TUGAS AKHIR – TI 184833

# PERBAIKAN PROSES FABRIKASI *BOGIE* PROYEK LRT JABODEBEK PT INKA MENGGUNAKAN *LEAN MANUFACTURING*

MOHAMMAD ZEHAN IRFANDA
NRP 02411640000187

PEMBIMBING:
Putu Dana Karningsih, S.T.,M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP. 197405081999032001

KO-PEMBIMBING:
H. Hari Supriyanto Ir., MSIE
NIP. 196002231985031002

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS AKHIR – TI 184833

# PERBAIKAN PROSES FABRIKASI *BOGIE* PROYEK LRT JABODEBEK PT INKA MENGGUNAKAN *LEAN MANUFACTURING*

MOHAMMAD ZEHAN IRFANDA
NRP 02411640000187

PEMBIMBING:
Putu Dana Karningsih, S.T.,M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP. 197405081999032001

KO-PEMBIMBING:
H. Hari Supriyanto Ir., MSIE
NIP. 196002231985031002

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

FINAL PROJECT – TI 184833

# IMPROVEMENT OF LRT JABODEBEK PROJECT BOGIE FABRICATION PROCESS IN PT INKA USING LEAN MANUFACTURING

MOHAMMAD ZEHAN IRFANDA
NRP 02411640000187

SUPERVISOR:
Putu Dana Karningsih, S.T.,M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP. 197405081999032001

CO-SUPERVISOR:
H. Hari Supriyanto Ir., MSIE
NIP. 196002231985031002

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEMS ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERBAIKAN PROSES FABRIKASI *BOGIE* PROYEK LRT JABODEBEK PT INKA MENGGUNAKAN *LEAN MANUFACTURING***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

Oleh:

**MOHAMMAD ZEHAN IRFANDA**

**NRP 02411640000187**

Disetujui oleh:

| Dosen Pembimbing Tugas Akhir, | Dosen Ko-Pembimbing Tugas Akhir, |
|---|---|
| **Putu Dana Karningsih, S.T.,M.Eng.Sc., Ph.D.** | **H. Hari Supriyanto Ir., MSIE** |
| **NIP. 197405081999032001** | **NIP. 196002231985031002** |

**SURABAYA, AGUSTUS 2020**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI

# PERBAIKAN PROSES FABRIKASI *BOGIE* PROYEK LRT JABODEBEK PT INKA MENGGUNAKAN *LEAN MANUFACTURING*


| | |
|---|---|
| Nama | : Mohammad Zehan Irfanda |
| NRP | : 02411640000187 |
| Pembimbing | : Putu Dana Karningsih, S.T.,M.Eng.Sc., Ph.D. |
| Ko-Pembimbing | : H. Hari Supriyanto Ir., MSIE |


## ABSTRAK


PT INKA (Persero) merupakan BUMN manufaktur kereta api terintegrasi pertama di Asia Tenggara. Salah satu produk PT INKA adalah *Light Rail Transit* (LRT) Jabodebek. Salah satu bagian proses produksi LRT adalah proses fabrikasi *bogie* Proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek memiliki beberapa masalah yang menghambat proses produksi. Masalah tersebut diantaranya adalah kesalahan perhitungan kebutuhan material, keterlambatan merilis *manufacturing drawing* (MD), ketidaksesuaian hasil proses dengan *drawing*, kesalahan spesifikasi material, kapasitas mesin *overload*, kerusakan material, hingga keterlambatan material. Masalah-masalah tersebut merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah dan berdampak pada panjangnya waktu produksi. Untuk mengatasi masalah, tugas akhir ini menggunakan *lean manufacturing* yang bertujuan untuk mengurangi pemborosan (aktivitas yang tidak memberi nilai tambah) pada proses produksi. Penelitian ini dimulai dengan pembuatan *time based process mapping* untuk membantu identifikasi pemborosan yang akan menggunakan *root cause analysis* yaitu *cause-and-effect diagram* dan *five whys*. Selanjutnya dilakukan *lean assessment matrix* 1 yang menghasilkan pemborosan kritis yaitu *waiting, overprocessing,* dan *overproduction*. Pemborosan kritis akan dicari rekomendasi perbaikannya menggunakan *lean assessment matrix* 2 dan dihasilkan rekomendasi perbaikan terpilih yaitu menghitung kapasitas produksi & rekomendasi penjadwalan ($WEA_1$). $WEA_1$ dapat menyelsaikan akar penyebab pemborosan *overproduction* dan *waiting* yaitu kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini (S2), kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya (S3) dan metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai (S13).



**Kata Kunci:** *Lean Manufacturing, Time Based Process Mapping, Root Cause Analysis, Lean Assessment Matrix*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# IMPROVEMENT OF LRT JABODEBEK PROJECT BOGIE FABRICATION PROCESS IN PT INKA USING LEAN MANUFACTURING


| | |
|---|---|
| Nama | : Mohammad Zehan Irfanda |
| NRP | : 02411640000187 |
| Pembimbing | : Putu Dana Karningsih, S.T.,M.Eng.Sc., Ph.D. |
| Ko-Pembimbing | : H. Hari Supriyanto Ir., MSIE |


## ABSTRACT


PT INKA (Persero) is the first integrated railroad manufacturing BUMN in Southeast Asia. One of PT INKA's products is the Jabodebek Light Rail Transit (LRT). Bogie fabrication process is part of the LRT production process. Bogie fabrication process of Jabodebek LRT has several problems that hinder the production process. These problems include miscalculating material requirements, delays in releasing manufacturing drawings (MD), mismatches between process results with drawings, material specification errors, machine overload capacity, material damage, and material delays. These problems are activities that do not provide added value and have an impact on the length of production time. To overcome the problem, this thesis uses lean manufacturing which aims to reduce waste (activities that do not add value) to the production process. This research begins with making time based process mapping to help identify wastes that will use root cause analysis, namely cause-and-effect diagrams and five whys. Furthermore, lean assessment matrix 1 is carried out which results in critical waste: waiting, overprocessing, and overproduction. Critical waste will be sought for improvement recommendations using lean assessment matrix 2 and the result is calculating production capacity & scheduling recommendations ($WEA_1$). WEA1 can solve the root causes of overproduction and waiting waste, which is the production capacity has not been updated to adjust to the current conditions (S2), the production capacity has not taken into account the capacity of each workstation or other facility (S3) and the scheduling method used is not appropriate (S13).



**Key Words:** Lean Manufacturing, Time Based Process Mapping, Root Cause Analysis, Lean Assessment Matrix

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkah, rahamat dan hidyah-Nya yang senantiasa dilimpahakan kepada penulis, sehingga bisa menyelasaikan Tugas Akhir dengan judul "Perbaikan Proses Fabrikasi Bogie Proyek LRT Jabodebek PT INKA Menggunakan *Lean Manufacturing*".

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini terutama kepada:

1. Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M. Eng.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing serta Bapak Ir. Hari Supriyanto, MSIE selaku dosen ko pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Pihak PT INKA Madiun, terutama untuk Ibu Ana selaku Manajer Perencanaan Produksi PT INKA atas bantuannya dalam membimbing penulis dan seluruh staf dan karyawan PT INKA.
3. Orang Tua Penulis, Dra. Epha Srimawati, M.Pd dan Ir. Irfan Ismail yang telah memberi segalanya untuk penulis.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik dan Sistem Industri, serta seluruh dosen dan staf Departemen Teknik dan Sistem Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
5. Keluarga Departemen Hubungan Luar HMTI ITS 17/18 dan Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Dasar HMTI ITS 18/19.
6. Teman-teman seperbimbingan Anis, Bebek, Laras, Nilam, Hita, Viudi, Depe.
7. Sahabat-sahabat yang sudah membantu Tugas Akhir penulis: Rino, Naren, Sasi, Bayu, Regus, Anggi, dan lain-lain.
8. Keluarga TI-32, ADHIGANA khususnya untuk anggota grup, *multichat circle-circle* dan sahabat yang sudah memberi dukungan moril dan hiburan selama pengerjaan Tugas Akhir

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan penulis terima untuk memperbaiki penulisan selanjutnya.

Surabaya, Mei 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

**ABSTRAK** ..... **i**

**ABSTRACT** ..... **iii**

**KATA PENGANTAR** ..... **v**

**DAFTAR ISI** ..... **vii**

**DAFTAR GAMBAR** ..... **xi**

**DAFTAR TABEL** ..... **xiii**

**BAB 1 PENDAHULUAN** ..... **1**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Perumusan Masalah ..... 8

1.3 Tujuan ..... 8

1.4 Manfaat ..... 9

1.5 Ruang Lingkup ..... 9

1.5.1 Batasan Penelitian ..... 9

1.5.2 Asumsi Penelitian ..... 9

1.6 Sistematika Penulisan ..... 9

**BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA** ..... **13**

2.1 *Lean Manufacturing* ..... 13

2.2 Pemborosan ..... 14

2.3 *Time Based Process Mapping* ..... 15

2.4 *Value Added Activity* (VA), *Necessary Non Value Added* (NNVA) dan *Non Value Added* (NVA) ..... 17

2.5 Root Cause Analysis ..... 18

2.5.1 *Cause-and-Effect Diagram* ..... 18

2.5.2 *Five Whys* ..... 19

2.6 *Modifikasi Waste Assessment Model* ..... 19

2.7 *Lean Assessment Matrix* ..... 23

2.8 Penelitian Terdahulu pada Objek Amatan ..... 27

2.8.1 Analisis Penerapan *Lean Manufacturing* untuk Meminimasi *Waste* pada Proses Produksi AC Kereta Api di PT Industri Kereta Api (Persero). . 27

2.8.2 Implementasi *Lean Manufacturing Car Body* Studi Kasus di PT. INKA (Persero)..... 29

2.8.3 *Lean Manufacturing Approach to Reduce Wastefulness During Production of Train Car-Body Using VALSAT Method* ..... 29

2.8.4 Perbaikan *Value Stream* Pada Proses Produksi Kereta Kelas Ekonomi Dengan Menggunakan Pendekatan *Lean Project*..... 31

**BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN ..... 35**

3.1 Tahap Identifikasi Proses Produksi..... 36

3.1.1 Penentuan Klasifikasi Aktivitas Proses Produksi Menggunakan *Time Based Process Mapping* ..... 36

3.2 Tahap Identifikasi Pemborosan..... 36

3.2.1 Identifikasi Pemborosan ..... 36

3.2.2 Identifikasi Akar Penyebab Pemborosan..... 37

3.2.3 Identifikasi Hubungan Antar Pemborosan ..... 37

3.2.4 Identifikasi Peringkat Pemborosan..... 38

3.3 Formulasi Rekomendasi Perbaikan..... 38

3.4 Kesimpulan dan Saran ..... 38

**BAB 4 IDENTIFIKASI PEMBOROSAN DAN PENYEBAB PEMBOROSAN ..... 39**

4.1 Struktur Organisasi ..... 39

4.2 Identifikasi Proses Produksi ..... 43

4.1.1 Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek ..... 45

4.1.2 *Time Based Process Mapping* Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek ..... 46
4.2 Identifikasi Pemborosan ..... 95
4.3 Analisis Akar Penyebab Pemborosan ..... 97
4.3.1 Rekapitulasi Akar Penyebab Pemborosan ..... 127
**BAB 5 IDENTIFIKASI PERINGKAT PEMBOROSAN ..... 129**
5.1 Identifikasi Hubungan Antar Pemborosan ..... 129
5.2 Penyusunan *Lean Matrix* 1 ..... 138
5.2.1 Penentuan Kriteria *Severity Level of Waste* ..... 139
5.2.2 Penentuan Kriteria *Occurrence Level of Root Cause of Waste* ..... 144
5.2.3 Perhitungan *Aggregate Cause Value* ..... 145
5.2.4 Perhitungan *Aggregate Waste Number* ..... 146
5.2.5 Penentuan *Waste Rank* ..... 147
**BAB 6 FORMULASI REKOMENDASI PERBAIKAN ..... 149**
6.1 Penyusunan Alternatif Rekomendasi Perbaikan ..... 149
6.1.1 Menghitung Kapasitas Produksi & Penjadwalan Produksi ..... 151
6.1.2 Pelatihan ..... 154
6.1.3 Investasi Mesin Las ..... 156
6.1.4 Investasi *Forklift* ..... 157
6.1.5 Evaluasi Kinerja *Supplier* ..... 158
6.1.6 Memperbaiki Perlindungan Material di *Central Part* ..... 160
6.1.7 Melakukan Pengukuran Kerja *Workstation* ..... 163
6.1.8 Memperbaiki Sistem *Quality Control* Material Perusahaan. ..... 164
6.1.9 Mengulas dan Memperbaiki SOP Perhitungan Material ..... 171
6.1.10 Memperbaharui Urutan Proses ..... 173
6.2 Pembentukan *Lean Matrix 2* ..... 174

6.2.1 Penjabaran Komponen *Waste Elimination Action* (WEA)..... 174

6.2.2 Penentuan Kriteria Penilaian *Effectiveness of Waste Elimination*. 175

6.2.3 Penentuan Kriteria Penilaian *Degree of Difficulty Performing Action* ..... 176

6.2.4 Perhitungan *Total Effectiveness of Waste Elimination Action* (TEm). ..... 176

6.2.5 Perhitungan *Effectiveness to Difficult Ratio* (ETDm) ..... 177

6.2.6 Penentuan Peringkat Rekomendasi Perbaikan ..... 178

**BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN ..... 181**

7.1 Kesimpulan ..... 181

7.2 Saran ..... 182

7.2.1 Saran untuk Perusahaan..... 182

7.2.2 Saran untuk Penlitian Selanjutnya ..... 183

**DAFTAR PUSTAKA ..... 185**

**LAMPIRAN .....xvii**

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur Proses Produksi LRT Jabodebek ..... 2
Gambar 1.2 Kereta Gandar 2 dan Kereta Ber-*Bogie*..... 4
Gambar 1.3 *Flowchart* Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek..... 5
Gambar 2.1 Contoh *Time Based Process Mapping* (TBPM)..... 17
Gambar 2.2 *Tree Diagram* Skor Hasil Kuesioner..... 21
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian..... 35
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT INKA ..... 41
Gambar 4.2 Struktur Organisasi Divisi Perencanaan & Pengendalian Produksi.. 42
Gambar 4.3 Alur Proses Produksi LRT Jabodebek ..... 44
Gambar 4.4 *Flowchart* Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek ..... 45
Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek..... 73
Gambar 5.1 *Direct waste relationship* ..... 137
Gambar 6.1 *Systemic Training Model*..... 155
Gambar 6.2 Mesin Las OTC Daihen XD350s ..... 156
Gambar 6.3 *Forklift* CT Power 5 ton ..... 157
Gambar 6.4 Tahapan Evaluasi Kinerja *Supplier*..... 159
Gambar 6.5 Penyimpanan Material di *Central Part* ..... 161
Gambar 6.6 Rekomendasi *Layout* PT INKA (Syarif & Putranto, 2019) ..... 162
Gambar 6.7 Aturan pergantian untuk *Normal, Tightened,* dan *Reduced Inspection* MIL STD 105E ..... 166

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Kuesioner Hubungan antar Pemborosan ..... 20
Tabel 2.2 Tabel Konversi Keterkaitan antar Pemborosan ..... 21
Tabel 2.3 Konversi nilai WRM ke *Waste Matrix Value* ..... 22
Tabel 2.4 Contoh *Waste Matrix Value* ..... 23
Tabel 2.5 *Lean Matrix 1* ..... 25
Tabel 2.6 *Lean Matrix* 2 ..... 27
Tabel 2.7 Tabel Perbandingan Penelitian *Lean* di PT INKA ..... 32
Tabel 2.8 Tabel Perbandingan Penelitian *Lean* di PT INKA (lanjutan) ..... 33
Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek..... 46
Tabel 4.2 Rekapitulasi TBPM ..... 95
Tabel 4.3 Identifikasi Pemborosan ..... 96
Tabel 4.4 Akar Penyebab Pemborosan *Motion* ..... 98
Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* ..... 100
Tabel 4.6 Akar Penyebab Pemborosan *Defect* ..... 109
Tabel 4.7 Akar Penyebab Pemborosan *Overproduction* ..... 111
Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory* ..... 113
Tabel 4.9 Akar Penyebab Pemborosan *Overprocessing* ..... 122
Tabel 4.10 Akar Penyebab Pemborosan *Unused Employee Creativity* ..... 126
Tabel 4.11 Akar Penyebab Pemborosan *Transportation* ..... 126
Tabel 4.12 Rekapitulasi Akar Penyebab Pemborosan ..... 127
Tabel 5.1 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Perencanaan Produksi..... 129
Tabel 5.2 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Fabrikasi ..... 131
Tabel 5.3 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Pengendalian Fabrikasi... 133
Tabel 5.4 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* ..... 135
Tabel 5.5 *Waste Relationship Matrix* ..... 138
Tabel 5.6 *Waste Matrix Value* ..... 138
Tabel 5.7 Kriteria *Severity Level of Waste Waiting* ..... 139
Tabel 5.8 Kriteria *Severity Level of Waste Defect* ..... 140
Tabel 5.9 Kriteria *Severity Level of Waste Excess Inventory* ..... 140
Tabel 5.10 Kriteria *Severity Level of Waste Overproduction* ..... 141

Tabel 5.11 Kriteria *Severity Level of Waste Transportation* ..... 141
Tabel 5.12 Kriteria *Severity Level of Waste Overprocessing* ..... 142
Tabel 5.13 Kriteria *Severity Level of Waste Motion* ..... 142
Tabel 5.14 Kriteria *Severity Level of Waste Unused Employee Creativity* ..... 143
Tabel 5.15 Kriteria *Occurrence* Keterlambatan Kedatangan Komponen PT INKA ..... 144
Tabel 5.16 Kriteria *Occurrence Level of Root Cause of Waste* ..... 144
Tabel 5.17 *Waste Rank* ..... 147
Tabel 6.1 Pemborosan Kritis dan Akar Penyebab Pemborosan ..... 149
Tabel 6.3 Estimasi Biaya Pelatihan ..... 156
Tabel 6.4 Harga Mesin Las ..... 157
Tabel 6.5 Harga *Forklift* ..... 158
Tabel 6.6 Kriteria Indikator Pengukuran Kinerja *Supplier* ..... 160
Tabel 6.7 Estimasi Perhitungan Biaya Pembangunan ..... 162
Tabel 6.8 *Sample Size Code Letters* (MIL STD 105E, *Table* 1) ..... 167
Tabel 6.9 *Master Table* untuk *Normal Inspection* untuk *Single Sampling* (Departemen Pertahanan AS MIL STD 105E, Tabel II-A) ..... 168
Tabel 6.10 *Master Table* untuk *Tightened Inspection* untuk *Single Sampling* (Departemen Pertahanan AS MIL STD 105E, Tabel II-B) ..... 169
Tabel 6.11 *Master Table* untuk *Reduced Inspection* untuk *Single Sampling* (Departemen Pertahanan AS MIL STD 105E, Tabel II-C) ..... 170
Tabel 6.12 Komponen *Waste Elimination Action* (WEA) ..... 174
Tabel 6.13 Kriteria Penilaian Efektivitas *Waste Elimination Action* dengan Akar Penyebab Pemborosan ..... 175
Tabel 6.14 Kriteria Penilaian *Degree of Difficulty Performing Action* (Dm) ..... 176
Tabel 6.15 Peringkat Rekomendasi Perbaikan ..... 178

# BAB 1
# PENDAHULUAN

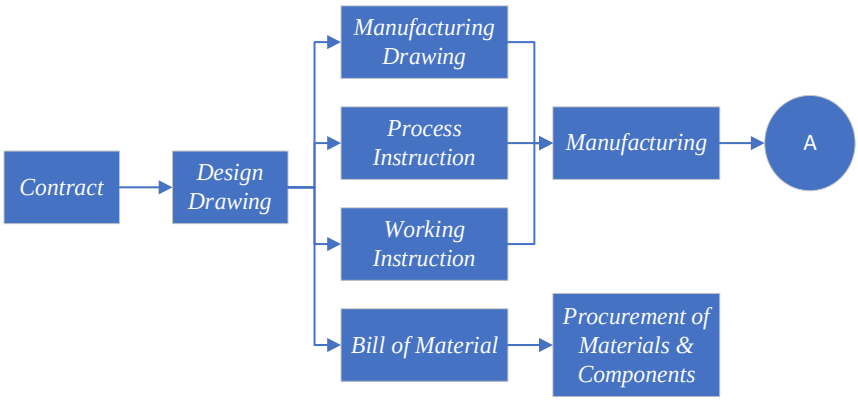
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan dari permasalahan, tujuan, manfaat, serta ruang lingkup serta batasan dan asumsi dari penelitian yang akan dilakukan.

## 1.1 Latar Belakang

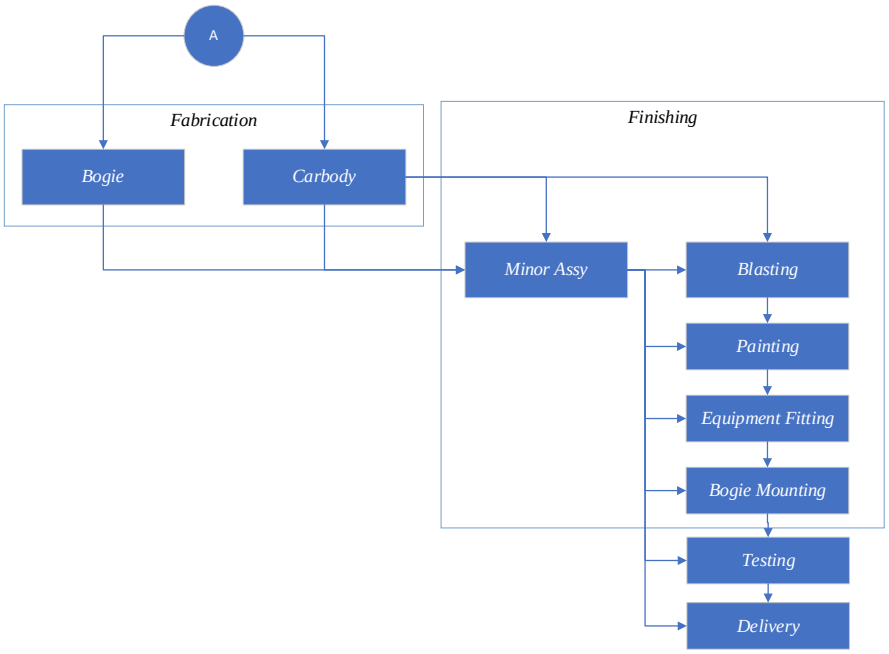
PT Industri Kereta Api atau PT INKA (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) manufaktur kereta api terintegrasi pertama di Asia Tenggara (PT Industri Kereta Api (Persero), 2018). Berbagai produk yang diproduksi PT INKA mulai dari gerbong barang hingga kereta penumpang telah digunakan baik di dalam negeri, hingga di berbagai negara di dunia. PT INKA juga telah mengembangkan beberapa komponen kereta dengan spesifikasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan, seperti bogie dan AC. Sebagai industri manufaktur, PT INKA memiliki proses produksi yang kompleks dan berbeda-beda untuk setiap produknya.

Salah satu produk yang dibuat oleh PT INKA adalah *Light Rail Transit* (LRT). Berdasarkan *Transportation Research Board's Urban Public Transportation Glossary* (1978), LRT adalah sistem kereta api listrik metropolitan yang dicirikan oleh kemampuannya untuk mengoperasikan kereta tunggal atau kereta api pendek dengan jalur eksklusif di permukaan tanah, pada struktur layang, di bawah tanah, atau kadang-kadang, di jalan-jalan dan untuk naik dan menurunkan penumpang di jalur mobil atau yang setingkat dengan jalur mobil. LRT dirancang untuk mengakomodasi berbagai lingkungan, termasuk jalan, median jalan bebas hambatan, jalur kereta api (beroperasi atau ditinggalkan), mal pejalan kaki, struktur bawah tanah atau udara, dan bahkan lapisan kanal yang dikeringkan. Karakteristik inilah yang paling jelas membedakannya dari moda kereta api lainnya. Karena fleksibilitas desain ini, LRT umumnya lebih murah untuk dibangun dan dioperasikan daripada mode *fixed-guideway* lainnya (Boorse, 2000).

Menurut Menteri Riset dan Teknologi (Menristek) Bambang Brodjonegoro, dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024, dicanangkan enam kota besar yang bakal memiliki sistem transportasi massal berbasis rel atau kereta api. Berdasarkan rencana tersebut, terdapat potensi kenaikan permintaan terhadap sistem transportasi massal berbasis rel atau kereta api. Menanggapi potensi kenaikan permintaan terhadap sistem transportasi massal berbasis rel atau kereta api, khususnya LRT, PT INKA selaku BUMN yang bergerak dibidang manufaktur kereta api dan transportasi harus meningkatkan keunggulan dari proses produksi agar tidak kalah bersaing dengan pesaing dari luar negeri. Gambar 1.1 menampilkan alur proses produksi LRT Jabodebek.



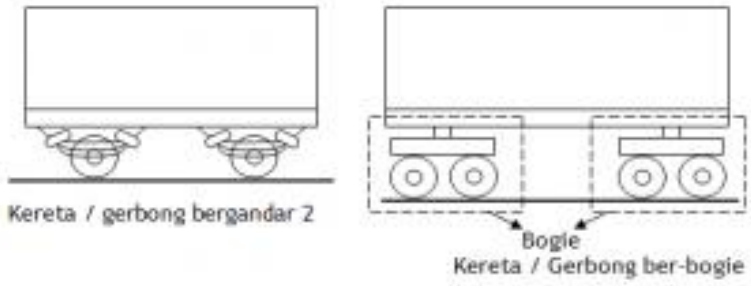

Gambar 1.1 Alur Proses Produksi LRT Jabodebek
(Sumber: Data Perusahaan)




Gambar 1.1 Alur Proses Produksi LRT Jabodebek (Lanjutan)
(Sumber: Data Perusahaan)

Saat ini PT INKA sedang memproduksi rangkaian kereta LRT Jabodebek. Jumlah *Train set* (TS) yang dipesan sebanyak 31 TS. Realisasi rencana produksi LRT Jabodebek mengalami ketidaksesuaian dengan jadwal yang telah direncanakan. TS 1 terlambat dikirim pada bulan Juni 2019. Akhirnya TS 1 baru dikirim pada bulan Oktober 2019. TS 2 telah dikirim pada bulan November 2019. TS 3 dan TS 4 yang direncanakan dikirim pada Desember 2019, gagal dikirm dikarenakan masih dalam proses *factory acceptance test* (FAT).

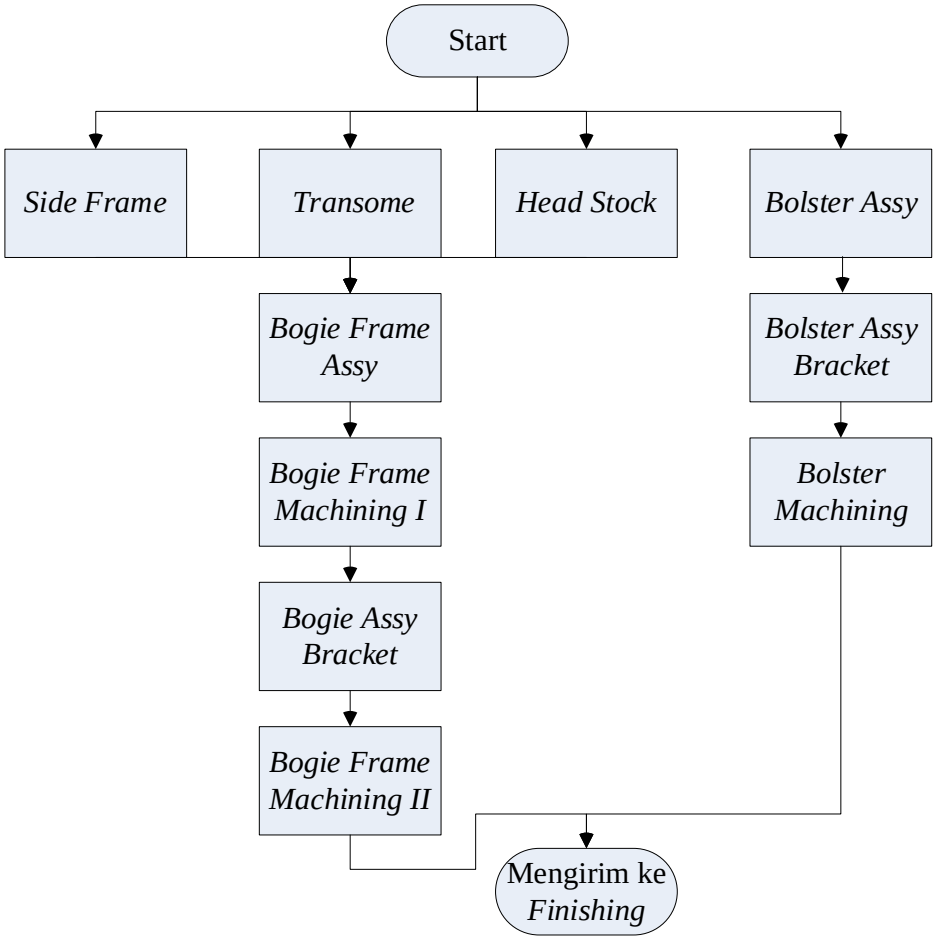
Untuk proses fabrikasi *carbody* proyek LRT Jabodebek, mayoritas dari komponen tidak dibuat di PT INKA, sedangkan untuk fabrikasi *bogie* mayoritas dibuat di PT INKA. *Bogie* merupakan sistem kesatuan roda pada kereta api, baik di kereta berpenggerak maupun kereta non penggerak. *Bogie* pada umumnya dipakai untuk roda yang jumlahnya lebih dari 2 gandar (As) dalam satu kereta (PT INKA, 2015)




Gambar 1.2 Kereta Gandar 2 dan Kereta Ber-*Bogie*
(Sumber: PT INKA, 2015)

*Bogie* adalah suatu konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang dilengkapi dengan sistem pemegasan, pengereman, dengan atau tanpa peralatan penggerak dan anti selip, serta keseluruhan berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta. *Bogie* dapat di lepas dan dipasangkan kembali jika sedang dilakukan perawatan (PT INKA, 2015). *Bogie* sendiri memiliki fungsi untuk menguatkan *railcar body*, berjalan dengan stabil di trek lurus dan lengkung, memastikan kenyamanan penumpang dengan menyerap getaran yang dihasilkan oleh lintasan yang menyimpang, meminimalkan dampak gaya sentrifugal ketika kereta berjalan pada tikungan pada kecepatan tinggi dan meminimalkan penyebab penyimpangan lintasan dan abrasi rel (Okamoto, 1998).

Gambar 1.3 merupakan *flowchart* dari proses fabrikasi *bogie*.




Gambar 1.3 *Flowchart* Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek
(Sumber: Data Perusahaan)

PT INKA memiliki kontrak dengan pelanggan untuk mengirimkan produk tepat waktu. Apabila pengiriman produk tidak tepat waktu, PT INKA harus membayar sejumlah denda. Denda dapat diartikan sebagai kerugian untuk perusahaan karena perusahaan harus mengeluarkan biaya yang seharusnya tidak dikeluarkan oleh perusahaan. Selain hal tersebut, kepercayaan pelanggan terhadap PT INKA dapat menurun, sehingga PT INKA berpotensi kehilangan pelanggan apabila proses produksinya tidak mampu memenuhi waktu pengerjaan yang diharapkan pelanggan. Sebagai contoh untuk proyek LRT Jakarta fase I koridor I Kelapa Gading-Velodrome, pemerintah memutuskan menggunakan kereta produksi perusahaan Korea Selatan. Keputusan tersebut diambil karena perusahaan tersebut memiliki kemampuan yang bisa diandalkan demi mengejar target

pengoperasian yaitu sekitar satu tahun setelah pemesanan (Simorangkir, 2018). Durasi pengerjaan tersebut tidak mampu dipenuhi oleh PT INKA.

PT INKA perlu meningkatkan efisiensi dan produktivitasnya untuk menghindari denda akibat keterlambatan dan potensi kehilangan pelanggan, khususnya untuk proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. Proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek memiliki beberapa masalah yang menghambat proses produksi. Masalah tersebut diantaranya adalah kesalahan perhitungan kebutuhan material, keterlambatan merilis *manufacturing drawing* (MD), ketidaksesuaian hasil proses dengan *drawing*, kesalahan spesifikasi material, kapasitas mesin dan fasilitas *overload*, kerusakan material, hingga keterlambatan material. Kesalahan perhitungan kebutuhan material untuk *bogie assy* menyebabkan proses *bogie assy* tertunda karena harus menunggu material tambahan. Akibatnya proses produksi terhambat menunggu material tiba. Keterlambatan merilis MD menyebabkan proses produksi *bolster* harus terhenti karena menunggu detail spesifikasi produk. Ketidaksesuaian hasil proses dengan *drawing* menyebabkan perlu adanya penyesuaian tambahan atau pekerjaan tambahan pada proses agar hasil proses dapat sesuai dengan *drawing*. Kesalahan spesifikasi material untuk proses *bolster assy* yang datang menyebabkan perusahaan perlu mendatangkan material pengganti. Kapasitas mesin *overload* akibat mesin dipakai bergantian dengan proyek yang lain dan terdapat pekerjaan tambahan proyek lain yang sifatnya darurat. Kapasitas mesin dan fasilitas *overload* menyebabkan proses produksi tertunda karena harus menunggu mesin atau fasilitas siap digunakan. Salah satu mesin atau fasilitas yang penuh adalah *laser cutting* yang akan memproses *bogie frame assy*. Berikutnya fasilitas yang *overload* adalah *stabling* kereta (tempat parkir kereta). Penumpukkan tersebut salah satunya disebabkan karena LRT tidak dapat dikirim akibat fasilitas pendukung LRT Jabodebek di Jakarta belum siap. Penumpukkan pada *stabling* menyebabkan proses produksi LRT, termasuk *bogie* harus ditunda. Kerusakan material terjadi pada proses *bogie assy* ketika material tersebut akan dipasang, sehingga perlu dilakukan pengadaan material ulang. Keterlambatan material menyebabkan proses produksi harus menunggu material tiba.

Masalah-masalah tersebut dapat diselesaikan 1 minggu hingga 1 bulan setelah masalah muncul. Masalah-masalah tersebut menyebabkan waktu proses

produksi atau *lead time* menjadi bertambah daripada perencanaan awal. *Lead time* yang panjang merupakan hal yang tidak diinginkan oleh perusahaan karena mengurangi efisiensi produksi. Salah satu cara untuk mengurangi *lead time* adalah dengan menghilangkan aktivitas yang tidak bernilai tambah. Aktivitas yang tidak bernilai tambah dapat diartikan sebagai pemborosan. Pemborosan harus dihilangkan agar proses proses produksi memiliki *lead time* lebih singkat, mengurangi biaya dan meningkatkan kepercayaan pelanggan.

Terdapat berbagai macam cara yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang terjadi pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. Beberapa diantaranya adalah memperbaiki penjadwalan, menambah jumlah mesin, membangun gudang, mengevaluasi *supplier* dan memperbaiki sistem *quality control.* Namun cara-cara tersebut membutuhkan sumber daya perusahaan, baik itu uang, tenaga kerja, waktu dan sumber daya lainnya. Perusahaan perlu menentukan prioritas cara apa yang akan dipakai untuk menyelesaikan masalah pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek berdasarkan seberapa efektif cara yang dipakai dan seberapa sulit cara tersebut diimplementasikan berdasarkan sumber daya perusahaan.

Langkah yang dapat dilakukan PT. INKA untuk dapat menghilangkan atau mengurangi kegiatan yang tidak bernilai tambah (pemborosan) adalah dengan menggunakan pendekatan *lean manufacturing*. Tujuan *Lean Manufacturing* adalah menjadi sangat responsif terhadap permintaan pelanggan dengan mengurangi pemborosan. *Lean Manufacturing* bertujuan menghasilkan produk dan layanan dengan biaya terendah dan secepat yang diminta oleh pelanggan (Jaiprakash & Sangwan , 2014). Untuk membantu implementasi *lean manufacturing* dapat menggunakan alat bantu yang disebut *Lean Assessment Matrix* ini terdiri dari dua matriks tetapi dapat mencakup seluruh tahapan implementasi *lean* mulai dari pemborosan dan identifikasi penyebabnya, penentuan prioritas pemborosan kritis serta memberikan alternatif rencana pengurangan sampah dan peringkatnya (Karningsih, Pangesti, & Suef, 2019).

*Lean manufacturing* terbukti dapat meingkatkan efisiensi proses produksi PT INKA. Beberapa penelitian sebelumnya di PT INKA telah mengaplikasikan pendekatan ini namun untuk produk yang berbeda. Shabrina Nur Hanifati (2018)

melakukan penerapan *lean manufacturing* pada proses produksi AC Kereta Api PT INKA dan menghasilkan perbaikan berupa pemangkasan jarak sepanjang 1.75 meter dari *workstation* 3 ke *workstation* 4, berdasarkan ukuran dimensi manusa (*antropometri*) rata-rata bahu orang dewasa (laki-laki). Penelitian berikutnya adalah penelitian dari Herwindo et al., (2017) pada proses produksi *carbody*. Berdasarkan perhitungan PAM (*process activity mapping*) didapat waktu dari *current map* adalah 29.905 menit dalam memproduksi *car body* kereta, tereduksi menjadi 26.795 menit di mana pengurangan *waste* sebesar 3.110 menit. Riset selanjutnya adalah dari Auliandri dan Alfiani (2018) yang mengimplementasikan *lean manufacturing* pada proses produksi *train carbody* dan dapat mengurangi *lead time* sekitar 15,65%. Kemudian penelitian dari Laksono (2010) yang menggunakan *lean project* untuk mengurangi *lead time* pada proses produksi kereta kelas ekonomi PT INKA yang pada awalnya adalah 146.5 hari menjadi 134.4 hari. Belum ada penelitian tentang *lean manufacturing* di PT INKA yang membahas mengenai proses fabrikasi *bogie* maupun pada proyek LRT Jabodebek, sehingga mengimplementasikan *lean manufacturing* pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek dapat digunakan untuk menlengkapi penelitian yang telah ada.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana mengurangi atau mengeliminasi pemborosan pada proses fabrikasi *bogie* proyek LRT Jabodebek PT INKA sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses fabrikasi *bogie* proyek LRT Jabodebek PT INKA.

## 1.3 Tujuan

Berikut ini merupakan tujuan yang didapatkan dari penelitian ini:

1. Mengidentifikasi pemborosan yang terjadi pada proses fabrikasi *bogie* proyek LRT Jabodebek serta menentukan pemborosan yang paling kritis.
2. Mencari akar permasalahan penyebab pemborosan kritis yang terjadi pada proses fabrikasi *bogie* proyek LRT Jabodebek.

3. Memberikan rekomendasi untuk mengatasi akar masalah penyebab pemborosan pada proses fabrikasi *bogie* proyek LRT Jabodebek

## 1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah rekomendasi perbaikan yang apabila diimplementasikan dapat meningkatkan efisiensi proses produksi PT. INKA khususnya untuk proses fabrikasi *bogie* proyek LRT Jabodebek sehingga dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap PT INKA.

## 1.5 Ruang Lingkup

Pada subbab berikut akan dibahas mengenai ruang lingkup penelitian. Ruang lingkup penelitian terdiri dari batasan dan asumsi. Berikut merupakan ruang lingkup penelitian ini

### 1.5.1 Batasan Penelitian

Berikut adalah batasan dari penelitian:

1. Penelitian dilakukan hingga tahap rekomendasi perbaikan.
2. Pemetaan proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek (*Time Based Process Mapping*) berdasarkan pemetaan yang telah dilakukan oleh pihak perusahaan.

