

## **SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dimas Reksa Nugroho

NIM : 2010312074

Program Studi : S1 Teknik Industri

Dengan ini menyatakan bahwa judul skripsi “Analisis Keseimbangan Lintasan Pembuatan Transformator Oli Standar Dengan Menggunakan Metode Line Balancing Pada PT.XYZ” benar bebas dari plagiarisme, dengan skor nilai 25%. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.


Jakarta, Juni 2024

### Yang Menyatakan




Dimas Reksa Nugroho

2010312074



Dr. Nanang Alamsyah, ST., MT., IPM  
Dosen Pembimbing 1



Elvi Almadani, ST., MT.  
Dosen Pembimbing 2

# ANALISIS KESEIMBANGAN LINTASAN PEMBUATAN TRANSFORMATOR OLI STANDAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE LINE BALANCING PADA PT.XYZ

*by Dimas Reksa Nugroho*

---

**Submission date:** 22-Jul-2024 10:05AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2420482740

**File name:** Skripsi\_Dimas\_Reksa\_Nugroho\_2010312074.docx (1.7M)

**Word count:** 11959

**Character count:** 72975



**ANALISIS KESEIMBANGAN LINTASAN PEMBUATAN  
TRANSFORMATOR OLI STANDAR <sup>25</sup> DENGAN  
MENGUNAKAN METODE LINE BALANCING PADA  
PT.XYZ**

**SKRIPSI**

**DIMAS REKSA NUGROHO**

**2010312074**

<sup>22</sup>  
**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN  
JAKARTA**

**2024**



**ANALISIS KESEIMBANGAN LINTASAN PEMBUATAN  
TRANSFORMATOR OLI STANDAR <sup>25</sup> DENGAN  
MENGUNAKAN METODE LINE BALANCING PADA  
PT.XYZ**

**SKRIPSI**

**Diajukan Dalam Memenuhi Peryaratan Dalam Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik**

**DIMAS REKSA NUGROHO  
2010312074**

<sup>22</sup>  
**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN  
JAKARTA**

**2024**

# ANALISIS KESEIMBANGAN LINTASAN PEMBUATAN TRANSFORMATOR OLI STANDAR <sup>25</sup> MENGUNAKAN METODE LINE BALANCING PADA PT.XYZ

Dimas Reksa Nugroho

## ABSTRAK

<sup>1</sup> PT.XYZ merupakan perusahaan yang berkecimpung dibidang manufaktur transformator di Indonesia yang memasok transformator ke seluruh penjuru Indonesia bahkan sampai macam negara. Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan adalah ketidakseimbangan lini pembuatan transformator oli standar. Ketidakseimbangan disebabkan oleh waktu yang diperlukan untuk membuat transformator melebihi waktu ideal untuk membuat satu produk, operator yang belum memiliki skill dan ketersediaan hand tools belum seimbang dengan jumlah operator. hal ini <sup>12</sup> memberi dampak menambahnya waktu siklus untuk membuat transformator. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi tingkat <sup>97</sup> keseimbangan lini produksi transformator oli standar pada kondisi aktual, dan memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan keseimbangan lini perakitan transformator oli standar. Metode penelitian ini adalah metode *Ranked Positional Weight*, dan metode *Largest Candidate Rule*. Penelitian ini menggunakan software Arena untuk mensimulasikan kondisi aktual, dan usulan <sup>19</sup> perbaikan. Berdasarkan hasil pengolahan data untuk kondisi aktual didapatkan *Line Efficiency* sebesar 36%, tingkat *Balance Delay* sebesar 64% dan *Smoothness Index* sebesar 52,16 dengan 4 stasiun kerja. Setelah <sup>16</sup> melakukan pengolahan data, dan analisis menggunakan metode *line balancing Ranked Positional Weight* didapatkan tingkat efisiensi lini atau *Line Efficiency* sebesar 72% tingkat *Balance Delay* sebesar 38%, dan *Smoothness Index* sebesar 16,66 dengan 2 stasiun kerja.

<sup>48</sup>  
**Kata Kunci:** Perakitan, *Line Balancing*, *Ranked Positional Weight*, *Largest Candidate Rule*, *Arena*.

**ANALYSIS OF STANDARD OIL TRANSFORMER LINE  
BALANCEING MANUFACTURING USING THE LINE  
BALANCING METHOD AT PT.XYZ**

Dimas Reksa Nugroho

**1  
ABSTRACT**

*PT.XYZ is a company involved in transformer manufacturing in Indonesia which supplies transformers to all around of Indonesia and even to various countries. The problem faced by the company is the imbalance in the standard oil transformer manufacturing line. The imbalance is caused by the time required to make a transformer exceeding the ideal time to make one product, operators who do not have the skills and the availability of hand tools is not balanced with the number of operators. This has the effect of increasing the cycle time for making a transformer. The purpose of this research is to identify the balance level of the standard oil transformer production line under actual conditions, and provide suggestions for improvements to improve balance of the standard oil transformer assembly line. This research method is the Ranked Positional Weight method and the Largest Candidate Rule method. This research uses Arena software to simulate actual conditions and proposed improvements. Based on the results of data processing for actual conditions, Line Efficiency is 36%. Balance Delay level of 64% and Smoothness Index of 52,16 with 4 work stations. After data processing and analysis using the Ranked Positional Weight line balancing method, the Line Efficiency level was 72%, the Balance Delay level was 38%, and the Smoothness Index was 16.66 with 2 work stations..*

**Keywords:** *Assembly, Line Balancing, Ranked Positional Weight, Largest Candidate Rule, Arena.*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Di negara kita sekarang ini energi listrik dilakukan pengembangan secara terus menerus. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengucapkan penggunaan listrik di Indonesia masih tertinggal dibandingkan oleh negara-negara tetangga. Tentunya seiring dengan pembangunan yang ada diperlukan sebuah penyangga dan pendukung ketika pembangunan suatu infrastruktur telah rampung yaitu aliran listrik yang akan di gunakan untuk memasok sebuah tempat yang memiliki kebutuhan listrik yang besar maupun kecil.

Bukan hanya pembangunan infrastruktur umum, pemerintah juga mulai melakukan pemerataan hak setiap penduduk di Indonesia, terutama daerah yang masih tertinggal. "Kita berusaha untuk memenuhi keperluan listrik masyarakat. Jadi target elektrifikasi yang kita 100% itu diharapkan tahun 2024 bisa diselesaikan," jelas Menteri Energi dan ESDM Arifin Tasrif. Untuk membangun sebuah kota yang baik diperlukan juga aliran listrik yang tentunya stabil dan aman sesuai dengan peruntukannya. Untuk mengalirkan listrik diperlukan sebuah transformator yang berfungsi untuk mengubah bentuk energi listrik menjadi suatu bentuk energi listrik lainnya sesuai kebutuhan.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang berkecimpung dibidang manufaktur transformator di Indonesia yang memasok transformator ke seluruh penjuru Indonesia bahkan sampai macam negara. PT. XYZ memproduksi transformator distribusi, baik yang berpendingin minyak maupun jenis kering atau cast resin dan transformator instrumen. PT. XYZ bermula memproduksi trafo sejak 1981 dan CT/VT sejak 1990, PT. XYZ adalah satu-satunya perusahaan di industri trafo di Indonesia yang mendapat ISO Integrated System yaitu: ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004, ISO 26000: 2010, dan OHSAS 18001: 2007. Untuk memenuhi permintaan dari pelanggan tentunya diperlukan sebuah kegiatan produksi yang efisien dari semua sisi sebab tingkat produktivitas yang meningkat dari sebuah perusahaan ialah indikator seefisien perusahaan tersebut dalam menggabungkan sumber daya ekonomisnya saat ini.

Sinungan (2005) mengungkapkan produksi untuk bagian tradisional pada total produksi ialah rasio yang dicapai atau hasil dari total input. Selain hasil yang maksimal, produksi juga tergantung dengan awal yang maksimal ialah salah satunya produktivitas man power. Jumlah man power akan mempengaruhi jumlah barang yang mampu dikerjakan man power tersebut dalam satu jam pertama untuk mengukur sebuah produksi.

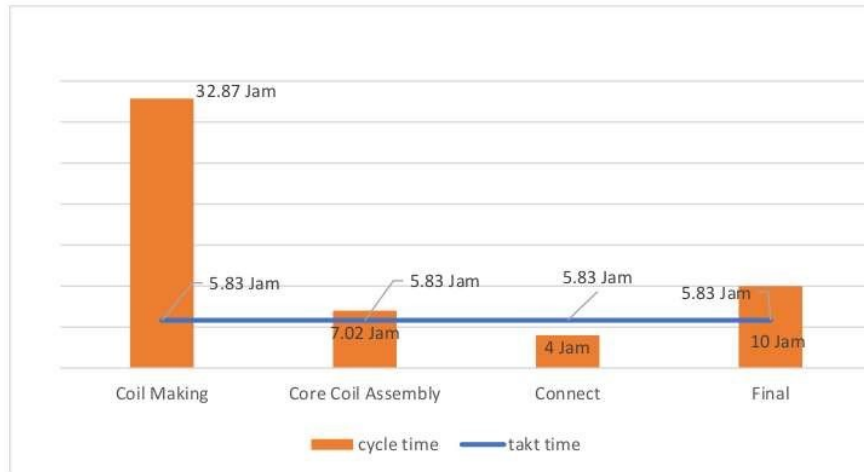
Pembagian pekerjaan <sup>80</sup> *production line balancing*, *assembly-line balancing* atau hanya *line balancing* (Ginting, 2007). Diungkapkan penggunaan metode *line balancing* ini dapat menyebabkan produksi pada pembuatan transformator menjadi lebih efisien serta perusahaan dapat mencukupi permintaan konsumen dan meningkatkan hasil output.

Oleh karena itu untuk mendongkrak produksi PT. XYZ terus berusaha dan memiliki capaian untuk mengatur sumber daya dengan efektif dan efisien secara pengoptimalan setiap beban yang diberikan pada operator perlu dilakukan secara seimbang di setiap production line pada PT.XYZ sendiri memproduksi 3 jenis transformator yaitu *custom*, *dry* dan oli standar

Penelitian ini difokuskan pada bagian pembuatan transformator oli standar karena merupakan jenis transformator yang paling banyak dan sering dibuat *make to stock* dan pembuatan trafo custom dan dry menggunakan sistem *make to order* yang menyebabkan waktu pembuatan merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan efisiensi guna memenuhi kebutuhan konsumen. Pada pembuatan transformator oli standar ini pun sering kali mundur dari yang sudah dijadwalkan, tentunya ada beberapa faktor penghambat seperti material, mesin lingkungan, standarisasi, dan faktor alamiah manusia. Di production line tersebut memiliki 4 stasiun kerja yaitu coil making, core coil assembly, connect, dan final.

Kemudian penelitian ini bertujuan pada penambahan produksi dengan pengoptimalan efisiensi lini pada proses produksi transformator oli standar di production line 2 untuk menghindari *boottleneck* (melebihi waktu siklus operasi) dan operator banyak yang menganggur (*idle time*) akibat kegiatan yang dilakukannya tidak sebanyak dengan operator lainnya, dimana hal tersebut sangat mempengaruhi produktivitas kerja dalam menghasilkan output produksi.





Gambar 1.1 (Data Perusahaan 2024)

Berdasarkan grafik diatas, diketahui bahwa terdapat ketidakseimbangan pada pembuatan coil making. Hal tersebut ditunjukkan oleh waktu siklus (cycle time) dari pembuatan *coil making*, *core coil assembly*, dan *final* yang melebihi takt time. Takt time tersebut sebesar 5,83 jam yang didapatkan dari waktu kerja bersih dibagi jumlah kuantitas produksi per tahun. Wignjosoebroto (2003) menyatakan bahwa *takt time* merupakan waktu yang diperlukan untuk memproduksi satu *finish good* berdasarkan jumlah demand customer. Oleh karna itu proses produksi pada production line trafo oli standar harus dilakukan keseimbangan serta pemerataan dari setiap stasiun kerja untuk meningkatkan efisiensi serta mengejar permintaan yang akan datang.

Tabel 1.1 Proses Pembuatan Tranformator Oli Standar

Operasi	Cycle Time
Coil Making	
Coil LV	4,15
Lead Wire	1,10
Coil HV	13,15
Press Coil	1,10
Core Coil Assembly	

Stacking	4,18
Connect	
Off Load	2,45
Final	
Rail	2,15
Standar	1,3
Pengisian Oli	1,15

(Sumber: Pengolahan Data 2024)

Berdasarkan tabel berikut diketahui bahwa setiap stasiun kerja memiliki sub stasiun kerja Dimana dari tabel tersebut pada sub stasiun kerja pembuatan coil hv memiliki waktu yang paling tinggi yang melebihi *takt time* yang ada.

Fktor utama peneliti untuk merancang line balancing pada production line transformator oli standar ini ialah membuat dan melakukan penyeimbangan beban dari setiap pekerjaan yang dialihkan setiap stasiun kerja. Jika keseimbangan lini belum dilakukan menyebabkan ketidak efisienan kerja di beberapa stasiun kerja, dimana antar stasiun kerja satu dengan yang lain memiliki bobot pekerjaan yang tidak seimbang.

Metode yang biasa digunakan untuk menerapkan line balancing yaitu metode heuristik. Metode line balancing heuristik ialah metode penyeimbangan lini yang digunakan dengan mengurangi total sistem untuk diubah menjadi line balancing yang sederhana dan dapat dipelajari secara analitik (Rachman dkk., 2019). Maka diharapkan hasil perhitungan dengan metode heuristik ini akan meningkatkan efisiensi pada lini produksi oleh karna itu peneliti akan menggunakan metode tersebut dalam penelitian ini.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis ingin melakukan penelitian tentang keseimbangan lini produksi transformator oli standar dengan judul **“ANALISIS KESEIMBANGAN LINTASAN PEMBUATAN TRANSFORMATOR OLI STANDAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE LINE BALANCING PADA PT.XYZ”**

### 3 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi pada latar belakang, berikut merupakan perumusan masalahnya:

1. Bagaimana hasil perbandingan line balancing antara kondisi aktual dengan metode yang digunakan.
2. Bagaimana usulan perbaikan untuk pemerataan di production line transformator oli standar untuk meningkatkan line balancing?

### 55 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi aktual line balancing sebelum dan sesudah menggunakan metode tersebut.
2. Memberikan usulan perbaikan guna meningkatkan efisiensi di production line transformator oli standar.

### 57 1.4 Batasan Penelitian

Berikut adalah batasan masalah pada penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada production line transformator oli standar.
2. Pada Penelitian ini menggunakan metode time study untuk pengambilan waktu kerja per stasiun kerja dan metode *Ranked Positional Weight & Largest Candidate Rule* untuk menganalisis keseimbangan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada di latar belakang dan tujuan penelitian, maka penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Perusahaan  
Sebagai acuan bagi perusahaan untuk dapat meninjau atau mempertimbangkan terkait usulan perbaikan line balancing pada production line transformator oli standar dan dapat di terapkan ke production line yang lain.
2. Universitas

Sebagai bentuk kontribusi akademis peneliti yang dapat digunakan sebagai referensi atau literatur dalam melakukan analisis keseimbangan lintasan (line balancing).

### 3. Peneliti

Sebagai penerapan ilmu dan keterampilan yang telah didapatkan oleh peneliti selama masa perkuliahan dalam melakukan penelitian yang berkaitan dengan keseimbangan lintasan (line balancing).

## 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bagian ini merupakan tahap awal dari penelitian yang akan dilakukan dimana didalamnya terdapat uraian latar belakang permasalahan yang akan diteliti, tujuan penelitian, manfaat dari penelitian dan sistematika penulisan

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini terdapat penelitian terdahulu dimana penelitian tersebut digunakan sebagai dasar acuan untuk melakukan penelitian. Selain itu juga terdapat uraian mengenai teori, hipotesis dan argumentasi yang berguna untuk mendukung gagasan penelitian. Tinjauan pustaka ini didapat dari sumber studi literatur yang relevan seperti buku-buku, jurnal terkait dan penelitian sebelumnya yang terkait dengan bidang penelitian.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bagian ini berisi tentang uraian mengenai pendekatan metode yang dilakukan, waktu, tempat dan jenis penelitian yang dilakukan.

### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini berisi tentang penjelasan mengenai hasil dari penelitian sudah dilakukan yang didapat dari hasil pengolahan data sebelumnya.

