

**PERANCANGAN LINTASAN PADA LINI PERAKITAN SUB-ASSEMBLY ROTOR
COMPLETE BLDC 5 KW UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI
MENGUNAKAN PENDEKATAN METODE RANKED POSITION WEIGHTED
(RPW) DAN SIMULASI DI PT.XYZ**

**DESIGN OF ASSEMBLY LINE OF SUB-ASSEMBLY ROTOR COMPLETE BLDC 5 KW
TO INCREASE EFFICIENCY USING RANKED POSITIONING WEIGHTED (RPW)
AND SIMULATION IN PT.XYZ**

Nurul Farhana¹, Dida Diah Damayanti², Widia Juliani³

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

¹nfrhana239@gmail.com, ²didadiah@telkomuniversity.com, ³widiajuliani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT.XYZ merupakan perusahaan yang produksi *BLDC 5kW*. Pada bagian produksi *BLDC 5kW* khususnya di bagian perakitan rotor, terdapat perbedaan waktu yang signifikan antar stasiun kerja. Masalah yang terdapat pada proses produksi *BLDC 5kW* ini adalah lintasan yang kurang seimbang yang dapat diartikan produksi *BLDC 5kW* termasuk kurang efisien karena adanya *cycle time* yang lebih besar daripada *takt time*. Solusi optimal dalam penyelesaian masalah keseimbangan lintasan dapat menggunakan metode *Ranked Position Weighted (RPW)* dengan mempertimbangkan waktu siklus pada masing-masing stasiun kerja, lalu dilakukan validasi menggunakan *software ProModel*, karena data tersebut merupakan data waktu observasi. Dengan dilakukannya penyeimbangan lini perakitan Rotor *BLDC 5kW* menggunakan metode *RPW*, terjadi pengurangan jumlah stasiun kerja yang awalnya 7 stasiun kerja menjadi 4 stasiun kerja, kenaikan efisiensi lintasan yang awalnya 30% menjadi 78.10%, penurunan keseimbangan waktu senggang yang awalnya 70% menjadi 47%, dan penurunan indeks kelancaran yang awalnya sebesar 1983 menjadi 221. Berdasarkan kenaikan performansi tersebut, dapat disimpulkan bahwa usulan dari penyeimbangan lini yang dilakukan lebih efisien dibanding lini eksisting.

Kata kunci: Penyeimbangan Lini, *Ranked Positioning Weighted*, Efisiensi Lintasan, Keseimbangan Waktu Senggang, Indeks Kelancaran.

Abstract

PT.XYZ is a company that produces BLDC 5kW. In the production of 5kW BLDC, especially in the rotor assembly section, there are significant time differences between work stations. The problem that is found in the production process of BLDC 5kW is that the path is less balanced which can be interpreted as the production of BLDC 5kW including less efficient because there is a cycle time greater than takt time. The optimal solution in solving this balancing problems can use the Ranked Position Weighted (RPW) method by considering the cycle times of each work station, then validating using ProModel software, because the data is observation time data. By balancing the BLDC 5kW Rotor assembly line using the RPW method, there was a reduction in the number of workstations which were initially 7 work stations to 4 work stations, an increase in line efficiency which initially was 30% to 78.10%, a decrease in balance delay which was initially 70% to 47%, and a decrease in the smoothness index from 1983 to 221. Based on the increase in performance, it can be concluded that the proposal of line balancing carried out is more efficient than the existing line.

Keywords: *Line Balancing, Ranked Positioning Weighted, Line Efficiency, Balance Delay, Smoothness Index.*