### 1.5.2 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah tidak ada perubahan kondisi pada sistem produksi dan proyek LRT Jabodebek selama rentang waktu penelitian.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai sistematika penelitian ini

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan berisi tentang hal-hal yang mendasari dilakukannya tugas akhir. Pada bab ini juga memaparkan mengenai masalah yang terjadi pada objek amatan sehingga penelitian dapat memberikan manfaat. Bagian tersebut meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang diperoleh dari penelitian, ruang lingkup penilitan yang terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab 2 akan dijelaskan mengenai dasar teori, konsep, serta metode yang akan digunakan sebagai landasan dalam penyusunan penelitian tugas akhir. Tinjauan pustaka yang digunakan berasal dari berbagai literatur seperti buku, jurnal, *paper* serta penelitian sebelumnya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Langkah-langkah tersebut akan dijelaskan secara rinci.

BAB 4 IDENTIFIKASI PEMBOROSAN DAN PENYEBAB PEMBOROSAN

Pada bab ini akan dilakukan proses identifikasi terhadap jenis pemborosan yang terjadi pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek dan penyebabnya. Proses identifikasi dilakukan dengan pembuatan *Process Activity Mapping* untuk mengetahui aktivitas proses produksi lebih menyeluruh. Penyebab terjadinya setiap jenis pemborosan pada proses produksi dengan menggunakan *Root Cause Analysis* yaitu *Cause-and-Effect Diagram* dan *Five Whys.*

BAB 5 IDENTIFIKASI PERINGKAT PEMBOROSAN

Pada Bab 5 akan dibahas mengenai pemeringkatan jenis pemborosan yang paling memberikan dampak terhadap proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek, pemeringkatan pemborosan akan diidentifikasi menggunakan bantuan *lean assessment matrix,* yaitu *lean matrix* 1. *Lean matrix* 1 yang menghasilkan bobot

dari masing-masing pemborosan dan ditemukan pemborosan yang paling memberikan dampak terhadap proses produksi.

BAB 6 FORMULASI REKOMENDASI PERBAIKAN

Pada Bab 6 akan dibahas mengenai formulasi rekomendasi perbaikan. Hasil *lean matrix* 1 akan menjadi acuan untuk formulasi rekomendasi perbaikan. Beberapa rekomendasi perbaikan yang dirancang sebisa mungkin mampu menyelesaikan pemborosan yang paling memberikan dampak terhadap proses produksi. Rekomendasi-rekomendasi perbaikan yang sudah diformulasikan dipilih menggunakan *lean matrix* 2.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengolahan data, dan saran yang direkomendasikan untuk objek penelitian dan penelitian selanjutnya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB 2
# TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka yang menjadi dasar teori pada penelitian.

## 2.1 *Lean Manufacturing*

*Lean Manufacturing* adalah filosofi untuk memberikan kualitas produk yang lebih baik dengan biaya lebih rendah dan tepat waktu dengan upaya yang lebih sedikit. *Lean Manufacturing* didefinisikan sebagai sebuah filosofi yang didasarkan pada *Toyota Production System* dan praktik manajemen jepang lainnya yang berusaha untuk memperpendek garis waktu antara pesanan pelanggan dan pengiriman produk akhir dengan menghilangkan pemborosan secara konsisten. *Lean manufacturing* bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan disemua aspek bisnis dan dengan memperkaya nilai dari perspektif pelanggan (Modi & Thakkar, 2014). Sejumlah besar pemborosan yang terjadi di sebagian besar organisasi dan menunjukkan bahwa "serangan" sistematis terhadap pemborosan, baik didalam perusahaan maupun di sepanjang rantai pasokan, dapat memiliki manfaat luar biasa bagi profitabilitas jangka pendek dan prospek jangka panjang perusahaan dan organisasi. Terdapat tujuh jenis pemborosan yang dapat diterima secara umum, yaitu *overproduction, waiting, transport, inappropriate processing, unnecessary inventory, unnecessary motion, defects* (Hines & Rich, 1997).

Terdapat lima langkah yang sudah dilakukan oleh 50 perusahaan yang sudah menerapkan *lean*, diantaranya yaitu (Womack & Jones, 2003):

1. Mendefinisikan nilai secara tepat dari perspektif pelanggan dalam konteks spesifik produk dengan kapabilitas spesifik yang ditawarkan pada harga dan waktu tertentu
2. Mengidentifikasi seluruh aliran nilai untuk setiap produk atau keluarga produk dan menghilangkan pemborosan
3. Menciptakan aliran dalam *value stream*

4. Merancang dan menyediakan apa yang diinginkan pelanggan hanya ketika pelanggan menginginkannya
5. Mengejar kesempurnaan.

## 2.2 Pemborosan

Salah satu tujuan utama *Lean Manufacturing* adalah identifikasi dan penghapusan kegiatan-kegiatan yang tidak bernilai tambah, yang dikenal sebagai pemborosan atau dalam istilah Jepang "*muda*", dalam proses produksi (Verrier, Rose, & Caillaud, 2016). Berikut adalah jenis-jenis pemborosan menurut Liker (2004):

- *Overproduction*: Memproduksi barang-barang yang tidak ada pesanan, yang menghasilkan pemborosan seperti kelebihan staf dan penyimpanan dan biaya transportasi karena kelebihan persediaan. Selain itu, menurut Hines & Taylor (2000), *overproduction* adalah ketika memproduksi terlalu banyak atau terlalu cepat, menghasilkan arus informasi atau barang yang buruk dan kelebihan persediaan.
- *Waiting*: Pekerja hanya bekerja untuk menonton mesin otomatis atau harus berdiri menunggu langkah proses selanjutnya, alat, pasokan, bagian, dan lain-lain, atau sekadar tidak punya pekerjaan karena kehabisan stok, penundaan pemrosesan banyak, waktu henti peralatan, dan *bottleneck* kapasitas.
- *Transportation*: Membawa pekerjaan dalam proses (WIP) jarak jauh, menciptakan perpindahan yang tidak efisien, atau memindahkan bahan, bagian, atau barang jadi ke dalam atau keluar dari penyimpanan atau di antara proses.
- *Overprocessing*: Mengambil langkah yang tidak dibutuhkan untuk memproses bagian-bagian. Pemrosesan yang tidak efisien karena alat dan desain produk yang buruk, menyebabkan gerakan yang tidak perlu dan menghasilkan cacat. Pemborosan dihasilkan ketika menyediakan produk berkualitas lebih tinggi dari yang diperlukan.

- *Excess Inventory*: Kelebihan bahan baku, *Work in Process* (WIP), atau barang jadi menyebabkan waktu tunggu yang lebih lama, barang menjadi usang/rusak, biaya transportasi dan penyimpanan, dan keterlambatan. Inventaris tambahan menyembunyikan masalah seperti ketidakseimbangan produksi, keterlambatan pengiriman dari pemasok, cacat, waktu henti peralatan, dan waktu pemasangan yang lama.
- *Motion*: Setiap gerakan karyawan yang sia-sia yang harus dilakukan selama pekerjaan mereka, seperti mencari, meraih, atau menumpuk komponen, peralatan dan lain-lain. Selain itu, berjalan adalah *waste*. Menurut (Melton, 2005), *motion* juga termasuk pergerakan data, keputusan, dan informasi yang berlebihan.
- *Defect*: Memproduksi bagian yang rusak atau *rework*. Perbaikan atau pengerjaan ulang, *scrap*, memproduksi pengganti, dan inspeksi berarti penanganan, waktu, dan usaha yang sia-sia.
- *Unused employee creativity*: Kehilangan waktu, ide, keterampilan, peningkatan, dan peluang belajar dengan tidak melibatkan atau mendengarkan karyawan.

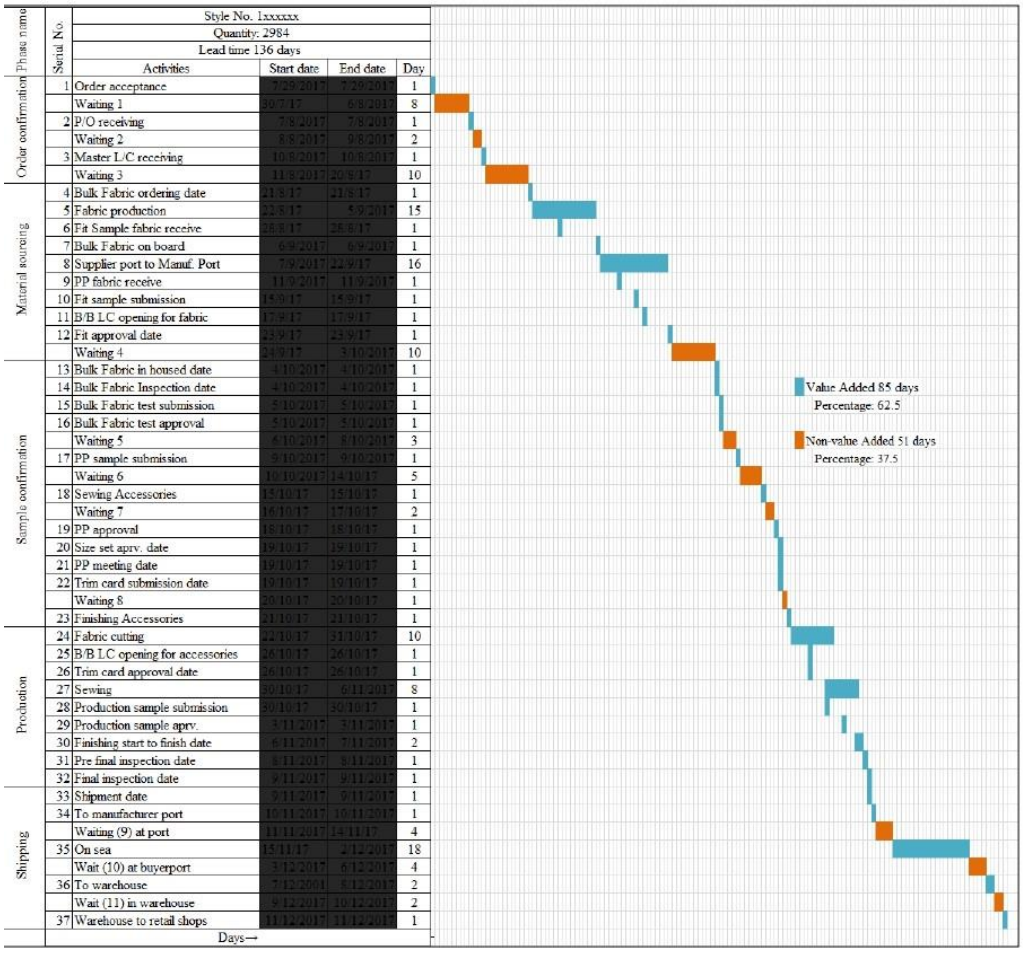
## 2.3 *Time Based Process Mapping*

Hines & Rich (1997) menyebutkan bahwa *Time Based Process Mapping* (TBPM) termasuk salah satu *seven value stream mapping tools* yang disebutkan dalam sebagai salah satu nama lain dari *supply chain response matrix*. TBPM dikembangkan untuk menanggapi kebutuhan untuk menujukkan konsumsi waktu dalam bentuk yang jelas dan kuat secara visual. TBPM dirancang untuk menampilkan proses bisnis dalam bentuk sederhana yang mewakili cara kerja dalam kenyataan, menampilkan (seringkali secara unik) fitur spesifik yang berkaitan dengan proses bisnis, memberikan cara sederhana untuk memahami apa yang harus diubah, memberikan momentum yang cukup untuk mendorong perubahan dan mengatasi segala kendala (Gregory & Rawling, 1997).

Berikut adalah langkah untuk membuat TBPM:

1. Identifikasi dan ekstrak data dan informasi yang relevan dari catatan wawancara dan / atau kuesioner.
2. Sketsa diagram alir dari beberapa detail sehingga hubungan dan dependensi dapat diklarifikasi sebelum membangun TBPM.
3. Dengan menggunakan diagram alir di atas dan informasi waktu terperinci, tentukan kira-kira berapa lama waktu proses bisnis total yang dikonsumsi dari awal hingga akhir. Pada tahap ini abaikan hubungan paralel (*multi-dependent*) dan proses pendukung.
4. Plot skala waktu pada TBPM. Total waktu lapse (dari poin 3) akan menentukan nilai unit waktu, misalnya hari atau minggu, dan rentang. Buat daftar urutan proses bisnis. Pada tahap ini mungkin bermanfaat untuk meninggalkan celah untuk stok yang ada di antara keterkaitan.
5. Gambarlah di *process bars* dengan mewakili durasinya yang diukur terhadap skala waktu. Idealnya adalah waktu rata-rata, namun jika waktu maksimum dan minimum merupakan masalah utama yang potensial, maka ini juga dapat dimasukkan dalam TBPM dengan dua cara. Baik menggambar TBPM untuk setiap skenario atau menggabungkan semua skenario pada satu peta.
6. Hubungkan proses sekuensial dan pisahkan kegiatan paralel yang bergantung banyak ke dalam proses terpisah

   Gambar 2.1 adalah contoh dari TBPM.



| Phase name | Serial No. | Style No. 1xxxxxx<br>Quantity: 2984<br>Lead time 136 days<br>Activities | Start date | End date | Day |
|---|---|---|---|---|---|
| Order confirmation | 1 | Order acceptance | 7/29/2017 | 7/29/2017 | 1 |
| | | Waiting 1 | 30/7/17 | 6/8/2017 | 8 |
| | 2 | P/O receiving | 7/8/2017 | 7/8/2017 | 1 |
| | | Waiting 2 | 8/8/2017 | 9/8/2017 | 2 |
| | 3 | Master L/C receiving | 10/8/2017 | 10/8/2017 | 1 |
| | | Waiting 3 | 11/8/2017 | 20/8/17 | 10 |
| Material sourcing | 4 | Bulk Fabric ordering date | 21/8/17 | 21/8/17 | 1 |
| | 5 | Fabric production | 22/8/17 | 5/9/2017 | 15 |
| | 6 | Fit Sample fabric receive | 28/8/17 | 28/8/17 | 1 |
| | 7 | Bulk Fabric on board | 6/9/2017 | 6/9/2017 | 1 |
| | 8 | Supplier port to Manuf. Port | 7/9/2017 | 22/9/17 | 16 |
| | 9 | PP fabric receive | 11/9/2017 | 11/9/2017 | 1 |
| | 10 | Fit sample submission | 15/9/17 | 15/9/17 | 1 |
| | 11 | B/B LC opening for fabric | 17/9/17 | 17/9/17 | 1 |
| | 12 | Fit approval date | 23/9/17 | 23/9/17 | 1 |
| | | Waiting 4 | 24/9/17 | 3/10/2017 | 10 |
| Sample confirmation | 13 | Bulk Fabric in housed date | 4/10/2017 | 4/10/2017 | 1 |
| | 14 | Bulk Fabric Inspection date | 4/10/2017 | 4/10/2017 | 1 |
| | 15 | Bulk Fabric test submission | 5/10/2017 | 5/10/2017 | 1 |
| | 16 | Bulk Fabric test approval | 5/10/2017 | 5/10/2017 | 1 |
| | | Waiting 5 | 6/10/2017 | 8/10/2017 | 3 |
| | 17 | PP sample submission | 9/10/2017 | 9/10/2017 | 1 |
| | | Waiting 6 | 10/10/2017 | 14/10/17 | 5 |
| | 18 | Sewing Accessories | 15/10/17 | 15/10/17 | 1 |
| | | Waiting 7 | 16/10/17 | 17/10/17 | 2 |
| | 19 | PP approval | 18/10/17 | 18/10/17 | 1 |
| | 20 | Size set aprv. date | 19/10/17 | 19/10/17 | 1 |
| | 21 | PP meeting date | 19/10/17 | 19/10/17 | 1 |
| | 22 | Trim card submission date | 19/10/17 | 19/10/17 | 1 |
| | | Waiting 8 | 20/10/17 | 20/10/17 | 1 |
| | 23 | Finishing Accessories | 21/10/17 | 21/10/17 | 1 |
| Production | 24 | Fabric cutting | 22/10/17 | 31/10/17 | 10 |
| | 25 | B/B LC opening for accessories | 26/10/17 | 26/10/17 | 1 |
| | 26 | Trim card approval date | 26/10/17 | 26/10/17 | 1 |
| | 27 | Sewing | 30/10/17 | 6/11/2017 | 8 |
| | 28 | Production sample submission | 30/10/17 | 30/10/17 | 1 |
| | 29 | Production sample aprv. | 3/11/2017 | 3/11/2017 | 1 |
| | 30 | Finishing start to finish date | 6/11/2017 | 7/11/2017 | 2 |
| | 31 | Pre final inspection date | 8/11/2017 | 8/11/2017 | 1 |
| | 32 | Final inspection date | 9/11/2017 | 9/11/2017 | 1 |
| Shipping | 33 | Shipment date | 9/11/2017 | 9/11/2017 | 1 |
| | 34 | To manufacturer port | 10/11/2017 | 10/11/2017 | 1 |
| | | Waiting (9) at port | 11/11/2017 | 14/11/17 | 4 |
| | 35 | On sea | 15/11/17 | 2/12/2017 | 18 |
| | | Wait (10) at buyerport | 3/12/2017 | 6/12/2017 | 4 |
| | 36 | To warehouse | 7/12/2001 | 8/12/2017 | 2 |
| | | Wait (11) in warehouse | 9/12/2017 | 10/12/2017 | 2 |
| | 37 | Warehouse to retail shops | 11/12/2017 | 11/12/2017 | 1 |
| | | Days→ | | | |



Gambar 2.1 Contoh *Time Based Process Mapping* (TBPM)
Sumber: (Moin, Iqbal, Malek, & Haque, 2020)

## 2.4 *Value Added Activity* (VA), *Necessary Non Value Added* (NNVA) dan *Non Value Added* (NVA)

*Value added activity* (VA) merupakan aktivitas-aktivitas dalam perusahaan atau rantai pasok yang secara langsung berkontribusi untuk memuaskan konsumen atau aktivitas-aktivitas yang konsumen akan senang untuk membayarnya. *Necessary non value added* (NNVA) adalah aktivitas yang tidak menambah nilai yang diperlukan dibawah sistem operasi atau peralatan saat ini. NNVA cenderung sulit untuk dihilangkan dalam jangka pendek tetapi mungkin untuk menghilangkan dalam jangka menengah dengan mengubah peralatan atau proses. *Non value added* (NVA) aktivitas-aktivitas dalam perusahaan atau rantai pasok yang tidak secara langsung berkontribusi untuk memenuhi persyaratan konsumen akhir atau sebagai kegiatan yang konsumen tidak akan senang membayarnya (Hines & Taylor, 2000).

## 2.5 Root Cause Analysis

*Root Cause Analysis* (RCA) adalah proses mengidentifikasi faktor-faktor penyebab menggunakan pendekatan terstruktur dengan teknik yang dirancang untuk memberikan fokus untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah. *Tools* yang membantu kelompok atau individu dalam mengidentifikasi akar penyebab masalah dikenal sebagai *root cause analysis tools*. *Root Cause Analysis* adalah metode langkah demi langkah yang mengarah pada penemuan kesalahan atau akar penyebab. Investigasi RCA melacak jejak sebab dan akibat dari kegagalan akhir kembali ke penyebab utama. Banyak metode *root cause analysis* telah muncul dari literatur sebagai standar umum untuk mengidentifikasi akar penyebab (Mahto & Kumar, 2008). Metode RCA antara lain adalah *Cause-and-Effect Diagrams, Five Whys, Management Oversight and Risk Tree Analysis, Tree Diagrams, Change Analysis* (Pojasek, 2000).

### 2.5.1 *Cause-and-Effect Diagram*

Menurut Liliana (2016) *Cause-and-Effect Diagram* atau disebut juga diagram "ishikawa" atau "*fishbone*" merupakan pendekatan berbasis diagram untuk memikirkan semua kemungkinan penyebab masalah. Hal tersebut membantu untuk melakukan analisis situasi secara menyeluruh. Ada empat langkah untuk menggunakan metode ini (Liliana, 2016):

1. Identifikasi masalah.
2. Cari tahu faktor-faktor utama yang terlibat dalam masalah.
3. Identifikasi kemungkinan penyebab masalah.
4. Analisis diagram.

Penyebab masalah biasanya dikelompokkan ke dalam kategori utama untuk mengidentifikasi sumber-sumber variasi ini. Kategori biasanya meliputi (Liliana, 2016):

- *Man*: Siapa saja yang terlibat dalam proses.
- *Method*: Bagaimana proses dilakukan dan persyaratan khusus untuk melakukannya, seperti kebijakan, prosedur, aturan, peraturan, dan hukum.

- *Machine*: Semua peralatan, komputer, peralatan, dan lain-lain yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan.
- *Material*: Bahan baku, bagian, pena, kertas, dan lain-lain yang digunakan untuk menghasilkan produk akhir.
- *Environment*: Kondisi, seperti lokasi, waktu, suhu, dan budaya di mana proses beroperasi.

### 2.5.2 *Five Whys*

*Five Whys* merupakan metode untuk menentukan akar penyebab masalah. *Five Whys* rata-rata membutuhkan lima iterasi untuk menentukan akar penyebab masalah. *Five Whys* mudah digunakan, tidak memerlukan formulir atau alat dan tidak melibatkan pelatihan ekstensif. Pada proses pencarian akar masalah mungkin terdapat beberapa akar penyebab masalah, *Five Whys* hanya akan mengarah ke salah satu dari akar penyebab masalah. Kembali ke masalah lalu ulangi proses *Five Whys* untuk mengungkap penyebab lain sampai masalah diperbaiki.

Hal yang penting dalam setiap analisis akar masalah adalah keabsahan informasi. Informasi terkini dan akurat sangat penting untuk berhasil menentukan akar penyebab kesalahan. Sebagian besar waktu yang dihabiskan dalam analisis akar penyebab masalah adalah mengumpulkan informasi dan memverifikasinya (Zidel, 2006).

## 2.6 *Modifikasi Waste Assessment Model*

*Waste Assessment Model* (WAM) adalah pendekatan yang dikembangkan oleh Rawabdeh (2005) yang bertujuan untuk menyelidiki pemborosan pada proses produksi. WAM merupakan metode penilaian yang bertujuan membantu perusahaan untuk mengidentifikasi akar penyebab pemborosan. WAM terdiri dari beberapa komponen yaitu *seven waste relationship* (SWR), *waste relationship matrix* (WRM), dan *waste assessment questionnaire* (WAQ). Model untuk dapat menyelesaikan masalah pemborosan atau *waste* ini akan memberikan *output* berupa penilaian terhadap pemborosan pada suatu proses produksi.

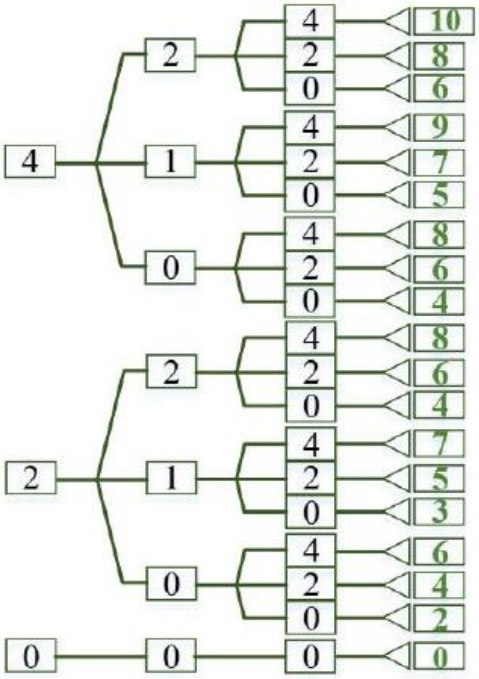
WAM dimodifikasi dalam *Lean Assessment Matrix* untuk menghitung bobot keterkaitan antar pemborosan. WAM yang digunakan adalah SWR dan WRM. Untuk menentukan hubungan antar pemborosan yaitu SWR, Kuesioner SWR yang digunakan adalah kuesioner nomor 1,2 dan 3 (Karningsih, Pangesti, & Suef, 2019). Berikut merupakan kuesioner WRM nomor 1,2 dan 3.

Tabel 2.1 Tabel Kuesioner Hubungan antar Pemborosan

| No | Pertanyaan | Pilihan Jawaban | Skor |
|---|---|---|---|
| 1 | Apakah i mengakibatkan atau menghasilkan j | a. Selalu | 4 |
| | | b. Kadang-kadang | 2 |
| | | c. Jarang | 0 |
| 2 | Bagaimana hubungan antara i dan j | a. Jika i naik, maka j naik | 2 |
| | | b. Jika i naik, maka j tetap | 1 |
| | | c. Tidak tentu, tergantung keadaan | 0 |
| 3 | Dampak j disebabkan oleh i | a. Tampak secara langsung dan jelas | 4 |
| | | b. Perlu waktu untuk muncul | 2 |
| | | c. Tidak sering terlihat | 0 |

Sumber: (Rawabdeh, 2005)

Hasil semua jawaban dari setiap hubungan ditambahkan, menghasilkan penjumlahan keseluruhan. Penjumlahan itu dicatat di kolom skor, dimana skor menunjukkan kekuatan dari setiap hubungan antar pemborosan. Skor yang lebih tinggi mewakili hubungan yang lebih kuat dan sebaliknya. Probabilitas hasil skor jawaban kuesioner hubungan antar pemborosan ditunjukkan pada Gambar 2.2.




Gambar 2.2 *Tree Diagram* Skor Hasil Kuesioner
Sumber: (Pangesti, 2019)

Konversi *range* nilai WRM juga dimodifikasi dikarenakan perbedaan jumlah pertanyaan sehingga skor yang dihasilkan berbeda. Tabel 2.2 adalah modifikasi *range* nilai WRM.

Tabel 2.2 Tabel Konversi Keterkaitan antar Pemborosan

| **Range** | **Simbol** | **Jenis Hubungan** |
|---|---|---|
| 0 | X | Tidak Ada Hubungan |
| 1-2 | U | Sangat Lemah |
| 3-4 | O | Lemah |
| 5-6 | I | Sedang |
| 7-8 | E | Kuat |
| 9-10 | A | Sangat Kuat |

Sumber: (Pangesti, 2019)

Pada implementasi tool WRM dilakukan dua kali konversi nilai, yaitu konversi skor jawaban dari kuesioner ke dalam *waste relationship matrix* (sesuai konversi nilai pada Tabel 2.2) dan konversi nilai dari *waste relationship matrix* ke *waste matrix value*. Luaran dari *waste relationship matrix* adalah hubungan

keterkaitan dan bobot hubungan antar pemborosan sedangkan luaran dari *waste matrix value* adalah bobot hubungan antar pemborosan yang ditunjukkan dengan persentase pemborosan. Konversi *waste relationship matrix* ke *waste matrix value* menggunakan skala likert yang ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Konversi nilai WRM ke *Waste Matrix Value*

| **Range** | **Simbol** |
|---|---|
| 0 | X |
| 2 | U |
| 4 | O |
| 6 | I |
| 8 | E |
| 10 | A |

Sumber: (Rawabdeh, 2005)

Setelah membuat *waste relationship matrix*, maka dilakukan pencarian bobot hubungan antar pemborosan. Untuk mencari bobot hubungan antar pemborosan perlu dilakukan proses konversi nilai pada *waste relationship matrix* menjadi *waste matrix value* dengan menggunakan skala likert seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3. Tabel 2.4 menujukkan contoh *waste matrix value* yang melibatkan bobot hubungan antar waste.

Bobot yang dihasilkan dari *waste matrix value* selanjutnya digunakan pada proses *Lean Assessment Matrix* (LAM) 1 yang akan dijelaskan pada subbab 2.7. Bobot *matrix value* yang dipakai adalah bentuk *matrix from to*. *Matrix value from* menunjukkan jika suatu pemborosan memiliki nilai *from* tinggi maka pemborosan tersebut memiliki peluang besar untuk memberikan pengaruh terhadap munculnya pemborosan yang lain. Sedangkan jika pemborosan memiliki nilai *to* tinggi, maka pemborosan tersebut akan mudah muncul jika terjadi pemborosan yang lain.

Tabel 2.4 Contoh *Waste Matrix Value*

| F/T | O | I | D | M | T | W | P | E | S | Skor | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **O** | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 6 | 2 | 0 | 66 | 15.2 % |
| **I** | 0 | 10 | 6 | 8 | 8 | 4 | 0 | 6 | 4 | 46 | 10.6 % |
| **D** | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 2 | 0 | 64 | 14.7 % |
| **M** | 2 | 2 | 4 | 10 | 2 | 8 | 8 | 0 | 0 | 36 | 8.3% |
| **T** | 0 | 0 | 10 | 1 | 10 | 10 | 1 | 6 | 0 | 38 | 8.8% |
| **W** | 0 | 8 | 8 | 2 | 2 | 10 | 2 | 4 | 6 | 42 | 9.7% |
| **P** | 0 | 2 | 8 | 10 | 8 | 10 | 10 | 2 | 0 | 50 | 11.5 % |
| **E** | 0 | 2 | 6 | 6 | 4 | 0 | 2 | 10 | 0 | 30 | 6.9% |
| **S** | 0 | 2 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 2 | 10 | 62 | 14.3 % |
| **Skor** | 16 | 46 | 72 | 67 | 64 | 66 | 49 | 34 | 20 | 434 | 100% |
| **%** | 3.7 % | 10.6 % | 16.6 % | 15.4 % | 14.7 % | 15.2 % | 11.3 % | 7.8 % | 4.6 % | 100.0 % | |

Sumber: (Pangesti, 2019)

## 2.7 *Lean Assessment Matrix*

*Lean Assessment Matrix* (LAM) merupakan metode yang dikembangkan oleh Karningsih et al. (2019). LAM, terdiri dari dua matriks tetapi dapat mencakup tahap lengkap implementasi *lean* mulai dari pemborosan dan identifikasi penyebabnya, prioritas pemborosan kritis serta memberikan alternatif rencana pengurangan pemborosan dan peringkatnya. *Lean Assessment Matrix* dikembangkan dengan memodifikasi *House of Risk Matrix* dan terintegrasi dengan menggabungkan *Waste Relationship Matrix*.

Pada dasarnya, pengembangan LAM mengikuti logika yang sama dengan *House of Risk*. Beberapa modifikasi diterapkan agar sesuai dengan tujuan implementasi *lean*. Selain itu, untuk mengambil hubungan antar pemborosan ke dalam alat ini, alat ini terintegrasi dengan pendekatan *Waste Relationship Matrix* (WRM). Untuk mengidentifikasi tujuan kegiatan yang tidak bernilai tambah (pemborosan), metode-metode umum seperti *Value Stream Mapping*, *Big Picture Mapping* atau *Process Activity Mapping* masih digunakan sebelum menggunakan LAM.

LAM memiliki dua matriks, yaitu: *lean matrix* 1 dan *lean matrix* 2. *Lean matrix* 1 bertujuan mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang tidak bernilai tambah yang dikategorikan ke dalam jenis-jenis pemborosan. Untuk setiap aktivitas *non added value* (pemborosan), sumber akar pemborosan ditentukan dengan menerapkan *root cause analysis.* Selanjutnya, nilai dampak dari masing-masing akar masalah pemborosan ke pemborosan terkait ditentukan berdasarkan nilai 1, 3 dan 9 (masing-masing rendah, sedang, tinggi hubungan secara berurutan). Bobot setiap pemborosan ditentukan dengan menghitung hubungan antara seluruh pemborosan menggunakan kuesioner WRM (Tabel 2.1) tetapi hanya pertanyaan nomor 1 hingga 3 yang diterapkan untuk LAM

*Lean matrix* 1 menentukan peringkat jenis pemborosan karena konsep *lean* lebih berfokus pada penghapusan pemborosan sehingga manajemen puncak umumnya perlu memprioritaskan satu atau beberapa pemborosan tertentu yang secara signifikan mempengaruhi operasi manufaktur mereka. Setelah nilai tingkat keparahan, kejadian dan dampak ditentukan, maka *Aggregate Cause Value* (ACV) dihitung berdasarkan rumus 2.1:

$$ACV_i = O_i \sum S_j I_{ij} \tag{2.1}$$

Dimana $O_j$ = tingkat kejadian dari akar permasalahan, $S_i$ = tingkat keparahan dari pemborosan yang terjadi, dan $I_{ij}$ = Nilai dampak akar penyebab pemborosan j terhadap pemborosan i

Lean Matrix 1 menggunakan *Aggregate Waste Number* (AWN) untuk menentukan peringkat pemborosan yang dipengaruhi oleh jenis pemborosan k (WTk) menurut rumus dibawah ini.

$$AWN_i = WT_k S_i \sum O_j I_{ij} \tag{2.2}$$

Setelah AWN dihitung maka peringkat pemborosan diterapkan untuk setiap pemborosan (*non added value activity*). Untuk memutuskan pemborosan yang paling signifikan, aturan Pareto atau *expert judgement* dapat diterapkan.

Tabel 2.5 *Lean Matrix 1*

| | | *Root Source of Waste* | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waste Type* | *Non Value Added Activity (Waste)* | S1 | S2 | S3 | Sj | *Waste Type Weight* | *Severity Level of Waste* | *Aggregate Waste Number* | *Waste Rank* |
| *Defect* | W1 | Iij | | | | WTk | Si | AWNi | |
| | W2 | | | | | | | | |
| *Overproduction* | W3 | | | | | | | | |
| *Waiting* | W4 | | | | | | | | |
| *Transportation* | W5 | | | | | | | | |
| *Over Inventory* | W6 | | | | | | | | |
| *Motion* | W7 | | | | | | | | |
| *Over Processing* | W8 | | | | | | | | |
| *Environtment, Health and Safety* | W9 | | | | | | | | |
| *Underutilized People's Skill* | W10 | | | | | | | | |
| *Occurrence Level of Root Source of Waste j* | | Oj | | | | | | | |
| *Aggregate Cause Value* | | ACVi | | | | | | | |

Sumber: (Karningsih, et al., 2019)

*Lean matrix* 2 bertujuan untuk menentukan peringkat alternatif tindakan pennghilangan pemborosan berdasarkan sumber akar pemborosan yang dipilih dari *lean matrix* 1. Pertama, satu atau lebih alternatif tindakan eliminasi pemborosan diformulasikan untuk setiap akar penyebab pemborosan terpilih. Kemudian, tingkat keefektifan tindakan dalam menghilangkan / mengurangi keberadaan sumber akar pemborosan ($E_{mj}$) diukur berdasarkan tiga nilai, yaitu: 1, 3 dan 9 (yaitu rendah, sedang dan tinggi). Selanjutnya, nilai total efektivitas tindakan pembuangan pemborosan ($TE_m$) dihitung dari jumlah total perkalian antara *aggregate cause* (AC) dengan efektivitas tindakan ini seperti yang ditunjukkan dalam persamaan

$$TE_m = \sum ACV_i E_{mj} \tag{2.3}$$

Dimana $TE_m$ = total efektifitas tindakan pembuangan pemborosan m, ACi = *Aggregate Cause* i, $E_{mj}$ = tingkat efektivitas tindakan m dalam menghilangkan / mengurangi sumber akar pemborosan j.

Selanjutnya, tingkat kesulitan melakukan tindakan m ($D_m$) ditentukan oleh tingkat pendanaan yang dibutuhkan dan sumber daya lainnya dalam melakukan tindakan. Dalam LAM menggunakan tiga tingkat kesulitan (yaitu 3 = rendah, 4 = sedang, dan 5 = tinggi).

Setelah didapatkan nilai tingkat efektivitas dan tingkat kesulitan, selanjutnya dilakukan perhitungan rasio antara tingkat efektivitas total dengan tingkat kesulitan yaitu *effectiveness to difficulty ratio* (ETDm). Perhitungan rasio dilakukan untuk menentukan prioritas perbaikan dengan melihat *waste elimination action* yang paling efektif dan tingkat kesulitan dalam penerapan *waste elimination action*. Perhitungan rasio keduanya dilakukan dengan menggunakan persamaan

$$ETD_m = \frac{TE_m}{D_m} \tag{2.4}$$

Setelah nilai $ETD_m$ ditentukan, maka peringkat prioritas tindakan dari $ETD_m$ tertinggi ke $ETD_m$ terendah dapat disajikan.

Tabel 2.6 *Lean Matrix* 2

| | | *Waste Elimination Action* | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Waste Type* | *Root Source of Waste* | $WEA_1$ | $WEA_2$ | $WEA_m$ | *Aggregate Cause i* |
| | S1 | | | | |
| | S2 | | | | |
| | Sj | | | | |
| *Total Effectiveness of Waste Elimination Action* m (Tem) | | | | | |
| *Degree of difficulty performing action* m (Dm) | | | | | |
| *Effectiveness to difficulty ratio* (ETDm) | | | | | |
| *Rank of action priority* | | | | | |

Sumber: (Karningsih, et al., 2019)

## 2.8 Penelitian Terdahulu pada Objek Amatan

Penelitian terdahulu mengenai pembahasan permasalahan proses produksi yang diselesaikan dengan menggunakan pendekatan *lean manufacturing* pernah dilakukan beberapa kali sebelumnya. Berikut merupakan beberapa penelitian yang pernah dilakukan pada PT. INKA.

### 2.8.1 Analisis Penerapan *Lean Manufacturing* untuk Meminimasi *Waste* pada Proses Produksi AC Kereta Api di PT Industri Kereta Api (Persero).

Penelitian ini dilakukan oleh Shabrina Nur Hanifati pada tahun 2018. Penelitian ini membahas mengenai penerapan *lean manufacturing* pada proses produksi AC Kereta Api yaitu produk AC 36.000 Kkal. Dalam proses produksi AC sendiri terkadang masih terdapat alur proses produksi yang tidak teratur. Hal tersebut dikarenakan adanya keterlambatan bahan baku atau komponen untuk

membuat AC. Waktu dalam produksi AC terbilang lama karena adanya tes kebocoran yang harus sering dilakukan agar tidak terjadi *defect* pada AC dan bila ada *defect* pada AC tersebut harus segera diperbaiki sebelum dipasang ke gerbong AC agar tidak terjadi hal yang fatal ketika digunakan. Terdapat pula jarak yang cukup jauh antara gedung tempat produksi AC dengan tempat pemasangan AC ke gerbong kereta api.

Penelitian ini menggunakan metodologi *six sigma* yaitu DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control)*. Identifikasi dan analisis pemborosan dilakukan menggunakan metode *value stream mapping* (VSM), *value stream analysis tools* (VALSAT), dan *cause effect diagram* (*fishbone*), sedangkan pengukuran produktivitas menggunakan metode *objective matrix* (OMAX) dengan pembobotan *Fuzzy* AHP.

Total waktu *lead time* sebesar 98.540,42 detik dengan total waktu siklus sebesar 33.001,91 detik. Sehingga diperoleh nilai *process cycle efficiency* sebesar 34.36%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perusahaan masih berada pada kondisi *unlean.* Diketahui terdapat permasalahan adanya proses yang tidak memiliki nilai lebih yang dilakukan berulang-ulang dan adanya transportasi yang Panjang (berlebih). Selanjutnya, didapatkan masing-masing nilai dari 7 *waste* yaitu untuk *waste inappropriate processing* memiliki presentase cukup besar yaitu 50,27%. Untuk *excessive transportation* memiliki presentase sebesar 27,45%. Sedangkan untuk *unnecessary motion* dan *waiting* memiliki presentasi *waste* sebesar 11,14%. Untuk *defect, overproduction,* dan *unnecessary inventory* memiliki presentasi *waste* sebesar 0,00%. Selain itu, diketahui aktivitas transportasi yang Panjang juga terjadi karena jarak antara bagian *workstation* 3 ke *workstation* 4 memiliki jarak sejauh 3 m. Sehingga diperlukan perbaikan melalui perancanagan ulang tata letak lantai produksi agar proses produksi berjalan dengan efisien. Hasil dari perbaikan adalah memangkas jarak *workstation* 3 ke *workstation* 4 menjadi 1,75 m, berdasarkan ukuran dimensi manusa (*antropometri*) rata-rata bahu orang dewasa (laki-laki). Perbaikan peta aliran nilai dilakukan untuk waktu proses yang tidak memiliki nilai tambah dapat dihilangkan dengan cara tidak melakukan kegiatan-kegiatan tersebut.