## **BAB 5 KESIMPULAN**

Pada bagian ini berisi penjelasan akhir <sup>1</sup> mengenai kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Pada bagian ini <sup>93</sup> berisi sebuah rujukan yang digunakan oleh peneliti dalam penelitian berupa daftar yang berisi semua buku atau tulisan ilmiah

## **LAMPIRAN**

Pada bagian ini berisi dokumen pendukung yang dibutuhkan untuk penelitian berupa teks, gambar dan lain-lainya.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian berikut ini, penulis menggunakan beberapa referensi penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan dan metode yang akan digunakan. Referensi penelitian ini berupa jurnal ilmiah dalam jangka waktu lima tahun kebelakang. Berikut ini merupakan daftar penelitian terdahulu yang dijadikan acuan penelitian oleh penulis yang paling relevan dengan permasalahan yang akan diteliti tentang keseimbangan lintasan produksi trafo di PT. XYZ Transformator Oli Standar.

63

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian Terdahulu	
1	Judul penelitian	Perancangan Efisiensi Lintasan Produksi Dengan Menggunakan Metode Helgeson-Birnie (Ranked Positional Weight) Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi (Studi Kasus Pada Unit Produksi I Shift I Pt. Sumbetri Megah)
	Peneliti	Wiky Sabardi, Ryan Pramanda, Dewiyana, Diki Suhanda
	Link	perancangan efisiensi lintasan produksi dengan menggunakan metode helgeson-birnie (ranked positional weight) untuk meningkatkan kapasitas produksi (studi kasus pada unit produksi i shift i pt. sumbetri megah)   jurutera - jurnal umum teknik terapan (ejurnalunsam.id)
	Tahun	2021
	Metode	Penelitian ini menggunakan metode Metode Ranked Positional Weight / Helgeson-Birnie.
	Hasil penelitian	kesimpulan dalam riset ini ialah kenaikan efisiensi lintasan( line efficiency) 89. 35%, waktu menganggur( idle time) 2683. 64 detik, penyeimbang waktu senggang( balance delay) 10. 65%, serta indeks kelancaran( smoothness index) 966. 39. Terjalin kenaikan line efficiency dari 74, 46% jadi 89, 35% ialah sebesar 14, 89.
2	Judul penelitian	Penerapan Line Balancing pada PT. XYZ dengan Metode Largest Candidate Rule dan Ranked Positional Weight
	Peneliti	Febryanti Valentina Sitanggang dan Pringgo Widyo Laksono

No	Penelitian Terdahulu	
	Link	<a href="https://idec.ft.uns.ac.id/wp-content/uploads/idec2022/prosiding/id060.pdf">https://idec.ft.uns.ac.id/wp-content/uploads/idec2022/prosiding/id060.pdf</a>
	Tahun	2022
	Metode	Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut menggunakan metode Largest Candidate Rule dan Ranked Positional
	Hasil penelitian	Sehabis menyamakan line balancing dengan tata cara LCR serta RPW hendak didapat tata cara yang terbaik buat digunakan merupakan tata cara LCR sebab total stasiun kerja merupakan 43 dengan idle time 1506, line efficiency 78, 27%, balance delay 21, 73%, serta smoothness index 271, 10. Tata cara LCR ini sanggup kurangi jumlah stasiun kerja sebanyak 2 stasiun serta tingkatkan line efficiency sebesar 26, 87%.
3	Judul penelitian	Penerapan Konsep Line Balancing Untuk Mencapai Efisiensi Kerja Yang Optimal Pada Setiap Stasiun Kerja Di Pt Garment Jakarta.
	Peneliti	A. F. Dasanti, F. Jakdan, Dedy, T. Santoso
	Link	<a href="#">239 (unindra.ac.id)</a>
	Tahun	2020
	Metode	Pada penelitian yang dilakukan peneliti menggunakan metode Ranked Positional Weights.
4	Judul penelitian	Penerapan Line Balancing Produksi Arm Rear Brake dengan Metode Ranked Positional Weight di PT. Ciptaunggul Karya Abadi
	Peneliti	Elsa Novianti, Dene Herwanto
	Link	<a href="#">penerapan line balancing produksi arm rear brake dengan metode ranked positional weight di pt. ciptaunggul karya abadi   novianti   jurnal serambi engineering (serambimekkah.ac.id)</a>
	Tahun	2023
	Metode	Pada permasalahan yang diteliti, penulis menggunakan metode Ranked Positional Weight.
	Hasil penelitian	Ada penyusutan pada Balance Delay serta Smoothness index sehabis memakai tata cara Rank Positional Weight( RPW). Pada kondisi ini bobot Balance Delay sebesar 41, 31%, setelah itu dicoba penyetaraan lini dengan memakai tata cara RPW sehingga mendapatkan penyusutan sebesar 21, 74%. Pada keadaan ini, Smoothness Index yang dihasilkan merupakan 0, 70 sehabis memakai tata cara ranked positional weight hasilnya jadi 0, 42

(Sumber: Pengumpulan Data, 2024)

**7** Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

5	Judul penelitian	Penerapan Line Balancing Dengan Metode Heuristik Pada Lini Produksi Sewing 11a Produk Sleeveless Dress G8er16 (Studi Kasus: Starcam Apparel Indonesia Factory A)
	Peneliti	Deyana Hasnah Afifah
	Link	<a href="#">penerapan line balancing dengan metode heuristik pada lini produksi sewing 11a produk sleeveless dress g8er16 (studi kasus: pt starcam apparel indonesia factory a)   afifah   industrial engineering online journal (undip.ac.id)</a>
	Tahun	2023
	Metode	Metode yang digunakan dalam menganalisis permasalahan yaitu metode heuristik.
	Hasil penelitian	Sehabis direvisi dengan 3 tata cara heuristik ialah Helgesson- Birnie/ RPW, Largest Candidate Rule, ser 7 J- Wagon, terdapatnya kenaikan performansi lini yang lebih baik line efficiency sebesar 90, 835%, balanced delay sebesar 9, 165%, serta total waktu menganggur sebesar 59, 387. Tata cara yang sangat maksimal buat digunakan merupakan tata cara Helgesson- Birnie/ RPW sebab mempunyai nilai smoothness index yang sangat rendah ialah sebesar 30, 684.

(Sumber: Pengumpulan Data, 2024)

## 2.2 Keseimbangan Lintasan

Sistem keseimbangan lintasan digunakan sebagai cara mengupayakan dan membenarkan suatu alur produksi, sebab perusahaan mengevaluasi dan memperbaiki lintasan produksi dengan target memaksimalkan efisiensi kerja untuk mengupayakan hasil produksi dan untuk meminimalkan ketidakseimbangan (balance delay) dari lini produksi. Target pertama dari penyeimbangan lintasan adalah meminimalkan waktu menganggur *Idle Time* pada lini yang diperoleh operasi yang paling lambat (Baroto, 2002).

Masalah pokok dalam line balancing adalah keseimbangan stasiun kerja dan bagaimana mengoptimalkan penggunaan stasiun kerja yang ada. Line balancing yang baik diperoleh ketika bagian stasiun kerja mempunyai waktu sama dengan waktu siklus (*cycle time*) dan lintasan perakitan dapat beroperasi secara berlanjut.

Sebagai cara memecahkan permasalahan diatas tata cara line balancing guna mendapatkan alur penciptaan yang mudah serta mendapatkan utilitas yang besar diatas sarana, tenaga kerja, serta perlengkapan lewat keseimbangan waktu kerja setiap stasiun kerja, disetiap elemen tugas dalam suatu aktivitas penciptaan



digabungkan sedemikian juga dalam sebagian stasiun kerja sudah ditetapkan sehingga didapat penyeimbang waktu kerja lebih baik disetiap stasiun kerja.

### 2.3 Permasalahan Keseimbangan Lintasan

Dua kasus berarti dalam penyeimbangan lini, ialah penyeimbangan dari stasiun kerja (work station) serta melindungi pembuatan produk didalam lini perakitan.

Ada pula syarat ketidak seimbangan pada sesuatu lintasan penciptaan, ialah:

- a. melebihi waktu siklus operasi (*bottleneck*)
- b. Tingginya waktu menganggur (*idle time*)

### 2.4 Metode Penyelesaian Masalah Keseimbangan Lintasan

Berikut ini merupakan bagian – bagian penyelesaian masalah keseimbangan lintasan :

- a. Mengidentifikasi pekerjaan individual atau aktivitas yang akan digunakan.
- b. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan setiap pekerjaan.
- c. Membuat precedence constraints, jika berkaitan dengan setiap tugas.
- d. Menentukan hasil assembly line yang diperlukan.
- e. Menentukan total waktu yang ada untuk memproduksi.
- f. Menghitung cycle time yang diperlukan.
- g. Menentukan pekerjaan kepada pekerja atau mesin.
- h. Menentukan minimum stasiun kerja (work station) yang dibutuhkan sebagai output yang diharapkan.
- i. Menilai efektivitas dan efisiensi dari usulan.
- j. Mencari improvement untuk memperbaiki proses secara lanjut (continuous process improvement).

### 2.5 Metode Pengukuran Keseimbangan Lintasan

Sebab line balancing bisa dituntaskan dengan sebagian tata cara. Metode yang bisa diaplikasikan untuk permasalahan dalam line balancing, ialah:

#### a. *Ranked Positional Weight*

Konsep dari tata cara ini merupakan memastikan jumlah stasiun kerja minimum serta melaksanakan pembagian elemen ke stasiun kerja dengan metode

membagikan bobot posisi tiap elemen sehingga seluruh elemen sudah dimasukkan kepada suatu stasiun kerja. Bobot tiap elemen, misal elemen ke- i dihitung selaku waktu yang diperlukan buat melaksanakan elemen ke- i ditambah dengan waktu buat menjalankan seluruh elemen. Dasanti( 2020) melaporkan kalau tata cara RPW ialah tata cara bobot posisi yang mengutamakan waktu elemen kerja yang terbanyak.

**b. Largest Candidate Rule**

Yudha,( 2018) mengungkapkan jika tata cara LCR ialah tata cara yang dicoba dengan mencampurkan bagian - bagian atas bawah pengurutan pembedahan dari waktu proses terbanyak. Elemen kerja pada tata cara ini diatur descending.

Berikut ini adalah tabel penyelesaian masalah dari metode tersebut

**Tabel 2. 3** Metode Penyelesaian Masalah

Nama Metode	Jenis Metode	Langkah Penyelesaian Masalah
Metode Heruistik	Ranked Positional Weight	<p>1</p> <p>Buat precedence diagram bagi semua proses.</p> <p>Tentukan bobot posisi untuk setiap elemen kerja.</p> <p>27</p> <p>Beri peringkat setiap elemen pekerjaan berdasarkan bobot posisi pada langkah sebelumnya</p> <p>Menentukan waktu siklus (CT).</p> <p>Apabila alokasi suatu elemen operasional membuat waktu stasiun &gt; CT, maka alokasi dilakukan pada stasiun kerja berikutnya namun tidak boleh melanggar diagram prioritas yang ada.</p>

**Tabel 2. 4 Metode Penyelesaian Masalah**

Metode Heuristik	Largest Candidate Rule	Urutkan semua elemen pekerjaan berdasarkan jumlah waktu terbesar hingga terkecil. Elemen pekerjaan pada stasiun kerja pertama diambil dari urutan paling atas. Unsur kerja berpindah ke stasiun kerja berikutnya, apabila jumlah unsur kerja melebihi waktu siklus Lanjutkan proses pada langkah ke 2, hingga seluruh elemen pekerjaan berada pada stasiun kerja dan selesai.
------------------	------------------------	--

Sumber: Pengolahan Data

Metode Heuristik dipilih karna didasari tentang menyederhanakan permasalahan kombinasi yang kompleks dan dapat diselesaikan secara sederhana dan dengan metode yang mudah digunakan. Kemudian jenis heuristik yang di pilih adalah (*Ranked Positional Weight*) dan (*Largest Candidate Rule*) sebagai pertimbangan penulis karna metode ini cocok untuk diterapkan pada produksi transformator oli standar karna metode *Ranked Positional Weight* nantinya akan melakukan pembobotan elemen pekerjaan untuk menyeimbangan semua stasiun kerja dan metode ini juga memiliki tingkat akurasi keseimbangan lini paling tinggi dibanding metode heuristik yang lain namun metode ini tidak memperhitungkan (*flow efisiensi*) yang dapat menyebabkan biaya perpindahan material lebih mahal. Oleh karna itu penulis menggunakan metode *Largest Candidate Rule* untuk nantinya menganalisis perbandingan dari metode *ranked positional weight*, kemudian metode *Largest Candidate Rule* dipilih dari metode heuristik yang lain karna metode ini nantinya akan memperhatikan berlandaskan waktu operasi terpanjang yang akan diutamakan kedudukannya dalam stasiun kerja. Prinsipnya adalah menggabungkan proses-proses atas dasar pengurutan operasi dari waktu proses terpanjang.

Karna jika kita melihat dari latar belakang yang ada terdapat proses yang memiliki waktu yang sangat panjang berbeda jauh dengan proses berikutnya. oleh karna pertimbangan tersebut penulis memilih menggunakan metode heuristik (*Ranked Positional Weight*) dan (*Largest Candidate Rule*). Dalam studi litelatur

terdahulu pun metode ini sering kali menghasilkan nilai efisiensi paling baik diantara metode yang lain.

## 2.6 Pengukuran Waktu Kerja

Waktu kerja merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seseorang pekerja yang memilah tingkatan keahlian rata-rata buat menuntaskan pekerjaan. Dengan demikian, waktu baku yang dihasilkan dalam aktivitas pengukuran kerja ini bisa digunakan selaku perlengkapan buat membuat rencana penjadwalan kerja yang melaporkan berapa lama sesuatu pekerjaan wajib dituntaskan serta output yang dihasilkan dan berapa banyak pekerja yang dibutuhkan buat menuntaskan pekerjaan tersebut. Secara universal metode pengukuran waktu kerja dibedakan jadi 2 kelompok, yakni:

### 1. Pengukuran waktu kerja secara langsung

Pengukuran yang dicoba langsung di posisi pekerjaan. Ada 2 metode ialah pengukuran kerja memakai stop- watch time study serta work sampling.

### 2. Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung

Dimana kita bisa menghitung waktu kerja tanpa wajib terdapat pengamat di tempat kerja. Disini aktivitas yang dicoba cuma menghitung waktu kerja dengan membaca tabel waktu yang ada serta mengenali kemajuan faktor kerja ataupun faktor gerak.

langkah-langkah untuk Pengukuran waktu adalah sebagai berikut :

1. Melakukan observasi dan pengukuran waktu sejumlah N serta observasi untuk setiap siklus atau unsur kegiatan.
2. Melakukan pengujian keseragaman informasi. Pengujian keseragaman informasi bisa dicoba dengan menerapkannya pada peta kendali. Peta kendali ialah perlengkapan yang pas buat membenarkan keseragaman informasi yang diperoleh dari pengamatan yang seragam ataupun tidak.

$$\text{Batas kontrol Atas} : BKA = \bar{x} + k \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

$$\text{Batas kontrol Bawah} : BKB = \bar{x} - k \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Dimana :

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata

$\sigma$  = Standar deviasi

k = Tingkat keyakinan

N = Jumlah data

Data dikatakan seragam jika masih berada dalam batas BKA dan BKB.

Setelah itu dapat dilanjutkan dengan pengujian kecukupan data. Data dikatakan cukup apabila nilai  $N' \leq N$ . Menghitung kecukupan data dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$N' = \left[ \frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \right]^2$$

Dimana :

s = Derajat Ketelitian

N = Jumlah Data Pengamatan

N' = Jumlah Data Teoritis

$X_i$  = Data Pengamatan

Apabila nilai  $N' \leq N$ , berarti jumlah pengamatan dan pengambilan data yang diperlukan sudah cukup.

## 2.7 Penghitungan Waktu Standar

Dalam sesi pengumpulan informasi, dicoba survey ke PT XYZ untuk mendapatkan informasi primer berbentuk informasi waktu pembedahan dari tiap elemen kerja serta informasi sekunder berbentuk informasi aksesoris dengan melaksanakan wawancara serta pengamatan langsung (Visual Motion Study). Buat penghitungan waktu standar bisa digunakan 2 metode, ialah:

### 1. Perhitungan Stop Watch

Stopwatch digunakan selaku perlengkapan pengukur waktu buat mencatat waktu sesungguhnya (actual time) penyelesaian aktivitas yang diamati. Sehabis waktu tercatat serta diukur, informasi tersebut bisa digunakan buat menghitung waktu kerja operator serta alokasi waktu (allowance).

### 2. Perhitungan dengan work sampling

Work Sampling atau yang biasa juga disebut dengan Activity Sampling ialah suatu teknik untuk mengukur dan menganalisis produktivitas dengan menerapkan prinsip statistik, untuk semua kegiatan efektif atau tidak, dengan cara

mengambil sampel secara acak (tetapi harus bisa mewakili keseluruhan populasi) lalu menganalisisnya lebih lanjut lebih lanjut (Pilcher, 1992).

