

**ANALISIS KESEIMBANGAN LINI PERAKITAN PADA  
ASSEMBLY LINE KOMPONEN DRIVE RIB 1 AIRBUS A-380  
(Studi Kasus : PT. Dirgantara Indonesia (Persero), Bandung, Jawa  
Barat)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



**Nama : Tegar Refa Wisesa**

**NIM : 16 522 037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN TUGAS AKHIR

Demi Allah, saya akui karya ini ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian harinya ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 21 Januari 2021



Tegar Refa Wisesa

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS KESEIMBANGAN LINI PERAKITAN PADA *ASSEMBLY LINE*

KOMPONEN *DRIVE RIB* 1 AIRBUS A-380

(Studi Kasus : PT. Dirgantara Indonesia (Persero), Bandung, Jawa Barat)



Yogyakarta, 21 Januari 2021

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

  
(Amalia Dila Sari, S.T., M.Sc.)

  
(Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.)

---

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS KESEIMBANGAN LINI PERAKITAN PADA *ASSEMBLY LINE*

KOMPONEN *DRIVE RIB 1* AIRBUS A-380

(Studi Kasus : PT. Dirgantara Indonesia (Persero), Bandung, Jawa Barat)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Tegar Refa Wisesa

No. Mahasiswa : 16 522 037

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 23 Februari 2021

Tim Penguji

Amarria Dila Sari, S.T., M.Sc.

Ketua

Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.

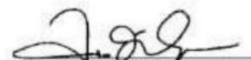
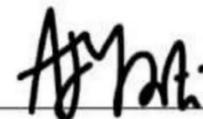
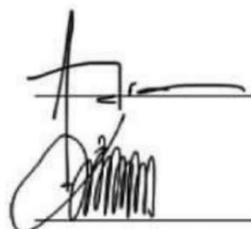
Anggota 1

Sri Indrawati, S.T., M.Eng.

Anggota 2

Abdullah 'Azzam, S.T., M.T.

Anggota 3

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



  
Immawan, S.T., M.M.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT, kita memuji-Nya, dan meminta pertolongan, pengampunan serta petunjuk kepada-Nya.

Persembahan Tugas Akhir ini dan rasa terima kasih saya ucapkan untuk :

1. Bapak dan ibu, Hady Susanto dan Siti Yuniar Purwaningsih yang telah memberikan kasih sayang, do'a, dukungan serta motivasi baik secara moril maupun materil. Yang membesarkan saya hingga dewasa dan menyekolahkan saya hingga tamat Strata1.
2. Sahabat – sahabat yang senantiasa selalu menguatkan saya dan memberikan semangat selama di kuliah hingga proses pengerjaan tugas akhir ini.



## MOTTO

*“Dan masing-masing orang memperoleh derajatnya dengan apa yang dikerjakannya.”*

*(QS. al-An'am: 132)*

*"Mengapa kamu tiada mau berperang di jalan Allah dan (membela) orang-orang yang lemah baik laki-laki, perempuan-perempuan, dan kanak-kanak yang semuanya berdoa: "Ya, Tuhan kami, keluarlah kami dari negeri yang zalim penduduknya dan berilah kami perlindungan dari sisiMu, dan berilah kami penolong dari sisiMu"*

*(QS. An-Nisa: 75)*



## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarokatuh,*

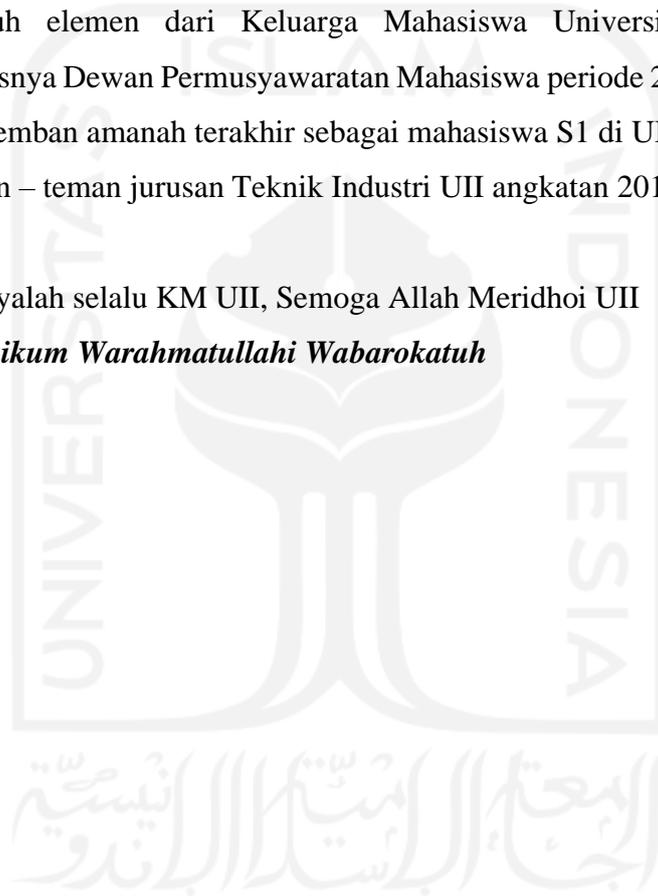
Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan saya kemudahan sehingga saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS KESEIMBANGAN LINI PERAKITAN PADA *ASSEMBLY LINE* KOMPONEN *DRIVE RIB 1* AIRBUS A-380”. Dalam 1 masa kontrak produksi komponen *Drive Rib 1* Airbus A-380 di PT. Dirgantara Indonesia (Persero), Kota Bandung, Jawa Barat. Tanpa pertolongan-Nya tentunya saya tidak akan sanggup untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafa’atnya di akhirat nanti tepat pada waktunya. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh oleh mahasiswa Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri untuk memperoleh gelar sarjana strata - 1. Tugas Akhir ini disusun sebagai mencari hasil analisis pada PT. Dirgantara Indonesia (Persero), Kota Bandung, Jawa Barat, berhubungan *Assembly Line Balancing* pada industri kedirgantaraan. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa dorongan moril maupun materiil. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Amarria Dila Sari, S.T., M.Sc. dan ibu Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah sabar membimbing dan memberikan arahan dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir.
5. Ibu Ir. Sarmaini Fridawaty selaku pembimbing Kerja Praktek di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) yang membantu pengambilan data untuk tugas akhir ini.

6. Anidiya Firsya Antika Pramesti yang senantiasa menemani, dan memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Kawan seperjuangan saya yang sangat menguatkan saya sampai saya memiliki gelar sarjana Strata – 1 yaitu Rizal Fahrurrahman, Afrigh Alaina Shobron, Nur Rochman Wibisono, Muhammad Yanuar Rizki, Fajar Aswina Jati, Muhammad Teuku Riza.
8. Seluruh bagian dari Ikatan Mahasiswa Teknik Industri Indonesia khususnya Zona Daerah Istimewa Yogyakarta tempat saya menempa diri.
9. Seluruh elemen dari Keluarga Mahasiswa Universitas Islam Indonesia khususnya Dewan Permusyawaratan Mahasiswa periode 2019-2020 tempat saya mengemban amanah terakhir sebagai mahasiswa S1 di UII.
10. Teman – teman jurusan Teknik Industri UII angkatan 2016.

Sekian, Jayalah selalu KM UII, Semoga Allah Meridhoi UII

***Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarokatuh***



## ABSTRAK

PT. Dirgantara Indonesia (Persero) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri dirgantara. Dari berbagai macam jenis komponen pesawat Airbus yang dibuat di perusahaan ini, *Drive Rib 1* dari pesawat Airbus A380 adalah produk yang paling kompleks perakitannya dengan 10 tahap perakitan pada 4 stasiun kerja. Pada lini perakitan tersebut didapati ketidakseimbangan lini perakitan sehingga menyebabkan perbedaan waktu antara waktu perencanaan dengan waktu aktual sebesar 53,58 jam. Pada lini perakitan ini, keterkaitan antar elemen kerja sangatlah erat sehingga semua elemen harus dikerjakan secara berurutan. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, maka dilakukan penyeimbangan lini perakitan dengan metode *assembly line balancing* sehingga keterlambatan (*delay*) dapat diminimalisir. Metode penyeimbangan lini perakitan yang digunakan untuk kasus ini adalah model heuristik (*Kilbridge Wester Method*) yang dikombinasikan dengan diagram *fishbone* untuk membantu mendeterminasi penyebab dari keterlambatan dan keseimbangan tersebut, sehingga didapatkan langkah yang tepat untuk menangani permasalahan tersebut. Penelitian ini berhasil menemukan tingkat efisiensi, *balance delay*, dan indeks permulusan dari lini perakitan *Drive Rib 1 A380* saat ini adalah 6,111%, 93,889%, dan 128,7, juga berhasil menentukan jumlah stasiun kerja optimal untuk lini perakitan tersebut yaitu sebanyak 1 stasiun dengan pengurangan waktu tersedia dari 3 tahun menjadi 1 tahun.

Kata Kunci : Lini Perakitan, Keseimbangan Lini, Stasiun Kerja, *Delay*, *Idle Time*, diagram *fishbone*, Model Heuristik.

## DAFTAR ISI

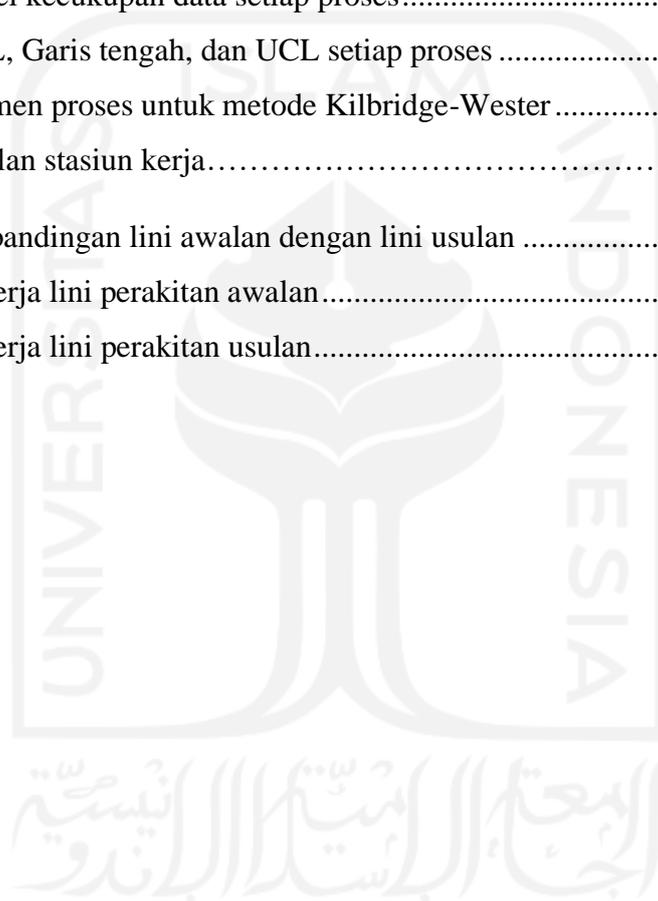
ANALISIS KESEIMBANGAN LINI PERAKITAN PADA <i>ASSEMBLY LINE</i>	
KOMPONEN <i>DRIVE RIB</i> 1 AIRBUS A-380 .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN TUGAS AKHIR .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.5.1 Bagi Mahasiswa.....	4
1.5.2 Bagi Perusahaan .....	4
1.5.3 Bagi Keilmuan.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
KAJIAN LITERATUR.....	6

2.1 Kajian Induktif.....	6
2.2 Kajian Deduktif.....	10
2.2.1 Pengukuran Waktu Kerja .....	10
2.2.2 Uji Kecukupan Data .....	10
2.2.3 Uji Keseragaman Data.....	11
2.2.5 <i>Assembly Line Balancing</i> .....	12
2.2.6 Perhitungan Dalam <i>Assembly Line Balancing</i> .....	14
2.2.7 <i>Kilbridge and Wester Method (KWM)</i> .....	15
2.2.8 <i>Diagram Fishbone</i> .....	17
BAB III .....	19
METODOLOGI PENELITIAN .....	19
3.1 Objek penelitian .....	19
3.2 Jenis data .....	19
3.3 Metode Pengolahan Data .....	19
3.4 Pengumpulan Data .....	20
3.4.1 Wawancara .....	20
3.4.2 Dokumentasi.....	20
3.4.3 Studi pustaka .....	20
3.5 Diagram alir penelitian.....	21
BAB IV .....	22
4.1 Latar Belakang Perusahaan .....	22
4.1.1 Profil Singkat Perusahaan.....	22
4.2 Produk Yang Diteliti .....	22
4.3 Pengumpulan Data .....	23
4.3.1 Data urutan proses perakitan .....	23
4.3.2 Data jumlah stasiun kerja .....	24
4.3.3 Data waktu proses.....	24