### 2.8.2 Implementasi *Lean Manufacturing Car Body* Studi Kasus di PT. INKA (Persero)

Penelitian ini dilakukan oleh Herwindo et al. (2017). Penelitian ini berfokus pada proses produksi *car body*. Penelitian ini menggunakan *value stream mapping*, identifikasi *seven waste* menggunakan kuesioner, *root cause analysis* (*fishbone diagram*), *value stream analysis tools* (VALSAT), *process activity mapping* (PAM), *failure mode and effect analysis* (FMEA).

Berdasarkan hasil kuesioner *seven waste*, *waste* yang paling dominan adalah *waiting*, diikuti oleh *waste overprocessing, motion, transportation, overproduction, defect,* dan *inventory* secara berurut. Selanjutnya setiap *waste* dilakukan analisa penyebab terjadinya *waste* dan rekomendasi perbaikan untuk menghilangkan penyebab *waste*. Berdasarkan FMEA, terdapat beberapa rekomendasi perbaikan untuk rujukan manajemen dalam menentukan antisipasi terhadap potensi *waste*. Rekomendasi tersebut antara lain, membakukan prosedur standar disetiap *preparing* proses, pengawasan oleh tenaga ahli untuk memantau awal proses, peningkatan kinerja QC, mencermati desain kontruksi *car body* dengan cara simulasi, melatih atau merekrut tenaga kerja yang ahli dalam bidang interior dan *fitting equipment.*

Dari perhitungan PAM (*process activity mapping*) didapat waktu dari *current map* adalah 29.905 menit dalam memproduksi *car body* kereta, tereduksi menjadi 26.795 menit di mana pengurangan *waste* sebesar 3.110 menit. Jumlah aktivitas pada PAM (*process activity mapping*) juga tereduksi dari semula 84 menjadi 74 aktivitas produksi.

### 2.8.3 *Lean Manufacturing Approach to Reduce Wastefulness During Production of Train Car-Body Using VALSAT Method*

Penelitian dilakukan oleh Tuwanku Aria Auliandri dan Nida Chofiya Alfiani pada tahun 2018. Penelitian dilakukan di Divisi Fabrikasi PT. INKA pada proses produksi kereta *carbody.* Ada beberapa langkah dalam penelitian ini, yaitu menggambar *current state mapping*, menganalisis penyebab kegiatan pemborosan berdasarkan kuesioner menggunakan VALSAT, mengidentifikasi penyebab pemborosan, merumuskan saran untuk perbaikan pada proses produksi kereta *car*

*body*, menggambarkan *future state mapping*, menarik kesimpulan dan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut.

Berdasarkan hasil kuesioner, persentase aktivitas pemborosan yang terjadi ketika produksi kereta *carbody* di Divisi Fabrikasi adalah *waiting time* sebesar 22,52%, *unnecessary inventory* sebesar 18,75%, *transportation cost* sebesar 14,98%. Penyebab pemborosan adalah keterlambatan bahan baku, kurangnya kemampuan pekerja, kapasitas mesin tidak memadai dan ruang dan sarana pengangkutan tidak mencukupi. Berdasarkan hasil VALSAT, *tool* yang dipilih adalah *process activity maping* dan *supply chain response matrix*. *Fishbone diagram* dilakukan dengan empat kategori: *man, method, material* dan *machine*. Dari kategori *man,* penyebab pemborosan adalah kurangnya kemampuan dan pelatihan pada tenaga kerja. Dari kategori *method*, penyebab pemborosan adalah keterlambatan dari MD dan DD serta prosedur pembelian bahan baku. Dari kategori *material*, penyebab pemborosan adalah karena bahan baku seringkali terlambat dalam pengiriman. Untuk kategori *machine,* keterlambatan terjadi ketika mesin seringkali rusak dan membutuhkan waktu untuk membeli suku cadang dari luar negeri.

Untuk *waste waiting,* perbaikan yang disarankan antara lain adalah menjadwalkan kedatangan material dan mempersiapkan alternatif apabila pemasok bahan baku tidak dapat memenuhi pesanan, sehingga proses produksi tidak tertunda terlalu lama. Jika waktu produksi terlalu dekat dengan tenggat waktu, maka PT. INKA dapat membeli bahan baku setengah jadi di luar negeri untuk menyelesaikan pesanan lebih cepat, mungkin akan mahal, tetapi lebih baik daripada membayar denda apabila PT. INKA tidak dapat memenuhi pesanan tepat waktu. Untuk *waste unnecessary inventory* perbaikan yang disarankan adalah memperbaiki *material handling* dan *scrap removal* dan menyediakan Gudang atau ruang tambahan untuk mengantisipasi terjadinya keterlambatan dalam mengambil komponen untuk pengerjaan selanjutnya. Untuk *waste transportation* perbaikan yang dilakukan adalah meningkatkan jumlah kendaraan pengangkut atau *forklift* dan memperbaiki *material handling* dan *scrap removal.*

Penelitian ini juga menghasilkan saran perbaikan berdasarkan kategori pada *fishbone diagram.* Saran perbaikan kategori *man* adalah mendirikan BLK atau

berkoordinasi dengan BLK untuk melakukan *training* dan mendirikan sebuah organisasi untuk memfasilitasi minat bakat pekerja. Untuk kategori *method*, mempersiapkan penjadwalan yang tepat dan terperinci untuk setiap proses produksi, menjaga komunikasi yang baik antar divisi, mengembangkan rencana untuk merespon perubahan yang tiba-tiba pada permintaan atau ditengah proses produksi. Untuk kategori *machine*, mengganti mesin yang sering rusak atau tidak layak dan lakukan perawatan secara rutin. Untuk kategori *material*, saran perbaikan adalah menyiapkan alternatif untuk mengganti bahan yang habis atau jika pemasok tidak dapat memenuhi pesanan, membangun komunikasi yang baik dengan pemasok dan melakukan perhitungan lebih lanjut ketika melakukan pengadaan dengan membeli dimuka untuk bahan yang harus dibeli di luar negeri atau membutuhkan banyak waktu untuk membeli. Hasil penelitian dapat mengurangi *lead time* sekitar 15,64%.

### 2.8.4 Perbaikan *Value Stream* Pada Proses Produksi Kereta Kelas Ekonomi Dengan Menggunakan Pendekatan *Lean Project*

Penelitian ini dilakukan oleh Agwinardanu Laksono pada tahun 2010. Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana memperbaiki *Value Stream* dengan menggunakan pendekatan *Lean Project* pada proses produksi Kereta Ekonomi (K3) di PT Industri Kereta Api (Persero). Proses produksi yang dianalisa adalah Proses produksi dibagian *Fabrikasi* dan *Finishing*. *Waste* yang diteliti adalah *waste* menunggu. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tersebut yaitu dari penyesuaian ke standart jam orang dan alokasi dengan ACTIM, maka *lead time* dari proyek tersebut juga berubah. *Lead time* awal adalah 146.5 hari, sedangkan *lead time* usulan diperoleh 134.4 hari. *Lead time* usulan lebih singkat dan *value stream* yang ada di *big picture mapping* menjadi lebih pendek 12.1 hari. Tabel 2.7 menunjukkan perbandingan penelitian yang menggunakan *lean* di PT INKA.

Tabel 2.7 Tabel Perbandingan Penelitian *Lean* di PT INKA

| No | Judul | Obyek Penelitian | *Tools* yang dipakai | Hasil |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Analisis Penerapan *Lean Manufacturing* untuk Meminimasi *Waste* pada Proses Produksi AC Kereta Api di PT Industri Kereta Api (Persero). (Hanifati, 2018) | AC 36.000 Kkal | DMAIC, VSM, VALSAT, c*ause effect diagram, OMAX, Fuzzy* AHP | Pemangkasan jarak *workstation* 3 ke *workstation* 4 menjadi 1,75 m, berdasarkan ukuran dimensi manusa (*antropometri*) rata-rata bahu orang dewasa (laki-laki). |
| 2 | Implementasi *Lean Manufacturing Car Body* Studi Kasus di PT. INKA (Persero) (Herwindo, Ciptomulyono, & Anshori, 2017) | Proses produksi *carbody* | VSM, identifikasi *seven waste* menggunakan kuesioner, r*oot cause analysis* (*fishbone diagram*), VALSAT, PAM, FMEA. | Waktu dari *current map* adalah 29.905 menit dalam memproduksi *carbody* kereta, tereduksi menjadi 26.795 menit. |
| 3 | *Lean Manufacturing Approach to Reduce Wastefulness During Production of Train Car-Body Using VALSAT Method* (Auliandri & Alfiani, 2018) | Proses produksi *carbody* | VSM, VALSAT, *fishbone diagram, process activity maping, supply chain response matrix,* | Mengurangi *lead time* sekitar 15,65%. |

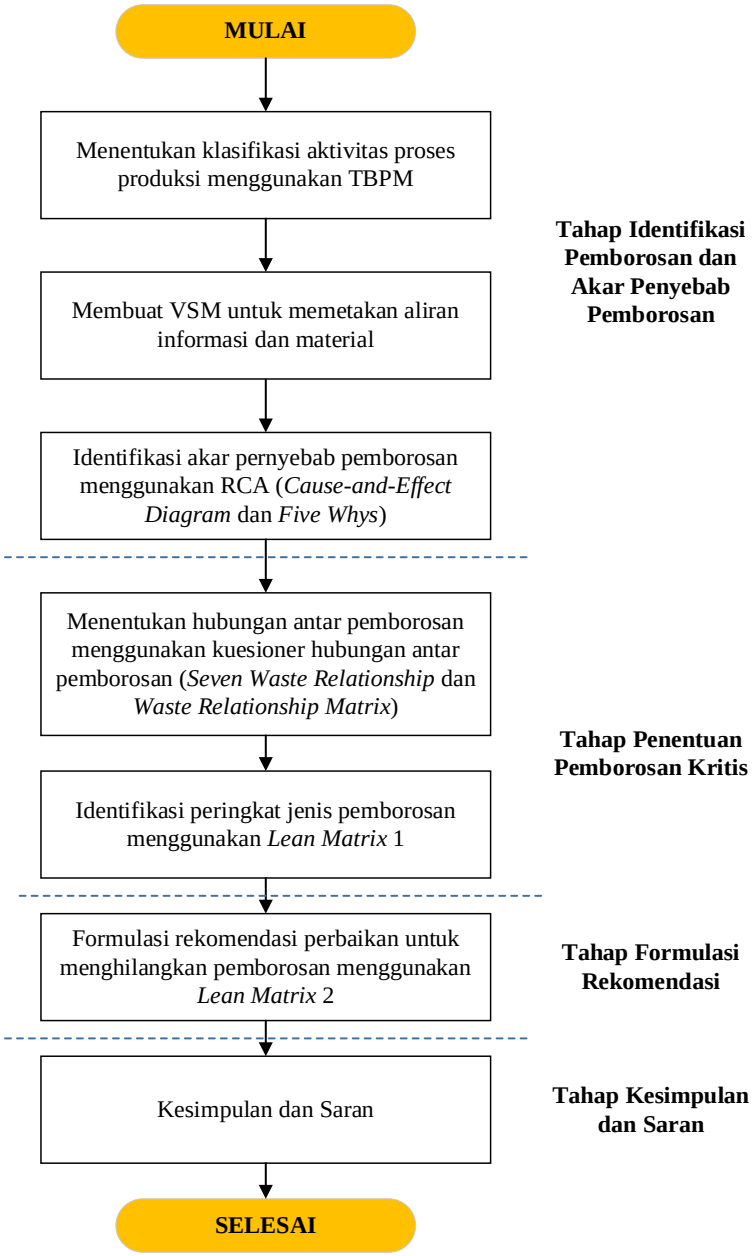
Tabel 2.8 Tabel Perbandingan Penelitian *Lean* di PT INKA (lanjutan)

| No | Judul | Obyek Penelitian | *Tools* yang dipakai | Hasil |
|---|---|---|---|---|
| 4 | Perbaikan *Value Stream* Pada Proses Produksi Kereta Kelas Ekonomi Dengan Menggunakan Pendekatan *Lean Project* (Laksono, 2010) | Kereta Ekonomi (K3) (*Fabrikasi* dan *Finishing*) | VSM, *network planning*, *cause effect diagram*, ACTIM | Mengurangi *lead time* pada proses produksi kereta kelas ekonomi PT INKA yang pada awalnya adalah 146.5 hari menjadi 134.4 hari. |

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB 3
# METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang akan dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini. Gambar 3.1 merupakan diagram alur yang menggambarkan tahapan penelitian:




Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

## 3.1 Tahap Identifikasi Proses Produksi

Pada subbab ini akan dipaparkan mengenai kondisi proses produksi menggunakan serta penjabaran yang lebih rinci mengenai aktivitas proses produksi pada *Time Based Process Mapping*. Berikut merupakan pemaparan mengenai tahap identifikasi proses produksi.

### 3.1.1 Penentuan Klasifikasi Aktivitas Proses Produksi Menggunakan *Time Based Process Mapping*

Pemetaan aktivitas proses produksi dilakukan untuk melihat keseluruhan rangkaian aktivitas proses produksi. Pemetaan aktivitas proses produksi menggunakan TBPM (*Time Based Process Mapping*) berfungsi untuk melihat keseluruhan aktivitas proses produksi secara terperinci. Pemetaan aktivitas proses produksi akan menghasilkan klasifikasi seluruh jenis aktivitas kedalam tiga kategori yaitu *Value Added Activity* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary Non Value Added* (NNVA). Klasifikasi aktivitas tersebut dapat menjadi rujukan untuk mengidenfitikasi akar permasalahan pemborosan. TBPM didapatkan dari data sekunder yang dimiliki perusahaan dan diklarifikasi terkait klasifikasinya. Data TBPM perusahaan akan diklarifikasi mengenai klasifikasi aktivitas berdasarkan tiga kategori, VA, NVA, NNVA.

## 3.2 Tahap Identifikasi Pemborosan

Pada subbab ini akan dipaparkan mengenai cara mengidentifikasi pemborosan yang terjadi pada proses produksi. Pemborosan diidentifikasi berdasarkan jenis pemborosan. Hasil identifikasi pemborosan akan dicari akar penyebab terjadinya pemborosan menggunakan *Root Cause Analysis*. Berikut merupakan pemaparan dari tahap identifikasi pemborosan.

### 3.2.1 Identifikasi Pemborosan

Pada tahap ini akan diidentifikasi pemborosan berdasarkan TBPM, studi literatur dan wawancara dengan pihak perusahaan. Pemborosan diidentifikasi berdasarkan jenis pemborosan yaitu delapan jenis pemborosan antara lain adalah

*overproduction, waiting, transportation, overprocessing, inventory, motion, defect* dan *unused employee creativity*.

### 3.2.2 Identifikasi Akar Penyebab Pemborosan

Akar pemborosan diidentifikasi menggunakan *Root Cause Analysis* yaitu *Cause-and-Effect Diagram* dan *Five Whys. Cause-and-Effect Diagram* digunakan untuk melakukan identifikasi akar penyebab pemborosan berdasarkan kategori 5M 1E (*man, method, machine, material, measurements* dan *environment*). Setelah penyebab pemborosan diidentifikasi berdasarkan *Cause-and-Effect Diagram,* dilakukan metode *Five Whys* untuk mencari akar permasalahan dengan cara mempertanyakan penyebab sebanyak lima iterasi (bisa lebih banyak atau lebih sedikit) hingga ditemukan permasalahan yang sudah tidak dapat dicari penyebabnya.

## 3.3 Tahap Identifikasi Pemborosan Kritis

Pada subbab ini akan dipaparkan mengenai cara mengidentifikasi pemborosan kritis yang terjadi pada proses produksi. Setelah identifikasi pemborosan, dilakukan penentuan hubungan antar pemborosan. Setelah penentuan hubungan antar pemborosan, dilakukan penentuan peringkat pemborosan yang telah diidentifikasi. Penentuan peringkat pemborosan menggunakan *Lean Matrix* 1. Berikut merupakan pemaparan dari tahap identifikasi pemborosan kritis

### 3.3.1 Identifikasi Hubungan Antar Pemborosan

Setelah identifikasi pemborosan, dilakukan penentuan hubungan antar pemborosan. Penentuan hubungan antar pemborosan dilakukan untuk melihat keterkaitan antar jenis pemborosan yang terjadi pada lantai produksi objek penelitian. Penentuan hubungan antar pemborosan disusun berdasarkan hasil kuesioner pada pihak yang mengerti mengenai proses produksi. Kuesioner yang digunakan adalah kuesioner pada *seven waste relationship* (SWR) dan dihitung berdasarkan nilai *waste relationship matrix* (WRM). Hubungan antar pemborosan

menujukkan pemborosan yang paling mempengaruhi dan dipengaruhi oleh jenis pemborosan lainnya.

### 3.3.2 Identifikasi Peringkat Pemborosan

Setelah penentuan hubungan antar pemborosan, dilakukan penentuan peringkat pemborosan. Penentuan peringkat pemborosan menggunakan *Lean Matrix* 1. *Lean Matrix 1* sendiri didapatkan dari hasil pengisian pihak perusahaan. Penentuan peringkat pemborosan bertujuan untuk mengetahui pemborosan mana yang paling mempengaruhi proses produksi (pemborosan kritis). Penentuan peringkat pemborosan berdasarkan hasil kuesioner hubungan antar pemborosan dan hasil kuesioner penentuan peringkat pemborosan.

## 3.4 Formulasi Rekomendasi Perbaikan

Setelah penentuan pemborosan kritis, dilakukan perancangan alternatif rekomendasi untuk menangani pemborosan. Alternatif rekomendasi yang dirancang bertujuan untuk menangani pemborosan dengan cara menghilangkan akar masalah dari pemborosan yang teridentifikasi. Pada tahap ini, akan terpilih alternatif rekomendasi penanganan pemborosan yang paling berdampak untuk menangani pemborosan-pemborosan kritis serta paling mudah untuk diimplementasikan. Pemilihan alternatif rekomendasi penanganan disusun berdasarkan *Lean Matrix* 2.

## 3.5 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan dilakukan proses penarikan kesimpulan dari keseluruhan penelitian berdasarkan analisa dan pengolahan data untuk menjawab permasalahan dan tujuan penelitian. Pada tahap ini juga akan diberikan saran mengenai pengerjaan penelitian sejenis yang akan dilakukan dikemudian hari oleh pihak lain.

# BAB 4
# IDENTIFIKASI PEMBOROSAN DAN PENYEBAB PEMBOROSAN

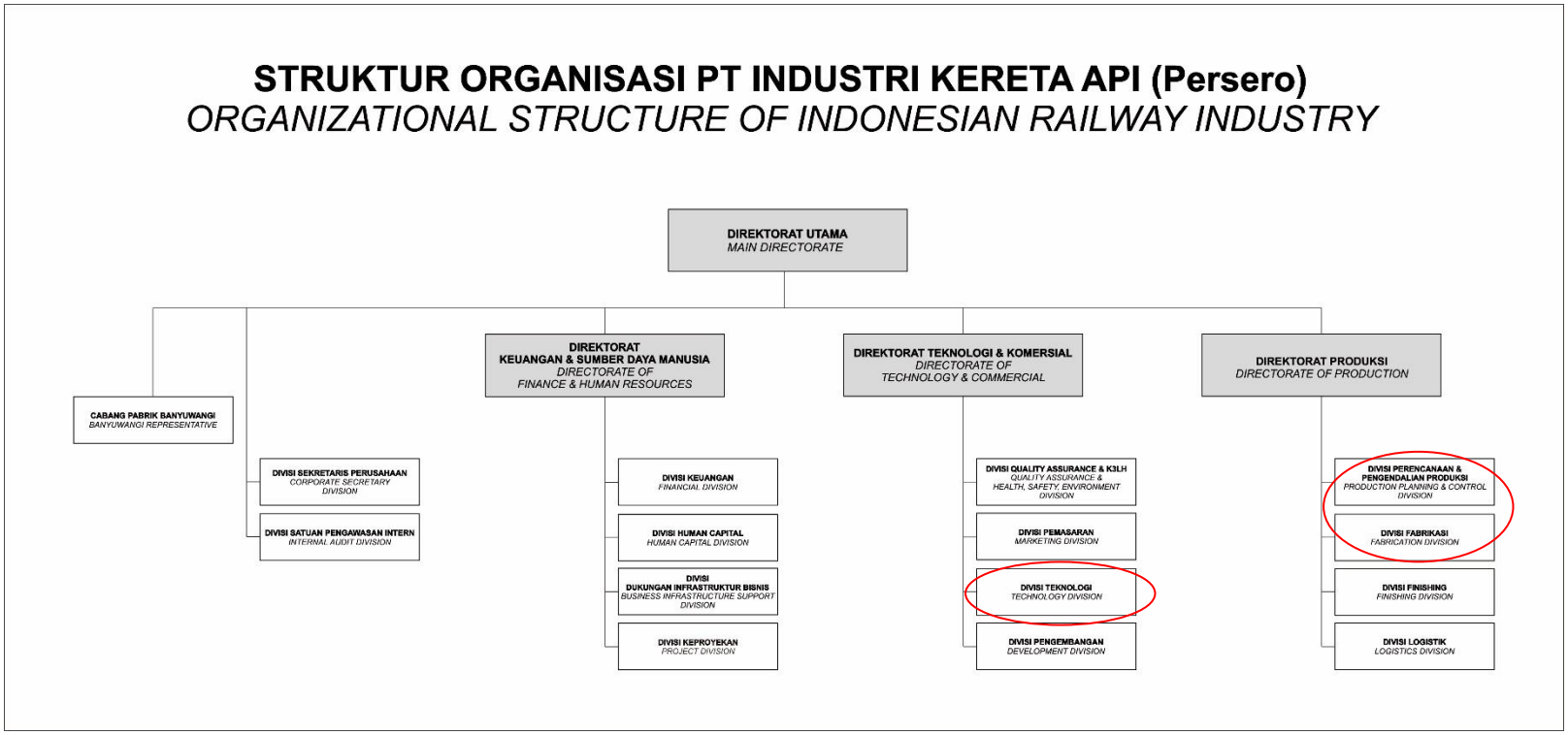
Pada bab ini akan dilakukan proses identifikasi terhadap jenis pemborosan yang terjadi pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek dan penyebabnya. Proses identifikasi dilakukan dengan pembuatan *Process Activity Mapping* untuk mengetahui aktivitas proses produksi lebih menyeluruh. Penyebab terjadinya setiap jenis pemborosan pada proses produksi dengan menggunakan *Root Cause Analysis* yaitu *Cause-and-Effect Diagram* dan *Five Whys.*

## 4.1 Struktur Organisasi

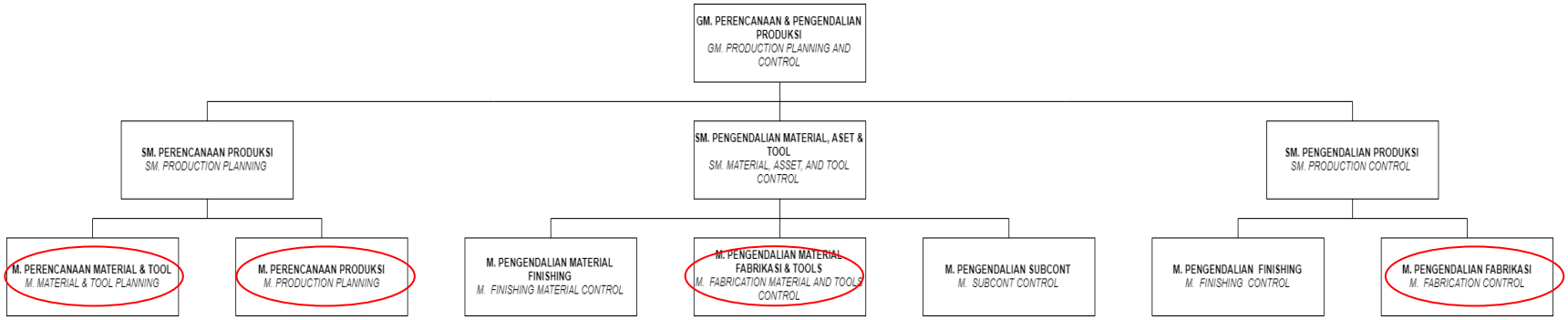
Pada subbab ini akan dibahas mengenai struktur organisasi PT INKA. Gambar 4.1 adalah struktur organisasi dari PT INKA.

Struktur organisasi INKA dibuat sesuai dengan tujuan fungsionalnya yang dikenal sebagai struktur organisasi fungsional. Struktur organisasi fungsional adalah struktur organisasi yang pembagian bagian kerjanya dibuat sesuai dengan fungsi spesifik masing-masing. Implementasinya di PT. INKA dapat dilihat melalui bagaimana PT. INKA membagi divisi organisasinya menjadi tiga direktorat utama, termasuk Direktorat Keuangan & Sumber Daya Manusia, Direktorat Teknologi dan Komersial, dan Direktorat Produksi. Masing-masing direktorat tersebut memiliki uraian tugas, kewajiban, dan hak tertentu sesuai namanya, dan masing-masing direktorat dipimpin oleh seorang direktur tunggal. Ada juga bagian organisasi lain di PT. INKA yang fokus pada pengembangan Pabrik perwakilan INKA di Banyuwangi disebut Perwakilan Banyuwangi. Divisi Sekretaris Perusahaan berfokus pada pekerjaan administrasi, hukum, dan sekretariat. Divisi terakhir yang berfokus pada pemantauan dan evaluasi arus kas internal dan kondisi keuangan PT. INKA disebut Divisi Audit Internal. Semua direktorat dan seksi tersebut dipimpin oleh Direktur Utama PT. INKA. Direktur Utama PT. INKA bertanggung jawab atas keberlanjutan dan pengembangan PT. Industri INKA dan semua kegiatan industri yang dilakukan oleh mereka sebagai organisasi.

Divisi yang dilingkari merupakan divisi yang terlibat dalam proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek pada penelitian ini, yaitu Divisi Teknologi, Divisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi dan Divisi Fabrikasi. Divisi Teknologi bertugas untuk membuat merancang dokumen seperti *manufacturing drawing*, *cutting plan* dan *work instruction*. Divisi Fabrikasi merupakan Divisi yang melakukan proses secara langsung untuk membuat *bogie*. Untuk Divisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi akan ditunjukkan pada Gambar 4.2




Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT INKA
Sumber: (PT Industri Kereta Api , 2017)



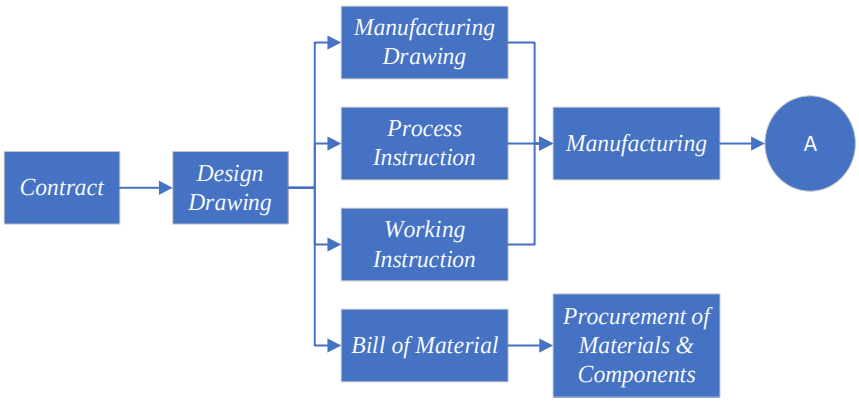

Gambar 4.2 Struktur Organisasi Divisi Perencanaan & Pengendalian Produksi
Sumber: Data Perusahaan

Divisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi atau dapat disebut juga PPC (*Production Planning and Control*) bertanggung jawab untuk merencanakan, mengendalikan, memantau, dan mengevaluasi proses produksi dan semua objek yang terkait dengannya untuk memastikan proses bisnis PT. INKA dapat dilakukan sesuai dengan kontrak atau perjanjian yang dibuat antara PT. INKA dan para pelanggan. Untuk dapat memenuhi tujuan awal mereka sebagai organisasi dan bagian dari PT. INKA, divisi PPC dipimpin oleh *General Manager* (GM). GM divisi PPC mengawasi tiga sub-divisi yaitu Perencanaan Produksi, Pengendalian Material, Aset, dan *Tool* dan Pengendalian Produksi yang masing-masing dipimpin *Senior Manager* (SM). Perencanaan Produksi memiliki dua bagian organisasi yaitu Perencanaan Material dan *Tool* (Renmat) dan Perencanaan Produksi (Renprod). Pengendalian Material, Aset, dan *Tool* memiliki tiga bagian organisasi yaitu Pengendalian Material *Finishing*, Pengendalian Material dan *Tool* (Dalmat), dan Pengendalian *Subcontract*. Terakhir, Pengendalian Produksi (Dalprod) memiliki dua bagian organisasi yaitu Pengendalian *Finishing* dan Pengendalian Fabrikasi.

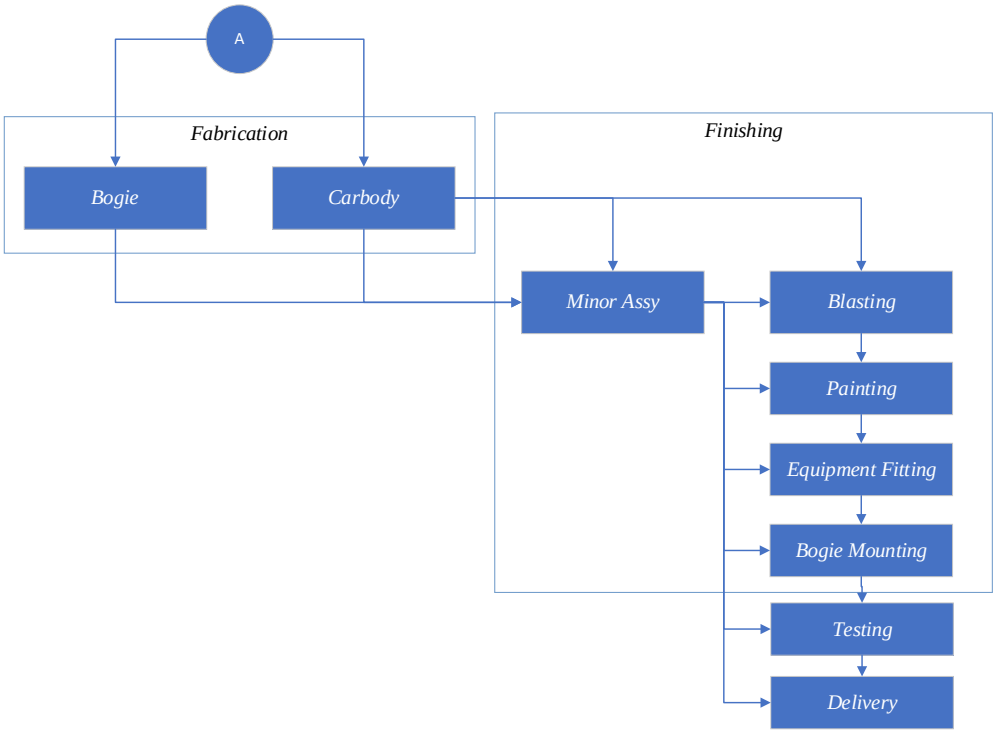
## 4.2 Identifikasi Proses Produksi

Pada subbab ini akan dipaparkan mengenai proses produksi di PT INKA secara umum, proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek dan *process activity mapping* dari proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek.

PT INKA menerapkan strategi *assembly to order*, *make to order*, dan *engineering to order* dalam produksinya. Untuk proyek LRT Jabodebek pengembangan produk dilakukan setelah kontrak pembelian diterima oleh PT. INKA dan pelanggan. LRT sendiri dipesan oleh pemerintah melalui PT Kereta Api Indonesia (Persero). Untuk infrastruktur LRT di Jabodebek dikerjakan oleh PT Adhi Karya Tbk. Berikut adalah alur produksi LRT Jabodebek.




Gambar 4.3 Alur Proses Produksi LRT Jabodebek
(Sumber: Data Perusahaan)




Gambar 4.3 Alur Proses Produksi LRT Jabodebek (Lanjutan)
(Sumber: Data Perusahaan)

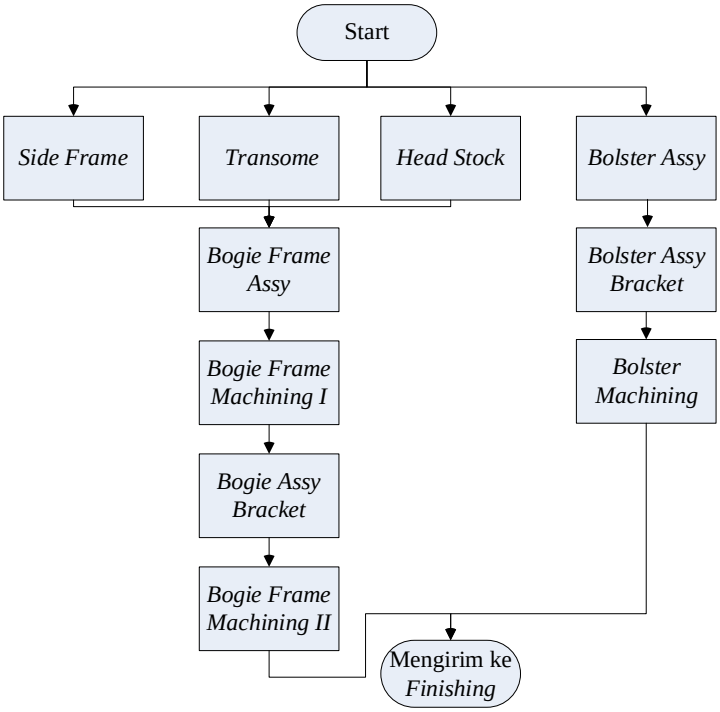
Setelah kontrak disetujui, PT INKA akan membuat desain LRT berdasarkan kesepakatan dalam kontrak. Untuk beberapa komponen atau spesifikasi bersifat *open list item* yang berarti komponen atau spesifikasi tersebut akan disepakati seiring dengan proses produksi. Setelah pembuatan desain selesai, akan dibuat *manufacturing drawing*, *process instruction* dan *working instruction* sebagai panduan dari proses produksi. Selain itu PT INKA juga mulai melakukan proses

pengadaan material atau pengerjaan proses yang dilakukan menggunakan sistem *subcontract.*

Secara umum, proses produksi dibagi menjadi 2 proses, yaitu proses fabrikasi dan *finishing.* Proses fabrikasi dibagi menjadi 2 proses besar, yaitu fabrikasi *bogie* dan fabrikasi *carbody*. Setelah proses fabrikasi, *bogie* dan *carbody* akan dikirim ke *finishing* untuk proses *minor assy, blasting, painting, equipment fitting, bogie mounting*. Setelah proses fabrikasi dan *finishing* selesai, maka akan dilakukan proses *testing* atau pengujian oleh pihak internal PT INKA. Setelah pengujian oleh pihak internal PT INKA, pelanggan dan pihak yang bersangkutan akan melakukan pengujian terhadap LRT. Pengujian akan dilakukan oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero) serta pihak-pihak lain seperti Kementrian Perhubungan. Setelah pengujian selesai maka akan dilakukan pengiriman.

### 4.1.1 Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek

Proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek terdiri dari 10 proses yang beberapa diantaranya dapat dilakukan secara paralel. Berikut merupakan *flowchart* proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. .




Gambar 4.4 *Flowchart* Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek
(Sumber: Data Perusahaan)

Proses fabrikasi dimulai dari pembuatan *single part* yang terdiri dari 3 *single part* yaitu *side frame, cross beam* (*transome*) dan *head stock.* Setelah itu *single part* tersebut akan di*assembly* pada proses *bogie frame assy* beserta komponen lain. Setelah itu akan dilanjutkan proses *bogie frame machining I, bogie assy bracket,* dan terakhir adalah *bogie frame machining II.* Setelah itu *bogie frame* akan dikirim ke *finishing.* Proses pembuatan *bolster* dapat dilakukan secara paralel dengan proses *bogie frame.* Proses pembuatan *bolster* terdiri dari *bolster assy, bolster assy bracket* dan *bolster machining. Bolster* dan *bogie frame* akan di*assembly* di *finishing.*

### 4.1.2 *Time Based Process Mapping* Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek

Pada subbab berikut akan dibahas mengenai *time based process mapping* (TBPM) proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. Pada penelitian ini TBPM menunjukkan waktu yang diperlukan untuk memproduksi proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. TBPM pada penelitian ini diambil dari data hasil observasi perusahaan. Dengan TBPM dapat terlihat proporsi waktu untuk aktivitas *value added* (VA), *necessary non value added* (NNVA) dan *non value added* (NVA). Tabel 4.1 adalah aktivitas-aktivitas dalam proses produksi fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek.

