

**OPTIMALISASI KAPASITAS PRODUKSI *BOOGIE DAIMLER* DENGAN
MENGUNAKAN METODE *LINE BALANCING RANKED POSITION
WEIGHT* DI PT. GEMALA KEMPA DAYA**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian Syarat-Syarat Penyelesaian Program

Studi Diploma IV Teknik Industri Otomotif

Pada Politeknik STMI Jakarta

OLEH :

NAMA : YUSRINA IBRATI

NIM : 1115068



**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2019**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR:

**“OPTIMALISASI KAPASITAS PRODUKSI *BOOGIE DAIMLER*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *LINE BALANCING RANKED*
POSITION WEIGHT DI
PT. GEMALA KEMPA DAYA”**

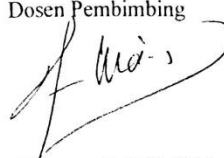
DISUSUN OLEH:

NAMA : Yusrina Ibrati
NIM : 1115068
PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah Diperiksa Dan Disetujui Untuk Diajukan Dan
Dipertahankan Dalam Ujian Tugas Akhir
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2019

Dosen Pembimbing


Wilda Sakmawati..S.T., MT

NIP. 19760208.200604.2.001

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN**

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR:

OPTIMALISASI KAPASITAS PRODUKSI *BOOGIE DAIMLER* DENGAN
MENGUNAKAN METODE LINE BALANCING RANK POSITION
WEIGHT DI PT GEMALA KEMPA DAYA

DISUSUN OLEH:

NAMA : YUSRINA IBRATI
NIM : 1115068
PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta pada
Jam 13.00 Tanggal 10 September 2019

Jakarta, 10 September 2019

Dosen Penguji 1



Muhamad Agus, ST., MT
NIP: 19720801.200312.2.002

Dosen Penguji 2



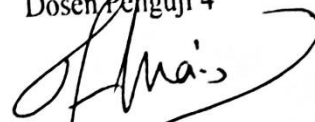
Dr. Ir. Drs Hasan Sudrajat, M.M., MH
NIP: 19580409.197903.1.002

Dosen Penguji 3



Lucyana Tresia, S.T., M.T
NIP: 19780301.200803.2.002

Dosen Penguji 4



Wilda Sukprawati, ST., MT
NIP: 19760208.200604.2.001



LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Yusrina Ibrati
NIM : 1115 068
Judul TA : Optimalisasi Kapasitas Produksi Boogie Daimler dengan Menggunakan Metode Line Balancing Rank Position Weight di PT Gemala Kempa Daya
Pembimbing : Wilda Sukmawati ST, MT
Asisten Pembimbing : _____

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
6/7/2019	I	Konsultasi bab I	Wf
13/7/2019	I	Konsultasi bab I setelah direvisi	Wf
18/7/2019	II & III	Konsultasi bab II dan bab III	Wf
20/7/2019	I - III	Konsultasi bab I, bab II, bab III setelah direvisi	Wf
27/7/2019	IV	Konsultasi bab IV	Wf
3/8/2019	IV	Konsultasi bab IV setelah direvisi	Wf
6/8/2019	IV	Konsultasi bab IV setelah direvisi	Wf
7/8/2019	IV	Konsultasi bab IV setelah direvisi	Wf
8/8/2019	IV & V	Memeriksa laporan bab IV, bab V, bab VI	Wf
9/8/2019	IV, V, VI	Konsultasi revisi	Wf
12/8/2019	I - VII	Acc	Wf

Mengetahui,
Ka Prodi

TU
Muhammad Agus S.T, MT

NIP : 19700829.200212.001

Pembimbing

Wilda Sukmawati S.T, MT

NIP : 19760208.200604.2.001



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yusrina Ibrati

NIM : 1115068

Berstatus sebagai mahasiswa jurusan Program Studi Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I. dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul

“OPTIMALISASI KAPASITAS PRODUKSI *BOOGIE DAIMLER*

DENGAN MENGGUNAKAN METODE *LINE BALANCING RANKED*

POSITION WEIGHT DI PT. GEMALA KEMPA DAYA”

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, melalui tanya jawab maupun asistensi dengan dosen pembimbing, serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah diduplikasi atau pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar Sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan sebagai bahan referensi pendukung yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan diatas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, 12 Agustus 2019
Yang Membuat Pernyataan


Yusrina Ibrati

TERAI
MPER
5BBAFF667838224
000
RIBURUFAM

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul, **“Optimalisasi Kapasitas Produksi Line Assembly Boogie Daimler Menggunakan Metode Rank Position Weight di PT Gemala Kempa Daya”**. Tidak lupa penyusun mengucapkan terima kasih yang tak terkira kepada keluarga yaitu orang tua dan adik-adik yang tak henti-hentinya berdoa dan memotivasi untuk kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat kelulusan dalam menyelesaikan pendidikan program studi Diploma IV jurusan Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta. Dengan selesainya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan kepada penulis. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

- Bapak Dr. Mustofa, S.T, M.T selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
- Bapak Dr. Ridzky Kramanandita, S. Kom, M.T selaku Pembantu Direktur I Politeknik STMI Jakarta.
- Bapak Muhamad Agus, S.T, M.T selaku Ketua Prodi Teknik Industri Otomotif.
- Ibu Wilda Sukmawati, S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang tiada lelahnya bersedia membantu memberikan bimbingan serta pengarahan kepada penulis selama penulisan tugas akhir.
- Bapak Asep Wahyudi selaku pembimbing dan *Section Head* di PT Gemala Kempa Daya.
- Bapak Kusatin, Bapak Dodi, Bapak Jamal selaku pembimbing dan *Group Leader* dalam melaksanakan PKL di PT Gemala Kempa Daya yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam melakukan penelitian.

- Seluruh Staff dan operator pada bagian *line assembly boogie daimler* yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah menerima penulis dengan ramah dalam melakukan penelitian di PT Gemala Kempa Daya.
- Teman terdekat, Adibtya Fajar Adha, yang selalu memberikan semangat, doa, serta dukungan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Sahabat, Kurnia Luthfiani, Amalia Hassiyati, Hanamasa Kuy, Per-SD-an, Hitz TIO 3, LC Unyu atas kebersamaan, kebahagiaan, dukungan dan semangatnya.
- Teman seperdiskusian dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini Halimah Anggraini, Aep Ahmad, Armando Debi, dan irwansyah atas saran, dan dukungan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Teman seperbimbingan Intan Zaenun dan Fariz yang senantiasa memberikan motivasi.
- Seluruh teman-teman di kampus Politeknik STMI Jakarta kementerian Perindustrian RI, khususnya untuk angkatan 2015 jurusan Teknik dan Industri Otomotif atas kebersamaan, kebahagiaan, semangat, serta dukungannya.
- Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna. Hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak guna perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Jakarta, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Judul

Lembar Persetujuan Dosen Pembimbing

Lembar Pengesahan

Lembar Penyusunan Bimbingan Penyusunan Tugas Akhir

Lembar Pernyataan Keaslian

Abstrak

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Pembatasan Masalah 3

1.5 Manfaat Penelitian 4

1.6 Penulisan Sistematika 4

BAB II LANDASAN TEORI 7

2.1 Definisi Produktifitas, Efektif, dan Efisien 7

2.2 Definisi Sistem Produksi 7

2.3 Definisi Proses Produksi 9

2.4 Pengukuran Waktu Kerja 10

2.5 *Rating Factor* 13

2.6 *Allowance* 15

2.7	Keseimbangan Lini	18
2.8	Metode Keseimbangan Lini	24
2.9	Metode <i>Rank Position Weight (RPW)</i>	24
2.10	Kapasitas Produksi.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		28
3.1	Jenis Data dan Sumber Data.....	28
3.2	Metode Pengumpulan Data	29
3.3	Teknis Analisis	30
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		35
4.1	Pengumpulan Data.....	35
4.2	Pengolahan data.....	52
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		77
5.1	Analisis Lini Perakitan Pada Kondisi Awal.....	77
5.2	Analisis Penyeimbangan Lintasan Dengan Metode <i>Ranked Positional Weight (RPW)</i>	79
5.3	Analisis Perbandingan Penyeimbangan Lini Kondisi Awal dengan	81
	Metode <i>Ranked Positional Weight (RPW)</i>	81
BAB VI PENUTUP.....		83
6.1	Kesimpulan	83
6.2	Saran	83
DAFTAR PUSTAKA		85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema Sistem Produksi.....	8
Gambar 2.2.	Diagram Alir Proses Hipotesis dari Sistem Produksi.....	9
Gambar 2.3	<i>Precedence Diagram</i> Suatu Perakitan.....	25
Gambar 3.1.	Kerangka Pemecahan Masalah	32
Gambar 4.1.	Perusahaan PT GKD.....	34
Gambar 4.2.	Struktur Organisasi PT GKD.....	38
Gambar 4.3.	Tata Letak Pabrik Produksi PT GKD.....	42
Gambar 4.4.	Produk PT GKD.....	43
Gambar 4.5.	Flow proses Boogie daimler PT GKD.....	46
Gambar 4.6	Alat bantu produksi.....	64
Gambar 4.7	Pendekatan suplai part sebelum dan sesudah.....	64
Gambar 4.8	<i>Perecedence diagram</i>	66
Gambar 5.1	Grafik <i>line balancing</i> berdasarkan waktu baku pada kondisi awal.....	77
Gambar 5.2	Grafik <i>line balancing</i> berdasarkan waktu standar pada metode <i>Rank Position Weight</i>	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor Penyesuaian berdasarkan <i>Westinghouse Rating Factors</i> ...	28
Tabel 2.2	Presentase Kelonggaran Berdasarkan Faktor Berpengaruh	29
Tabel 2.3	Matrik Pendahulu Berdasarkan <i>Precedence Diagram</i>	26
Tabel 4.1	Waktu Kerja Kantor PT GKD (Staff dan Administrasi).....	41
Tabel 4.2	Waktu Kerja Produksi Senin-Jumat (Produksi dan <i>Support</i> Produksi).....	41
Tabel 4.3	Elemen Kerja dan urutan kerja line perakitan boogie Daimler.....	48
Tabel 4.4	Permintaan produk.....	50
Tabel 4.5	Pengukuran Waktu Siklus dan Rata-rata Waktu Siklus Elemen Kerja 1	52
Tabel 4.6	<i>Performance Rating</i>	53
Tabel 4.7	<i>Rating Factor</i>	54
Tabel 4.8	Faktor Kelonggaran (<i>Allowance</i>)	55
Tabel 4.9	Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar	56
Tabel 4.10	Perhitungan <i>Idle Time</i> dan Efisiensi Operator Kondisi Awal Lini Perakitan	59
Tabel 4.11	Perhitungan Perhitungan <i>Smoothness Index</i> Kondisi Awal stasiun kerja lini perakitan <i>Boogie Daimler</i>	60
Tabel 4.12	Matrix pendahuluan lini perakitan <i>Boogie Daimler</i>	65
Tabel 4.13	Bobot posisi tiap operasi.....	66
Tabel 4.14	Pembagian Stasiun kerja Berdasarkan Metode <i>Ranked Positional</i> <i>Weight Trial and error</i>	68
Tabel 4.15	Rekapitulasi efisiensi dan <i>idle time</i> pada stasiun kerja lini perakitan <i>Boogie Daimler</i>	71
Tabel 4.16	Hasil Perhitungan <i>smoothness Index</i> kerja berdasarkan metode <i>Rank</i> <i>Position Weight trial and error 1</i>	71
Tabel 4.17	Pembagian Stasiun kerja Berdasarkan Metode <i>Ranked Positional</i> <i>Weight Trial and error</i>	72

Tabel 4.18	Rekapitulasi efisiensi dan <i>idle time</i> pada stasiun kerja lini perakitan <i>Boogie Daimler</i> berdasarkan metode Rank Position Weight <i>trial and error 2</i>	74
Tabel 4.19	Hasil Perhitungan <i>smoothness Index</i> kerja berdasarkan metode Rank Position Weight <i>trial and error 2</i>	75
Tabel 5.1	Pembagian Elemen Kerja Tiap Stasiun Kerja Pada Bagian Lini Perakitan <i>Boogie Daimler</i> pada kondisi awal.....	76
Tabel 5.2	Pembagian Elemen Kerja Tiap Stasiun setelah menggunakan metode <i>Ranked Positional Weight</i> (RPW).....	78
Tabel 5.3.	Perbandingan Metode-Metode dalam Penyeimbangan Lini.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Pengukuran Waktu Siklus

Lampiran B : Perhitungan Data Waktu Siklus

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri otomotif Indonesia berkembang semakin pesat. Kemajuan industri otomotif Indonesia diikuti pula oleh industri komponen otomotif. Persaingan industri otomotif yang semakin ketat, maka perusahaan harus terus menerus melakukan penelitian dan perkembangan agar dapat menghasilkan produk yang kompetitif dengan cara yang efektif dan seefisien mungkin. Oleh karena itu, perusahaan harus dapat meningkatkan efisiensi dan mengoptimalkan produktifitas dari sumber daya yang digunakan untuk menghasilkan produk tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi adalah dengan membuat lini perakitan yang baik di dalam memproduksi sebuah produk agar target produksi sebuah produk dapat dicapai dan biaya produksi yang digunakan minim serta produk tersebut dapat selesai tepat waktu untuk memenuhi permintaan dari konsumen.

Perbaikan dan peningkatan dilakukan dengan mengevaluasi kembali sistem kerja tiap operasi yang dijalankan pada perusahaan. Melalui sistem kerja ini dapat dianalisis waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan produksi. Tentunya analisis waktu ini dihubungkan kembali dengan kapasitas yang dimiliki oleh perusahaan. Dari analisis waktu ini akan diperoleh penentuan waktu baku yang bisa menjadi titik penting dalam peningkatan efektifitas dan efisiensi produksi.

PT. Gemala Kempa Daya (GKD) merupakan perusahaan industri manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan komponen otomotif, khususnya pembuatan *frame chassis* untuk kendaraan roda 4 kategori 2 (*Medium Truck*) dan kategori 3 (*Heavy truck*). Selain komponen *frame chassis*, PT GKD bekerja sama dengan perusahaan Mercedes Benz untuk pengadaan produk *Crossmember 0327 (Boogie Daimler)* pada bulan Januari 2019. PT.GKD berusaha untuk selalu memenuhi kepuasan pelanggan APM (Agen Pemegang Merk), yaitu dengan

meningkatkan kualitas produk. Untuk memenuhi kepuasan pelanggan PT GKD menggunakan prinsip tepat jumlah, tepat barang, dan tepat waktu.

Dari beberapa produk yang diproduksi PT GKD, produk yang saat ini sedang mengalami peningkatan permintaan pelanggan salah satunya adalah produk *frame chassis Daimler* kategori 3 dan komponen *Crossmember 0327 (boogie Daimler)*. Boogie Daimler tersebut merupakan komponen yang terpasang pada *frame chassis*. Pada proses perakitan frame chasis terdiri beberapa komponen *framehead*, *under gear box (UGB)*, *crossmember*, dan *Boogie Daimler*. Peningkatan jumlah permintaan *Boogie Daimler* tidak disertai dengan peningkatan jumlah produksi sehingga tidak terpenuhinya permintaan pelanggan, sehingga tingginya biaya *overtime*. Pada proses perakitan *boogie Daimler* masih dilakukan secara manual, pada bagian perakitan ini terjadi ketidakseimbangan lini perakitan dengan adanya *bottleneck* pada stasiun kerja tertentu sebagai akibat dari pengalokasian beban kerja yang berlebih dan tidak merata, serta adanya waktu menganggur (*idle time*) pada stasiun kerja lainnya. Hal ini mengakibatkan waktu produksi menjadi lambat.

Hal ini juga berdampak pada ketidak mampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan konsumen yang terus meningkat.

Metode umum yang digunakan untuk mengoptimalkan nilai efisiensi lintasan produksi adalah metode *Ranked Positional Weights (RPW)*. Diharapkan dengan melakukan penyeimbangan lini akan dapat mengurangi waktu menunggu (*idle time*), meningkatkan efisiensi dan meningkatkan kecepatan lintasan lini pada bagian perakitan. Dengan adanya penyeimbangan lini, sangat membantu perusahaan dalam menentukan seberapa besar kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan konsumen.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, perumusan masalah yang akan dibahas adalah:

1. Bagaimana efisiensi lintasan pada perakitan *Boogie Daimler* setelah dilakukan perbaikan?
2. Apakah terdapat ketidakseimbangan pada lini produksi yaitu bagian lini perakitan *Boogie Daimler*?
3. Apakah kapasitas produksi pada lini perakitan *Boogie Daimler* dapat ditingkatkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka dapat ditetapkan tujuan penelitian yang ingin dicapai, yaitu:

1. Memperoleh nilai efisiensi lini perakitan *Boogie Daimler* pada kondisi saat ini dan setelah dilakukan penyeimbangan lini.
2. Menentukan keseimbangan lini pada bagian perakitan dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW).
3. Meningkatkan kapasitas produksi pada lini perakitan *Boogie Daimler*.

1.4 Pembatasan Masalah

Melihat luasnya bidang pada penelitian ini, keterbatasan kemampuan yang dimiliki peneliti dan waktu yang tersedia, maka dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada bagian *line assembly Boogie Daimler* PT GKD.
2. Penelitian dilakukan pada shift kerja 1.
3. Penelitian dilakukan pada bulan April-Juni 2019.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan

Dengan meningkatnya kapasitas produksi *Crossmember 0327* maka perusahaan dapat memenuhi *demand customer* dengan cepat, sehingga kepercayaan konsumen dapat terjaga.

2. Bagi Peneliti

a. Penulis memahami masalah yang ada di industri dan mengetahui solusi efektif atas permasalahan tersebut dengan penjabaran analisa yang ada.

b. Penulis dapat menerapkan teori yang pernah didapatkan di bangku perkuliahan ke dunia industri serta mendapatkan wawasan tambahan dan pengalaman dalam menghadapi dunia kerja.

3. Bagi masyarakat

Masyarakat dapat mengetahui dan menambah wawasan mengenai line balancing dengan metode *Rank Position Weight*

1.6 Penulisan Sistematika

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 6 (enam) bab dengan perincian sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat tugas akhir, serta sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dengan pokok permasalahan dan tujuan penelitian yang digunakan sebagai landasan yang menjelaskan mengenai metode produktifitas, sistem produksi, pengertian proses produksi, macam-macam sistem produksi, standar kerja, standarisasi kerja, line balancing, metode RPW,

keseimbangan waktu senggang, kapasitas produksi dan teori-teori yang mendukung proses penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi langkah-langkah sistematis yang ditempuh untuk memecahkan masalah agar penelitian yang dilakukan lebih terarah. Langkah-langkah tersebut terdiri dari studi pendahuluan dan studi pustaka, identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil dan interpretasi, kesimpulan dan saran.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini berisi data-data atau informasi yang diperoleh dalam menganalisis permasalahan yang ada serta pengolahan data berdasarkan metode yang telah ditentukan.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi langkah-langkah pengolahan data dan analisa yang telah dikumpulkan pada bab sebelumnya, sehingga dapat dibuat rencana perbaikan.

BAB VI: PENUTUP

Pada bab ini merupakan tahapan dari kesimpulan akhir dari keseluruhan penulisan tugas akhir, yang menjelaskan kembali secara singkat inti dari tugas akhir mulai dari pokok masalah sampai hasil yang didapat melalui analisa berdasarkan metode pemecahan masalah. Sedangkan saran berupa masukan atau usulan yang dapat diberikan kepada perusahaan atau pihak-pihak yang terkait langsung dengan penelitian berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR ISI

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Produktifitas, Efektif, dan Efisien

Menurut Imdam dan Agung (2014), menyatakan bahwa “produktifitas merupakan keseimbangan antara seluruh faktor-faktor produksi yang memberikan keluaran yang lebih banyak melalui penggunaan sumberdaya yang lebih sedikit.”

Menurut Imdam dan Agung (2014), menyatakan bahwa “efektif adalah memiliki keluaran yang tepat, pada tempat yang tepat, waktu yang tepat, dan pada harga yang tepat.”

Menurut Mulyamah (1987;3) menyatakan bahwa “Efisiensi adalah sebuah ukuran dalam membandingkan antara rencana penggunaan masukan dengan penggunaan yang direalisasikan atau perkataan lain penggunaan yang sebenarnya.”

2.2 Definisi Sistem Produksi

Sistem produksi berasal dari dua kata yang disatukan, yaitu sistem dan produksi, dimana dari setiap kata memiliki arti tersendiri. Sistem adalah kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sistem ini menggambarkan suatu kejadian-kejadian dan kesatuan yang nyata seperti tempat, benda, dan orang-orang yang betul-betul ada dan terjadi. Sistem adalah seperangkat elemen yang membentuk kumpulan atau prosedur-prosedur atau bagan-bagan pengolahan yang mencari suatu tujuan bagian atau tujuan bersama dengan mengoperasikan data atau barang pada waktu tertentu untuk menghasilkan informasi atau energi atau barang. Produksi adalah proses perubahan atau penukaran masukan-masukan seperti bahan-bahan, tenaga kerja, mesin-mesin, fasilitas dan teknologi menjadi suatu hasil produk-produk atau jasa (Buffa,1994).

Menurut Gaspersz (2004) mendefinisikan sistem produksi sebagai sistem integral yang mempunyai komponen struktural dan fungsional. Berdasarkan

sistem produksi modern terjadi suatu proses transformasi nilai tambah yang mengubah *input* menjadi *output* yang dapat dijual dengan harga kompetitif di pasar. Proses transformasi nilai tambah dari *input* menjadi *output* dalam sistem produksi modern selalu melibatkan komponen struktural dan fungsional. Sistem produksi memiliki komponen atau elemen struktural dan fungsional yang berperan penting dalam menunjang kontinuitas operasional sistem produksi. Komponen atau elemen struktural yang membentuk sistem produksi terdiri dari bahan (material), mesin dan peralatan tenaga kerja, modal, energi, informasi, tanah, dan lain-lain. Komponen atau elemen fungsional terdiri dari supervisi, perencanaan, pengendalian, koordinasi, dan kepemimpinan, yang kesemuanya berkaitan dengan manajemen dan organisasi.