4.4	Pengolahan Data.....	26
4.4.1	Uji keseragaman dan kecukupan data .....	26
4.4.2	Pembuatan <i>Precedence Diagram</i> .....	29
4.4.3	Perhitungan <i>Balance Delay, Line Efficiency, dan Smoothness Index</i> .....	30
BAB V .....		32
PEMBAHASAN .....		32
5.1	Analisa <i>Balance Delay, Line Efficiency, dan Smoothness Index</i> lini awalan... 32	32
5.1.1	Analisa <i>Balance Delay</i> Lini Awalan .....	32
5.1.2	Analisa <i>Line Efficiency</i> Lini Awalan.....	32
5.1.3	Analisa <i>Smoothness Index</i> Lini Awalan .....	32
5.2	Pembuatan Usulan.....	33
5.2.1	Perhitungan Stasiun Kerja Minimal .....	34
5.2.2	Pembuatan usulan lini perakitan.....	34
5.2.3	Perhitungan performa stasiun kerja usulan.....	36
5.3	Analisa <i>Balance Delay, Line Efficiency, dan Smoothness Index</i> lini usulan ... 37	37
5.3.1	Analisa <i>Balance Delay</i> Lini Usulan .....	37
5.3.2	Analisa <i>Line Efficiency</i> Lini Usulan.....	37
5.3.3	Analisa <i>Smoothness Index</i> Lini Usulan .....	37
BAB VI.....		40
KESIMPULAN DAN SARAN .....		40
6.1	Kesimpulan .....	40
6.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA .....		41
LAMPIRAN.....		44

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian – penelitian sebelumnya .....	6
Tabel 4. 1 Urutan Proses Perakitan.....	23
Tabel 4. 2 Data Jumlah Stasiun Kerja.....	24
Tabel 4. 3 Data Waktu Proses Perakitan.....	24
Tabel 4. 4 Tabel rata-rata setiap proses .....	26
Tabel 4. 5 Tabel kecukupan data setiap proses.....	27
Tabel 4. 6 LCL, Garis tengah, dan UCL setiap proses .....	28
Tabel 4. 7 Elemen proses untuk metode Kilbridge-Wester .....	30
Tabel 5. 1 Usulan stasiun kerja.....	35
Tabel 5. 2 Perbandingan lini awalan dengan lini usulan .....	38
Tabel 5. 3 Kinerja lini perakitan awalan.....	39
Tabel 5. 4 Kinerja lini perakitan usulan.....	39



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Control Chart.....	12
Gambar 2. 2 Contoh Precedence Diagram.....	13
Gambar 2. 3 Perbandingan Model Lini Perakitan .....	14
Gambar 2. 4 Contoh Elemen Kerja yang Dibagi Dalam Kolom Berdasarkan Precedence Diagram .....	16
Gambar 2. 6 Contoh diagram fishbone .....	18
Gambar 3. 1 Alur Penelitian .....	21
Gambar 4. 1 Letak komponen Drive Rib 1 pada konstruksi sayap pesawat A-380.....	22
Gambar 4. 2 Grafik peta kontrol proses 0010.....	28
Gambar 4. 3 Precedence Diagram Perakitan Drive Rib 1 A-380.....	29
Gambar 5. 1 Diagram fishbone delay berlebih pada lini perakitan Drive Rib 1 A380...	33
Gambar 5. 2 Precedence Diagram tanpa stasiun kerja.....	35

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Dirgantara Indonesia (Persero) merupakan salah satu perusahaan *aerospace* di Asia Tenggara yang dimiliki oleh negara (BUMN). PT. Dirgantara Indonesia didirikan pada tahun 1976 di Bandung, Indonesia. (PT. Dirgantara Indonesia (Persero), 2020)

Proses produksi maupun perakitan di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sendiri penting. Hasil produksi merupakan sumber uang bagi perusahaan dengan cara penjualan hasil produksi. Lama waktu produksi juga berpengaruh bagi nama baik perusahaan serta bagi kelanjutan kontrak kerja dengan pihak asing.

Perakitan komponen yang dipilih adalah komponen terbesar dan paling rumit dari komponen-komponen pesawat Airbus lain yang diproduksi di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) yaitu komponen *Drive Rib 1* dari pesawat Airbus A-380. Sehingga, dengan kerumitan proses perakitannya otomatis komponen tersebut memiliki proses perakitan yang lebih panjang dibandingkan komponen lainnya.

Berdasarkan data internal perusahaan yang terekam dalam sistem SAP PT. Dirgantara Indonesia untuk waktu perakitan komponen *Drive Rib 1 A-380* terdapat keterlambatan dari perencanaan yang cukup besar. Lini perakitan untuk komponen *Drive Rib 1 A-380* terdiri atas 10 proses dan 4 stasiun kerja, untuk setiap unit komponennya dalam perencanaan total menghabiskan waktu standar selama 29,45 jam sedangkan rata-rata waktu aktual menunjukkan waktu selama 83,03 jam. Sehingga, ini mengindikasikan suatu *delay* yang cukup besar yaitu sebesar 53,58 jam dalam lini perakitan komponen tersebut. Keterlambatan tersebut terindikasi salah satunya diakibatkan oleh kurangnya beberapa peralatan karena alokasi stasiun kerja yang banyak.

Pada lini yang seimbang tidak ada waktu *idle* di stasiun kerja, yang tentu akan menghasilkan mode operasi yang paling efisien (Kamen, 1999). Sehingga, diperlukan upaya untuk melakukan minimasi terhadap waktu untuk mencapai keseimbangan lini dan efisiensi yang optimal. Berdasarkan Kumar & Mahto (2013), *line balancing* adalah teknik optimasi pada riset operasi yang sangat penting dalam suatu sistem *lean*. Konsep produksi massal pada dasarnya melibatkan *line balancing* dalam perakitan setiap komponen yang identik menjadi barang jadi melalui berbagai langkah di *workstation* yang berbeda.

Tanpa keseimbangan dalam lini produksi, maka proses produksi tidak dapat berjalan secara efektif dan efisien, karena pada stasiun kerja yang memiliki *station line* besar akan memiliki antrean komponen yang harus diproses (Prabowo, 2016). Dengan meningkatnya adanya antrean tentu akan mengakibatkan adanya waktu menganggur (*Idle Time*) pada stasiun kerja berikutnya. Sedangkan, menurut Shaaban & Hudson (2010), waktu menganggur penting untuk sebisa mungkin diminimalkan untuk mengurangi biaya tenaga kerja.

Berdasarkan permasalahan yang sudah dipaparkan di atas, penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan optimalisasi waktu proses perakitan komponen pesawat terbang. Dengan menggunakan *heuristic Assembly Line Balancing* untuk mengetahui tingkat efisiensi dan keseimbangan lini perakitan yang ada saat ini. Metode ini dipilih karena metode ini dapat memberikan peningkatan efisiensi dengan cara yang cukup simpel dan tidak memerlukan banyak data yang dirahasiakan oleh pihak perusahaan. Seperti pada penelitian dengan metode *lean manufacturing* yang dilakukan oleh Kurniawan & Hariastuti (2020) yang memerlukan pemetaan mendetail terhadap setiap aktivitas yang terjadi dalam lini perakitan. Untuk metode *heuristic assembly line balancing* yang dipakai adalah metode *Kilbridge-Wester Method* dimana menurut Groover (2015) berhasil diterapkan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan pada lini perakitan. Maka, diharapkan didapatkan hasil yang sesuai dan bisa dijadikan acuan kedepannya untuk PT. Dirgantara Indonesia (Persero) Departemen Program *Spirit*

*Aerosystem(SAS)*. Objek penelitian dalam penelitian ini merupakan lini perakitan dari komponen *Drive Rib 1* pada pesawat Airbus A380.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan deskripsi permasalahan di atas maka terdapat beberapa permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Berapa efisiensi dan keseimbangan lini perakitan saat ini dengan pendekatan heuristik?
2. Berapa jumlah stasiun kerja optimal yang dibutuhkan untuk usulan model lini perakitan berdasarkan atas waktu siklus maksimum yang ditentukan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini hanya berfokus pada lini perakitan komponen *Drive Rib 1* Pesawat Airbus A-380 dengan data historis yang dicatat secara otomatis oleh sistem SAP yang ada di PT. Dirgantara Indonesia yang berisi pengukuran waktu kerja operator secara langsung. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Setiap pekerja pada masing – masing stasiun kerja yang sama memiliki keterampilan yang sama.
2. Keterlambatan proses produksi yang dapat mengakibatkan terganggunya proses perakitan tidak diperhitungkan karena perbedaan penjadwalan antara proses produksi dengan proses perakitan.
3. Lingkungan kerja pada setiap stasiun kerja dianggap sama.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas dapat diketahui tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan tingkat efisiensi dan keseimbangan lini perakitan saat ini dengan pendekatan heuristik
2. Menentukan jumlah stasiun kerja optimal yang dibutuhkan untuk usulan model lini perakitan berdasarkan atas waktu siklus maksimum yang ditentukan

## 1.5 Manfaat Penelitian

### 1.5.1 Bagi Mahasiswa

- a. Dapat menerapkan keilmuan teknik industri yang didapatkan dalam perkuliahan untuk menyelesaikan problem riil berupa ketidakseimbangan lini perakitan dalam dunia industri manufaktur.
- b. Menambah pandangan tentang dunia industri secara nyata
- c. Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

### 1.5.2 Bagi Perusahaan

Dengan dilakukannya penyeimbangan lini perakitan maka

- a. Peningkatan produktivitas dalam produksi dengan cara mengurangi *delay* yang ada pada lini perakitan komponen *Drive Rib 1 A-380* pada divisi program *Spirit Aerosystem (SAS) PT. Dirgantara Indonesia (Persero)*
- b. Peningkatan profit dengan berkurangnya *delay* yang terjadi.
- c. Menambah referensi perusahaan untuk membuat lini perakitan kedepannya.

### 1.5.3 Bagi Keilmuan

- a. Memberikan salah satu penerapan ilmu industri pada aspek sistem produksi dengan metode *Assembly Line Balancing* dalam sebuah perusahaan terutama yang bergerak pada bidang manufaktur di Indonesia.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini tersusun sistematika penulisan atas beberapa bab dengan maksud agar para pembaca mudah memahami laporan ini. Secara garis besar uraian tiap-tiap bab adalah sebagai berikut :

### **BAB I                   PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan memuat latar belakang permasalahan, rumusan permasalahan, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan Tugas Akhir.

### **BAB II                  KAJIAN LITERATUR**

Bab kajian literatur berisi acuan dalam Tugas Akhir, bab kajian literatur memuat penelitian terdahulu yang terkait serta teori – teori pendukung yang terkait.

### **BAB III                   METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metodologi penelitian berisi objek maupun lokasi penelitian, metode pengumpulan data, alat bantu analisis, metode analisis data dan bagan alir penelitian untuk menentukan langkah – langkah dalam pembuatan Tugas Akhir.

### **BAB IV                   PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab pengumpulan dan pengolahan data berisi data yang diambil untuk penelitian serta menguraikan mengenai proses pengolahan data, analisis dan hasilnya yang termasuk seluruh grafik yang diperoleh dari pengolahan data.

### **BAB V                   PEMBAHASAN**

Pembahasan berisi pembahasan hasil penelitian, kesesuaian dengan latar belakang permasalahan, rumusan masalah dan tujuan penelitian yang mengarahkan kepada kesimpulan dari hasil penelitian.

### **BAB VI                   PENUTUP**

Penutup berisi kesimpulan serta saran - saran yang dapat mengembangkan penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA** Pada daftar pustaka berisikan tentang semua literatur, buku, jurnal, artikel dan lain – lain yang dipakai dalam pembuatan penelitian ini.

**LAMPIRAN** Pada lampiran berisikan tentang segala dokumentasi terkait laporan Tugas Akhir.

## BAB II

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Kajian Induktif

Minimalisasi keterlambatan bukan sesuatu yang asing bagi dunia industri, penelitian tentang meminimalisasi keterlambatan sudah pernah dilaksanakan oleh beberapa peneliti terdahulu. Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya mengenai minimalisasi keterlambatan yaitu sebagai berikut pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian – penelitian sebelumnya

Penulis	Judul	Metode	Tujuan
Gidion Karo-Karo, Seri Hendra (2015)	Usulan Peningkatan Efisiensi Stasiun Kerja Pada Lini Perakitan (Studi Kasus: PT. Padma Soode Indonesia)	<i>Helgeson-Birnie, Weight Moving Average, Moving Average</i>	Untuk mengurangi perbedaan efisiensi karena perbedaan waktu antara unsur-unsur siklus bekerja
Rony Prabowo (2016)	Penerapan Konsep <i>Line Balancing</i> Untuk Mencapai Efisiensi Kerja Yang Optimal Pada Setiap Stasiun Kerja Pada PT. HM. Sampoerna Tbk.	<i>Line Method Ranked Positional Weight</i>	Meningkatkan tingkat efisiensi untuk dapat mencapai target produksi harian (240box/hari)
Meri Prasetyawati, Agustin Damayanti (2016)	Usulan Perbaikan Lini Produksi Mesin Cuci di PT. Sharp Electronics Indonesia Menggunakan Metode <i>Line Balancing</i>	<i>Mansoor Aided Line Balancing, J-Wagon, Largest Candidate Rule</i>	Mengejar target produksi perhari yang seringkali tidak tercapai yaitu sebanyak 740 unit tercapai (rata-rata 600 unit/hari).