Formula yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$\text{Waktu standar} = \frac{I \times III \times V}{II} = (1 + VI)$$

Dimana :

- I : Jumlah waktu kerja dalam satu hari
- II : Jumlah barang yang diproduksi dalam satu hari
- III : Persentase waktu yang benar-benar digunakan oleh pekerja untuk bekerja
- IV : Persentase idle time
- V : Persentase rating factor
- VI : Persentase Allowance

## 2.8 Perhitungan Waktu Baku

Kegiatan penghitungan waktu selesai bila semua data yang dicapai seragam dan jumlahnya memenuhi tingkat ketelitian dan tingkat kepercayaan yang diharapkan. Setelah dilakukan perhitungan waktu baku, maka dimasukkan faktor tambahan kebutuhan manusia untuk menentukan waktu baku sebenarnya pada saat bekerja dengan memperhatikan:

### a. Allowance Time (pribadi, kelelahan, dan penundaan)

Allowance untuk kebutuhan individu umumnya 5-8%, waktu tunda mesin sekitar 0-10%, dan waktu kelelahan 0-50%. Kelonggaran yang diperlukan untuk menghentikan proses produksi dapat dikelompokkan menjadi kelonggaran pribadi, kelonggaran kelelahan, dan kelonggaran penundaan. Standar waktu yang akan ditentukan harus mencakup seluruh unsur pekerjaan dan disertai dengan (kelonggaran) yang diperhatikan. Dengan demikian, waktu standar sama dengan waktu kerja wajar ditambah kelonggaran (Sritomo Wingnjosoebroto, 1992).

Tabel 2. 5 Perhitungan Allowance

Faktor	Contoh Pekerjaan	Kelonggaran (%)		
		Ekivalen Beban	Pria	Wanita
<b>A. Tenaga yang dikeluarkan</b>				
1 Dapat diabaikan	Bekerja di meja, duduk	Tanpa Beban	0.0 – 6.0	0.0 – 6.0
2 Sangat ringan	Bekerja di meja, berdiri	0.00 – 2.25 kg	6.0 – 7.5	6.0 – 7.5
3 Ringan	Menyekop, ringan	2.25 – 9.00	7.5 – 12.0	7.5 – 16.0
4 Sedang	Mencangkul	9.00 – 18.00	12.0 – 19.0	16 – 30
5 Berat	Mengayun palu yang berat	19.00 – 27.00	19.0 – 30.0	
6 Sangat Berat	Memanggul beban	27.00 – 50.00	30.0 – 50.0	
7 Luar Biasa Berat	Memanggul karung berat	Di atas 50 kg		
<b>B. Sikap Kerja</b>				
1 Duduk	Bekerja duduk, ringan		0.00 – 1.0	
2 Berdiri diatas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki		1.0 – 2.5	
3 Berdiri diatas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol		2.5 – 4.0	
4 Berbaring	Pada bagian sisi, belakang atau depan Obadan		2.5 – 4.0	
5 Membungkuk	Badan dibungkukkan bertumpu pada kedua kaki		4.0 - 10	
<b>C. Gerakan Kerja</b>				
1 Normal	Ayunan bebas dari palu		0	
2 Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu		0 – 5	
3 Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan		0 – 5	
4 Pada anggota-anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala		5 – 10	
5 Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja di lorong pertambangan yang sempit		10 - 15	

D. Kelelahan Mata *)		Pencapaian Baik	Pencapaian Buruk
1 Pandangan yang terputusputus	Membawa alat ukur	0.0 – 6.0	0.0 – 6.0
2 Pandangan yang hampir terus-menerus	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti	6.0 – 7.5	6.0 – 7.5
3 Pandangan terus-menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti	7.5 – 12.0	7.5 – 12.0
Faktor	Contoh Pekerjaan	Kelonggaran (%)	
		Ekivalen Beban	Pria Wanita
4 Pandangan terus-menerus dengan fokus berubahubah	Memeriksa cacat-cacat pada kain	12.0 – 19.0	16.0 – 30.0
5 Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus tetap		19.0 – 30.0	
6 Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus berubah-ubah		30.0 – 50.0	
E. Keadaan suhu tempat kerja **)		Suhu (°C)	Kelelahan normal Kelelahan berlebihan
1 Beku		dibawah 0	diatas 10 diatas 12
2 Rendah		0 – 13	10 - 0 12 – 5
3 Sedang		13 - 22	5 - 0 8 – 0
4 Normal		22 - 28	0 - 5 0 - 8
5 Tinggi		28 - 38	5 - 40 8 – 100
6 Sangat Tinggi		Di atas 38	Di atas 40 Di atas 100
F. Keadaan atmosfer ***)			
1 Baik	Ruang yang berventilasi baik, udara segar		0
2 Cukup	Ventilasi kurang baik, ada bau-bauan (tidak berbahaya)		0 – 5
3 Kurang baik	Adanya debu-debu beracun atau tidak beracun tetapi banyak		5 – 10
4 Buruk	Adanya bau-bauan berbahaya yang mengharuskan menggunakan alat pernapasan		10 – 20
G. Keadaan lingkungan yang baik			
1 Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah			0
2 Siklus kerja berulang-ulang antara 5 – 10 detik			0 - 1
3 Siklus kerja berulang-ulang antara 0-5 detik			1 – 3
4 Sangat bising			0 – 5
5 Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas			0 – 5
6 Terasa adanya getaran lantai			5 – 10
7 Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan, dll)			5 - 15

(Sumber : Sutalaksana)

Rumus untuk menghitung *allowance time* adalah :

$$Allowance\ Time = Wn \times Allowance(\%)$$



Dimana :

Wn : adalah waktu normal

### b. Rating Factor

Faktor Pemingkatan didasarkan pada satu aspek saja yaitu dengan menggunakan metode Westinghouse yang berarti memusatkan penilaian pada 4 aspek yang diduga menentukan adil atau tidaknya dalam bekerja, yaitu keterampilan, usaha, kondisi kerja dan konsistensi. Peringkat kinerja dapat dihitung menggunakan tabel sistem peringkat Westinghouse. "Selain keterampilan (skill) dan upaya (effort) yang dikemukakan Bedaux sebagai aspek yang mempengaruhi manusia, Westinghouse lebih ditingkatkan lagi dengan kondisi kerja (working condition) dan (konsistensi) operator di wilayah kerja" (Sritomo, 2008)

Tabel 2. 6 Perhitungan Rating Factor

FAKTOR	KELAS	LAMBANG	PENYESUAIAN
KETERAMPILAN	Superskill	A1	+ 0,15
		A2	+ 0,13
	Excellent	B1	+ 0,11
		B2	+ 0,08
	Good	C1	+ 0,06
		C2	+ 0,03
	Average	D	0,00
USAHA	Fair	E1	- 0,05
		E2	- 0,10
	Poor	F1	- 0,16
		F2	- 0,22
	Excessive	A1	+ 0,13
		A2	+ 0,12
	Excellent	B1	+ 0,10
	B2	+ 0,08	
Good	C1	+ 0,05	
	C2	+ 0,02	
Average	D	0,00	
Fair	E1	- 0,04	
	E2	- 0,08	
Poor	F1	- 0,12	
	F2	- 0,17	
KONDISI KERJA	Ideal	A	+ 0,06
	Excellenty	B	+ 0,04
	Good	C	+ 0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,03
	Poor	F	- 0,07
KONSISTENSI	Perfect	A	+ 0,04
	Excellenty	B	+ 0,03
	Good	C	+ 0,01
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,02
	Poor	F	- 0,04

(Sumber : Sritomo)

Rumus dari Rating Faktor adalah:

Nilai Rating faktor = skill + effort + condition + consistency

p = (1 + nilai rating factor)

Data kemudian dikelola dan diperoleh waktu baku dari semua elemen kerja dengan menggabungkan rating factor dan allowance. Rumus untuk perhitungan waktu standar dan waktu baku (Wignjosoebroto, 2003) yaitu :

$$W_n = W_s \times \text{rating factor}$$

$$W_n = W_s \times \text{rating factor}$$

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{100\% - \text{Allowance}}$$

Dimana:

Ws: waktu siklus/waktu operasi

Wn: waktu normal

Wb: waktu baku/waktu standar.

## 2.9 Istilah-Istilah Dalam Keseimbangan Lintasan

Ada istilah-istilah yang umum digunakan dalam penggunaan linebalancing. Berikut istilah-istilah yang dimaksud (Baroto, 2002):

### A. Elemen kerja

Dalam kaitannya dengan proses manufaktur secara keseluruhan, kami menggambarkan N sebagai jumlah total elemen kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan perakitan dan I sebagai jumlah elemen kerja I dalam proses tersebut.

### B. Waktu siklus

Waktu antara pembuatan yang berurutan, dengan asumsi suku cadang konstan di semua jalur perakitan. Nilai minimum waktu siklus harus > dari waktu stasiun.

### C. Waktu stasiun

Total waktu elemen kerja yang diterapkan pada stasiun kerja sangat jelas bahwa waktu stasiun (ST) tidak lebih besar dari waktu siklus (CT).

### D. Waktu luang dari stasiun

Selisih waktu siklus (CT) dan waktu stasiun adalah waktu idle stasiun = CT - ST

### E. Diagram prioritas

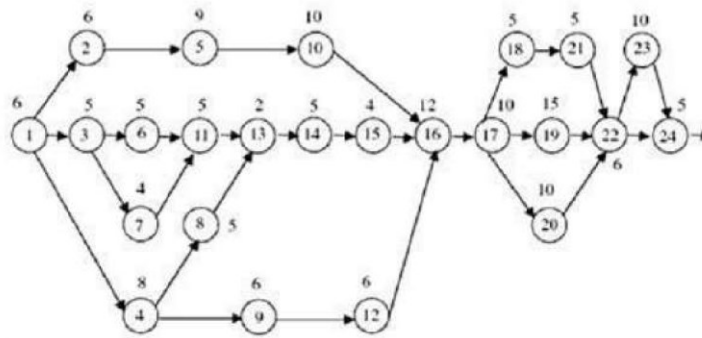
Diagram prioritas merupakan cerminan grafis dari urutan pembedahan kerja, dan ketergantungan pada pembedahan kerja yang lain, dengan tujuan buat mempermudah pengendalian serta perencanaan aktivitas yang terpaut di dalamnya. Isyarat yang digunakan dalam diagram Precedence merupakan selaku berikut:

44

1. Simbol bundaran dengan huruf ataupun angka di dalamnya buat mempermudah identifikasi asli sesuatu proses pembedahan.

2. Panah menampilkan ketergantungan serta urutan pembedahan proses. Dalam perihal ini, pembedahan pada pangkal panah mendahului pembedahan kerja pada ujung panah.

3. Angka di atas lambang bundaran ialah waktu baku yang dibutuhkan buat menuntaskan tiap proses pengoperasian.



32

Gambar 2. 1 Contoh Precedence Diagram

#### F. Waktu menunggu (*idle time*)

Yaitu operator atau pekerja yang sedang menunggu untuk melaksanakan suatu proses kerja atau kegiatan operasional yang selanjutnya akan dilakukan. Perbedaan atau perbedaan waktu siklus (CT) dan waktu stasiun (ST).

$$\text{Idle time} = CT - ST$$

Dimana :

CT = Cycle time

ST = Station time

#### G. Keseimbangan Waktu Senggang (*Balance Delay*)

Balance Delay merupakan ukuran inefisiensi jalur yang diperoleh dari waktu idle awal yang disebabkan oleh ketidaksempurnaan alokasi antar stasiun kerja. Semakin kecil nilai balance delay maka semakin baik, begitu pula sebaliknya jika nilai balance delay besar berarti semakin buruk karena tingginya waktu idle. Balance Delay dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \frac{(n \times c) - \sum_{i=1}^n ti}{(n \times c)} \times 100\%$$

Dimana :

$D = \text{Balance Delay \%}$

$N = \text{Jumlah Stasiun Kerja}$

$\sum ti = \text{Jumlah Semua Waktu Operasi}$

$t_i = \text{Waktu Operasi}$

$C = \text{Waktu siklus terbesar dalam stasiun kerja}$

#### H. Efisiensi Stasiun Kerja (*Work Station Efficiency*)

*Work Station Efficiency* ialah perbandingan antara waktu pengoperasian tiap stasiun kerja ( $W_i$ ) dengan waktu pengoperasian stasiun kerja terbanyak ( $W_s$ ). Terus menjadi besar nilai efisiensi stasiun kerja hingga terus menjadi baik. Efisiensi stasiun kerja bisa dihitung dengan memakai rumus berikut:

$$\text{Efisiensi Stasiun Kerja} = \frac{W_i}{W_s} \times 100\%$$

Dimana:

$W_i = \text{Waktu stasiun kerja dari ke-}i$

$W_s = \text{Jumlah stasiun kerja}$

#### I. Efisiensi Lintasan (*Line Efficiency*)

*Line Efficiency* merupakan rasio dari totalitas waktu stasiun kerja dengan siklus dikali jumlah stasiun kerja. Lintasan dikatakan efektif apabila efisiensi lintasan mendekati besar ataupun mendekati kearah 100%. Efisiensi lintasan dapat dihitung dengan cara berikut:

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

Dimana:

$ST_i = \text{Waktu stasiun kerja dari ke-}i$

$K = \text{Jumlah stasiun kerja}$

$CT = \text{Waktu siklus}$

#### J. Stasiun Kerja (*work station*)

*Work station* ialah bagian jalan perakitan dimana proses perakitan dicoba. Sehabis memastikan interval waktu siklus, hingga bisa diperoleh jumlah stasiun kerja efektif dengan memakai rumus:

$$K_{min} = \frac{\sum_{i=1}^K t_i}{c}$$

Dimana :

31

$t_i$  = Waktu Operasi Setiap Elemen

$C$  = Waktu Siklus Stasiun Kerja

$K_{min}$  = Jumlah Stasiun Kerja Minimal

### K, Smoothness Index

Smoothness Index ialah sesuatu indeks yang memberikan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan terbagian.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{max} - ST_i)^2}$$

49

Dimana :

$SI$  = Smoothness index

$ST_{max}$  = Waktu stasiun kerja terbesar

$ST_i$  = Waktu stasiun di stasiun kerja ke- $i$

### 2.10 Kriteria Penilaian Keseimbangan Lintasan

Parameter keseimbangan lintasan dapat diukur dengan melihat efisiensi lintasan (*line efficiency*) dan indeks kehalusan (*smoothness index*). Semakin besar nilai efisiensi lintasan dan semakin kecil indeks kehalusan maka keseimbangan lintasan semakin baik. Rumus perhitungannya telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

### 2.11 Simulasi

Simulasi yaitu sebuah rangkaian metode yang *universal* dengan tujuan meniru sikap sistem nyata. Biasanya dicoba pada pc dengan memakai fitur lunak yang cocok (Kelton, 2006). Akhir-akhir ini, tata cara simulasi sudah jadi lebih terkenal serta kokoh berkat kemajuan teknologi pc serta fitur lunak. Simulasi digunakan buat memodelkan sistem yang lingkungan, yang susah ataupun apalagi tidak bisa jadi dimodelkan lewat perumusan matematis. Model simulasi dirancang buat menekuni sistem tersebut dengan melaksanakan eksperimen, sehingga bisa menggapai tujuan ataupun mengukur kinerja yang di idamkan. Keuntungan utama dari memakai model simulasi merupakan kemampuannya dalam menanggulangi sistem yang lingkungan dengan model yang sulit.

Tujuan yang lain merupakan *budget* yang lebih efektif dibanding dengan melaksanakan proses simulasi fisik. Simulasi pula mempunyai fleksibilitas serta kemudahan pemakaian yang membolehkan pengambilan keputusan yang kilat serta akurat. Tetapi, sebab banyak sistem nyata dipengaruhi oleh input acak serta tidak terkontrol, hasil simulasi pula hendak bertabiat acak. Oleh sebab itu, melaksanakan simulasi stokastik sekali bisa menciptakan hasil yang berbeda pada percobaan selanjutnya. Walaupun hasil simulasi bisa jadi tidak bisa diprediksi secara tentu, ketidakpastian bisa dikurangi lewat pengukuran serta penyesuaian, namun senantiasa mencermati representasi yang valid dari sistem.

### **2.12 Arena Simulasi**

Arena merupakan fitur lunak pc yang digunakan buat mensimulasikan sistem nyata. Simulasi memakai Arena mengaitkan model analitis serta grafis. Terdapat sebagian langkah proses yang ikut serta dalam memakai simulasi Arena, ialah:

1. Mengumpulkan informasi input.
2. Membiasakan informasi dengan distribusi yang cocok.
3. Meningkatkan model Arena.
4. Memasukkan informasi ke dalam model.
5. Melaksanakan simulasi.
6. Memverifikasi serta memvalidasi model.