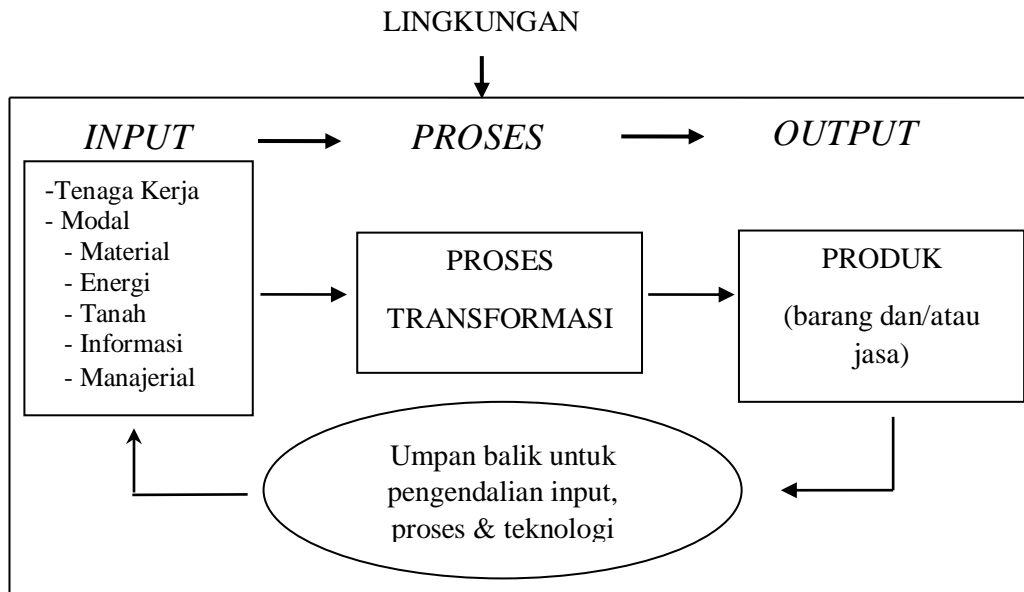
Sistem produksi merupakan fungsi pokok dalam setiap organisasi, yang mencakup aktivitas yang bertanggung jawab untuk menciptakan nilai tambah produk yang merupakan *output* dari setiap organisasi industri. Organisasi industri merupakan salah satu mata rantai dari sistem perekonomian, karena organisasi industri memproduksi dan mendistribusikan produk (barang atau jasa).

Sistem produksi memiliki beberapa karakteristik (Gaspersz, 2004), yaitu:

1. Mempunyai komponen-komponen atau elemen-elemen yang saling berkaitan satu sama lain dan membentuk kesatuan yang utuh.
2. Mempunyai tujuan yang mendasari keberadaannya, yaitu menghasilkan produk (barang atau jasa) berkualitas yang dapat dijual dengan harga kompetitif di pasar.
3. Mempunyai aktivitas berupa proses transformasi nilai tambah *input* menjadi *output* secara efektif dan efisien.
4. Mempunyai mekanisme yang mengendalikan pengoperasiannya berupa optimalisasi pengalokasian sumber-sumber daya.

Skema produksi menjelaskan bahwa elemen-elemen utama dalam sistem produksi yaitu *input*, proses, dan *output*, serta adanya mekanisme umpan balik untuk pengendalian sistem produksi itu agar mampu meningkatkan perbaikan terus menerus (*continuous improvement*). Skema produksi dapat dilihat pada Gambar

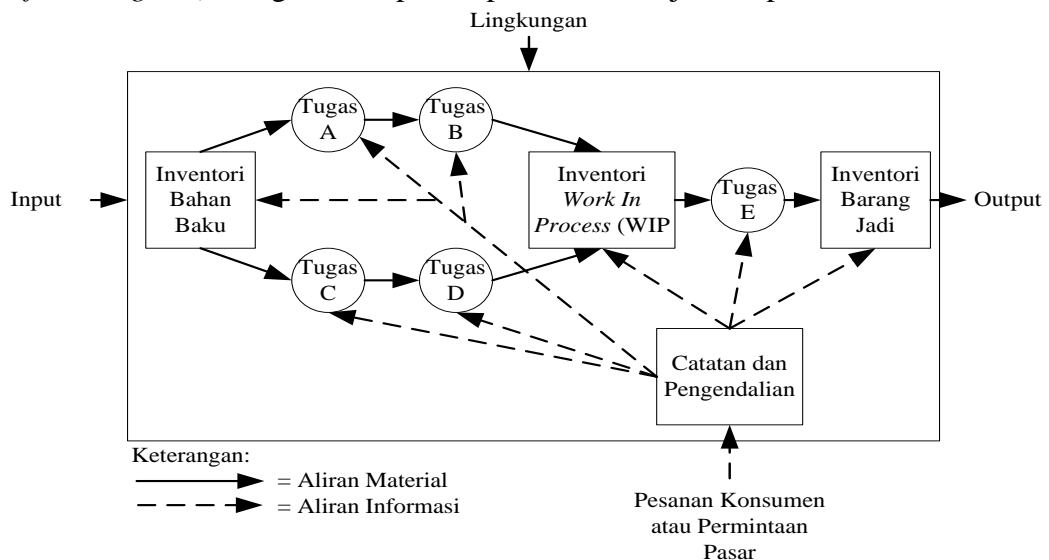
2.1



Gambar 2.1 Skema Sistem Produksi
(Sumber: Gasperz, 2004)

2.3 Definisi Proses Produksi

Menurut Gasperz (2004), salah satu cara umum yang digunakan untuk menggambarkan proses dari sistem produksi adalah diagram alir proses (*process flow diagram*). Diagram alir proses produksi ditunjukkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Hipotesis dari Sistem Produksi
(Sumber: Gasperz, 2004)

Berdasarkan Gambar 2.2 terdapat dua jenis aliran yang perlu dipertimbangkan dari setiap proses dalam sistem produksi, yaitu aliran material

atau barang setengah jadi dan aliran informasi. Aliran material terjadi apabila material dipindahkan dari satu tugas ke tugas berikutnya, atau dari beberapa tugas ke tempat penyimpanan atau sebaliknya. Selama aliran material berlangsung terjadi penambahan tenaga kerja dan/atau modal, karena dibutuhkan tenaga kerja dan/atau peralatan untuk memindahkan material atau barang setengah jadi itu. Perbedaan antara aliran (*flows*) dan tugas (*tasks*) adalah bahwa aliran mengubah posisi dari barang dan/atau jasa (tidak memberikan nilai tambah), sedangkan tugas mengubah karakteristik (memberikan nilai tambah) pada barang dan/atau jasa.

Kategori ketiga dari aktivitas dalam proses produksi adalah penyimpanan (*storages*). Suatu penyimpanan terjadi apabila tidak ada tugas yang dilakukan serta barang dan/atau jasa itu sedang tidak dipindahkan. Dengan kata lain, penyimpanan adalah segala sesuatu yang bukan tugas ataupun aliran. Dari ketiga kategori aktivitas dalam proses dari sistem produksi, yaitu tugas, aliran, dan penyimpanan, tampak bahwa hanya tugas yang memberikan nilai tambah pada produk. Sedangkan aliran dan penyimpanan tidak memberikan nilai tambah pada produk. Oleh karena itu, dalam sistem produksi modern, seperti JIT, aktivitas aliran dan penyimpanan dalam proses diusahakan untuk dihilangkan atau diminimumkan melalui perbaikan terus-menerus (*continuous improvement*) pada proses produksi itu.

2.4 Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu kerja menurut Wignjosoebroto (1995) adalah suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator terampil dalam melaksanakan sebuah kegiatan kerja, yang dilakukan dalam kondisi dan tempo kerja yang normal. Adapun menurut Sitalaksana (2006), pengukuran waktu kerja adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu-waktu kerja baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan.

Menurut Sitalaksana (2006), pengukuran waktu kerja dilakukan terhadap terhadap beberapa alternatif sistem kerja yang terbaik diantaranya dilihat dari segi waktu, dicari sistem kerja yang membutuhkan waktu penyelesaian tersingkat.

Pengukuran waktu ditujukan juga untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian pekerjaan yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem terbaik.

Pengukuran waktu kerja ini akan berhubungan dengan usaha-usaha untuk menetapkan waktu baku yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu pekerjaan. Secara singkat pengukuran waktu kerja adalah metode penetapan keseimbangan antara kegiatan manusia yang dikontribusikan dengan unit *output* yang dihasilkan. Adapun manfaat dari pengukuran waktu kerja ini antara lain (Barnes, 1968):

1. Untuk menentukan jadwal dan perencanaan kerja,
2. Untuk menentukan standar biaya dan membantu perisapan anggaran,
3. Untuk memperkirakan biaya sebuah produk sebelum diproduksi, termasuk mempersiapkan penawaran dan menentukan harga jual,
4. Untuk menentukan pemanfaatan mesin, jumlah mesin yang dapat dioperasikan seorang operator, dan membantu penyeimbangan *lini* perakitan,
5. Untuk menentukan standar waktu yang digunakan sebagai dasar pemberian upah bagi tenaga kerja langsung maupun tidak langsung,
6. Untuk menentukan standar waktu yang digunakan sebagai dasar pengendalian biaya tenaga kerja.

Tujuan pokok dari aktivitas ini berkaitan erat dengan usaha menetapkan waktu baku/standar (*standard time*). Terdapat berbagai macam cara untuk mengukur dan menetapkan waktu standar yang pada umumnya dilaksanakan dengan pengukuran waktu kerja sebagai berikut:

1. *Stopwatch Time Study*
2. *Sampling Kerja*
3. *Standard Data*
4. *Predetermined Motion Time System*

Dalam penelitian ini, metode pengukuran waktu kerja yang digunakan adalah pengukuran waktu kerja secara langsung dengan *stopwatch time study*. Penelitian dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat waktu kerja operator dengan menggunakan *stopwatch* sebagai alat pengukur waktu, dimana pengukuran dilakukan untuk setiap elemen pekerjaan maupun satu siklus

pekerjaan secara utuh, sehingga dapat diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator terampil pada kecepatan normal untuk mengerjakan suatu tugas tertentu. Waktu yang berhasil diukur dan dicatat kemudian dimodifikasikan dengan mempertimbangkan tempo kerja operator dan menambahkan faktor-faktor kelonggaran yang diberikan kepada operator.

Waktu standar atau waktu baku adalah lamanya waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja terampil untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan dalam kecepatan normal yang disesuaikan dengan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran yang diberikan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Data telah mencukupi syarat $N' < N$, maka tahap perhitungan untuk memperoleh besaran nilai waktu standar pekerjaan adalah sebagai berikut:

1. Waktu Siklus

Waktu siklus atau *cycle time* adalah waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk pada satu stasiun kerja (Purnomo, 2003). Waktu yang diperlukan untuk melaksanakan elemen-elemen kerja pada umumnya akan sedikit berbeda dari siklus ke siklus lainnya, sekalipun operator bekerja pada kecepatan normal atau *uniform*, tiap-tiap elemen dalam siklus yang berbeda tidak selalu akan bisa diselesaikan dalam waktu yang persis sama. Adapun cara menghitung waktu siklus dengan cara:

$$W_s = \frac{\sum X_i}{N} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

W_s = Waktu siklus

$\sum X_i$ = Waktu pengamatan

N = Jumlah pengamatan yang dilakukan

2. Waktu Normal

Waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja adalah semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada tempo kerja yang normal (Wignjosebroto, 2006). Analisis ini memakai metode *Westinghouse*

System of Rating maka rumus waktu normal menjadi $(1 + \text{Rating Factors})$. Menghitung waktu normal dengan cara:

Waktu normal = waktu pengamatan x rating factor 100%.....(2.2)

3. Waktu Baku/Waktu Standar

Waktu baku atau waktu standar merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Wignjosoebroto, 2006). Penentuan waktu baku untuk menentukan target produksi ini dilakukan dengan cara pengukuran langsung dengan menggunakan jam henti. Pengukuran dilakukan dikarenakan di dalam melakukan pekerjaan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang tidak dapat dihindari baik faktor dari dalam maupun dari luar perusahaan. Waktu baku didapatkan dengan mengalikan waktu normal dengan kelonggaran (*allowance*). Analisis ini membutuhkan kelonggaran maka rumusnya harus ditambahkan dengan *allowance*. Adapun cara menghitung waktu standar/baku dengan cara:

Waktu Baku = Waktu Normal + (Waktu Normal x % *Allowance*)..... (2.3)

2.5 *Rating Factor*

Rating factor atau faktor penyesuaian merupakan teknik atau cara untuk menilai atau mengevaluasi kecepatan kerja operator. Secara umum, faktor penyesuaian ini dapat didefinisikan sebagai cara untuk menormalkan ketidaknormalan kerja yang dilakukan oleh pekerja pada saat pengamatan dilakukan.

Adapun dengan melakukan penyesuaian ini diharapkan waktu kerja yang diukur bisa dinormalkan kembali. Ketidaknormalan dari waktu kerja ini diakibatkan oleh operator yang bekerja secara kurang wajar yaitu bekerja dalam tempo atau kecepatan yang tidak sebagaimana mestinya pada saat pengamatan dilakukan. Terdapat berbagai cara dalam menentukan faktor penyesuaian bagi seorang pekerja. Untuk menormalkan waktu kerja yang diperoleh dari hasil pengamatan, maka hal ini dilakukan dengan mengadakan penyesuaian yaitu

dengan cara mengalikan waktu pengamatan rata-rata (bisa waktu siklus ataupun waktu untuk tiap-tiap elemen) dengan faktor penyesuaian/*rating* “P”. Dari faktor ini adalah sebagai berikut:

1. Apabila operator dinyatakan terlalu cepat yaitu bekerja di atas batas kewajaran (normal) maka *rating* faktor ini akan lebih besar dari pada satu ($p > 1$ atau $p > 100\%$).
2. Apabila operator dinyatakan terlalu lambat yaitu bekerja di bawah batas kewajaran (normal) maka *rating* faktor ini akan lebih kecil dari pada satu ($p < 1$ atau $p < 100\%$).
3. Apabila operator dinyatakan bekerja secara normal atau wajar maka *rating* faktor ini diambil sama dengan satu ($p = 1$ atau $p = 100\%$).

Guna melaksanakan pekerjaan secara normal maka dianggap bahwa operator tersebut cukup berpengalaman pada saat bekerja melaksanakannya tanpa usaha-usaha yang berlebihan sepanjang hari kerja, menguasai cara kerja yang ditetapkan, dan menunjukkan kesungguhan dalam menjalankan pekerjaannya.

Dalam penelitian ini, salah satu teknik faktor penyesuaian yang digunakan adalah *Westinghouse System Rating*. *Westinghouse System Rating* ini pertama kali dikenalkan oleh *Westinghouse Company* (1927) yang memperkenalkan sebuah sistem penyesuaian. Pada sistem ini, selain kemampuan (*skill*) dan usaha (*effort*) yang telah ada sebelumnya, *westinghouse* juga menambahkan kondisi kerja (*condition*) dan konsistensi (*consistency*) dari operator dalam melakukan kerja. Tabel dari faktor penyesuaian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor Penyesuaian berdasarkan *Westinghouse Rating Factors*

WESTING HOUSE RATING FACTORS					
SKILL			EFFORT		
<i>Super Skill</i>	A1	0,15	<i>Excessive</i>	A1	0,13
	A2	0,13		A2	0,12
<i>Excellent</i>	B1	0,11	<i>Excellent</i>	B1	0,1
	B2	0,08		B2	0,08
<i>Good</i>	C1	0,06	<i>Good</i>	C1	0,05

	C2	0,03		C2	0,02
<i>Average</i>	D	0	<i>Average</i>	D	0
<i>Fair</i>	E1	-0,05	<i>Fair</i>	E1	-0,04
	E2	-0,1		E2	-0,08
<i>Poor</i>	F1	-0,16	<i>Poor</i>	F1	-0,12
	F2	-0,22		F2	-0,17
CONDITION			CONSISTENCY		
<i>Ideal</i>	A	0,06	<i>Perfect</i>	A	0,04
<i>Excellent</i>	B	0,04	<i>Excellent</i>	B	0,03
<i>Good</i>	C	0,02	<i>Good</i>	C	0,01
<i>Average</i>	D	0	<i>Average</i>	D	0
<i>Fair</i>	E	-0,03	<i>Fair</i>	E	-0,02
<i>Poor</i>	F	-0,07	<i>Poor</i>	F	-0,04

(Sumber: Sutaalaksana dkk, 1979)

Contoh:

Waktu tersedia = 0,50 menit

Excellent skill, B2 +0,08

Good effort, C2 +0,02

Good Condition, C +0,02

Good Consistency, C +0,01

Total = + 0,13

Waktu Normal = $0,50 \times 1,13 = \underline{\underline{0,565 \text{ menit}}}$

2.6 Allowance

Dalam praktik sehari-hari, pengamatan akan dihadapkan pada keadaan bahwa tidaklah mungkin seorang operator mampu bekerja secara terus menerus sepanjang hari tanpa adanya interupsi sama sekali. Terkadang operator akan sering menghentikan kerja dan membutuhkan waktu-waktu khusus untuk berbagai keperluan seperti *personal needs*, istirahat menghilangkan rasa lelah, dan hambatan-hambatan lain yang tak terhindarkan.

Adapun faktor kelonggaran disini merupakan bentuk waktu tambahan yang diberikan sebagai kompensasi bagi pekerja atas berbagai keperluan, keterlambatan dan kerugian yang dilakukan oleh operator. Faktor kelonggaran ini bisa diklasifikasikan menjadi *personal allowance*, *delay allowance*, dan *fatigue allowance*. Dalam menilai seberapa besar faktor kelonggaran yang diberikan, penulis menggunakan bantuan tabel persentase kelonggaran berdasarkan faktor yang berpengaruh yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persentase Kelonggaran Berdasarkan Faktor yang Berpengaruh

FAKTOR			KELONGGARAN	
			(%)	
KEBUTUHAN PRIBADI				
1	Pria		0 – 2,5	
2	Wanita		2 – 5,0	
KEADAAN LINGKUNGAN				
1	Bersih, Sehat, Tidak Bising		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	Ada Faktor Penurunan Kualitas		0 – 5	
6	Ada Getaran Lantai		5 – 10	
7	Keadaan Yang Luar Biasa		5 – 10	
TENAGA YANG DIKELUARKAN			PRIA	WANITA
1	Dapat Diabaikan	Tanpa Beban		
2	Sangat Ringan	0–2,25 Kg	0-6	0–6
TENAGA YANG DIKELUARKAN			PRIA	WANITA
3	Ringan	2,25 - 9 Kg	6–7,5	6–7,5
4	Sedang	9-18 Kg	7,5-12	7,5-16

5	Berat	18-27 Kg	12-19	16-30
6	Sangat Berat	27-50 Kg	19-30	
7	Luar Biasa Berat	> 50 Kg	30-50	
SIKAP KERJA				
1	Duduk		0–1	
2	Berdiri Di Atas Dua Kaki		1–2,5	
3	Berdiri Di Atas Satu Kaki		2,5–4	
4	Berbaring		2,5–4	
5	Membungkuk		4–10	
GERAKAN KERJA				
3	Sulit		0–5	
4	Anggota Badan Terbatas		5–10	
5	Seluruh Badan Terbatas		10–15	
FAKTOR			KELONGGARAN	
			(%)	
KELELAHAN MATA			TERANG	BURUK
1	Pandangan Terputus		0	1
2	Pandangan Terus Menerus		2	2
3	Pandangan Terus Menerus Dengan Faktor Berubah – Ubah		2	5
4	Pandangan Terus Menerus Dengan Fokus Tetap		4	8
TEMPERATUR TEMPAT KERJA (C)			NORMAL	LEMBAB
1	Beku		> 10	> 12
2	Rendah		10-0	12–5
TEMPERATUR TEMPAT KERJA (C)			NORMAL	LEMBAB
3	Sedang		5-0	8–0
4	Normal		0-5	0–8

5	Tinggi	5-40	8–100
6	Sangat Tinggi	>40	>100

(Sumber: Sutaaksana dkk, 1979)

2.7 Keseimbangan Lini

Menurut Buffa (1996) keseimbangan lini merupakan persamaan kapasitas atau keluaran dari setiap operasi berikutnya dalam suatu runtunan lini. Berdasarkan pendapat diatas dapat dipahami bahwa keseimbangan lini merupakan suatu usaha menyamakan kapasitas disetiap stasiun kerja.

2.7.1 Tujuan Keseimbangan Lini

Pada umumnya merencanakan keseimbangan dalam sebuah lintasan meliputi usaha yang bertujuan untuk mencapai suatu kapasitas yang optimal, dimana tidak terjadi penghamburan fasilitas (waktu, tenaga, dan material).

Tujuan dari keseimbangan lini adalah sebagai berikut:

1. Menyamakan atau meratakan beban kerja diantara setiap stasiun kerja.
2. Mengidentifikasi operasi-operasi yang menganggur.
3. Menetapkan kecepatan lini produksi.
4. Menentukan jumlah stasiun kerja.
5. Menentukan biaya tenaga kerja pada bagian produksi dan pengepakan.
6. Membantu dalam merencanakan *layout*.
7. Mengurangi ongkos produksi.