Tabel 2. 1 Penelitian – penelitian sebelumnya

Penulis	Judul	Metode	Tujuan
Didit Damur Rochman, Wiring Respati Caparina (2017)	Analisis <i>Line Balancing</i> Pada Lini Perakitan <i>Handle Switch</i> di PT. X	<i>Rank Positional Weight (RPW)</i>	Mengurangi keterlambatan pengiriman yang terjadi karena adanya <i>bottleneck</i> pada lini perakitan.
Trismi Ristyowati, Ahmad Muhsin, Putri Puji Nurani (2017)	Minimasi <i>Waste</i> pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Konsep <i>Lean</i> <i>Manufacturing</i> (Studi Kasus di PT. Sport Glove Indonesia)	<i>Waste Relation Matrix, VALSAT, Process Activity Mapping,</i>	Mengurangi <i>waste</i> berupa cacat dan <i>delay</i> pada
Muhamad Andi, Syarifuddin Nasution (2018)	Keseimbangan Lini Perakitan Produk IRON Tipe HD-1172 Menggunakan Metode Heuristik Pada <i>Line Main</i> <i>Assy Iron</i> di PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa	<i>Ranked Positional Weight, Kilbridge Wester</i>	Meratakan adanya beban kerja yang tidak merata pada stasiun kerja serta mengurangi waktu menganggur.
Masood Fathi, Dalila B. Machado Martins Fontes, Matias Urenda Moris, Morteza Ghobakhloo (2018)	<i>Assembly line balancing problem: A comparative evaluation of heuristics and a computational assessment of objectives</i>	<i>Simple Assembly Line Balancing Problem-1 (SALBP-1)</i>	Mengetahui efisiensi <i>performance measure</i> yang sering dipakai untuk meminimalkan jumlah <i>workstation</i> , dan untuk menyediakan evaluasi metode heuristik untuk menemukan solusi bagi SALBP-1

Tabel 2. 1 Penelitian – penelitian sebelumnya

Penulis	Judul	Metode	Tujuan
Meral Azizoğlu , Sadullah İmat (2018)	<i>Workload smoothing in simple assembly line balancing</i>	<i>Simple Assembly Line Balancing</i>	Mengurangi jumlah deviasi kuadrat beban pada workstation sehingga menjaga persamaan beban kerja
Hermanto, Galih Moch Ervan (2018)	Perencanaan Keseimbangan Lini ( <i>Line Balancing</i> ) Pada Perakitan Elevator Untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja Pada PT HE INDONESIA	<i>Ranked Positional Weights, kill - bridge Weston heuristic (KWH)</i>	Memperbaiki keseimbangan pada lini perakitan elevator, yang diakibatkan oleh banyaknya komponen pada perakitan elevator dan lini perakitan yang tidak memadai.
Indrani Dharmayanti, Hafif Marliansyah (2019)	Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode <i>Line Balancing</i>	<i>Killbridge- Wester &amp; Rank Position Weight</i>	Memperbaiki tingkat efisiensi dan efektifitas lintasan produksi dalam produksi permen
Renny Fatmawati, Moses Laksono Singgih (2019)	Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perakitan Speaker dengan Menggunakan Ekonomi Gerakan dan <i>Line Balancing</i>	<i>Largest Candidate Rule, Killbridge and Wester dan Ranked Positional Weight</i>	Meratakan pembagian beban kerja yang kurang merata dan tidak ada pembagian kerja yang jelas. Serta meminimalkan biaya produksi dari segi biaya tenaga kerja.

Tabel 2. 1 Penelitian – penelitian sebelumnya

Penulis	Judul	Metode	Tujuan
Edwin Bayu Kurniawan, Ni Luh Putu Hariastuti (2020)	Implementasi <i>Lean Manufacturing</i> Proses Produksi untuk Mengurangi Waste Lebih Efektif dan Efisien	<i>Lean VALSAT</i> , pada <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	Mengidentifikasi dan menganalisis <i>waste</i> yang berpengaruh di dalam proses produksi,
Siti Aisyah (2020)	Perencanaan <i>Lean Manufacturing</i> Untuk Mengurangi Pemborosan Menggunakan Metode <i>Value Stream Mapping</i> Pada PT Y Indonesia	<i>Lean Value Stream Mapping</i> ,	Mengurangi <i>delay</i> yang terjadi saat proses produksi
Tegar Refa Wisesa (2021)	Penelitian ini	<i>Kilbridge and Wester Method</i>	Mengurangi keterlambatan proses aktual dari perhitungan waktu proses pada lini perakitan komponen Drive Rib 1 Airbus A-380.

Dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa metode *assembly line balancing* dapat digunakan untuk mengurangi *delay* dari perakitan maupun produksi hal tersebut diindikasikan dengan adanya hasil penelitian dari Rochman & Caparina (2017), Hermanto & Ervan (2018) maupun Dharmayanti & Marliyansyah (2019) yang berhasil meningkatkan efisiensi lini perakitan yang ada. Untuk permasalahan stasiun kerja, terdapat 2 penelitian yang memiliki hasil untuk menurunkan jumlah stasiun kerja untuk meningkatkan efisiensi yaitu hasil penelitian dari Rochman & Caparina (2017) dan Andi & Nasution (2018) yang

masing-masing mengurangi stasiun kerja dari 9 menjadi 4 serta dari 13 menjadi 8. Mengenai metode, terdapat 4 penelitian yang menggunakan metode Kilbridge Wester untuk melakukan evaluasi terhadap lini perakitan dan keempat penelitian tersebut berhasil mencapai tujuan serta menunjukkan peningkatan efisiensi maupun penurunan *delay* dalam lini yang diteliti. Selain itu terdapat pendekatan *lean manufacturing* yang berhasil memberikan masukan pengurangan waktu menunggu seperti oleh Ristyowati, et al. (2017), mengidentifikasi *delay* seperti yang dilakukan oleh Aisyah (2020), juga mengurangi *lead time* yang tentu mengurangi *delay* sebesar 2,87% oleh Kurniawan & Hariastuti (2020).

## 2.2 Kajian Deduktif

### 2.2.1 Pengukuran Waktu Kerja

Waktu kerja merupakan salah satu kriteria utama yang diukur dan diperhitungkan dalam pengukuran kerja. Pengukuran waktu kerja adalah suatu aktivitas untuk menemukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Barnes, 1949)

### 2.2.2 Uji Kecukupan Data

Pengujian dilakukan untuk melihat keterwakilan populasi dari data yang diambil. Bila hasil perhitungan yang diperoleh ( $N'$ ) kurang dari jumlah pengamatan ( $N$ ) yang dilakukan, maka data telah mencukupi. (Dharmayanti & Marliyansyah, 2019)

$$N' = \left[ \frac{k/s\sqrt{(N.\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2)}}{\Sigma X} \right]^2 \dots (2.1)$$

Dengan:

$k$  = tingkat keyakinan

= 99%  $\approx$  3

= 95%  $\approx$  2

= 70%  $\approx$  1,04

$S$  = derajat ketelitian

$N'$  = Jumlah pengamatan teoritis (Jumlah pengamatan yang dibutuhkan)

$N$  = Jumlah pengamatan aktual (yang dilakukan)

### 2.2.3 Uji Keseragaman Data

Waktu pengerjaan setiap stasiun pada siklus kerjanya tidak selalu serupa, banyak faktor yang dapat mempengaruhi waktu proses salah satunya kelelahan pekerja maupun kendala alat mendadak. Dimana rumus untuk mencari keseragaman dengan bantuan *control chart* menurut (Montgomery, 2009) adalah sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots 2.2$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots 2.3$$

$$UCL = \bar{X} + L\sigma \dots\dots 2.4$$

$$\text{Garis tengah} = \bar{X} \dots\dots 2.5$$

$$LCL = \bar{X} - L\sigma \dots\dots 2.6$$

Dengan

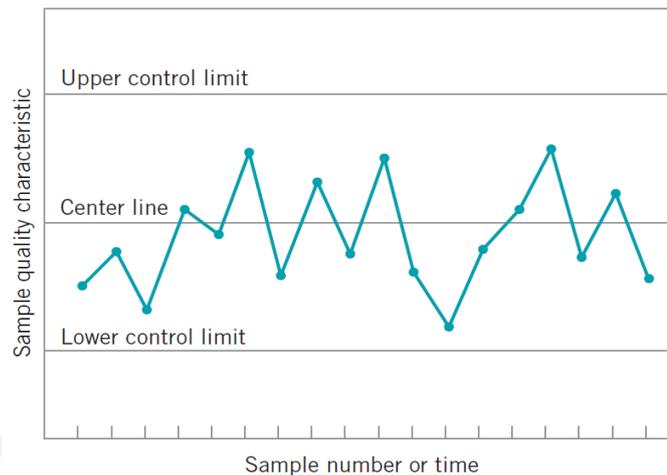
$\bar{x}$  = Rata – rata waktu elemen kerja

S = standar deviasi

$\mu_w$  = Nilai rata-rata dari w

L = Jarak batas kontrol terhadap garis tengah

$\sigma_w$  = Standar deviasi data



Gambar 2. 1 Contoh *Control Chart*

Sumber: (Montgomery, 2009)

Pada gambar 2.1 di atas dipaparkan contoh dari diagram kontrol. Diagram kontrol merupakan diagram yang berfungsi untuk membantu dalam menganalisa keseragaman dari suatu data. Sehingga data yang digunakan lebih seragam.

### 2.2.5 *Assembly Line Balancing*

*Line Balancing* adalah perataan beban kerja semua proses dalam sel atau aliran nilai untuk menghapus kemacetan dan kelebihan kapasitas (Kumar & Mahto, 2013). Berikut elemen-elemen dalam penyeimbangan lini perakitan (Thomopoulos, 2014):

a. Elemen Kerja

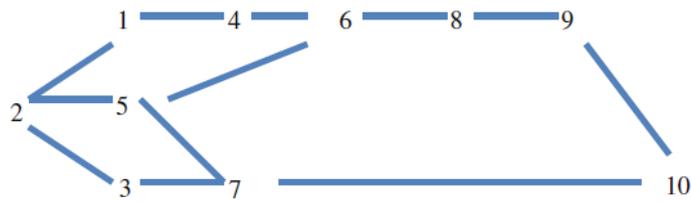
Elemen kerja merupakan pekerjaan yang perlu dilakukan di dalam suatu stasiun kerja.

b. Waktu Standar

Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu elemen kerja dalam satu stasiun kerja.

c. *Precedence Elements*

Merupakan elemen kerja yang mendahului suatu elemen kerja dalam lini perakitan. Yang biasanya kemudian digambarkan dalam suatu *precedence diagram* seperti di bawah.



Gambar 2. 2 Contoh *Precedence Diagram*

Sumber: (Thomopoulos, 2014)

Pada gambar 2.2 di atas dipaparkan contoh dari *precedence* yang berfungsi untuk memetakan urutan-urutan proses dalam suatu lini perakitan.

d. Stasiun Kerja dan Operator

Stasiun kerja adalah sebuah lokasi di dalam lini perakitan dimana satu atau lebih elemen kerja dilakukan. Istilah stasiun maupun operator dalam satu lini terkadang memiliki maksud yang sama. Walaupun, biasanya jumlah operator dalam satu lini lebih banyak dari jumlah stasiun dalam satu lini yang sama.

$$Kmin = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT} \dots (2.7)$$

Dengan:

$t_i$  : Waktu elemen kerja ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

CT: Waktu siklus

Sedangkan, jika melihat dari jenis-jenisnya maka lini perakitan setidaknya dibagi atas tiga jenis berdasarkan (Kumar & Mahto, 2013), yaitu:

a. *Single Model Assembly Line*

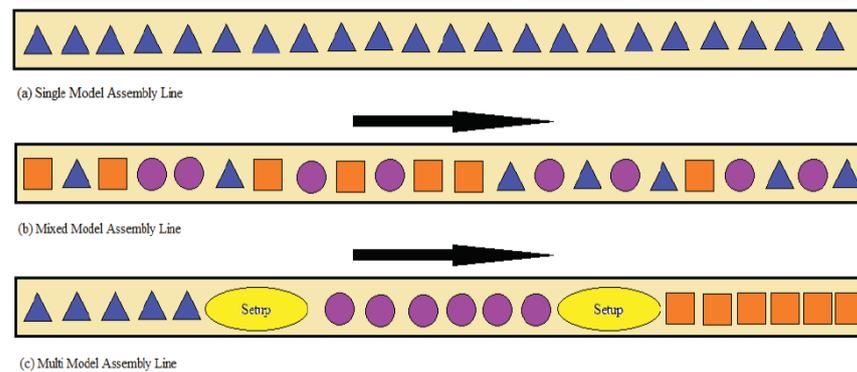
Produk dirakit dalam satu lini yang sama dan tidak akan mengubah *setup*. Biasa digunakan untuk produksi massal satu jenis produk.

b. *Mixed Model Assembly Line*

Dalam model ini waktu penyetelan antara model diturunkan secukupnya serta dapat diabaikan.

c. *Multi Model Assembly Line*

Dalam model ini keseragaman produk yang diproduksi maupun sistem produksinya tidak banyak



Gambar 2. 3 Perbandingan Model Lini Perakitan

Sumber: (Kumar & Mahto, 2013)

Pada gambar 2.3 di atas dipaparkan perbandingan dari model-model lini perakitan yang banyak digunakan di dunia.

### 2.2.6 Perhitungan Dalam *Assembly Line Balancing*

#### a. *Cycle Time*

*Cycle time* adalah jumlah waktu maksimum pada setiap stasiun. Ini dapat ditemukan dengan membagi unit yang dibutuhkan untuk waktu produksi yang tersedia per hari (Kumar & Mahto, 2013).