Arena sediakan hierarki yang luas serta mendalam dari sebagian tingkat pemodelan yang berbeda, yang memungkinkannya buat menanggulangi kebutuhan fleksibilitas dalam memodelkan logika yang lingkungan. Struktur ini membolehkan pengguna buat menggunakan pemodelan tingkatan besar yang simpel sepanjang bisa jadi, namun pula membagikan fleksibilitas buat bergeser ke tingkatan yang lebih mendalam dikala dibutuhkan. Segala kekuatan pemodelan ini disediakan lewat materi standar Arena, sehingga pengguna telah terbiasa dengan metode memakainya buat buatnya berperan, yang butuh dicoba merupakan menguasai apa yang materi tersebut jalani( Kelton, 2006)

### 2.12.1 *Fitting Data*

Input Analyzer ialah bagian dari fitur lunak Arena yang disediakan selaku komponen standar. Perlengkapan ini sangat serbaguna serta kokoh, digunakan buat mengevaluasi sepanjang mana guna distribusi probabilitas sesuai dengan informasi input. Input Analyzer pula bisa digunakan buat membiasakan guna distribusi tertentu dengan file informasi, sehingga membolehkan perbandingan distribusi ataupun pengamatan dampak pergantian parameter pada distribusi yang sama. Tidak hanya itu, Input Analyzer bisa menciptakan unit informasi acak yang bisa dianalisis memakai fitur penyesuaian distribusi fitur lunak ini.

File informasi yang diproses oleh Input Analyzer biasanya mewakili interval waktu yang terpaut dengan proses acak, semacam serangkaian interval waktu, serangkaian waktu proses, ataupun waktu antara kegagalan sistem yang berentetan. Distribusi yang digunakan dalam analisis ini memakai distribusi yang telah terdapat dalam fitur lunak Arena..

### 2.12.2 *Validasi dan Verifikasi Model*

Verifikasi model dicoba buat membenarkan kalau model tersebut terbuat cocok dengan alur logika serta proses yang diharapkan. Sedangkan itu, validasi dicoba buat membenarkan, kalau model tersebut cocok dengan sistem nyata. Proses validasi umumnya mengaitkan perbandingan antara hasil simulasi dengan informasi primer yang diperoleh langsung dari lapangan. Bila tidak ada perbandingan signifikan yang ditemui lewat pengujian statistik, hingga model bisa dikira valid. Tetapi, tata cara ini tidak bisa digunakan bila model tersebut terbuat buat merancang sistem baru ataupun mengganti sistem secara merata. Sistem yang terdapat hendak berbeda dengan model yang terbuat. Tata cara buat validasi yang umumnya digunakan antara lain merupakan metode: *Kolmogorov Smirnov*, *Wilcoxon*, *Paired t-test*, *ANOVA (Analysis of Variance)*, *Kruskal-Wallis Test*, *AIC*

(*Akaike Information Criterion*), *BIC (Bayesian Information Criterion)*, dan *Cross-Validation*.

Oleh sebab itu, validasi wajib dicoba dengan membenarkan kalau alur logika dari model konseptual cocok dengan sistem baru yang di idamkan. Proses verifikasi dicoba dalam 2 sesi. Sesi awal bertujuan buat membenarkan kalau tidak terdapat kesalahan dikala model dijalankan. Sesi verifikasi kedua digunakan buat membenarkan kalau alur simulasi mempunyai keterhubungan logis yang normal serta cocok dengan desain dini. Tidak hanya itu, verifikasi pula hendak mengecek apakah perhitungan dalam model dicoba dengan benar.

Azwar (1987: 173) melaporkan kalau validitas berasal dari kata *validity* yang memiliki makna sepanjang mana ketepatan serta kecermatan sesuatu instrumen pengukur (uji) dalam melaksanakan guna ukurnya. Sesuatu uji dikatakan mempunyai validitas yang besar apabila perlengkapan tersebut melaksanakan guna ukur secara pas ataupun membagikan hasil ukur yang cocok dengan iktikad dikerjakannya pengukuran tersebut. Maksudnya hasil ukur dari pengukuran tersebut ialah besaran yang mencerminkan secara pas kenyataan ataupun kondisi sebetulnya dari apa yang diukur.

### 2.12.3 Uji *Wilcoxon*

*Wilcoxon* Ini merupakan tata cara yang digunakan buat menyamakan 2 kelompok berpasangan, membagikan metode buat memperhitungkan apakah peringkat rata-rata populasi mereka berbeda. *Uji Wilcoxon* bisa digunakan dengan kondisi semacam:

1. Bila informasi mengaitkan ilustrasi berpasangan ataupun kumpulan yang sesuai.
2. *Uji Wilcoxon* sangat bermanfaat kala dimensi ilustrasi kecil serta tidak banyak.



Keserbagunaan ini menjadikan *Uji Wilcoxon* selaku perlengkapan yang bermanfaat dalam analisis statistik, yang membolehkan kesimpulan yang kokoh apalagi kala informasi tidak mematuhi anggapan universal.

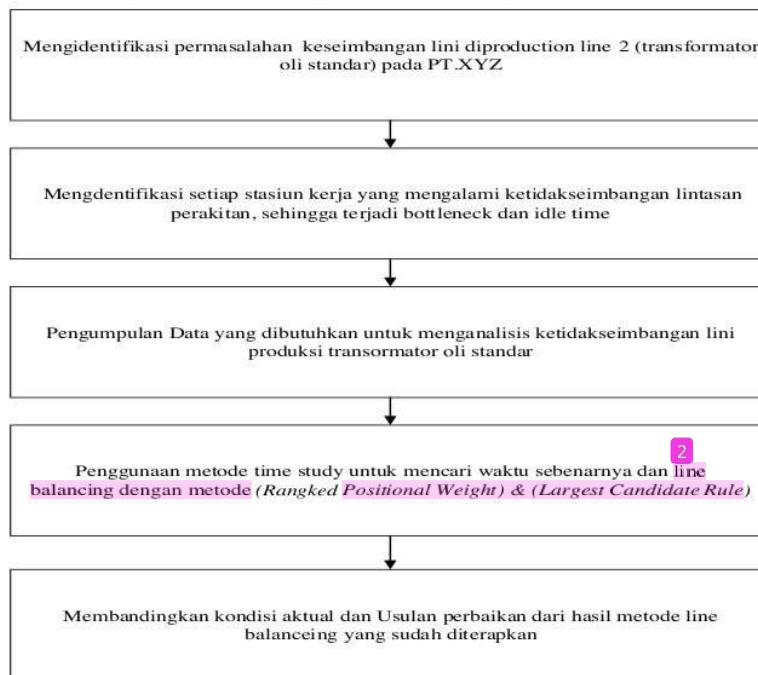
## BAB 3

### METODELOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan secara sistematis. Tahap yang satu dengan tahap yang lain harus saling berhubungan dan saling mendukung, dimana satu tahap yang telah selesai menentukan tahap selanjutnya yang akan dilakukan. Dimana langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

#### 3.1 Kerangka Berfikir

Dalam melakukan penelitian, diperlukan kerangka berpikir untuk mengetahui alur pemikiran dalam penelitian ini sebagai berikut:



(Gambar 3. 1 Kerangka Berfikir)

Berlandaskan kerangka pemikiran diatas, penulis melakukan penelitian tersebut dikarenakan perusahaan memiliki permasalahan ketidakseimbangan diproduction line 2 (transformator Oli Standar), sehingga beberapa stasiun kerja

menjadi bottleneck dan idle time. Oleh karena itu, diperlukan analisis terkait line balancing untuk dapat memberikan usulan perbaikan berdasarkan dengan metode yang digunakan.

### 3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif sebagai bahan perbandingan dimana menghitung kondisi awal dan setelah dihitung dengan metode <sup>16</sup> keseimbangan lintasan *ranked positional weight & Largest Candidate Rule* apakah akan menghasilkan *line efficiency* dan *smoothing indeks* yang baik dari kondisi sebelumnya.

### <sup>10</sup> 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. XYZ produksi transformator oli standar, yang berkawasan diBanten. Penelitian dilaksanakan mulai february 2024 dibagian pembuatan transformator oli standar.

### 3.4 Studi Pustaka

Studi pustaka digunakan dengan bertujuan agar penulis mengetahui secara teoritis mengenai metode-metode yang digunakan dalam pemecahan masalah serta mengembangkan pengetahuan dan wawasan dari peneliti. Dan dilakukan dengan membaca jurnal atau paper yang telah dibuat sebelumnya dan berkaitan dengan obyek yang diteliti. Konsep yang digunakan dadalah tentang konsep keseimbangan lintasan.

### 3.5 Studi Lapangan

Tujuan dari dilakukannya studi lapangan adalah untuk mengetahui kondisi nyata dari perusahaan dan melihat proses perakitan transformator oli standar mulai dari penggulungan coil, penggabungan coil dengan core, connecting, dan perakitan akhir. Dimana dari aktivitas tersebut penulis dapat mengetahui masalah yang ada di perusahaan serta gambaran tentang pendekatan dan metode keseimbangan lintasan yang akan digunakan.

### 3.6 Identifikasi Masalah

Pada bagian ini dilakukan verifikasi dan perumusan masalah yang terjadi pada lini perakitan yang diteliti dimana dari empat stasiun kerja terdapat stasiun kerja yang memiliki waktu proses terlalu lama dari yang lainnya. Sehingga mengakibatkan stasiun kerja selanjutnya menunggu dan mengganggu. Mengingat pentingnya keseimbangan lintasan dalam lini produksi maka dalam penelitian ini adalah mengenai pendekatan keseimbangan lintasan pada lini perakitan transformator oli standar pada PT. XYZ ini.

### 3.7 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, yakni menganalisis ketidakseimbangan pada proses perakitan transformator oli standar pada kondisi aktual dan menganalisis pemerataan di lintasan perakitan guna meningkatkan efisiensi.

### 3.8 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data yaitu aktivitas yang berguna sebagai melakukan brainstorming dan wawancara bersama pihak perusahaan terutama dengan kepala bagian produksi dan supply chain serta mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam pengolahan data. Pengumpulan data dibagi menjadi dua yaitu :

#### a. Data Primer

Data Primer Data primer adalah data yang diambil secara langsung oleh peneliti di lapangan. Data primer yang telah dikumpulkan oleh peneliti dalam melakukan penelitian ini antara lain (Hasan, 2002): observasi, dan dokumentasi. Pengambilan data primer pada penelitian ini diambil dengan menggunakan jam henti (stopwatch).

#### b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dan dikumpulkan oleh peneliti dari sumber yang tersedia. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yaitu dari referensi jurnal dan sumber informasi lainnya, yakni data permintaan produk produksi satu tahun 2023, jumlah operator, dan standar efficiency perusahaan.

### 3.9 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini antara lain adalah penghitungan awal dengan *time study* dan penghitungan dengan metode *ranked positional weight* dan *Largest Candidate Rule* adalah sebagai berikut:

### 3.9.1 Time Study

Yang dilakukan pada tahap ini adalah melakukan uji kecukupan data, uji keseragaman data, dan perhitungan waktu baku dalam proses perakitan transformator oli standar. Dalam uji tersebut, peneliti menggunakan tingkat kepercayaan yang sebesar 95% dengan ketelitian sebesar 5%.

### 3.9.2 Menguji Keseragaman dan Kecukupan Data

Uji keseragaman dilakukan untuk melihat apakah ada data yang keluar dari batas kontrol atau tidak. Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang ada cukup untuk melakukan penghitungan selanjutnya.

### 3.9.3 Menghitung Kondisi Awal Lini Perakitan

Untuk mengetahui kondisi awal maka perlu dilakukan penghitungan kondisi aktual terlebih dahulu untuk dibandingkan saat penerapan keseimbangan lini dengan metode *ranked positional weight*.

### 3.9.4 Analisis Hasil Pengolahan Data Dengan menggunakan Metode *Ranked Positional Weight & Largest Candidate Rule*

Melakukan penghitungan dengan metode yang sudah ditetapkan sebagai bahan perbandingan antara kondisi aktual dengan kondisi perhitungan dengan metode *ranked positional weight & Largest Candidate Rule* untuk mengetahui *smoothing index* dan *line efisiensi* yang lebih baik.

### 3.9.5 Simulasi Arnea

Melakukan simulasi dengan *software arena* untuk mengetahui apakah kondisi actual dan usulan dapat dikatakan sama

## 3.10 Usulan Perbaikan

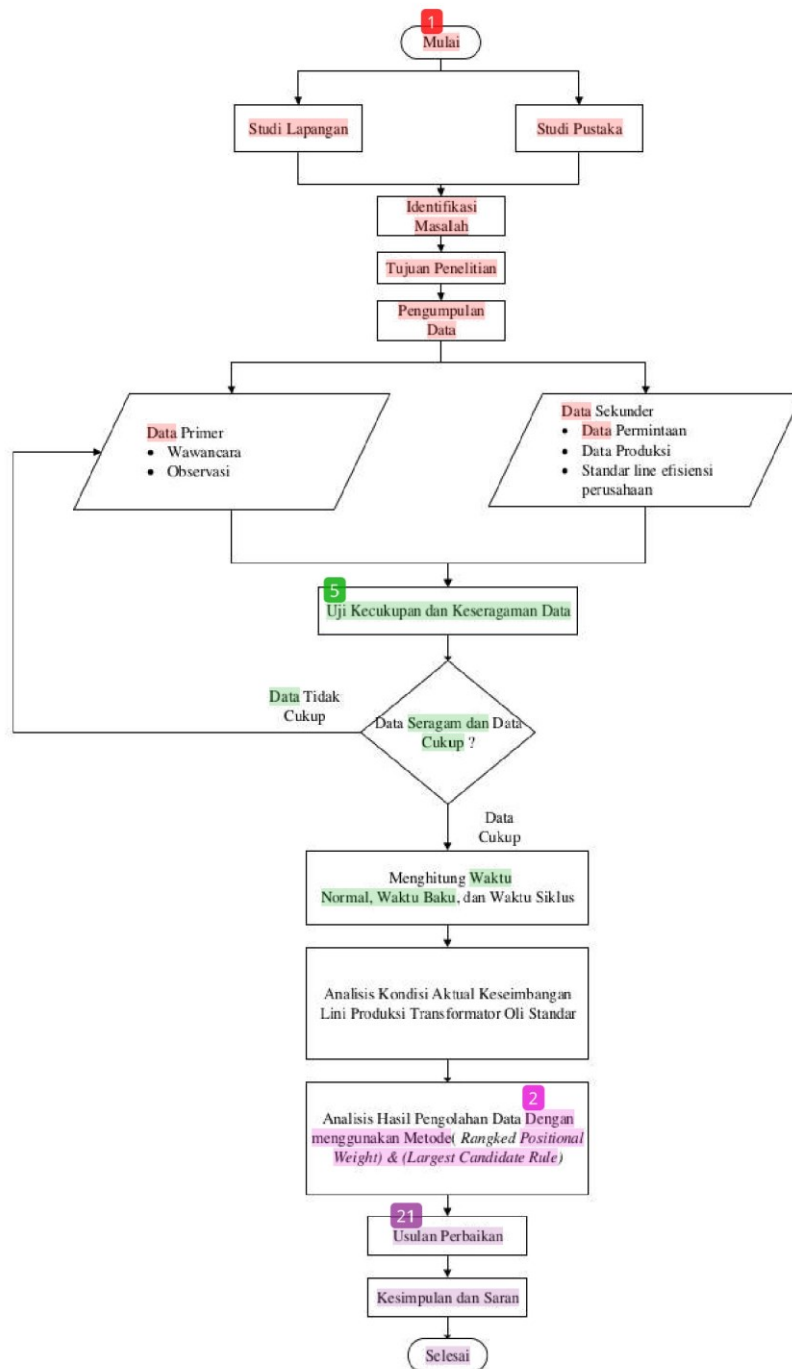
Pada tahap ini, usulan perbaikan diberikan berdasarkan hasil dari analisis yang telah diteliti.

### 3.11 Kesimpulan dan Saran

Memberi hasil kesimpulan yang berisikan hasil penelitian yang telah dilakukan. Kemudian, saran yang diberikan berhubungan dengan peningkatan keseimbangan di lintasan perakitan Transformator Oli Standar.