2.7.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan lini

Terapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat keseimbangan pada lini produksi, yaitu:

1. Keterlambatan bahan baku
2. Terjadinya kerusakan mesin
3. Bertumpuknya barang dalam tingkat proses tertentu
4. Kondisi mesin yang sudah tua
5. Kelemahan dalam merencanakan kapasitas mesin
6. Kualitas tenaga kerja yang kurang baik

7. Tata letak yang kurang baik

2.7.3 Bagian-Bagian Penting Dalam Keseimbangan Lini

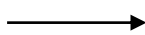
Untuk melihat performansi keseimbangan lini produksi, dapat dilihat dari beberapa hal penting berikut ini (Gapersz, 2004): diagram jaringan kerja (*precedence diagram*), waktu penyelesaian elemen kerja, total waktu kerja, pacu kerja (*takt time*), stasiun kerja (SK), *idle time*, dan efisiensi lini.

1. *Precedence Diagram*

Precedence diagram digunakan sebelum melangkah pada penyelesaian menggunakan metode keseimbangan lintasan. *Precedence diagram* sebenarnya merupakan gambaran secara grafis dari urutan operasi kerja, serta ketergantungan pada operasi kerja lainnya yang bertujuan untuk memudahkan pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait didalamnya (Baroto, 2002). Adapun tanda yang dipakai dalam *precedence diagram* adalah:



: Simbol lingkaran dengan huruf atau nomor didalamnya untuk mempermudah identifikasi asli suatu proses operasi.



: Tanda panah menunjukkan ketergantungan dan urutan proses operasi. Dalam hal ini, operasi yang ada di pangkal panah berarti mendahului operasi kerja yang ada pada ujung anak panah.



: Angka diatas simbol lingkaran adalah waktu standar yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap proses operasi.

2. Pacu Kerja (*Takt Time*)

Angka teoritis yang merujuk pada beberapa waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit produk pada setiap proses. Nilai pacu kerja ini dapat dicari dengan cara membagi waktu produktif dengan tingkat keluaran (*output*) yang diinginkan pada saat itu atau dengan melihat waktu stasiun terbesar. Istilah *takt time* menurut (Monden, 2000) adalah “kecepatan untuk membuat suatu produk dalam suatu lintasan”. *Takt time* dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$T.T = \frac{\text{Waktu Pengoperasian (per } \frac{\text{shift}}{\text{hari}})}{\text{Volume Produksi Yang Diperlukan (per } \frac{\text{shift}}{\text{hari}})} \dots\dots\dots(2.4)$$

3. Stasiun Kerja (*Work Station*)

Work station merupakan tempat pada lini perakitan dimana proses perakitan dilakukan. Setelah menentukan interval waktu siklus, maka jumlah stasiun kerja yang efisien dapat ditetapkan dengan rumus (Baroto, 2002):

$$\text{Jumlah stasiun kerja minimum} = \frac{\text{Total waktu penyelesaian elemen kerja}}{\text{Waktu siklus}} \dots\dots\dots(2.5)$$

4. Waktu Menunggu (*Idle Time*)

Idle time adalah selisih atau perbedaan antara *cycle time* (CT) dan *station time* (ST), atau CT dikurangi ST (Baroto, 2002). Atau *idle time* bisa juga berarti sebagai perbedaan antara total waktu elemen di suatu stasiun kerja dengan waktu siklus. Atau bisa dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Idle Time} = \text{Takt time} - \text{Total Waktu Elemen Kerja tiap stasiun Kerja} \dots\dots(2.6)$$

5. Keseimbangan Waktu Senggang (*Balance Delay*)

Balance delay merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna diantara stasiun-stasiun kerja. *balance delay* merupakan rasio antara waktu tunggu (*idle time*) dalam suatu lini dengan waktu yang tersedia atau yang disediakan. Nilai *balance delay* semakin mendekati 0% (nol persen) maka semakin baik, karena hal ini menunjukkan bahwa waktu tunggu (*idle time*) yang terdapat pada lini tersebut juga mendekati 0 (nol). *Balance delay* dapat dirumuskan sebagai berikut (Baroto, 2002):

$$D = \frac{n.C - \sum t_i}{(n.t_i)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- D = *Balance Delay* (%)
- N = Jumlah Stasiun Kerja
- C = Waktu Siklus terbesar dalam stasiun kerja
- $\sum t_i$ = Jumlah semua waktu operasi
- t_i = Waktu Operasi

6. *Smoothness index*(*SI*) merupakan index yang menunjukkan relatif dari suatu keseimbangan lini. Indikasi dari *smoothness index* (*SI*) ini adalah apabila $SI=0$, maka akan didapatkan nilai *perfect balance*.

$$SI = \sqrt{(\sum ST_{imax} - ST_i)^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

$ST_{i \max}$ = waktu stasiun maksimum

ST_i = waktu stasiun dari stasiun ke-*i*

7. Efisiensi Lini (*Line Efficiency*)

Rasio dari total waktu elemen kerja atau tugas terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja dinyatakan dalam persentase (Baroto, 2002).

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Total waktu elemen kerja}}{\text{Jumlah stasiun kerja} \times \text{waktu siklus}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

2.7.4 Masalah keseimbangan lini

Masalah *line balancing* terdiri dari penyeimbangan operasi dalam waktu yang sama dan juga waktu yang diperlukan untuk memenuhi kecepatan produksi. Setiap perubahan kecepatan produksi terhadap waktu dari stasiun kerja dinamakan waktu keseimbangan atau waktu stasiun. Tujuan dari keseimbangan ini adalah untuk menentukan jumlah stasiun kerja dan jumlah tenaga kerja setiap stasiun kerja setiap stasiun kerja dengan kombinasi atau pembagian aktivitas sehingga dapat di capai waktu operasi sama dengan waktu siklus atau waktu stasiun dan meminimalkan waktu menganggur.

Permasalahan keseimbangan lintasan paling banyak terjadi pada proses perakitan (*assembling*) dibandingkan pada proses pabrikasi. Pabrikasi dari sub komponen-komponen biasanya memerlukan mesin-mesin berat dengan siklus panjang. Ketika beberapa operasi dengan peralatan berbeda dibutuhkan secara proses seri, maka terjadilah kesulitan dalam menyeimbangkan panjangnya siklus-siklus mesin, sehingga utilisasi kapasitas menjadi rendah. Pergerakan yang terus-menerus kemungkinan besar dicapai dengan operasi-operasi perakitan yang dibentuk secara manual ketika beberapa dapat dibagi-bagi menjadi tugas kecil dengan

durasi waktu yang pendek. Semakin fleksibilitas dalam mengkombinasikan beberapa tugas kecil dengan durasi waktu yang pendek. Semakin besar fleksibilitas dalam mengkombinasikan beberapa tugas, maka semakin tinggi pula tingkat keseimbangan yang dapat dicapai.

Terdapat dua tipe permasalahan umum dalam penyeimbangan lintasan perakitan (*simple assembly Line Balancing Problem*), yaitu tipe I dan tipe II. Pada masalah tipe I, tingkat produksi yang diperlukan (yaitu waktu siklus), tugas perakitan, waktu tugas, dan persyaratan *precedence* diberikan. Tujuannya adalah meminimalkan jumlah stasiun kerja. Sebuah lintasan perakitan dengan sedikit stasiun kerja akan menghasilkan biaya tenaga kerja yang lebih rendah dan kebutuhan ruang berkurang. Masalah tipe I umumnya terjadi saat merancang lintasan perakitan baru. Untuk tujuan ini, untuk mencapai ramalah permintaan jumlah stasiun kerja juga harus dikurangi. Untuk ekspansi (ketika permintaan meningkat) kita juga dapat menggunakan masalah tipe I, untuk meminimasi jumlah penambahan stasiun kerja. Dalam masalah tipe II, ketika jumlah stasiun kerja atau operator adalah tetap, tujuannya adalah untuk meminimalkan waktu siklus. Hal ini akan memaksimalkan tingkat produksi. Masalah tipe II umumnya terjadi, ketika perusahaan ingin menghasilkan jumlah optimal dengan menggunakan stasiun kerja yang ada tanpa membeli mesin-mesin baru atau tanpa ekspansi. Dari kedua tipe masalah tersebut, masalah tipe I lebih umum dibandingkan masalah tipe II (Ponnambalam, P et al, 2000)

2.7.5 Berapa cara untuk mencapai keseimbangan lintasan

Terdapat beberapa cara yang dapat ditempuh untuk mencapai keseimbangan lini produksi, yaitu:

1. Penumpukan material

Cara ini mungkin merupakan cara yang paling mudah bila dibandingkan dengan cara yang lainnya, yaitu dengan membuat tumpukan material di daerah kerja yang lambat. Sehingga cara ini bukanlah cara yang terbaik, karena penumpukan sejumlah besar material akan mengakibatkan pemborosan ruangan.

2. Pergerakan operator

Cara ini dilakukan bila seorang operator mempunyai waktu operasi yang lebih singkat daripada operator lainnya, sehingga operator tersebut dapat menangani lebih dari satu operasi.

3. Pemecahan lemen kerja

Cara ini dilakukan bila suatu operasi membutuhkan waktu yang lebih singkat dari pada waktu operasi pada stasiun kerja lainnya. Cara ini biasanya paling umum digunakan dalam penyeimbangan operasi-operasi perakitan, karena biasanya operasi-operasi pada perakitan mudah dibagi-bagi sehingga diperoleh keseimbangan yang tinggi dengan sedikit waktu menganggur

4. Perbaikan informasi

Dengan cara ini dilakukan perbaikan metode kerja pada operasi yang lebih lambat dibandingkan operasi lainnya, dan juga memerlukan waktu set-up yang lebih lama. Dengan studi kerja yang akan dihasilkan cara yang lebih baik untuk melakukan pekerjaan dan akan mengurangi waktu kerja yang dibutuhkan.

5. Perbaikan performansi operator

Selain perbaikan metode kerja, penyeimbangan dapat dilakukan melalui penggantian operator dengan operator lainnya yang dapat bekerja lebih baik atau lebih cepat. Selain itu diberikan bonus tambahan apabila operator tersebut dapat bekerja sama cepatnya dengan lainnya dan memberikan latihan.

6. Pengelompokan operasi

Penyeimbangan dengan cara ini ialah dengan mengelompokkan beberapa operasi atau elemen kerja ke dalam stasiun-stasiun kerja secara seimbang, sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu kerja yang sama.

7. Mengubah kecepatan mesin

Bila suatu operasi atau sebuah mesin yang bekerja lambat dapat ditingkatkan agar setingkat dengan kecepatan operasi lainnya, maka masalah keseimbangan mudah teratasi.

8. Aneka produk atau kombinasi lintasan

Kadang-kadang ada kemungkinan untuk mengelompokkan barang-barang yang serupa dan memproduksi barang-barang tersebut dengan kombinasi lintasan. Secara teori waktu menganggur mesin pada suatu produk dapat digunakan untuk membuat produk lainnya

2.8 Metode Keseimbangan Lini

Untuk menyeimbangkan lintasan perakitan secara garis besar metode yang sering digunakan adalah:

1. Metode heuristik

Metode ini menggunakan aturan-aturan yang logis dalam memecahkan masalah. Metode ini tidak menjamin hasil yang optimum, akan tetapi dirancang untuk menghasilkan strategi yang relative lebih baik dan mendeteksi hasil optimum sesungguhnya.

Beberapa metode umum heuristic yang dikenal antara lain:

- Metode pengurutan waktu terbesar (*largest candidate rule*)
- Metode pendekatan daerah (*region approach*)
- Metode bobot posisi peringkat (*ranked positional weight*)

2. Metode analisis

Metode dengan pendekatan sistematis yang memberikan solusi yang optimal tetapi memerlukan perhitungan yang besar dan rumit.

3. Metode Komputerisasi

Metode ini menggunakan bantuan computer dalam menyeimbangkan lintasan perakitan. Salah satu metode yang sering digunakan *COMSOAL (Computer Method of Sequencing Operation for Assembly Line)*.

2.9 Metode Rank Position Weight (RPW)

Metode Bobot Posisi atau *Ranked Positional Weight* (RPW) merupakan heuristik yang paling awal dikembangkan. Metode ini dikembangkan oleh Helgeson dan Birnie pada tahun 1961. Cara penentuan bobot dari *precedence diagram* dimulai dari proses akhir.

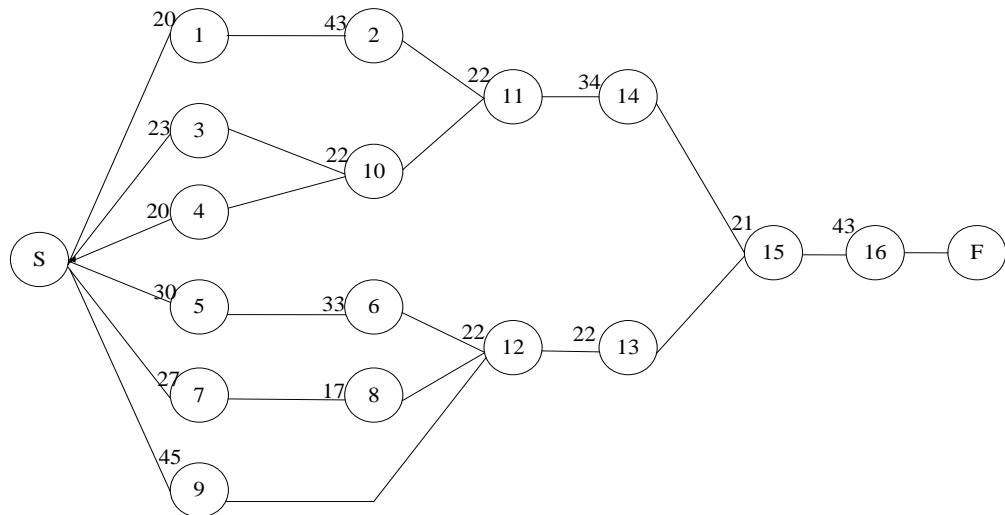
Bobot RPW = waktu proses operasi tersebut + waktu proses operasi–
operasi yang mengikutinya.

Pengelompokkan operasi ke dalam stasiun kerja dilakukan atas dasar urutan RPW (dari yang terbesar), dan juga memperhatikan pembatas berupa waktu siklus. Metode ini mengutamakan waktu elemen kerja terpanjang, dimana elemen kerja ini akan di prioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasin kerja dan diikuti oleh elemen kerja yang lebih rendah. Proses ini dilakukan dengan memberikan bobot.

Bobot ini diberikan pada setiap elemen kerjadengan memperhatikan *precedence diagram*. Dengan sendirinya elemn pekerjaan memiliki bobot semakin besar pula, dengan kata lain akan lebih di prioritaskan . Langkah-langkah dalam metode ini adalah sebagai berikut (Elsayed dan Thomas, 1994):

- a. Hitung waktu siklus yang diinginkan. Waktu siklus aktual adalah waktu siklus yang diinginkan atau waktu operasi terbesar jika waktu operasi terbesar itu lebih besar dari waktu siklus yang diinginkan.
- b. Buat matriks pendahulu berdasarkan jaringan kerja perkaitan.
- c. Hitung bobot posisi tiap operasi yang dihitung berdasarkan jumlah waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya.
- d. Urutkan operasi-operasi mulai dari bobot posisi terbesar sampai dengan bobot posisi terkecil.
- e. Lakukan pembebanan operasi pada stasiun kerja mulai dari operasi dengan bobot posisi terbesar sampai dengan bobot posisi terkecil, dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil dari waktu siklus.
- f. Hitung efisiensi rata-rata stasiun kerja yang terbentuk.
- g. Gunakan prosedur *trial and error* untuk mencari pembebanan yang akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah 6 di atas.
- h. Ulangi langkah 6 dan 7 sampai tidak ditemukan lagi stasiun kerja yang tidak memiliki efisiensi rata-rata yang lebih tinggi..

Gambar *precedence diagram* dan matrik pendahulu untuk contoh kasus keseimbangan lintasan dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Precedence Diagram* Suatu Perakitan
(Sumber: Nasution, 2003)

Keterangan:

S = *Start*

F = *Finish*

(Waktu dalam menit)

Dari gambar 2.3 dapat dibuat matrik pendahulu berdasarkan ketergantungan tiap-tiap stasiun kerja berikutnya. Contoh: SK 2 dapat terjadi apabila stasiun kerja 1 telah selesai. Agar lebih mudah membacanya maka dibuatkan sebuah tabel, yang dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Matrik Pendahulu Berdasarkan *Precedence Diagram*

Operasi Pendahulu	Operasi Pengikut															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
5	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	1	1	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	1	1	0	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	1	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

(Sumber: Nasution, 2003)

2.10 Kapasitas Produksi

Kapasitas adalah nilai dari dari kemampuan produktif dari sebuah fasilitas. Biasanya dinyatakan dengan banyaknya *output* (produk) yang dihasilkan per waktu tertentu. Misal kapasitas produksi per hari berarti banyaknya produk yang dihasilkan selama 16 jam atau 1 hari kerja yakni 1 *shift* yang terdiri dari 8 jam kerja.

$$\text{Kapasitas produksi per hari} = \frac{\text{output} \times \text{waktu standar}}{\sum \text{manpower} \times \text{waktu kerja efektif}} \dots \dots \dots (2.10)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian terdiri dari dua kata, yaitu metodologi dan penelitian. Metodologi merupakan analisis teoritis mengenai suatu cara atau metode. Penelitian merupakan suatu penyelidikan sistematis untuk meningkatkan sejumlah pengetahuan secara sistematis dan terorganisir dalam penyelidikan masalah tertentu yang memerlukan jawaban. Metodologi penelitian adalah sekumpulan peraturan, kegiatan, dan prosedur yang digunakan dalam penelitian. Metodologi penelitian merupakan tahapan penelitian yang harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan proses pemecahan masalah, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan lebih terarah dan terkendali sehingga memudahkan dalam proses analisis permasalahan yang ada.

3.1 Jenis Data dan Sumber Data

Jenis dan sumber data yaitu sebagai berikut:

3.1.1 Jenis Data

Data yang dikumpulkan merupakan data yang berkaitan dengan proses pemecahan masalah yang akan dibahas baik data primer dan data sekunder. Berdasarkan sumber pengambilannya terdapat dua jenis, di klasifikasikan sebagai berikut:

1. Data Primer

Data Primer merupakan data yang diperoleh langsung tanpa perantara, yang didapat berupa opini secara individual atau kelompok, hasil observasi, dan data mengenai segala hal yang berkaitan dengan waktu siklus dari setiap elemen kerja pada proses produksi. Data primer melibatkan kontak atau komunikasi langsung antara peneliti dengan pemberi informasi. data primer yang di hasilkan berupa data pengukuran waktu pada proses produksi boogie daimler pada proses perakitan yang ada di bagian line *assembly Boogie Daimler*

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dan dikumpulkan dari sumber-sumber yang telah ada. Data sekunder adalah data pelengkap yang di peroleh melalui perantara. Data yang dimaksud adalah data umum perusahaan yang meliputi:

- a. Data umum perusahaan
- b. Proses produksi
- c. Jadwal waktu kerja
- d. Target produksi
- e. Jumlah operator
- f. Aliran informasi
- g. Aliran bahan baku

3.1.2 Sumber Data

Sumber data merupakan informasi atau data yang dapat dibedakan berdasarkan sumbernya, yaitu:

1. Data primer yaitu data yang diperoleh langsung tanpa perantara, yang merupakan hasil dari pengamatan yang ada dilapangan. Data primer di peroleh langsung dibagian produksi, yaitu pada proses perakitan di bagian *line assembly daimler* dengan bantuan stopwatch sebagai alat penghitung kecepatan perakitan disetiap stasiun kerja.
2. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari departemen *human resources development (HRD)*, *departemen produksi*, *departemen engineering*, dan *departemen production planning and control (PPC)* PT GKD

3.2 Metode Pengumpulan Data

Perolehan data yang relevan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode pengamatan lapangan, yaitu dengan mengamati secara langsung kegiatan produksi dibagian *line assembly Daimler* di PT GKD. Dalam penelitian ini terdapat beberapa metode yang digunakan dalam melakukan pengumpulan data, yaitu:

3. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan merupakan metode penelitian dengan cara pengumpulan data teoritis dengan mempelajari buku-buku atau ketentuan-ketentuan pedoman yang ada hubungannya dengan topik yang dibahas dalam penelitian ini, termasuk mempelajari pedoman-pedoman yang ada di perusahaan.

4. Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan merupakan pengumpulan data dengan cara penelitian langsung terhadap objek yang diteliti di lapangan, yang dilakukan melalui cara atau teknik sebagai berikut:

a. Wawancara (*Interview*)

Wawancara merupakan metode pengumpulan data dan informasi dengan mengajukan pertanyaan secara langsung untuk mendapatkan data yang diperlukan kepada *leader* dan operator serta staff produksi yang mengetahui dengan jelas permasalahan yang akan dibahas.

b. Penelitian Pustaka (*Library Research*)

Penelitian kepustakaan dalam penyusunan tugas akhir ini dilakukan dengan cara membaca dan mempelajari teori-teori yang tertuang dalam buku, literatur, catatan kuliah, dan jurnal yang berhubungan dengan masalah pokok penelitian ini.

c. Observasi Langsung

Merupakan metode yang dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dan data yang akurat. Dalam hal ini dilakukan pengukuran waktu siklus operator dengan menggunakan jam henti (*stopwatch*), mengamati elemen kerja operator, dan mengamati penyebab menganggunya operator.

3.3 Teknis Analisis

Teknik analisis menjelaskan langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ditemukan dalam penelitian Langkah-langkah dalam metodologi pemecahan masalah ini dimulai dari studi lapangan pada perusahaan

yang menjadi tempat penelitian lalu dilanjutkan pada tahap-tahap sebagai berikut (Gambar 3.1)

3.3.1 Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan pengumpulan data secara langsung ke lapangan dengan wawancara langsung dengan *supervisor, foreman, grup leader, dan operator* pada proses produksi *line assembly boogie daimler* pada proses perakitan, juga staff departemen produksi dan *Production Planning and Control* (PPC) serta melakukan pengamatan langsung. Studi lapangan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi actual dan permasalahan yang terjadi secara akurat mengenai mempercepat proses dan memberikan standarisasi untuk karyawan agar setiap proses yang dikerjakan tetap sama di PT Gemala Kempa Daya.