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Proses pembuatan MD *Side Frame* | 0 | 30 | 30 | VA |
| 2 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Side Frame* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 3 | Proses pembuatan *Checksheet Side Frame* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 4 | Proses *Input* MD *Side Frame* di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 5 | Update *Check Sheet Side Frame* | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |
| 6 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Side Frame* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Side Frame* | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |
| 8 | Pengiriman *Cutting Plan Sideframe* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |
| 9 | Proses *Barcode Cutting Plan Side Frame* | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |
| 10 | Pengiriman *Cutting Plan Sideframe* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 11 | Pengecekan ketersediaan material *Sideframe* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |
| 12 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Sideframe* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 13 | Pengiriman *Cutting Plan Sideframe* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 14 | Proses BPM untuk *Sideframe* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |
| 15 | Pengiriman BPM *Sideframe* ke Logistik (Gudang) | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 16 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Sideframe* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |
| 17 | Material *Sideframe* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 18 | Gudang mengeluarkan BPRM *Sideframe* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 19 | BPRM *Sideframe* di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 20 | Material *Sideframe* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |
| 21 | Pengiriman *Cutting Plan Sideframe* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 22 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Sideframe* | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 23 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 24 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Sideframe* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 25 | *Fotocopy Cutting Plan Sideframe* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |
| 26 | Bungkus WI *Sideframe* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 27 | Dokumen WI *Sideframe* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |
| 28 | Dokumen WI *Sideframe* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |
| 29 | Pengiriman WI *Sideframe* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 30 | Dokumen WI *Sideframe* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |
| 31 | Distribusi WI *Sideframe* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 32 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Sideframe* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |
| 33 | Pembuatan SPM *Sideframe* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 34 | Pengiriman SPM *Sideframe* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 35 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Sideframe* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |
| 36 | Pengiriman material *Sideframe* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 37 | Proses pembuatan MD *Headstock* | 0 | 30 | 30 | VA |
| 38 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Headstock* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 39 | Proses pembuatan *Checksheet Head Stock* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 40 | Proses *Input* MD *Headstock* di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 41 | Update *Check Sheet Headstock* | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |
| 42 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Headstock* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |
| 43 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Headstock* | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 44 | Pengiriman *Cutting Plan Headstock* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |
| 45 | Proses *Barcode Cutting Plan Headstock* | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |
| 46 | Pengiriman *Cutting Plan Headstock* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 47 | Pengecekan ketersediaan material *Headstock* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |
| 48 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Headstock* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 49 | Pengiriman *Cutting Plan Headstock* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 50 | Proses BPM untuk *Headstock* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |
| 51 | Pengiriman BPM *Headstock* ke Logistik (Gudang) | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 52 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Headstock* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |
| 53 | Material *Headstock* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 54 | Gudang mengeluarkan BPRM *Headstock* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 55 | BPRM *Headstock* di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 56 | Material *Headstock* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |
| 57 | Pengiriman *Cutting Plan Headstock* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 58 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Headstock* | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 59 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 60 | Scan WI, *Rename* & *Grouping* WI *Headstock* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |
| 61 | *Fotocopy Cutting Plan Headstock* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 62 | Bungkus WI *Headstock* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 63 | Dokumen WI *Headstock* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |
| 64 | Dokumen WI *Headstock* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |
| 65 | Pengiriman WI *Headstock* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 66 | Dokumen WI *Headstock* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |
| 67 | Distribusi WI *Headstock* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 68 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Headstock* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |
| 69 | Pembuatan SPM *Headstock* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 70 | Pengiriman SPM *Headstock* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 71 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Headstock* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |
| 72 | Pengiriman material *Headstock* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 73 | Proses pembuatan MD *Transom* | 0 | 30 | 30 | VA |
| 74 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Transom* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 75 | Proses pembuatan *Checksheet Transome* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 76 | Proses *Input* MD *Transom* di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 77 | Update *Check Sheet Transome* | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |
| 78 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Transome* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |
| 79 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Transom* | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |
| 80 | Pengiriman *Cutting Plan Transom* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 81 | Proses *Barcode Cutting Plan Transom* | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |
| 82 | Pengiriman *Cutting Plan Transom* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 83 | Pengecekan ketersediaan material *Transom* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |
| 84 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Transom* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 85 | Pengiriman *Cutting Plan Transom* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 86 | Proses BPM untuk *Transom* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |
| 87 | Pengiriman BPM *Transom* ke Logistik (Gudang) | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 88 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Transom* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |
| 89 | Material *Transom* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 90 | Gudang mengeluarkan BPRM *Transom* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 91 | BPRM *Transom* di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 92 | Material *Transom* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |
| 93 | Pengiriman *Cutting Plan Transom* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 94 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Transom* | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 95 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 96 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Transom* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |
| 97 | *Fotocopy Cutting Plan Transom* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |
| 98 | Bungkus WI *Transom* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 99 | Dokumen WI *Transom* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 | Dokumen WI *Transom* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |
| 101 | Pengiriman WI *Transom* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 102 | Dokumen WI *Transom* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |
| 103 | Distribusi WI *Transom* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 104 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Transom* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |
| 105 | Pembuatan SPM *Transom* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 106 | Pengiriman SPM *Transom* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 107 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Transom* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |
| 108 | Pengiriman material *Transom* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 109 | Proses pembuatan MD *Bogie Frame Assy* | 0 | 30 | 30 | VA |
| 110 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Bogie Frame Assy* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 111 | Proses pembuatan *Checksheet Bogie Frame Assy* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 112 | Proses *Input* MD *Bogie Frame Assy* di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 113 | Update *Check Sheet Bogie Frame Assy* | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |
| 114 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Bogie Frame Assy* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |
| 115 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Bogie Frame Assy* | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |
| 116 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Assy* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 117 | Proses *Barcode Cutting Plan Bogie Frame Assy* | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |
| 118 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Assy* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 119 | Pengecekan ketersediaan material *Bogie Frame Assy* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |
| 120 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Bogie Frame Assy* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 121 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Assy* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 122 | Proses BPM untuk *Bogie Frame Assy* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |
| 123 | Pengiriman BPM *Bogie Frame Assy* ke Logistik (Gudang) | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 124 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Bogie Frame Assy* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |
| 125 | Material *Bogie Frame Assy* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 126 | Gudang mengeluarkan BPRM *Bogie Frame Assy* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 127 | BPRM *Bogie Frame Assy* di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 128 | Material *Bogie Frame Assy* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |
| 129 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Assy* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 130 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Bogie Frame Assy* | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 131 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 132 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Bogie Frame Assy* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 133 | *Fotocopy Cutting Plan Bogie Frame Assy* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |
| 134 | Bungkus WI *Bogie Frame Assy* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 135 | Dokumen WI *Bogie Frame Assy* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |
| 136 | Dokumen WI *Bogie Frame Assy* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |
| 137 | Pengiriman WI *Bogie Frame Assy* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 138 | Dokumen WI *Bogie Frame Assy* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |
| 139 | Distribusi WI *Bogie Frame Assy* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 140 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Bogie Frame Assy* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |
| 141 | Pembuatan SPM *Bogie Frame Assy* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 142 | Pengiriman SPM *Bogie Frame Assy* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 143 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Bogie Frame Assy* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |
| 144 | Pengiriman material *Bogie Frame Assy* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 145 | Proses pembuatan MD *Bogie Frame Machining 1* | 0 | 30 | 30 | VA |
| 146 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Bogie Frame Machining 1 Bracket* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 147 | Proses pembuatan *Checksheet Bogie Frame Machining 1* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 148 | Proses *Input* MD *Bogie Frame Machining* 1 di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 149 | Update *Check Sheet Bogie Frame Machining 1* | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 150 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Bogie Frame Machining 1* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |
| 151 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Bogie Frame Machining 1* | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |
| 152 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Machining 1* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |
| 153 | Proses *Barcode Cutting Plan Bogie Frame Machining 1* | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |
| 154 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Machining 1* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 155 | Pengecekan ketersediaan material *Bogie Frame Machining 1* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |
| 156 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Bogie Frame Machining 1* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 157 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Machining 1* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 158 | Proses BPM untuk *Bogie Frame Machining 1* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |
| 159 | Pengiriman BPM *Bogie Frame Machining 1* ke Logistik (Gudang) | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 160 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Bogie Frame Machining 1* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |
| 161 | Material *Bogie Frame Machining 1* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 162 | Gudang mengeluarkan BPRM *Bogie Frame Machining 1* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 163 | BPRM *Bogie Frame Machining* 1 di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 164 | Material *Bogie Frame Machining 1* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 165 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Machining 1* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 166 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Bogie Frame Machining 1* | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 167 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 168 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Bogie Frame Machining 1* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |
| 169 | *Fotocopy Cutting Plan Bogie Frame Machining 1* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |
| 170 | Bungkus WI *Bogie Frame Machining 1* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 171 | Dokumen WI *Bogie Frame Machining 1* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |
| 172 | Dokumen WI *Bogie Frame Machining 1* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |
| 173 | Pengiriman WI *Bogie Frame Machining 1* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 174 | Dokumen WI *Bogie Frame Machining 1* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |
| 175 | Distribusi WI *Bogie Frame Machining 1* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 176 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Bogie Frame Machining 1* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |
| 177 | Pembuatan SPM *Bogie Frame Machining 1* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 178 | Pengiriman SPM *Bogie Frame Machining 1* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 179 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Bogie Frame Machining 1* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 180 | Pengiriman material *Bogie Frame Machining 1* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 181 | Proses pembuatan MD *Bogie Frame Assy Bracket* | 0 | 30 | 30 | VA |
| 182 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Bogie Frame Assy Bracket* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 183 | Proses pembuatan *Checksheet Bogie Frame Assy Bracket* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 184 | Proses *Input* MD di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 185 | Update *Check Sheet Bogie Frame Assy Bracket* | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |
| 186 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Bogie Frame Assy Bracket* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |
| 187 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Bogie Frame Assy Bracket* | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |
| 188 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Assy Bracket* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |
| 189 | Proses *Barcode Cutting Plan Bogie Frame Assy Bracket* | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |
| 190 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Assy Bracket* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 191 | Pengecekan ketersediaan material *Bogie Frame Assy Bracket* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |
| 192 | Material tersedia untuk proses tsb, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Bogie Frame Assy Bracket* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 193 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Assy Bracket* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 194 | Proses BPM untuk *Bogie Frame Assy Bracket* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 195 | Pengiriman BPM *Bogie Frame Assy Bracket* ke Logistik (Gudang) | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 196 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Bogie Frame Assy Bracket* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |
| 197 | Material *Bogie Frame Assy Bracket* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 198 | Gudang mengeluarkan BPRM *Bogie Frame Assy Bracket* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 199 | BPRM *Bogie Frame Assy Bracket* di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 200 | Material *Bogie Frame Assy Bolster* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |
| 201 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Assy Bracket* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 202 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Bogie Frame Assy Bracket* | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 203 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 204 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Bogie Frame Assy Bolster* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |
| 205 | *Fotocopy Cutting Plan Bogie Frame Assy Bracket* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |
| 206 | Bungkus WI *Bogie Frame Assy Bracket* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 207 | Dokumen WI *Bogie Frame Assy Bracket* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |
| 208 | Dokumen WI *Bogie Frame Assy Bracket* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |
| 209 | Pengiriman WI *Bogie Frame Assy Bracket* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 210 | Dokumen WI *Bogie Frame Assy Bracket* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 211 | Distribusi WI *Bogie Frame Assy Bracket* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 212 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Bogie Frame Assy Bracket* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |
| 213 | Pembuatan SPM *Bogie Frame Assy Bracket* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 214 | Pengiriman SPM *Bogie Frame Assy Bracket* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 215 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Bogie Frame Assy Bracket* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |
| 216 | Pengiriman material *Bogie Frame Assy Bracket* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 217 | Proses pembuatan MD *Bogie Frame Machining 2* | 0 | 30 | 30 | VA |
| 218 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Bogie Frame Machining 2* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 219 | Proses pembuatan *Checksheet Bogie Frame Machining 2* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 220 | Proses *Input* MD di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 221 | Update *Check Sheet Bogie Frame Machining 2* | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |
| 222 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Bogie Frame Machining 2* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |
| 223 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Bogie Frame Assy Machining 2* | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |
| 224 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Machining 2* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |
| 225 | Proses *Barcode Cutting Plan Bogie Frame Machining 2* | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 226 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Machining 2* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 227 | Pengecekan ketersediaan material *Bogie Frame Machining 2* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |
| 228 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Bogie Frame Machining 2* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 229 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Machining 2* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 230 | Proses BPM untuk *Bogie Frame Machining 2* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |
| 231 | Pengiriman BPM *Bogie Frame Machining 2* ke Logistik | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 232 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Bogie Frame Machining 2* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |
| 233 | Material *Bogie Frame Machining 2* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 234 | Gudang mengeluarkan BPRM *Bogie Frame Machining 2* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 235 | BPRM *Bogie Frame Machining* 2 di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 236 | Material *Bogie Frame Machining 2* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |
| 237 | Pengiriman *Cutting Plan Bogie Frame Machining 2* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 238 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Bogie Frame Machining 2* | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 239 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 240 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Bogie Frame Machining 2* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 240 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Bogie Frame Machining 2* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |
| 241 | *Fotocopy Cutting Plan Bogie Frame Machining 2* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |
| 242 | Bungkus WI *Bogie Frame Machining 2* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 243 | Dokumen WI *Bogie Frame Machining 2* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |
| 244 | Dokumen WI *Bogie Frame Machining 2* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |
| 245 | Pengiriman WI *Bogie Frame Machining 2* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 246 | Dokumen WI *Bogie Frame Machining 2* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |
| 247 | Distribusi WI *Bogie Frame Machining 2* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 248 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Bogie Frame Machining 2* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |
| 249 | Pembuatan SPM *Bogie Frame Machining 2* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 250 | Pengiriman SPM *Bogie Frame Machining 2* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 251 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Bogie Frame Machining 2* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |
| 252 | Pengiriman material *Bogie Frame Machining 2* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 253 | Menunggu hasil *trial Bolster* | 0 | 6720 | 6720 | NVA |
| 254 | Proses pembuatan MD *Bolster Assy* | 6720 | 6750 | 30 | VA |
| 255 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Bolster Assy* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 6750 | 6760 | 10 | VA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 256 | Proses pembuatan *Checksheet Bolster Assy* | 6760 | 6880 | 120 | VA |
| 257 | Proses *Input* MD di aplikasi *barcoding* | 6750 | 6751 | 1 | NNVA |
| 258 | Update *Check Sheet Bolster Assy* | 6880 | 6880.2 | 0.2 | VA |
| 259 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Bolster Assy* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 6880.2 | 6884.7 | 4.5 | VA |
| 260 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Bolster Assy* | 6884.7 | 6885.7 | 1 | NNVA |
| 261 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy* untuk di *barcode* | 6885.7 | 6886.2 | 0.5 | NNVA |
| 262 | Proses *Barcode Cutting Plan Bogie Frame Bolster Assy* | 6886.2 | 6886.4 | 0.2 | NNVA |
| 263 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy* ke Renmat | 6886.4 | 6891.4 | 5 | NNVA |
| 264 | Pengecekan ketersediaan material *Bolster Assy* oleh Renmat di SAP | 6891.4 | 6896.4 | 5 | NNVA |
| 265 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Bolster Assy* ke Dalmat | 6896.4 | 6898.4 | 2 | NNVA |
| 266 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy* ke *Dalmat* | 6898.4 | 6899.4 | 1 | NNVA |
| 267 | Proses BPM untuk *Bolster Assy* oleh *Dalmat* | 6899.4 | 6901.4 | 2 | NNVA |
| 268 | Pengiriman BPM *Bolster Assy* ke Logistik (Gudang) | 6901.4 | 6903.4 | 2 | NNVA |
| 269 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Bolster Assy* | 6903.4 | 6913.4 | 10 | NNVA |
| 270 | Material *Bolster Assy* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 6913.4 | 6943.4 | 30 | NNVA |
| 271 | Gudang mengeluarkan BPRM *Bolster Assy* | 6943.4 | 6946.4 | 3 | NNVA |
| 272 | BPRM *Bolster Assy* di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 6946.4 | 6947.4 | 1 | NNVA |
| 273 | Material *Bolster Assy* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 6947.4 | 6952.4 | 5 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 274 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 6901.4 | 6906.4 | 5 | NNVA |
| 275 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Bolster Assy* | 6906.4 | 6906.6 | 0.2 | VA |
| 276 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 6906.6 | 6906.8 | 0.2 | NNVA |
| 277 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Bolster Assy* | 6906.8 | 6907 | 0.2 | NNVA |
| 278 | *Fotocopy Cutting Plan Bolster Assy* | 6907 | 6907.1 | 0.1 | NNVA |
| 279 | Bungkus WI *Bolster Assy* | 6907.1 | 6907.6 | 0.5 | NNVA |
| 280 | Dokumen WI *Bolster Assy* dikirim ke Dalprod | 6907.6 | 6908.6 | 1 | NNVA |
| 281 | Dokumen WI *Bolster Assy* diterima Dalprod | 6908.6 | 6909.1 | 0.5 | NNVA |
| 282 | Pengiriman WI *Bolster Assy* ke Fabrikasi | 6909.1 | 6912.1 | 3 | NNVA |
| 283 | Dokumen WI *Bolster Assy* diterima staff Fabrikasi | 6912.1 | 6912.6 | 0.5 | NNVA |
| 284 | Distribusi WI *Bolster Assy* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 6912.6 | 6942.6 | 30 | NNVA |
| 285 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Bolster Assy* oleh operator workshop ke Dalprod | 6942.6 | 6944.6 | 2 | NNVA |
| 286 | Pembuatan SPM *Bolster Assy* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 6944.6 | 6947.6 | 3 | NNVA |
| 287 | Pengiriman SPM *Bolster Assy* dari Dalprod ke Dalmat | 6947.6 | 6952.6 | 5 | NNVA |
| 288 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Bolster Assy* | 6952.6 | 7012.6 | 60 | NNVA |
| 289 | Pengiriman material *Bolster Assy* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 7012.6 | 7032.6 | 20 | NNVA |
| 290 | Proses pembuatan MD *Bolster Assy Bracket* | 0 | 30 | 30 | VA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 291 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Bolster Assy Bracket* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 292 | Proses pembuatan *Checksheet Bolster Assy Bracket* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 293 | Proses *Input* MD di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 294 | Update *Check Sheet Bolster Assy* Bracket | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |
| 295 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Bolster Assy Bracket* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |
| 296 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Bolster Assy* Bracket | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |
| 297 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy Bracket* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |
| 298 | Proses *Barcode Cutting Plan Bogie Frame Bolster Assy* Bracket | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |
| 299 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy Bracket* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 300 | Pengecekan ketersediaan material *Bolster Assy Bracket* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |
| 301 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Bolster Assy Bracket* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 302 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy Bracket* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 303 | Proses BPM untuk *Bolster Assy Bracket* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |
| 304 | Pengiriman BPM *Bolster Assy Bracket* ke Logistik (Gudang) | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 305 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Bolster Assy Bracket* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 306 | Material *Bolster Assy Bracket* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 307 | Gudang mengeluarkan BPRM *Bolster Assy Bracket* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 308 | BPRM *Bolster Assy Bracket* di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 309 | Material *Bolster Assy Bracket* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |
| 310 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy Bracket* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 311 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Bolster Assy* Bracket | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 312 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 313 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Bolster Assy* Bracket | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |
| 314 | *Fotocopy Cutting Plan Bolster Assy Bracket* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |
| 315 | Bungkus WI *Bolster Assy Bracket* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 316 | Dokumen WI *Bolster Assy Bracket* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |
| 317 | Dokumen WI *Bolster Assy Bracket* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |
| 318 | Pengiriman WI *Bolster Assy Bracket* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 319 | Dokumen WI *Bolster Assy Bracket* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |
| 320 | Distribusi WI *Bolster Assy Bracket* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 321 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Bolster Assy Bracket* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 322 | Pembuatan SPM *Bolster Assy Bracket* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 323 | Pengiriman SPM *Bolster Assy Bracket* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 324 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Bolster Assy Bracket* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |
| 325 | Pengiriman material *Bolster Assy Bracket* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 326 | Proses pembuatan MD *Bolster Machining* | 0 | 30 | 30 | VA |
| 327 | Personil *Cutting Plan Check List Detail Drawing Bolster Machining* di *Vault* untuk pembuatan *Check Sheet* | 30 | 40 | 10 | VA |
| 328 | Proses pembuatan *Checksheet Bolster Machining* | 40 | 160 | 120 | VA |
| 329 | Proses *Input* MD di aplikasi *barcoding* | 30 | 31 | 1 | NNVA |
| 330 | Update *Check Sheet Bolster Assy Machining* | 160 | 160.2 | 0.2 | VA |
| 331 | Proses Pembuatan *Cutting Plan Bolster Assy Machining* melalui dokumen *Foto Copy* MD | 160.2 | 164.7 | 4.5 | VA |
| 332 | Cetak *Cutting Plan* & MD *Bolster Machining* | 164.7 | 165.7 | 1 | NNVA |
| 333 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Assy Machining* untuk di *barcode* | 165.7 | 166.2 | 0.5 | NNVA |
| 334 | Proses *Barcode Cutting Plan Bogie Frame Bolster Assy Machining* | 166.2 | 166.4 | 0.2 | NNVA |
| 335 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Machining* ke Renmat | 166.4 | 171.4 | 5 | NNVA |
| 336 | Pengecekan ketersediaan material *Bolster Assy Machining* oleh Renmat di SAP | 171.4 | 176.4 | 5 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 337 | Material tersedia untuk proses, maka dilakukan persiapan pengiriman dokumen *Cutting Plan Bolster Machining* ke Dalmat | 176.4 | 178.4 | 2 | NNVA |
| 338 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Machining* ke *Dalmat* | 178.4 | 179.4 | 1 | NNVA |
| 339 | Proses BPM untuk *Bolster Machining* oleh *Dalmat* | 179.4 | 181.4 | 2 | NNVA |
| 340 | Pengiriman BPM *Bolster Assy Machining* ke Logistik (Gudang) | 181.4 | 183.4 | 2 | NNVA |
| 341 | Gudang melayani berdasarkan BPM *Bolster Machining* | 183.4 | 193.4 | 10 | NNVA |
| 342 | Material *Bolster Machining* disiapkan oleh Gudang untuk dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 193.4 | 223.4 | 30 | NNVA |
| 343 | Gudang mengeluarkan BPRM *Bolster Machining* | 223.4 | 226.4 | 3 | NNVA |
| 344 | BPRM *Bolster Machining* di *approve* oleh Dalmat & Gudang | 226.4 | 227.4 | 1 | NNVA |
| 345 | Material *Bolster Machining* dikirim ke *Open Storage* Dalmat | 227.4 | 232.4 | 5 | NNVA |
| 346 | Pengiriman *Cutting Plan Bolster Machining* yang sudah di BPM oleh dalmat ke PPC Barat | 181.4 | 186.4 | 5 | NNVA |
| 347 | Proses Pembuatan & Pencetakan *Work Instruction Bolster Machining* | 186.4 | 186.6 | 0.2 | VA |
| 348 | Update material sisa pada *check sheet* oleh masing-masing *planner* | 186.6 | 186.8 | 0.2 | NNVA |
| 349 | Scan WI,*Rename* & *Grouping* WI *Bolster Machining* | 186.8 | 187 | 0.2 | NNVA |
| 350 | *Fotocopy Cutting Plan Bolster Machining* | 187 | 187.1 | 0.1 | NNVA |
| 351 | Bungkus WI *Bolster Machining* | 187.1 | 187.6 | 0.5 | NNVA |
| 352 | Dokumen WI *Bolster Machining* dikirim ke Dalprod | 187.6 | 188.6 | 1 | NNVA |
| 353 | Dokumen WI *Bolster Machining* diterima Dalprod | 188.6 | 189.1 | 0.5 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 354 | Pengiriman WI *Bolster Machining* ke Fabrikasi | 189.1 | 192.1 | 3 | NNVA |
| 355 | Dokumen WI *Bolster Machining* diterima staff Fabrikasi | 192.1 | 192.6 | 0.5 | NNVA |
| 356 | Distribusi WI *Bolster Machining* ke *workshop* oleh staff Fabrikasi | 192.6 | 222.6 | 30 | NNVA |
| 357 | Pengajuan permintaan material untuk proses *Bolster Machining* oleh operator workshop ke Dalprod | 222.6 | 224.6 | 2 | NNVA |
| 358 | Pembuatan SPM *Bolster Machining* untuk permintaan Material oleh Dalprod | 224.6 | 227.6 | 3 | NNVA |
| 359 | Pengiriman SPM *Bolster Machining* dari Dalprod ke Dalmat | 227.6 | 232.6 | 5 | NNVA |
| 360 | Dalmat menyediakan Material yang dibutuhkan untuk proses *Bolster Machining* | 232.6 | 292.6 | 60 | NNVA |
| 361 | Pengiriman material *Bolster Machining* dari open storage oleh Dalprod ke Workshop | 292.6 | 312.6 | 20 | NNVA |
| 362 | Persiapan proses *Sideframe* | 312.6 | 314.6 | 2 | NNVA |
| 363 | Persiapan proses *Transome* | 312.6 | 314.6 | 2 | NNVA |
| 364 | Persiapan proses *Headstock* | 312.6 | 314.6 | 2 | NNVA |
| 365 | Operator melakukan *Barcoding* sebelum memulai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* di setiap Wi | 314.6 | 315.1 | 0.5 | NNVA |
| 366 | Proses pekerjaan S*ide Frame* | 315.1 | 4155.1 | 3840 | VA |
| 367 | Operator melakukan Barcoding setelah selesai pekerjaan untuk setiap Worksequence | 4155.1 | 4155.6 | 0.5 | NNVA |
| 368 | Operator melakukan *Barcoding* sebelum memulai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* di setiap Wi | 314.6 | 315.1 | 0.5 | NNVA |
| 369 | Proses pekerjaan *Transome* | 315.1 | 13755.1 | 13440 | VA |
| 370 | Operator melakukan *Barcoding* setelah selesai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* | 13755.1 | 13755.6 | 0.5 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 371 | Operator melakukan *Barcoding* sebelum memulai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* di setiap Wi | 314.6 | 315.1 | 0.5 | NNVA |
| 372 | Proses pekerjaan *headstock* | 315.1 | 13563.1 | 13248 | VA |
| 373 | Operator melakukan *Barcoding* setelah selesai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* | 13563.1 | 13563.6 | 0.5 | NNVA |
| 374 | Proses Pengecekan oleh *Quality Control* | 13755.6 | 13770.6 | 15 | NNVA |
| 375 | Proses *rework* pada *side frame* | 13770.6 | 20010.6 | 6240 | NVA |
| 376 | Proses Pengecekan qty yang diterima dari *Steel work (Side Frame, Head Stock, Transome)* oleh Dalprod | 20010.6 | 20025.6 | 15 | NNVA |
| 377 | Pembutan STTPP penyerahan *Side Frame* ke *Central Part* oleh Dalprod | 20025.6 | 20026.6 | 1 | NNVA |
| 378 | *Side Frame* dikirim ke *Central Part* oleh Dalprod | 20026.6 | 20028.6 | 2 | NNVA |
| 379 | Pembutan STTPP penyerahan *Transome* ke *Central Part* oleh Dalprod | 20028.6 | 20029.6 | 1 | NNVA |
| 380 | *Transome* dikirim ke *Central Part* oleh Dalprod | 20029.6 | 20031.6 | 2 | NNVA |
| 381 | Pembutan STTPP penyerahan *Headstock* ke *Central Part* oleh Dalprod | 20031.6 | 20032.6 | 1 | NNVA |
| 382 | *Headstock* dikirim ke *Central Part* oleh Dalprod | 20032.6 | 20034.6 | 2 | NNVA |
| 383 | Pembuatan STTPP (*Headstock, Side Frame* dan *Transome)* untuk dikirim ke *Workshop* | 20028.6 | 20029.6 | 1 | NNVA |
| 384 | Dalmat memberi informasi ke Dalprod mengenai ketersediaan material | 20029.6 | 20030.6 | 1 | NNVA |
| 385 | Dalmat menyediakan *Piece Part* yang dibutuhkan dan membuat STTPP 3 rangkap | 20030.6 | 20031.6 | 1 | NNVA |

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 386 | Pengiriman *Single Part* ke *Weld 6* | 20031.6 | 20046.6 | 15 | NNVA |
| 387 | Menunggu kedatangan material pengganti (akibat dimensi yang tidak sesuai) *Bogie Frame Assy* | 20046.6 | 26766.6 | 6720 | NVA |
| 388 | Menunggu kedatangan material yang kurang *Bogie Frame Assy* | 26766.6 | 35406.6 | 8640 | NVA |
| 389 | Menunggu ketersediaan mesin *laser cutting* | 35406.6 | 60366.6 | 24960 | NVA |
| 390 | Menunggu kedatangan material pengganti (akibat rusak saat akan pemasangan') *Bogie Frame Assy* | 60366.6 | 71886.6 | 11520 | NVA |
| 391 | Operator melakukan *Barcoding* sebelum memulai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* di setiap Wi | 71886.6 | 71887.1 | 0.5 | NNVA |
| 392 | Proses pekerjaan *Bogie Frame Assy* | 71887.1 | 77359.1 | 5472 | VA |
| 393 | Operator melakukan Barcoding setelah selesai pekerjaan untuk setiap Worksequence | 77359.1 | 77359.6 | 0.5 | NNVA |
| 394 | Pembuatan STTPP penyerakan *Bogie Frame Assy* ke *Machining* | 77359.6 | 77360.6 | 1 | NNVA |
| 395 | Pengiriman Bogie Frame ke Machining | 77360.6 | 77363.6 | 3 | NNVA |
| 396 | Operator melakukan Barcoding sebelum memulai pekerjaan untuk setiap Worksequence di setiap Wi | 77363.6 | 77364.1 | 0.5 | NNVA |
| 397 | Proses *Bogie Machining* I | 77364.1 | 79284.1 | 1920 | VA |
| 398 | Operator melakukan Barcoding setelah selesai pekerjaan untuk setiap Worksequence | 79284.1 | 79284.6 | 0.5 | NNVA |
| 399 | Pembuatan STTPP penyerakan Bogie Frame Assy ke Weld 6 untuk pemasangan Bracket | 79284.6 | 79285.6 | 1 | NNVA |
| 400 | Pengiriman Bogie Frame yang sudah di Machining ke Weld 6 | 79285.6 | 79288.6 | 3 | NNVA |
| 401 | Operator melakukan Barcoding sebelum memulai pekerjaan untuk setiap Worksequence di setiap Wi | 79288.6 | 79289.1 | 0.5 | NNVA |

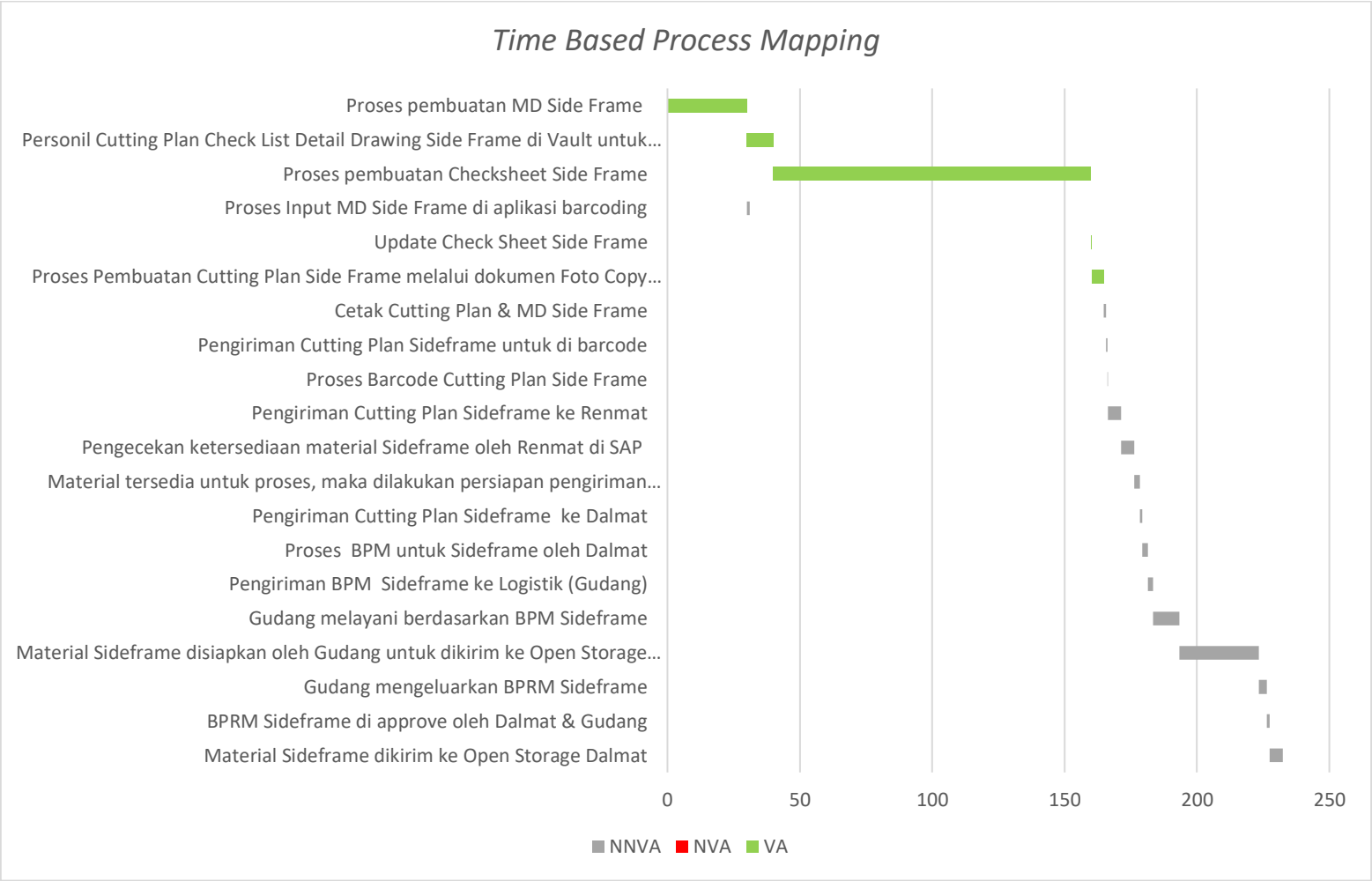
Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 402 | *Proses Bogie Assy Bracket* | 79289.1 | 83129.1 | 3840 | VA |
| 403 | Operator melakukan Barcoding setelah selesai pekerjaan untuk setiap Worksequence | 83129.1 | 83129.6 | 0.5 | NNVA |
| 404 | Pembuatan STTPP penyerakan *Bogie Frame Assy* ke *Machining* | 83129.6 | 83130.6 | 1 | NNVA |
| 405 | Pengiriman Bogie Frame ke *Machining* | 83130.6 | 83135.6 | 5 | NNVA |
| 406 | Operator melakukan Barcoding sebelum memulai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* di setiap Wi | 83135.6 | 83136.1 | 0.5 | NNVA |
| 407 | Proses *Bogie Frame Machining* II | 83136.1 | 85152.1 | 2016 | VA |
| 408 | Operator melakukan Barcoding setelah selesai pekerjaan untuk setiap Worksequence | 85152.1 | 85152.6 | 0.5 | NNVA |
| 409 | Pembuatan STTPP penyerakan Bogie Frame ke *Finishing* | 85152.6 | 85153.6 | 1 | NNVA |
| 410 | Pengiriman *Bogie Frame* ke *Finishing* | 85153.6 | 85158.6 | 5 | NNVA |
| 411 | Menunggu kedatangan material pengganti untuk *Bolster Assy* | 7032.6 | 21432.6 | 14400 | NVA |
| 412 | Operator melakukan *Barcoding* sebelum memulai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* di setiap Wi | 21432.6 | 21433.1 | 0.5 | NNVA |
| 413 | Proses *Bolster Assy* | 21433.1 | 23833.1 | 2400 | VA |
| 414 | Modifikasi material karena tidak sesuai dimensi *Bolster* | 23833.1 | 30553.1 | 6720 | NVA |
| 415 | Operator melakukan *Barcoding* setelah selesai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* | 30553.1 | 30553.6 | 0.5 | NNVA |
| 416 | Pembuatan STTPP penyerahan *Bolster Assy* ke Weld 6 | 30553.6 | 30554.6 | 1 | NNVA |
| 417 | Pengiriman *Bolster Assy ke Weld 6* | 30554.6 | 30559.6 | 5 | NNVA |

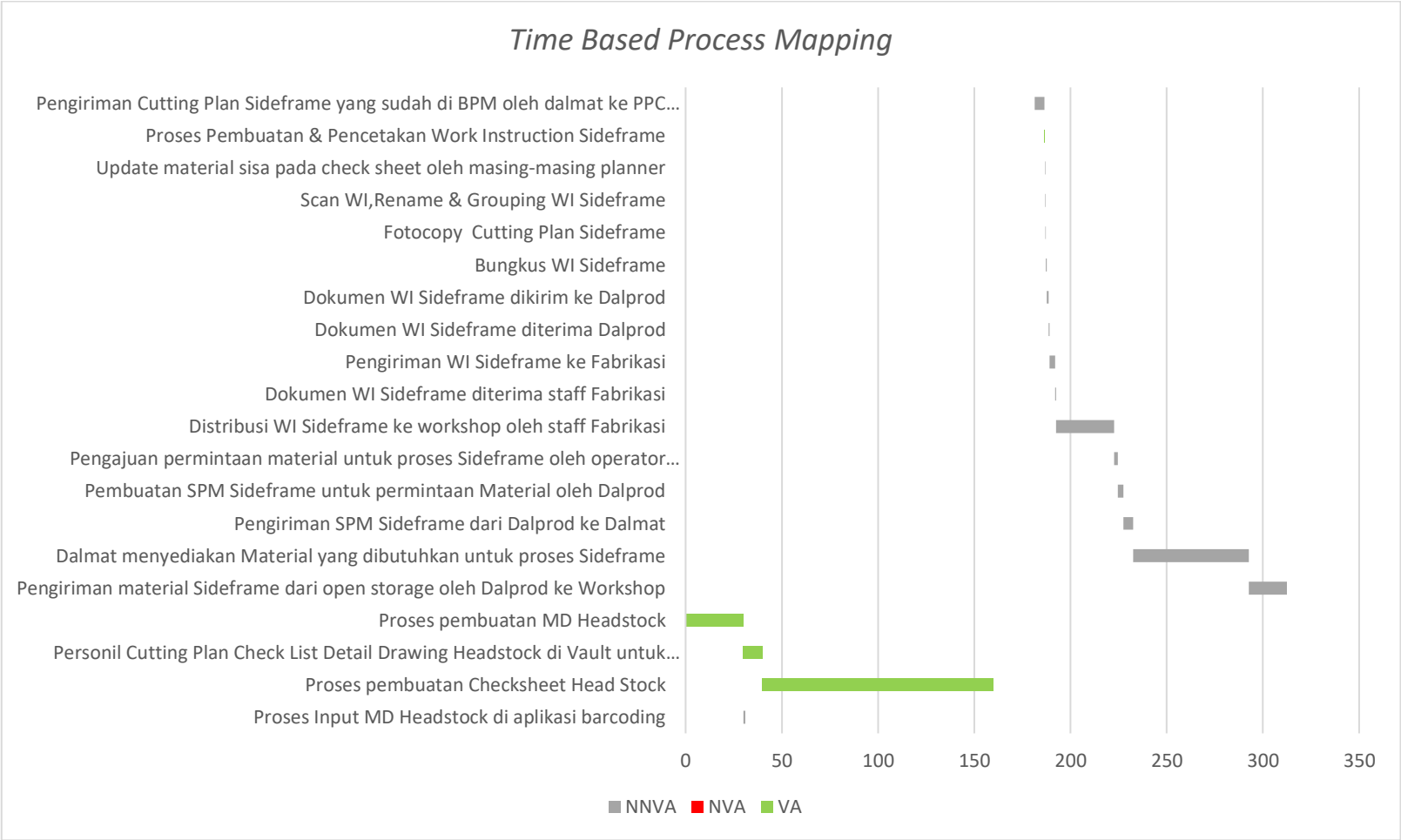
Tabel 4.1 Aktivitas Proses Produksi Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (lanjuitan)

| No | Aktivitas | Mulai | Selesai | Waktu | Aktivitas |
|---|---|---|---|---|---|
| 418 | Operator melakukan *Barcoding* sebelum memulai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* di setiap Wi | 30559.6 | 30560.1 | 0.5 | NNVA |
| 419 | Proses *Bolster Assy Bracket* | 30560.1 | 32528.1 | 1968 | VA |
| 420 | Operator melakukan *Barcoding* setelah selesai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* | 32528.1 | 32528.6 | 0.5 | NNVA |
| 421 | Pembuatan STTPP penyerakan *Bogie Frame Assy* ke *Machining* | 32528.6 | 32529.6 | 1 | NNVA |
| 422 | Pengiriman Bogie Frame ke *Machining* | 32529.6 | 32532.6 | 3 | NNVA |
| 423 | Operator melakukan *Barcoding* sebelum memulai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* di setiap Wi | 32532.6 | 32533.1 | 0.5 | NNVA |
| 424 | Proses *Bolster Machining* | 32533.1 | 34357.1 | 1824 | VA |
| 425 | Operator melakukan *Barcoding* setelah selesai pekerjaan untuk setiap *Worksequence* | 34357.1 | 34357.6 | 0.5 | NNVA |
| 426 | Pembuatan STTPP penyerahan *Bolster* ke *Finshing* | 34357.6 | 34358.6 | 1 | NNVA |
| 427 | Pengiriman *Bolster* ke *Finishing* | 34358.6 | 34363.6 | 5 | NNVA |

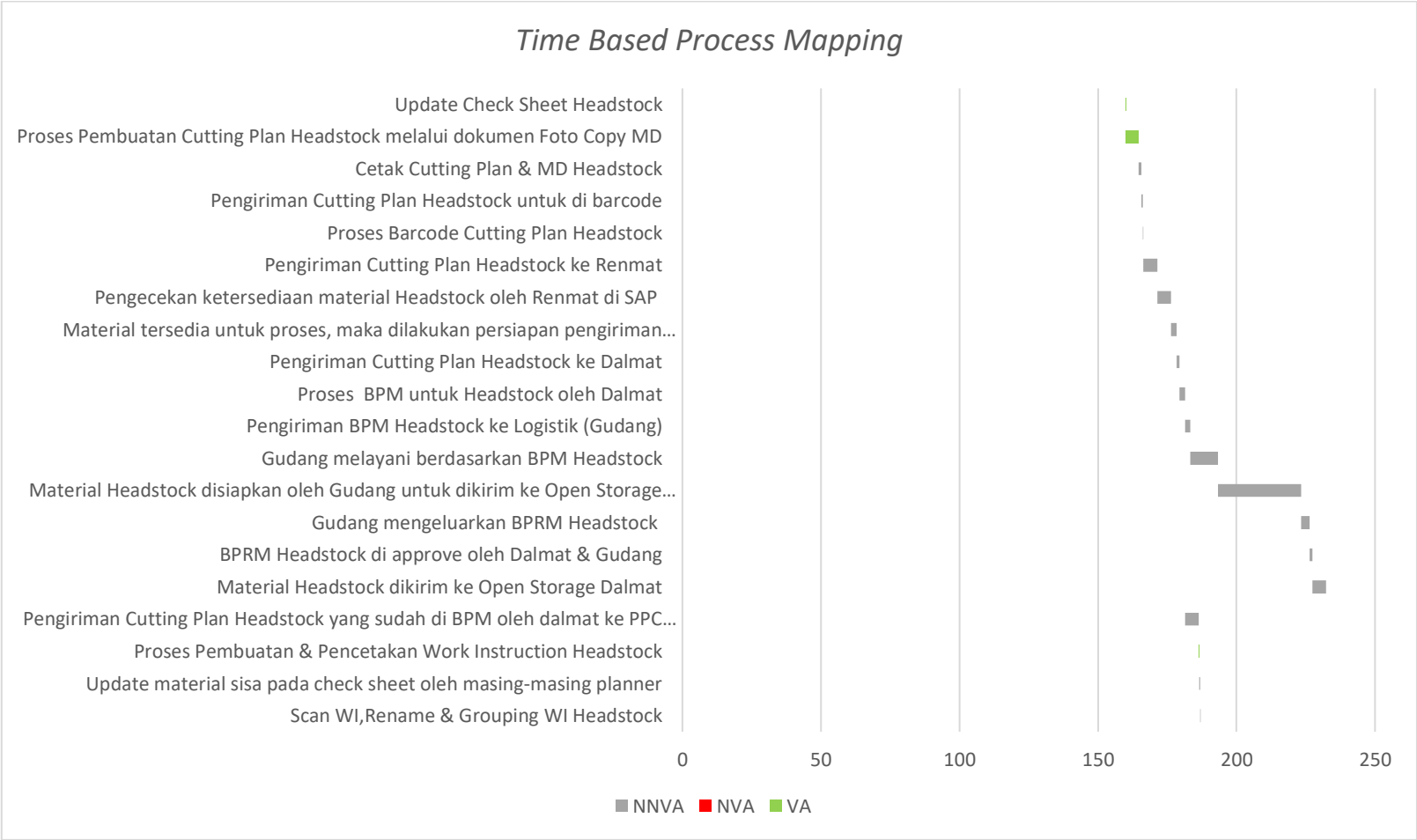
Dari aktivitas tersebut akan disusun TBPM sesuai dengan urutan proses yang tertera pada *flowchart* Gambar 4.4 dan alur produksi pada Gambar 4.3. Selanjutnya akan ditunjukkan began waktu dari TBPM pada Gambar 4.5.