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{Waktu tersedia}}{\text{Jumlah diproduksi}} \dots\dots 2.8$$

#### b. *Line Efficiency*

*Line efficiency* merupakan nilai dari tingkat efisiensi suatu lini baik produksi maupun perakitan (Grzechca, 2014).

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{CT \times k} \times 100\% \dots\dots 2.9$$

Dimana:

$LE = \text{Line Efficiency}$

$k = \text{jumlah stasiun kerja}$

$CT = \text{Cycle Time}$

#### c. *Smoothness Index*

Merupakan indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari suatu jalur perakitan. Dimana, nol merupakan keseimbangan sempurna (Kumar & Mahto, 2013).

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{max} - ST_i)^2} \dots\dots 2.10$$

Dimana:

$SI = \text{Smoothness Index}$

$ST_{max} =$  waktu stasiun kerja terbesar (biasanya sama dengan *cycle time*)

$ST_i =$  waktu kerja stasiun kerja  $i$

d. *Balance Delay*

Adalah rasio waktu *delay* dari seluruh stasiun kerja yang ada di dalam lini perakitan. Dimana semakin kecil angka maka akan semakin baik (Kumar & Mahto, 2013).

$$BD = \frac{CT \times k - \sum_{i=1}^n t_i}{CT \times k} \dots\dots 2.11$$

Dimana:

$BD = \text{Balance Delay}$

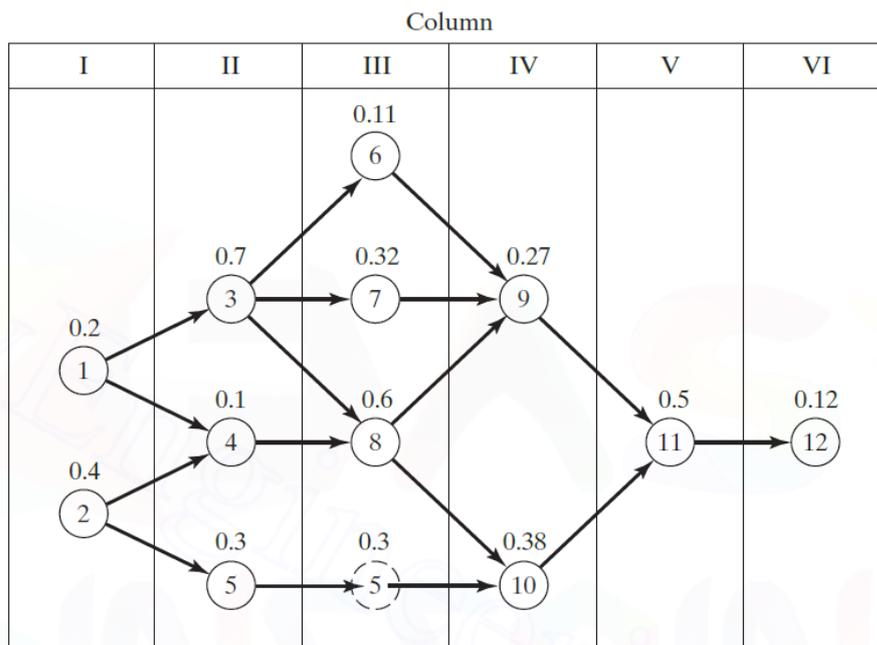
$k =$  jumlah stasiun kerja

$n =$  jumlah elemen kerja

$t_i =$  waktu elemen kerja

### 2.2.7 *Kilbridge and Wester Method (KWM)*

*Kilbridge and Wester method* merupakan salah satu metode heuristik yang menentukan elemen kerja ke stasiun berdasarkan *precedence diagram*. Dimana elemen kerja dalam *precedence diagram* disusun ke dalam beberapa kolom. Elemen-elemen tersebut kemudian ditentukan kedalam daftar berdasarkan kolomnya (Groover, 2015). Metode *kilbridge-wester* merupakan metode penyeimbangan lini yang simpel dalam pengerjaan, dan memberikan hasil lebih optimal dibandingkan metode lain seperti: misalkan *largest candidate rule*. Ini diperkuat oleh Groover (2015) yang menyatakan bahwa metode *kilbridge-wester* menyelesaikan masalah pada LCR berupa penempatan elemen kerja tanpa melihat posisi elemen kerja tersebut.



Gambar 2. 4 Contoh Elemen Kerja yang Dibagi Dalam Kolom Berdasarkan *Precedence Diagram*

Sumber: (Groover, 2015)

Pada gambar 2.4 di atas dipaparkan contoh dari pembagian elemen kerja yang kemudian disusun menjadi sebuah *precedence diagram*.

Tabel 2. 2 Contoh Daftar KWM Berdasarkan Kolom Pembagian Elemen Kerja

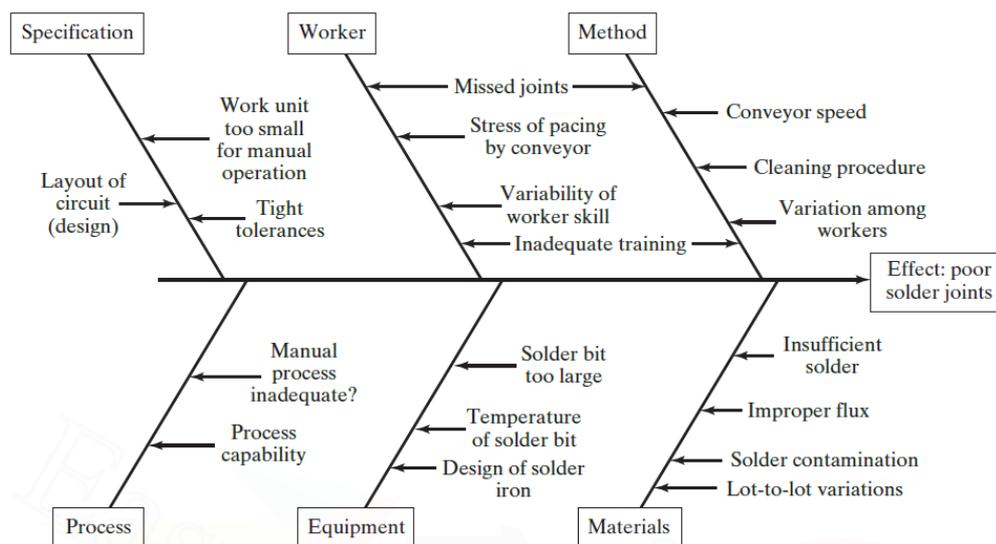
Work Element	Column	T <sub>ek</sub> (min)	Preceded By
2	I	0.4	-
1	I	0.2	-
3	II	0.7	1
5	II, III	0.3	2
4	II	0.1	1, 2
8	III	0.6	3, 4
7	III	0.32	3
6	III	0.11	3
10	IV	0.38	5, 8
9	IV	0.27	6, 7, 8
11	V	0.5	9, 10
12	VI	0.12	11

(Groover, 2015)

Pada tabel 2.2 di atas dipaparkan daftar elemen kerja berdasarkan pada *precedence diagram* yang telah dibuat.

### 2.2.8 Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* atau juga biasa dikenal sebagai *Cause-and-effect diagram* merupakan grafik yang berguna untuk mendata dan menganalisa penyebab potensial dari suatu permasalahan yang ada. (Groover, 2015). Ini berguna untuk membantu dalam penentuan langkah-langkah yang diperlukan dalam mengatasi permasalahan yang ada. Berikut merupakan contoh dari diagram *fishbone*.



Gambar 2. 5 Contoh diagram *fishbone*

Sumber : (Groover, 2015)

Pada gambar 2.6 di atas dipaparkan contoh dari diagram *fishbone* yang berguna untuk mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan. Sehingga membantu penentuan solusinya.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Objek penelitian

Penelitian ini dilakukan guna menganalisis keseimbangan lini perakitan *Drive Rib 1* pada pesawat Airbus A380. Dimana objek dari penelitian ini lini perakitan DR1 A380 pada PT. Dirgantara Indonesia.

#### 3.2 Jenis data

##### a. Data primer

Data primer adalah data yang langsung didapatkan dari sumbernya. Data ini didapatkan melalui narasumber (Ibu Frida dari Divisi Program SAS) yang dijadikan sebagai sarana untuk mendapatkan informasi. Dalam penelitian ini data primer berupa data historis waktu proses perakitan yang terekam oleh sistem SAP yang ada di PT. Dirgantara Indonesia dan proses bisnis yang berlangsung di dalamnya yang didapatkan melalui wawancara dengan pihak departemen program *Spirit Aerosystem*. Sementara itu data lainnya yaitu data proses yang dalam hal ini didapatkan dengan melihat *process sheet* dari perakitan komponen *drive rib 1 A-380*.

##### b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari proses studi literatur terhadap hasil-hasil penelitian sebelumnya.

#### 3.3 Metode Pengolahan Data

##### a. Menghitung waktu siklus

Pada tahap ini dilakukan perhitungan total waktu dan waktu siklus rata – rata setiap stasiun kerja. Perhitungan didasarkan pada data waktu siklus yang diambil dengan observasi secara langsung di lapangan.

##### b. Uji kecukupan data

Uji kecukupan dilakukan untuk membuktikan apakah jumlah data yang didapatkan sudah cukup. Perhitungan uji kecukupan data yaitu  $N'$  dipengaruhi oleh penentuan tingkat keyakinan dan tingkat ketelitian. apabila  $N' \leq N$  maka data dapat dikatakan cukup.

c. Uji keseragaman data

Uji keseragaman dilakukan untuk mengetahui apakah ada data yang menyimpang dari batas kontrol atas (BKA) atau *upper control limit* (UCL) dan batas kontrol bawah (BKB) atau *lower control limit* (LCL) yang telah ditentukan berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan sebelumnya.

d. Penyeimbangan lini perakitan

Penyeimbangan lini pada penelitian ini menggunakan model heuristik.

### 3.4 Pengumpulan Data

#### 3.4.1 Wawancara

Wawancara adalah keadaan antara dua orang, dimana proses psikologis yang terjadi memerlukan kedua individu secara timbal balik dalam memberikan beragam tanggapan sesuai tujuan penelitian. (Hardani, et al., 2020) Peneliti melakukan wawancara dengan pihak dari divisi program *Spirit Aerosystem* yang bertanggung jawab untuk menangani pesanan komponen-komponen pesawat dari Airbus dalam rangka untuk mendapatkan informasi mengenai lini perakitan DR1 A-380 dan proses bisnis yang berjalan di sana.

#### 3.4.2 Dokumentasi

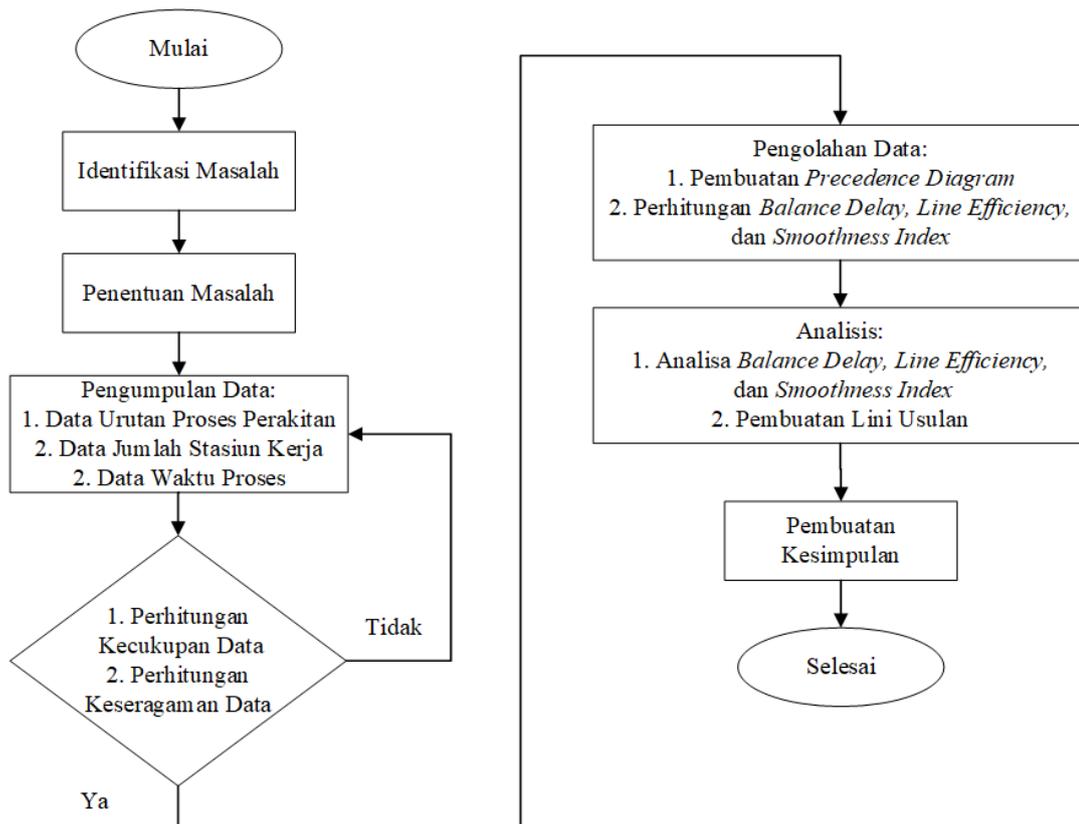
Dokumentasi berarti pengambilan data yang ada dalam dokumen-dokumen (Hardani, et al., 2020). Data yang digunakan disini merupakan data historis yang terdokumentasi dari perekaman otomatis waktu setiap proses oleh SAP.