3.3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah kegiatan untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang menjadi obyek penelitian. Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan landasan teori yang berguna bagi penelitian yang diperoleh dari beberapa sumber buku dan jurnal. Melalui beberapa sumber tersebut akan didapatkan suatu kerangka dalam memecahkan masalah atau persoalan agar penelitian akan lebih terarah dan hasilnya akan dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

3.3.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan masalah yang dibatasi dan dirumuskan dalam bentuk kalimat tanya, yang kemudian dicari solusi pemecahannya. Perumusan masalah yang didapatkan melalui adanya ketidakmerataan beban kerja yang dibebankan kepada masing-masing pekerja di bagian *line assembly B* yang berdampak terhadap kelelahan operator dan tidak tercapainya target produksi.

3.3.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan rumusan kalimat yang menunjukkan adanya hasil, sesuatu yang diperoleh setelah penelitian selesai. Tujuan penelitian ditetapkan sebagai pedoman untuk dicapai dalam sebuah penelitian. Langkah-

langkah apa yang akan dilakukan dan data apa saja yang diperlukan agar tujuan akhir pada penelitian yang dilakukan dapat tercapai. Tujuan pada penelitian ini telah diuraikan pada Bab I.

3.3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berisi data yang telah dikumpulkan selama penelitian. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Pengumpulan data merupakan hasil berdiskusi dan wawancara pihak perusahaan di bidang produksi yaitu *foreman* dan *supervisor*. Adapun data yang dikumpulkan adalah data dan informasi terkait *line balancing* seperti elemen pekerjaan, pengukuran waktu siklus, *rating factor* dan *allowance* masing-masing pekerja dibagian lini perakitan *Daimler*.

3.3.6 Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan urutan langkah-langkah yang disusun secara sistematis untuk mengolah data dan informasi yang diperoleh. Data-data yang telah dikumpulkan harus diolah sesuai dengan kaidah penelitian. Pada tahap ini dijabarkan langkah-langkah dalam mengolah data terhadap data yang telah diambil dari tahap pengumpulan data, berdasarkan metode-metode yang dipilih untuk memecahkan masalah secara tepat dan terencana Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Waktu Siklus
2. Uji Kecukupan Data
3. Membuat *Precedence Diagram*
4. Penyajian ke dalam *Precedence Matrix* dan Bobot Elemen Operasi
5. Menghitung *Position Weight* dan rangkaian berdasarkan bobot posisi terbesar
6. Melakukan pengelompokan stasiun kerja
7. Membuat *Precedence Diagram* setelah perbaikan
8. Melakukan perhitungan kembali terhadap *cycle time* masing-masing pos
9. Perhitungan Efisiensi *Line*, *idle time*, *balance delay* serta *smoothest indeks* setelah perbaikan
10. Pembuatan *layout area assembly* setelah perbaikan

11. Perhitungan kapasitas produksi pada *line assembly daimler*.

3.3.7 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian. Pada bagian analisis akan diketahui apakah hasil analisis dari pengolahan data dapat membantu mengurangi masalah yang terjadi pada PT GKD. Analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Efisiensi Lini, *Balance Delay*, dan *Smoothness index* Perakitan

Analisis ini digunakan untuk membahas hasil perhitungan efisiensi pada lini perakitan dan stasiun kerja yang telah dilakukan pada tahap pengolahan data. Sehingga dapat dibandingkan dengan hasil analisis setelah dilakukan perbaikan.

2. Analisis Produktivitas Lini

Analisis ini digunakan untuk mengetahui produktivitas pekerjaan pada tiap operator yang mengalami perubahan keseimbangan lini perakitan kerja.

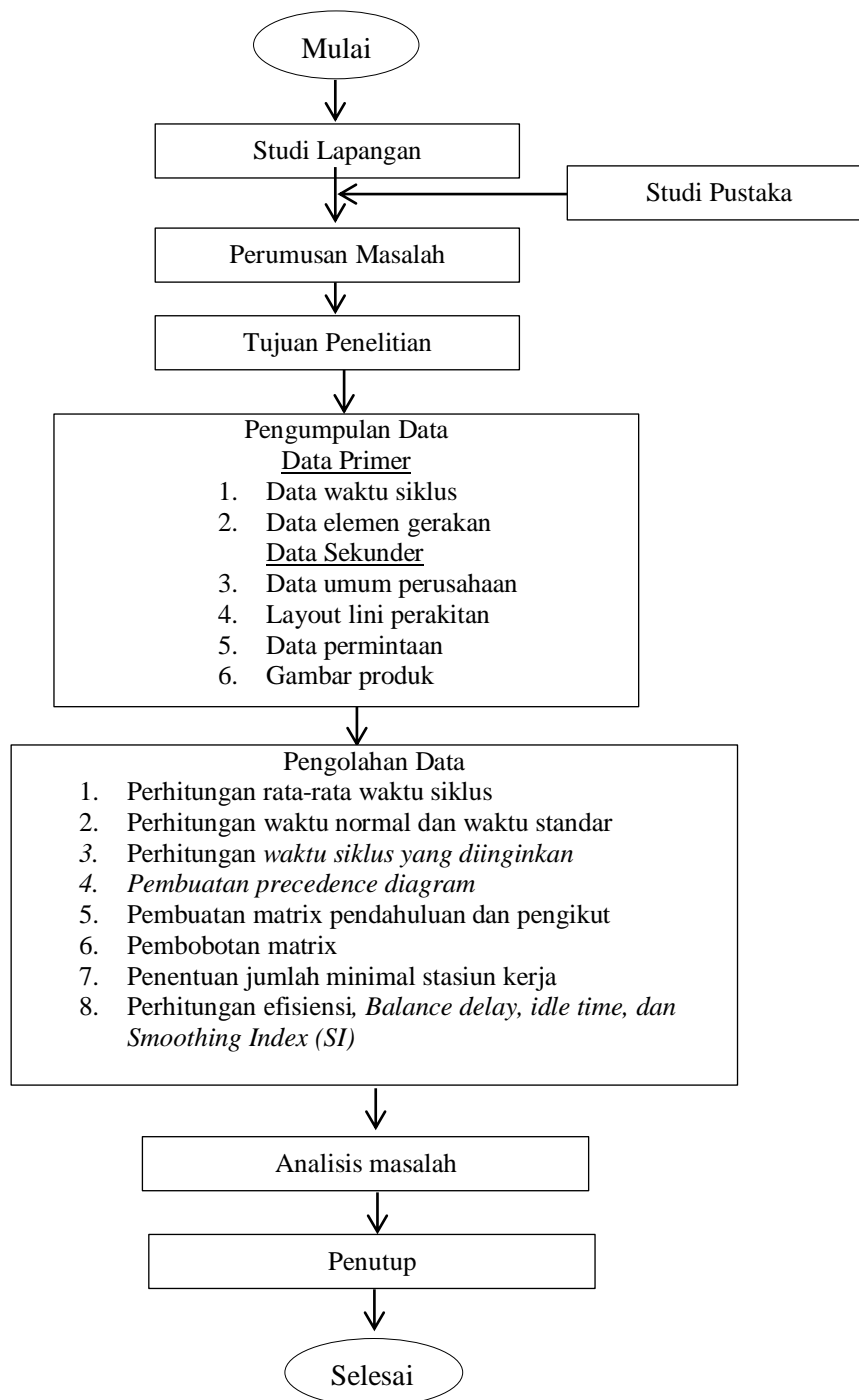
3. Analisis Pembagian Tugas Kerja Setelah Perbaikan.

Setelah dilakukan realokasi pekerjaan, maka dapat dilakukan analisis mengenai perubahan penugasan kerja setiap operator pada saat sebelum perbaikan dengan setelah dilakukan perbaikan.

3.3.8 Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir dari penelitian ini adalah menentukan kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian dapat berupa informasi dan nilai. Kesimpulan merupakan sebuah gagasan yang tercapai pada hasil penelitian. Saran merupakan usulan yang diberikan untuk perusahaan atau penelitian berikutnya sehingga diharapkan dapat lebih baik dari sebelumnya. Saran harus membangun, mendidik, dan sesuai dengan topik yang dibahas dalam penelitian

Adapun langkah-langkah pengolahan data, dan analisis pemecahan masalah dalam penelitian ini dapat dilihat metodologi penelitiannya pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Kerangka Pemecahan Masalah

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperoleh selama penelitian dilakukan. Adapun data yang diperoleh meliputi data primer dan data sekunder, yang nantinya akan dipergunakan dalam menyelesaikan permasalahan optimalisasi kapasitas produksi di bagian *assembly Boogie Daimler* PT Gemala Kempa Daya

4.1.1 Sejarah Perusahaan

IGP Group pada awalnya bernama GKD Group dimulai dengan berdirinya PT GKD pada tahun 1980 dengan *Frame Chasis* dan *Press Parts* sebagai bisnis utamanya menjawab tantangan pasar PT GKD melengkapi sarana produksinya dengan mesin press 2000 ton dan 4000 ton. Mesin 4000 ton ini merupakan salah satu kebanggaan yang dimiliki PT GKD karena pernah menjadi mesin *press* terbesar se-Asia Tenggara. Seiring berjalannya waktu, GKD Group berganti nama menjadi IGP Group karena PT IGP lebih banyak jumlah pekerja dan jumlah permintaan produksinya.

Data umum PT GKD adalah sebagai berikut:

Nama	: PT Gemala Kempa Daya
Alamat Pabrik	: Jalan Raya Pegangsaan Dua Blok A1 KM 1,6 Kelapa Gading, Jakarta Utara
Tahun Berdiri	: 7 Oktober, 1980
Luas Area	: 45.353 m ²
Telepon	: 021 - 4602755
Fax	: 021 - 4602765
Lini bisnis	: 1. <i>Frame Chassis</i> 2. <i>Pressed Parts</i>

PT Gemala Kempa Daya didirikan pada tanggal 7 Oktober 1980 dengan akte atas nama Nyonya Rukma Santi Hardjasatya, SH No. 15 dan mendapat

lisensi pada tanggal 22 September 1981. Pemilik saham dari perusahaan ini antara lain Astra Group, PT Sapta Panji Manggada, PT Mudaya Corp, PT Trikirana Investindo Prima, PT Santiniluwansa Lestari, dan PT Wahanalaksana Kertaprachana. PT GKD didirikan sebagai perusahaan Penanam Modal Dalam Negeri (PMDN) dan pada saat ini menempati areal seluas 45.353 m², dalam area IGP Group, di Jl. Pegangsaan Dua blok A1, P.O Box 1038 Jakarta – Indonesia, dimana saat ini PT GKD bertempat dengan 4 PT lainnya dibawah naungan IGP Group. PT GKD memperkerjakan 1.467 tenaga kerja pada tahun 2014. Kantor PT GKD *plant* pegangsaan dua dapat dilihat pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Perusahaan PT GKD

(Sumber: PT GKD)

Industri otomotif Indonesia mulai berkembang sejalan dengan kebijakan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) dan Penanaman Modal Asing (PMA), dalam rangka realisasi Program Pembangunan Lima Tahun I Republik Indonesia. PT Astra International sebagai induk kelompok besar perusahaan Astra adalah salah satu pelopor industri otomotif Indonesia yang menangani berbagai merek dunia. Sebagai anggota kelompok perusahaan tersebut IGP Group telah berperan sebagai industri pendukung yang signifikan.

Sejarah PT GKD sejak berdiri hingga tahun 2017 adalah sebagai berikut:

1. Tahun 1980: PT GKD didirikan pada tanggal 19 Juni 1980.
2. Tahun 1990: PT GKD menambah fokus bisnisnya ke bisnis industri otomotif *press part* ditandai dengan dibuatnya area khusus untuk *press part*.

3. Tahun 2000: Seiring kebutuhan truk yang terus meningkat PT GKD membeli mesin *press* terbesar di Asia Tenggara yaitu mesin *press* 4000 ton.
4. Tahun 2014: Kebijakan pemerintah DKI Jakarta yang mengharuskan semua pabrik di luar kawasan industri harus di relokasi maka PT GKD membuat pabrik kedua yaitu di daerah Cikampek, Jawa Barat.
5. Tahun 2016: Plant PT GKD Cikampek mulai di operasikan sebagai *plant press part*.

Sejak awal berdiri, PT GKD terus melakukan perbaikan dan pengembangan agar menjadi perusahaan terpercaya di Indonesia khususnya dalam produksi *frame chassis* dan *press parts* untuk truk kategori 2 dan truk kategori 3. Sesuai dengan komitmen perusahaan, yaitu menjalankan perusahaan dengan menekankan kepada prinsip-prinsip *good governance*, kejujuran, integritas, keterbukaan, serta senantiasa melakukan perbaikan berkesinambungan terhadap sumber daya berdasarkan *Astra Management System (AMS)*.

Komitmen PT GKD terbukti berhasil menjadi perusahaan terpercaya di Indonesia khususnya dalam produksi *frame chassis* dan *press parts* untuk truk kategori 2 dan truk kategori 3. Hal ini terbukti dengan jumlah konsumen PT GKD yang di dominasi oleh perusahaan-perusahaan yang memproduksi truk kategori 2 dan truk kategori 3 di Indonesia. Hampir semua truk kategori 2 dan truk kategori 3 yang beroperasi di Indonesia semua *frame chassis* nya di produksi dari PT GKD. Adapun konsumen PT GKD adalah sebagai berikut:

1. PT Krama Yudha Tiga Berlian Motor - Mitsubishi
2. PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia - Toyota
3. PT Astra Nissan Diesel Indonesia - Nissan UD
4. PT Hino Motor Manufacturing Indonesia - Hino
5. PT Inti Ganda Perdana
6. PT Tri Dharma Wisesa

Demi mempertahankan eksistensi dan komitmen, PT GKD selalu berusaha mengevaluasi dan melakukan perbaikan terutama dalam aspek *Quality*, *Cost*, *Delivery*, dan *Development* yang merupakan bagian dari sikap kerja serta sebagai bagian dari proses adaptasi pada kondisi pasar global, khususnya dalam

memenuhi kepuasan pelanggan. Sebagai manufaktur komponen otomotif, keberhasilan PT GKD ditandai dengan begitu banyaknya penghargaan yang telah diraih dari dalam maupun luar negeri, serta keberhasilan dalam meraih sertifikat standar mutu internasional seperti ISO 14001, ISO/TS 16949 serta OHSAS 18001 untuk kesehatan dan keselamatan kerja, yang merupakan syarat mutlak untuk tetap bersaing di dunia internasional.

PT GKD juga menaruh perhatian besar pada kelestarian lingkungan di sekitar perusahaan, bukan karena mengikuti isu internasional, melainkan bentuk komitmen total PT GKD terhadap pembangunan industri yang mengutamakan kesehatan dan keselamatan kerja serta berwawasan lingkungan.

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Visi adalah pandangan jauh tentang suatu organisasi yang mencari *profit* maupun *non-profit*. Misi adalah suatu pernyataan tentang apa yang harus dikerjakan oleh organisasi untuk mencapai visi yang telah ditetapkan. Sebagai perusahaan, PT GKD memiliki visi dan misi yang ingin dicapai perusahaan di masa depan yang mampu menjamin kesinambungan dan kesuksesan perusahaan dalam jangka panjang, untuk kelancaran berjalannya suatu perusahaan. Visi dan Misi merupakan hal yang sangat penting karena mencakup jati diri perusahaan. PT GKD mempunyai visi dan misi sebagai berikut:

a. Visi Perusahaan

1. Menjadi perusahaan *chassis* kelas dunia dan komponen-komponen yang terkait.
2. Menjadi mitra usaha pilihan utama di Indonesia.

b. Misi Perusahaan

1. Mengembangkan industri komponen otomotif yang handal kompetitif, serta menjadi mitra strategis bagi para pemain industri otomotif Indonesia dan regional.
2. Menjadi warga usaha yang bertanggung jawab dan memberikan kontribusi positif kepada pemangku kepentingan (pemegang saham, karyawan, masyarakat dan pemerintah).

Selain memiliki visi dan misi, PT GKD juga memiliki nilai-nilai inti (*core value*) yang harus dijaga dan dijalankan perusahaan agar dapat membangun gambaran positif konsumen terhadap perusahaan. *Core Value* PT GKD yaitu “AKU PRIMA”. Adapun nilai-nilai inti perusahaan berdasarkan nilai AKU PRIMA adalah sebagai berikut:

1. Terpercay^A dan Handal

Bertekad dan mampu membuktikan apa yang diucapkan dan diamanatkan sesuai dengan tugas-tugasnya di PT GKD serta prinsip-prinsip GCG (Good Corporate Governance).

2. Fo^{KU}s Pada Pelanggan

Selalu mencari peluang untuk memberikan lebih dari yang diharapkan pelanggan melalui usaha-usaha terbaik dan inovasi yang tiada henti dalam segala bidang.

3. Semangat Ke^{PRI}maan

Selalu mempunyai hasrat yang menggebu-gebu untuk mencapai hasil yang lebih baik dari tuntutan kerja.

4. Kerjasa^{MA}

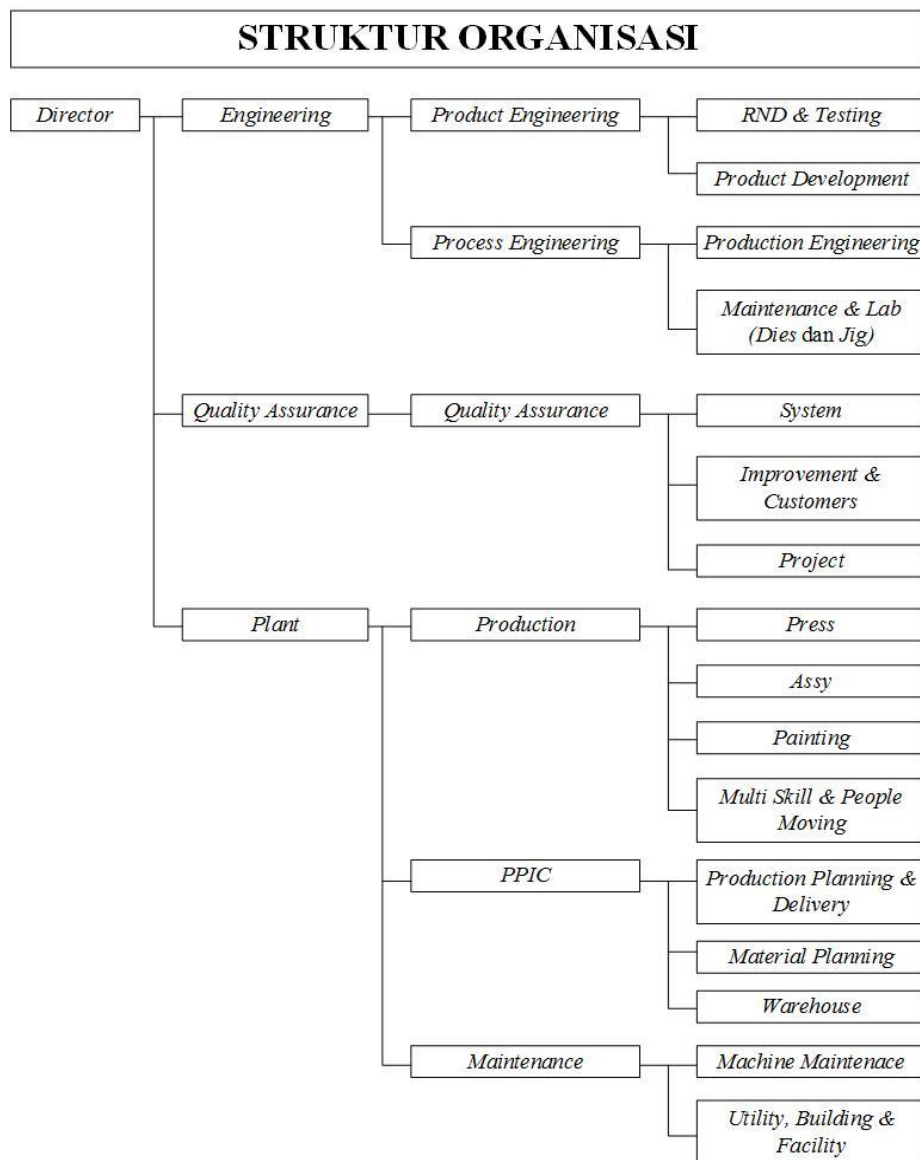
Bangga sebagai bagian dari PT GKD & AOP Group dan saling membantu dalam usaha untuk mencapai keberhasilan bersama.

4.1.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi adalah suatu susunan komponen-komponen atau unit-unit kerja dalam sebuah organisasi. Struktur organisasi menunjukkan bahwa adanya pembagian kerja dan bagaimana fungsi atau kegiatan-kegiatan berbeda yang dikoordinasikan. Dan selain itu struktur organisasi juga menunjukkan mengenai spesialisasi-spesialisasi dari pekerjaan, saluran perintah maupun penyampaian laporan. Struktur organisasi perusahaan PT GKD menerapkan struktur organisasi berbentuk divisional.

Struktur organisasi mempermudah aliran pertanggungjawaban dan intruksi sehingga perusahaan lebih sistematis dan terstruktur hingga tujuan perusahaan dapat tercapai. Koordinasi merupakan salah satu aspek yang membuat struktur organisasi dapat bekerja sama. Dalam menjalankan kegiatan untuk

mencapai tujuan. PT GKD memiliki 4 (lima) divisi utama yaitu, divisi direksi, *engineering*, *quality assurance*, dan *plant*. Setiap *division head* terdiri dari *department head* dan setiap *departement head* terdiri dari *section head* sampai ke *staff*. Adapun struktur organisasi PT GKD dapat dilihat pada Gambar 4.2:



Gambar 4.2 Struktur Organisaai PT GKD

(Sumber: PT GKD)

4.1.4 Job Description

Adapun uraian tugas dari masing-masing jabatan pada struktur organisasi PT GKD adalah sebagai berikut :

1. BOD (*Board of Director*)

Berikut ini tugas dan wewenang dari BOD adalah:

- a. Menetapkan arah, sasaran dan tujuan jangka panjang perusahaan.
- b. Menentukan dan menetapkan strategi serta kebijaksanaan dan pengembangan usaha.
- c. Mengawasi kegiatan perusahaan secara keseluruhan.
- d. Mengatur organisasi dengan menetapkan kebijakan dan tujuan yang luas.
- e. Pemilihan, pengangkatan, mendukung dan meninjau kinerja kepala eksekutif.
- f. Menjamin ketersediaan sumber daya keuangan yang memadai.
- g. Menyetujui anggaran tahunan.
- h. Akuntansi kepada para pemangku kepentingan untuk kinerja organisasi.