### 3.12 Tahapan Penelitian

Setiap tahapan merupakan bagian yang menentukan tahapan selanjutnya sehingga harus dilalui dengan hati-hati. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat dari gambar flowchart penelitian di bawah ini:



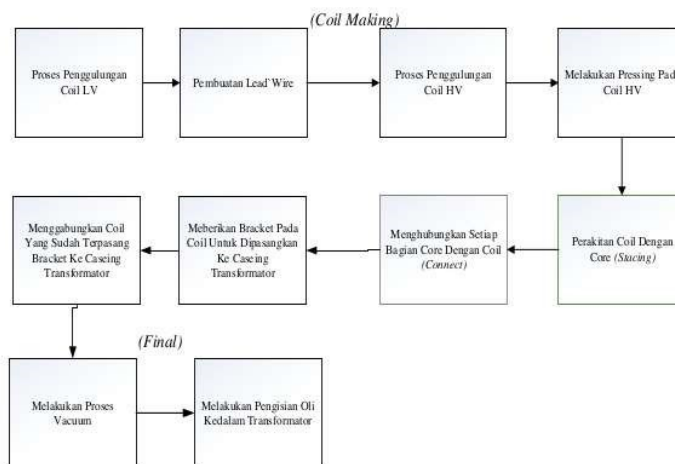
**Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian)**

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengumpulan Data

##### 4.1.1 Alur Proses Produksi Transformator Oli Standar



(Gambar 4. 1 Alur Proses Produksi)

Berikut ini adalah tahapan untuk membuat transformator oli standar:

#### (Stasiun Kerja 1)

##### 1. Proses Penggulungan Coil LV

Dimana proses saat material tiba dari gudang lempengan – lempengan aluminium akan diletakan pada mesin LV dan akan dilakukan penggulungan sesuai dengan kVA yang akan dikerjakan. Setelah lempengan – lempengan aluminium diletakan pada mesin LV proses penggulungan dilakukan oleh operator.





(Gambar 4. 2 Mesin LV)

## 2. Pembuatan Lead Wire

Lead Wire digunakan sebagai konduktor dan dililitkan pada coil LV agar saat transformator digunakan aliran Listrik dapat mengalir dengan baik.

## 3. Proses Penggulungan Coil HV

Setelah pembuatan coil LV selesai, coil LV yang telah siap digabung dengan lempengan coil HV yang berupa alumunium namun memiliki ketebalan yang berbeda dengan lempengan coil LV. Setelah itu coil HV akan disatukan dengan coil LV dan dilakukan penggulungan kembali oleh mesin untuk menyatukan kedua coil tersebut.



(Gambar 4. 3 Mesin HV)

## 4. Pressing Coil HV

Pada proses pressing coil LV dan coil HV akan dipress untuk membentuk coil yang sesuai dengan kebutuhan.

(Stasiun Kerja 2)

5. *Stacking*

*Stacking* adalah proses untuk menggabungkan coil yang telah siap dengan core yang berupa lempengan – lempengan besi yang berfungsi untuk nantinya mengurangi arus Listrik yang masuk ketransformator saat digunakan pada proses ini operator hanya menggunakan meja *stacking*.

(Stasiun Kerja 3)

6. *Connect*

Proses *connect* dilakukan untuk menyambungkan setiap bagian dari transformator seperti tembaga coil LV dan coil HV pada proses ini operator tidak menggunakan mesin hanya dengan *handtools*.

(Stasiun Kerja 4)

7. Pemasangan Bracket

Setelah setiap bagian inti transformator disambungkan maka bagian core akan diberi bracket dudukan untuk dipasangkan ke *housing* atau pelindung transformator.

8. Penggabungan Core Kedalam *Housing* Transformator

Setelah bracket dudukan terpasang pada core maka proses penggabungan core dengan *housing* transformator dilakukan, pada proses ini transformator sudah berbentuk sempurna seperti yang ada pada tiang Listrik.



Gambar 4. 4 housing transformator oli standar

### 9. Vacuum

Saat transformator telah diberi housing selanjutnya adalah melakukan vacuum pada inti transformator untuk mencegah adanya udara yang mengendap dibagian inti agar saat diisi oli sirkulasi cairan oli akan sempurna.

### 10. Oil Filling

Proses terakhir dalam pembuatan transformator adalah pengisian oli Dimana hal yang pertama dilakukan itu adalah proses vakum udara yang terdapat pada core transformator kemudian baru diisi dengan oli.

#### 4.1.2 Deskripsi Bagian Elemen Kerja

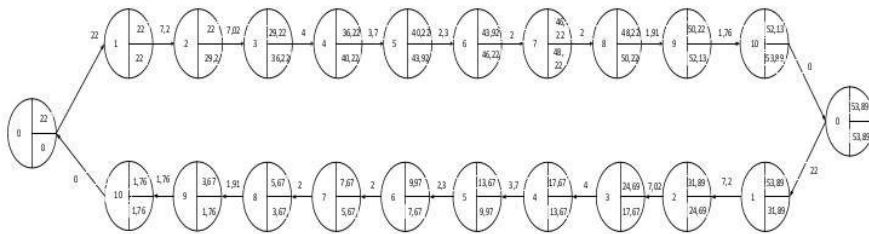
Dalam pembuatan transformator oli standar harus melalui beberapa tahapan operasi elemen kerja sebagai berikut:

**Tabel 4. 1** Proses Operasi Kerja

Operasi	Elemen Kerja	Predecessor
1	Proses Penggulungan Coil LV	-
2	Pembuatan Lead Wire	1
3	Penggulungan Coil HV	2
4	Pressing Coil HV	3
5	Menggabungkan Coil dengan bagian inti	4
6	Pemasangan Bracket	5
7	Menghubungkan bagian Coil HV dan Coil LV	6
8	Penggabungan Core Kedalam Caseing Transformator	7
9	Vacuum	8
10	Oil Filing	9

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Berdasarkan urutan proses operasi pada setiap elemen kerja dengan menyesuaikan kondisi aktual dan nyata diperusahaan, Dimana perakitan bersifat lurus. Berikut merupakan precedence diagram pembuatan Transormator Oli Standar sebagai berikut:



Gambar 4.5 Precedence Diagram Aktual

**9**  
**4.2 Pengolahan Data**

**4.2.1 Waktu Proses**

Berikut ini merupakan waktu proses pembuatan transformator oli standar

Tabel 4. 2 Waktu Proses Operasi Pekerjaan

Operasi	Pengamatan Ke – (Menit)			
	1	2	3	4
1	4,19	4,19	4,20	4,21
2	1,10	1,10	1,11	1,10
3	13,20	13,19	13,17	13,20
4	1,10	1,11	1,10	1,10
5	4,18	4,20	4,19	4,19
6	2,45	2,40	2,47	2,45
7	2,15	2,13	2,15	2,14
8	1,15	1,20	1,15	1,20
9	1,30	1,35	1,30	1,35
10	1,15	1,14	1,14	1,14

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

**9**  
**4.2.2 Uji Kecukupan Data**

Berikut ini merupakan contoh pengambilan kecukupan data pada operasi 1 menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sum Xi = 4,19 + 4,19 + 4,20 + 4,21 = 16,79$$

$$\sum Xi^2 = (4,19^2 + 4,19^2 + 4,20^2 + 4,21^2 = 70,47$$

$$(\sum Xi^2) = 16,79^2 = 281,90$$

**64**  
 k (tingkat keyakinan) : 95% ≈ 2

s (derajat ketelitian) : 5% ≈ 0,05

$$k/s = 2/0,05 = 40'$$

$\sum Xi$  = Jumlah data yang dikumpulkan

$$N' = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{40 \sqrt{4 \cdot 70,47 - (281,90)^2}}{16,79} \right]^2$$

$$N' = 0,0062$$

Berdasarkan hasil uji kecukupan data yang telah diuji menggunakan Microsoft Excel, berikut rekapitulasi uji kecukupan data komponen transformator oli standar

Tabel 4. 3 Uji Kecukupan Data

Operasi	$\sum xi$	$\sum xi^2$	$(\sum xi)^2$	k/s	N	N'	Keterangan
1	16,79	70,47	281,90	40	4	0,006	Cukup
2	4,41	4,8621	19,44	40	4	00,02	Cukup
3	52,76	695,90	2783,61	40	4	0,001	Cukup
4	4,41	4,8621	19,44	40	4	0,002	Cukup
5	16,76	70,22	2763,60	40	4	0,04	Cukup
6	9,77	23,86	95,45	40	4	0,17	Cukup
7	8,57	18,36	73,44	40	4	0,02	Cukup
8	4,7	5,52	22,09	40	4	0,72	Cukup
9	5,3	7,02	28,09	40	4	0,56	Cukup
10	4,57	5,22	20,88	40	4	0,02	Cukup

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Berdasarkan hasil perhitungan uji kecukupan data dengan menggunakan Microsoft Excel dapat disimpulkan bahwa data waktu proses perakitan komponen transformator oli standar mempunyai nilai N' yang lebih rendah dari nilai N (data pengamatan) sebesar 4, sehingga semua data

proses pembuatan transformator oli standar menghasilkan sampel yang cukup, dan data tersebut dapat digunakan untuk proses berikutnya.

59 **4.2.3 Uji Keseragaman Data**

Uji keseragaman data dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel. Pengujian tersebut menghasilkan Tabel yang berisi rekapitulasi hasil uji keseragaman data, dan grafik hasil uji keseragaman data pembuatan transformator oli standar dapat dilihat pada lampiran berikut :

**Tabel 4. 4** Uji Keseragaman Data

Operasi	BKA	Rata - Rata	BKB	Keterangan
1	8,40	4,19	4,17	Seragam
2	2,21	1,1	1,09	Seragam
3	26,39	13,19	13,16	Seragam
4	2,21	1,10	1,09	Seragam
5	8,38	4,19	4,17	Seragam
6	4,91	2,44	2,38	Seragam
7	4,29	2,14	2,12	Seragam
8	2,37	1,17	1,11	Seragam
9	2,67	1,32	1,26	Seragam
10	2,29	1,1425	1,1325	Seragam

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa data waktu proses perakitan transformator oli standar memiliki pola data seragam. Hal tersebut berarti bahwa data tersebut masih berada dalam batas kontrol atas dan batas kontrol bawah.

35 **4.2.4 perhitungan Waktu Siklus**

Adapun salah satu contoh perhitungan waktu siklus untuk operasi 1 dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$ws = \frac{\sum Xi}{N}$$

$$Ws = \frac{4,19 + 4,19 + 2,20 + 4,21}{4}$$

$$W_s = 4,19$$

**Tabel 4. 5** Perhitungan Waktu Siklus Operasi

Operasi	Pengamatan Ke – (Jam)				Waktu Siklus
	1	2	3	4	
1	4,19	4,19	4,20	4,21	4,19
2	1,10	1,10	1,11	1,10	1,10
3	13,20	13,19	13,17	13,20	13,19
4	1,10	1,11	1,10	1,10	1,10
5	4,18	4,20	4,19	4,19	4,19
6	2,45	2,40	2,47	2,45	2,44
7	2,15	2,13	2,15	2,14	2,14
8	1,15	1,20	1,15	1,20	1,17
9	1,3	1,35	1,3	1,35	1,32
10	1,15	1,14	1,14	1,14	1,14

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Setelah waktu siklus diperoleh maka akan dikombinasikan dengan faktor kelonggaran atau *allowance* dengan mempertimbangkan tenaga yang dikeluarkan sikap kerja, gerakan kerja, kelelahan mata, keadaan temperature, keadaan atmosfer, dan keadaan lingkungan pada lampiran berikut :

**(Tabel 4. 6** Pembagian *Rating Factor*)

Operasi	Skill	Effort	Condition	Consistency	RF
1	B1(0,11)	B2(0,08)	B (0,04)	C (0,01)	1,24
2	B1(0,11)	B1 (0,1)	B (0,04)	C (0,01 )	1,26
3	C2(0,03)	B1 (0,1)	B (0,04)	B (0,03)	1,2
4	C2(0,03)	B2(0,08)	C (0,02)	B (0,03)	1,16
5	A2(0,13)	C1(0,05)	D (0)	B (0,03)	1,21
6	D (0)	B1 (0,1)	B (0,04)	B (0,03)	1,17
7	C1(0,06)	A2(0,12)	B (0,04)	B (0,03 )	1,25

8	C2(0,03)	C1(0,05)	A (0,06)	A (0,04)	1.18
9	B2(0,08)	A2(0,12)	A (0,06)	C (0,01)	1,27
10	A2 0,13	C1 0,05	B 0,04	B 0,01	1,23

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

**Allowance**

- 34** Tenaga yang dikeluarkan : 6%
- Sikap kerja : 1,5%
- Gerakan kerja : 0%
- Kelelahan mata : 6,5%
- Keadaan temperature : 10%
- Keadaan atmosfer : 3%
- Keadaan lingkungan yang baik : 1%
- Total Allowance** : 28%

**Rating Factor operator 1** = Rating normal operator + rating performance  
= 1 + (0,11) + (0,08) + (0,04) + (0,01)  
= 1,24

**78** Waktu Normal (jam) = Waktu siklus x Rating Factor  
= 4,19 x 1,24  
= 5,20



$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Baku (jam)} &= \text{Waktu Normal} \times \frac{100}{100 - \text{Allowance}} \\
 &= 5,20 \times \frac{100}{100 - 28} \\
 &= 7,2
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 7** Hasil Perhitungan Waktu Baku Tiap Operasi

Operasi	Waktu	Waktu	Waktu Baku
	Siklus (jam)	Normal (jam)	(jam)
1	4,19	5,20	7,2
2	1,10	1,38	1,91
3	13,19	15,82	22
4	1,10	1,27	1,76
5	4,19	5,06	7,02
6	2,44	2,85	4
7	2,14	2,67	3,7
8	1,17	1,38	2
9	1,32	1,68	2,3
10	1,14	1,40	2
<b>TOTAL</b>			<b>53,89</b>

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

#### 4.2.5 Perhitungan Jumlah Stasiun Kerja Minimal

Setelah mendapatkan waktu baku, tahap selanjutnya adalah menghitung waktu siklus stasiun kerja dan jumlah stasiun kerja minimal berdasarkan data yang telah diperoleh seperti di bawah ini:

**Tabel 4. 8** Data Pendukung

Bulan / Tahun	12 Bulan
Shift / Hari	2
Jam Kerja / Shift	8 jam
Hari Kerja / Tahun	246 Hari

Permintaan	106 / Tahun
------------	-------------

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Perhitungan waktu siklus stasiun kerja dan jumlah stasiun kerja dihasilkan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Siklus Stasiun Kerja (CT)} &= \frac{(\text{hari kerja} \times \text{waktu kerja})}{\text{total permintaan}} \\
 &= \frac{246 \times 16}{106} \\
 &= 37,13 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Minimal Stasiun Kerja (SK)} &= \frac{\text{total waktu operasi}}{\text{waktu siklus stasiun kerja}} \\
 &= \frac{53,89}{37,13} \\
 &= 1 \text{ Stasiun Kerja}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut maka dapat diketahui bahwa waktu siklus aktualnya adalah 37,13 jam dan jumlah stasiun kerja idealnya adalah 1 stasiun kerja.

#### 4.2.6 Perhitungan Line Balancing Kondisi Aktual

Yang pertama dilakukan ialah penggabungan elemen kerja atau proses kerja menjadi satu stasiun kerja dilakukan dengan menyesuaikan wilayah dari suatu Precedence Diagram dan urutan elemen kerja dengan memperhatikan besaran waktu siklus stasiun kerja yang tersedia.

Tabel 4. 9 Pengelompokan Stasiun Kerja Awal

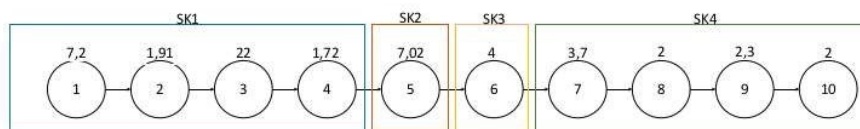
Stasiun Kerja	Operasi	Deskripsi Elemen Kerja	Waktu Baku	Waktu Stasiun	Waktu Siklus
1	1	Proses Penggulungan Coil LV	7,2	32,87	37,13
	2	Pembuatan Lead Wire	1,91		
	3	Penggulungan Coil HV	22		

	4	Pressing Coil HV	1,76	
2	5	stacking	7,02	7,02
3	6	connect	4	4
4	7	Pemasangan Bracket	3,7	10
	8	Penggabungan Core Kedalam Caseing Transformator	2	
	9	Vacuum	2,3	
	10	Oil Filing	2	

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

#### 4.2.7 Penggambaran Precedence Diagram Aktual

Setelah dilakukan pengelompokan stasiun kerja, kemudian dibuat ke dalam Precedence Diagram untuk melihat bentuk dari pengelompokan tersebut.