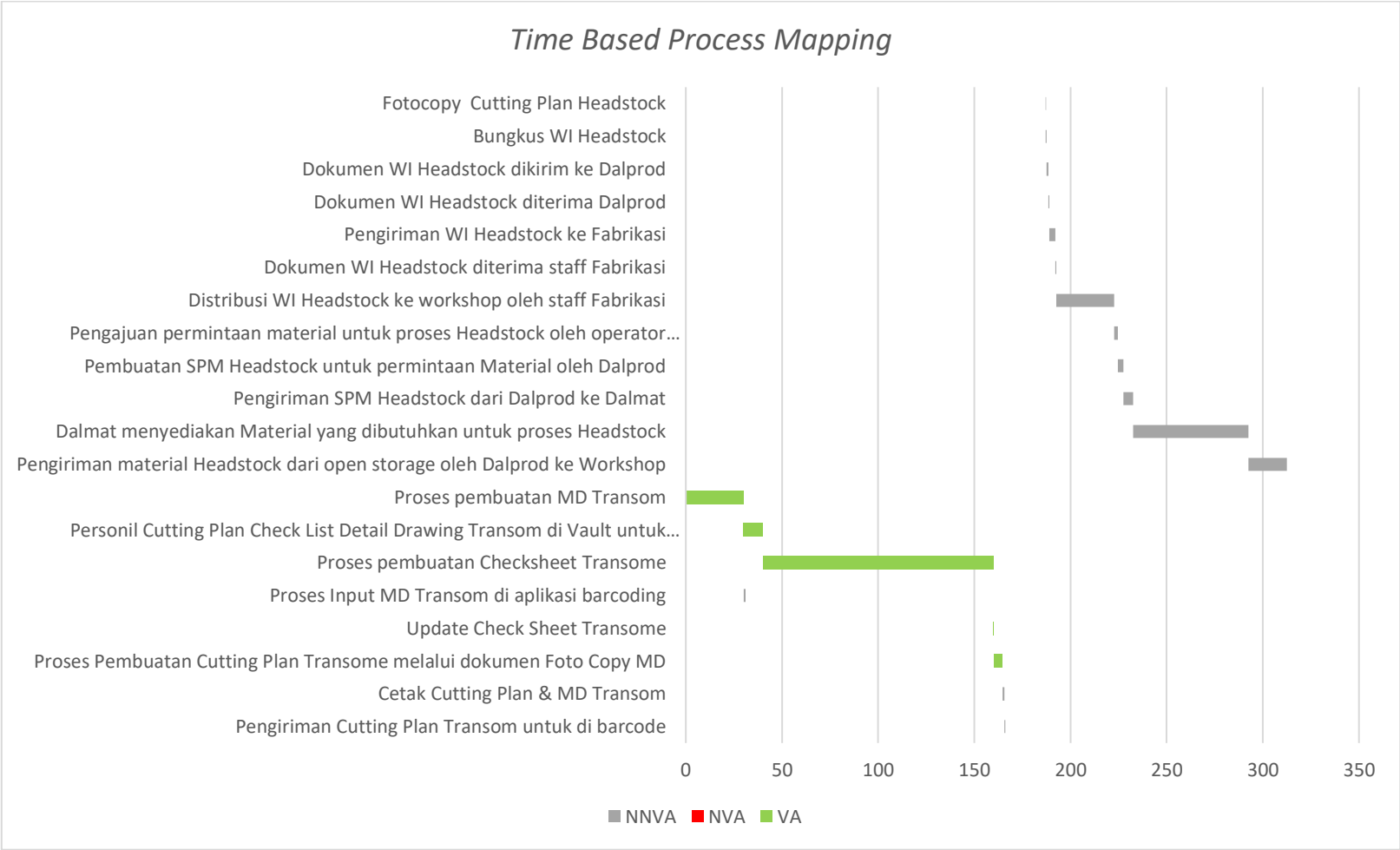

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek



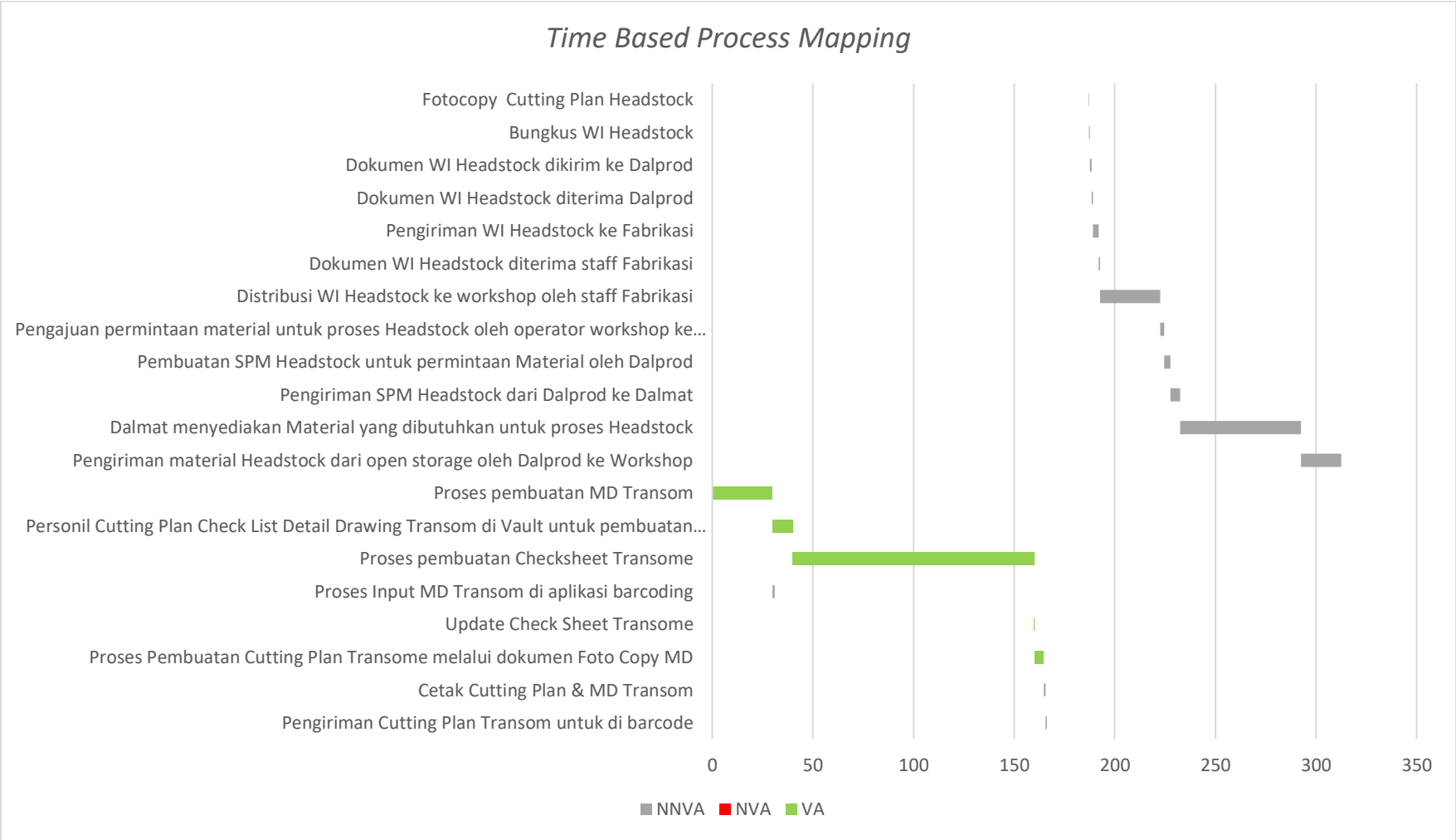

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



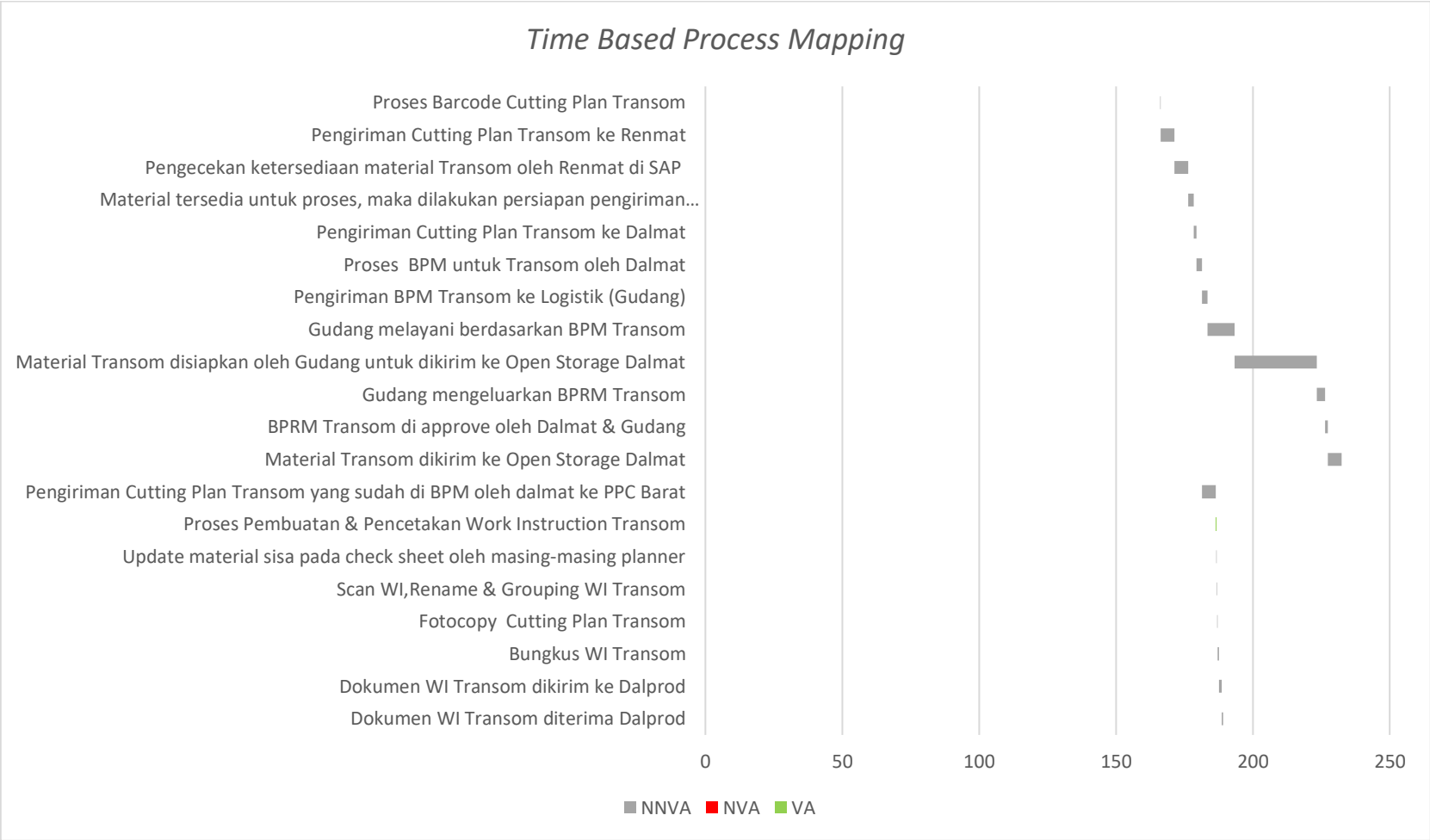

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



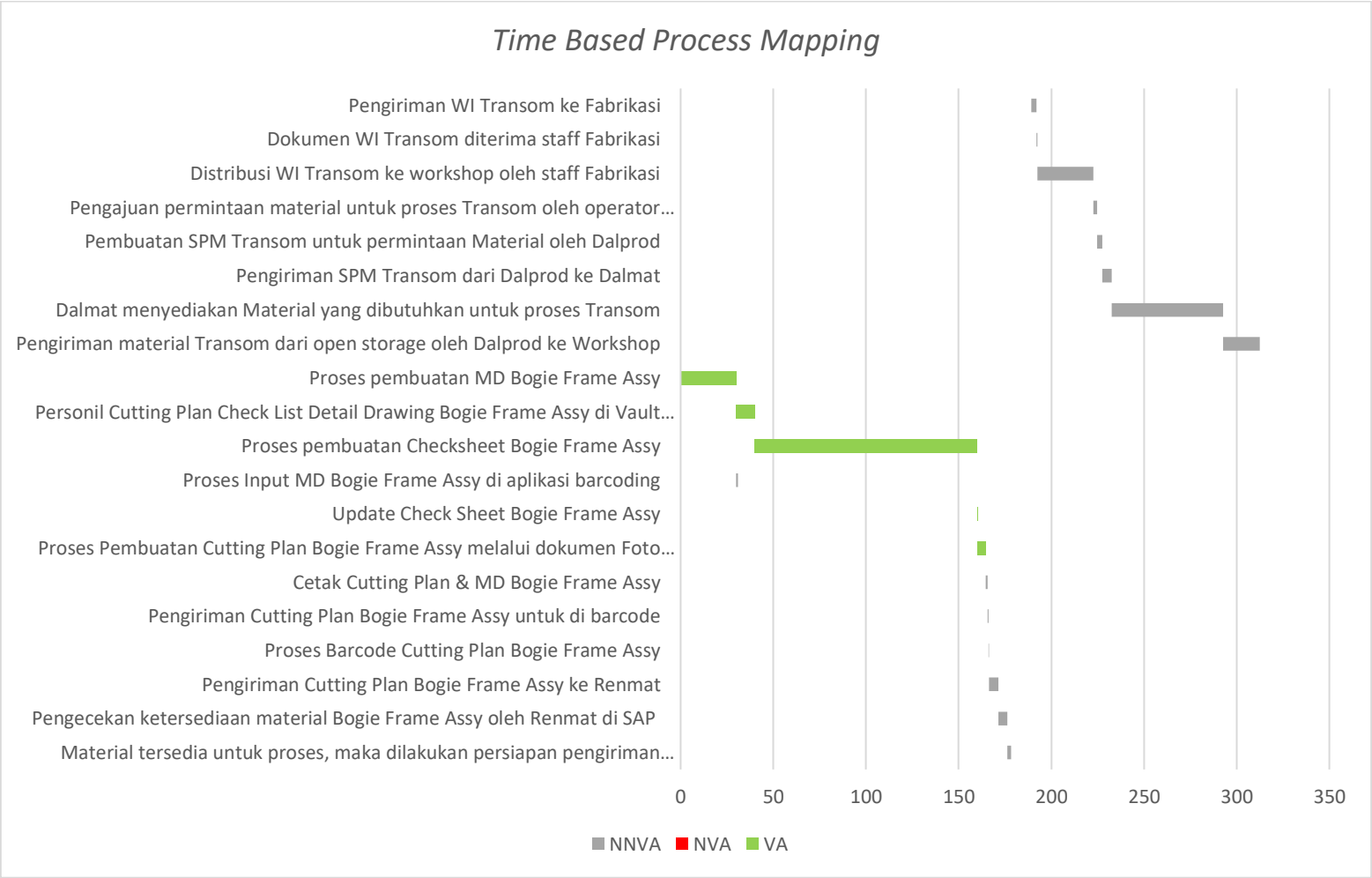

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



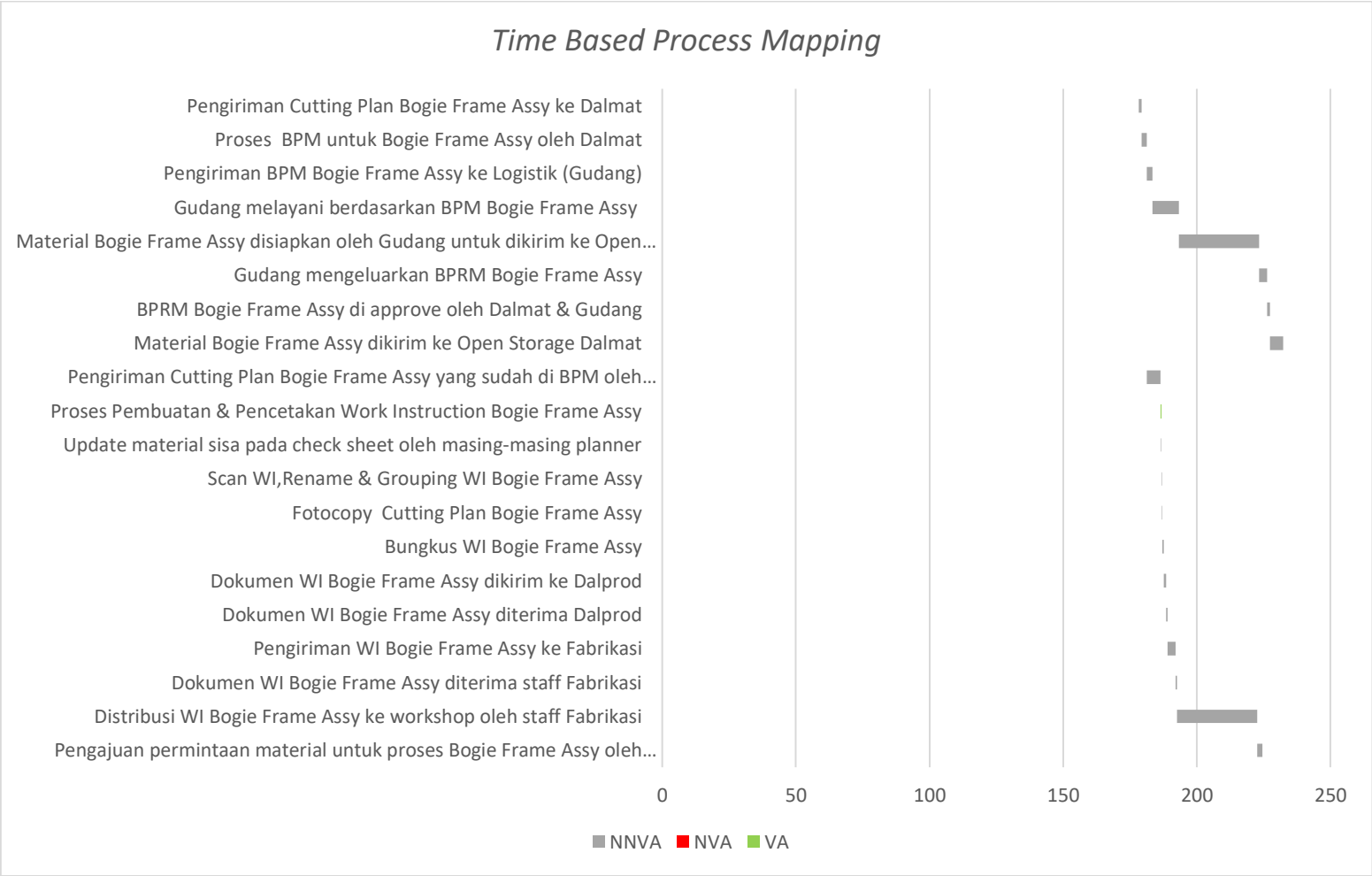

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



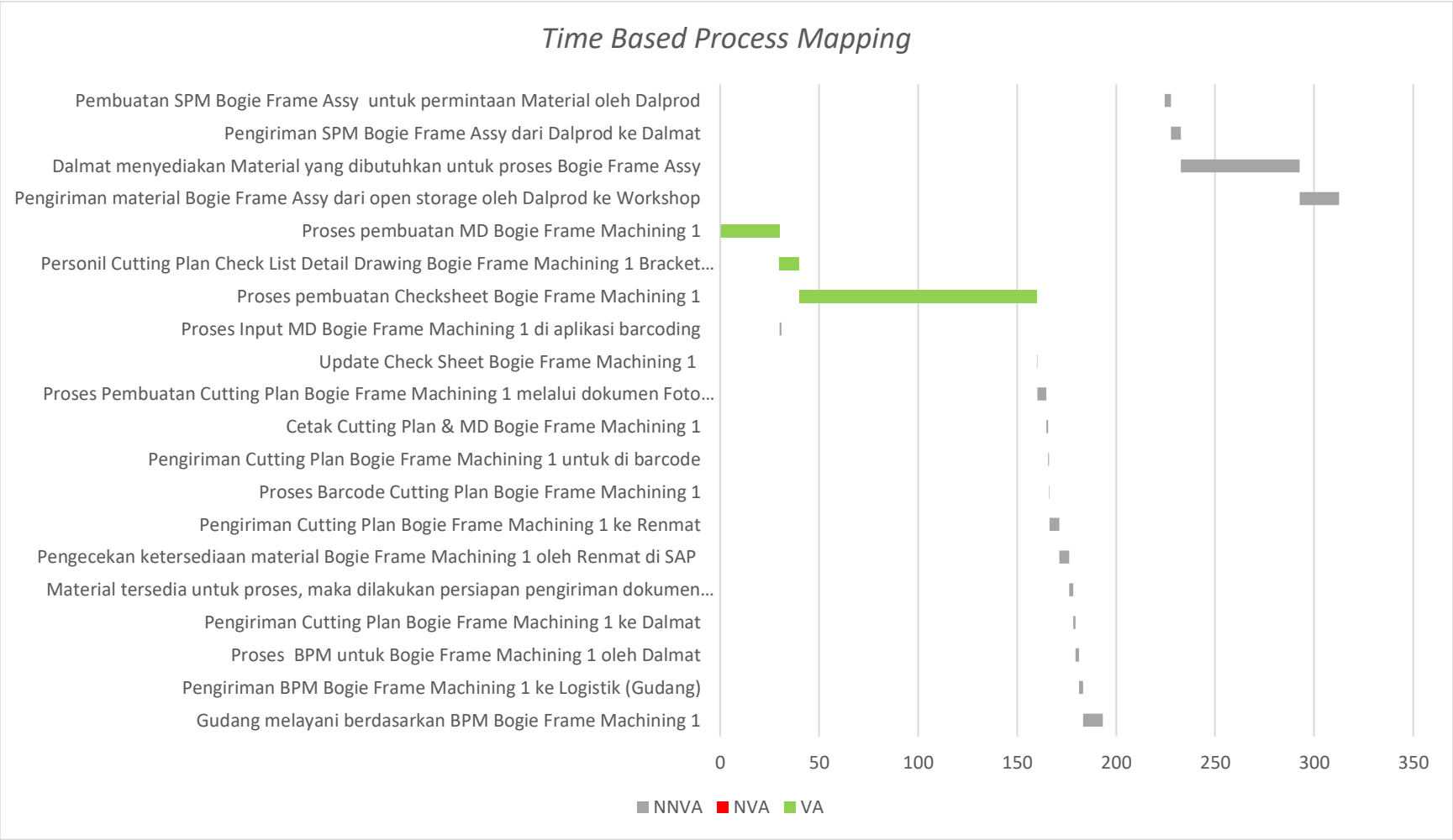

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



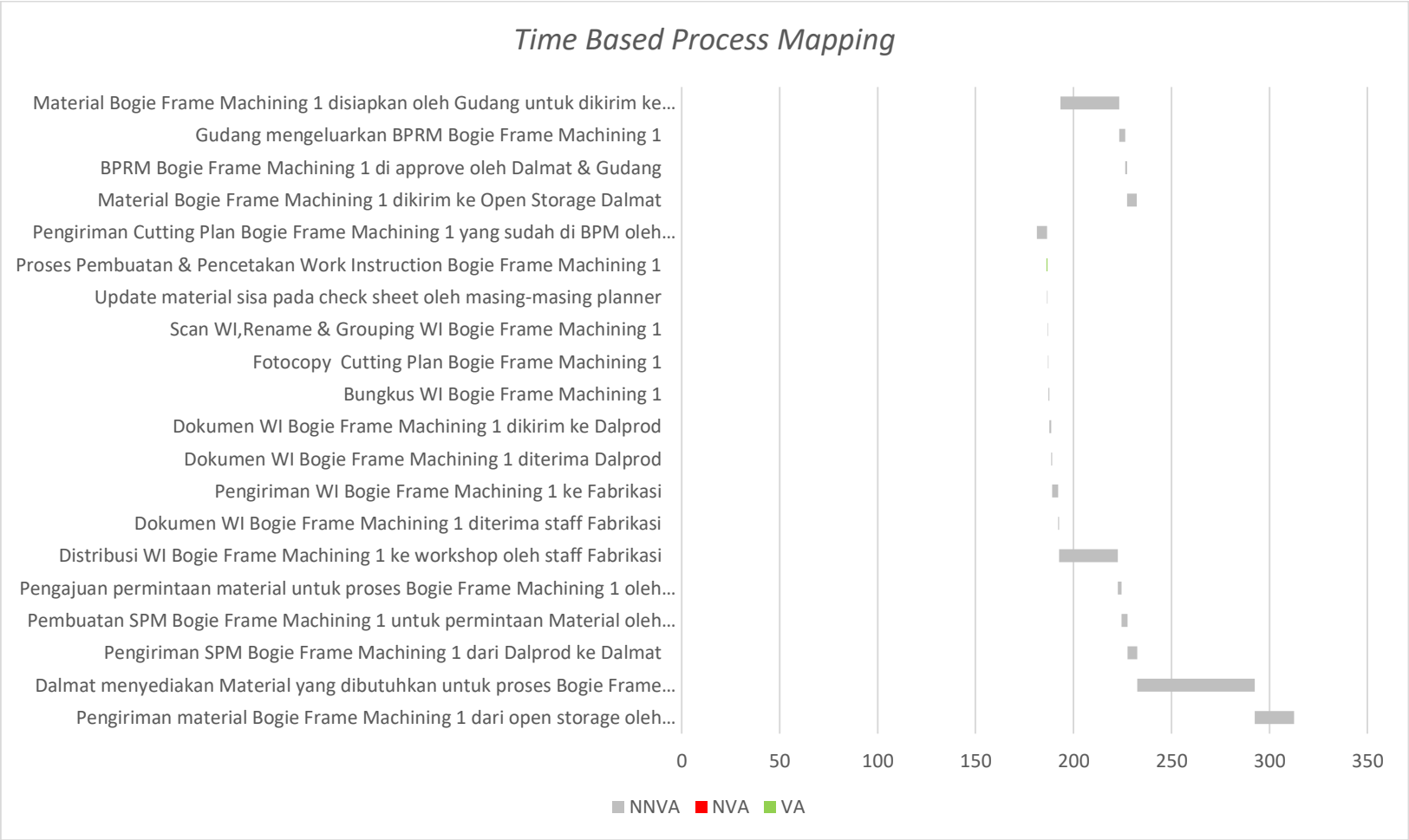

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



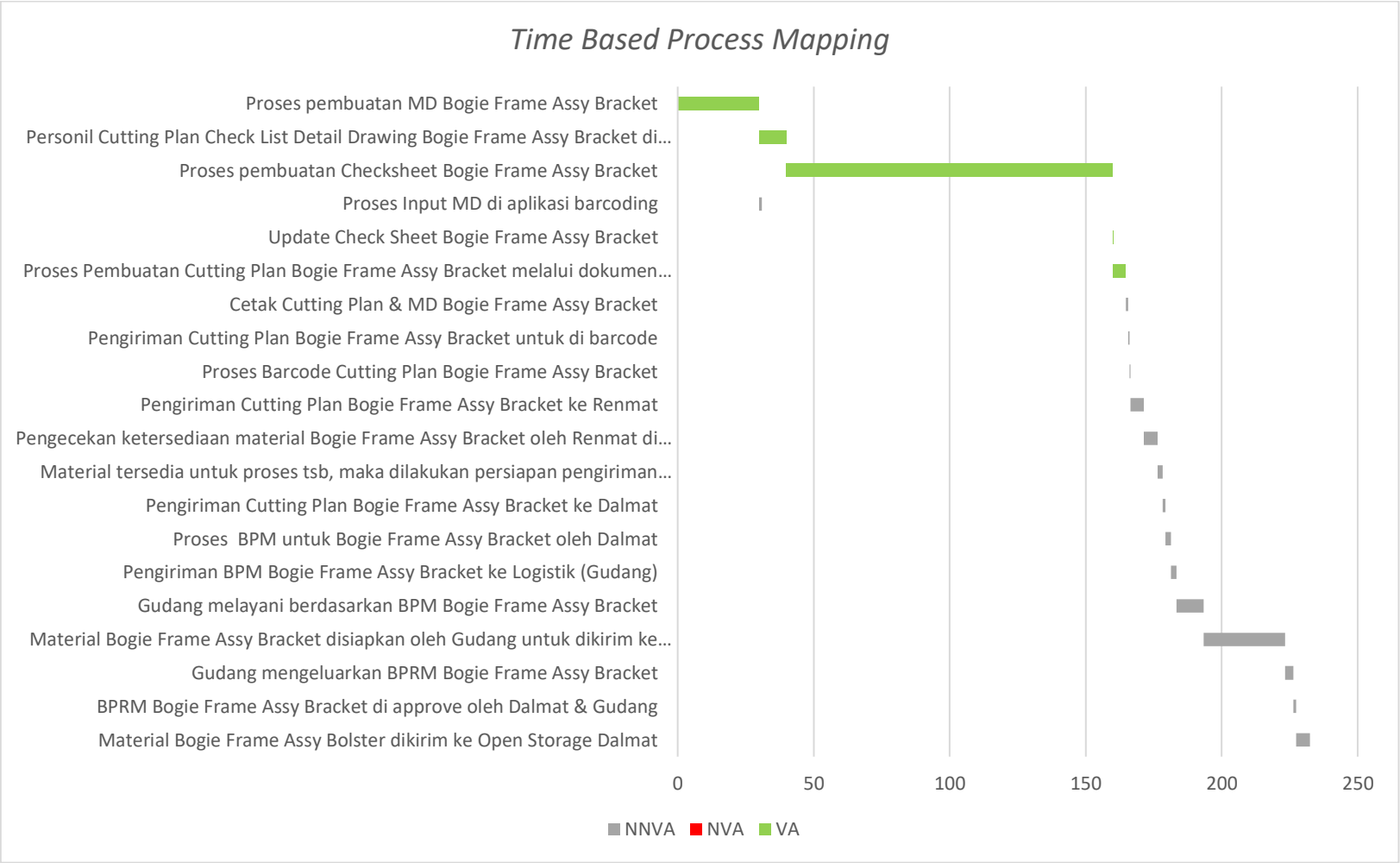

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



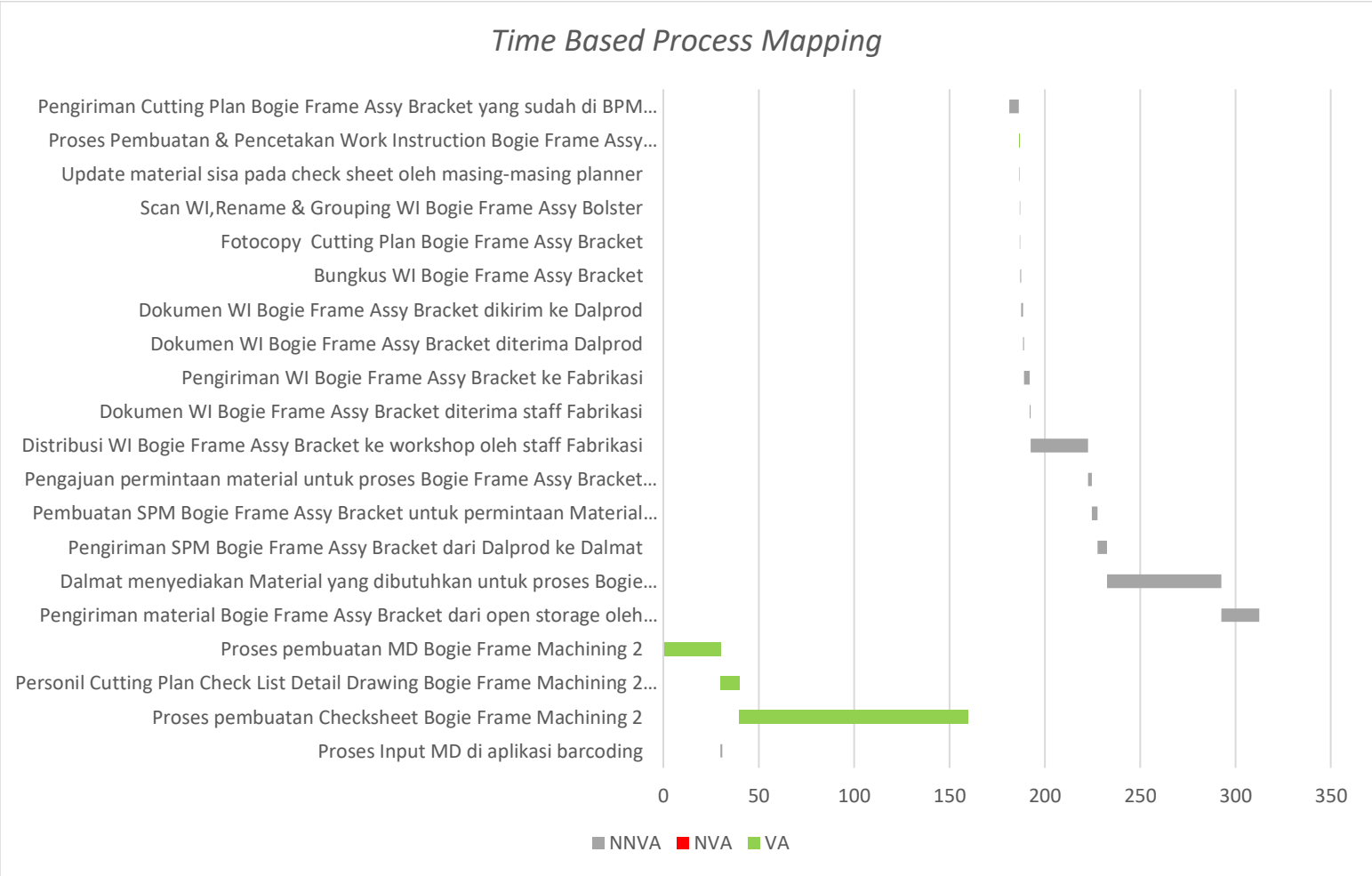

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



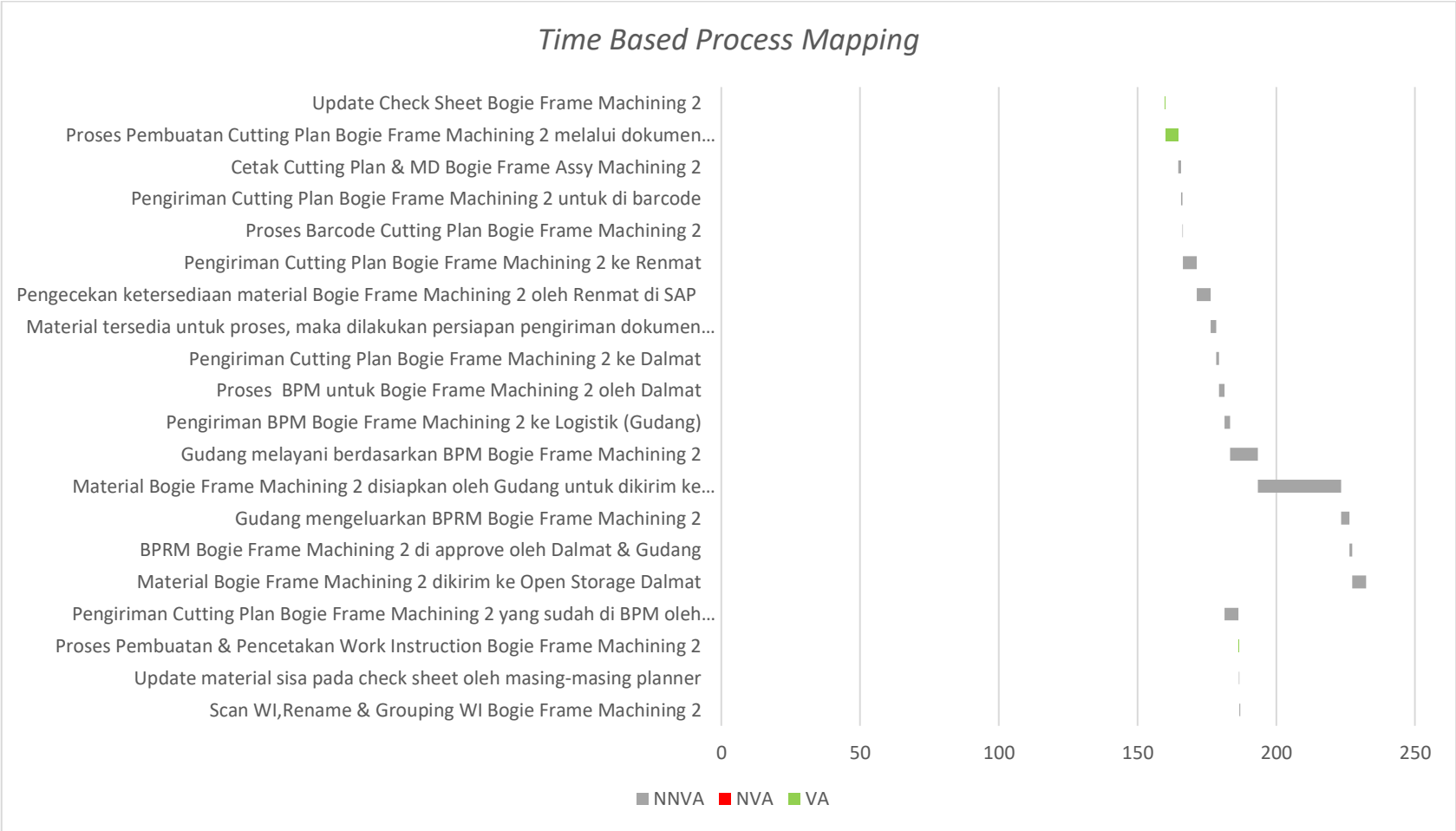

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



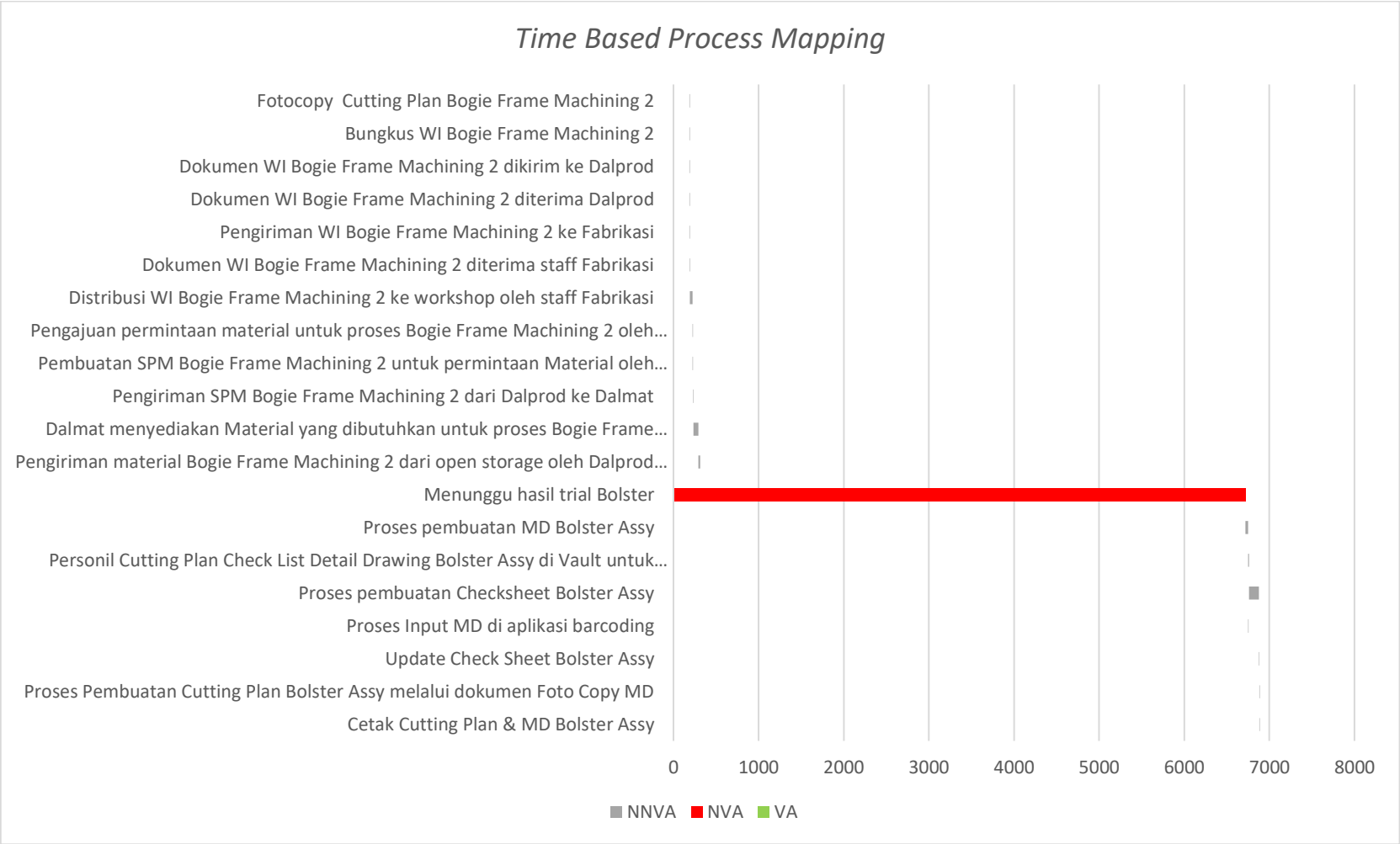

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



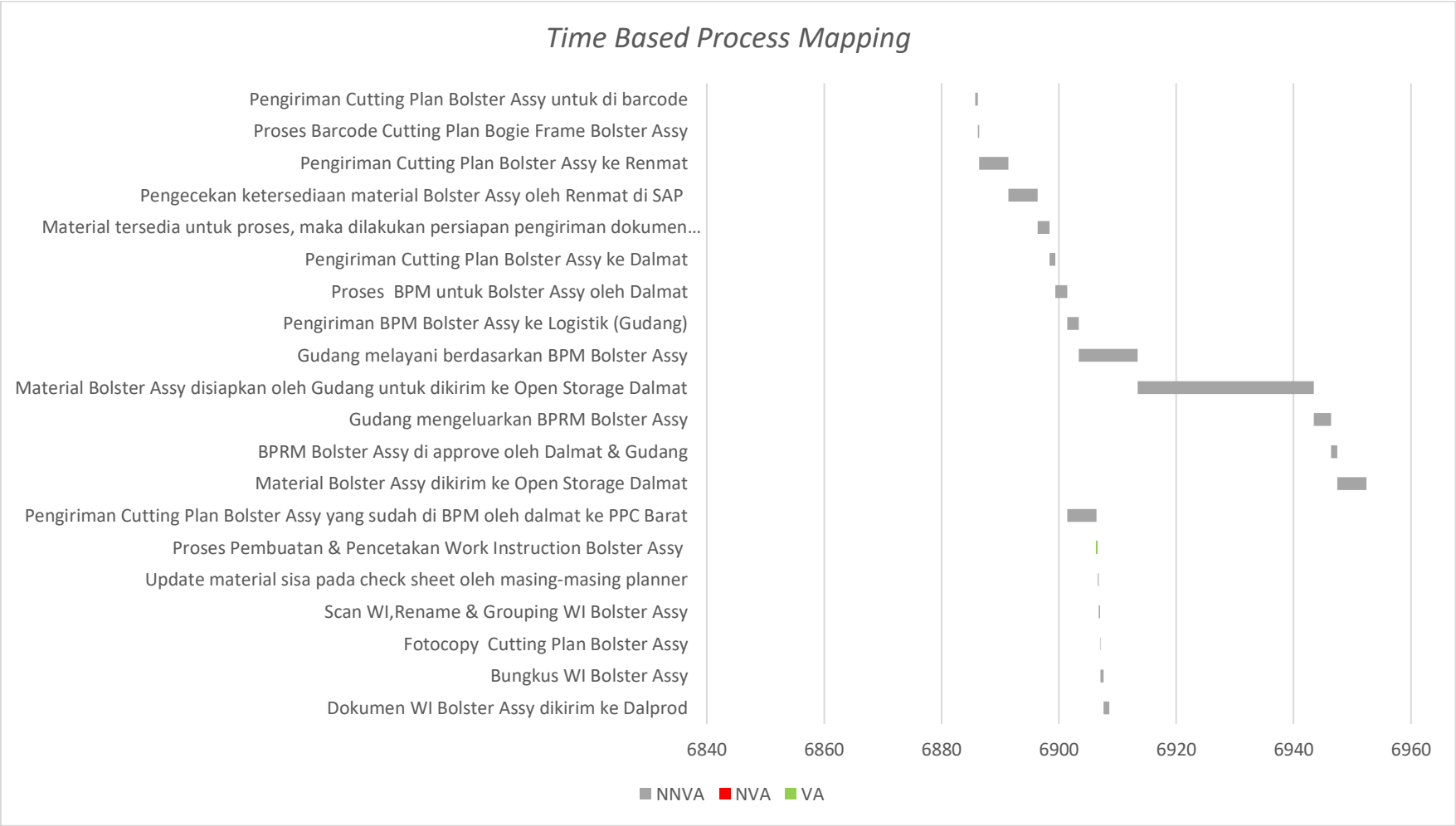

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



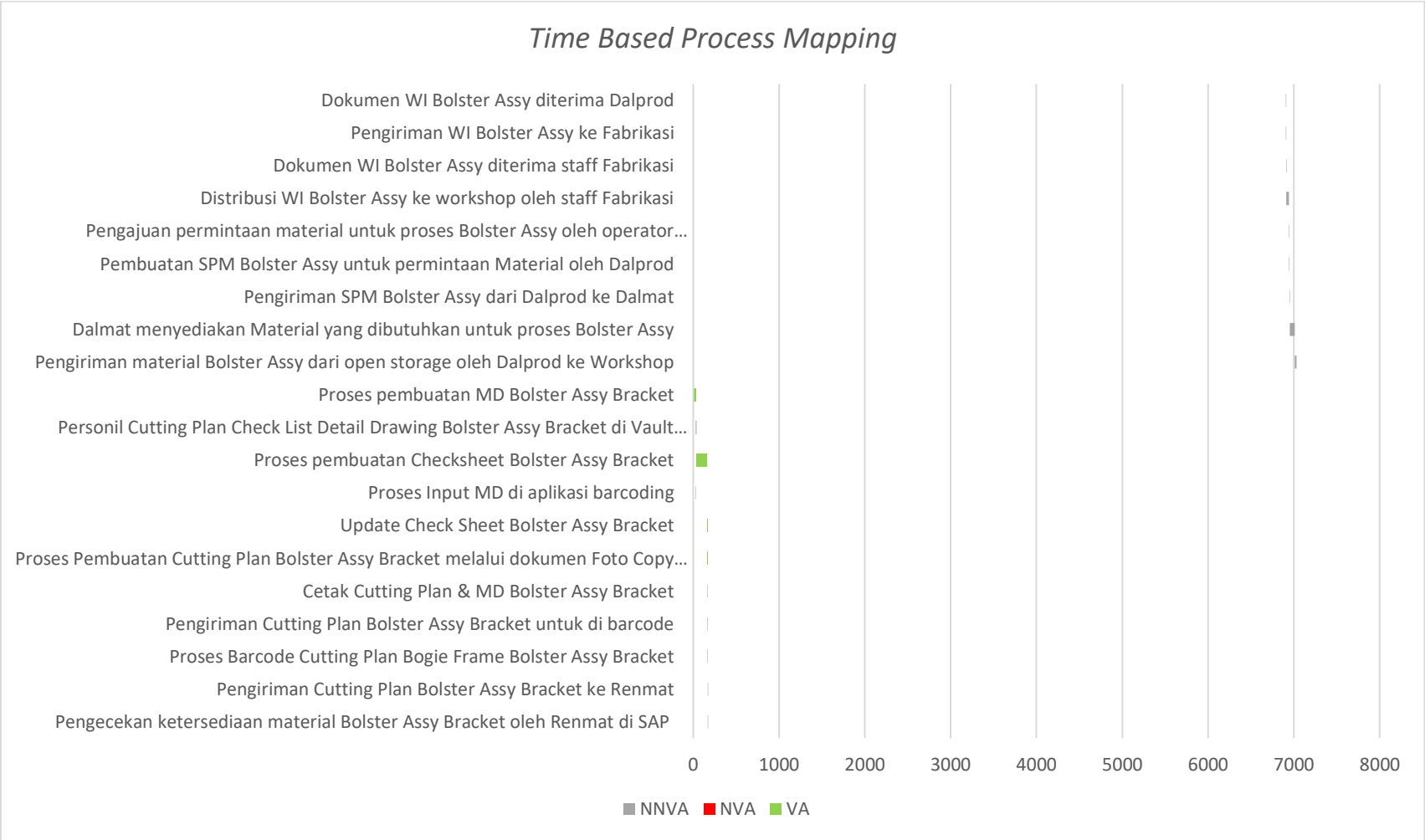

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



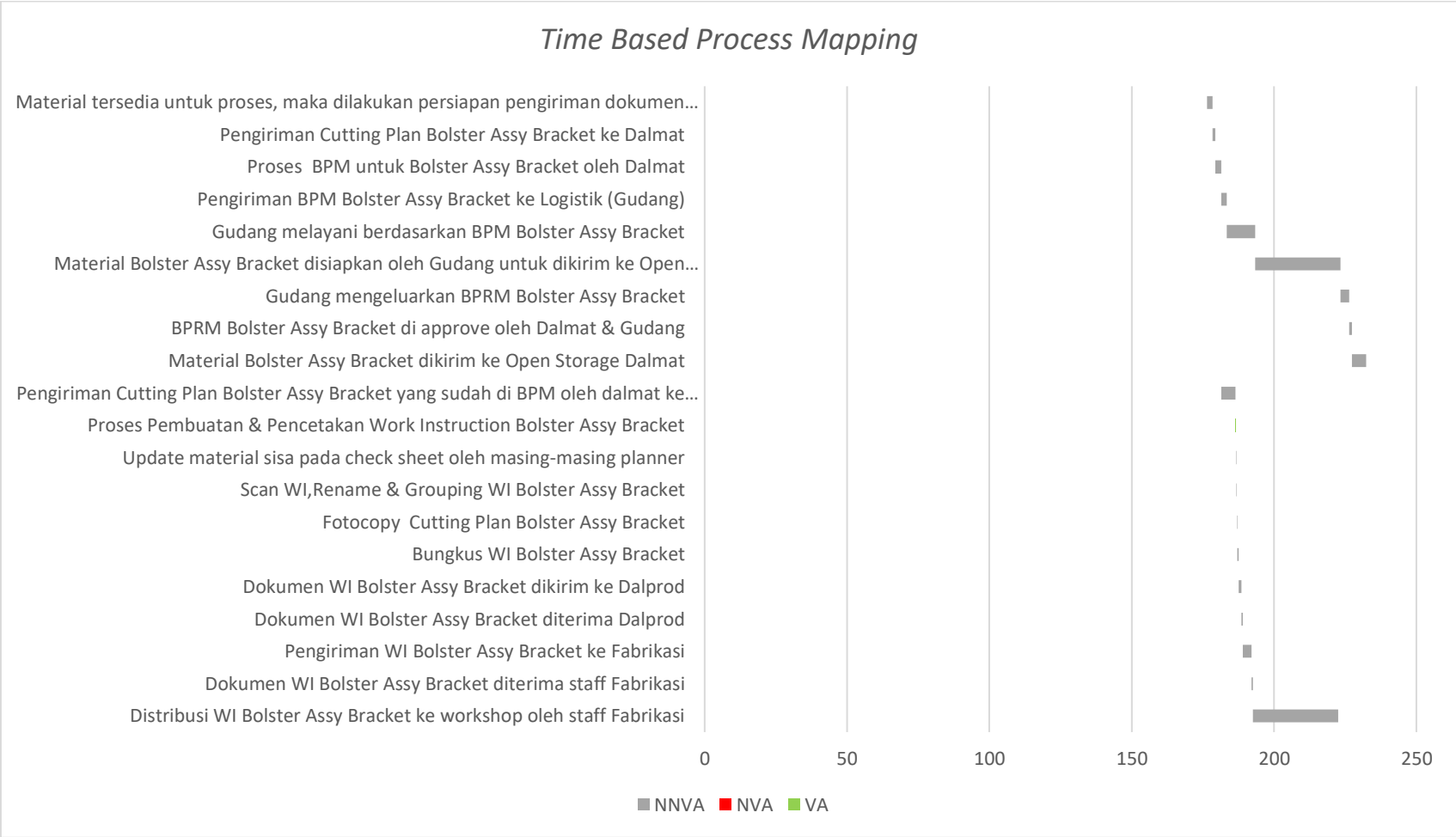

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



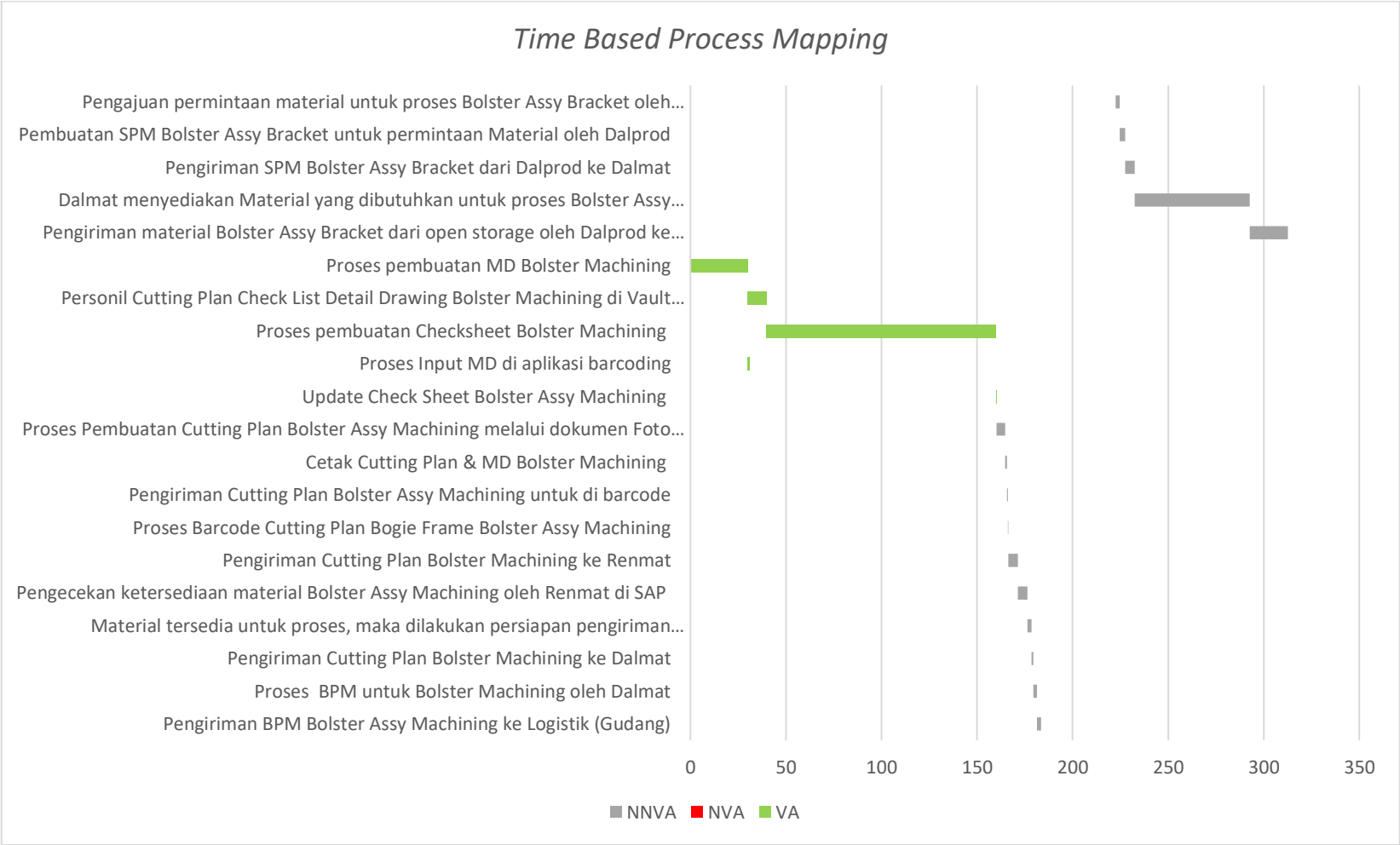

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



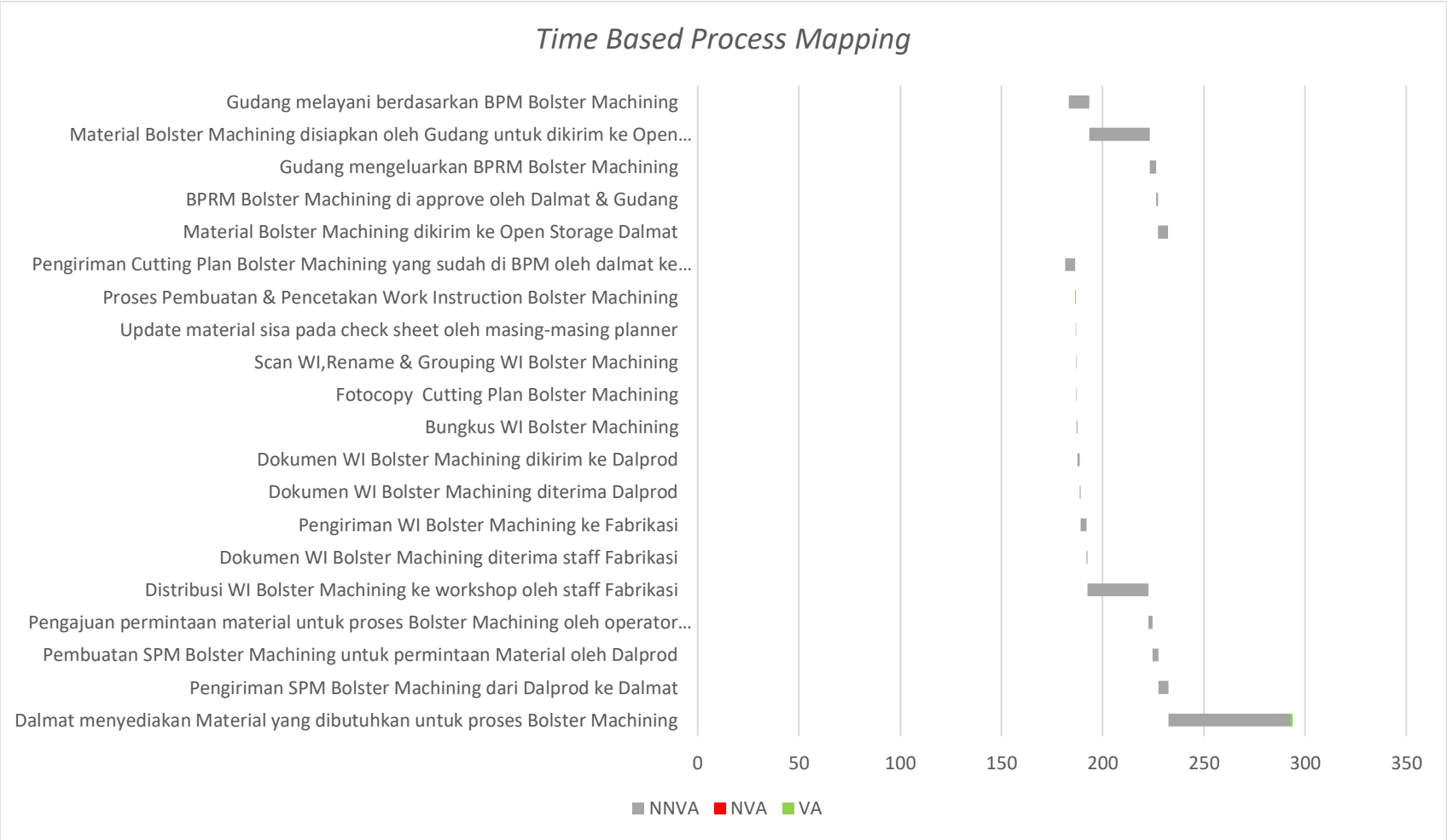

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



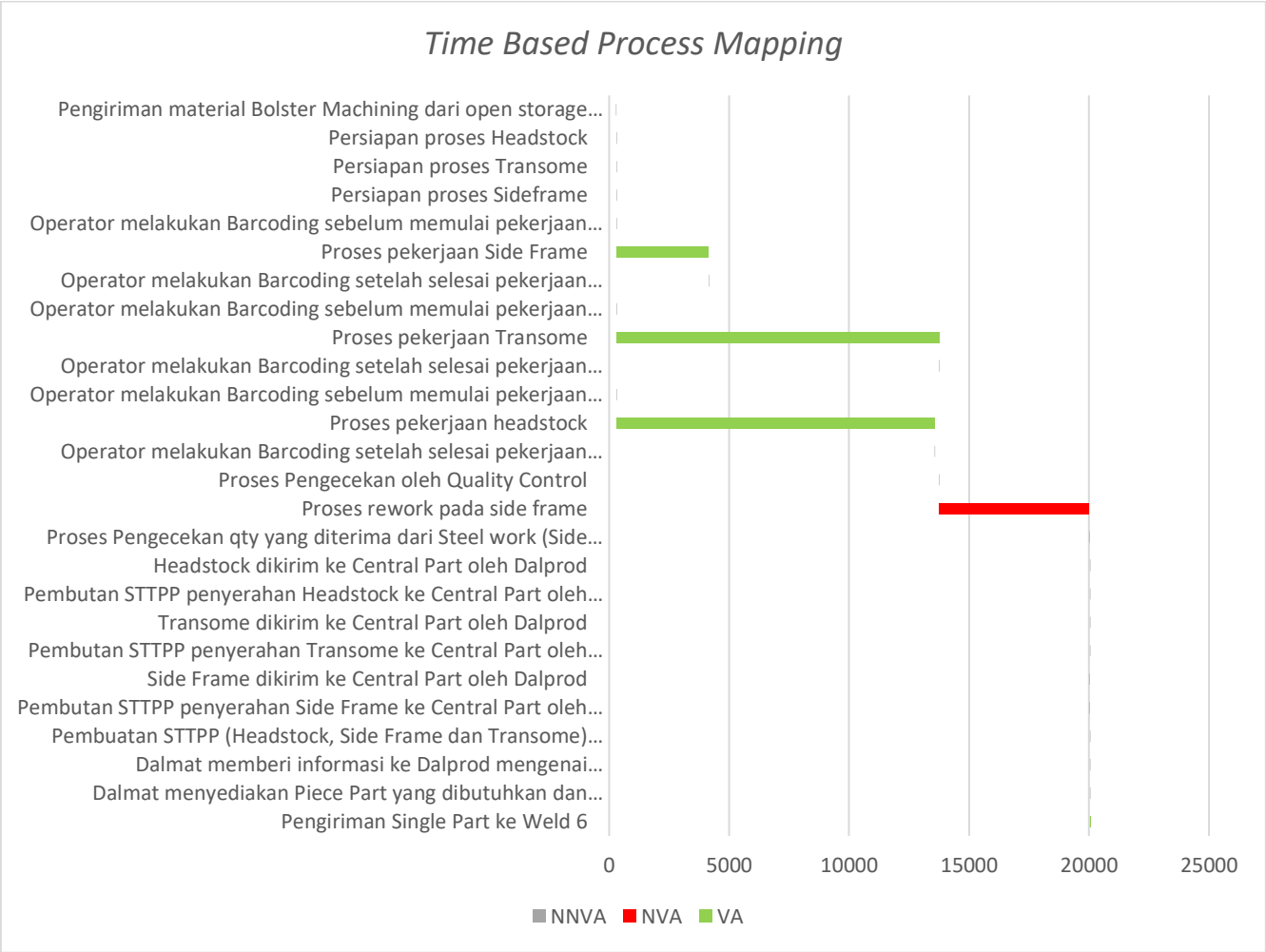

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



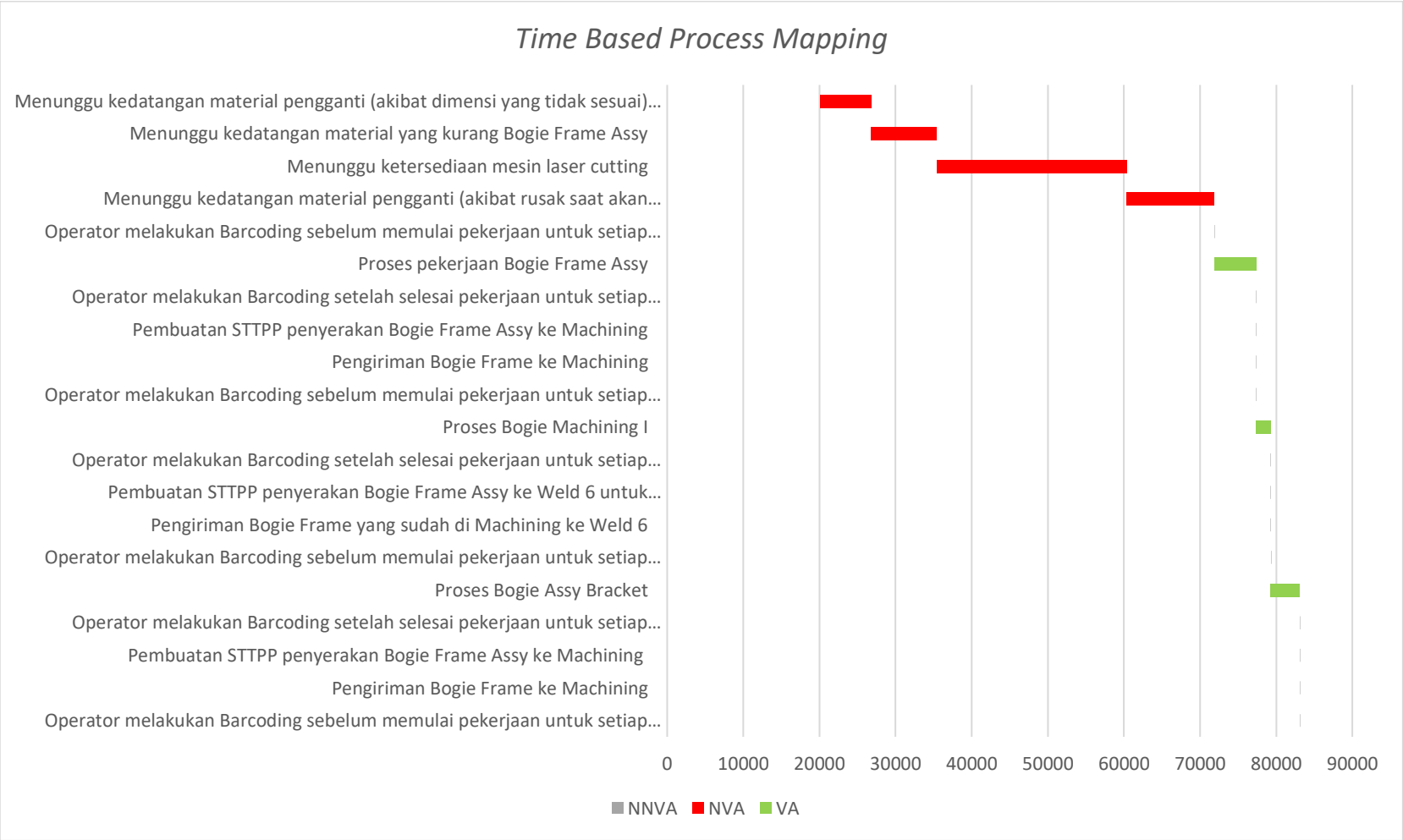

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)



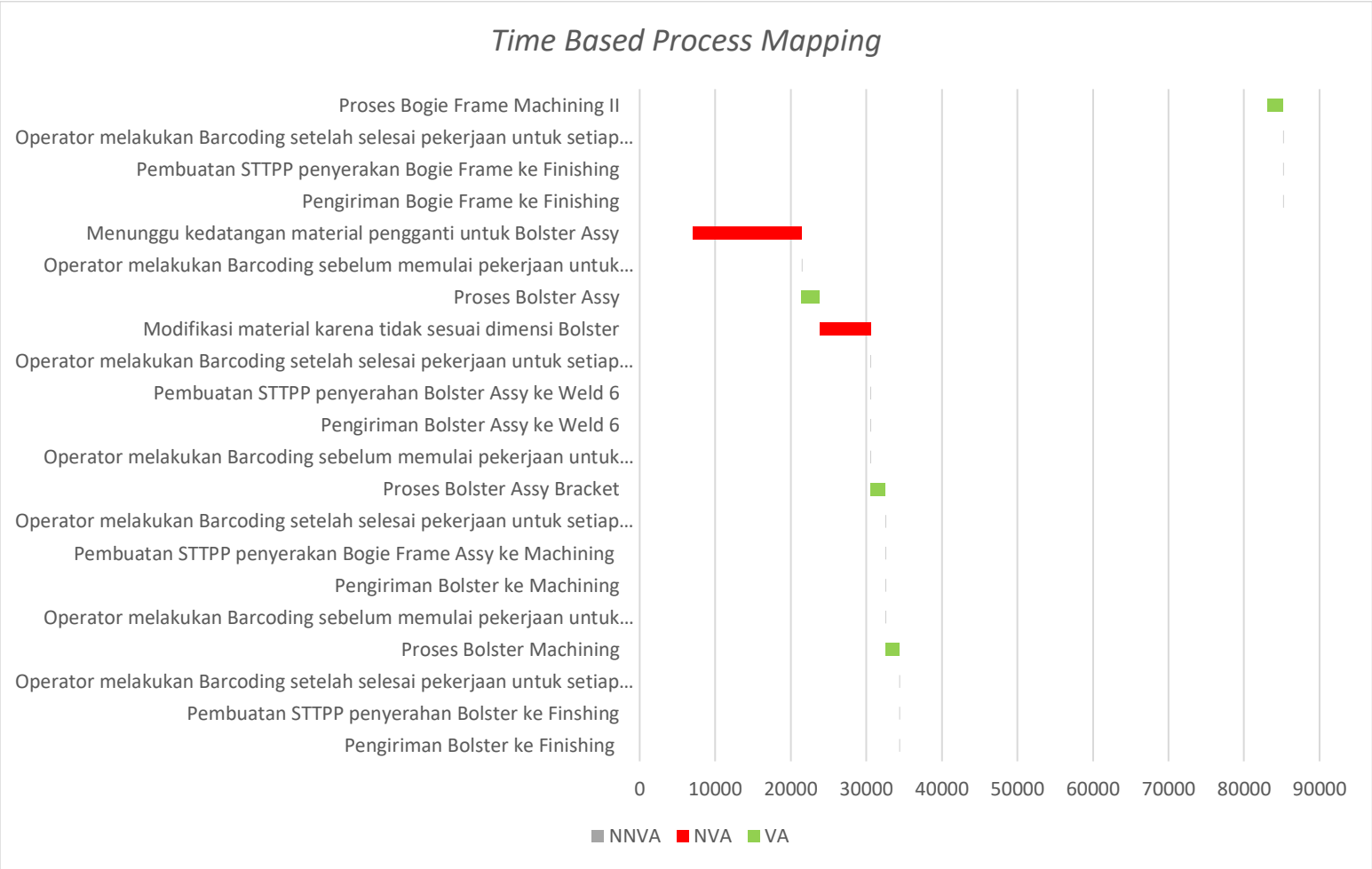

Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)




Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)




Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)




Gambar 4.5 TBPM Proses Fabrikasi *Bogie* LRT Jabodebek (Lanjutan)

Berdasarkan TBPM, proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek selesai pada waktu 85158.6 pada aktivitas nomor 410 pada Tabel 4.1, yaitu aktivitas pembuatan STTPP penyerahan *Bogie Fram*e ke *Finishing*. Tabel 4.2 menunjukkan proporsi waktu untuk masing-masing jenis aktivitas.

Tabel 4.2 Rekapitulasi TBPM

| Kategori | VA | NVA | NNVA |
|---|---|---|---|
| **Jumlah** | 70 | 8 | 349 |
| **Total Waktu (Menit)** | 51617 | 85920 | 2106 |
| **Persentase Waktu** | 37% | 61,5% | 1,5% |

Dari Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa 51617 menit merupakan aktivitas VA atau 62% dari total waktu. Apabila dilihat dari jumlah aktivitas, VA sebanyak 70 aktivitas. Untuk aktivitas NNVA terdapat sekitar 342 aktivitas. Aktivitas NNVA memakan waktu 867.5 menit atau 1% dari total waktu. Sedangkan aktivitas NVA sebanyak 8 aktivitas dan memakan waktu 85920 menit atau sebanyak 62% dari total waktu yang dibutuhkan. Apabila dilihat dari jumlah aktivitas, NNVA merupakan jenis aktivitas dengan jumlah terbanyak, namun apabila dilihat dari persentase waktu, NNVA tidak signifikan. Aktivitas NVA dengan jumlah aktivitas paling sedikit merupakan aktivitas yang memakan waktu paling banyak dibandingkan dengan aktivitas lainnya, yaitu selama 85920 menit atau 61,5% dari total waktu produksi. Aktivitas NVA yang memakan waktu paling banyak adalah aktivitas nomor 383 yaitu menunggu ketersediaan mesin laser cutting selama 11520 menit.