2. *Administration & IT Division*

Berikut ini tugas dan wewenang dari *Administration & IT Division* adalah:

- a. Bertanggung jawab dalam hal *Technical Support* baik pada *hardware* maupun *software* yang digunakan oleh perusahaan.
- b. Bertugas mengatur dan mengontrol jaringan intranet dan internet yang ada di perusahaan.
- c. Keuangan untuk dipergunakan sebagai dasar pengambilan keputusan oleh manager.
- d. Bertanggung jawab atas pengeluaran keuangan perusahaan.
- e. Mengatur dan mengendalikan semua bentuk laporan keuangan di perusahaan.
- f. Mengatur dan mengendalikan *cash flow* perusahaan.
- g. Mengatur, mengendalikan dan menganalisa semua bentuk informasi keuangan untuk dipergunakan sebagai dasar pengambilan keputusan oleh manager.

- h. Merencanakan sumber-sumber keuangan dan mengatur pengalokasian penggunaan dana-dana.
- i. Bertanggung jawab untuk memberikan informasi keuangan.
- j. Bertanggung jawab atas pembayaran gaji karyawan.
- k. Bertanggung jawab atas kegiatan pencatatan, penggolongan, peringkasan, dan penyajian laporan keuangan perusahaan.

3. *Purchasing Planning*

Berikut ini tugas dan wewenang dari *Purchasing Planning* adalah:

- a. Bertanggung jawab terhadap pengadaan barang sesuai dengan permintaan pelanggan.
- b. Bertanggung jawab dalam hal pembelian barang yang dibutuhkan untuk proses produksi.

4. *HR & GA Division*

Berikut ini tugas dan wewenang dari *HR & GA Division* adalah:

- a. Mengembangkan program sumber daya manusia seperti *recruitment*, *training* dan pendidikan.
- b. Merencanakan dan mengawasi sumber daya manusia untuk jangka pendek maupun jangka panjang.
- c. Mengelola sumber daya manusia sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan.
- d. Bertanggung jawab terhadap fasilitas – fasilitas karyawan.

5. *Corporate Plant*

Berikut ini tugas dan wewenang dari *Corporate Plant* adalah:

- a. *Production* bertanggung jawab dalam aktivitas produksi yang berlangsung di dalam perusahaan.
- b. *PPC (Production Plant Control)* bertanggung jawab dalam menjadwalkan produksi dan merencanakan kebutuhan material yang diperlukan dalam aktivitas produksi.
- c. *Maintenance* bertanggung jawab terhadap menjaga, merawat, dan memperbaiki peralatan – peralatan yang ada di pabrik.

6. *Office of CSR & EHS (Environment, Health and Safety)*

Berikut ini tugas dan wewenang dari *Office of CSR & EHS* adalah Bertanggung jawab mengenai lingkungan sekitar pabrik, kesehatan pegawai dan prosedur keselamatan dalam bekerja.

4.1.5 Ketenagakerjaan

Tenaga kerja menjadi salah satu faktor penting dalam menunjang keberhasilan rencana perusahaan. Demi menunjang hal tersebut, maka perlu dibuat sebuah aturan kerja yang mampu mengendalikan tenaga kerja yang jumlahnya sangat banyak dan variatif tersebut agar apa yang sudah direncanakan dapat benar-benar terwujud. Jumlah tenaga kerja total yang ada di PT Gemala Kempa Daya yaitu 671 orang.

PT GKD memiliki peraturan mengenai jam kerja pada karyawan-karyawannya yaitu selama 5 hari kerja dalam seminggu dengan ditentukan selama 7 jam 45 menit kerja per hari. Adapun waktu kerja yang berlaku di PT GKD terdapat 2 (dua) yaitu, waktu kerja kantor (staf dan administrasi) dan waktu kerjapabrik (produksi dan *support* produksi). Adapun pengaturan waktu kerja kantor (staf dan administrasi) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Waktu Kerja Kantor PT GKD (Staff dan Administrasi)

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin s/d Kamis	07.30-16.15 WIB	11.45-12.30 WIB
Jumat	07.30-14.30 WIB	11.45-12.45 WIB

(Sumber: Buku Profil PT GKD 2019)

Sedangkan pengaturan waktu kerja pabrik (produksi dan *support* produksi) yang diatur setiap 8 jam 45 menit kerja. Pengaturan *shift* ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Waktu Kerja Produksi Senin-Jumat (Produksi dan *Support* Produksi)

<i>Shift</i>	Jam Kerja	Jam Istirahat
I	07.30-16.15 WIB	11.45-12.30 WIB
II	16.15-24.00 WIB	20.00-20.30 WIB
III	24.00-07.30 WIB	03.00-03.30 WIB

(Sumber: Buku Profil PT GKD 2019)

Hari Sabtu dan Minggu ditetapkan sebagai hari libur, sedangkan jeda waktu antara *shift* I (satu), *shift* II (dua) dan *shift* III (tiga) dan kelebihan jam kerja lainnya dihitung sebagai lembur. Berdasarkan penjelasan Tabel 4.1 diketahui waktu kerja yang berlaku di PT GKD yaitu, waktu kerja pabrik (produksi dan *Support* produksi) yang diatur setiap 8 jam kerja. Adapun pengaturan waktu kerja pabrik adalah hari Senin sampai dengan Jum'at pukul 07.30-16.15 WIB dengan jam istirahat pukul 11.45-12.30 WIB. Waktu efektif dalam 1 *shift* adalah 440 menit.

Pada bulan April (21 hari kerja), bulan Mei (20 hari kerja), dan bulan Juni (13 hari kerja), maka total waktu kerja pada 3 bulan tersebut berjumlah (54 hari). maka dapat dihitung:

- Bulan April = 21 hari x 440 menit = 9.240 menit
- Bulan Mei = 20 hari x 440 menit = 8.800 menit
- Bulan Juni = 13 hari x 440 menit = 5.720 menit +
- Total 23.760 menit

Sehingga jumlah waktu kerja efektif pada bulan April sampai Juni sebanyak 23.760 menit.

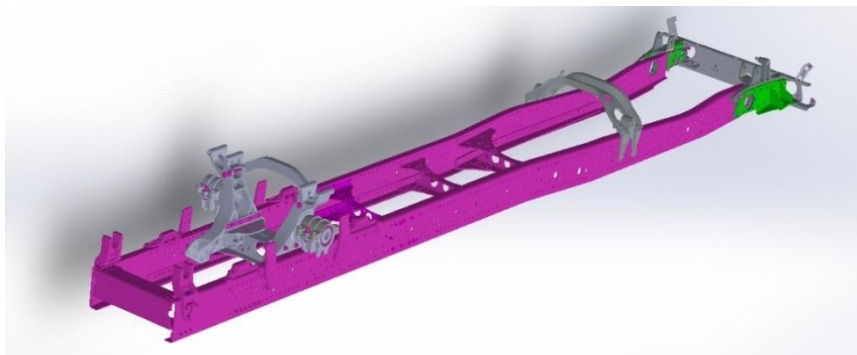
4.1.6 Tata Letak Pabrik

PT GKD memiliki tata letak pabrik produksi yang tersusun dalam satu gedung produksi. Tata letak pabrik produksi dibuat guna mencapai pemanfaatan peralatan pabrik yang optimal, penggunaan jumlah tenaga kerja yang efektif, kebutuhan persediaan yang rendah, biaya produksi minimum, dan investasi modal

GEMALA KEMPA DAYA



Produk-produk yang diproduksi oleh PT GKD adalah *frame chassis* untuk kategori II dan kategori III, juga beberapa komponen yang melekat pada *body chassis* tersebut. Selain itu, juga ada beberapa hasil produksi yang masuk dalam kategori non *frame*, misalnya *backing plate*, *housing upper lower*, *drum brake* dan komponen *press part* lainnya. Adapun produk yang dihasilkan adalah *frame chassis* dan komponennya, serta *drum truck* sebagai produk *after market*.



45

Proses produksi di PT GKD adalah proses secara manual dan otomatis. Semua *raw material* yang berupa lempengan besi atau plat dengan berbagai ukuran akan di proses secara manual atau otomatis pada stasiun kerja.

4.1.8 Stasiun Kerja

Proses produksi dapat berjalan dengan didukung beberapa stasiun yang ada seperti stasiun kerja *stamping*, *cutting laser*, *drilling*, *welding robot*, *assembling*, *painting* dan *warehouse* sehingga *raw material* dapat menjadi *work in process* dan *finish good*. Adapun proses produksi pada masing-masing stasiun kerja adalah sebagai berikut:

1. Stasiun Kerja *Stamping & Cutting Laser*

Pada prosesnya *raw material* akan dikirim ke stasiun kerja *cutting laser* dan *stamping*. Dimana pada stasiun kerja *stamping* prosesnya ini dengan menggunakan mesin *stamping* 4000T, 2000T, 1000T, 800T, 600T, 500T, 400T dan 300T. Setiap mesinnya di operasikan oleh *manpower* yang jumlahnya berbeda-beda. *Raw material* akan dipotong, dibelah, dilubangi dan dibentuk sesuai jenis produknya menjadi *finish good* maupun produk *Work In Process* (WIP). Sedangkan pada proses mesin *cutting laser* dilakukan secara otomatis secara komputerisasi. *Raw material* dipotong dan dilubangi sesuai bentuk desain yang sudah dibuat terlebih dahulu pada komputer yang kemudian tersambung pada mesin *cutting laser* menjadi produk WIP.

2. Stasiun Kerja *Drilling & Welding Robot*

Pada stasiun kerja *drilling* dan *welding robot* *raw material* akan di beri lubang sesuai dengan kebutuhan yang sudah didesain. Prosesnya yaitu stasiun kerja *drilling* untuk pelubangan komponen - komponen besar seperti *side rail* dan *inner*, sedangkan *welding robot* untuk pelubangan komponen – komponen kecil serta menggabungkan part-part WIP menjadi komponen.

3. Stasiun Kerja *Assembling*

Pada stasiun *assembling* ada enam stasiun atau *line* yaitu *line A*, *B*, *C*, *E*, *Daimler*, dan *Volvo*. Pada prosesnya di stasiun kerja ini semua part dirakit dan digabungkan menjadi *frame chassis* dengan dibantu peralatan yang di operasikan oleh operator. Jadi, pada PT GKD stasiun kerja *assembling* untuk

perakitan produk stasiun kerja yaitu *line assembling A*, *line assembling B*, *line assembling C*, *line assembling E*, *line assembling Daimler*, dan *line assembling Volvo*.

4. Stasiun Kerja *Painting*

Pada stasiun kerja *painting* prosesnya dilakukan secara otomatis dan manual, untuk proses secara otomatis *frame chassis* digantungkan pada *hanger* dan dengan menggunakan *conveyor* diangkut melalui mesin *painting* untuk dilakukan kegiatan pengecatan. Sedangkan untuk proses secara manual *frame chassis* dengan menggunakan *crane* yang dioperasikan oleh operator atau *manpower* untuk melakukan pengecatan secara manual.

5. Stasiun Kerja *Warehouse*

Warehouse adalah stasiun kerja untuk menyimpan seluruh kebutuhan penunjang kegiatan produksi. Seperti gudang atau tempat penempatan *part*/komponen yang nantinya untuk di distribusikan ke lini produksi dalam jumlah, tipe dan rentang waktu tertentu sesuai dengan penjadwalan yang telah di tentukan. Dalam *warehouse* PT GKD dibedakan menjadi dua yaitu lokal dan *outsourcing*. Proses kegiatannya adalah sebagai penyedia *part*/ komponen dan distribusi ke *line assembling*.

Setiap *line assembling* memiliki area *warehouse*-nya masing-masing karena *part*/komponen yang dibutuhkan berbeda dan banyak. Hal itu untuk lebih memudahkan dalam pengelompokan. Jadi *warehouse* yang ada yaitu *warehouse assy A*, *B*, *C*, *E*, *Daimler*, dan *Volvo*.

Warehouse assy A, salah satu bagian dari *warehouse* lokal PT GKD yang tugas dan fungsinya adalah sebagai bagian yang khusus mendistribusikan *part* atau komponen – komponen pendukung untuk proses produksi di *line assembling*.

6. Stasiun Kerja *Quality Gate*

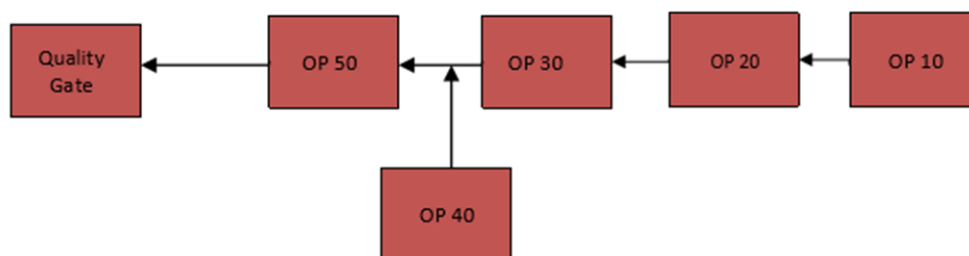
Quality Gate adalah stasiun kerja terakhir pada setiap lini perakitan. Pada stasiun kerja ini adalah memastikan bahwa produk yang akan diberikan kepada konsumen dalam keadaan baik dan tidak ada cacat. Setiap produk yang ada di cek dan disortir sesuai dengan kualifikasi yang diinginkan oleh pelanggan.

4.1.9 Lini perakitan Boogie Daimler PT GKD

Proses perakitan (*assembly*) adalah suatu proses penggabungan dari beberapa proses atau beberapa komponen menjadi satu kesatuan untuk menghasilkan satu produk akhir yang utuh. Proses perakitan ini tentunya memerlukan suatu lini perakitan yang terdiri dari beberapa stasiun kerja dengan tugas-tugas penggabungan atau perakitan tertentu. Proses perakitan ini dapat dilakukan secara manual (dilakukan oleh operator) atau dengan otomatis (menggunakan mesin).

Pada bagian lini perakitan Daimler memproduksi komponen Boogie Daimler. bagian lini perakitan Daimler memiliki lini yang terdiri dari 6 stasiun kerja yaitu OP 10, OP 20, OP 30, OP 40, OP 50, dan *quality gate*. Berdasarkan lini perakitan tersebut terdapat 6 orang operator. Proses perakitan lini perakitan Boogie Daimler dimulai dari proses pengambilan crossmember lower yang materialnya diambil dari proses *painting*. Setelah itu dilakukan perakitan sesuai dengan urutan elemen pekerjaan yang ada pada setiap stasiun kerja.

Setelah boogie yang sudah dirakit sampai pada proses terakhir atau sampai pada stasiun kerja OP 50 dan telah selesai akan di lakukan pengecekan maka selanjutnya boogie akan diletakkan pada proses *quality gate*. Untuk penggambaran *layout flow* proses dari lini perakitan Boogie Daimler dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Flow proses Boogie Daimler PT GKD
(Sumber: PT GKD 2019)

4.1.10 Elemen kerja

Elemen kerja merupakan pecahan dari gerakan seorang operator dalam melakukan suatu pekerjaan. Pada tabel 4.3 dapat dilihat elemen kerja sekaligus urutan pada masing-masing operator dalam melakukan perakitan.

Tabel 4.3 Tabel Elemen Kerja dan urutan kerja line perakitan *Boogie Daimler*

Stasiun Kerja	No	Elemen Kerja
OP 10	1	Mengambil crossmember lower letakkan pada jig op 10
	2	Mengambil crossmember upper letakkan pada jig op 10
	3	Clamping
	4	Mengambil dan Memasang paku Rivet
	5	Riveting (base on sequence rivetting)
	6	Cek hasil riveting
	7	Lepas Clamping
	8	Handling OP 10 ke OP 20
	9	Kembali ke proses awal
OP 20	10	Posisikan Part dari JIG OP 10 ke JIG OP 20
	11	Clamping
	12	Mengambil dan Memasang Gusset Plate LWR LH & RH
	13	Clamping handvise
	14	Mengambil dan Memasang paku rivet
	15	Riveting (base on sequence rivetting)
	16	Cek hasil riveting
	17	Buka Clamping
	18	Handling part OP 20 ke OP 30
	19	Kembali ke proses awal
OP 30	20	Posisikan part pada JIG OP 30
	21	Clamping
	22	Mengambil dan meletakkan Gusset Plate UPP LH/RH
	23	Clamping Handvise
	24	Mengambil dan Memasang paku rivet RH
	25	Mengambil dan Memasang paku rivet LH
	26	Riveting
	27	Cek hasil riveting
	28	Lepas clamping
	29	Handling OP 30 ke OP 50
	30	kembali ke proses awal

(Sumber: Hasil Pengamatan PT GKD)

Lanjutan.....

Tabel 4.3 Tabel Elemen Kerja dan urutan kerja line perakitan *Boogie Daimler*
(Lanjutan)

Stasiun Kerja	No	Elemen Kerja
OP 40	31	Unboxing komponen part OP 40
	32	Handling Komponen ke JIG OP 40
	33	Posisikan Part pada JIG OP 40
	34	Pasang Busce
	35	Mengambil dan Memasang LU Rubber Bearing RA
	36	Mengambil dan Memasang Backing Shell Upper
	37	Clamping
	38	Memasang Clamp C besar
	39	Mengencangkan Baut Menggunakan Impact
	40	Mengambil dan Memasang Backing Shell Lower
	41	Memasang Bolt Hex Screw
	42	Memasang Nut
	43	Impact bergantian Nut LH/RH min 4x
	44	Torque nut sampe terdengar bunyi click
	45	Melepas Clamp C besar
	46	Hasil Torque Ok diberi marking
	47	Cek kerapatan Backing shell Upp/Low
	48	Letakkan Pada meja pembalik (hoist)
	49	Mengangkat Part, Letakan pada JIG 50
	50	Kembali ke proses awal
OP 50	51	Memposisikan part pada OP 50
	52	Memasang Insert
	53	Memasang mal positioning
	54	Memasang BOLT M16 (FULL ULIR) = 4 PCS
	55	Memasang BOLT M16 = 4 Pcs (setengah ulir)
	56	Memasang NUT M16 = 8 Pcs
	57	Memasang Pasang BOLT M20
	58	Memasang CF Upper Boogie
	59	Memasang Strut= 3pcs
	60	Memasang NUT M16= 4Pcs
	61	Impact dan Torque NUT (Tahan BOLT (DENGAN KUNCIØ30)
	62	Impact dan Torque NUT M 16 (Tahan dengan Kunci M 24)
	63	Mengecek hasil Torque (Marking)
	64	Melepaskan CF
	65	Melepaskan Clamping

(Sumber: Hasil Pengamatan PT GKD)

Lanjutan

Tabel 4.3 Tabel Elemen Kerja dan urutan kerja line perakitan *Boogie Daimler*
(Lanjutan)

Stasiun Kerja	No	Elemen Kerja
Quality Gate	66	Handling Part ke Area PDC
	67	Cek Hole OK/NG:
	68	Handling Part ke F/G

(Sumber: Hasil Pengamatan PT GKD)

4.1.11 Data order

Departemen PPC (*production planning and control*) PT.GKD mendapatkan *forecast order* terhadap transmisi yang akan diproduksi dari departemen *sales*. Departemen *sales* mendapatkan *forecast order* selama empat bulan kedepan dari PT. Mercedes Benz Berdasarkan *forecast* yang diterima oleh departemen *sales*, terdapat peningkatan jumlah *frame chasis daimler* yang harus diproduksi oleh PT GKD untuk bulan Juli 2019 hingga November 2019 (lihat tabel 4.4)

Tabel 4.4 Data Permintaan Produk

NO	Bulan	Demand
1	Januari	444
2	Februari	548
3	Maret	530
4	April	425
5	Mei	500
6	Juni	500
7	Juli	1518
Tentative Order		
8	Agustus	1653
9	September	1687
10	Oktober	1865
11	November	2555

NO	Bulan	Demand
12	Desember	1775
Total		14000

(Sumber: Departemen PPC GKD)

4.2 Pengolahan data

Pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data terhadap data-data yang telah di kumpulkan

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada pengolahan data ini adalah:

1. Hitung waktu siklus yg diinginkan
2. Buat matrix pendahuluan berdasarkan jaringan kerja perakitan
3. Hitung bobot posisi tiap operasi berdasarkan waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya
4. Urutkan operasi-operasi mulai dari bobot yang terbesar sampai dengan yang terkecil
5. Lakukan penbebanan operasi pada stasiun kerja mulai dari operasi bobot posisi terbesar hingga terkecil, dgn kriteria total waktu operasi lebih kecil dari waktu siklus
6. Perhitungan waktu siklus (*cycle time*)
7. Hitung efisiensi rata-rata stasiun kerja yang terbentuk
8. Gunakan prosedur try & error utk mencari pembebanan yg akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah 6 diatas
9. Ulangi langkah 6 dan 7 sampai tidak ditemukan lagi stasiun kerja yang memiliki efisiensi rata-rata yang lebih tinggi.