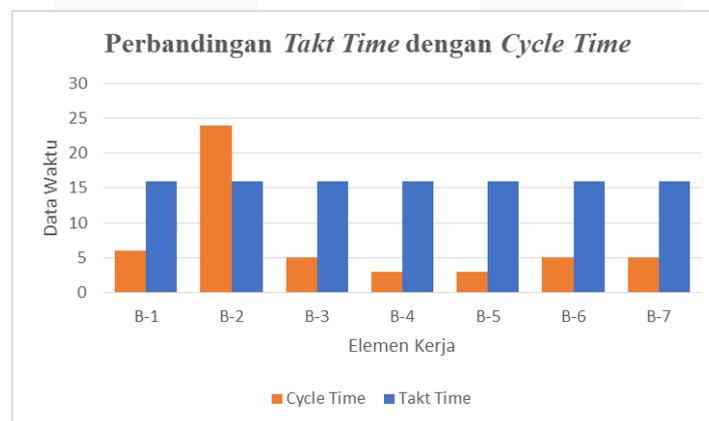
1. Pendahuluan

PT.XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam pembuatan produk alat berat. Salah satu produk yang dimiliki oleh PT.XYZ adalah *BLDC 5kW*. Terdapat 3 zona perakitan pada produksi *BLDC 5kW*, Zona A untuk perakitan *stator*, Zona B untuk perakitan *Rotor*, dan Zona C untuk *Final Assembly*. Pada tugas akhir ini, difokuskan pada lini perakitan Zona B yaitu zona perakitan *Rotor*. *Rotor* merupakan salah satu bagian dari motor listrik yang berputar akibat adanya medan magnet. Berikut merupakan waktu stasiun lini perakitan *Rotor BLDC 5kW*.

Tabel 1.1 Waktu Stasiun Lini Perakitan Rotor *BLDC 5kW*

Stasiun Kerja	Waktu Stasiun (Menit)
B-1	6
B-2	24
B-3	5
B-4	3
B-5	3
B-6	5
B-7	5

Berdasarkan data waktu proses lini perakitan Rotor *BLDC 5kW* pada Tabel 1.1, dapat dilihat terdapat perbedaan waktu yang signifikan, hal tersebut menyebabkan adanya penumpukan WIP pada beberapa stasiun kerja. Hal tersebut menyebabkan terjadinya *bottleneck* karena beberapa stasiun yang waktunya lebih cepat harus menunggu WIP dari stasiun kerja sebelumnya.



Gambar 1.1 Perbandingan *Takt Time* dengan *Cycle Time*

Berdasarkan Gambar 1.1, diketahui bahwa terdapat beberapa waktu siklus yang memiliki waktu lebih lama daripada *takt time* yang ada, hal tersebut memungkinkan tidak terpenuhinya permintaan pelanggan (*demand*). Tujuan dari penelitian kali ini adalah untuk menyeimbangkan lintasan perakitan Rotor *BLDC 5kW* yang dapat meningkatkan efisiensi serta menyeimbangkan lintasan perakitan rotor *BLDC 5kW* untuk meningkatkan efisiensi apabila terjadi kenaikan *demand* sebesar 20%.

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana menyeimbangkan lintasan perakitan Rotor *BLDC 5kW* yang dapat meningkatkan efisiensi. Untuk penyeimbangan lintasan perakitan kali ini, dilakukan dengan menggunakan metode *Ranked Position Weighted (RPW)* dan data waktu yang ada merupakan data probabilistik maka diperlukan simulasi untuk validasi. *Software* simulasi yang digunakan kali ini adalah *ProModel*.

2. Dasar Teori

2.1 Penyeimbangan Lini

Lini penyeimbangan merupakan penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas dari suatu assembly line ke work stations untuk meminimumkan banyaknya work station dan meminimumkan total harga idle time pada semua stasiun untuk tingkat output tertentu, yang dalam penyeimbangan tugas ini, kebutuhan waktu per unit produk yang di spesifikasikan untuk setiap tugas dan hubungan sekuensial harus dipertimbangkan [1].

2.2 *Ranked Position Weighted (RPW)*

Metode *ranked position weight* yang merupakan metode yang diperkenalkan oleh Helgeson dan Birnie pada tahun 1960, dengan cara menghitung bobot dan mengalokasikan elemen kerja. Berikut ini merupakan penjelasan langkah-langkah dalam metode RPW (*Ranked Position Weight*) [2].