Gambar 4. 5 Precedence Diagram Aktual

Berdasarkan hasil pengelompokan elemen kerja pada kondisi aktual pada lini perakitan diperoleh sebanyak 4 stasiun kerja. Stasiun kerja tersebut diperoleh dengan pengelompokan yang terdiri dari 10 elemen kerja. Pengelompokan elemen kerja tersebut memiliki ketentuan untuk hasil kumulatif waktu baku elemen kerja harus sama dengan atau kurang dari waktu siklus stasiun kerja yaitu sebesar 37,13 jam.

Selain itu, hasil estimasi untuk lini produksi transformator oli standar memiliki stasiun kerja ideal sebanyak 1 stasiun kerja. Namun, pada kondisi aktual diketahui bahwa jumlah stasiun kerja sebesar 4 stasiun kerja sehingga jumlah stasiun kerja pada kondisi aktual telah melebihi dari minimal hasil perhitungan.

#### 4.2.8 Perhitungan Evaluasi Keseimbangan Lintasan Aktual

Adapun contoh perhitungan evaluasi keseimbangan lintasan aktual menggunakan beberapa formulasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Idle time} &= \text{Waktu Siklus Stasiun Kerja} - \text{Waktu} \\
 &\text{Stasiun (i)} \\
 &= 37,13 - 32,87 \\
 &= 4,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Smoothing Index} &= (\text{idle time})^2 \\
 &= (4,26)^2 \\
 &= 18,14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi Stasiun Kerja} &= \frac{\text{waktu Stasiun (i)}}{\text{waktu Siklus Stasiun Kerja}} \times 100\% \\
 &= \frac{32,87}{37,13} \times 100\% \\
 &= 88\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Line Efficiency} &= \frac{\sum_{k=1}^n \text{waktu Stasiun (i)}}{k \times \text{waktu Siklus Stasiun Kerja}} \times 100\% \\
 &= \frac{54,58}{4 \times 37,13} \times 100\% \\
 &= 36\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Balance Delay} &= 100\% - \text{Line Efficiency} \\
 &= 100\% - 36\% \\
 &= 64\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Smoothness Index} &= \sqrt{\text{total smooting index}} \\
 &= \sqrt{2721,06} \\
 &= 52,16
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Hasil Evaluasi Keseimbangan Lintasan Aktual

Stasiun Kerja	Operasi	Waktu Stasiun	Idle Time	Smoothing Index	Efisiensi Stasiun Kerja
1	1,2,3,4	32,87	4,26	18,1476	88%%
2	5	7,07	30,06	903,6036	19%
3	6	4	33,13	1097,597	10%
4	7,8,9,10	10,64	26,49	701,7201	28%
<b>Total</b>		54,58	93,94	2721,068	145%
<b>Line efisiensi</b>					<b>36%</b>
<b>Balance delay</b>					<b>64%</b>
<b>Smoothness index</b>					<b>52,16</b>

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Berdasarkan hasil dari perhitungan pada Tabel 4.10, diperoleh bahwa evaluasi keseimbangan lintasan perakitan pada kondisi aktual menghasilkan nilai *line efficiency* yaitu sebesar 36%. Hasil efisiensi tersebut menunjukkan tingkat kelancaran dari proses perakitan antara stasiun-stasiun kerja. Hasil di atas merupakan nilai rata-rata dari perbandingan waktu proses per stasiun kerja dengan waktu siklus yang ada.

Kemudian, terdapat *balance delay* yang merupakan selisih persentase dari *line efficiency*. *Balance delay* tersebut adalah jumlah waktu mengganggu suatu lintasan, karena pembagian kerja antara stasiun kerja yang tidak merata. Hasil *balance delay* yang didapatkan pada evaluasi keseimbangan lintasan kondisi aktual yaitu sebesar 64%, maka dapat dikatakan bahwa lintasan perakitan belum maksimal. Selain itu, dari evaluasi keseimbangan lintasan juga dihasilkan *smoothness index*.

Nilai minimum dari *smoothness index* adalah 0 yang menunjukkan keseimbangan yang sempurna. Semakin mendekati 0 nilai *smoothness index* suatu

lintasan perakitan, maka lintasan perakitan tersebut semakin seimbang. Hal tersebut berarti, pembagian terkait elemen kerja cukup merata pada lintasan perakitan. Hasil smoothness index pada kondisi aktual diperoleh sebesar 52,16 sehingga dapat dikatakan belum maksimal.

#### 4.2.9 Analisis Potensi Antrian untuk Kondisi Aktual

Berdasarkan proses pengolahan data yang telah dilakukan, dapat diketahui terdapat 4 stasiun kerja yang terbentuk. Dari 4 stasiun kerja tersebut secara tidak langsung mampu menyebabkan adanya kegiatan antrian pada lini perakitan. Indikasi antrian dapat ditunjukkan oleh nilai positif atau negatif yang diperoleh dari selisih waktu antara stasiun kerja sebelumnya dengan stasiun kerja selanjutnya seperti pada lampiran berikut.

Tabel 4. 11 Potensi Antrian Kondisi Aktual

Stasiun kerja	Selisih waktu	keterangan
1-2	25,8	<i>starving</i>
2-3	3,07	<i>starving</i>
3-4	-6,64	<i>bottleneck</i>

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Ketika selisih waktu stasiun bernilai positif dapat disebut dengan keadaan kekosongan atau starving, dimana stasiun kerja awal membutuhkan waktu operasi lebih banyak dibandingkan stasiun kerja sesudahnya yang membutuhkan waktu lebih sedikit. Oleh karena itu, stasiun kerja sesudahnya perlu menunggu sampai seluruh operasi pada stasiun kerja awal telah selesai.

Berbeda dengan selisih waktu stasiun bernilai negatif, yang dimana stasiun kerja sebelumnya memiliki waktu stasiun kerja yang lebih singkat dibandingkan stasiun kerja setelahnya. Hal tersebut dapat dinamakan sebagai bottleneck atau terjadi penumpukkan pekerjaan. Penumpukkan (*bottleneck*) ini dapat disebabkan oleh selisih waktu stasiun.

### 4.3 Perhitungan Keseimbangan Lintasan dengan Metode *Ranked Positional Weight*

Perhitungan dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* berfokus pada perhitungan dengan memprioritaskan pembobotan waktu stasiun dan menentukan elemen kerja yang mempunyai nilai bobot tertinggi, dan kemudian elemen kerja dikelompokkan berdasarkan bobot yang telah ditentukan. Pengelompokkan elemen kerja dilarang melebihi atau sama dengan waktu siklus stasiun kerja sebelumnya.

Dalam metode *Ranked Positional Weight*, bobot atau berat elemen kerja diperhitungkan untuk melakukan pengolahan data. Penentuan bobot ini berdasarkan pada urutan elemen kerja dan waktu operasi dari setiap elemen kerja. Perhitungan bobot ini didapatkan dari total waktu baku elemen kerja tersebut dan termasuk waktu baku untuk elemen kerja berikutnya.

Adapun contoh perhitungan untuk bobot elemen kerja operasi 1 sebagai berikut:

Waktu Bobot Operasi = Waktu Operasi + Waktu Operasi Yang Mengikutinya

$$\text{Waktu Bobot Operasi} = 7,2 + 1,91 + 22 + 1,76 + 7,02 + 4 + 3,7 + 2 + 2,3 + 2 = 53,89$$

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Bobot Elemen Kerja Dengan *Ranked Positional Weight*

Operasi	Following	Waktu Baku	Bobot	Rank
1	2,3,4,5,6,7,8,9,10	7,2	53,89	1
2	3,4,5,6,7,8,9,10	1,91	46,69	2
3	4,5,6,7,8,9,10	22	44,78	3
4	5,6,7,8,9,10	1,76	22,78	4
5	6,7,8,9,10	7,02	21,02	5
6	7,8,9,10	4	14	6
7	8,9,10	3,7	10	7
8	9,10	2	6,3	8
9	10	2,3	5,3	9
10	-	2	2	10

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Setelah dilakukan perhitungan untuk setiap bobot dari setiap operasi dan pengurutan sudah sesuai dengan masing – masing bobot maka Langkah selanjutnya adalah dilakukan pengkelompokan sesuai dengan aturan dari metode ranked positional weight.

#### 4.3.1 Pengelompokkan Stasiun Kerja dengan Metode *Ranked Positional Weight*

stasiun kerja dapat dikelompokkan dengan ketentuan waktu stasiun yang terbentuk tidak melebihi dari hasil perhitungan waktu siklus stasiun kerja yaitu sebesar 37,13 jam.

Tabel 4. 13 Pengelompokkan Stasiun Kerja dengan Metode *Ranked Positional Weight*

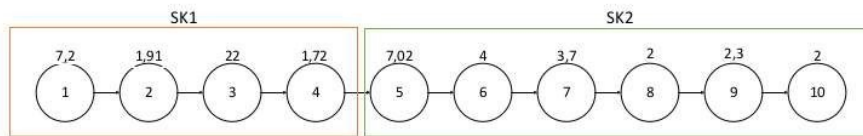
Stasiun Kerja	Operasi	Deskripsi Elemen Kerja	Waktu Baku	Waktu Stasiun	Waktu Siklus
1	1	Proses Penggulungan Coil LV	7,2	32,86	37,13
	2	Pembuatan Lead Wire	1,91		
	3	Penggulungan Coil HV	22		
	4	Pressing Coil HV	1,76		
2	5	stacking	7,02	21,02	
	6	connect	4		
	7	Pemasangan Bracket	3,7		
	8	Penggabungan Core Kedalam Caseing Transformator	2		
	9	Vacuum	2,3		
	10	Oil Filing	2		

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

#### 4.3.2 Penggambaran Precedence Diagram dengan Metode *Ranked Positional Weight*

Berikut adalah precedence diagram dari stasiun kerja yang telah dikelompokkan sebelumnya:





Gambar 4. 6 Precedence Diagram Rangked Positional Weight

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode Ranked Positional Weight dihasilkan 2 stasiun kerja yang dapat dilihat pada precedence diagram. Jumlah stasiun kerja tersebut diperoleh berdasarkan 12 elemen kerja yang telah dikelompokkan. hasil pengolahan data menggunakan metode Ranked Positional Weight telah melebihi dari jumlah minimal stasiun kerja dengan memiliki 2 stasiun kerja.

#### 4.3.3 Perhitungan Evaluasi Keseimbangan Lintasan dengan Metode Ranked Positional Weight

Berikut ini merupakan contoh perhitungan pada stasiun kerja 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Idle time} &= \text{Waktu Siklus Stasiun Kerja} - \text{Waktu Stasiun (i)} \\
 &= 37,13 - 32,86 \\
 &= 4,27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Smoothing Index} &= (\text{idle time})^2 \\
 &= (4,27)^2 \\
 &= 18,23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi Stasiun Kerja} &= \frac{\text{waktu Stasiun (i)}}{\text{waktu Siklus Stasiun Kerja}} \times 100\% \\
 &= \frac{32,86}{37,13} \times 100\% \\
 &= 88\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Line Efficiency} = \frac{\sum_{k=1}^n \text{waktu Stasiun (i)}}{k \times \text{waktu Siklus Stasiun Kerja}} \times 100\%$$

$$= \frac{53,88}{2 \times 37,13} \times 100\%$$

$$= 72\%$$

**Balance Delay**

$$= 100\% - \text{Line Efficiency}$$

$$= 100\% - 72\%$$

$$= 38\%$$

**Smoothness Index**

$$= \sqrt{\text{total smooting index}}$$

$$= \sqrt{277,76}$$

$$= 16,66$$

**Tabel 4. 14** Hasil Evaluasi Keseimbangan Lintasan *Ranked Positional Weight*

Stasiun Kerja	Operasi	Waktu Stasiun	Idle Time	Smoothing Index	Efisiensi Stasiun Kerja
1	1,2,3,4	32,86	4,27	18,23	88%
2	5,6,7,8, 9,10	21,02	16,11	259,53	56%
<b>Total</b>		53,88	53,78	277,76	144%
<b>Line efisiensi</b>					<b>72%</b>
<b>Balance delay</b>					<b>38%</b>
<b>Smoothness index</b>					<b>16,66</b>

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui **Tabel 4.14**, dapat dikatakan bahwa evaluasi keseimbangan lini perakitan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* menghasilkan nilai efisiensi stasiun kerja sebesar 144%. Efisiensi lini produksi diperoleh 72% meningkat 36% dari kondisi actual. *Balance delay* sebesar 38% menurun sekitar 26%. Kemudian hasil *smoothnes index* 35,5 lebih baik dari kondisi actual yang sebesar 52,16. Hal tersebut membuktikan bahwa pengaturan kegiatan perakitan yang telah dilakukan untuk lini perakitan transformator oli standar dengan menerapkan metode *Ranked Positional Weight* terjadi peningkatan pada lini produksi disbanding dengan kondisi aktual.

#### 4.3.4 Analisis Potensi Antrian dengan Metode *Ranked Positional Weight*

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* dapat diketahui jumlah stasiun kerja mengalami pengurangan menjadi 2 stasiun. Dari 2 stasiun tersebut terjadi keadaan *starving* dimana stasiun kerja 1 yang memiliki waktu siklus 32,86 lebih lama 11,84 jam dari stasiun kerja 2 yang memiliki waktu siklus 21,02. Oleh karena itu, stasiun kerja 2 perlu menunggu operasi sampai semua proses operasi pada stasiun kerja awal telah selesai.

#### 4.4 Perhitungan *Line Balancing Metode Largest Candidate Rule*

Dalam metode LCR untuk mengurutkan elemen kerja, terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan. Salah satu hal yang penting yaitu, bahwa elemen kerja dengan waktu baku terbesar akan diutamakan dalam penentuan urutan, sehingga didapatkan urutan elemen kerja sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Hasil Pengurutan Elemen Kerja Waktu Baku Terbesar

Operasi	Waktu Baku
3	22
1	7,2
5	7,02
6	4
7	3,7
9	2,3
10	2
8	2
2	1,91
4	1,76

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

#### 4.4.1 Pengelompokan Stasiun Kerja Dengan Menggunakan Metode *Largest Candidate Rule*

Langkah selanjutnya, stasiun kerja dapat dikelompokkan dengan mempertimbangkan waktu baku terbesar dan tetap memperhatikan waktu siklus stasiun kerja.

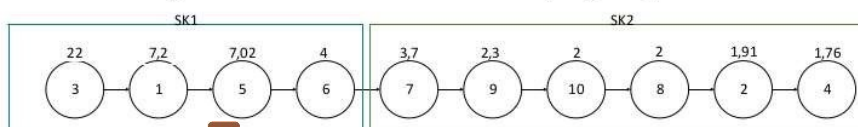
Tabel 4. 16 Hasil Pengelompokkan SK *Largest Candidate Rule*

Stasiun Kerja	Operasi	Waktu Baku	Waktu Stasiun	Waktu Siklus
1	3	22	36,22	37,13
	1	7,2		
	5	7,02		
2	6	4	17,67	
	7	3,7		
	9	2,3		
	10	2		
	8	2		
	2	1,91		
	4	1,76		

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

#### 4.4.2 Penggambaran Precedence Diagram Metode *Largest Candidate Rule*

Setelah stasiun kerja dikelompokkan, langkah selanjutnya adalah membuat Precedence Diagram untuk melihat visualisasi dari pengelompokkan tersebut.



(Gambar 4. 7 Precedence Diagram *Largest Candidate Rule*)

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan metode *Largest Candidate Rule*, diperoleh Precedence Diagram yang terdiri atas 2 stasiun kerja. Stasiun kerja tersebut merupakan hasil pengelompokkan 10 elemen kerja. Dalam metode LCR, pengelompokkan stasiun memprioritaskan urutan elemen kerja berdasarkan waktu baku tertinggi dan jumlah predecessor yang paling sedikit.

Kemudian, elemen kerja tersebut digabungkan atau dikelompokkan. Stasiun kerja yang terbentuk merupakan hasil penggabungan elemen kerja dengan kriteria, bahwa total waktu proses elemen kerja tidak melebihi waktu siklus stasiun kerja yang telah ditetapkan sebesar 37,13 jam. Jumlah stasiun kerja yang terbentuk sebanyak 2, melebihi jumlah stasiun kerja minimal yang harus tersedia yaitu sebanyak 1 stasiun kerja.