4.2.1 Perhitungan Waktu Siklus (*cycle time*)

Pengukuran waktu elemen kerja dilakukan untuk setiap elemen kerja pada saat kegiatan produksi berlangsung. Metode yang digunakan adalah pengukuran waktu kerja dengan jam henti. Jumlah pengamatan awal dilakukan sebanyak 30 kali pengamatan pada masing-masing elemen kerja. Subgrup (1, 2, 3, 4, 5, 6) merupakan waktu pengamatan dalam minggu, sedangkan X1, X2, X3, X4, dan X5

merupakan hari pengamatan dalam minggu tersebut. Waktu pengukuran waktu siklus ini dilakukan secara random pada jam kerja kritis dan non kritis perusahaan. Sehingga dapat diketahui waktu siklus aktual. Untuk melihat data hasil pengukuran waktu siklus elemen kerja lini perakitan Boogie Daimler dapat dilihat pada Lampiran A. Contoh pengukuran waktu siklus dan rata-rata waktu siklus Elemen Kerja 1 dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Pengukuran Waktu Siklus dan Rata-rata Waktu Siklus Elemen Kerja 1

Sub Grup	Mengambil c/m lwr letakkan pada jig op 10					Average Sub Grup
	X1	X2	X3	X4	X5	
1	15,84	17	16	18	17	16.768
2	17	16	10	13	16	14,4
3	17	16	18	15	19	17
4	18	17	17	16	17	17
5	19	18	19	14	16	17,2
6	15	13	15	17	15	15
Sub Grup	Mengambil c/m lwr letakkan pada jig op 10					Average Sub Grup
	X1	X2	X3	X4	X5	
1	15,84	17	16	18	17	16.768
2	17	16	10	13	16	14,4
3	17	16	18	15	19	17
4	18	17	17	16	17	17
5	19	18	19	14	16	17,2
6	15	13	15	17	15	15
Tota waktu siklus (detik) $\sum \bar{x}_i$						97.368
Rata-rata waktu siklus $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$						16.228

(Sumber: Hasil Pengolahan data)

4.2.2 Perhitungan Waktu Normal (*Normal Time*) dan Waktu Baku (*Standart Time*)

Waktu normal untuk setiap elemen kerja diperoleh dengan cara mengalikan waktu siklus yang diperoleh dengan faktor penyesuaian (*rating factors*). Sehingga waktu normal dapat dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$\text{Waktu Normal} = \text{Waktu Siklus} \times \text{Rating Factor}$

Rating factor yang digunakan adalah metode *westinghouse* maka rumus yang digunakan untuk menghitung waktu normal adalah:

$$\text{Waktu Normal} = \text{Waktu Siklus} \times (1 + \text{Rating Factor})$$

Berdasarkan rumus di atas, maka dapat diperoleh waktu normal yang dikerjakan oleh semua operator di setiap elemen kerja. Dengan waktu siklus elemen kerja terbesar pada tiap stasiun kerja yang dapat dilihat pada Tabel 4.9. Dalam penentuan *rating factor* dapat dilihat pada tabel 4.6. maka salah satu contoh perhitungan waktu normal untuk stasiun kerja OP 10.

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal} &= \text{Total Waktu Siklus} \times (1 + \text{rating factor}) \\ &= 84 \text{ detik} \times 1,00 \\ &= 84 \text{ detik/unit} \end{aligned}$$

Waktu standar atau waktu baku adalah waktu penyelesaian yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja atau operator normal untuk menyelesaikan pekerjaannya yang dikerjakan dalam sistem terbaik saat ini.

Setelah menentukan faktor kelonggaran seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.8 maka berikut merupakan salah satu contoh perhitungan waktu standar untuk stasiun kerja OP 10

$$\begin{aligned} W_s &= W_n \times (1 + \text{Allowance}) \\ &= 96 \text{ detik/unit} \end{aligned}$$

Tabel 4.6 *Performance Ratings* dengan Sistem *Westinghouse*

SKILL		EFFORT	
+ 0,15 A1	<i>Superskill</i>	+ 0,13 A1	<i>Superskill</i>
+ 0,13 A2		+ 0,12 A2	
+ 0,11 B1	<i>Excellent</i>	+ 0,10 B1	<i>Excellent</i>
+ 0,08 B2		+ 0,08 B2	
+ 0,06 C1	<i>Good</i>	+ 0,05 C1	<i>Good</i>
+ 0,03 C2		+ 0,02 C2	
0,00 D	<i>Average</i>	0,00 D	<i>Average</i>
− 0,05 E1	<i>Fair</i>	− 0,04 E1	<i>Fair</i>
− 0,10 E2		− 0,08 E2	
− 0,16 F1	<i>Poor</i>	− 0,12 F1	<i>Poor</i>
− 0,22 F2		− 0,17 F2	
CONDITION		CONSISTENCY	
+ 0,06 A	<i>Ideal</i>	+ 0,04 A	<i>Ideal</i>

+ 0,04 B	<i>Excellent</i>	+ 0,03 B	<i>Excellent</i>
+ 0,02 C	<i>Good</i>	+ 0,01 C	<i>Good</i>
0,00 D	<i>Average</i>	0,00 D	<i>Average</i>
− 0,03 E	<i>Fair</i>	− 0,02 E	<i>Fair</i>
− 0,07 F	<i>Poor</i>	− 0,04 F	<i>Poor</i>

Keterangan: *rating factor* di setiap stasiun kerja berbeda-beda karena disesuaikan dengan keterampilan, usaha, kondisi kerja dan konsistensi dari operator yang mengerjakannya. Penentuan *rating factor* didasarkan pada observasi lapangan yang dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 *Rating Factor* Pada Bagian Perakitan *Boogie Daimler*

Operator	Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian	Jumlah
1	Keahlian	Average	D	0,00	0,00
	Usaha	Average	D	0,00	
	Kondisi	Average	D	0,00	
	Konsistensi	Average	D	0,00	
2	Keahlian	Average	D	0,00	0,00
	Usaha	Average	D	0,00	
	Kondisi	Average	D	0,00	
	Konsistensi	Average	D	0,00	
3	Keahlian	Good	C2	0,03	0,03
	Usaha	Average	D	0,00	
	Kondisi	Average	D	0,00	
	Konsistensi	Average	D	0,00	
4	Keahlian	Good	C2	0,03	0,03
	Usaha	Average	D	0,00	
	Kondisi	Average	D	0,00	
	Konsistensi	Average	D	0,00	
5	Keahlian	Good	C2	0,03	0,03
	Usaha	Average	D	0,00	
	Kondisi	Average	D	0,00	
	Konsistensi	Average	D	0,00	

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

Waktu baku dihitung dengan cara mengalikan waktu normal dengan faktor kelonggaran (*allowance*) yang telah ditentukan sebelumnya. Sehingga waktu baku dapat dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$\text{Waktu Baku} = \text{Waktu Normal} (1 + \text{allowance})$$

Pada bagian lini perakitan *Boogie Daimler* faktor kelonggaran yang diberikan, berdasarkan pengamatan lapangan adalah sebesar 0,14 dan dapat dilihat pada tabel 4.8:

Tabel 4.8 Faktor Kelonggaran (*Allowance*) Pada Bagian Lini Perakitan *Boogie Daimler*

Faktor	Allowance	
Tenaga yang dikeluarkan	Sangat ringan	6%
Sikap kerja	Berdiri diatas dua kaki	1%
Gerakan kerja	Agak terbatas	2%
Kelelahan mata	Pandangan yang terputus-putus, pencahayaan baik	1%
Keadaan temperatur tempat kerja	Normal, kelembaban normal	1%
Keadaan atmosfer	Baik	0%
Keadaan lingkungan yang baik	Siklus kerja terulang	1%
Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi	Pria	1%
Hambatan yang tak terhindarkan		1%
Total		14%

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

Dengan *rating factor* dan *allowance* yang sudah ditentukan, maka dapat dihitung waktu normal dan waktu baku tiap elemen pekerjaan. Perhitungan waktu normal dan waktu baku tiap elemen dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar

EK	\bar{X}	Performance Rating				Total Performa	Waktu Normal	Allowance	Waktu Standar
		Keterampilan	Usaha	Kondisi	Konsistensi				
1	16,23	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	16,23	0,14	18,50
2	16,13	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	16,13	0,14	18,39
3	4,41	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,41	0,14	5,03
4	10,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	10,30	0,14	11,74
5	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,10	0,14	4,67
6	6,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6,10	0,14	6,95
7	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	5,40	0,14	6,16
8	17,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	17,30	0,14	19,72
9	4,47	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,47	0,14	5,09
10	6,53	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6,53	0,14	7,44
11	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,10	0,14	4,67
12	10,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	10,80	0,14	12,31
13	6,90	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6,90	0,14	7,87
14	5,67	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	5,67	0,14	6,46
15	176,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	176,80	0,14	201,55
16	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6,40	0,14	7,30
17	6,46	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6,46	0,14	7,36
18	6,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6,96	0,14	7,93
19	29,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	29,80	0,14	33,97
20	11,17	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	11,51	0,14	13,12
21	11,60	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	11,95	0,14	13,62
22	56,77	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	58,47	0,14	66,66
23	11,73	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	12,08	0,14	13,77
24	15,57	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	16,04	0,14	18,28
25	15,53	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	16,00	0,14	18,24
26	335,00	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	345,05	0,14	393,36
27	6,47	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	6,66	0,14	7,60
28	5,40	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	5,56	0,14	6,34
29	21,20	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	21,84	0,14	24,89
30	41,13	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	42,37	0,14	48,30
31	28,27	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	29,11	0,14	33,19
32	46,26	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	47,65	0,14	54,32
33	56,00	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	57,68	0,14	65,76
34	28,72	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	29,58	0,14	33,72
35	27,80	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	28,63	0,14	32,64
36	140,60	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	144,82	0,14	165,09
37	17,12	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	17,63	0,14	20,10
38	9,39	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	9,67	0,14	11,03
39	27,86	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	28,70	0,14	32,71
40	10,73	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	11,05	0,14	12,60
41	20,78	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	21,40	0,14	24,40
42	19,72	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	20,31	0,14	23,16
43	71,00	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	73,13	0,14	83,37
44	142,12	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	146,38	0,14	166,88
45	19,54	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	20,13	0,14	22,94

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Lanjut

Tabel 4.9 Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar (Lanjutan)

46	10,06	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	10,36	0,14	11,81
47	32,16	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	33,12	0,14	37,76
48	19,54	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	20,13	0,14	22,94
49	176,06	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	181,34	0,14	206,73
50	59,67	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	61,46	0,14	70,06
51	10,67	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	10,99	0,14	12,53
52	44,04	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	45,36	0,14	51,71
53	43,11	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	44,40	0,14	50,61
54	43,11	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	44,40	0,14	50,61
55	43,07	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	44,36	0,14	50,58
56	42,94	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	44,23	0,14	50,42
57	79,97	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	82,37	0,14	93,90
58	216,22	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	222,71	0,14	253,89
59	204,22	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	210,35	0,14	239,80
60	35,04	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	36,09	0,14	41,14
61	202,60	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	208,68	0,14	237,89
62	227,60	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	234,43	0,14	267,25
63	5,04	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	5,19	0,14	5,91
64	25,03	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	25,78	0,14	29,39
65	25,00	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	25,75	0,14	29,36
66	15,42	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	15,88	0,14	18,11
67	20,00	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	20,60	0,14	23,48
68	13,00	0,03	0,00	0,00	0,00	1,03	13,39	0,14	15,26

(Sumber :Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.9 dapat dilihat waktu baku untuk tiap elemen kerja sehingga waktu baku tersebut dapat dijadikan acuan untuk melakukan penyeimbangan lini.

4.2.3 Penyeimbangan Lintasan (*Line Balancing*)

Penyeimbangan lintasan (*line balancing*) biasanya dilakukan untuk meminimumkan ketidakseimbangan diantara mesin-mesin atau personel agar memenuhi output yang diinginkan dari lini perakitan tersebut. Penyeimbangan lintasan juga digunakan untuk meminimumkan waktu menunggu yang terjadi pada lintasan dengan cara membagi tugas dalam stasiun kerja. Pada penelitian ini menggunakan metode *Rank position weight* atau yang biasa dikenal metode Helgeson Birnie. Untuk melakukan penyeimbangan data yang diperlukan adalah data waktu standar yang terdapat pada Tabel 4.9 Rekapitulasi waktu normal dan waktu standar dari stasiun kerja OP 10.

4.2.4 Perhitungan Kondisi Awal pada Lini Perakitan *Boogie Daimler*

Perhitungan kondisi awal pada lini perakitan *Boogie Daimler* meliputi efisiensi tiap stasiun kerja, waktu menunggu (*idle time*) tiap stasiun kerja, efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothness index*.

4.2.5 Perhitungan *Takt Time* (TT)

Perhitungan *Takt Time* bertujuan untuk mengetahui kecepatan produksi dalam menyelesaikan suatu *part*. Langkah-langkah dalam menghitung *takt time* adalah:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Jumlah Jam Kerja/Bulan}}{\text{Volume Produksi/Bulan}}$$

Untuk jumlah waktu kerja dapat dilihat pada Tabel 4.1. Waktu kerja selama bulan April sampai dengan Juni 2019 sebesar 23.760 menit. Jumlah produksi pada bulan April sampai Juni 2019 adalah sebanyak 3.564 unit, sehingga akan dapat dihitung *takt time* seperti dibawah ini:

Berdasarkan rumus diatas maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah jam kerja/bulan} &= (\text{Jumlah jam kerja bulan April sampai Juni}) \times 60 \text{ detik} \\ &= 23.760 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} \\ &= 1.425.600 \text{ detik} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan jumlah jam kerja dan jumlah produksi pada bulan April sampai Juni 2019 maka dapat dihitung *takt time*:

$$Takt\ time = \frac{\text{Jumlah Jam Kerja}}{\text{Volume Produksi}} = \frac{1.425.600 \text{ detik}}{1.425 \text{ unit}} = 1000 \text{ detik/unit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka di dapat *takt time* adalah 1000 detik/unit. Maka untuk memproduksi, waktu standar diharuskan lebih kecil dari *takt time* agar produksi sesuai dengan target ($W.Std < TT$). Apabila waktu standar lebih dari TT maka beban kerja operator lebih berat dan target produksi tidak tercapai.

Untuk uraian pekerjaan setiap stasiun kerja pada kondisi awal dapat dilihat pada tabel 4.10 dan 4.11 dan berikut ini adalah perhitungan dari efisiensi operasi, efisiensi stasiun kerja dan *idle time* pada kondisi awal.

$$\text{Efisiensi stasiun kerja} = \frac{w_i}{w_b} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Stasiun kerja OP 10} = \frac{96 \text{ detik}}{1000 \text{ detik}} = 9.60\%$$

Idle time = *Takt time* - Waktu Standar SK OP 10

$$= 1500 \text{ detik/unit} - 96 \text{ detik/unit}$$

$$= 1404 \text{ detik/unit.}$$

Tabel 4.10 Rekapitulasi Perhitungan Efisiensi Stasiun kerja dan *idle time* pada kondisi awal lini perakitan *Boogie Daimler*

Stasiun Kerja	Waktu Standar (detik)	Efisiensi stasiun kerja (%)	Idle Time (detik)
OP 10	96	9,60%	904
OP 20	297	29,70%	703
OP 30	624	62,40%	376
OP 40	1131	113,10%	-131
OP 50	1465	146,50%	-465
QualityGate	100	10,00%	900
Total	3713	371%	2287
Rata-rata	618,83	61,88%	381,16667

(Sumber: Pengolahan Data)

Setelah melakukan perhitungan dari efisiensi dan *idle time* pada kondisi awal untuk tiap stasiun kerja, hal selanjutnya adalah menghitung efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothness index* pada lini perakitan *Boogie Daimler*. perhitungan untuk efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothness index* adalah sebagai berikut:

- Efisiensi Lintasan = $\frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K)(CT)} \times 100\%$

$$\text{Efisiensi Lintasan} = \frac{325567}{6 \times 1000} \times 100\% = 54,26\%$$

- *Balance Delay* = 100% - efisiensi lintasan
 $= 100\% - 54,26\%$
 $= 45,74\%$

- Kapasitas Produksi = $\frac{\text{Waktu tersedia perhari}}{\text{Waktu Terlama}} = \frac{480 \times 60}{1465} = 19,6 \text{ Unit/hari}$

$$\bullet \text{ Smoothness Index} = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{max} - ST_i)^2}$$

$$\text{Smoothness Index} = \sqrt{2496187} = 1579,93 \text{ detik/unit}$$

Untuk perhitungan *smoothness index* pada Tabel 4.11 untuk stasiun kerja lini perakitan *Boogie Daimler* adalah sebagai berikut

Tabel 4.11 Perhitungan *Smoothness Index* Kondisi Awal stasiun kerja lini perakitan *Boogie Daimler*

No	Stasiun Kerja	Waktu standar	$ST_{max} - ST_i$	$(ST_{max} - ST_i)^2$
1	OP 10	96	904	817216
2	OP 20	297	703	494209
3	OP 30	624	376	141376
4	OP 40	1131	-131	17161
5	OP 50	1465	-465	216225
6	Quality Gate	100	900	810000
Total		3713	2287	2496187

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diketahui nilai efisiensi lintasan. Untuk besarnya efisiensi lintasan stasiun kerja lini perakitan *Boogie Daimler* sebesar 9,16%. Untuk besarnya *balance delay* pada stasiun kerja lini perakitan *Boogie Daimler* 90,84%. *Smoothness index* pada stasiun kerja lini perakitan *Boogie Daimler* adalah sebesar 1579,93 detik/unit atau sekitar 26,33 menit.

4.2.5 Penyeimbangan Lini Menggunakan Rank Position Weight pada lini perakitan *Boogie Daimler*

Setelah dilakukan perhitungan maka dapat diketahui bahwa penyeimbangan beban kerja pada kondisi awal di setiap stasiun kerja tidak merata yang mengakibatkan adanya idle time pada beberapa stasiun kerja dan pada proses akhir perakitan yang terjadi *bottleneck*, namun untuk mempercepat proses kerja di beberapa stasiun kerja dibuat alat bantu dan pendekatan suplai komponen

ke masing-masing stasiun kerja yang tadinya hanya berpusat pada satu tempat untuk satu lini perakitan. Oleh karena itu, untuk melakukan penyeimbangan lintasan akan digunakan metode *Rank Position Weight*. Penyeimbangan dengan menggunakan rank position weight yang pertama adalah membuat precedence diagram, setelah adanya precedence diagram, lalu dibuat matrix bobot berdasarkan precedence diagram.

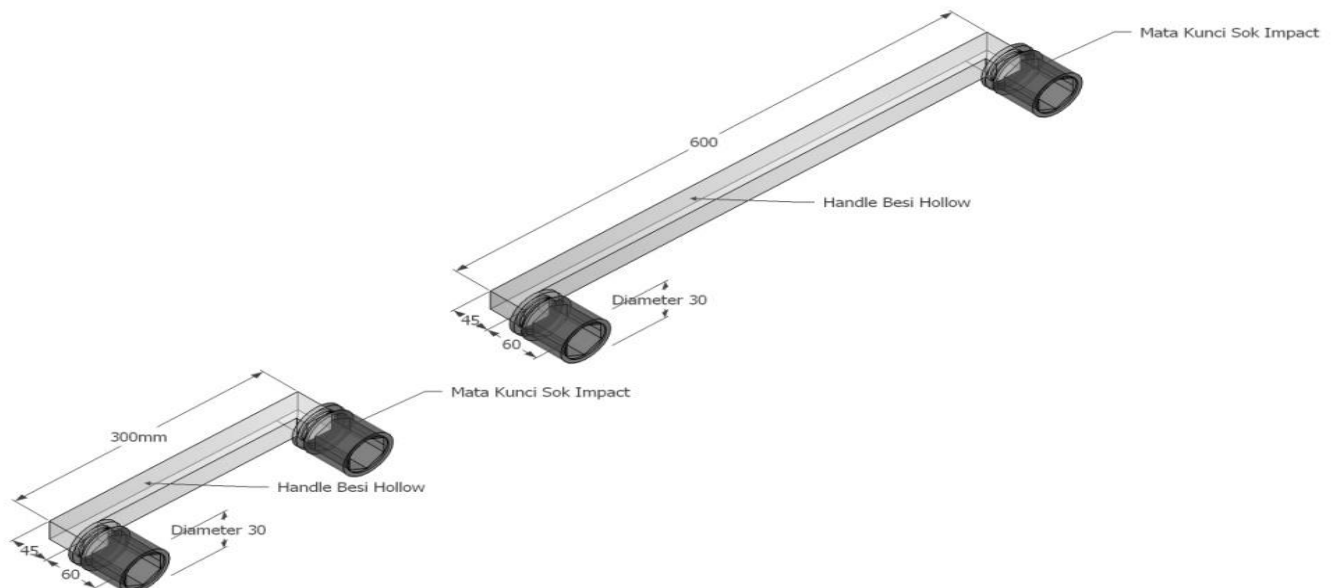
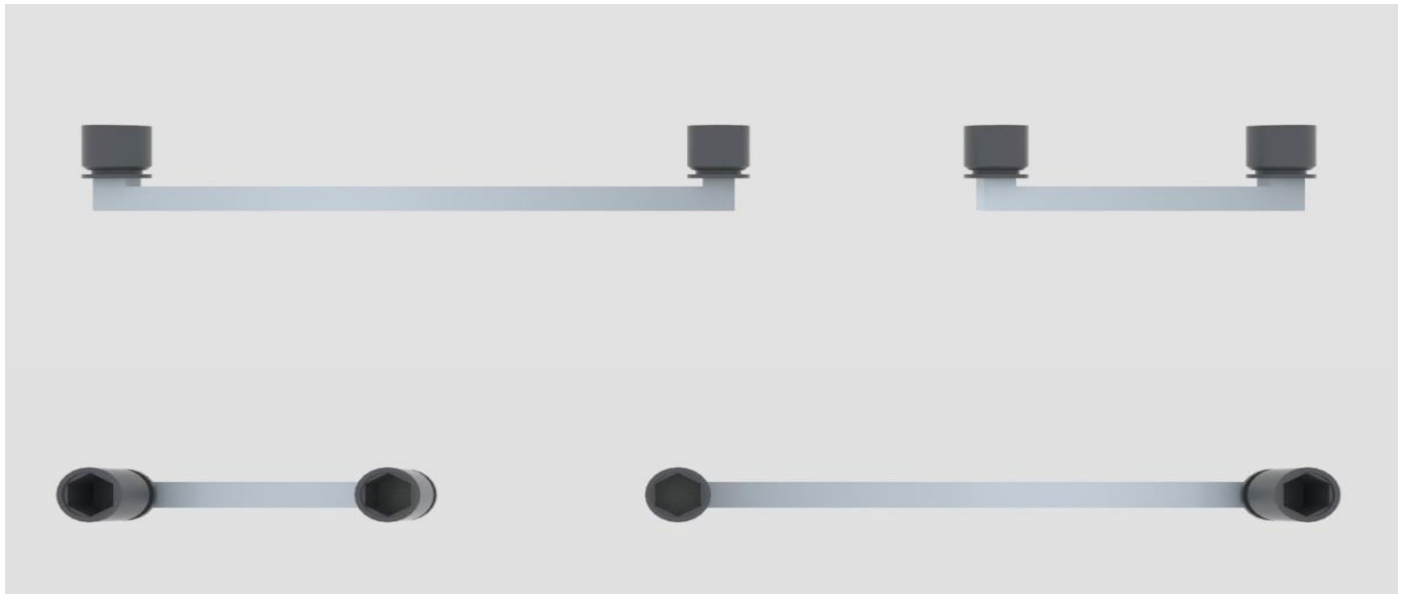
Tahapan-tahapan yang dilakukan pada pengolahan data ini adalah:

1. Hitung waktu siklus yg diinginkan
2. Buat matrix pendahuluan berdasarkan jaringan kerja perakitan
3. Hitung bobot posisi tiap operasi berdasarkan waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya
4. Urutkan operasi-operasi mulai dari bobot yang terbesar sampai dengan yang terkecil
5. Lakukan penbebanan operasi pada stasiun kerja mulai dari operasi bobot posisi terbesar hingga terkecil, dgn kriteria total waktu operasi lebih kecil dari waktu siklus
6. Perhitungan waktu siklus (*cycle time*)
7. Hitung efisiensi rata-rata stasiun kerja yang terbentuk
8. Gunakan prosedur try & error utk mencari pembebanan yg akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah 6 diatas
9. Ulangi langkah 6 dan 7 sampai tidak ditemukan lagi stasiun kerja yang memiliki efisiensi rata-rata yang lebih tinggi.