- a. Buat *precedence diagram* untuk setiap proses
- b. Tentukan bobot posisi untuk masing-masing elemen kerja yang berkaitan dengan waktu operasi untuk waktu pengerjaan yang terpanjang dari mulai operasi permulaan hingga sisa operasi sesudahnya.
- c. Membuat ranking tiap elemen pekerjaan berdasarkan bobot posisi di langkah 2. Pengerjaan yang memiliki bobot terbesar diletakkan pada ranking pertama.
- d. Perhitungan waktu siklus
- e. Pilih elemen operasi dengan bobot tertinggi, alokasikan kestasiun kerja. Jika masih layak (waktu stasiun < CT),alokasikan operasi dengan bobot tertinggi berikutnya, namun alokasi ini tidak boleh membuat waktu stasiun > CT.

2.3 Model dan Simulasi

Model dan simulasi merupakan salah satu upaya untuk membuat suatu sistem menjadi lebih baik, yaitu menjadi sistem yang lebih efektif dan efisien dengan cara menirukan siklus dan alur kerja suatu pekerjaan dari sistem nyata. Tujuan dari studi pemodelan adalah menentukan informasi (variable dan parameter) yang dianggap penting untuk dikumpulkan [3].

Hasil dari simulasi dapat dijadikan referensi untuk perubahan kondisi eksisting dan mengidentifikasi adanya kesalahan atau kekurangan penyebab suatu sistem menjadi kurang efektif atau efisien. Salah satu *software* yang dapat digunakan adalah *ProModel 2016*. *ProModel / Production Modeler* adalah perangkat simulasi untuk memodelkan berbagai macam sistem manufaktur dan jasa. Sistem manufaktur misalnya rantai produksi, konveyor (ban berjalan), produksi massal, jalur perakitan, sistem produksi fleksibel, crane, dan lain-lain. Sistem jasa misalnya rumah sakit, pusat informasi, operasional gudang, sistem transportasi, sistem informasi, dan sebagainya. [4].

2.3.1 Elemen Dasar Pemodelan

Terdapat enam elemen dasar dalam pemodelan pada *ProModel* yaitu :

1. Lokasi (*Location*)
2. Entitas (*Entities*)
3. Kedatangan (*Arrival*)
4. Pemrosesan (*Processing*)
5. Sumber daya (*Resources*)
6. *Path Network*

3. Pembahasan

3.1 Kondisi Eksisting

3.1.1 Data Waktu Elemen Kerja

Data waktu elemen kerja merupakan perincian data dalam suatu produksi. Pada data waktu elemen kerja, terdapat data waktu dari masing-masing aktivitas beserta elemen kerja pada setiap stasiun kerja. Data waktu elemen kerja BLDC 5kW dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Waktu Elemen Kerja *Rotor BLDC 5kW*

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Aktivitas	Waktu (Menit)
B-1	1	Pasangkan <i>Ball Bearing</i> pada <i>shaft rotor complete</i> (2 buah)	6
B-2	2	Lakukan perakitan <i>Rotor Core</i> dengan <i>permanent magnet</i>	24
B-3	3	Lakukan perakitan hasil dari stasiun kerja B-1 dengan B-2	5
B-4	4	Pasangkan <i>rotor endplate</i> pada <i>rotor complete</i>	3
B-5	5	Pasangkan <i>Hex Bolt</i> pada sisi bawah <i>rotor end plate</i>	3
B-6	6	Pasangkan <i>Spring Washer</i> pada bagian atas <i>rotor end plate</i>	5
B-7	7	Pasangkan <i>Nut M5</i> pada <i>Spring Washer</i> yang telah dirakit	5

3.1.2 Data Proses Kerja

Data proses kerja merupakan data dari langkah-langkah atau urutan dalam merakit produk BLDC 5kW dari setiap stasiun kerja. Penjelasan dari proses kerja perakitan BLDC 5kW adalah sebagai berikut:

1. B-1 (Perakitan *Shaft*)

Pada tahap ini, dilakukan perakitan *shaft* dengan pemasangan *bearing* yang telah dipanaskan.