## 4.2 Identifikasi Pemborosan

Pada subbab ini akan dilakukan proses identifikasi terhadap pemborosan yang terjadi pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. Proses identifikasi pemborosan dilakukan berdasarkan TBPM, catatan perusahaan mengenai masalah proses fabrikasi *bogie*, serta wawancara terhadap pihak PT INKA. Identifikasi pemborosan beserta kategorinya lalu divalidasi oleh pihak perusahaan. Berikut adalah hasil identifikasi pemborosan pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek.

Tabel 4.3 Identifikasi Pemborosan

| *Waste* | No | *Subwaste* | Sumber |
|---|---|---|---|
| *Motion* | W1 | Masih banyak peralatan, material atau WIP yang diletakkan tidak sesuai tempatnya | Hasil wawancara dengan perusahaan |
| | W2 | Pengambilan keputusan yang berbelit ketika terdapat masalah | Hasil wawancara dengan perusahaan |
| | W3 | Posisi kerja operator kurang ergonomis | Hasil wawancara dengan perusahaan |
| | W4 | Pekerja membuat dokumen yang salah, sehingga perlu melakukan *trial* kembali | Hasil wawancara dengan perusahaan |
| *Overproduction* | W5 | Memproduksi *bogie* LRT ketika infrastruktur LRT di Jakarta belum siap sehingga produk belum bisa dikirim | https://finance.detik.com/infrastruktur/d-4671798/kereta-lrt-jabodebek-numpuk-inka-minta-diangkut-ke-jakarta dan wawancara |
| | W6 | Memproduksi *bogie* LRT ketika *part* lain yaitu *carbody* belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan antrian WIP | Data Perusahaan |
| *Waiting* | W7 | Proses produksi *Bolster* tertunda | Data Perusahaan |
| | *W8* | *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* | Data Perusahaan |
| | W9 | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* | Data Perusahaan |
| *Defect* | W10 | Terdapat 2 unit *bogie* yang *reject.* Setelah dicoba diperbaiki tidak lolos uji | Data Perusahaan |
| *Excess Inventory* | W11 | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | Data Perusahaan |
| | W12 | Penumpukkan material atau *part* pada stasiun kerja | Data Perusahaan |
| *Unused Employee Creativity* | W13 | Kurang berkembangnya kemampuan pekerja dan operator mesin terkait bidangnya masing-masing | Hasil wawancara dengan perusahaan |
| *Transportation* | W14 | Keterlambatan perpindahan *Work In Process* (WIP) | Data Perusahaan |
| *Overprocessing* | W15 | Proses *trial bogie frame* dengan sistem *subcontract* terlalu lama dan beberapa kali diulang | Hasil wawancara dengan perusahaan |
| | W16 | *Rework* pada material Bolster Assy karena dimensinya tidak sesuai | Data Perusahaan |
| | W17 | *Sideframe* belum mencapai dimensi yang ditentukan sehingga dilakukan proses tambahan | Data Perusahaan |

## 4.3 Analisis Akar Penyebab Pemborosan

Pada subbab ini akan dibahas mengenai alasisi akar penyebab pemborosan. Analisis akar penyebab pemborosan menggunakan kategori pada *cause-and-effect diagram* yaitu *man, method, machine, material, environment* dan *5why*.

Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 menunjukkan analisis akar penyebab pemborosan untuk 8 jenis pemborosan yang telah diidentifikasi pada subbab 4.2.

Tabel 4.4 Akar Penyebab Pemborosan *Motion*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Motion* | Peralatan, material atau WIP yang diletakkan tidak sesuai tempatnya | Man | Pekerja kurang memahami mengenai *standar operational procedure* (SOP) | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | | Masih terdapat peralatan, bahan baku atau WIP yang diletakkan tidak sesuai tempatnya, padahal sudah terdapat area untuk meletakannya. Hal tersebut terjadi karena pekerja kurang mengerti mengenai SOP peletakkan peralatan, bahan baku atau WIP |
| | | Environtment | Keterbatasan luas area *workstation* | | | Keterbatasan luas area *workstation* merupakan salah satu pemicu peralatan, bahan baku atau WIP |
| | Pengambilan keputusan yang berbelit ketika terdapat masalah | Man | Terlalu banyak pihak yang terlibat dalam pengambilan keputusan | Belum terdapat pembagian wewenang yang efisien | | Ketika terjadi masalah sering kali tertunda karena perlunya rapat, bahkan lintas departemen, untuk mendiskusikan terkait solusinya. Hal tersebut salah satunya dipicu karena belum terdapat pembagian wewenang yang efisien |

Tabel 4.4 Akar Penyebab Pemborosan *Motion* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Motion* | Pengambilan keputusan yang berbelit ketika terdapat masalah | Environtment | Masalah terlalu kompleks dan mendesak | | | Masalah terlalu kompleks dan mendesak sehingga memang perlu pengambilan keputusan yang mewakili seluruh pihak, bahkan dari eksternal |
| | | Method | Tidak terdapat posisi khusus operator dalam melakukan proses | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | | Tidak terdapat posisi kerja khusus untuk operator yang menyebabkan posisi kerja operator tidak teratur dan tidak ergonomis. Hal tersebut karena ketentuan terkait SOP operator masih kurang detail |
| | Pekerja membuat dokumen yang salah, sehingga perlu melakukan *trial* kembali | Man | Pekerja lupa menambahkan beberapa *part* dalam dokumen | Pekerja kurang memahami mengenai proses produksi | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | Pekerja Divisi Teknologi membuat dokumen produksi (MD, *Cutting Plan*) yang salah setelah dicek oleh pekerja fabrikasi sehingga perlu dilakukan *trial* kembali. Hal tersebut terjadi karena pekerja lupa menambahkan beberapa *part* pada dokumen. Hal tersebut karena pekerja fabrikasi lebih memahami mengenai proses produksi dibandingkan pekerja teknologi. |

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | Proses produksi *Bolster* tertunda | Method | *Manufacture Drawing* (MD) terlambat turun | Menunggu hasil *trial* | Hasil *trial* terlambat dibuat dari jadwal | Kurang patuh terhadap jadwal awal | Pengawasan terkait kepatuhan jadwal kurang baik | Proses produksi *bolster* tertunda akibat Manufacture Drawing (MD) terlambat turun karena menunggu hasil *trial*. *Trial* terlambat dari jadwal akibat kurang patuh terhadap jadwal awal karena pengawasan terhadap kepatuhan jadwal kurang baik. |
| | | | Jadwal produksi mudah berubah | Penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis *expert judgment*. | Keterbatasan pengetahuan mengenai metode penjadwalan produksi yang sesuai | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | Produksi *bolster* tertunda karena penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis expert judgment tidak konsisten. Hal tersebut terjadi karenakurangnya pengetahuan pekerja mengenai metode yang digunakan |
| | | | | | Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai | | | Produksi bolster tertunda karena penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis expert judgment tidak konsisten.Hal tersebut terjadi karena metode yang digunakan kurang sesuai. |

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | Proses produksi *Bolster* tertunda | Method | Jadwal produksi mudah berubah | Penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis *expert judgment* | Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai | | | Produksi bolster tertunda karena penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis expert judgment tidak konsisten.Hal tersebut terjadi karena metode yang digunakan kurang sesuai. |
| *Waiting* | *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* | Material | Terdapat kesalahan desain dari material yang dibuat *supplier* | Pengawasan terhadap supplier kurang baik | | | | Bolster Assy Bogie proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses Bolster Assy Bracket akibat terdapat kesalahan desain material dari *supplier* yang baru terlihat saat akan dilakukan proses produksi. Hal tersebut terjadi karena pengawasan |

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* | Material | | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) | | | | terhadap *supplier* kurang baik dan proses inspeksi material kurang baik *quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) |
| | | | Jadwal produksi mudah berubah | Penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis *expert judgment* | Keterbatasan pengetahuan mengenai metode penjadwalan produksi yang sesuai | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | Bolster Assy Bogie proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses Bolster Assy Bracket karena penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis expert judgment tidak konsisten.Hal tersebut terjadi karenakurangnya pengetahuan pekerja mengenai metode |

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* | Material | | | | | | yang digunakan kurang sesuai. Maka dapat disimpulan kurangnya kompetensi pekerja. |
| | | | | | Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai | | | Bolster Assy Bogie proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses Bolster Assy Bracket karena penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis expert judgment tidak konsisten.Hal tersebut terjadi karena metode yang digunakan kurang sesuai. |

.

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* | Machine | Mesin *laser cutting* penuh | Digunakan proyek lain dan beberapa pekerjaan tambahan yang sifatnya urgent yang seharusnya tidak menjadi scope pekerjaan di *laser cutting* | Permintaan produksi melebihi kapasitas produksi | Tidak terdapat integrasi antara kapasitas masing masing *site*, *kapasitas produksi* dan permintaan | Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena mesin *laser cutting* penuh akibat dipakai proyek dan pekerjaan lain. Hal tersebut terjadi karena permintaan yang melebihi kapasitas produksi, khususnya kapasitas mesin *laser cutting*. Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya |
| | | Material | Material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang | Kurangnya pengawasan terkait kondisi material sepanjang proses produksi | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) | | | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang rusak. Salah satu penyebabnya adalah kurangnya pengawasan terkait kondisi material sepanjang proses produksi. Maka dapat disimpulkan |

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* | Material | Material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang | Kurangnya pengawasan terkait kondisi material sepanjang proses produksi | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) | | | bahwa *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) |
| | | | | Operator kurang berhati-hati dalam proses *material handling* | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | | | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang rusak. Salah satu penyebabnya adalah operator kurang berhati-hati dalam proses *material handling*. Hal tersebut dipicu karena SOP yang ada kurang baik, khususnya untuk *material handling.* |

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* | Material | Material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang | Adanya kerusakan mesin *material handling* yang mengakibatkan bahan baku jatuh | Kerusakan mesin akibat usia | Mesin sudah tua | | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang rusak. Salah satu penyebabnya adalah adanya kerusakan mesin *material handling* dikarenakan mesin sudah tua |
| | | | | Perlindungan material di *central part* (penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai | | | | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang rusak. Salah satu penyebabnya adalah perlindungan material di central part (penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai |
| | | | | Prosedur yang digunakan kurang sesuai diaplikasikan di lapangan | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | | | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang rusak. Salah satu penyebabnya adalah prosedur yang digunakan kurang |

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* | Material | Material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang | | | | | sesuai diaplikasikan di lapangan. Maka dapat disimpulkan SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik |
| *Waiting* | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* | Material | Terdapat material yang tidak lengkap | Kesalahan perhitungan material | Cara perhitungan material kurang baik | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang tidak lengkap akibat kesalahan perhitungan material. Penyebabnya adalah cara perhitungan material kurang baik. Maka SOP dari perhitungan material perlu diperbaiki karena kurang baik |

Tabel 4.5 Akar Penyebab Pemborosan *Waiting* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waiting* | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* | Material | Terdapat material yang tidak lengkap | Kesalahan pekerja dalam membuat dokumen material | Pekerja hanya sekedar mengeluarkan dokumen namun tidak memantau terkait perkembangan material | Kurangnya kesadaran pekerja akan pentingnya penyesuaian dokumen dengan kondisi nyata | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang tidak lengkap akibat kesalahan pekerja dalam membuat dokumen material. Pekerja kurang memantau terkait perkembangan material dan hanya sekedar mengeluarkan dokumen tanpa melihat kondisi aslinya. Hal tersebut karena kompetensi (yang didefinisikan sebagai kurangnya *soft skill* yaitu kesadaran terkait dokumen) masih kurang |

Tabel 4.6 Akar Penyebab Pemborosan *Defect*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Defect* | Terdapat 2 unit *bogie* yang *reject*. Setelah dicoba diperbaiki tidak lolos uji | Method | Kesalahan melakukan proses | Pekerja kurang memahami mengenai *standar operational procedure* (SOP) | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | *Defect* terjadi akibat kesalahan dalam melakukan proses. Salah satu penyebab kesalahan tersebut adalah pekerja kurang memahami mengenai SOP. Sehingga dapat disimpulkan SOP yang ada kurang baik atau kurang diimplementasikan dengan baik. |
| | | | | Kurangnya pengawasan terhadap proses produksi | Sistem pengawasan produksi kurang baik | *Defect* terjadi akibat kesalahan dalam melakukan proses. Salah satu penyebab kesalahan tersebut adalah kurangnya pengawasan terhadap proses produksi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem pengawasan produksi kurang baik |
| | | | | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | *Defect* terjadi akibat kesalahan dalam melakukan proses. Salah satu penyebab kesalahan tersebut adalah kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja dalam melakukan proses |

Tabel 4.6 Akar Penyebab Pemborosan *Defect* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Defect* | Terdapat 2 unit *bogie* yang *reject*. Setelah dicoba diperbaiki tidak lolos uji | Method | Desain yang dibuat kurang sesuai untuk menghasilkan hasil yang diinginkan | Keterbatasan sumber daya manusia dalam membuat desain yang sesuai | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | *Defect* terjadi akibat desain yang dibuat kurang sesuai untuk menghasilkan hasil yang diinginkan. Hal tersebut disebabkan karena keterbatasan sumber daya manusia dalam membuat desain yang sesuai. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kompetensi operator dalam membuat desain yang sesuai kurang |
| | | | Kesalahan *set up* mesin | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | *Defect* terjadi akibat kesalahan dalam melakukan *set up* mesin karena kurangnya kompetensi operator dalam melakukan *set up* mesin. |
| | | | Kesalahan merancang urutan proses | Urutan proses tidak diperbaharui sesuai proses yang optimal | | *Defect* terjadi akibat kesalahan merancang urutan proses. Urutan proses yang berbeda dapat menghasilkan ukuran yang berbeda. Hal tersebut terjadi karena urutan proses tidak diperbaharui sesuai proses yang optimal |

Tabel 4.6 Akar Penyebab Pemborosan *Defect* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Defect* | Terdapat 2 unit *bogie* yang *reject.* Setelah dicoba diperbaiki tidak lolos uji | *Machine* | Kinerja mesin kurang optimal | Kualitas mesin sudah berkurang karena usia | Mesin sudah tua | *Defect* terjadi akibat kinerja mesin kurang optimal karena kualitas mesin sudah berkurang. Alasan tersebut disebabkan karena mesin sudah tua |

Tabel 4.7 Akar Penyebab Pemborosan *Overproduction*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Overproduction* | Memproduksi *bogie* LRT ketika infrastruktur LRT di Jakarta belum siap sehingga produk belum bisa dikirim | Method | Jadwal produksi dan jadwal pembangunan LRT kurang terintegrasi | Kurangnya koordinasi antara kontraktor infrastruktur LRT dan produksi LRT | | | | Infrastruktur LRT di Jakarta belum siap untuk menampung produk. Hal tersebut karena jadwal produksi dan jadwal pembangunan LRT kurang terintegrasi. Kurangnya koordinasi antara kontraktor infrastruktur LRT dan PT INKA menjadi penyebab mengapa jadwal tidak terintegrasi |
| | | Environtment | Keterlambatan pada pembangunan infrastruktur LRT | | | | | Infrastruktur LRT di Jakarta belum siap untuk menampung produk karena keterlambatan pada pembangunan infrastruktur LRT |

Tabel 4.7 Akar Penyebab Pemborosan *Overproduction* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Overproduction* | Memproduksi *bogie* LRT ketika *part* lain yaitu *carbody* belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan WIP | Machine | Produksi *carbody* dihentikan | Kekurangan *temporary bogie* dan *stabling* (tempat parkir kereta) | Permintaan produksi melebihi kapasitas produksi | Tidak terdapat integrasi antara kapasitas masing masing *site*, *kapasitas produksi* dan permintaan | Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. | *Overproduction* yang dimaksud adalah ketika memproduksi *bogie* terlalu cepat dibandingkan dengan *carbody*. Memproduksi bogie LRT ketika carbody belum siap untuk diproduksi karena produksi *carbody* dihentikan akibat kekurangan *temporary bogie* dan *stabling*. Kekurangan temporary *bogie* dan *stabling* disebabkan kapasitas yang tidak mencukupi karena permintaan yang tinggi. Salah satu pemicunya adalah kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. |
| | | | | | | | Kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini | *Overproduction* yang dimaksud adalah ketika memproduksi *bogie* terlalu cepat dibandingkan dengan *carbody*. Memproduksi bogie LRT ketika carbody belum siap untuk diproduksi karena produksi *carbody* dihentikan akibat kekurangan *temporary bogie* dan *stabling*. Kekurangan temporary *bogie* dan *stabling* disebabkan kapasitas yang tidak mencukupi karena permintaan yang tinggi. Salah satu pemicunya adalah kapasitas produksi. |

Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Method* | Proses produksi terhenti atau ditunda | Terdapat kesalahan desain dari material yang dibuat *supplier* | Pengawasan terhadap supplier kurang baik | | | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses akibat proses produksi terhenti atau ditunda. Salah satu penyebabnya adalah terdapat kesalahan desain material dari supplier yang baru terlihat saat akan dilakukan proses produksi. Hal tersebut terjadi karena pengawasan terhadap supplier kurang baik dan proses inspeksi material kurang baik |
| | | | | | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) | | | |

Tabel 4.8Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Method* | Proses produksi terhenti atau ditunda | Jadwal produksi mudah berubah | Penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis *expert judgment* | Keterbatasan pengetahuan mengenai metode penjadwalan produksi yang sesuai | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses akibat proses produksi terhenti atau ditunda. Salah satu penyebabnya adalah jadwal produksi mudah berubah akibat penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis *expert judgment* tidak konsisten karena tidak mengetahui metode penjadwalan yang sesuai. Sehingga dapat disimpulkan kurangnya kompetensi adalah akarnya. |

Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Method* | Proses produksi terhenti atau ditunda | Jadwal produksi mudah berubah | Penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis *expert judgment* | Keterbatasan pengetahuan mengenai metode penjadwalan produksi yang sesuai | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses akibat proses produksi terhenti atau ditunda. Salah satu penyebabnya adalah jadwal produksi mudah berubah akibat penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis *expert judgment* tidak konsisten karena tidak mengetahui metode penjadwalan yang sesuai. Sehingga dapat disimpulkan kurangnya kompetensi adalah akarnya. |

Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Method* | | | | Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai | | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses akibat proses produksi terhenti atau ditunda. Salah satu penyebabnya adalah jadwal produksi mudah berubah akibat penentuan tingkat produksi berdasarkan tingkat urgernsi yang ditentukan melalui pendekatan subjektif berbasis *expert judgment* tidak konsisten. Hal tersebut terjadi karena metode yang digunakan kurang sesuai. |

Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Method* | | Kekurangan peralatan | Peralatan sering hilang | Sistem manajemen peralatan kurang baik | | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses akibat proses produksi terhenti atau ditunda. Salah satu penyebabnya adalah kekurangan peralatan akibat peralatan sering hilang. Maka dapat disimpulkan bahwa sistem manajemen peralatan kurang baik |
| | | *Machine* | Krisis *temporary bogie* dan *stabling* (tempat parkir kereta) | Permintaan produksi melebihi kapasitas produksi | Tidak terdapat integrasi antara kapasitas masing masing *site*, *kapasitas produksi* dan permintaan | Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. | | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses akibat krisis *temporary bogie* dan *stabling* (tempat parkir kereta). Kekurangan *temporary bogie* dan *stabling* disebabkan kapasitas yang tidak mencukupi karena permintaan yang tinggi. Salah satu pemicunya adalah kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. |

Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Machine* | Mesin *laser cutting* penuh | Digunakan proyek lain dan beberapa pekerjaan tambahan yang sifatnya urgent yang seharusnya tidak menjadi scope pekerjaan di *laser cutting* | Permintaan produksi melebihi kapasitas produksi | Tidak terdapat integrasi antara kapasitas masing masing *site*, *kapasitas produksi* dan permintaan | Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses karena mesin laser cutting penuh akibat dipakai proyek dan pekerjaan lain. Hal tersebut terjadi karena permintaan yang melebihi kapasitas produksi, khususnya kapasitas mesin laser cutting. Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya |
| | | *Material* | Material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang | Kurangnya pengawasan terkait kondisi material sepanjang proses produksi | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) | | | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses karena material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang. Hal tersebut terjadi karena |

Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Material* | Material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang | Kurangnya pengawasan terkait kondisi material sepanjang proses produksi | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) | | | kurangnya pengawasan terkait kondisi material sepanjang proses produksi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi |
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Material* | | Operator kurang berhati-hati dalam proses *material handling* | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses karena material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang. Hal tersebut terjadi karena operator kurang berhati-hati dalam proses *material handling.* Alasan mengapa operator kurang berhati-hati karena kurangnya |
| | | | | | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | | | |

Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Material* | Material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang | | | | | kompetensi dan kurang baiknya SOP |
| | | | | Adanya kerusakan mesin *material handling* yang mengakibatkan bahan baku jatuh | Adanya kerusakan mesin *material handling* yang mengakibatkan bahan baku jatuh | Kerusakan mesin akibat usia | Mesin sudah tua | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses karena material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang. Hal tersebut terjadi karena adanya kerusakan mesin *material handling* yang mengakibatkan bahan baku jatuh. Mesin rusak karena sudah tua |
| | | | | Perlindungan material di central part (penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai | | | | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses karena material rusak saat akan proses pemasangan sehingga perlu diadakan pengadaan ulang. Hal tersebut terjadi karena |

Tabel 4.8 Akar Penyebab Pemborosan *Excess Inventory* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | *Why* 4 | *Why* 5 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Excess Inventory* | | | | | | | | perlindungan material di *central part* kurang memadai. |
| | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | *Environtment* | LRT belum bisa dikirim | Konsumen belum siap menerima LRT | Keterlambatan pada pembangunan infrastruktur LRT | | | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses karena LRT belum bisa dikirim akibat konsumen belum siap menerima LRT. Konsumen sendiri belum siap menerima LRT karena keterlambatan pembangunan infrastruktur di Jakarta. |
| | Penumpukkan material atau *part* pada stasiun kerja | *Man* | Operator kurang memperhatikan urutan kerja | Kurangnya pengendalian terkait *load* material di tiap stasiun kerja dan *load* permintaan material ke produksi | Metode pengendalian *load* material kurang baik | | | Penumpukkan material atau part pada stasiun kerja disebabkan operator kurang memperhatikan urutan kerja. Hal tersebut disebabkan karena kurangnya pengendalian *load* material di tiap stasiun kerja dan *load* permintaan material ke produksi |

Tabel 4.9 Akar Penyebab Pemborosan *Overprocessing*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Overprocessing* | *Sideframe* belum mencapai dimensi yang ditentukan sehingga dilakukan proses tambahan (*rework*) | Method | Kesalahan melakukan proses | Pekerja kurang memahami mengenai *standar operational procedure* (SOP) | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | *Rework sideframe* disebabkan karena kesalahan melakukan proses akibat pekerja kurang memahami mengenai SOP. Sehingga dapat disimpulkan bahwa SOP kurang diimplementasikan dengan baik |
| | | | | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | *Rework sideframe* disebabkan karena kesalahan melakukan proses akibat kemampuan pekerja atau kompetensi operator kurang baik. |
| | | | | Kurangnya pengawasan terhadap proses produksi | Sistem pengawasan produksi kurang baik | *Rework sideframe* disebabkan karena kesalahan melakukan proses akibat kurangnya pengawasan terhadap proses produksi. Maka dapat disimpulkan bahwa sistem pengawasan proses produksi kurang baik |
| | | | Desain yang dibuat kurang sesuai untuk menghasilkan hasil yang diinginkan | Keterbatasan sumber daya manusia dalam membuat desain yang sesuai | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | *Rework sideframe* disebabkan karena desain yang dibuat kurang sesuai untuk menghasilkan hasil yang diinginkan. Desain yang dibuat kurang sesuai akibat keterbatasan kemampuan sumber daya manusia. Sehingga dapat disimpulkan bahwa |

Tabel 4.9 Akar Penyebab Pemborosan *Overprocessing* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Overprocessing* | *Sideframe* belum mencapai dimensi yang ditentukan sehingga dilakukan proses tambahan (*rework*) | *Method* | | | | kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja |
| | | | Kesalahan *set up* mesin | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | *Rework sideframe* disebabkan karena kesalahan *set up* mesin akibat kurangnya kompetensi operator dalam melakukan *set up* mesin. |
| | | | Kesalahan merancang urutan proses | Urutan proses tidak diperbaharui sesuai yang optimal | | *Rework sideframe* disebabkan karena kesalahan merancang urutan proses. Kesalahan merancang urutan proses disebabkan urutan proses tidak diperbaharui sesuai yang optimal. |
| | | *Machine* | Kinerja mesin kurang optimal | Kualitas mesin sudah berkurang karena usia | Mesin sudah tua | *Rework sideframe* disebabkan karena kinerja mesin kurang optimal. Kinerja mesin kurang optimal akibat kualitas mesin yang sudah berkurang karena usia |
| | Proses tambahan pada proses *bolster assy* akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang | *Method* | Kesalahan melakukan proses | Pekerja kurang memahami mengenai *standar operational procedure* (SOP) | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | Proses tambahan pada proses *bolster assy* disebabkan karena kesalahan melakukan proses. Pekerja kurang memahami mengenai SOP menyebabkan kesalahan melakukan proses. Sehingga dapat disimpulkan bahwa SOP kurang diimplementasikan dengan baik |

Tabel 4.9 Akar Penyebab Pemborosan *Overprocessing* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Overprocessing* | Proses tambahan pada proses *bolster assy* akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang | *Method* | Kesalahan melakukan proses | Kurangnya pengawasan terhadap proses produksi | Sistem pengawasan produksi kurang baik | Proses tambahan pada proses *bolster assy* disebabkan karena kesalahan melakukan proses. Kurangnya pengawasan terhadap proses produksi menyebabkan kesalahan melakukan proses. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem pengawasan produksi kurang baik. |
| | | | | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | Proses tambahan pada proses *bolster assy* disebabkan karena kesalahan melakukan proses. Kesalahan melakukan proses disebabkan kurangnya kompetensi operator dalam melakukan proses |
| | | | Desain yang dibuat kurang sesuai untuk menghasilkan hasil yang diinginkan | Keterbatasan sumber daya manusia dalam membuat desain yang sesuai | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | Proses tambahan pada proses *bolster assy* disebabkan karena desain yang dibuat kurang sesuai untuk menghasilkan hasil yang diinginkan. Keterbatasan sumber daya manusia dalam membuat desain menjadi penyebabnya. Dapat disimpulkan bahwa kurangnya kompetensi pekerja menyebabkan proses tambahan pada proses *bolster assy* |

Tabel 4.9 Akar Penyebab Pemborosan *Overprocessing* (lanjutan)

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kesalahan merancang urutan proses | Urutan proses tidak diperbaharui sesuai yang optimal | | Proses tambahan pada proses *bolster assy* disebabkan karena kesalahan merancang urutan proses. Urutan proses tidak diperbaharui sehingga menyebabkan perlunya proses tambahan. |
| | | | Kesalahan *set up* mesin | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | Proses tambahan pada proses *bolster assy* disebabkan karena kesalahan *set up* mesin. Kurangnya kompetensi operator menyebabkan terjadinya kesalahan *set up* mesin. |
| | | Material | Kinerja mesin kurang optimal | Kualitas mesin sudah berkurang karena usia | Mesin sudah tua | Proses tambahan pada proses *bolster assy* disebabkan karena kinerja mesin kurang optimal. Kinerja mesin kurang optimal akibat kualitas mesin sudah berkurang karena usia |
| | Proses *trial bogie frame* dengan sistem *subcontract* terlalu lama dan beberapa kali diulang | Environtment | Tempat *subcontract* terlambat memenuhi jadwal | | | Proses *trial bogie frame* dilakukan berulang dan lama karena tempat *subcontract* yang terlambat dalam memenuhi jadwal |

Tabel 4.10 Akar Penyebab Pemborosan *Unused Employee Creativity*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|
| *Unused Employee Creativity* | Kurang berkembangnya kemampuan pekerja dan operator mesin terkait bidangnya masing-masing | Method | Kurangnya fasilitas pengembangan kompetensi yang disediakan | Kompetensi operator dan atau pekerja kurang berkembang dan kurang dikembangkan sehingga sering kali kesalahan yang sama terulang. Hal tersebut terjadi karena fasilitas pengembangan yang kurang |

Tabel 4.11 Akar Penyebab Pemborosan *Transportation*

| *Waste* | *Subwaste* | Kategori | *Why* 1 | *Why* 2 | *Why* 3 | Penjelasan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Transportation* | Keterlambatan perpindahan *Work In Process* (WIP) | Man | Operator kurang memperhatikan destinasi selanjutnya | Kurangnya kesadaran operator terhadap dokumen yang ada | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | Keterlambatan perpindahan *Work In Process* (WIP) disebabkan karena operator kurang memperhatikan destinasi selanjutnya. Operator kurang menyadari pentingnya memperhatikan destinasi selanjutnya karena sudah tertera didokumen kerja. Dapat disimpulkan bahwa kurangnya kompetensi operator khususnya dalam memahami pentingnya membaca dan memahami dokumen dengan baik |
| | | Machine | Tidak tersedianya alat angkut | Kesalahan pemetaan kebutuhan alat angkut | | Keterlambatan perpindahan *Work In Process* (WIP) disebabkan karena tidak tersedianya alat angkut akibat kesalahaan pemetaan kebutuhan alat angkut sehingga alat angkut tidak dipersiapkan dengan baik saat dibutuhkan |

### 4.3.1 Rekapitulasi Akar Penyebab Pemborosan

Pada subbab ini akan dipaparkan mengenai rekapitulasi analisis akar penyebab pemborosan yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Akar Penyebab Pemborosan

| No | Akar Penyebab Pemborosan |
|---|---|
| S1 | Belum terdapat pembagian wewenang yang efisien |
| S2 | Kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini |
| S3 | Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. |
| S4 | Kesalahan pemetaan kebutuhan alat angkut |
| S5 | Keterbatasan luas area *workstation* |
| S6 | Keterlambatan pada pembangunan infrastruktur LRT |
| S7 | Kurangnya fasilitas pengembangan kompetensi yang disediakan |
| S8 | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja |
| S9 | Kurangnya koordinasi antara kontraktor infrastruktur LRT dan produksi LRT |
| S10 | Masalah terlalu kompleks dan mendesak |
| S11 | Mesin sudah tua |
| S12 | Metode pengendalian *load* material kurang baik |
| S13 | Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai |
| S14 | Pengawasan terhadap supplier kurang baik |
| S15 | Pengawasan terkait kepatuhan jadwal kurang baik |
| S16 | Perlindungan material di *central part* (penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai |
| S17 | Proses inspeksi material kurang baik |
| S18 | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) |
| S19 | Sistem manajemen peralatan kurang baik |
| S20 | Sistem pengawasan produksi kurang baik |
| S21 | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik |
| S22 | Tempat *subcontract* terlambat memenuhi jadwal |
| S23 | Urutan proses tidak diperbaharui sesuai proses yang optimal |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB 5
# IDENTIFIKASI PERINGKAT PEMBOROSAN

Pada Bab 5 akan dibahas mengenai pemeringkatan jenis pemborosan yang paling memberikan dampak terhadap proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek, pemeringkatan pemborosan akan diidentifikasi menggunakan bantuan *lean assessment matrix,* yaitu *lean matrix* 1. *Lean matrix* 1 yang menghasilkan bobot dari masing-masing pemborosan dan ditemukan pemborosan yang paling memberikan dampak terhadap proses produksi.

## 5.1 Identifikasi Hubungan Antar Pemborosan

Pada subbab ini akan dibahas mengenai identifikasi hubungan antar pemborosan. Identifikasi hubungan antar pemborosan dilakukan menggunakan kuesioner pada *seven waste relationship* (SWR) yang lalu dimodifikasi menyesuaikan jumlah pemborosan yang digunakan pada penelitian yaitu 8 pemborosan. Kuesioner dapat dilihat pada Lampiran. Responden berasal dari Divisi Perencanaan Produksi, Divisi Pengendalian Fabrikasi dan Divisi Fabrikasi. Pemilihan nilai dilakukan menggunakan modus, apabila terdapat 3 nilai yang berbeda akan dilakukan diskusi kembali dengan pihak perusahaan. Hasil kuesioner kemudian akan dibuat *waste relationship matrix,* lalu akan dibuat *waste matrix value* untuk mengetahui bobot masing-masing pemborosan yang akan dipakai untuk *lean matrix 1.* Bobot yang digunakan adalah pada kolom persentase bobot *From-To* pada Tabel 5.6 *Waste Matrix Value*untuk *waste type weight* (WTk) pada *lean matrix 1*. Tabel 5.1, Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 adalah hasil pengisian kuesioner.

Tabel 5.1 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Perencanaan Produksi

| Hubungan Antar Pemborosan | Pertanyaan | | | Total Skor | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| *Defect - Overproduction* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Defect - Waiting* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Defect - Transportation* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Defect - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Defect – Motion* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Defect – Overprocessing* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |

Tabel 5.1 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Perencanaan Produksi (lanjutan)

| Hubungan Antar Pemborosan | Pertanyaan | | | Total Skor | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| *Defect - Unused Employee Creativity* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Overproduction - Defect* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Overproduction - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Overproduction - Transportation* | 2 | 1 | 4 | 7 | E |
| *Overproduction - Excess Inventory* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overproduction - Motion* | 2 | 2 | 0 | 4 | O |
| *Overproduction - Overprocessing* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Overproduction - Unused Employee Creativity* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Waiting - Defect* | 0 | 0 | 4 | 4 | O |
| *Waiting - Overproduction* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Waiting - Transportation* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Waiting - Excess Inventory* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Waiting - Motion* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Waiting - Overprocessing* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Waiting - Unused Employee Creativity* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Transportation - Defect* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Transportation - Overproduction* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Transportation - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Excess Inventory* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Transportation - Motion* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Overprocessing* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Transportation - Unused Employee Creativity* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Excess Inventory - Defect* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Excess Inventory - Overproduction* | 2 | 1 | 0 | 3 | O |
| *Excess Inventory - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Excess Inventory - Transportation* | 4 | 1 | 2 | 7 | E |
| *Excess Inventory - Motion* | 4 | 1 | 2 | 7 | E |
| *Excess Inventory - Overprocessing* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Excess Inventory - Unused Employee Creativity* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Motion - Defect* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Motion - Overproduction* | 0 | 1 | 0 | 1 | U |
| *Motion - Waiting* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Motion - Transportation* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Motion - Excess Inventory* | 2 | 0 | 4 | 6 | I |
| *Motion - Overprocessing* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Motion - Unused Employee Creativity* | 0 | 1 | 0 | 1 | U |

Tabel 5.1 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Perencanaan Produksi (lanjutan)

| Hubungan Antar Pemborosan | Pertanyaan | | | Total Skor | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| *Overprocessing - Defect* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Overproduction* | 0 | 0 | 1 | 1 | U |
| *Overprocessing - Waiting* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Transportation* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Excess Inventory* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Motion* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Unused Employee Creativity* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Unused Employee Creativity - Defect* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Overproduction* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Waiting* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Unused Employee Creativity - Transportation* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Unused Employee Creativity - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Motion* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Unused Employee Creativity - Overprocessing* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |

Tabel 5.2 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Fabrikasi

| Hubungan Antar Pemborosan | Pertanyaan | | | Total Skor | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| *Defect - Overproduction* | 2 | 1 | 0 | 3 | O |
| *Defect - Waiting* | 2 | 1 | 0 | 3 | O |
| *Defect - Transportation* | 4 | 1 | 1 | 6 | I |
| *Defect - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Defect - Motion* | 2 | 1 | 0 | 3 | O |
| *Defect - Overprocessing* | 4 | 2 | 2 | 8 | E |
| *Defect - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 1 | 7 | E |
| *Overproduction - Defect* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Overproduction - Waiting* | 0 | 0 | 4 | 4 | O |
| *Overproduction - Transportation* | 4 | 1 | 4 | 9 | A |
| *Overproduction - Excess Inventory* | 2 | 1 | 4 | 7 | E |
| *Overproduction - Motion* | 2 | 1 | 0 | 3 | O |
| *Overproduction - Overprocessing* | 4 | 2 | 2 | 8 | E |
| *Overproduction - Unused Employee Creativity* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Waiting - Defect* | 2 | 1 | 4 | 7 | E |
| *Waiting - Overproduction* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |

Tabel 5.2 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Fabrikasi (lanjutan)

| Hubungan Antar Pemborosan | Pertanyaan | | | Total Skor | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| *Waiting - Transportation* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Waiting - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Waiting - Motion* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Waiting - Overprocessing* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Waiting - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Defect* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Transportation - Overproduction* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Transportation - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Transportation - Motion* | 4 | 1 | 2 | 7 | E |
| *Transportation - Overprocessing* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Transportation - Unused Employee Creativity* | 4 | 1 | 2 | 7 | E |
| *Excess Inventory - Defect* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Excess Inventory - Overproduction* | 2 | 2 | 0 | 4 | O |
| *Excess Inventory - Waiting* | 2 | 2 | 0 | 4 | O |
| *Excess Inventory - Transportation* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Excess Inventory - Motion* | 2 | 2 | 0 | 4 | O |
| *Excess Inventory - Overprocessing* | 2 | 2 | 0 | 4 | O |
| *Excess Inventory - Unused Employee Creativity* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Motion - Defect* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Motion - Overproduction* | 0 | 1 | 0 | 1 | U |
| *Motion - Waiting* | 4 | 2 | 2 | 8 | E |
| *Motion - Transportation* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Motion - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Motion - Overprocessing* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Motion - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 2 | 8 | E |
| *Overprocessing - Defect* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Overprocessing - Overproduction* | 4 | 2 | 2 | 8 | E |
| *Overprocessing - Waiting* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Overprocessing - Transportation* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Overprocessing - Excess Inventory* | 2 | 1 | 0 | 3 | O |
| *Overprocessing - Motion* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Overprocessing - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 2 | 8 | E |
| *Unused Employee Creativity - Defect* | 2 | 1 | 1 | 4 | O |
| *Unused Employee Creativity - Overproduction* | 2 | 1 | 0 | 3 | O |

Tabel 5.2 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Fabrikasi (lanjutan)

| Hubungan Antar Pemborosan | Pertanyaan | | | Total Skor | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| *Unused Employee Creativity - Waiting* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Transportation* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Motion* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Overprocessing* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |

Tabel 5.3 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Pengendalian Fabrikasi

| Hubungan Antar Pemborosan | Pertanyaan | | | Total Skor | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| *Defect - Overproduction* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Defect - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Defect - Transportation* | 4 | 0 | 2 | 6 | I |
| *Defect - Excess Inventory* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Defect - Motion* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Defect - Overprocessing* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Defect - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Overproduction - Defect* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Overproduction - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Overproduction - Transportation* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Overproduction - Excess Inventory* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Overproduction - Motion* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Overproduction - Overprocessing* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Overproduction - Unused Employee Creativity* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Waiting - Defect* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Waiting - Overproduction* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Waiting - Transportation* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Waiting - Excess Inventory* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Waiting - Motion* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Waiting - Overprocessing* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Waiting - Unused Employee Creativity* | 4 | 0 | 2 | 6 | I |
| *Transportation - Defect* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Overproduction* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Transportation - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Excess Inventory* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Transportation - Motion* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Overprocessing* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |

Tabel 5.3 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* Pengendalian Fabrikasi (lanjutan)

| Hubungan Antar Pemborosan | Pertanyaan | | | Total Skor | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| *Transportation - Unused Employee Creativity* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Excess Inventory - Defect* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Excess Inventory - Overproduction* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Excess Inventory - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Excess Inventory - Transportation* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Excess Inventory - Motion* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Excess Inventory - Overprocessing* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Excess Inventory - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Motion - Defect* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Motion - Overproduction* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Motion - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Motion - Transportation* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Motion - Excess Inventory* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Motion - Overprocessing* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Motion - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Overprocessing - Defect* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Overproduction* | 4 | 0 | 2 | 6 | I |
| *Overprocessing - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Overprocessing - Transportation* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Overprocessing - Excess Inventory* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Overprocessing - Motion* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Overprocessing - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Unused Employee Creativity - Defect* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Unused Employee Creativity - Overproduction* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Unused Employee Creativity - Waiting* | 2 | 0 | 4 | 6 | I |
| *Unused Employee Creativity - Transportation* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Unused Employee Creativity - Excess Inventory* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Unused Employee Creativity - Motion* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Unused Employee Creativity - Overprocessing* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |

Setelah kuesioner diisi, tentukan nilai dari masing-masing pertanyaan menggunakan modus dan diskusi dengan pihak perusahaan. Berikut adalah hasil akhir dari pengolahan kuesioner *eight waste relationship*.