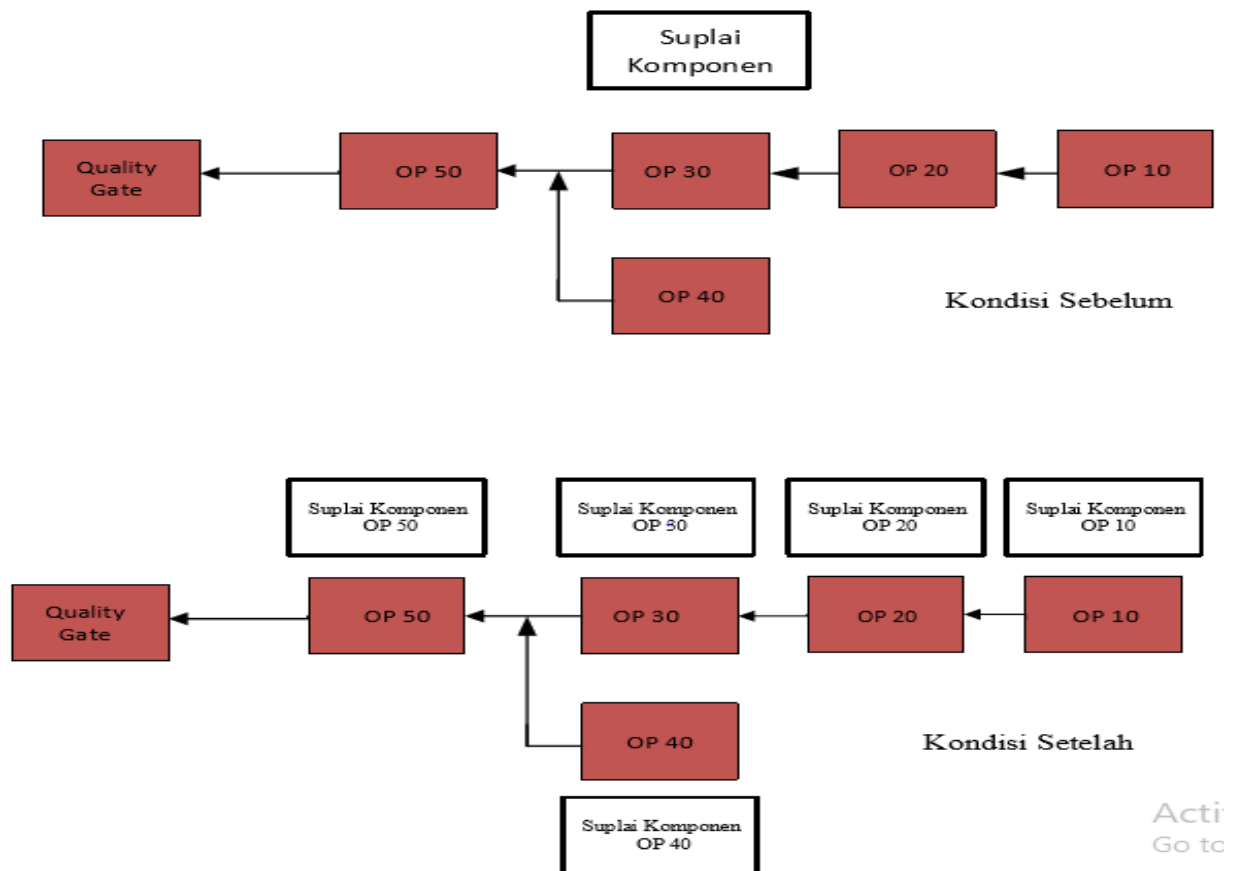
4.2.6 Alat Bantu dan Pendekatan Suplai komponen

Alat bantu dan pendekatan suplai komponen ini berfungsi untuk mempercepat terjadinya proses *line balancing*. Alat bantu ini merupakan *tools* untuk mempercepat proses impact di stasiun kerja OP 40 dan 50. Alat ini merupakan pengganti fungsi kunci pas, yang hanya mengencangkan di salah satu sisi saja. Sedangkan menggunakan alat ini dapat mempercepat proses impact dengan penggunaannya di 2 sisi mur dan baut. Alat bantu Pendekatan suplai

komponen ini juga merupakan salah satu yang mempercepat sebelumnya hanya satu sentral suplai komponen yang seringkali membuat operator bingung dan sering tertukar. Setelah perbaikan tiap stasiun kerja memiliki sentral suplai kebutuhan komponen masing-masing sehingga operator tidak bingung lagi dan tertukar pada saat pengambilan komponen.



Gambar 4.6 Alat bantu produksi



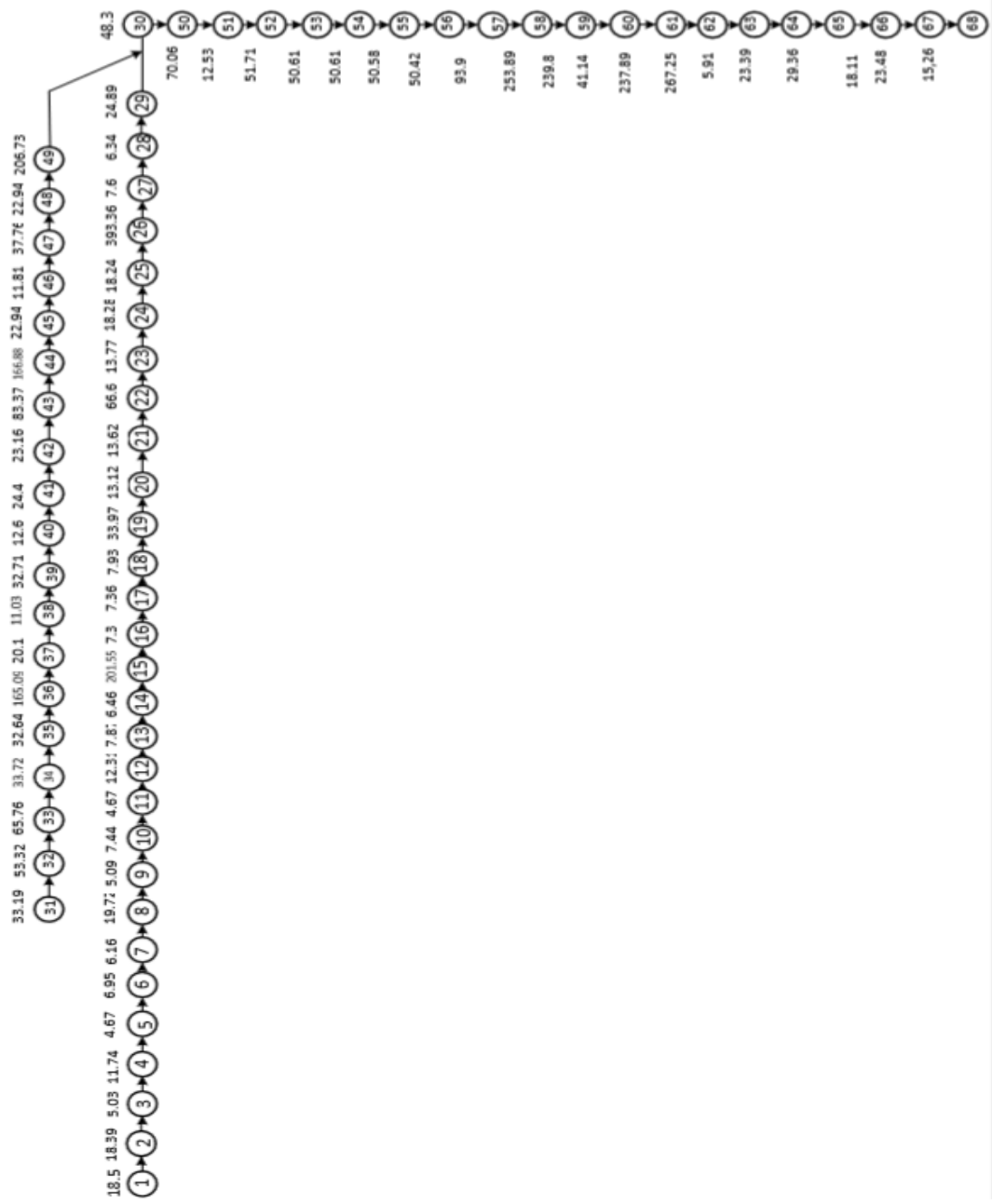
Gambar 4.7 Pendekatan suplai komponen sebelum dan sesudah

4.2.2 *Precedence Diagram*

Precedence diagram digunakan sebelum melangkah pada penyelesaian menggunakan metode keseimbangan lintasan. *Precedence diagram* dapat dilihat pada Gambar 4.8

4.2.3 *Matrix Pendahuluan*

Berdasarkan *precedence diagram* diagram, selanjutnya adalah membuat matrix pendahuluan. Pada matrix pendahuluan ini terdiri dari operasi pendahulu dan operasi pengikut. Pada kolom vertikal merupakan kolom elemen kerja 1 hingga elemen kerja ke 68. Sedangkan kolom horizontal merupakan elemen kerja pengikut yang jumlahnya 68 elemen kerja. Tabel matrix pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 4.12



Gambar 4.8 *Precedence Diagram*

(Sumber: Hasil Pengamatan)

Tabel 4.12 Matrix pendahuluan lini perakitan *Boogie Daimler*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																				

4.2.4 Menghitung Bobot Posisi Untuk Tiap Operasi

Berdasarkan *precedence diagram* dan matrix pendahuluan didapatkan nilai bobot posisi elemen kerja berdasarkan operasi pendahulu dan operasi pengikutnya. Setelah didapatkan nilai bobot posisi, kemudian di urutkan berdasarkan operasi yang memiliki bobot posisi tertinggi. Bobot posisi tiap operasi dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Bobot posisi tiap operasi

Nomor Elemen Kerja	RPW (detik)	Nomor Elemen Kerja	RPW (detik)
Sebelum Diurutkan		Sesudah Diurutkan	
1	2647,05	31	2647,05
2	2613,86	32	2613,86
3	2603,13	1	2603,13
4	2584,63	2	2584,63
5	2566,24	3	2566,24
6	2561,21	4	2561,21
7	2559,54	33	2559,54
8	2549,47	5	2549,47
9	2545,85	7	2545,85
10	2544,8	6	2544,80
11	2531,69	8	2531,69
12	2511,97	9	2511,97
13	2506,88	10	2506,88
14	2499,44	11	2499,44
15	2494,77	12	2494,77
16	2493,78	34	2493,78
17	2482,46	13	2482,46
18	2474,59	14	2474,59
19	2468,13	15	2468,13
20	2460,06	35	2460,06
21	2427,42	36	2427,42
22	2266,58	16	2266,58
23	2262,33	37	2262,33
24	2259,28	17	2259,28
25	2251,92	18	2251,92

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Lanjut

Tabel 4.13 Bobot posisi tiap operasi (Lanjutan)

Nomor Elemen Kerja	RPW (detik)	Nomor Elemen Kerja	RPW (detik)
Sebelum Diurutkan		Sesudah Diurutkan	
26	2243,99	19	2243,99
27	2242,23	38	2242,23
28	2231,2	39	2231,20
29	2210,02	20	2210,02
30	2198,49	40	2198,49
31	2196,9	21	2196,90
32	2185,89	41	2185,89
33	2183,28	22	2183,28
34	2161,49	42	2161,49
35	2138,33	43	2138,33
36	2116,68	23	2116,68
37	2102,91	24	2102,91
38	2084,63	25	2084,63
39	2066,39	26	2066,39
40	2054,96	44	2054,96
41	1888,08	45	1888,08
42	1865,14	46	1865,14
43	1853,33	47	1853,33
44	1815,57	48	1815,57
45	1792,63	49	1792,63
46	1673,03	27	1673,03
47	1665,43	28	1665,43
48	1659,09	29	1659,09
49	1634,2	30	1634,20
50	1585,9	50	1585,90
51	1515,84	51	1515,84
52	1503,31	52	1503,31
53	1451,6	53	1451,60
54	1400,99	54	1400,99
55	1350,38	55	1350,38
56	1299,8	56	1299,80
57	1249,38	57	1249,38
58	1155,48	58	1155,48

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.13 Bobot posisi tiap operasi (Lanjutan)

Nomor Elemen Kerja	RPW (detik)	Nomor Elemen Kerja	RPW (detik)
Sebelum Diurutkan		Sesudah Diurutkan	
59	901,59	59	901,59
60	661,79	60	661,79
61	620,65	61	620,65
62	382,76	62	382,76
63	115,51	63	115,51
64	109,6	64	109,60
65	86,21	65	86,21
66	56,85	66	56,85
67	38,74	67	38,74
68	15,26	68	15,26

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Setelah didapatkan bobot tiap stasiun kerja selanjutnya adalah pengelompokan stasiun kerja berdasarkan bobot yang telah dihitung sebelumnya secara *trial and error* sebanyak 2 kali dan tidak melebihi *Takt Time* yang telah ditetapkan perusahaan yaitu 1000 detik. Pembagian stasiun kerja berdasarkan metode *Ranked Positional Weight* dapat dilihat pada Tabel 4.15:

Tabel 4.14 Pembagian Stasiun kerja Berdasarkan Metode *Ranked Positional Weight Trial and error 1*

No Elemen Kerja	Stasiun Kerja	Nomor Elemen Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi SK (detik)	Efisiensi SK (%)
1	SK 1	Mengambil crossmember lower letakkan pada jig op 10	18,50	995,17	99,52%
31		Unboxing komponen part OP 40	33,19		
32		Handling Komponen ke JIG OP 40	54,32		
2		Mengambil crossmember upper letakkan pada jig op 10	18,39		
3		Clamping	5,03		
4		Mengambil dan Memasang paku Rivet	11,74		
5		Riveting (base on sequence rivetting)	4,67		
33		Posisikan Part pada JIG OP 40	65,76		
6		Mengecek hasil riveting	6,95		
7		Lepas Clamping	6,16		

Tabel 4.14 Pembagian Stasiun kerja Berdasarkan Metode *Ranked Positional Weight Trial and error 1* (Lanjutan)

No Elemen Kerja	Stasiun Kerja	Nomor Elemen Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi SK (detik)	Efisiensi SK (%)
8	SK 1	Handling OP 10 ke OP 20	19,72	995,17	99,52%
34		Memasang Busce	33,72		
9		Kembali ke proses awal	5,09		
10		Posisikan Part dari JIG OP 10 ke JIG OP 20	7,44		
11		Clamping	4,67		
12		Mengambil dan memasang Gusset Plate LWR LH & RH	12,31		
35		Mengambil dan memasang LU Rubber Bearing RA	32,64		
13		Clamping handvise	7,87		
14		Mengambil dan memasang paku rivet	6,46		
36		Mengambil dan memasang Backing Shell Upper	165,09		
37		Clamping	20,10		
38		Memasang Clamp C besar	11,03		
15		Riveting (base on sequence rivetting)	201,55		
16		Mengecek hasil riveting	7,30		
17		Membuka Clamping	7,36		
39		Mengencangkan baut menggunakan Impact	32,71		
18		Handling part OP 20 ke OP 30	7,93		
40		Mengambil dan memasang Backing Shell Lower	12,60		
19		Kembali ke proses awal	33,97		
41		Memasang Bolt HEX SCREW	24,40		
20		Posisikan part pada JIG OP 30	13,12		
42		Memasang NUT	23,16		
21		Clamping	13,62		
22		Mengambil dan meletakkan Gusset Plate UPP LH/RH	66,60		
43	SK 2	IMPACT bergantian LH/RH min 4x	83,37	828,18	82,82%
23		Clamping Handvise	13,77		
24		Mengambil dan memasang paku rivet RH	18,28		
25		Mengambil dan memasang paku rivet LH	18,24		
44		Torque nut sampe terdengar bunyi click	166,88		
45		Lepas Clamp C besar	22,94		

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Lanjut..

Tabel 4.14 Pembagian Stasiun kerja Berdasarkan Metode *Ranked Positional Weight Trial and error 1* (Lanjutan)

No Elemen Kerja	Stasiun Kerja	Nomor Elemen Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi SK (detik)	Efisiensi SK (%)
46	SK 2	Hasil Torque Ok diberi marking	11,81	828,18	82,82%
47		Cek kerapatan Backing shell Upp/Low	37,76		
48		Meletakkan part pada meja pembalik (hoist)	22,94		
26		Riveting	393,36		
27		Mengecek hasil riveting	7,60		
28		Melepas clamping	6,34		
29		Handling OP 30 ke OP 50	24,89		
49	SK 3	Mengangkat Part, Letakan pada JIG 50	206,73	939,34	93,93%
30		kembali ke proses awal	48,30		
50		Kembali ke proses awal	70,06		
51		Setting part OP 50	12,53		
52		Memasang Insert	51,71		
53		Memasang mal positioning	50,61		
54		BOLT M16 (FULL ULIR) = 4 PCS	50,61		
55		BOLT M16 = 4 Pcs (setengah ulir)	50,58		
56		NUT M16 = 8 Pcs	50,42		
57		Memasang BOLT M20	93,90		
58		Memasang CF Upper Boogie	253,89		
59	SK 4	Memasang Strut= 3pcs	239,80	901,59	90,16%
60		Memasang NUT M16= 4Pcs	41,14		
61		Impact dan Torque NUT (Tahan BOLT (DENGAN KUNCIØ30)	237,89		
62		Impact dan Torque NUT M 16 (Tahan dengan Kunci M 24)	267,25		
63		Mengecek hasil (Marking)	5,91		
64		Melepas CF	23,39		
65		Melepas Clamping	29,36		
66		Handling Part ke Area PDC	18,11		
67		Mengecek Hole OK/NG:	23,48		
68		Handling Part ke F/G	15,26		

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.15 Rekapitulasi efisiensi dan *idle time* pada stasiun kerja lini perakitan Boogie Daimler

No	Stasiun Kerja	Waktu Standar (detik)	Efisiensi stasiun kerja (%)	Idle Time (detik)
1	OP 10	995,17	97,12%	4,83
2	OP 20	828,18	99,46%	172
3	OP 30	939,34	99,28%	60,66
4	OP 40	901,59	95,86%	98,41
Total		3664,28	391,72%	335,72
Rata-rata		916,07	97,93%	83,93

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- $$\text{Efisiensi Lintasan} = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K)(CT)} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lintasan} = \frac{3670}{4 \times 1000} \times 100\% = 91,75\%$$
- $$\text{Balance Delay} = 100\% - \text{efisiensi lintasan}$$

$$= 100\% - 91,75\%$$

$$= 8,25\%$$
- $$\text{Kapasitas Produksi} = \frac{\text{Waktu tersedia perhari}}{\text{Waktu Terlama}} = \frac{480 \times 60}{995,17} = 28,93 \text{ unit/hari}$$
- $$\text{Smoothness Index} = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{\max} - ST_i)^2}$$

$$\text{Smoothness Index} = \sqrt{112707,92} = 335,71 \text{ detik/unit}$$

Untuk perhitungan *smoothness index* pada Tabel 4.16 untuk stasiun kerja lini perakitan Boogie Daimler adalah sebagai berikut

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan *smoothness Index* kerja berdasarkan metode Rank

Position Weight trial and error 1

No	Stasiun Kerja	Waktu standar	$ST_{\max} - ST_i$	$(ST_{\max} - ST_i)^2$
1	SK 1	995,17	4,83	23,33
2	SK 2	828,18	171,82	29522,11
3	SK 3	939,34	60,66	3679,64
4	SK 4	901,59	98,41	9684,53
Total		3761,00	335,72	112707,92

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan perhitungan di atas didapat efisiensi lintasan sebesar 91,60%, *Balance Delay* sebesar 8,84% dan *Smoothness Index* sebesar 335,71 detik atau 6 menit. Hasil perhitungan ini berbeda dengan kondisi awal.