#### 4.4.3 Perhitungan Evaluasi **Line Balancing Metode Largest Candidate Rule**

Berikut merupakan contoh perhitungan pada stasiun kerja 1 menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \textit{Idle time} &= \text{Waktu Siklus Stasiun Kerja} - \text{Waktu Stasiun (i)} \\
 &= 37,13 - 36,22 \\
 &= 0,91
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Smoothing Index} &= (\textit{idle time})^2 \\
 &= (0,91)^2 \\
 &= 0,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi Stasiun Kerja} &= \frac{\text{waktu Stasiun (i)}}{\text{waktu Siklus Stasiun Kerja}} \times 100\% \\
 &= \frac{36,22}{37,13} \times 100\% \\
 &= 97\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Line Efficiency} &= \frac{\sum_{k=1}^n \text{waktu Stasiun (i)}}{k \times \text{waktu Siklus Stasiun Kerja}} \times 100\% \\
 &= \frac{53,89}{2 \times 37,13} \times 100\% \\
 &= 72\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Balance Delay} &= 100\% - \textit{Line Efficiency} \\
 &= 100\% - 72\% \\
 &= 38\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Smoothness Index} &= \sqrt{\text{total smooting index}} \\
 &= \sqrt{379,51} \\
 &= 19,48
 \end{aligned}$$

(Tabel 4. 17 Hasil Line Balancing Largest Candidate Rule)

Stasiun Kerja	Operasi	Waktu Stasiun	Idle Time	Smoothing Index	Efisiensi Stasiun Kerja
1	1,2,3,4	36,22	0,91	0,82	97%
2	5,6,7,8,9, 10	17,67	19,46	378,69	47%
Total		53,89	20,37	723,9	144%
<b>Line efisiensi</b>					<b>72%</b>
<b>Balance delay</b>					<b>38%</b>
<b>Smoothness index</b>					<b>19,48</b>

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui Tabel 4.18, dapat dikatakan bahwa evaluasi keseimbangan lini perakitan menggunakan metode *Largest Candidate Rule* menghasilkan nilai efisiensi stasiun kerja sebesar 144% yang menunjukkan peningkatan dari kondisi aktual sebesar 93,85%. Efisiensi lini produksi diperoleh 72% meningkat 36% kondisi actual. *Balance delay* sebesar 38% menurun sekitar 26%. Kemudian hasil smoothnes index 19,48 lebih baik dari kondisi actual yang sebesar 52,16 Hal tersebut membuktikan bahwa pengaturan kegiatan perakitan yang telah dilakukan untuk lini perakitan transformator oli standar dengan menerapkan metode *Largest Candidate Rule* telah terjadi peningkatan pada lini produksi disbanding dengan kondisi aktual.

#### 4.4.4 Analisis Potensi Antrian Dengan Metode *Largest Candidate Rule*

Berdasarkan pengolahan data, terdapat pembentukan 2 stasiun kerja. Dari 2 stasiun kerja tersebut, terdapat potensi terjadinya antrian. Antrian dapat diketahui melalui perbandingan waktu antar stasiun kerja yang diperoleh.

Dari 2 stasiun tersebut terjadi keadaan *starving* dimana stasiun kerja 1 yang memiliki waktu siklus 36,22 jam lebih lama 18,55 jam dari stasiun kerja 2 yang memiliki waktu siklus 17,67 jam sebelum memulai pekerjaan. Oleh karena itu, stasiun kerja 2 perlu menunggu operasi sampai semua proses operasi pada stasiun kerja sebelumnya telah selesai.

#### 4.5 Analisis Penentuan Metode Terbaik

Setelah melalui beberapa proses pengolahan data dan analisis terhadap performansi keseimbangan lini perakitan transformator oli standar menggunakan metode Ranked Positional Weight, dan metode Largest Candidate Rule tiga parameter yaitu: efisiensi lintasan (*Line Efficiency*), penundaan keseimbangan (*Balance Delay*), dan indeks kecepatan (*Smoothness Index*), dapat dilakukan penentuan kriteria terbaik dari kedua metode keseimbangan lini perakitan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Penentuan Metode Terbaik

	Aktual	<i>Ranked Positional Weight</i>	<i>Largest Candidate Rule</i>
<b>Jumlah Stasiun Kerja</b>	4	2	2
<i>Line Efficiency</i>	36%	72%	72%
<i>Balance Delay</i>	64%	38%	38%
<i>Smoothness Index</i>	52,16	16,66	19,48

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Pada metode line balancing terbaik yaitu metode *Ranked Positional Weight* didapatkan 2 stasiun kerja dengan *line efficiency* sebesar 72%, *Balance Delay* sebesar 38%, dan *Smoothness Index* sebesar 16,66. Dengan menggunakan metode dapat menurunkan sebanyak 2 stasiun kerja.

#### 4.6 Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari perhitungan kedua metode pada lini perakitan, didapatkan usulan perbaikan yang dapat diberikan kepada

perusahaan yaitu dengan melakukan pelatihan kepada operator agar memiliki skill yang merata dan baik kemudian dilakukan pemangkasan jumlah stasiun kerja yang sebelumnya 4 menjadi 2 stasiun kerja. Dan untuk mengurangi waktu siklus di beberapa operasi seperti penggulungan coil LV ke proses penggulungan coil HV, proses *stacking* disarankan posisi trolley dapat diletakkan lebih dekat dengan operator agar dapat mengurangi jarak dan waktu beberapa operasi tersebut.

## 4.7 Simulasi Kondisi Aktual

### 4.7.1 Pengujian Data Distribusi

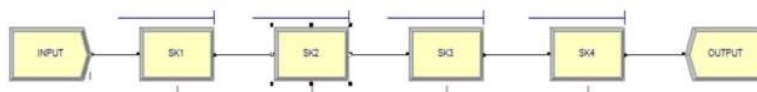
Dalam simulasi arena diperlukan pengujian distribusi untuk mengetahui distribusi yang akan digunakan dalam membuat model simulasi. Pengujian data distribusi ini dilakukan dengan bantuan tools input analyzer yang terdapat pada software Arena. Berikut merupakan hasil uji distribusi:

Tabel 4. 19 Data Distribusi

Stasiun Kerja	Operasi	Distribusi
1	1,2,3,4,	1 + GAMM(9.43, 0.414)
2	5	4.17 + 0.04 * BETA(7.16, 6.88)
3	6	TRIA(2.39, 2.46, 2.48)
4	7,8,9,10	1.03 + LOGN(0.403, 0.448)

### 4.7.2 Model Simulasi

Adapun model simulasi aktual untuk proses pembuatan transformator oli standar menggunakan simulasi arena sebagai berikut



(Gambar 4. 8 Simulasi Aktual)

#### 1. Arrival

Pada simulasi aktual ini, perlu didefinisikan kedatangan entity dengan arrival. Pada proses ini menggunakan "Type" yaitu "Random Expo".

#### 2. Processing



Langkah selanjutnya adalah menentukan logika proses yang sesuai dengan proses perakitan. Berikut ini contoh penjelasan processing pada stasiun kerja 1 yang terdapat 1 operator dengan action “seize delay release”, delay type “expression”, units “hours”, dan allocation “value added”.

Process

Name: SK1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Resource 1, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

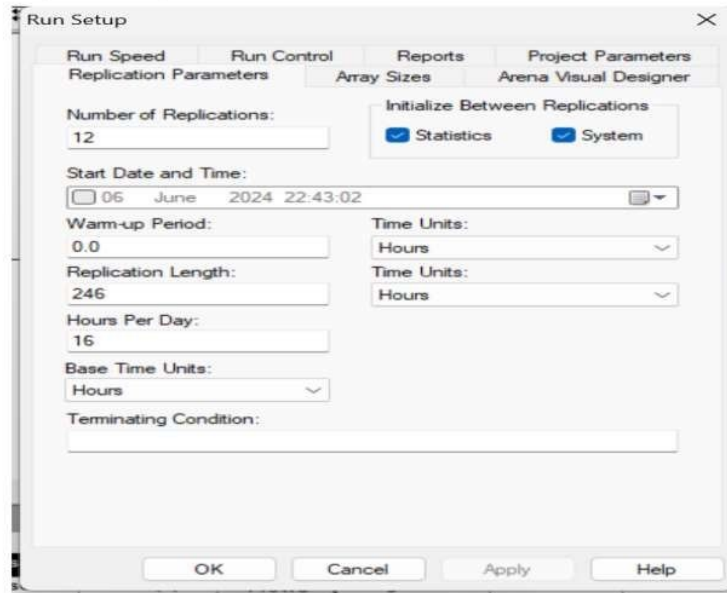
Delay Type: Expression Units: Hours Allocation: Value Added

Expression: WEIB(2.03, 0.559)

Report Statistics

(Gambar 4. 9 Check Box Processing Arena)

### 3. Pengaturan Setup



(Gambar 4. 10 Pengaturan Run Arena)

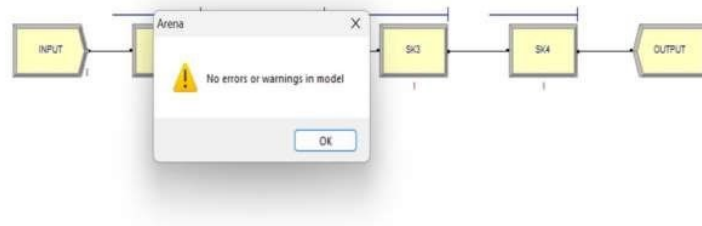
Batasan dan asumsi pada simulasi penelitian ini sebagai berikut:

- a. Numbers of Replications sebanyak 12 bulan sesuai dengan bulan dihasilkannya proses perakitan.
- b. Hours per day menyesuaikan dengan jumlah jam kerja sebanyak 8 jam untuk 1 shift selama 1 hari.
- c. Replication Length disesuaikan dengan jumlah hari dalam satu tahun untuk melakukan proses pembuatan tranformator oli standar
- d. Tidak terjadi proses perbaikan (rework) ataupun penolakan (reject).
- e. Input diolah menjadi output.

#### 4. Verifikasi Simulasi Pada Kondisi Aktual

Proses verifikasi simulasi aktual dapat dilakukan melalui penggunaan fitur “check model” pada run setup, dimana jika output yang dihasilkan

menunjukkan “no errors or warning in model”, maka dianggap telah terverifikasi.



Gambar 4. 11 Verifikasi Errors

#### 4.7.2 Hasil Simulasi Kondisi Aktual

Berikut adalah hasil simulasi kondisi actual dengan menggunakan 12 replikasi

Replikasi	Output actual simulasi
1	12
2	6
3	12
4	12
5	6
6	7
7	18
8	17
9	6
10	6
11	12
12	6

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

#### 4.7.3 Validasi Simulasi Kondisi Aktual

Setelah tidak ada error dalam model simulasi kemudian system arena dijalankan maka akan muncul replikasi dari setiap bulan produksi. replikasi memiliki tujuan untuk menyingkronkan data – data dan akan menunjukkan hasil output yang telah dikalkulasikan

Tabel 4. 20 Hasil Replikasi Kondisi Aktual

Replikasi	Output Produksi Aktual	Output actual simulasi
1	6	12
2	6	6
3	6	12
4	6	12
5	6	6
6	6	7
7	6	18
8	6	17
9	6	6
10	6	6
11	6	12
12	6	6

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Hasil simulasi dapat dikatakan valid apabila tidak terdapat perbedaan yang jauh antara hasil dari sistem nyata dengan hasil simulasi. Proses validasi dilakukan dengan melihat perbandingan antara produksi antara data produksi sistem nyata pada bulan Januari 2023 – Desember 2023 dan data produksi simulasi sistem yang dilakukan sebanyak 12 kali replikasi sesuai dengan banyaknya data pengamatan yaitu 12 bulan.

Validasi digunakan untuk mengevaluasi model dengan membandingkan antara kondisi nyata dan model simulasi. Berikut merupakan hipotesis yang digunakan untuk uji validasi, Apabila data hasil

simulasi aktual tidak berdistribusi normal (standar deviasi = 0), maka dilakukan uji Wilcoxon dengan software SPSS. Dalam uji Wilcoxon ini, :

H<sub>0</sub> : Tidak ada perbedaan antara hasil simulasi aktual dengan hasil sistem nyata.

H<sub>1</sub> : Terdapat perbedaan antara hasil simulasi aktual dengan hasil sistem nyata.

Apabila p-value <  $\alpha$  (0,05), maka h<sub>0</sub> diterima.

### Test Statistics<sup>a</sup>

VAR00002 - VAR00001	
Z	-2.410 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	.016

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Berdasarkan tabel uji Wilcoxon, didapatkan nilai P-Value sebesar 0,016 yang dimana P-Value lebih kecil dari nilai  $\alpha$  yaitu 0,05, maka H<sub>0</sub> diterima. H<sub>0</sub> diterima berarti tidak terdapat perbedaan antara hasil simulasi aktual dengan hasil sistem nyata dan simulasi.

## 4.8 Simulasi Kondisi Usulan Dengan Metode *Ranked Positional Weight*

### 4.8.1 Pengujian Data Distribusi

Dalam simulasi arena diperlukan pengujian distribusi untuk mengetahui distribusi yang akan digunakan dalam membuat model simulasi. Pengujian data distribusi ini dilakukan dengan bantuan tools input analyzer yang terdapat pada software Arena. Berikut merupakan hasil uji distribusi:

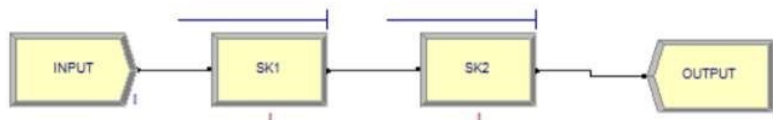
Tabel 4. 21 Data Distribusi

Stasiun Kerja	Operasi	Distribusi
1	1,2,3,4	1 + GAMM(9.43, 0.414)
2	5,6,7,8,9,10	1 + WEIB(1.05, 0.963)

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

### 4.8.2 Model Simulasi Usulan

Adapun model simulasi usulan untuk proses pembuatan transformator oli standar menggunakan simulasi arena sebagai berikut



(Gambar 4. 12 Simulasi Usulan)

Didapatkan 2 stasiun kerja sesuai dengan perhitungan keseimbangan lini dengan metode ranked positional weight yang sudah diterapkan sebelumnya.

#### 4.8.3 Hasil Simulasi Usulan

Berikut adalah hasil simulasi kondisi usulan dengan 12 replikasi :

**Tabel 4. 22** Hasil Replikasi Kondisi Usulan

<b>Replikasi</b>	<b>Output Simulasi Usulan</b>
1	18
2	12
3	12
4	12
5	6
6	12
7	18
8	12
9	6
10	12
11	12
12	6

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

#### 4.8.4 Validasi

Validasi digunakan untuk mengevaluasi model dengan membandingkan antara kondisi aktual dan model simulasi. Berikut merupakan output simulasi aktual dalam 1 tahun yang direplikasi sebanyak 12 kali.

**Tabel 4. 23** Hasil Simulasi Aktual dan Usulan

<b>Replikasi</b>	<b>Output aktual</b>	<b>Output Simulasi Usulan</b>
1	6	18
2	6	12
3	6	12
4	6	12
5	6	61

6	6	12
7	6	18
8	6	12
9	6	6
10	6	12
11	6	12
12	6	6

(Sumber : Pengolahan Data 2024)

Hasil simulasi dapat dikatakan valid apabila tidak terdapat perbedaan yang jauh antara hasil dari sistem nyata dengan hasil simulasi. Proses validasi dilakukan dengan melihat perbandingan antara produksi antara data produksi sistem nyata pada bulan Januari 2023 – Desember 2023 dan data produksi simulasi sistem yang dilakukan sebanyak 12 kali replikasi sesuai dengan banyaknya data pengamatan yaitu 12 bulan.

Validasi digunakan untuk mengevaluasi model dengan membandingkan antara kondisi nyata dan model simulasi. maka dilakukan uji Wilcoxon dengan software SPSS. Dalam uji Wilcoxon ini digunakan hipotesis yaitu ::

<sup>3</sup>  
H0 : Tidak ada perbedaan antara hasil simulasi aktual dengan hasil sistem nyata.

<sup>3</sup>  
H1 : Terdapat perbedaan antara hasil simulasi aktual dengan hasil sistem nyata.

<sup>21</sup>  
Apabila  $p\text{-value} < \alpha (0,05)$ , maka  $h_0$  diterima.



### Test Statistics<sup>a</sup>

VAR00004 - VAR00003	
Z	-2.810 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	.005

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Berdasarkan tabel uji Wilcoxon, didapatkan nilai P-Value sebesar 0,005 yang dimana P-Value lebih kecil dari nilai  $\alpha$  yaitu 0,05, maka H0 diterima. H0 diterima berarti tidak terdapat perbedaan antara hasil simulasi usulan dengan hasil sistem nyata .

## BAB 5

### KESIMPULAN & SARAN<sup>52</sup>

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan pada awal dilakukannya penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada lini pembuatan transformator oli standar pada kondisi aktual memiliki performansi keseimbangan lini perakitan dengan tingkat efisiensi lini atau *Line Efficiency* sebesar 36%. Hasil perselisihan persentase dengan *Line Efficiency* menghasilkan tingkat *Balance Delay* sebesar 64% dan *Smoothness Index* sebesar 52,16 dengan 4 stasiun kerja. Sedangkan, pada metode *Ranked Positional Weight* didapatkan tingkat efisiensi lini atau *Line Efficiency* sebesar 72% tingkat *Balance Delay* sebesar 38%, dan *Smoothness Index* sebesar 16,66 dengan 2 stasiun kerja.

