48 menit), dibuat stasiun kerja paralel untuk waktu stasiun kerja yang lebih tinggi *takt time*. Elemen kerja yang dijadikan paralel

dengan tiga stasiun kerja, yaitu elemen kerja 1 (perakitan *coil* pada *stator core*), elemen kerja 2 (perakitan *coil* pada *stator wedges*), elemen kerja 3 (*connecting (brazing) coil*), elemen kerja 4 (pengisolasian hasil *connecting*), serta elemen kerja 5 (perakitan *slot insulation* pada seluruh *stator*). Terjadi penggabungan elemen kerja setelah dilakukannya perhitungan penyeimbangan lintasan yaitu, penggabungan elemen kerja 7 dan 8 pada stasiun kerja 7 serta elemen kerja 9 dan 10 pada stasiun kerja 8. Skrip serta hasil program tertera pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 5 Perhitungan *Linear Programming* Lintasan Perakitan Usulan dengan Kenaikan Permintaan 20%

b. Performansi

Pada tahun berikutnya akan terjadi kenaikan permintaan sebesar 20%, maka dilakukan perhitungan keseimbangan lintasan dengan memperoleh nilai performansi lintasan yang meningkat seperti pada Tabel 3.4. Nilai performansi dengan efisiensi lintasan menjadi 79,35%, dengan keseimbangan waktu senggang sebesar 20,65%, dan nilai indeks kelancaran sebesar 14,57. Hal tersebut menandakan bahwa pada lintasan dengan kenaikan permintaan sebesar 20% lebih lancar, lebih efisien, dan terjadi pengurangan waktu senggang dibandingkan dengan lintasan aktual setelah dilakukannya penyeimbangan lintasan.

Tabel 3. 3 Performansi Lintasan Perakitan Usulan dengan Kenaikan Permintaan 20%

Indikator Performa	Kenaikan Demand 20%
<i>Takt time</i> (menit)	10
Jumlah Stasiun Kerja	29
Waktu Siklus (menit)	10
Jumlah Operator	29
<i>Line Efficiency</i> (%)	79,35
<i>Balance Delay</i> (%)	20,65
<i>Smoothness Index</i>	14,57

c. Simulasi

Pada penelitian ini, simulasi dinyatakan stabil pada produk ke-20 yaitu pada waktu perakitan 7,7 jam. Selanjutnya, dilakukan perhitungan dari produk ke 21 yang merupakan produk pertama sampai produk 56 yang merupakan produk ke-36. Pada 10 produk setelah dinyatakan stabil, membutuhkan waktu perakitan selama 2,63 jam. Untuk total 20 produk membutuhkan waktu perakitan selama 2,47 jam. Dan, untuk total 36 produk membutuhkan waktu perakitan selama 5,54 jam. Total 36 produk digunakan berdasarkan target produksi per hari, yaitu 36 unit/hari dengan 8 jam kerja/hari. Berdasarkan hasil simulasi, selama 8 jam waktu kerja dapat menghasilkan 45 produk/harinya. Dengan terjadinya kenaikan permintaan sebesar 20% dan dengan *allowance* sebesar 25%, maka produksi

harian sebanyak 45 unit produk yang melebihi target produksi harian sebanyak 9 unit produk *Sub-Assembly Stator Complete*. Model simulasi lintasan perakitan usulan tertera pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 6 Simulasi Lintasan Perakitan Usulan dengan Kenaikan Permintaan 20%

4. Kesimpulan

Lintasan perakitan *Sub-Assembly Stator Complete* milik PT. XYZ memiliki nilai performansi yang rendah yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi. Berikut pada Tabel 4.1 merupakan kesimpulan dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, terjadi peningkatan pada tingkat efisiensi lintasan. Maka berdasarkan hasil simulasi, lintasan perakitan usulan dapat memproduksi sebanyak 27 produk selama 8 jam dan 30 produk selama 8,9 jam. Sedangkan, lintasan perakitan usulan dengan kenaikan permintaan sebesar 20% dapat memproduksi sebanyak 36 produk selama 5,54 jam dan 45 produk selama 8 jam. Jadi, PT. XYZ dapat mencapai target produksi dengan menggunakan lintasan perakitan usulan ini.

Tabel 4. 1 Kesimpulan Hasil Penelitian

Indikator Performa	Aktual	Usulan	Kenaikan Permintaan 20%
Jumlah Stasiun Kerja	11	17	29
Takt time (menit)	16	16	10
Waktu Siklus (menit)	48	16	10
Jumlah Operator	11	17	29
Line Efficiency (%)	41,48	80,51	79,35
Balance Delay (%)	58,52	19,49	20,65
Smoothness Index	109,06	16,4	14,57

Daftar Pustaka

- [1] D. Rudy M, "Penyeimbangan Lintasan Perakitan Kipas Angin dengan Pendekatan Simulasi pada PT. Neo National," Universitas Sumatera Utara , Medan, 2015.
- [2] Yuniawan, Dani. dkk., "Traffic queue modeling using arena simulation software (a case study of Mergan 4-Way intersection in Malang City)," EDP Sciences, Malang, 2018.
- [3] Zhang, Zeqiang dan Wenming Cheng, "Teaching Assembly Line Balancing Problem by Using Lingo Software," IEEE, China, 2010.
- [4] Zhang, Si-Qi. dkk., "Linear Programming Algorithm for Assembly Line Balancing in Crane Production," China, 2017.
- [5] Banks, Jerry. dkk., Discrete-Event Simulation, 5th penyunt., Canada: Pearson, 2010.
- [6] Kayar, Mahmut dan Mehmet Akalin, "Comparing Heuristic and Simlation Methods Applied to the Apparel Assembly Line Balancing Problem," Istanbul, 2016.
- [7] Büyüksaatçi, Sinem. dkk., "Balancing and Simulation of Assembly Line in an LCD Manufacturing Company," Istanbul, 2015.
- [8] Rekiek, Brahim dan Alain Delchambre, "Assembly Line Design, The Balancing of Mixed-Model Hybrid Assembly Lines with Genetic Algorithms," Cardiff, Springer Science, 2006.
- [9] Syahputri, Khalida. dkk., "Assembly Line Balancing in an Electronics Company using Simulation Approach," EDP Sciences, Medan, 2018.