#### 3.4.3 Studi pustaka

Studi pustaka digunakan untuk mendukung data penelitian yang dilakukan bersumber dari buku, jurnal, prosiding.

### 3.5 Diagram alir penelitian

Berikut diagram alir yang menunjukkan alir dari penelitian ini:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Pada gambar 3.1 diketahui bahwa penelitian ini dilakukan dalam beberapa proses. Proses tersebut meliputi identifikasi masalah, penentuan masalah, pengumpulan data yang diperlukan, perhitungan kecukupan dan keseragaman data yang jika tidak memenuhi maka dilakukan kembali pengumpulan data namun, jika memenuhi maka proses akan berlanjut kembali. Proses berikutnya pengolahan data mulai dari pembuatan *precedence diagram*, perhitungan *balance delay*, *line efficiency*, dan *smoothness index*. Proses tersebut dilanjutkan dengan analisa atas hasil perhitungan *balance delay*, *line efficiency*, *smoothness index* serta pembuatan lini usulan. Proses terakhir adalah pembuatan kesimpulan atas penelitian yang dilakukan.

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Latar Belakang Perusahaan

##### 4.1.1 Profil Singkat Perusahaan

Berikut ini merupakan profil umum perusahaan yang diteliti oleh penulis:

Nama Perusahaan : PT. Dirgantara Indonesia (Persero)

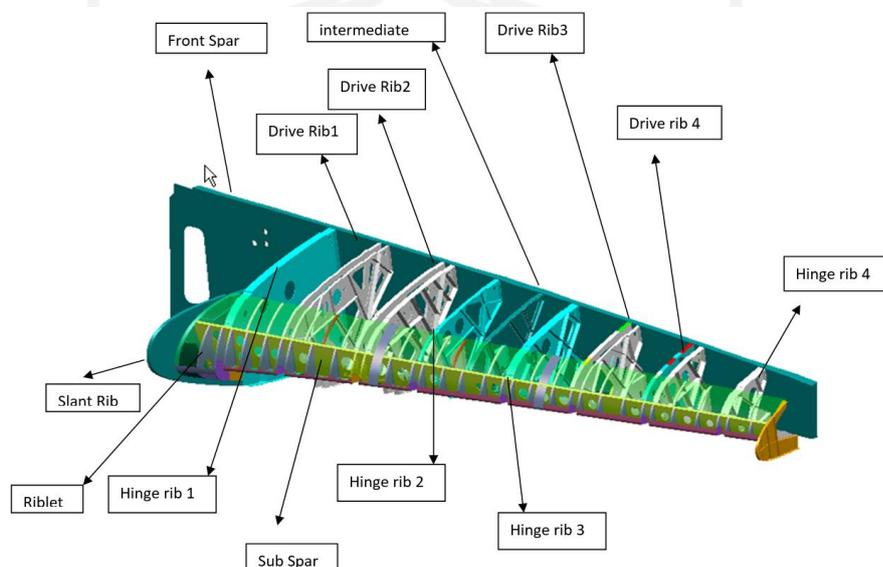
Alamat :Jalan Pajajaran No. 154, Bandung, Jawa Barat, Indonesia,  
Kode Pos 40174

Produk :Pesawat komersial, Pesawat militer, Komponen pesawat,  
Servis pesawat, Pertahanan

Website : [www.indonesian-aerospace.com](http://www.indonesian-aerospace.com)

#### 4.2 Produk Yang Diteliti

*Drive Rib 1* merupakan salah satu komponen dari pesawat terbang Airbus A-380 yang dibuat di fasilitas milik PT. Dirgantara Indonesia (Persero). Dimana *Drive Rib 1* juga merupakan komponen paling rumit dibanding komponen pesawat A-380 lain yang diproduksi di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) dengan 10 langkah perakitan yang membutuhkan 4 stasiun kerja yang berbeda. Berikut merupakan letak dari komponen *Drive Rib 1* dalam konstruksi sayap pesawat Airbus A-380:



Gambar 4. 1 Letak komponen Drive Rib 1 pada konstruksi sayap pesawat A-380

Pada gambar 4.1 menunjukkan konstruksi sayap dari pesawat A-380 yang terdiri dari *front spar, slant rib, riblet, intermediate, sub spar, 4 drive rib*, serta *4 hinge rib*. Dimana, komponen *drive rib 1* merupakan komponen *drive rib* yang paling dekat dengan pangkal sayap pesawat.

### 4.3 Pengumpulan Data

Pada sub-bab ini dipaparkan data-data relevan yang telah terkumpul. Data-data berikut akan berguna dalam perhitungan yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan yang telah disebutkan.

#### 4.3.1 Data urutan proses perakitan

Berikut merupakan data dari proses-proses yang diperlukan dalam perakitan komponen *Drive Rib 1* pesawat Airbus A-380. Yang terdiri dari kode operasi, nama operasi, dan stasiun kerja tempat berlangsungnya proses pada Tabel 4.1.:

Tabel 4. 1 Urutan Proses Perakitan

<i>Operation Code</i>	Nama Operasi	Stasiun Kerja
0001	<i>Remark</i>	111111
0010	<i>ISSUER INSPECTION</i>	880001
0020	<i>MECHANIC ASSEMBLER A380</i>	AEDWG1
0030	<i>INSPECTION &amp; FINAL INSPECTION A380</i>	AEHQ11
0040	<i>MECHANIC ASSEMBLER A380</i>	AEDWG1
0050	<i>INSPECTION &amp; FINAL INSPECTION A380</i>	AEHQ11
0060	<i>MECHANIC ASSEMBLER A380</i>	AEDWG1
0070	<i>INSPECTION &amp; FINAL INSPECTION A380</i>	AEHQ11
0080	<i>MECHANIC ASSEMBLER A380</i>	AEDWG1
0090	<i>INSPECTION &amp; FINAL INSPECTION A380</i>	AEHQ11

Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa untuk merakit 1 unit *Drive Rib 1* dari pesawat A-380 memerlukan 10 proses dengan kode yang berbeda-beda.

#### 4.3.2 Data jumlah stasiun kerja

Berikut merupakan data dari stasiun kerja yang digunakan dalam perakitan komponen *Drive Rib 1* pesawat Airbus A-380 yang berisikan nama stasiun kerja dan jumlahnya pada Tabel 4.2.:

Tabel 4. 2 Data Jumlah Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Jumlah
111111	1
880001	1
AEDWG1	1
AEHQ11	1

Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa untuk merakit 1 unit *Drive Rib 1* dari pesawat A-380 memerlukan 4 stasiun dengan kode yang berbeda-beda dengan jumlah masing-masing 1 buah.

#### 4.3.3 Data waktu proses

Berikut merupakan data nomor order komponen, kode operasi, waktu standar, dan waktu aktual yang diperlukan dalam proses perakitan komponen *Drive Rib 1* pesawat Airbus A-380 yang dipaparkan dalam Tabel 4.3.:

Tabel 4. 3 Data Waktu Proses Perakitan

No	Order	OC	Std Time	Act Time	No	Order	OC	Std Time	Act Time
	20246261	0001	0	0		.....	....	.....	.....
1	20246261	0010	0,270	0,087		.....	....	.....	.....
	20246261	0020	6,676	3,498	....	.....	....	.....	.....
	20246261	0030	0,250	0,257		.....	....	.....	.....

Tabel 4. 3 Data Waktu Proses Perakitan

<i>No</i>	<i>Order</i>	<i>OC</i>	<i>Std Time</i>	<i>Act Time</i>	<i>No</i>	<i>Order</i>	<i>OC</i>	<i>Std Time</i>	<i>Act Time</i>	
1	20246261	0040	14,762	48,996	....	.....	....	.....	.....	
	20246261	0050	0,250	0,250		.....	....	.....	.....	
	20246261	0060	6,530	13,030		.....	....	.....	.....	
	20246261	0070	0,330	0,246		....	.....	....	.....	
	20246261	0080	0,135	0,333		.....	....	.....	.....	
	20246261	0090	0,250	0,166		.....	....	.....	.....	
	20246264	0001	0	0		.....	....	.....	.....	
	20246264	0010	0,270	0,179		.....	....	.....	.....	
	20246264	0020	6,676	7,447		.....	....	.....	.....	
2	20246264	0030	0,250	0,334	18	.....	....	.....	.....	
	20246264	0040	14,762	26,689		.....	....	.....	.....	
	20246264	0050	0,250	0,618		.....	....	.....	.....	
	20246264	0060	6,530	32,047		.....	....	.....	.....	
	20246264	0070	0,330	0,417		.....	....	.....	.....	
	20246264	0080	0,135	0,502		.....	....	.....	.....	
	20246264	0090	0,250	0,434		.....	....	.....	.....	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0001	0	0	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0010	0,270	0,167	
3	.....	.....	.....	.....	19	20433977	0020	6,676	4,310	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0030	0,250	0,339	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0040	14,762	45,408	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0050	0,250	0,339	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0060	6,530	32,594	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0070	0,330	0,414	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0080	0,135	0,091	
	.....	.....	.....	.....		20433977	0090	0,250	0,078	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0001	0	0	
...	.....	.....	.....	.....	20	20449055	0010	0,270	0,037	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0020	6,676	5,922	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0030	0,250	0,315	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0040	14,762	37,956	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0050	0,250	0,392	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0060	6,530	40,076	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0070	0,330	0,063	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0080	0,135	0,027	
	.....	.....	.....	.....		20449055	0090	0,250	0,096	

Pada tabel 4.3 menunjukkan data waktu aktual perakitan 20 unit *Drive Rib 1* dari pesawat A-380 yang akan dipakai dalam penelitian ini.

#### 4.4 Pengolahan Data

##### 4.4.1 Uji keseragaman dan kecukupan data

Pada sub bab ini dihitung keseragaman dan kecukupan data yang dimiliki.

##### A. Perhitungan rata-rata

Rata-rata merupakan data yang berguna untuk menghitung kecukupan data maupun keseragaman data. Contoh perhitungan dari rata-rata adalah sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots 4.1$$

$$\bar{X} 0010 = \frac{0,087+0,179+0,142+0,15+0,15 + 0,167+0,15+0,133+0,092+0,15 + 0,167+0,15+0,167+0,171+0,171 + 0,171+0,115+0,07+0,167+0,037}{20} \dots 4.2$$

$$\bar{X} 0010 = 0,139 \dots 4.3$$

Berikut merupakan rata-rata waktu aktual dari setiap proses yang dimuat dalam Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Tabel rata-rata setiap proses

Kode Proses	Rata-rata ( $\bar{X}$ )	Kode Proses	Rata-rata ( $\bar{X}$ )
0010	0,139	0060	25,908
0020	4,66	0070	0,349
0030	0,343	0080	0,357
0040	42,87	0090	0,255
0050	0,388	N	20

Pada tabel 4.4 menunjukkan data rata-rata waktu aktual dari perakitan 20 unit *Drive Rib 1* dari pesawat A-380 pada setiap proses yang berbeda-beda.

B. Perhitungan kecukupan data

Perhitungan ini berguna untuk melihat apakah data yang digunakan (20 data) sudah dapat dinyatakan mencukupi. Berikut contoh perhitungan dilakukan dengan menggunakan tingkat ketelitian 80%.

$$N' = \left[ \frac{k/s\sqrt{(N \cdot \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2)}}{\Sigma X} \right]^2 \dots\dots 4.4$$

$$N'0010 = \left[ \frac{1,04/0,2\sqrt{(20 \cdot 0,417 - 7,072^2)}}{0,417} \right]^2 \dots\dots 4.5$$

$$N'0010 = 3,072 \dots\dots 4.6$$

Berikut merupakan kecukupan data dari setiap proses yang dimuat dalam Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Tabel kecukupan data setiap proses

Kode Proses	Kecukupan (N')	Kode Proses	Kecukupan (N')
0010	3,072	0060	5,469
0020	8,182	0070	3,952
0030	2,469	0080	8,268
0040	3,967	0090	15,786
0050	2,656	N	20

Pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa data waktu aktual dari perakitan 20 unit *Drive Rib 1* dari pesawat A-380 pada setiap prosesnya dapat dikatakan cukup.