Selain itu, pada metode *Largest Candidate Rule* diperoleh nilai *Line Efficiency* sebesar 72%, *Balance delay* sebesar 38%, dan nilai *Smoothness Index* sebesar 19,48 dengan 2 stasiun kerja. Dari hasil perhitungan metode *Ranked Positional Weight*, dan metode *largest candidate rule*, maka metode terbaik yang dipilih adalah metode *ranked positional weight*, karena dapat meningkatkan *Line Efficiency* sebesar 36%, menurunkan *Balance Delay* sebesar 26% dan *Smoothness Index* sebesar 35,5. Selain itu, metode ini juga didapatkan perubahan untuk mengelompokkan beberapa elemen kerja menjadi satu stasiun kerja, sehingga dapat merampingkan jumlah stasiun kerja dari 4 stasiun kerja menjadi 2 stasiun kerja.

2. Usulan perbaikan yang dapat diberikan kepada perusahaan adalah dengan melakukan pelatihan pada operator untuk mengasah skill yang merata kepada seluruh operator dan kemudian dapat mengurangi mengurangi delay pada lini pembuatan transformator oli standar. Selain itu, pengelompokkan

elemen kerja berdasarkan metode line balancing terbaik juga akan membantu untuk pemerataan lini perakitan.

sehingga dapat meningkatkan tingkat efisiensi lini perakitan, dan juga dapat memaksimalkan alokasi tools pada setiap stasiun kerja. Pengurangan stasiun kerja berhasil memberikan line efficiency yang lebih besar, dan smoothness index yang lebih mendekati angka 0 dibandingkan kondisi aktual.

## 10 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk perusahaan adalah Perusahaan dapat mengalokasikan operator pada stasiun kerja yang sama setiap jadwal pengalokasian operator, kemudian operator yang memiliki skill dibawah rata – rata pada operasi tertentu diberikan pelatihan dan dapat dilakukan penggabungan beberapa operasi yang sekiranya dapat digabung stasiun kerja untuk mengurangi delay pada lini perakitan, dan meningkatkan efisiensi lini perakitan, pemberian alat bantu kerja juga bisa diperbanyak jumlahnya untuk mendukung operator agar dapat menyelesaikan pekerjaanya dengan lebih mudah dan cepat

### Daftar Pustaka

- Baroto, T. (2002). *Pengantar Teknik Industri (Pertama ed.)*. Malang: UMM Press.
- Danendra Adiatma, R., & Raya Rungkut Madya Surabaya, J. (2024). *Analisis Keseimbangan Operasional Proses Kalibrasi Menggunakan Metode Line Balancing (Studi Kasus: PT Pal Indonesia)*. Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik, 2(1). <https://doi.org/10.61132/venus.v2i1.76>
- D. R. Wardhana, (2019) “Analisis Line Balancing Pada Bagian Sub FrameMotor Matic XXX Menggunakan Metode Rank Positional Weight”, Jurnal Ilmiah Teknik Industri, vol. 7, no. 3, pp. 191-198.
- Ginting, Rosnani, (2007) “Sistem Produksi”, Yogyakarta : Graha Ilmu,
- Gunawan, W., & Wirawati, M. (n.d.) (2023). *Analisis Perbandingan Kriteria Line Balancing Dengan Menggunakan Metode Lcr Pada Automation Cell (Studi Kasus Di Pt. Unp)*. Journal of Industrial Engineering & Management Research, 4(4). <https://doi.org/10.7777/jiemar>
- Kelton, W. R. (2006). *Simulation with Arena*. McGraw-Hill.
- Rachman, Taufiqur, dan Crystal Aviantari Santoso, (2019). “Penerapan Metode Heuristik Line Balancing Untuk Penentuan Keseimbangan Lintasan Optimal Pada Produksi Sampel Sepatu Di PT. PBI.” Universitas Esa Unggul Jakarta.
- Saputri, P. A., Martha, S., Wira, S., & Intisari, R. (2016). *Penentuan Keseimbangan Lintasan Produksi Dengan Menggunakan Metode Helgeson-Birnie*. In Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster) (Vol. 5, Issue 03).
- Sabardi, W., Pramanda, R., & Suhandi, D. (2021). *Perancangan Efisiensi Lintasan Produksi Dengan Menggunakan Metode Helgeson-Birnie (Ranked Positional Weight) Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi (Studi Kasus Pada Unit Produksi I Shift I Pt. Sumbetri Megah)*. JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan, 8(02), 26-37.
- Trio Yonathan Teja Kusuma, Muhammad Farid Salafudin Firdaus (2019) “Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Optimal Untuk Peningkatan Produktifitas Kerja (Studi Kasus : Ud.Rekayasa Wangdi W)” Integrated Lab Journal Vol. 07, No. 02, Oktober 2019
- Widagdo, G. (n.d.) (2018). *Analisis Perhitungan Waktu Baku Dengan*

*Menggunakan Metode Jam Henti Pada Produk Pulley Di Cv. Putra Mandiri Jakarta (Issue 2).*

Wignjosuebrotto, S. (2003). *Ergonomi Studi Gerak Dan Waktu: Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Surabaya: Guna Widya.

Wignjosuebrotto, S. (2003). *Teknik Tata Cara Dan Pengukuran Kerja (Ketiga Ed.)*. Surabaya: Guna Widya.

Yudha, S. P., Pratikto, P., & Tama, I. P. (2018). *Alternative Plastic Box 260 Assembly Line Using Heuristik Method And Simulation Method Approach To Increase Assembly Line Efficiency*. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 5(2), 58–66.

## Lampiran



# ANALISIS KESEIMBANGAN LINTASAN PEMBUATAN TRANSFORMATOR OLI STANDAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE LINE BALANCING PADA PT.XYZ

## ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

23%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	2%
2	<a href="http://idec.ft.uns.ac.id">idec.ft.uns.ac.id</a> Internet Source	2%
3	<a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://ejurnalunsam.id">ejurnalunsam.id</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://ejournal3.undip.ac.id">ejournal3.undip.ac.id</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://ejournal.uin-suka.ac.id">ejournal.uin-suka.ac.id</a> Internet Source	1%

[dspace.uii.ac.id](http://dspace.uii.ac.id)

9	Internet Source	1 %
10	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	1 %
11	<a href="http://www.ojs.serambimekkah.ac.id">www.ojs.serambimekkah.ac.id</a> Internet Source	1 %
12	<a href="http://repository.uma.ac.id">repository.uma.ac.id</a> Internet Source	1 %
13	Submitted to Universitas Pamulang Student Paper	1 %
14	<a href="http://sites.google.com">sites.google.com</a> Internet Source	<1 %
15	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet Source	<1 %
16	<a href="http://seminar.ustjogja.ac.id">seminar.ustjogja.ac.id</a> Internet Source	<1 %
17	Submitted to Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai Student Paper	<1 %
18	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Internet Source	<1 %
19	<a href="http://journal.trunojoyo.ac.id">journal.trunojoyo.ac.id</a> Internet Source	<1 %
20	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet Source	



<1 %

21

[adoc.pub](http://adoc.pub)

Internet Source

<1 %

22

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Internet Source

<1 %

23

[eprints.umsida.ac.id](http://eprints.umsida.ac.id)

Internet Source

<1 %

24

[journal.universitaspahlawan.ac.id](http://journal.universitaspahlawan.ac.id)

Internet Source

<1 %

25

[jurnal.untan.ac.id](http://jurnal.untan.ac.id)

Internet Source

<1 %

26

[www.ejurnalunsam.id](http://www.ejurnalunsam.id)

Internet Source

<1 %

27

[juminten.upnjatim.ac.id](http://juminten.upnjatim.ac.id)

Internet Source

<1 %

28

[doku.pub](http://doku.pub)

Internet Source

<1 %

29

[repository.upnvj.ac.id](http://repository.upnvj.ac.id)

Internet Source

<1 %

30

Submitted to Universitas Nasional

Student Paper

<1 %

31

Submitted to Universitas Putera Batam

Student Paper

<1 %

32	<a href="http://journal.umg.ac.id">journal.umg.ac.id</a> Internet Source	<1 %
33	<a href="http://www.ruangenergi.com">www.ruangenergi.com</a> Internet Source	<1 %
34	Sherlinta Immanuella Kaban, Rahmaniya Dwi Astuti, Eko Pujiyanto. "Perancangan Alat Pemotong Label untuk Meminimasi Gerakan Repetitive Pekerja di Industri Jago Jaya Shuttlecock Surakarta", MATRIK, 2021 Publication	<1 %
35	<a href="http://sisformik.atim.ac.id">sisformik.atim.ac.id</a> Internet Source	<1 %
36	<a href="http://www.jim.unindra.ac.id">www.jim.unindra.ac.id</a> Internet Source	<1 %
37	<a href="http://incuvl.petra.ac.id">incuvl.petra.ac.id</a> Internet Source	<1 %
38	<a href="http://docobook.com">docobook.com</a> Internet Source	<1 %
39	<a href="http://ejurnal.plm.ac.id">ejurnal.plm.ac.id</a> Internet Source	<1 %
40	<a href="http://eprints.upnjatim.ac.id">eprints.upnjatim.ac.id</a> Internet Source	<1 %
41	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Internet Source	<1 %



<1 %

---

<1 %

Submitted to Universitas Pancasila  
Student Paper



<1 %

43

[edoc.pub](#)  
Internet Source

44

[text-id.123dok.com](#)  
Internet Source

45

Submitted to A.B. Paterson College  
Student Paper

46

Submitted to Queensland Academy for  
Creative Industries  
Student Paper

47

Submitted to Universitas Wijaya Kusuma  
Surabaya  
Student Paper

48

[www.nust.ac.zw](#)  
Internet Source

49

Wawan Gunawan. "USULAN PERBAIKAN  
KINERJA PROSES PRODUKSI HOT METAL  
TREATMENT PLANT DENGAN  
MENGUNAKAN METODE KESEIMBANGAN  
LINTASAN (LINE BALANCING) DI PT.KS  
CILEGON", Jurnal Intent: Jurnal Industri dan  
Teknologi Terpadu, 2019  
Publication

50

[eprints.polbeng.ac.id](#)  
Internet Source

<1 %

 <1 %

---

<1 %

---

51 Dedi Wijayanto, Noveicalistus H. Djanggu, Febri Prima. "Pengembangan Model Simulasi untuk Menentukan Waktu Operasional Terbaik Angkutan Kontainer", Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN), 2024  
Publication <1 %

---

52 Submitted to Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi Universitas Trisakti  
Student Paper <1 %

---

53 [kc.umn.ac.id](http://kc.umn.ac.id)  
Internet Source <1 %

---

54 [library.upnvj.ac.id](http://library.upnvj.ac.id)  
Internet Source <1 %

---

55 [sinta.unud.ac.id](http://sinta.unud.ac.id)  
Internet Source <1 %

---

56 [repository.umsu.ac.id](http://repository.umsu.ac.id)  
Internet Source <1 %

---

57 Submitted to Landmark University  
Student Paper <1 %

---

58 Submitted to Universitas Gunadarma  
Student Paper <1 %

---

59 Submitted to Universitas Islam Indonesia  
Student Paper <1 %

---

60 [journal3.uad.ac.id](http://journal3.uad.ac.id)  
Internet Source <1 %



<1 %

---

<1 %

[repository.ar-raniry.ac.id](https://repository.ar-raniry.ac.id)  
Internet Source



<1 %

<1 %

62

Yusron Hapid, Supriyadi Supriyadi.  
"Optimalisasi Keseimbangan Lintasan  
Produksi Daur Ulang Plastik dengan  
Pendekatan Ranked Positional Weight", Jurnal  
INTECH Teknik Industri Universitas Serang  
Raya, 2021

Publication

63

[eprints.umm.ac.id](http://eprints.umm.ac.id)  
Internet Source

<1 %

64

[idoc.pub](http://idoc.pub)  
Internet Source

<1 %

65

[idr.uin-antasari.ac.id](http://idr.uin-antasari.ac.id)  
Internet Source

<1 %

66

[library.polmed.ac.id](http://library.polmed.ac.id)  
Internet Source

<1 %

67

[nanopdf.com](http://nanopdf.com)  
Internet Source

<1 %

68

[www.sciencegate.app](http://www.sciencegate.app)  
Internet Source

<1 %

69

[dbpedia.org](http://dbpedia.org)  
Internet Source

<1 %

70

[ejournal.uin-suska.ac.id](http://ejournal.uin-suska.ac.id)  
Internet Source

<1 %

 <1 %

---

 71 [id.scribd.com](https://id.scribd.com) <1 %  
Internet Source

---

 72 [muhammadiyahdiy.or.id](https://muhammadiyahdiy.or.id) <1 %  
Internet Source


---

 73 [musafakalfarizi.files.wordpress.com](https://musafakalfarizi.files.wordpress.com) <1 %  
Internet Source


---

 74 [www.mdpi.com](https://www.mdpi.com) <1 %  
Internet Source

---

 75 Ethan A Booker, Andrew J Haig, Michael E Geisser, Karen Yamakawa. "Alcohol use self report in chronic back pain—relationships to psychosocial factors, function performance, and medication use", *Disability and Rehabilitation*, 2009 <1 %  
Publication

---

 76 Maria Krisnawati, Nita Pertiwi, Suparjiyanto Suparjiyanto. "Analisa keseimbangan Lintasan dengan Metode Killbridge Wester dan Helgeson Birnie (Studi Kasus : Line Welding PT. Suzuki Indomobil Motor Plant Tambun II)", *Dinamika Rekayasa*, 2022 <1 %  
Publication

---

 77 [digilib.esaunggul.ac.id](https://digilib.esaunggul.ac.id) <1 %  
Internet Source

---

 78 [id.123dok.com](https://id.123dok.com) <1 %  
Internet Source





<1 %

---

<1 %

[jurnal.poltekapp.ac.id](http://jurnal.poltekapp.ac.id)  
Internet Source



<1 %

80

[jurnal.unigal.ac.id](http://jurnal.unigal.ac.id)  
Internet Source

81

[qiraat.kuis.edu.my](http://qiraat.kuis.edu.my)  
Internet Source

82

[repository.uin-suska.ac.id](http://repository.uin-suska.ac.id)  
Internet Source

83

Andiansyah Andiansyah. "Nilai-nilai Dakwah Dalam Yayasan Perguruan Bela Diri Muda Berakhlak di Kabupaten Lebong", Jurnal Dakwah dan Komunikasi, 2019  
Publication

84

Daisy Fannysia, Sri Hartini, Prita Pantau Putri Santosa. "Analisis Lean Manufacturing Produk Keramik dengan Pendekatan VALSAT dan Pemodelan DES Pada PT. Perkasa Primarindo", Jurnal Teknologi dan Manajemen, 2022  
Publication

85

[dinarek.unsoed.ac.id](http://dinarek.unsoed.ac.id)  
Internet Source

86

[e-campus.iainbukittinggi.ac.id](http://e-campus.iainbukittinggi.ac.id)  
Internet Source

87

[eprints.ums.ac.id](http://eprints.ums.ac.id)  
Internet Source

<1 %

<1 %

<1 %

<1 %

<1 %

<1 %

<1 %

<1 %

		<1 %
		<1 %
88	<a href="http://jurnal.utu.ac.id">jurnal.utu.ac.id</a> Internet Source	<1 %
89	<a href="http://repository.president.ac.id">repository.president.ac.id</a> Internet Source	<1 %
90	<a href="http://repository.unpar.ac.id">repository.unpar.ac.id</a> Internet Source	<1 %
91	<a href="http://repository.unpas.ac.id">repository.unpas.ac.id</a> Internet Source	<1 %
92	<a href="http://repository.upbatam.ac.id">repository.upbatam.ac.id</a> Internet Source	<1 %
93	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Internet Source	<1 %
94	Irfan Koko Ardian, Kristanto Mulyono, Susiyanti Nurjanah. "ANALISIS WAKTU STANDAR PEMBUATAN FITTING ELBOW PVC D 2 INCH DENGAN METODE STOPWATCH TIME STUDY", JENIUS : Jurnal Terapan Teknik Industri, 2020 Publication	<1 %
95	<a href="http://file2shared.wordpress.com">file2shared.wordpress.com</a> Internet Source	<1 %
96	<a href="http://moam.info">moam.info</a> Internet Source	<1 %
97	<a href="http://journal.ppns.ac.id">journal.ppns.ac.id</a> Internet Source	<1 %

98

repository.ubharajaya.ac.id  
Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography On

Exclude matches Off

~~PLAKRIDA~~