Tabel 4.17 Pembagian Stasiun kerja Berdasarkan Metode *Ranked Positional Weight Trial and error 2*

No Elemen Kerja	Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi SK (detik)	Efisiensi SK (%)
1	SK 1	Mengambil crossmember lower letakkan pada jig op 10	18,50	968,93	96,89%
2		Mengambil crossmember upper letakkan pada jig op 10	18,39		
3		Clamping	5,03		
4		Mengambil dan memasang paku Rivet	11,74		
5		Riveting (base on sequence rivetting)	4,67		
6		Mengecek hasil riveting	6,95		
7		Melepas Clamping	6,16		
8		Handling OP 10 ke OP 20	19,72		
9		Kembali ke proses awal	5,09		
10		Posisikan Part dari JIG OP 10 ke JIG OP 20	7,44		
11		Clamping	4,67		
12		Mengambil dan memasang Gusset Plate LWR LH & RH	12,31		
13		Clamping handvise	7,87		
14		Mengambil dan memasang paku rivet	6,46		
15		Riveting (base on sequence rivetting)	201,55		
16		Cek hasil riveting	7,30		
17		Buka Clamping	7,36		
18		Handling part OP 20 ke OP 30	7,93		
19		Kembali ke proses awal	33,97		
20		Posisikan part pada JIG OP 30	13,12		
21		Clamping	13,62		
22		Mengambil dan meletakkan Gusset Plate UPP LH/RH	66,60		
23		Clamping Handvise	13,77		
24		Mengambil dan memasang paku rivet RH	18,28		
25		Mengambil dan memasang paku rivet LH	18,24		
26		Riveting	393,36		
27		Cek hasil riveting	7,60		

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.17 Pembagian Stasiun kerja Berdasarkan Metode *Ranked Positional Weight Trial and error 2* (Lanjutan)

No Elemen Kerja	Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi SK (detik)	Efisiensi SK (%)
28	SK 1	Melepas clamping	6,34	968,93	96,89%
29		Handling OP 30 ke OP 50	24,89		
30	SK 2	kembali ke proses awal	48,30	985,31	98,53%
31		Unboxing komponen part OP 40	33,19		
32		Handling Komponen ke JIG OP 40	54,32		
33		Posisikan Part pada JIG OP 40	65,76		
34		Memasang Busce	33,72		
35		Mengambil dan memasang LU Rubber Bearing RA	32,64		
36		mengambil dan memasang Backing Shell Upper	165,09		
37		Clamping	20,10		
38		memasang Clamp C besar	11,03		
39		Mengencangkan Menggunakan Impact	32,71		
40		Mengambil dan memasang Backing Shell Lower	12,60		
41		Memasang Bolt HEX SCREW	24,40		
42		Memasang NUT	23,16		
43		IMPACT bergantian LH/RH min 4x	83,37		
44		Torque nut sampe terdengar bunyi click	166,88		
45		Melepas Clamp C besar	22,94		
46		Hasil Torque Ok diberi marking	11,81		
47		Mengecek kerapatan Backing shell Upp/Low	37,76		
48		Meletakkan part pada meja pembalik (hoist)	22,94		
50		Kembali ke proses awal	70,06		
51		Setting part OP 50	12,53		
49	SK 3	Angkat Part, Letakan pada JIG 50	206,73	965,1	96,51%
52		Memasang INSERT	51,71		
53		Memasang mal positioning	50,61		
54		BOLT M16 (FULL ULIR) = 4 PCS	50,61		

Tabel 4.17 Pembagian Stasiun kerja Berdasarkan Metode *Ranked Positional Weight Trial and error* (Lanjutan)

No Elemen Kerja	Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi SK (detik)	Efisiensi SK (%)
55	SK 3	BOLT M16 = 4 Pcs (setengah ulir)	50,58	965,1	96,51%
56		NUT M16 = 8 Pcs	50,42		
57		Pasang BOLT M20	93,90		
58		Pasang CF Upper Boogie	253,89		
60		Pasang NUT M16= 4Pcs	41,14		
63	SK 4	cek hasil (Marking)	5,91	965,1	96,51%
64		Lepaskan CF	23,39		
65		Lepaskan Clamping	29,36		
66		Handling Part ke Area PDC	18,11		
67		Cek Hole OK/NG:	23,48	744,94	74,49%
68		Handling Part ke F/G	15,26		
59		Pasang Strut= 3pcs	239,80		
61		Impact dan Torque NUT (Tahan BOLT (DENGAN KUNCIØ30)	237,89		
62		Impact dan Torque NUT M 16 (Tahan dengan Kunci M 24)	267,25		

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.18 Rekapitulasi efisiensi dan *idle time* pada stasiun kerja lini perakitan *Boogie Daimler* berdasarkan metode *Rank Position Weight trial and error 2*

No	Stasiun Kerja	Waktu Standar (detik)	Efisiensi stasiun kerja (%)	Idle Time (detik)
1	OP 10	968,93	97,12%	31,07
2	OP 20	985,31	99,46%	15
3	OP 30	965,1	99,28%	34,9
4	OP 40	744,94	95,86%	255,06
Total		3664,28	391,72%	335,72
Rata-rata		916,07	97,93%	83,93

- $$\text{Efisiensi Lintasan} = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K)(CT)} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lintasan} = \frac{3670}{4 \times 1000} \times 100\% = 91,75\%$$
- $$\text{Balance Delay} = 100\% - \text{efisiensi lintasan}$$

$$= 100\% - 91,75\%$$

$$= 8,25\%$$

- Kapasitas Produksi = $\frac{\text{Waktu tersedia perhari}}{\text{Waktu Terlama}} = \frac{480 \times 60}{985,31} = 29,22 \text{ unit/hari}$

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

$$\text{Smoothness Index} = \sqrt{67454,75} = 259,71 \text{ detik/unit}$$

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan *smoothness Index* kerja berdasarkan *metode Rank Position Weight trial and error 2*

No	Stasiun Kerja	Waktu standar	$ST_{\max} - ST_i$	$(ST_{\max} - ST_i)^2$
1	SK 1	968,93	31,07	965,34
2	SK 2	985,31	14,69	215,80
3	SK 3	965,1	34,90	1218,01
4	SK 4	744,94	255,06	65055,60
Total		3664,28	335,72	67454,75

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan perhitungan di atas didapat efisiensi lintasan sebesar 91,60%, *Balance Delay* sebesar 8,84% dan *Smoothness Index* sebesar 259,71 detik atau 4 menit. Hasil perhitungan ini berbeda dengan kondisi awal.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Lini Perakitan Pada Kondisi Awal

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan ada beberapa data yang dapat dianalisa pada kondisi awal, diantaranya adalah

1. Jumlah Stasiun Kerja & Efisiensi Lintasan Kondisi Awal

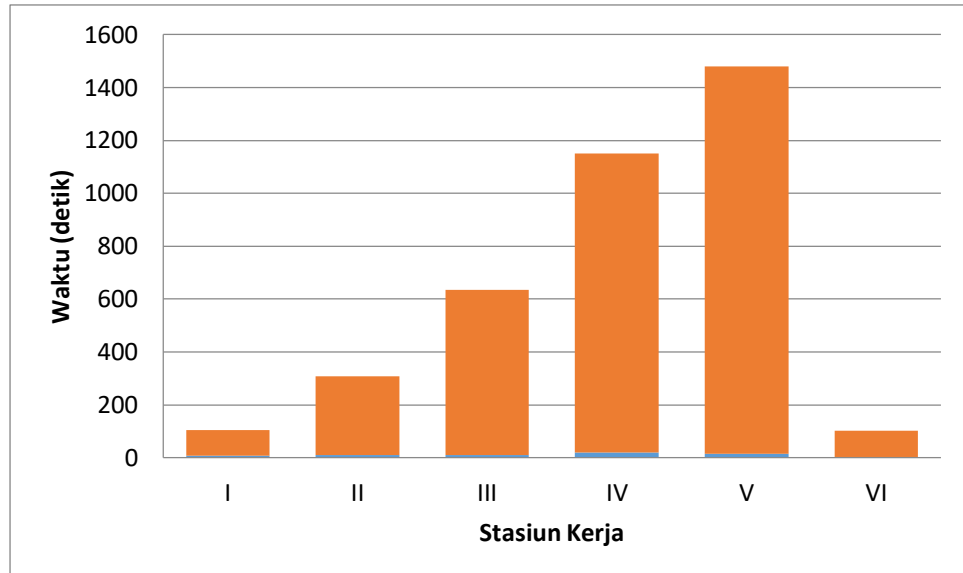
Pada perakitan boogie daimler kondisi awal terdapat 6 stasiun kerja dengan total waktu sebesar 3257 detik. Pada kondisi awal terdapat ketidakseimbangan pembagian elemen kerja yang terjadi antar stasiun kerja. Pembagian elemen kerja pada bagian lini perakitan boogie dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pembagian Elemen Kerja Tiap Stasiun Kerja Pada Bagian Lini Perakitan *Boogie Daimler* pada kondisi awal

Stasiun Kerja	Jumlah Elemen Kerja (kegiatan)	Waktu (detik)
I	9	96
II	10	297
III	11	624
IV	20	1131
V	15	1465
VI	3	100

Tabel 5.1 menunjukan tidak meratanya pembagian elemen kerja antar stasiun kerja. Terjadi ketidakseimbangan pada stasiun kerja VI yang hanya terdapat 3 elemen kerja dibandingkan stasiun kerja lainnya. Hal ini menyebabkan aliran perakitan lini perakitan menjadi tidak lancar. Pembagian elemen kerja yang tidak merata mengakibatkan waktu antar stasiun kerja menjadi tidak seimbang. Untuk

mempermudah menganalisis maka digunakan diagram batang dalam membacanya yang dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1. Grafik *Line Balancing* berdasarkan Waktu Baku Pada Kondisi Awal
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Gambar 5.1 menunjukkan adanya ketidakseimbangan waktu antar stasiun kerja. Ada perbedaan yang sangat ekstrim antara pembagian tugas di SK I dan SK VI. Pekerjaan di SK I terlalu sedikit dengan waktu pengerjaan sebesar 96 detik. Sedangkan pekerjaan pada SK V terlalu banyak dengan memakan waktu sebesar 1465 detik. Selisih waktu yang dibutuhkan antara SK V dan SK VI adalah 1365 detik. Karena pembagian tugas yang tidak seimbang, menyebabkan efisiensi lintasan hanya sebesar 54,26 %.

2. Keseimbangan Waktu Menunggu (*Balance Delay*) Kondisi Awal

Ketidakseimbangan lintasan yang ada saat ini menyebabkan adanya waktu menunggu di beberapa stasiun kerja. Waktu menunggu terbesar ada pada stasiun kerja VI (900 detik) dan total waktu menunggu sebesar 2287 detik. Hal ini menyebabkan nilai *balance delay* sebesar 45,74% yang berarti bahwa waktu produksi belum optimal dan jumlah waktu menunggu harus diminimasi.

3. *Smoothness Index* Kondisi Awal

Nilai *smoothness index* yang dihasilkan cukup besar yaitu 1579,93 detik atau 26 menit. *Smoothness Index* dikatakan sempurna apabila nilainya sama dengan nol

atau disebut juga *perfect balance*. Itu berarti kelancaran produksi yang terjadi pada kondisi awal belum tercapai.

4. Kapasitas Produksi Kondisi Awal

Pada kondisi awal kapasitas produksi pada bagian perakitan boogie daimler sebesar 19,60 unit per hari. (lihat halaman 61)

5.2 Analisis Penyeimbangan Lintasan Dengan Metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

Ada beberapa data yang dapat dianalisa pada kondisi setelah dilakukan penyeimbangan lintasan dengan metode RPW, diantaranya adalah :

1. Jumlah Stasiun Kerja & Efisiensi Lintasan

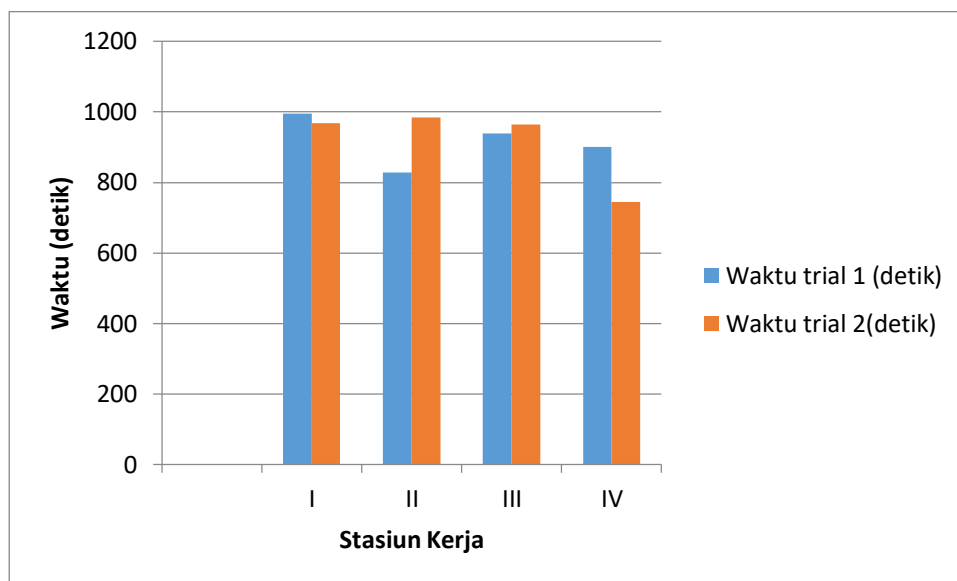
Pembebanan operasi pada kondisi awal dan saat usulan perbaikan dengan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) terdapat perbedaan. Menyusun ulang elemen kerja baru sehingga didapat jumlah stasiun kerja berkurang yaitu menjadi 4 stasiun kerja, dengan ketentuan waktu baku pada stasiun kerja tidak melampaui dari *Takt Time* yang telah ditetapkan perusahaan. Pembagian elemen kerja setelah dilakukan penyeimbangan lintasan dengan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pembagian Elemen Kerja Tiap Stasiun setelah menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

Stasiun Kerja	Jumlah Elemen Kerja (kegiatan) <i>Trial error 1</i>	Waktu (detik)
I	34	995,17
II	13	828,18
III	11	939,34
IV	10	901,59
Stasiun Kerja	Jumlah Elemen Kerja (kegiatan) <i>Trial error 2</i>	Waktu (detik)
I	29	968,93

Stasiun Kerja	Jumlah Elemen Kerja (kegiatan) <i>Trial error 1</i>	Waktu (detik)
II	21	985,31
III	15	965,1
IV	3	744,94

Dengan penyusunan ulang pembagian elemen kerja tiap stasiun kerja, maka dapat meningkatkan besarnya efisiensi lintasan dari 54,26 % pada kondisi awal menjadi 91,60% dengan usulan perbaikan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW). Untuk mempermudah menganalisis maka digunakan diagram batang dalam membacanya yang dapat dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.2. Grafik *Line Balancing* berdasarkan waktu standar pada Metode *Ranked Positional Weight*
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Gambar 5.2 menunjukkan waktu yang dibutuhkan tiap stasiun kerja hampir merata bila dibandingkan dengan kondisi awal. Kondisi tersebut terjadi karena dilakukan penyusunan ulang pembagian elemen kerja berdasarkan bobot posisi yang telah dihitung.

2. Keseimbangan Waktu Menunggu (*Balance Delay*)

Setelah dilakukan penyeimbangan lintasan dengan cara menyusun ulang pembagian elemen kerja berdasarkan metode RPW, maka didapatkan *Balance delay* pada sebesar 8,25%. Sedangkan sebelum usulan perbaikan sebesar 45,74%, turun sebesar 46,01% sehingga lebih mendekati 0%.

Sedangkan waktu menunggu (*idle time*) yang dapat menghambat laju produksi mengalami penurunan, dengan kondisi awal sebesar 2287 detik dan pada usulan perbaikan dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) turun menjadi 335,72 detik, sehingga laju produksi semakin lancar.

3. *Smoothness Index*

Nilai *smoothness index* yang dihasilkan dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) lebih kecil dibandingkan dengan kondisi awal yaitu 1579,93 detik 26 menit, sedangkan setelah menggunakan metode *rank position weight* sebesar 335,71 detik atau 6 menit pada trial 1 dan 259,71 detik atau 4 menit pada trial 2. *Smoothness Index* dikatakan sempurna apabila nilainya sama dengan nol atau disebut juga *perfect balance*.

4. Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi pada kondisi awal sebesar 19,6 unit per hari sedangkan kapasitas produksi pada usulan perbaikan dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) meningkat menjadi 28,93 unit per hari pada trial 1 dan 29,22 unit per hari. Hal ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan produktivitas sebesar 10 unit per hari.

5.2 Analisis Perbandingan Penyeimbangan Lini Kondisi Awal dengan Metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

Pada sub bab sebelumnya telah dibahas mengenai penyeimbangan kondisi awal dan metode yang digunakan dalam menganalisa keseimbangan lintasan pada bagian lini perakitan *Boogie Daimler* yaitu menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), yang dapat kita lihat perbandingannya dalam tabel 5.3.

Tabel 5.3. Perbandingan Metode-Metode dalam Penyeimbangan Lini

Keterangan	Kondisi Awal	RPW Trial 1	RPW Trial 2
Efisiensi Lintasan (%)	54,26%	91,75%	91,75%

<i>Idle Time</i> (detik)	2287 detik	335,72 detik	335,72 detik
<i>Balance Delay</i> (%)	45,74%	8,25%	8,25%
<i>Smoothness Index</i> (detik)	1579,93detik/unit	335,71detik/unit	259,71detik/unit
Kapasitas Produksi (unit/hari)	19,6 unit/hari	28,93 unit/hari	29,22 unit/hari

Dari Tabel 5.1 diatas dapat kita lihat bahwa metode *Ranked Positional Weight* (RPW) memberikan hasil berbeda dengan kondisi awal. Hal ini disebabkan karena adanya penyusunan ulang elemen kerja ditiap stasiun kerja yang mengakibatkan waktu antar stasiun kerja hampir merata. Penggunaan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) yang digunakan dapat memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan penggunaan stasiun kerja pada kondisi awal.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pada kondisi awal bagian lini perakitan *Boogie Daimler*, menunjukkan bahwa adanya kenaikan Efisiensi lintasan sebesar 37,49% dan penurunan *Balance delay* sebesar 46,01%, *Smoothness index* sebesar 1320,22 detik setelah menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW).
2. Kondisi setelah dilakukan penyeimbangan lini, Terjadi pengurangan jumlah stasiun kerja, dengan pembagian elemen kerja pada SK I 29 elemen kerja, SK 21 elemen kerja, SK 3 9 elemen kerja, SK 4 9 elemen kerja.
3. Kapasitas produksi setelah menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) mengalami kenaikan sebesar 10 unit per hari. Kapasitas produksi pada kondisi awal perharinya hanya sebesar 19,60 unit. Sedangkan setelah menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) menjadi sebesar 29,22 unit per hari hal ini menunjukkan bahwa keadaan kapasitas produksi yang dipergunakan sudah maksimal .

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di PT Gemala Kempa Daya, maka saran yang dapat diberikan untuk perbaikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mengambil aspek dari waktu proses dan belum menyentuh aspek tata letak dari lini perakitan perusahaan. Oleh karena itu disarankan penelitian ini dilanjutkan dengan memasukan faktor tata letak agar hasil atau rekomendasi dari penelitian ini menjadi lengkap dan siap untuk diaplikasikan.
2. Perusahaan sebaiknya memberikan beban kerja operator pada tiap stasiun kerja secara merata. Pembagian beban kerja operator dapat dilakukan

berdasarkan metode *Ranked Positional Weight* (RPW). Agar waktu menunggu (*Idle Time*) operator minimal sehingga total waktu baku per stasiun kerja hampir merata dan dapat meningkatkan efisiensi lini dan kapasitas produksi serta dapat mengurangi *Balance Delay* dan *Smothness Index*.

3. Alat bantu yang telah digunakan sebaiknya dikembangkan lagi menggunakan sistem pneumatik supaya lebih presisi dan digunakan secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Baroto, T. 2004. Simulasi Perbandingan Algoritma Region Approach, Positional Weight, dan Moodie Young dalam Efisiensi dan Keseimbangan Lini Produksi, Naskah Publikasi, Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Malang.
- Buffa, Elwood, 1996, *Manajemen Produksi & Operasi Modern*, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Barnes, R. M. 1968. *Motion and Time Study, Design and Measurement of Work* . New York: John Willey and Sons.
- Elsayed, A E and Thomas O. Boucher. 1994. *Analysis and Control of Production System, 2nd edition*, Prantice Hall International Editions.
- Gaspersz, Vincent, 2004, *Production Planning & Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufakturing 21*, Penerbit Vincent Foundation dan PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ginting, Rosnani, 2007, *Sistem Produksi*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Monden, Yasuhiro. 2010. *Sistem Produksi Toyota*. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- Ponnambalam, S. G. P Aravindan and G Mogileeswar Naidu. 2000. *A Multi-Objective Genetic Algorithm For Solving Assembly Line Balancing Problem*, Int J Manuf Technol 16: 341- 352
- Purnomo, H, 2003, *Pengantar Teknik Industri*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sutalaksana, Anggawisastra, Tjakraatmadja, 2006, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*, Bandung ITB.
- Sutalaksana, I.Z., dkk. 1979, *Teknik Tata Cara Kerja, Laboratorium Tata Cara Kerja & Ergonomi*, Departemen Teknik Industri ITB.
- Wignjosubroto, Sritomo, 1995, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Guna Widya, Surabaya.
- Wignjosubroto, Sritomo, 2006, *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*, Guna Widya, Surabaya.