C. Perhitungan keseragaman data

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang dimiliki sudah cukup seragam atau belum dengan menggunakan 6 sigma.

$$\overline{X}0010 = 0,139 \dots\dots 4.7$$

$$\sigma 0010 = \sqrt{\frac{(0,087-0,139)^2+(0,179-0,139)^2+(0,142-0,139)^2+\dots+(0,037-0,139)^2}{29}} \dots\dots 4.8$$

$$\sigma 0010 = 0,039 \dots\dots 4.9$$

$$UCL0010 = 0,139 + 3 \cdot 0,039 \dots\dots 4.10$$

$$UCL0010 = 0,257 \dots 4.11$$

$$\text{Garis tengah}0010 = 0,139 \dots 4.12$$

$$LCL0010 = 0,139 - 3.0,039 \dots 4.13$$

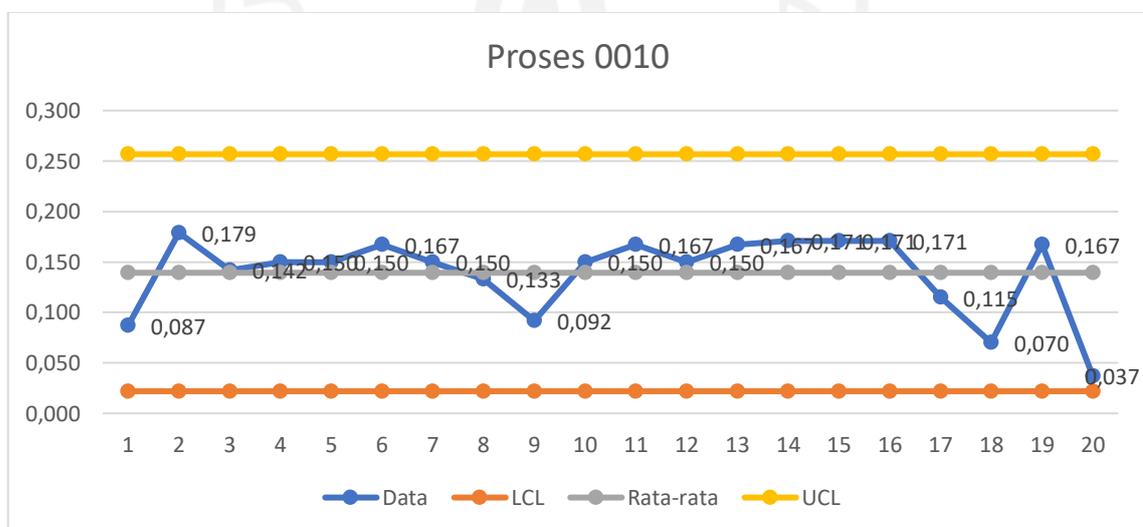
$$LCL0010 = 0,022 \dots 4.14$$

Berikut merupakan *LCL*, garis tengah serta, *UCL* dari setiap proses yang dimuat dalam Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 *LCL*, Garis tengah, dan *UCL* setiap proses

Kode Proses	<i>LCL</i>	Garis tengah	<i>UCL</i>	Kode Proses	<i>LCL</i>	Garis tengah	<i>UCL</i>
0010	0,022	0,139	0,257	0060	-3,231	25,908	55,047
0020	-1,751	4,66	11,071	0070	0,015	0,349	0,684
0030	0,084	0,343	0,6	0080	-0,137	0,357	0,851
0040	1,803	42,870	83,936	0090	-0,233	0,255	0,743
0050	0,084	0,388	0,692				

Berikut merupakan contoh dari peta kontrol untuk proses berkode 0010 yang memuat *LCL*, garis tengah, *UCL*, serta data waktu proses.

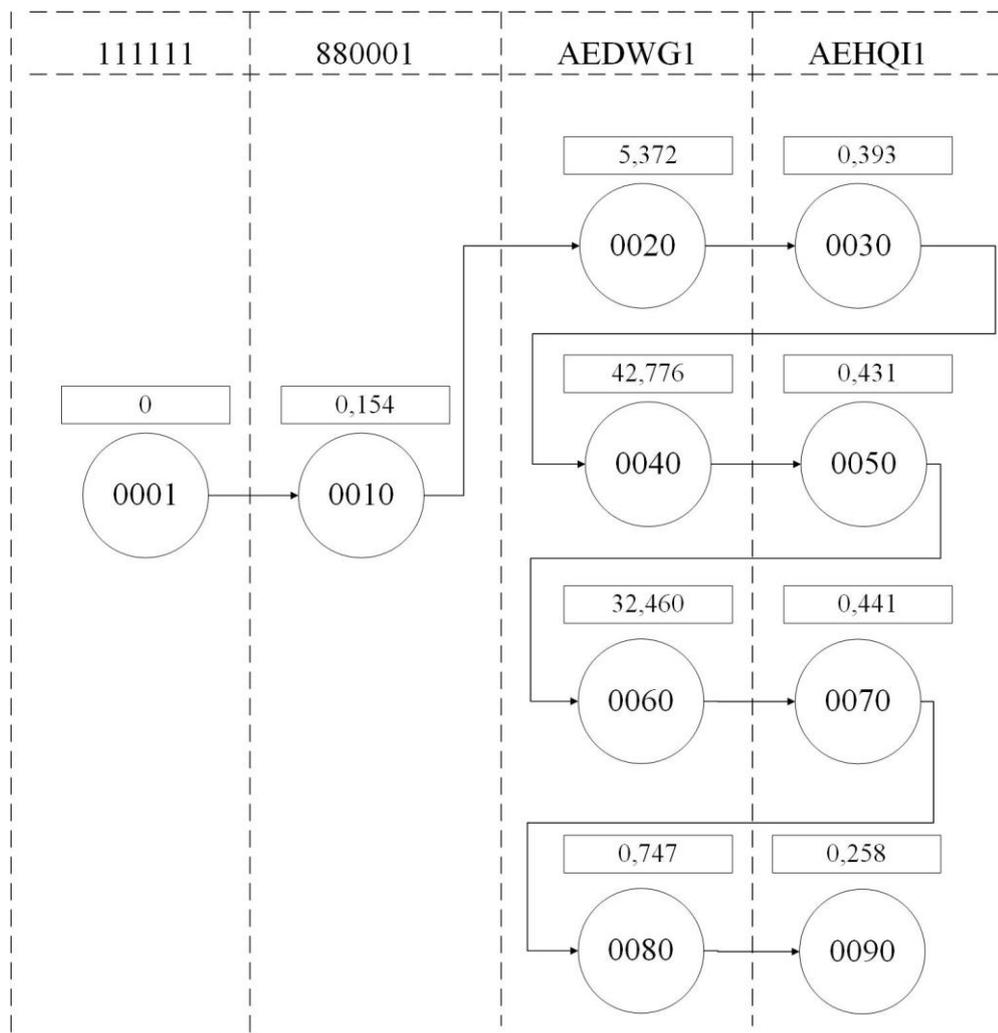


Gambar 4. 2 Grafik peta kontrol proses 0010

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa data waktu aktual dari perakitan 20 unit *Drive Rib 1* dari pesawat A-380 pada proses berkode 0010 dapat dikatakan seragam.

#### 4.4.2 Pembuatan *Precedence Diagram*

Pada lini perakitan *Drive Rib 1* Airbus A-380 terdapat 10 proses yang dilakukan pada 10 stasiun kerja.



Gambar 4. 3 *Precedence Diagram* Perakitan *Drive Rib 1* A-380

Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa perakitan *Drive Rib 1* dari pesawat A-380 menggunakan 4 stasiun kerja dan terjadi proses yang terjadi bolak balik antara stasiun berkode AEDWG1 dan AEHQI1 pada proses berkode 0020, 0030, 0040, 0050, 0060, 0070, 0080, dan 0090 sementara untuk proses 0001 dan 0010 masing-masing terjadi pada stasiun kerja yang berbeda yaitu stasiun kerja berkode

11111 dan 880001. Dari *precedence diagram* yang sudah dimiliki maka dapat disusun Tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Elemen proses untuk metode Kilbridge-Wester

<i>Operation Code</i>	<i>Work Station</i>	<i>Actual Time(hours)</i>	<i>Preceded by</i>
0001	111111	0	-
0010	880001	0,139	0001
0020	AEDWG1	5,66	0010
0030	AEHQI1	0,343	0020
0040	AEDWG1	42,87	0030
0050	AEHQI1	0,388	0040
0060	AEDWG1	25,908	0050
0070	AEHQI1	0,349	0060
0080	AEDWG1	0,357	0070
0090	AEHQI1	0,255	0080

#### 4.4.3 Perhitungan *Balance Delay*, *Line Efficiency*, dan *Smoothness Index*

Pada subbab ini dilakukan perhitungan waktu siklus, keseimbangan, efisiensi, serta kehalusan dari kondisi awal lini perakitan *Drive Rib 1 A-380*

##### A. Perhitungan *Cycle Time*

Perhitungan waktu tersedia menggunakan waktu kerja selama 3 tahun dalam jam dan jumlah produksi adalah 20 unit.

$$Cycle Time = \frac{2080 \times 3}{20} \dots\dots 4.15$$

$$Cycle Time = 312 \text{ jam} \dots\dots 4.16$$

##### B. Perhitungan *Balance Delay*

$$BD = \frac{CT \times k - \sum_{i=1}^n t_i}{CT \times k} \dots\dots 4.17$$

$$BD = \frac{(312 \times 4) - (0 + 0,139 + 1,335 + 74,795)}{312 \times 4} \dots\dots 4.18$$

$$BD = \frac{1171,731}{1248} \dots\dots 4.19$$

$$BD = 93,889\% \dots\dots 4.20$$

C. Perhitungan *Line Efficiency*

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{CT \times k} \times 100\% \dots\dots 4.21$$

$$LE = \frac{0 + 0,139 + 1,335 + 74,795}{312 \times 4} \times 100\% \dots\dots 4.22$$

$$LE = \frac{76,269}{1248} \times 100\% \dots\dots 4.23$$

$$LE = 6,111\% \dots\dots 4.24$$

D. Perhitungan *Smoothness Index*

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{max} - ST_i)^2} \dots\dots 4.25$$

$$SI = \sqrt{(74,795 - 0)^2 + (74,795 - 0,139)^2 + (74,795 - 1,335)^2 + (74,795 - 74,795)^2} \dots\dots 4.26$$

$$SI = 128,702 \dots\dots 4.27$$

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### **5.1 Analisa *Balance Delay*, *Line Efficiency*, dan *Smoothness Index* lini awalan**

##### **5.1.1 Analisa *Balance Delay* Lini Awalan**

Hasil perhitungan *delay* menunjukkan angka sebesar 93,889% yang berarti *delay* yang dihasilkan oleh lini perakitan awalan tergolong besar. Mengingat, berdasarkan Kamen (1999), semakin kecil angka *balance delay* mengindikasikan semakin kecil waktu menganggur dalam suatu stasiun dalam lini. Sehingga, diperlukan suatu usaha untuk menurunkan tingkat *delay* tersebut.

##### **5.1.2 Analisa *Line Efficiency* Lini Awalan**

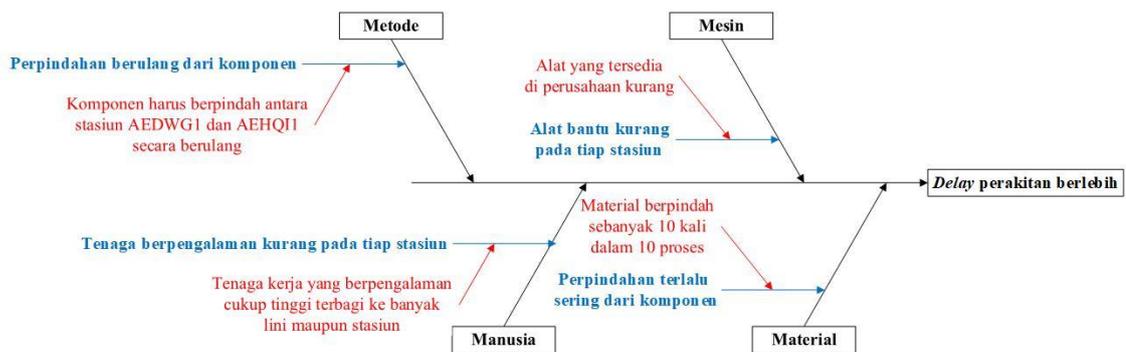
Hasil perhitungan efisiensi menunjukkan angka sebesar 6,111% yang berarti efisiensi yang dimiliki oleh lini perakitan awalan tergolong rendah. Mengingat berdasarkan Groover (2015), efisiensi lini dalam industri biasanya berkisar 0,90 - 0,95 yang berarti dalam persentase berkisar antara 90% - 95%. Ini juga diperkuat oleh Kamen (1999), yang menyatakan bahwa efisiensi dari lini yang dirancang sebisa mungkin mendekati 100%. Sehingga, diperlukan suatu usaha untuk meningkatkan tingkat efisiensi tersebut.

##### **5.1.3 Analisa *Smoothness Index* Lini Awalan**

Hasil perhitungan indeks permulusan menunjukkan angka sebesar 128,702 yang berarti indeks yang dimiliki oleh lini perakitan awalan dapat dikatakan tidak mulus. Ini diperkuat oleh Kumar & Mahto (2013) indeks permulusan 0 mengindikasikan lini yang sempurna. Sehingga, diperlukan suatu usaha untuk meningkatkan tingkat kemulusan lini perakitan awalan.

## 5.2 Pembuatan Usulan

Berdasarkan pada analisa terhadap lini awalan diatas maka diperlukan suatu perbaikan pada lini perakitan. Untuk menentukan langkah yang perlu dilakukan untuk memperbaiki lini perakitan *Drive Rib 1 A380* maka perlu dilakukan pencarian akar dari permasalahan *delay* yang berlebihan pada lini perakitan *Drive Rib 1 A380*. Alat analisa yang digunakan adalah diagram *fishbone* pada gambar 5.1 di bawah.