2. B-2 (Perakitan *Rotor Core*)

Pada stasiun kerja ini, dilakukan perakitan antara *Rotor Core* dengan *permanent magnet*.

3. B-3 (Perakitan B-1 dengan B-2)

Pada stasiun kerja ini, dilakukan perakitan antara *Rotor Core* yang telah dipasang *permanent magnet* dengan *shaft* yang telah diberi *bearing*.

4. B-4 (Perakitan *Rotor End Plate*)

Pada stasiun kerja ini, *Rotor End Plate* dirakit pada bagian depan dan bagian belakang dari *Rotor Core*.

5. B-5 (Perakitan *Hex Bolt M5x55*)

Pada stasiun kerja ini, dilakukan perakitan *Hex Bolt M5x55* ke sisi belakang dari *Rotor End Plate*.

6. B-6 (Stasiun Kerja *Spring Washer*)

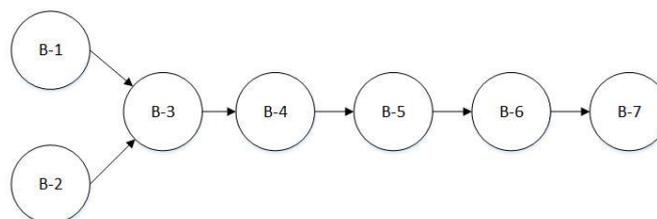
Pada stasiun kerja ini, dilakukan perakitan *Spring Washer* pada bagian depan dari *Rotor End Plate*.

7. B-7 (Stasiun Kerja *Nut M5*)

Pada stasiun kerja ini, dilakukan perakitan *Nut M5* pada *Spring Washer* yang telah dirakit sebelumnya.

3.1.3 Precedence Diagram

Precedence diagram merupakan suatu diagram yang dapat menggambarkan hubungan atau keterkaitan antara dua atau lebih aktivitas. *Precedence diagram* dari elemen kerja perakitan *BLDC 5kW* dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Precedence Diagram Rotor BLDC 5kW*

3.1.4 Keseimbangan Lini Aktual

Berikut merupakan data keseimbangan lini perakitan aktual di PT.XYZ pada perakitan Rotor *BLDC 5kW*:

1. Jumlah Stasiun Kerja

Pada perakitan Rotor BLDC 5kW ini, terdapat 7 stasiun eksisting yang masing-masing stasiunnya terdapat 1 elemen kerja.

2. Waktu Proses

Waktu proses dan elemen kerja eksisting pada perakitan Rotor BLDC 5kW dapat dilihat pada Tabel 3.1. Berdasarkan Tabel 3.1 terlihat bahwa terdapat perbedaan waktu signifikan antar beberapa stasiun kerja. Hal ini dapat menyebabkan adanya waktu menganggur pada beberapa stasiun kerja, sehingga produktivitas menjadi kurang efisien.

3. *Line Efficiency*

Perhitungan nilai efisiensi lini perakitan dapat dihitung menggunakan rumus. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

$$LE = \frac{6+24+5+3+3+5+5}{7 \times 24} \times 100\% = 30\%$$

2. *Balance Delay*

Perhitungan ketidakefisienan lintasan perakitan dapat dihitung menggunakan rumus. Sehingga diperoleh nilai ketidakefisienan yaitu:

$$BD = \frac{(7 \times 24) - 51}{7 \times 24} \times 100\% = 70\%$$

3. *Smoothness Index*

Nilai index kelancaran pada perakitan rotor BLDC 5kW dapat dihitung menggunakan rumus. Sehingga diperoleh hasil yaitu:

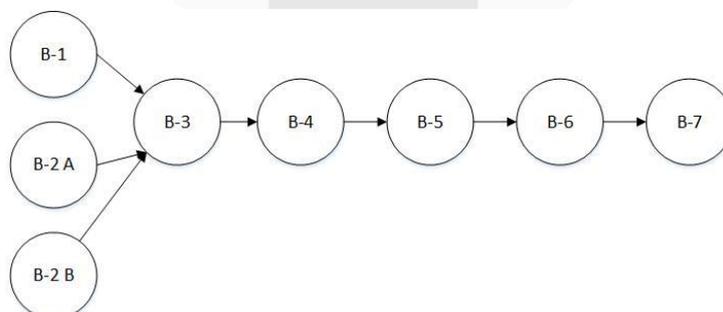
$$SI = \sqrt{2289} = 1983$$

3.2 Perhitungan dengan Metode RPW

Setelah dilakukan uji kenormalan, uji keseragaman data dan uji kecukupan data, dan data-data layak dipergunakan untuk perhitungan, lalu data tersebut digunakan untuk perhitungan penyeimbangan lini dengan menggunakan metode *Ranked Position Weighted (RPW)*. Berikut merupakan perhitungan penyeimbangan lini perakitan Rotor *BLDC 5kW* dengan menerapkan metode *Ranked Position Weighted (RPW)*.

Langkah 1:

Buat precedence diagram untuk tiap proses.



Gambar 3.2 *Precedence* usulan

Langkah 2:

Tentukan bobot posisi untuk masing-masing elemen kerja yang berkaitan dengan waktu operasi untuk waktu pengerjaan yang terpanjang dari mulai operasi permulaan hingga sisa operasi sesudahnya.

Tabel 3.2 Perhitungan RPW langkah-2

No	Elemen Kerja	RPW	Waktu Operasi (Menit)	Predecessor
1	1	27	6	-
2	2A	45	24	-
3	2B	45	24	-
4	3	21	5	1, 2A, 2B
5	4	16	3	4
6	5	13	3	5
7	6	10	5	6
8	7	5	5	7

Langkah 3:

Membuat ranking tiap elemen pekerjaan berdasarkan bobot posisi di langkah 2. Pengerjaan yang memiliki bobot terbesar diletakkan pada ranking pertama.

Tabel 3.3 Perhitungan RPW langkah-3

No	Elemen Kerja	RPW	Waktu Operasi (Menit)	Predecessor
1	2A	45	24	-
2	2B	45	24	-
3	1	27	6	-
4	3	21	5	1, 2A, 2B
5	4	16	3	4
6	5	13	3	5
7	6	10	5	6
8	7	5	5	7

Langkah 4:

Perhitungan waktu siklus

$$C = \frac{T}{d} = \frac{480}{30} = 16 \text{ menit}$$

Langkah 5:

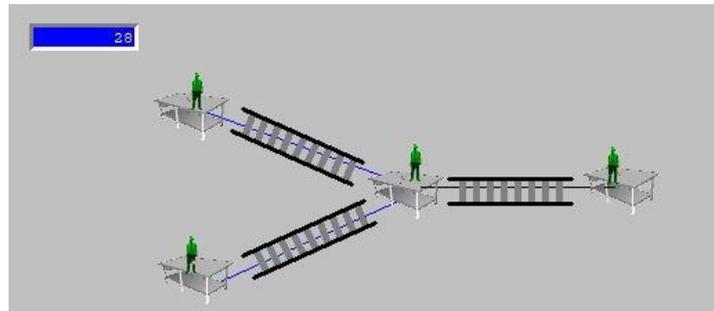
Pilih elemen operasi dengan bobot tertinggi, alokasikan kestasiun kerja. Jika masih layak (waktu stasiun < CT), alokasikan operasi dengan bobot tertinggi berikutnya, namun alokasi ini tidak boleh membuat waktu stasiun > CT.

Tabel 3.4 Perhitungan RPW langkah-5

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu Operasi (Menit)	Jumlah Waktu
1	2A	24	24
2	2B	24	24
3	1	6	
	3	5	
	4	3	14
4	5	3	
	6	5	
	7	5	13

3.3 Verifikasi dengan software ProModel 2016

Setelah dilakukannya penyeimbangan lini perakitan Rotor BLDC 5kW dengan menggunakan metode *Ranked Position Weighted (RPW)*, dilakukan verifikasi data dengan mensimulasikan hasil tersebut pada software *ProModel*.