Gambar 5. 1 Diagram *fishbone* *delay* berlebih pada lini perakitan *Drive Rib 1 A380*

Diagram di atas menunjukkan bahwa keterlambatan perakitan yang berlebihan ini disebabkan oleh 4 elemen yang terdiri dari:

1. Metode: perpindahan berulang dari komponen yang dirakit dari stasiun AEDWG1 dan AEHQ11 yang tentu menambah waktu perakitan dari komponen.
2. Mesin: alokasi alat bantu pada setiap stasiun yang kurang sehingga menghasilkan antrean penggunaan alat.
3. Manusia: tenaga kerja yang berpengalaman tidak difokuskan pada 1 stasiun, dikarenakan perlunya alokasi ke stasiun kerja lain juga.
4. Material: terjadi perpindahan terlalu sering dari komponen antara 1 stasiun kerja ke stasiun kerja yang lain sehingga menambah waktu *setup*. Seperti, pelepasan dan pemasangan komponen yang dirakit ke *jig* yang berbeda pada setiap stasiunnya.

Berdasarkan dari penjabaran atas diagram *fishbone* pada gambar 5.1 di atas dapat disimpulkan bahwa alokasi tenaga kerja, alat bantu seperti alat pindai laser yang digunakan untuk membantu menentukan titik-titik pemasangan antar komponen, yang terlalu sedikit untuk setiap stasiunnya juga hal ini menyebabkan perpindahan komponen dalam frekuensi yang sering, dimana terjadi 9

perpindahan komponen yang dirakit. Ini dapat diartikan bahwa stasiun kerja yang ada bisa dikurangi. Maka, langkah yang dapat ditempuh untuk mengurangi *delay* pada lini perakitan *Drive Rib 1 A380* adalah berupa pengurangan stasiun kerja yang juga akan memaksimalkan alokasi alat bantu serta mengurangi perpindahan dari komponen yang sedang dirakit. Pengurangan stasiun kerja sendiri berdasarkan perhitungan yang dilakukan Grzechca (2014) berhasil memberikan tingkat produksi yang lebih tinggi dengan waktu siklus yang sama.

### 5.2.1 Perhitungan Stasiun Kerja Minimal

Perhitungan ini dilakukan sebelum membuat lini usulan untuk mengetahui berapa stasiun kerja minimal yang diperlukan dalam merakit *Drive Rib 1 A380*.

$$K_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT} \dots\dots 5.1$$

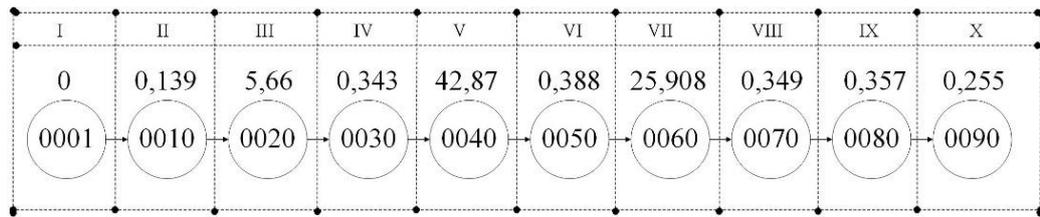
$$K_{min} = \frac{75,269}{312} \dots\dots 5.2$$

$$K_{min} = 0,241247 \dots\dots 5.3$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa stasiun kerja yang diperlukan untuk merakit *Drive Rib 1 A380* adalah 1. Ini dapat dilihat dari hasil perhitungan  $K_{min}$  dengan membagi keseluruhan waktu rata-rata yang dihabiskan untuk merakit 1 unit *Drive Rib 1* yang dibagi dengan waktu siklus. Dimana angka yang dihasilkan adalah 0,241247, sehingga 1 stasiun kerja cukup untuk menjalankan seluruh proses perakitan yang ada.

### 5.2.2 Pembuatan usulan lini perakitan

Pembuatan lini perakitan usulan dilakukan dengan bantuan *precedence diagram* proses perakitan *Drive Rib 1 A380* dari awal hingga akhir. Berikut merupakan *precedence diagram* proses perakitan *Drive Rib 1 A380* tanpa melibatkan stasiun kerja awalan.



Gambar 5. 2 *Precedence Diagram* tanpa stasiun kerja

Jika ditinjau dari *precedence diagram* di atas maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada percabangan dalam proses perakitan *Drive Rib 1 A380* tersebut. Hal tersebut diindikasikan oleh setiap kolom pada *precedence diagram* tersebut hanya berisikan 1 kode operas. Ini semua berarti semua elemen tersebut dapat dikerjakan dalam 1 stasiun kerja secara berurutan. Hal ini ditambah fakta bahwa lini perakitan yang diteliti merupakan bagian dari produksi pesawat yang berdasarkan Groover (2015), *single-station assembly cell* merupakan metode yang terdiri dari 1 stasiun kerja, dan tepat untuk memproduksi produk kompleks dengan kuantitas tidak besar seperti pesawat. Sedangkan, berdasarkan Vamsi (2019), beberapa keuntungan dari hanya terdapat 1 stasiun kerja adalah murahnya biaya investasi, cepat diterapkan dan mengurangi biaya per unitnya. Sehingga, elemen-elemen kerja tersebut dapat disusun bersama dengan stasiun kerjanya kedalam tabel 5.1 yang memuat kode operasi, usulan stasiun kerja, waktu aktual, pendahulu, serta waktu stasiun di bawah.

Tabel 5. 1 Usulan stasiun kerja

<i>Operation Code</i>	<i>Proposed Work Station</i>	<i>Actual Time(hours)</i>	<i>Preceded by</i>	<i>Station Time(hours)</i>
0001	KWM-1	0	-	
0010	KWM-1	0,139	0001	
0020	KWM-1	4,66	0010	
0030	KWM-1	0,343	0020	
0040	KWM-1	42,87	0030	
0050	KWM-1	0,388	0040	

<i>Operation Code</i>	<i>Proposed Work Station</i>	<i>Actual Time(hours)</i>	<i>Preceded by</i>	<i>Station Time(hours)</i>
0060	KWM-1	25,908	0050	
0070	KWM-1	0,349	0060	
0080	KWM-1	0,357	0070	
0090	KWM-1	0,255	0080	75,269

### 5.2.3 Perhitungan performa stasiun kerja usulan

Setelah stasiun kerja usulan terbentuk perlu dilakukan perhitungan untuk mengukur performa yang dihasilkan oleh stasiun kerja usulan. Perhitungan ini meliputi perhitungan *balance delay*, *line efficiency*, serta *smoothness index* dari usulan lini perakitan yang sudah dibuat. Dengan waktu siklus yang dipakai menggunakan waktu tersedia selama 1 tahun dan tetap memproduksi 20 unit produk.

#### A. Perhitungan *Balance Delay*

$$BD = \frac{CT \times k - \sum_{i=1}^n t_i}{CT \times k} \dots\dots 5.4$$

$$BD = \frac{(104 \times 1) - (75,269)}{104 \times 1} \dots\dots 5.5$$

$$BD = \frac{28.731}{104} \dots\dots 5.6$$

$$BD = 27,626\% \dots\dots 5.7$$

#### B. Perhitungan *Line Efficiency*

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{CT \times k} \times 100\% \dots\dots 5.7$$

$$LE = \frac{75,269}{104 \times 1} \times 100\% \dots\dots 5.8$$

$$LE = \frac{75,269}{104} \times 100\% \dots\dots 5.9$$

$$LE = 72,374\% \dots\dots 5.10$$

#### C. Perhitungan *Smoothness Index*

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{max} - ST_i)^2} \dots\dots 5.10$$

$$SI = \sqrt{(75,269 - 75,269)^2} \dots 5.11$$

$$SI = 0 \dots\dots 5.12$$

### **5.3 Analisa *Balance Delay*, *Line Efficiency*, dan *Smoothness Index* lini usulan**

#### **5.3.1 Analisa *Balance Delay* Lini Usulan**

Hasil perhitungan *delay* menunjukkan angka sebesar 27,626% yang berarti *delay* yang dihasilkan oleh lini perakitan usulan sudah rendah. Mengingat, berdasarkan Kamen (1999), semakin kecil angka *balance delay* mengindikasikan semakin kecil waktu menganggur dalam suatu stasiun dalam lini. Sehingga, ini menunjukkan pemberian usulan sudah cukup tepat jika melihat dari perhitungan *balance delay*.

#### **5.3.2 Analisa *Line Efficiency* Lini Usulan**

Hasil perhitungan efisiensi menunjukkan angka sebesar 72,374% yang berarti efisiensi yang dimiliki oleh lini perakitan usulan sudah lebih baik dibanding awalan yang sebesar 6,111%. Ini diperkuat oleh Kamen (1999), yang menyatakan bahwa efisiensi dari lini yang dirancang sebisa mungkin mendekati 100%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa lini usulan sudah dalam kategori yang baik.

#### **5.3.3 Analisa *Smoothness Index* Lini Usulan**

Hasil perhitungan indeks permulusan menunjukkan angka sebesar 0 yang berarti indeks yang dimiliki oleh lini perakitan usulan dapat dikatakan sudah mulus. Berdasarkan Kumar & Mahto (2013) indeks permulusan 0 mengindikasikan lini yang sempurna. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa lini perakitan usulan memiliki kemulusan alir yang baik.

Berdasarkan analisa yang sudah diberikan atas lini perakitan usulan maka dapat disimpulkan bahwa lini perakitan usulan dengan mengurangi stasiun kerja sudah memiliki performa yang baik. Ini diindikasikan dengan nilai *balance delay*, *line efficiency*, dan *smoothness index* yang baik. Yang juga hal ini didukung dengan beberapa referensi seperti pada penelitian Rochman & Caparina (2017) maupun Andi & Nasution (2018) dimana masing-masing mengurangi stasiun

kerja dari 9 menjadi 4, dari 13 menjadi 8 yang keduanya berhasil meningkatkan efisiensi masing-masing menjadi 94,22% dan 99% dengan *delay* sebesar 5,78% serta 1%. Berikut pada tabel 5.2 menunjukkan perbandingan performa antara lini perakitan *Drive Rib 1 A380* awalan dengan usulan meliputi jumlah stasiun kerja, nilai *balance delay*, *line efficiency*, dan *smoothness index*.

Tabel 5. 2 Perbandingan lini awalan dengan lini usulan

Indikator	Lini awalan	Lini usulan
Jumlah stasiun kerja	4	1
<i>Cycle Time</i>	312 (3 tahun)	104 (1 tahun)
<i>Balance delay</i>	93,889%	27,626%
<i>Line efficiency</i>	6,111%	72,374%
<i>Smoothness indeks</i>	128,702	0

Pada tabel 5. 2 di atas yang menunjukkan perbedaan kinerja antara lini awalan dan usulan maka untuk melihat lebih mendetail mengenai perbedaan kedua lini mengenai stasiun kerja, elemen, waktu elemen, waktu stasiun kerja, dan waktu stasiun kerja dikurangi waktu siklus dapat dilihat pada tabel 5. 3 dan 5. 4 di bawah.

Tabel 5. 3 Kinerja lini perakitan awalan

<i>Workstation</i>	Elemen i	Ti jam	<i>Station time</i> (jam)	<i>Station time-CT</i> (jam)
111111	0001	0	0	-312
880001	0010	0,139	0,139	-311.861
AEDWG1	0020	4,66	73,795	-238.205
	0040	42,87		
	0060	25,908		
	0080	0,357		
AEHQI1	0030	0,343	1,335	-310.665
	0050	0,388		
	0070	0,349		
	0090	0,255		

Tabel 5. 4 Kinerja lini perakitan usulan

<i>Workstation</i>	Elemen i	Ti (jam)	<i>Station time</i> (jam)	<i>Station time-CT</i> (jam)
KWM-1	0001	0	75,269	-32,731
	0010	0,139		
	0020	4,66		
	0040	42,87		
	0060	25,908		
	0080	0,357		
	0030	0,343		
	0050	0,388		
	0070	0,349		
	0090	0,255		

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat efisiensi, *balance delay*, dan indeks permulusan dari lini perakitan *Drive Rib 1 A380* saat ini adalah 6,111%, 93,889%, dan 128,7 yang tergolong sangat tinggi sehingga diperlukan usaha-usaha perbaikan pada lini perakitan *Drive Rib 1* pesawat Airbus A380. Perbaikan yang diusulkan berupa pengurangan stasiun kerja menjadi 1 yang akan didetailkan lebih lanjut pada poin 2.
2. Jumlah stasiun kerja optimal yang dibutuhkan untuk usulan model lini perakitan *Drive Rib 1 A380* adalah 1 buah yang dipadukan bersama pengurangan waktu tersedia dari 3 tahun menjadi 1 tahun dengan tingkat efisiensi, *balance delay*, dan indeks permulusan senilai 72,374%, 27,626%, dan 0. Ini dikarenakan alokasi *tools* lebih optimal serta berkurangnya perpindahan antar stasiun kerja oleh komponen yang sedang dikerjakan yang juga berarti mengurangi waktu *setup*.

#### 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan atas lini perakitan *Drive Rib 1 A380* adalah:

1. Melakukan pengurangan alokasi stasiun kerja dan waktu tersedia untuk mengurangi tingkat *delay* yang ada di dalam lini perakitan. Hal tersebut juga secara langsung menghemat alokasi *tools* yang diperlukan serta mengurangi pergerakan oleh komponen dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S., 2020. Perencanaan Lean Manufacturing Untuk Mengurangi Pemborosan Menggunakan Metode Value Stream Mapping Pada PT Y Indonesia. *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, **02**: 56-59.
- Andi, M. & Nasution, S., 2018. Keseimbangan Lini Perakitan Produk IRON Tipe HD-1172 Menggunakan Metode Heuristik Pada Line Main Assy Iron di PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, **03**: 193-205.
- Azizoglu, M. & Imam, S., 2018. Workload smoothing in simple assembly line balancing. *Computers & Operations Research*, **05**: 51-57.
- Barnes, R. M., 1949. *Motion and Time Study*. New York: John Wiley & Sons, Inc..
- Dharmayanti, I. & Marliyansyah, H., 2019. Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*, **01**: 45-56.
- Fathi, M., Fontes, D. B. M. M., Moris, M. U. & Ghobakhloo, M., 2018. Assembly line balancing problem: A comparative evaluation of heuristics and a computational assessment of objectives. *Journal of Modelling in Management*, **02**: 455-474.
- Fatmawati, R. & Singgih, M. L., 2019. Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perakitan Speaker dengan Menggunakan Ekonomi Gerakan dan Line Balancing. *Jurnal Teknik ITS*, **01**: 35-40.
- Groover, M. P., 2015. *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*. Upper Saddle River: Pearson Higher Education, Inc..
- Grzechca, W., 2014. Assembly Line Balancing Problem with Reduced Number of Workstations. *The International Federation of Automatic Control*. 6180-6185.
- Hardani, et al., 2020. *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu.
- Hermanto & Ervan, G. M., 2018. Perencanaan Keseimbangan Lini (Line Balancing) Pada Perakitan Elevator Untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja Pada PT HE INDONESIA. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, **01**: 138-142.

- Kamen, E. W., 1999. *Introduction to Industrial Controls and Manufacturing*. San Diego: Academic Press.
- Karo-Karo, G. & Hendra, S., 2015. Usulan Peningkatan Efisiensi Stasiun Kerja Pada Lini Perakitan Current Coil (Studi Kasus: PT. Padma Soode Indonesia). *Journal of Industrial Engineering & Management Systems*, **02**: 16-31.
- Kumar, N. & Mahto, D., 2013. Assembly Line Balancing: A Review of Developments and Trends in Approach to Industrial Application. *Global Journal of Researches in Engineering: Industrial Engineering*, **2**: 28-50.
- Kurniawan, E. B. & Hariastuti, N. L. P., 2020. Implementasi Lean Manufacturing pada Proses Produksi untuk Mengurangi Waste Guna Lebih Efektif dan Efisien. *Jurnal Senopati*, **02**: 85-95.
- Montgomery, D. C., 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Prabowo, R., 2016. Penerapan Konsep Line Balancing Untuk Mencapai Efisiensi Kerja Yang Optimal Pada Setiap Stasiun Kerja Pada PT. HM. Sampoerna Tbk.. *Jurnal IPTEK*, **02**: 9-20.
- Prasetyawati, M. & Damayanti, A., 2016. *Usulan Perbaikan Lini Produksi Mesin Cuci di PT. Sharp Electronics Indonesia Menggunakan Metode Line Balancing*. Jakarta, Prosiding SEMNASTEK Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- PT. Dirgantara Indonesia (Persero), 2020. *Dirgantara Indonesia*. (online): [https://www.indonesian-aerospace.com/tentang/perusahaan\\_kami](https://www.indonesian-aerospace.com/tentang/perusahaan_kami) (14 Desember 2021)
- Ristyowati, T., Muhsin, A. & Nurani, P. P., 2017. Minimasi Waste pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Konsep Lean Manufacturing (Studi Kasus di PT. Sport Glove Indonesia). *Jurnal OPSI*, **01**: 85-96.
- Rochman, D. D. & Caparina, W. R., 2017. *Analisis Line Balancing Pada Lini Perakitan Handle Switch di PT. X*. Bandung, Widyatama National Seminar.
- Shaaban, S. & Hudson, S., 2010. *Production Line Efficiency: A Comprehensive Guide for Managers*. New York: Business Expert Press, LLC.

Thomopoulos, N. T., 2014. *Assembly Line Planning and Control*. Cham: Springer International Publishing.

Vamsi, V. S. P., 2019. The Review of Modern Smart Manufacturing Systems. *IJIRST – International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, **03**: 11-24.



## LAMPIRAN

Tabel 6. 1 Waktu aktual proses

No	Order	OC	StdTime	ActTime	No	Order	OC	StdTime	Act.Time
1	20246261	0001	0	0	11	20296995	0001	0	0
	20246261	0010	0,270	0,087		20296995	0010	0,270	0,167
	20246261	0020	6,676	3,498		20296995	0020	6,676	9,021
	20246261	0030	0,250	0,257		20296995	0030	0,250	0,351
	20246261	0040	14,762	48,996		20296995	0040	14,762	46,340
	20246261	0050	0,250	0,250		20296995	0050	0,250	0,401
	20246261	0060	6,530	13,030		20296995	0060	6,530	22,868
	20246261	0070	0,330	0,246		20296995	0070	0,330	0,367
	20246261	0080	0,135	0,333		20296995	0080	0,135	0,420
	20246261	0090	0,250	0,166		20296995	0090	0,250	0,151
2	20246264	0001	0	0	12	20312539	0001	0	0
	20246264	0010	0,270	0,179		20312539	0010	0,270	0,150
	20246264	0020	6,676	7,447		20312539	0020	6,676	2,926
	20246264	0030	0,250	0,334		20312539	0030	0,250	0,300
	20246264	0040	14,762	26,689		20312539	0040	14,762	33,586
	20246264	0050	0,250	0,618		20312539	0050	0,250	0,333
	20246264	0060	6,530	32,047		20312539	0060	6,530	17,941
	20246264	0070	0,330	0,417		20312539	0070	0,330	0,273
	20246264	0080	0,135	0,502		20312539	0080	0,135	0,496

	20246264	0090	0,250	0,434		20312539	0090	0,250	0,338
3	20254065	0001	0	0	13	20316863	0001	0	0
	20254065	0010	0,270	0,142		20316863	0010	0,270	0,167
	20254065	0020	6,676	5,432		20316863	0020	6,676	6,433
	20254065	0030	0,250	0,401		20316863	0030	0,250	0,335
	20254065	0040	14,762	63,064		20316863	0040	14,762	40,914
	20254065	0050	0,250	0,417		20316863	0050	0,250	0,290
	20254065	0060	6,530	25,850		20316863	0060	6,530	26,723
	20254065	0070	0,330	0,401		20316863	0070	0,330	0,251
	20254065	0080	0,135	0,089		20316863	0080	0,135	0,497
	20254065	0090	0,250	0,086		20316863	0090	0,250	0,467
4	20263020	0001	0	0	14	20320991	0001	0	0
	20263020	0010	0,270	0,150		20320991	0010	0,270	0,171
	20263020	0020	6,676	3,410		20320991	0020	6,676	3,999
	20263020	0030	0,250	0,451		20320991	0030	0,250	0,273
	20263020	0040	14,762	45,783		20320991	0040	14,762	32,034
	20263020	0050	0,250	0,454		20320991	0050	0,250	0,300
	20263020	0060	6,530	32,373		20320991	0060	6,530	21,267
	20263020	0070	0,330	0,501		20320991	0070	0,330	0,287
	20263020	0080	0,135	0,333		20320991	0080	0,135	0,500
	20263020	0090	0,250	0,084		20320991	0090	0,250	0,333
5	20266420	0001	0	0	15	20324489	0001	0	0
	20266420	0010	0,270	0,150		20324489	0010	0,270	0,171
	20266420	0020	6,676	3,445		20324489	0020	6,676	3,927
	20266420	0030	0,250	0,468		20324489	0030	0,250	0,348

	20266420	0040	14,762	21,307		20324489	0040	14,762	74,766
	20266420	0050	0,250	0,417		20324489	0050	0,250	0,400
	20266420	0060	6,530	9,980		20324489	0060	6,530	36,228
	20266420	0070	0,330	0,501		20324489	0070	0,330	0,474
	20266420	0080	0,135	0,336		20324489	0080	0,135	0,467
	20266420	0090	0,250	0,084		20324489	0090	0,250	0,314
6	20272574	0001	0	0	16	20332602	0001	0	0
	20272574	0010	0,270	0,167		20332602	0010	0,270	0,171
	20272574	0020	6,676	1,893		20332602	0020	6,676	3,178
	20272574	0030	0,250	0,285		20332602	0030	0,250	0,299
	20272574	0040	14,762	45,870		20332602	0040	14,762	54,564
	20272574	0050	0,250	0,468		20332602	0050	0,250	0,300
	20272574	0060	6,530	16,853		20332602	0060	6,530	44,042
	20272574	0070	0,330	0,518		20332602	0070	0,330	0,333
	20272574	0080	0,135	0,503		20332602	0080	0,135	0,251
	20272574	0090	0,250	0,168		20332602	0090	0,250	0,484
7	20279233	0001	0	0	17	20368389	0001	0	0
	20279233	0010	0,270	0,150		20368389	0010	0,270	0,115
	20279233	0020	6,676	3,753		20368389	0020	6,676	2,566
	20279233	0030	0,250	0,331		20368389	0030	0,250	0,531
	20279233	0040	14,762	46,180		20368389	0040	14,762	25,655
	20279233	0050	0,250	0,339		20368389	0050	0,250	0,616
	20279233	0060	6,530	21,814		20368389	0060	6,530	42,049
	20279233	0070	0,330	0,330		20368389	0070	0,330	0,267
	20279233	0080	0,135	0,506		20368389	0080	0,135	0,364

	20279233	0090	0,250	0,334		20368389	0090	0,250	0,314
8	20281741	0001	0	0	18	20420617	0001	0	0
	20281741	0010	0,270	0,133		20420617	0010	0,270	0,070
	20281741	0020	6,676	5,438		20420617	0020	6,676	9,835
	20281741	0030	0,250	0,166		20420617	0030	0,250	0,470
	20281741	0040	14,762	37,109		20420617	0040	14,762	64,091
	20281741	0050	0,250	0,329		20420617	0050	0,250	0,444
	20281741	0060	6,530	21,783		20420617	0060	6,530	25,165
	20281741	0070	0,330	0,336		20420617	0070	0,330	0,366
	20281741	0080	0,135	0,336		20420617	0080	0,135	0,093
	20281741	0090	0,250	0,500		20420617	0090	0,250	0,074
9	20285745	0001	0	0	19	20433977	0001	0	0
	20285745	0010	0,270	0,092		20433977	0010	0,270	0,167
	20285745	0020	6,676	2,905		20433977	0020	6,676	4,310
	20285745	0030	0,250	0,255		20433977	0030	0,250	0,339
	20285745	0040	14,762	34,432		20433977	0040	14,762	45,408
	20285745	0050	0,250	0,251		20433977	0050	0,250	0,339
	20285745	0060	6,530	19,686		20433977	0060	6,530	32,594
	20285745	0070	0,330	0,243		20433977	0070	0,330	0,414
	20285745	0080	0,135	0,497		20433977	0080	0,135	0,091
	20285745	0090	0,250	0,501		20433977	0090	0,250	0,078
10	20291758	0001	0	0	20	20449055	0001	0	0
	20291758	0010	0,270	0,150		20449055	0010	0,270	0,037
	20291758	0020	6,676	3,866		20449055	0020	6,676	5,922
	20291758	0030	0,250	0,353		20449055	0030	0,250	0,315

	20291758	0040	14,762	32,650		20449055	0040	14,762	37,956
	20291758	0050	0,250	0,399		20449055	0050	0,250	0,392
	20291758	0060	6,530	15,795		20449055	0060	6,530	40,076
	20291758	0070	0,330	0,401		20449055	0070	0,330	0,063
	20291758	0080	0,135	0,501		20449055	0080	0,135	0,027
	20291758	0090	0,250	0,101		20449055	0090	0,250	0,096



Tabel 6. 2 Hasil uji kecukupan serta uji keseragaman data

No	Kode Proses	Rata-rata	MAX	MIN	$\sigma$	<i>UCL</i>	<i>LCL</i>	Hasil Uji Keseragaman	$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	<i>N'</i>	Hasil Uji Kecukupan
1	0001	0	0	0	0	0	0	Seragam	0	0	0	Cukup
2	0010	0,139	0,179	0,037	0,039	0,257	0,022	Seragam	2,786	0,417	3,072	Cukup
3	0020	4,66	9,835	1,893	2,137	11,07	-1,75	Seragam	93,204	521,116	8,82	Cukup
4	0030	0,343	0,531	0,166	0,085	0,602	0,084	Seragam	6,862	2,496	2,469	Cukup
5	0040	42,87	74,77	25,66	13,69	83,94	1,803	Seragam	857,39	40316,5	3,967	Cukup
6	0050	0,388	0,618	0,25	0,101	0,692	0,084	Seragam	7,757	3,204	2,656	Cukup
7	0060	25,91	44,04	9,98	9,713	55,05	-3,23	Seragam	518,16	15217,3	5,469	Cukup
8	0070	0,349	0,518	0,063	0,111	0,684	0,015	Seragam	6,989	2,678	3,952	Cukup
9	0080	0,357	0,506	0,027	0,165	0,851	-0,14	Seragam	7,142	3,065	8,268	Cukup
10	0090	0,255	0,501	0,074	0,163	0,743	-0,23	Seragam	5,107	1,807	15,786	Cukup