Gambar 3.3 Layout Usulan

Dengan menggunakan data perhitungan penyeimbangan lini, didapatkan hasil total output yang dikeluarkan dalam waktu kerja 1 minggu dengan replikasi 10 kali, yaitu sebesar 148 produk, dapat dilihat pada Gambar 3.7. Hasil tersebut menunjukkan akan tidak terpenuhinya demand.

Replication	Name	Total Exits
1	Rotor Complete	148.00
2	Rotor Complete	148.00
3	Rotor Complete	148.00
4	Rotor Complete	148.00
5	Rotor Complete	148.00
6	Rotor Complete	148.00
7	Rotor Complete	148.00
8	Rotor Complete	148.00
9	Rotor Complete	148.00
10	Rotor Complete	148.00

Gambar 3.4 Tabel Hasil Simulasi (*Total Exit Rotor*)

4 Kesimpulan

4.1 Analisis Perbandingan Performansi Lini Perakitan Eksisting dengan Usulan

Setelah dilakukannya penyeimbangan lini pada proses perakitan *Rotor BLDC 5kW* di PT.XYZ, didapatkan hasil yang lebih efisien yaitu dengan berkurangnya jumlah stasiun kerja yang awalnya 7 menjadi 4 stasiun kerja dan dengan bertambahnya waktu siklus yang awalnya 51 menit menjadi 99 menit. Dengan adanya pengalokasian elemen kerja ke dalam satu stasiun kerja, peningkatan efisiensi lintasan yang awalnya sebesar 22% menjadi 78.1%, penurunan keseimbangan waktu senggang menjadi 47% yang awalnya sebesar 70% serta penurunan indeks kelancaran menjadi 221 yang awalnya sebesar 1987.

Tabel 4.1 Perbandingan Performansi Eksisting dengan Usulan

Performansi	Perbandingan	
	Eksisting	Usulan
<i>Work Station</i>	7	4
<i>Jumlah Operator</i>	7	4
<i>Line Efficiency</i>	30%	78.10%
<i>Balance Delay</i>	70%	22%
<i>Smoothness Index</i>	1983	221

4.2 Analisis Perbandingan Performansi Lini Perakitan Eksisting dengan Usulan Kenaikan Demand 20%

Lalu dilakukan pula penyeimbangan lini, jika terjadinya kenaikan demand sebesar 20% dan didapatkan hasil yang lebih efisien dari lini eksisting. Hasil nya yaitu adanya pengurangan stasiun kerja menjadi 6, kenaikan efisiensi lini menjadi 44.6%, penurunan keseimbangan waktu senggang sebesar 5% yaitu menjadi 65%, serta penurunan indeks kelancaran menjadi 1197.

Tabel 4.2 Performansi Eksisting dengan Usulan Kenaikan Demand 20%

Performansi	Perbandingan	
	Eksisting	Usulan
<i>Work Station</i>	7	7
Jumlah Operator	7	7
<i>Line Efficiency</i>	30%	58.9%
<i>Balance Delay</i>	70%	41%
<i>Smoothness Index</i>	1983	1197

4.3 Analisis Hasil Simulasi menggunakan Software ProModel 2016

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.4, setelah dilakukannya simulasi dan didapatkan output dengan replikasi sebanyak 10 kali, permintaan selama satu minggu yang di produksi sebanyak 148 buah, yang mana target produksi selama satu minggu sebanyak 150 buah. Dikarenakan produksi tidak tercapai, oleh karena itu penulis menyarankan untuk adanya *overtime* kepada operator.

Referensi

- [1] Gaspersz, V., 2000. *Manajemen Produktivitas Total*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Baroto, T., 2002. *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*. Indonesia: s.n.
- [3] Sridadi, B., 2009. *Pemodelan dan Simulasi Sistem*. Bandung: Informatika Bandung.
- [4] Mahaji Puteri, R. A. & Sudarwati, W., 2016. *Pengukuran Line Balancing dan Simulasi ProModel di PT.CATERPILLAR Indonesia*, Jakarta: Jurnal Integrasi Sistem Industri UMJ.