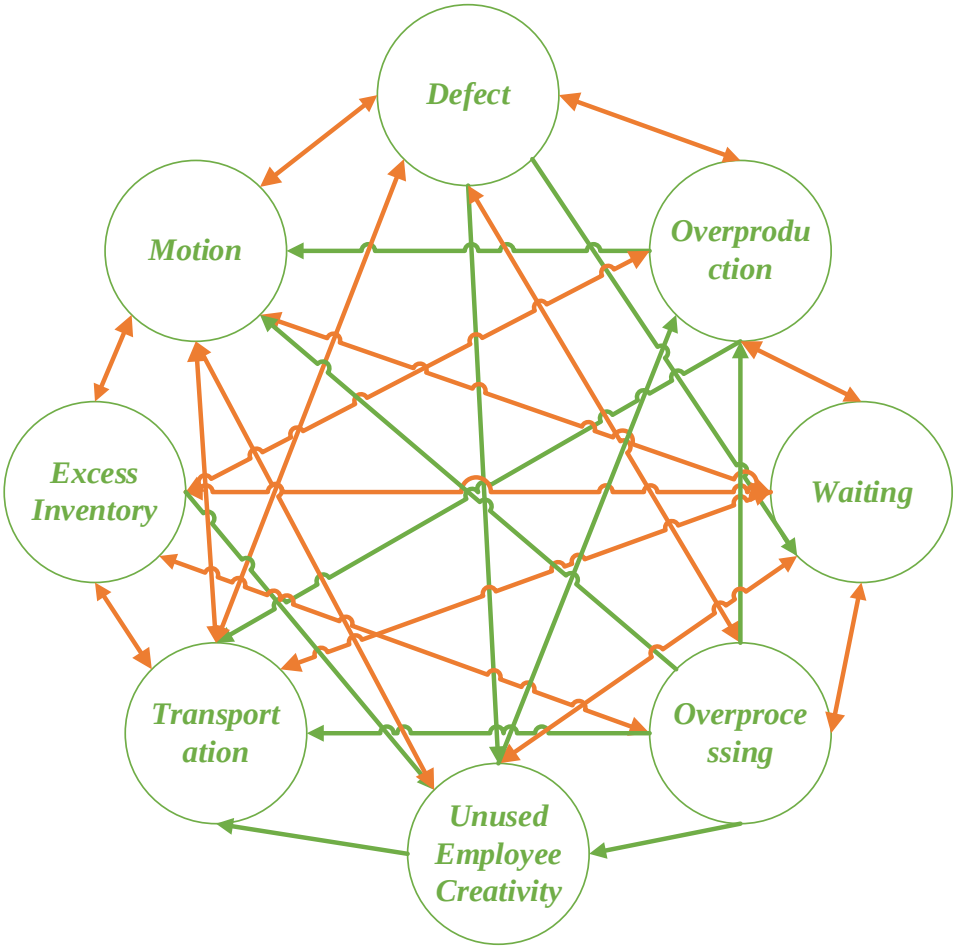
Tabel 5.4 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship*

| **Hubungan Antar Waste** | **Pertanyaan** | | | **Total Skor** | **Simbol** |
|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | | |
| *Defect - Overproduction* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Defect - Waiting* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Defect - Transportation* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Defect - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Defect - Motion* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Defect - Overprocessing* | 4 | 2 | 2 | 8 | E |
| *Defect - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 0 | 6 | I |
| *Overproduction - Defect* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Overproduction - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Overproduction - Transportation* | 2 | 1 | 4 | 7 | E |
| *Overproduction - Excess Inventory* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overproduction - Motion* | 2 | 2 | 0 | 4 | O |
| *Overproduction - Overprocessing* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Overproduction - Unused Employee Creativity* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Waiting - Defect* | 0 | 0 | 4 | 4 | O |
| *Waiting - Overproduction* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Waiting - Transportation* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Waiting - Excess Inventory* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Waiting - Motion* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Waiting - Overprocessing* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Waiting - Unused Employee Creativity* | 4 | 0 | 0 | 4 | O |
| *Transportation - Defect* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Transportation - Overproduction* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Transportation - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Excess Inventory* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Transportation - Motion* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Transportation - Overprocessing* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Transportation - Unused Employee Creativity* | 0 | 0 | 2 | 2 | U |
| *Excess Inventory - Defect* | 0 | 2 | 0 | 2 | U |
| *Excess Inventory - Overproduction* | 2 | 2 | 0 | 4 | O |
| *Excess Inventory - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Excess Inventory - Transportation* | 2 | 1 | 2 | 5 | I |
| *Excess Inventory - Motion* | 4 | 2 | 2 | 8 | E |

Tabel 5.4 Hasil Kuesioner *Eight Waste Relationship* (lanjutan)

| **Hubungan Antar Waste** | **Pertanyaan** | | | **Total Skor** | **Simbol** |
|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | | |
| *Excess Inventory - Overprocessing* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Excess Inventory - Unused Employee Creativity* | 2 | 2 | 0 | 4 | O |
| *Motion - Defect* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Motion - Overproduction* | 0 | 1 | 0 | 1 | U |
| *Motion - Waiting* | 4 | 2 | 4 | 10 | A |
| *Motion - Transportation* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Motion - Excess Inventory* | 2 | 0 | 4 | 6 | I |
| *Motion - Overprocessing* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Motion - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 0 | 6 | I |
| *Overprocessing - Defect* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Overproduction* | 4 | 0 | 2 | 6 | I |
| *Overprocessing - Waiting* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Transportation* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Overprocessing - Excess Inventory* | 2 | 1 | 4 | 7 | E |
| *Overprocessing - Motion* | 2 | 2 | 4 | 8 | E |
| *Overprocessing - Unused Employee Creativity* | 4 | 2 | 0 | 6 | I |
| *Unused Employee Creativity - Defect* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Overproduction* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Unused Employee Creativity - Waiting* | 2 | 0 | 0 | 2 | U |
| *Unused Employee Creativity - Transportation* | 2 | 0 | 2 | 4 | O |
| *Unused Employee Creativity - Excess Inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| *Unused Employee Creativity - Motion* | 2 | 2 | 2 | 6 | I |
| *Unused Employee Creativity - Overprocessing* | 0 | 0 | 0 | 0 | X |

Setelah mendapatkan hasil pada Tabel 5.4, selanjutnya melakukan penyusunan diagram *direct waste relationship* berdasarkan hasil kuesioner nomor satu. Diagram *direct waste relationship* ditunjukkan pada Gambar 5.1.




Gambar 5.1 *Direct waste relationship*

Panah warna hijau menunjukkan satu pemborosan i mengakibatkan pemborosan j. Sedangkan panah warna oranye menunjukkan bahwa pemborosan saling memengaruhi. Konversi skor jawaban dari kuesioner ke dalam *waste relationship matrix* (sesuai konversi nilai pada Tabel 2.2) dan konversi nilai dari *waste relationship matrix* ke *waste matrix value*. Untuk mempermudah penyajian data, pemborosan akan disingkat menjadi OV (*overproduction*), D (*defect*), E (*excess processing*), W (*waiting*), M (*motion*), T (*transportation*), OP (*overprocessing*), U (*unused employee creartivity*). Tabel 5.5 menunjukkan hasil *waste relationship matrix* dan Tabel 5.6 menunjukkan hasil *waste matrix value*.

Bobot yang dihasilkan dari *waste matrix value* selanjutnya digunakan pada *Lean Assessment Matrix* (LAM) 1. *Matrix* yang dipakai adalah bentuk *matrix value from to*. *Matrix* ini menunjukkan jika suatu pemborosan memiliki nilai *from* tinggi

maka pemborosan tersebut memiliki peluang besar untuk memberikan pengaruh terhadap munculnya pemborosan yang lain

Tabel 5.5 *Waste Relationship Matrix*

| F/T | OV | D | E | W | M | T | OP | U |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OV | A | O | E | A | O | E | E | X |
| D | U | A | X | E | E | A | E | I |
| E | O | U | A | A | E | I | U | O |
| W | O | O | A | A | O | I | U | O |
| M | U | U | I | A | A | O | X | I |
| T | X | I | I | A | A | A | U | U |
| OP | I | E | E | E | E | U | A | I |
| U | U | X | X | U | I | O | X | A |

Tabel 5.6 *Waste Matrix Value*

| F/T | OV | D | E | W | M | T | OP | U | Skor | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OV | 10 | 4 | 8 | 10 | 4 | 8 | 8 | 0 | 52 | 14.4% |
| D | 2 | 10 | 0 | 8 | 8 | 10 | 8 | 6 | 52 | 14.4% |
| E | 4 | 2 | 10 | 10 | 8 | 6 | 2 | 4 | 46 | 12.8% |
| W | 4 | 4 | 10 | 10 | 4 | 6 | 2 | 4 | 44 | 12.2% |
| M | 2 | 2 | 6 | 10 | 10 | 4 | 0 | 6 | 40 | 11.1% |
| T | 0 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 2 | 2 | 46 | 12.8% |
| OP | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 2 | 10 | 6 | 56 | 15.6% |
| U | 2 | 0 | 0 | 2 | 6 | 4 | 0 | 10 | 24 | 6.7% |
| Skor | 30 | 36 | 48 | 68 | 58 | 50 | 32 | 38 | 360 | 100% |
| % | 8% | 10% | 13% | 19% | 16% | 14% | 9% | 11% | 100% | |

## 5.2 Penyusunan *Lean Matrix* 1

Pada subbab ini akan dibahas mengenai penyusunan *lean matrix* 1. Penyusunan *lean matrix* 1 dimulai dengan membuat komponen-komponen yang dibutuhkan pada *matrix* yaitu *root source of waste*, *waste type weight*, *severity level of waste*, *impact value of root source of waste j to waste i* dan *occurrence level of root source of waste*. *Waste type weight* didapatkan dari subbab 5.1. Sedangkan *severity level of waste*, *occurrence level of root source of waste* dan *impact value of root source of waste j to waste i* didapatkan dari kuesioner *lean matrix* 1. Setelah komponen-komponen tersebut dibuat, langkah selanjutnya adalah menghitung *aggregate waste number* yang akan menghasilkan *waste rank* dan melakukan perhitungan *aggregate cause value* yang akan menjadi komponen penyusun *lean*

*matrix* 2. Untuk komponen *root source of waste* didapatkan dari identifikasi akar penyebab pemborosan pada subbab 4.3. Tabel *lean matrix* 1 dapat dilihat pada Lampiran.

### 5.2.1 Penentuan Kriteria *Severity Level of Waste*

Pada subbab berikut akan dijelaskan mengenai penentuan kriteria *severity level of waste*. Penentuan nilai *severity level of waste* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang dihasilkan oleh aktivitas pemborosan yang terjadi sehingga dapat diukur dampak dari suatu pemborosan yang muncul. Penentuan nilai *severity level of waste* didapatkan dari kriteria *severity level of waste*. Setiap pemborosan memiliki kriteria penilaian yang berbeda. Kriteria dibuat berdasarkan kriteria yang dimiliki perusahaan lalu dimodifikasi sesuai jenis pemborosan yang cocok dan divalidasi oleh pihak perusahaan. Berikut adalah kriteria *severity level of waste.*

Tabel 5.7 Kriteria *Severity Level of Waste Waiting*

| **Kriteria *Severity Level of Waste Waiting*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 10 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama > 1 bulan |
| 9 | Terjadi waktu tunggu proses lain selama ≤ 1 bulan |
| 8 | Terjadi waktu tunggu proses lain selama ≤ 2 minggu kerja |
| 7 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 1 minggu kerja |
| 6 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 3 hari kerja |
| 5 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 1 hari kerja |
| 4 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 8 jam |
| 3 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 4 jam |
| 2 | Memengaruhi proses produksi namun masih dapat ditoleransi |
| 1 | Tidak memengaruhi proses produksi |

Tabel 5.8 Kriteria *Severity Level of Waste Defect*

| **Kriteria *Severity Level of Waste Defect*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 10 | Produk cacat tidak dapat diperbaiki sehingga perlu dibuat ulang |
| 9 | Akan terjadi keterlambatan pengiriman produk sekitar 40%-50% yang digunakan untuk proses perbaikan |
| 8 | Akan terjadi keterlambatan pengiriman produk 30%-40% yang digunakan untuk proses perbaikan |
| 7 | Akan terjadi keterlambatan pengiriman produk 25%-30% yang digunakan untuk proses perbaikan |
| 6 | Akan terjadi keterlambatan pengiriman produk 20%-25% yang digunakan untuk proses perbaikan |
| 5 | Akan terjadi keterlambatan pengiriman produk 15%-20% yang digunakan untuk proses perbaikan |
| 4 | Akan terjadi keterlambatan pengiriman produk 10%-15% yang digunakan untuk proses perbaikan |
| 3 | Akan terjadi keterlambatan pengiriman produk 5%-10% yang digunakan untuk proses perbaikan |
| 2 | Akan terjadi keterlambatan pengiriman produk kurang dari 5% yang digunakan untuk proses perbaikan |
| 1 | Tidak terjadi keterlambatan pengiriman produk |

Tabel 5.9 Kriteria *Severity Level of Waste Excess Inventory*

| **Kriteria *Severity Level of Waste Excess Invetory*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 10 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama > 1 bulan, kerusakan pada bahan baku/produk dan perlu dilakukan pengadaan ulang/tambahan |
| 9 | Terjadi waktu tunggu proses lain selama ≤ 1 bulan |
| | Perlu dilakukan pengadaan ulang/tambahan |
| | Kerusakan bahan baku atau produk yang sedang diproses (w*ork in process*) dan tidak dapat diatasi |
| 8 | Terjadi waktu tunggu proses lain selama ≤ 2 minggu kerja |
| | Kerusakan bahan baku atau produk yang sedang diproses (w*ork in process*) namun dapat diatasi dengan cara *rework* atau mengganti komponen |
| 7 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 1 minggu kerja |
| 6 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 3 hari kerja |
| 5 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 1 hari kerja |

Tabel 5.9 Kriteria *Severity Level of Waste Excess Inventory* (lanjutan)

| **Kriteria *Severity Level of Waste Invetory*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 4 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 8 jam |
| 3 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 4 jam |
| 2 | Memengaruhi proses produksi namun masih dapat ditoleransi |
| 1 | Tidak memengaruhi proses produksi |

Tabel 5.10 Kriteria *Severity Level of Waste Overproduction*

| **Kriteria *Severity Level of Waste Overproduction*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 10 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama > 1 bulan |
| | Proses produksi *bogie* dihentikan karena antrian WIP pada proses *finishing* terlalu tinggi |
| 9 | Terjadi waktu tunggu proses lain selama ≤ 1 bulan |
| | Proses produksi *bogie* dihentikan karena antrian WIP pada proses *finishing* terlalu tinggi |
| 8 | Terjadi waktu tunggu proses lain selama ≤ 2 minggu kerja |
| | Terdapat antrian WIP di *finishing* |
| 7 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 1 minggu kerja |
| | Terdapat antrian WIP di *finishing* |
| 6 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 3 hari kerja |
| 5 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 1 hari kerja |
| 4 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 8 jam |
| 3 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 4 jam |
| 2 | Memengaruhi proses produksi namun masih dapat ditoleransi |
| 1 | Tidak memengaruhi proses produksi |

Tabel 5.11 Kriteria *Severity Level of Waste Transportation*

| **Kriteria *Severity Level of Waste Transportation*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 10 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama > 1 hari kerja |

Tabel 5.11 Kriteria *Severity Level of Waste Transportation* (lanjutan)

| **Kriteria *Severity Level of Waste Transportation*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 9 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 1 hari kerja |
| 8 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 8 jam |
| 7 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 4 jam |
| 6 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 2 jam |
| 5 | Terjadi waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 1 jam |
| 4 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 30 menit |
| 3 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses lain selama ≤ 15 menit |
| 2 | Memengaruhi proses produksi namun masih dapat ditoleransi |
| 1 | Tidak memengaruhi proses produksi |

Tabel 5.12 Kriteria *Severity Level of Waste Overprocessing*

| **Kriteria *Severity Level of Waste Overprocessing*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 10 | Terjadi penambahan durasi proses selama > 1 bulan |
| 9 | Terjadi penambahan durasi prose selama ≤ 1 bulan |
| 8 | Terjadi penambahan durasi proses selama ≤ 2 minggu kerja |
| 7 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan durasi proses selama ≤ 1 minggu kerja |
| 6 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan durasi proses selama ≤ 3 hari kerja |
| 5 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan durasi proses selama ≤ 1 hari kerja |
| 4 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan durasi proses selama ≤ 8 jam |
| 3 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan durasi proses selama ≤ 4 jam akibat WIP |
| 2 | Memengaruhi proses produksi namun masih dapat ditoleransi |
| 1 | Tidak memengaruhi proses produksi |

Tabel 5.13 Kriteria *Severity Level of Waste Motion*

| **Kriteria *Severity Level of Waste Motion*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 10 | Terjadi penambahan waktu kerja pada proses selama > 1 bulan |
| | Menanggu kenyamanan operator dan menyebabkan keluhan sakit |
| 9 | Terjadi penambahan waktu kerja proses selama ≤ 2 minggu |
| | Menanggu kenyamanan operator dan menyebabkan keluhan sakit |

Tabel 5.13 Kriteria *Severity Level of Waste Motion (*(lanjutan)

| **Kriteria *Severity Level of Waste Motion*** | |
|---|---|
| *Severity* | *Severity* |
| 8 | Terjadi penambahan waktu kerja proses selama ≤ 1 minggu |
| | Menanggu kenyamanan operator dan menyebabkan keluhan sakit |
| 7 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan waktu kerja pada proses selama ≤ 3 hari kerja |
| | Menanggu kenyamanan operator dan menyebabkan keluhan sakit |
| 6 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan waktu kerja pada proses selama ≤ 1 hari kerja |
| | Menanggu kenyamanan operator dan menganggu produktifitas |
| 5 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan waktu kerja pada proses selama ≤ 8 jam |
| | Menanggu kenyamanan operator dan menganggu produktifitas |
| 4 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya penambahan waktu kerja pada proses selama ≤ 4 jam |
| | Mengganggu kenyamanan operator namun dapat ditoleransi |
| 3 | Menyebabkan penambahan waktu kerja ≤ 1 jam |
| 2 | Memengaruhi proses produksi namun masih dapat ditoleransi |
| 1 | Tidak memengaruhi proses produksi |

Tabel 5.14 Kriteria *Severity Level of Waste Unused Employee Creativity*

| **Kriteria *Severity Level of Waste Unused Employee Creativity*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 10 | Terjadi waktu tunggu pada proses selama > 1 bulan |
| | Sekitar 50% terjadi deviasi negatif antara rencana dan realisasi |
| 9 | Terjadi waktu tunggu proses selama ≤ 2 minggu |
| | Sekitar 30% terjadi deviasi negatif antara rencana dan realisasi |
| 8 | Terjadi waktu tunggu proses selama ≤ 1 minggu |
| | Sekitar 30% terjadi deviasi negatif antara rencana dan realisasi |
| 7 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses selama ≤ 3 hari kerja |
| | Sekitar 20% terjadi deviasi negatif antara rencana dan realisasi |
| 6 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses selama ≤ 1 hari kerja |
| | Sekitar 10% terjadi deviasi negatif antara rencana dan realisasi |
| 5 | Memengaruhi proses produksi dan berpotensi terjadinya waktu tunggu pada proses selama ≤ 8 jam |
| | Sekitar 10% terjadi deviasi negatif antara rencana dan realisasi |
| 4 | Menyebabkan penambahan waktu kerja ≤ 1 jam |
| | Sekitar 5% terjadi deviasi negatif antara rencana dan realisasi |
| 3 | Menyebabkan penambahan waktu kerja ≤ 1 jam |

Tabel 5.14 Kriteria *Severity Level of Waste Unused Employee Creativity* (lanjutan)

| **Kriteria *Severity Level of Waste Unused Employee Creativity*** | |
|---|---|
| *Severity* | Kriteria |
| 2 | Memengaruhi proses produksi namun masih dapat ditoleransi |
| 1 | Tidak memengaruhi proses produksi |

### 5.2.2 Penentuan Kriteria *Occurrence Level of Root Cause of Waste*

Pada subbab berikut akan dijelaskan mengenai penentuan *occurrence level of root cause of waste*. Penentuan nilai *occurrence level of root cause of waste* dilakukan untuk mengetahui seberapa sering akar penyebab pemborosan terjadi. Penentuan nilai *occurrence level of root cause of waste* didapatkan dari kriteria *occurrence level of root cause of waste*. Setiap pemborosan memiliki kriteria penilaian yang berbeda. PT INKA memiliki kriteria *occurrence* untuk manajemen risiko mereka, namun tidak dipakai pada penelitian karena terlalu spesifik untuk suatu masalah sehingga kriteria yang ada tidak relevan untuk seluruh akar penyebab pemborosan. Tabel 5.15 menunjukkan contoh kriteria *occurrence* untuk keterlambatan kedatangan komponen.

Tabel 5.15 Kriteria *Occurrence* Keterlambatan Kedatangan Komponen PT INKA

| Nilai | Kriteria |
|---|---|
| 5 | Sekitar 50% terjadi keterlambatan kedatangan komponen dari Vendor |
| 4 | Sekitar 30% terjadi keterlambatan kedatangan komponen dari Vendor |
| 3 | Sekitar 20% terjadi keterlambatan kedatangan komponen dari Vendor |
| 2 | Sekitar 10% terjadi keterlambatan kedatangan komponen dari Vendor |
| 1 | Sekitar 5% terjadi keterlambatan kedatangan komponen dari Vendor |

Kriteria dibuat berdasarkan referensi (Ford Motor Company, 2011). Kriteria yang digunakan lebih bersifat umum dan dapat dipakai untuk semua akar penyebab pemborosan. Tabel 5.16 adalah kriteria *occurrence level of root cause of waste.*

Tabel 5.16 Kriteria *Occurrence Level of Root Cause of Waste*

| ***Occurrence level of root cause of waste*** | |
|---|---|
| **Nilai** | **Contoh** |
| 10 | ≥1 terjadi per *shift* |
| 9 | ≥1 terjadi per hari |
| 8 | ≥1 terjadi per 2-3 hari |
| 7 | ≥1 terjadi per minggu |

Tabel 5.16 Kriteria *Occurrence Level of Root Cause of Waste* (lanjutan)

| ***Occurrence level of root cause of waste*** | |
|---|---|
| **Nilai** | **Contoh** |
| 6 | ≥1 terjadi per 2 minggu |
| 5 | ≥1 terjadi per bulan |
| 4 | ≥1 terjadi per 3 bulan |
| 3 | ≥1 terjadi per 6 bulan |
| 2 | ≥1 terjadi per tahun |
| 1 | <1 per 1 kejadian (sangat jarang terjadi) |

Sumber: (Ford Motor Company, 2011)

### 5.2.3 Perhitungan *Aggregate Cause Value*

Perhitungan *aggregate cause value* (ACV) dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut $ACV_i = O_i \sum S_j I_{ij}$ (2.1). Berdasarkan rumus perhitungan tersibut, dilakukan perhitungan ACV untuk masing-masing akar masalah dengan memperhatikan *impact value* (I) dari masing-masing akar masalah terhadap masing-masing bentuk pemborosan, *severity level* (S) dari masing-masing bentuk pemborosan, serta *occurence level* (O) dari masing-masing akar pemborosan pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. *Impact value* (I), *severity level* (S), *occurence level* (O) didapatkan dari hasil *lean matrix 1* yang dapat dilihat pada Lampiran. Berikut adalah contoh perhitungan pada akar penyebab pemborosan nomor S6, keterlambatan pada pembangunan infrastruktur LRT:

$$ACV_i = O_i \sum S_j I_{ij}$$

$$ACV_i = 5\ x\ \big((7\ x\ 9) + (\ 3\ x\ 8)\big)$$

$$ACV_i = 435$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat terlihat bahwa nilai *Aggregate Cause Value* untuk akar penyebab pemborosan jarak keterlambatan pada pembangunan infrastruktur LRT adalah 435, yang berarti nilai agregat dampak yang disebabkan oleh akar penyebab pemborosan tersebut adalah 435, dan jika dibandingkan dengan akar penyebab pemborosan lainnya, nilai pemborosan tersebut bukan yang terbesar. Jika dibandingkan dengan akar penyebab pemborosan yang memiliki nilai terbesar

yaitu sistem pengawasan produksi kurang baik (S20) dengan nilai 4680. Hal ini menunjukkan bahwa akar penyebab pemborosan sistem pengawasan produksi kurang baik memiliki dampak yang sangat besar dalam memicu munculnya pemborosan pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek

### 5.2.4 Perhitungan *Aggregate Waste Number*

Perhitungan *aggregate waste number* dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut $AWN_i = WT_k S_i \sum O_j I_{ij}$ (2.2).

Berdasarkan persamaan perhitungan tersebut maka dapat dilakukan perhitungan untuk nilai *Aggregate Waste Number* dengan memperhatikan beberapa nilai antara lain *waste type weight* yang didapatkan dari hasil kuisioner pertama mengenai hubungan antara jenis pemborosan (*waste relationship matrix*) dimana semakin besar nilai *waste type weight* maka menunjukkan jenis pemborosan tersebut semakin mempengaruhi munculnya jenis pemborosan lainnya, nilai selanjutnya yang diperhatikan merupakan nilai *severity level* (S) dari masing-masing pemborosan, nilai *occurence level* (O) dari setiap akar permasalahan pemborosan, dan nilai *impact value* (I) dari setiap akar permasalahan pemborosan. *Waste type weight* didapatkan dari subbab 5.1. *Impact value* (I), *severity level* (S), *occurence level* (O) didapatkan dari hasil *lean matrix 1* yang dapat dilihat pada Lampiran. Contoh perhitungan *Aggregate Waste Number* pada pemborosan posisi kerja operator kurang ergonomis (W3) adalah sebagai berikut.

$$AWN_i = WT_k S_i \sum O_j I_{ij}$$

$$AWN_i = 11\% \; x \; 5 \; x \; ((1 \; x \; 9) + (3 \text{ x } 9) + (9 \text{ x } 7) + (1 \text{ x } 8))$$

$$AWN_i = 59{,}4$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat terlihat bahwa nilai AWN dari pada pemborosan posisi kerja operator kurang ergonomis (W3) bernilai 59,4 yang berarti bahwa nilai kekritisan dari pemborosan tersebut adalah senilai 59,4 dan jika dibandingkan dengan nilai dari pemborosan yang lain maka pemborosan ini memiliki nilai AWN yang paling kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemborosan ini berdampak yang paling kecil terhadap keseluruhan permasalahan pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek

### 5.2.5 Penentuan *Waste Rank*

*Waste rank* digunakan sebagai parameter menentukan peringkat tingkat kekritisan dari setiap pemborosan yang terjadi pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. Pengambilan peringkat dari *waste rank* berdasarkan nilai dari *Aggregate Waste Number* yang telah dilakukan perhitungan pada *lean matrix* 1 yang dapat dilihat di Lampiran. Semakin besar nilai AWN maka akan semakin tinggi peringkat kekritisan dari pemborosan tersebut, dan semakin tinggi peringkat kekritisannya maka menunjukkan bahwa pemborosan tersebut adalah yang paling berdampak negatif terhadap proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. Berdasarkan hasil diskusi dengan perusahaan, 4 pemborosan tertinggi akan diambil untuk dibuat alternatif rekomendasi perbaikan untuk *lean matrix* 2. *Waste rank* ditunjukkan pada Tabel 5.17

Tabel 5.17 *Waste Rank*

| No | *Subwaste* | *Aggregate Waste Number* |
|---|---|---|
| W9 | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* | 958.2 |
| W8 | *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* | 862.4 |
| W6 | Memproduksi *bogie* LRT ketika *part* lain yaitu *carbody* belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan WIP | 666.3 |
| W16 | Rework pada material Bolster Assy karena dimensinya tidak sesuai | 632.8 |
| W11 | Terdapat antrian WIP (*Work In Process*) pada beberapa proses | 584.7 |
| W17 | *Sideframe* belum mencapai dimensi yang ditentukan sehingga dilakukan proses tambahan | 425.6 |

Tabel 5.17 *Waste Rank* (lanjutan)

| No | *Subwaste* | *Aggregate Waste Number* |
|---|---|---|
| W10 | Terdapat 2 unit *bogie* yang *reject.* Setelah dicoba diperbaiki tidak lolos uji | 326.6 |
| W5 | Memproduksi *bogie* LRT ketika infrastruktur LRT di Jakarta belum siap sehingga produk belum bisa dikirim | 300.3 |
| W7 | Proses produksi *Bolster* tertunda | 266.2 |
| W13 | Kurang berkembangnya kemampuan pekerja dan operator mesin terkait bidangnya masing-masing | 248.7 |
| W15 | Proses *trial bogie frame* dengan sistem *subcontract* terlalu lama dan beberapa kali diulang | 227.1 |
| W12 | Penumpukkan material atau *part* pada stasiun kerja | 197.3 |
| W1 | Peralatan, material atau WIP yang diletakkan tidak sesuai tempatnya | 190.7 |
| W14 | Keterlambatan perpindahan *Work In Process* (WIP) | 152.6 |
| W2 | Pengambilan keputusan yang berbelit ketika terdapat masalah | 104.7 |
| W4 | Pekerja membuat dokumen yang salah, sehingga perlu melakukan *trial* kembali | 98.0 |
| W3 | Posisi kerja operator kurang ergonomis | 59.4 |

# BAB 6
# FORMULASI REKOMENDASI PERBAIKAN

## 6.1 Penyusunan Alternatif Rekomendasi Perbaikan

Pada bagian ini akan dijelaskan tahapan merancang rekomendasi perbaikan bedasarkan pemborosan kritis yang telah dihasilkan pada tahap penentuan *waste rank*. Perancangan rekomendasi perbaikan disusun dengan beberapa tahap yaitu penyusunan sejumlah alternatif rekomendasi perbaikan yang akan membentuk *waste elimination actions* (WEA), penentuan *degree of difficulty performing action* atau tingkat kesulitan dari alternatif rekomendasi perbaikan, penyusunan *lean matrix* 2 yang akan menghasilkan *rank of action priority* atau alternatif rekomendasi terpilih yang akan diajukan ke pihak perusahaan. Berikut merupakan pemborosan kritis dan akar penyebab pemborosan.

Tabel 6.1 Pemborosan Kritis dan Akar Penyebab Pemborosan

| Jenis Pemborosan | Pemborosan | *Root Source of Waste* |
|---|---|---|
| *Overproduction* | Memproduksi *bogie* LRT ketika part lain yaitu *carbody* belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan WIP (W6) | Kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini (S2) |
| | | Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. (S3) |
| *Waiting* | Proses berhenti pada proses Bogie Frame Assy (W9) | Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya. (S3) |
| | | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja (S8) |
| | | Mesin sudah tua (S11) |
| | | Perlindungan material di central part (penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai (S16) |

Tabel 6.1 Pemborosan Kritis dan Akar Penyebab Pemborosan (lanjutan)

| Jenis Pemborosan | Pemborosan | *Root Source of Waste* |
|---|---|---|
| *Waiting* | Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) (S18) |
| | | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik (S21) |
| *Overprocessing* | Proses tambahan pada proses *bolster assy* akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang (W16) | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik (S21) |
| | | Sistem pengawasan produksi kurang baik (S20) |
| | | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja (S8) |
| | | Urutan proses tidak diperbaharui sesuai proses yang optimal (S23) |
| | | Mesin sudah tua (S11) |
| *Waiting* | *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* (W8) | Pengawasan terhadap supplier kurang baik (S14) |
| | | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) (S18) |
| | | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja (S8) |
| | | Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai (S13) |
| | | Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai (S13) |

Berdasarkan Tabel 6.1 terdapat 3 jenis pemborosan, 4 *subwaste* dan 11 akar penyebab pemborosan. Setelah mengetahui pemborosan kritis dan akarnya, akan dilakukan penyusunan rekomendasi perbaikan. Pada **Error! Reference source not found.**menunjukkan rekomendasi perbaikan yang dapat mengatasi akar penyebab pemborosan.

**Error! Reference source not found.** Rekomendasi Perbaikan (lanjutan)

| *Root Source of Waste* | Rekomendasi perbaikan |
|---|---|
| Kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini (S2) | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan |
| Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya (S3) | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan |
| Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai (S13) | |
| Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja (S8) | Pelatihan |
| Mesin sudah tua (S11) | Investasi mesin las |
| Mesin sudah tua (S11) | Investasi *forklift* |
| Pengawasan terhadap supplier kurang baik (S14) | Evaluasi kinerja *supplier* |
| Perlindungan material di *central part* (penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai (S16) | Memperbaiki perlindungan material di *central part* |
| *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) (S18) | |
| Sistem pengawasan produksi kurang baik (S20) | Melakukan pengukuran kerja *workstation* |
| SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik (S21) | |
| Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya (S3) | |
| *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) (S18) | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. |
| Urutan proses tidak diperbaharui sesuai proses yang optimal (S23) | Memperbaharui urutan proses |
| SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik (S21) | Mengulas dan memperbaiki SOP perhitungan material |

### 6.1.1 Menghitung Kapasitas Produksi & Penjadwalan Produksi

Pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa memproduksi bogie LRT ketika carbody belum siap untuk diproduksi karena produksi carbody dihentikan akibat kekurangan temporary bogie dan stabling. Kekurangan temporary bogie dan stabling disebabkan kapasitas yang tidak mencukupi karena permintaan yang

tinggi. Tidak terdapat integrasi antara kapasitas masing masing *site*, kapasitas produksi dan permintaan menjadi pemicu kapasitas yang tidak mencukupi permintaan. Tidak terdapat integrasi antara kapasitas masing masing *site*, kapasitas produksi dan permintaan menjadi pemicu dari *root source of waste* atau akar penyebab pemborosan nomor S2 & S3 yaitu kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini (S2) dan kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya (S3).

Untuk mengatasi akar penyebab pemborosan nomor S2 & S3, hal yang dapat dilakukan adalah menghitung kapasitas produksi masing-masing *workstation* serta fasiltias lainnya yang menunjang proses produksi. Kapasitas adalah jumlah pekerjaan yang dapat dilakukan dalam periode waktu tertentu. Dalam edisi kesebelas dari Kamus APICS, kapasitas didefinisikan sebagai "kemampuan pekerja, mesin, pusat kerja, pabrik, atau organisasi untuk menghasilkan *output* per periode waktu". Kapasitas adalah tingkat melakukan pekerjaan, bukan jumlah pekerjaan yang dilakukan. Kapasitas yang tersedia adalah kapasitas suatu sistem atau sumber daya untuk menghasilkan kuantitas *output* dalam periode waktu tertentu. Hal tersebut dipengaruhi oleh hal berikut:

- Spesifikasi produk. Jika spesifikasi produk berubah, konten pekerjaan (pekerjaan yang diperlukan untuk membuat produk) akan berubah, sehingga memengaruhi jumlah unit yang dapat diproduksi
- *Product mix*. Setiap produk memiliki konten kerja sendiri yang diukur dalam waktu yang dibutuhkan untuk membuat produk. Jika campuran produk yang diproduksi berubah, total konten pekerjaan (waktu) untuk campuran tersebut akan berubah.
- *Plant and equipment*. Berkaitan dengan metode yang digunakan untuk membuat produk. Jika metode ini diubah (misalnya, mesin yang lebih cepat digunakan) hasilnya akan berubah. Demikian pula, jika lebih banyak mesin ditambahkan ke *work center*, kapasitas akan berubah.

- *Work effort*. Berhubungan dengan kecepatan di mana pekerjaan dilakukan. Jika kecepatan tenaga kerja bertambah, mungkin menghasilkan lebih banyak dalam waktu tertentu, maka kapasitas akan berubah.

  Kapasitas perlu diukur setidaknya pada tiga tingkatan:

  • Mesin atau pekerja individu.

  • Pusat kerja.

  • Pabrik, yang dapat dianggap sebagai kelompok *work center* yang berbeda.

Terdapat dua cara untuk menentukan kapasitas yang tersedia: pengukuran dan perhitungan. Kapasitas yang ditunjukkan (diukur) dihitung dari data historis. Kapasitas yang dihitung atau dinilai berdasarkan pada *available time, utilization,* dan *efficiency.*

*Available time* atau waktu yang tersedia adalah jumlah jam pusat kerja dapat bekas. Misalnya, *work center* yang bekerja satu *shift* 8 jam selama 5 hari seminggu tersedia 40 jam seminggu. Waktu yang tersedia tergantung pada jumlah mesin, jumlah pekerja, dan jam operasi.

*Utilization*, waktu yang tersedia adalah jam maksimum yang dapat kita harapkan dari pusat kerja. Namun, kecil kemungkinan ini akan tercapai sepanjang waktu. Waktu henti dapat terjadi karena kerusakan alat berat, ketidakhadiran, kekurangan bahan, dan semua masalah yang menyebabkan penundaan yang tidak dapat dihindari. Persentase waktu *work center* aktif dibandingkan dengan waktu yang tersedia disebut *utilization*:

$$Utilization = \frac{hours\ actually\ worked}{available\ hours}\ x\ 100\% \ldots\ldots\ldots(4.1)$$

*Utilization* dapat ditentukan berdasarkan data historis atau *work sampling study*.

*Efficiency,* memungkinkan bagi *workcenter* untuk memanfaatkan 100 jam seminggu tetapi tidak menghasilkan 100 jam kerja standar. Pekerja mungkin bekerja pada kecepatan yang lebih cepat atau lebih lambat dari kecepatan kerja standar, menyebabkan efisiensi pusat kerja menjadi lebih atau kurang dari 100%:

$$Efficiency = \frac{actual\ rate\ of\ production}{standard\ rate\ of\ production}\ x\ 100\% \ldots\ldots\ldots(4.2)$$

*Rated capacity* dihitung dengan mempertimbangkan *utilization, available time* dan *efficiency* pusat kerja

$$Rated\ capacity = available\ time\ x\ utilization\ x\ efficiency \ldots\ldots\ldots (4.2)$$

(Arnold, Chapman, & Clive, 2008)

Untuk mencari kapasitas produksi dapat dilakukan oleh direktorat produksi dengan penanggung jawab dari *senior manager* perencanaan produksi atau *manager* perencanaan produksi. Data perhitungan kapasitas produksi dapat dilakukan menggunakan *work sampling* atau data historis yang didapat dari masing-masing divisi. Harapannya hasil perhitungan kapasitas produksi dapat selaras dengan perencanaan produksi.

Salah satu metode penajdwalan yang cocok adalah *backward scheduling*. Operasi terakhir pada rute produksi dijadwalkan terlebih dahulu dan dijadwalkan selesai pada saat jatuh tempo. Operasi sebelumnya dijadwalkan kembali dari operasi terakhir (Arnold, et al., 2008). Persediaan proses kerja berkurang, tetapi karena ada sedikit waktu luang dalam sistem, layanan pelanggan mungkin kesulitan. Dalam proyek sejenis dengan LRT, sistem produksi yang digunakan adalah *engineering to order* (ETO). Pada proses produksi LRT sendiri pernah terdapat kendala yaitu produk jadi menumpuk di pabrik dikarenakan fasilitas infrastruktur di Jakarta belum selesai. Kesiapan *customer* dalam menerima produk menjadi hal yang perlu diperhatikan oleh PT INKA, sehingga apabila melakukan *backward scheduling* dapat menyesuaikan dengan tenggat waktu *customer*. Beberapa cara lain yang dapat dilakukan dalam penjadwalan yang cocok dengan sistem produksi PT INKA (*made to order/manufacturing to order/engineering to order/project*) antara lain:

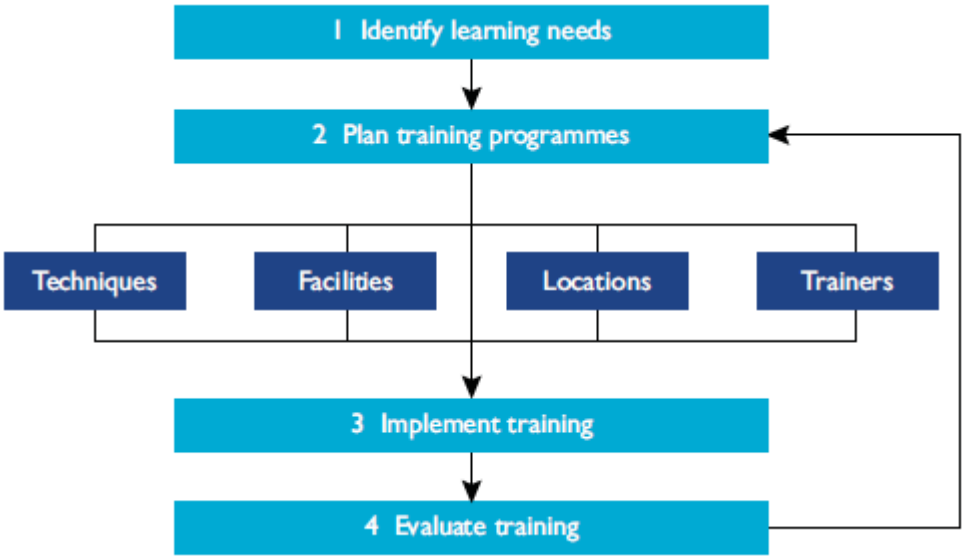
- Model formulasi matematika (Alfieri, Urgo, & Tolio, 2009)
- *Agent-based simulation* (He, Zhang, & Li, 2014)
- *Metaheuristic* (Luo, Yang, & Wang, 2019)

### 6.1.2 Pelatihan

Pemborosan *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* (W8), proses tambahan pada proses *bolster assy* akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang (W15), Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) disebabkan oleh kurangnya kompetensi operator dan atau

pekerja (S8). Untuk meningkatkan kompetensi operator dan pekerja salah satu hal yang dapat dilakukan adalah melakukan pelatihan. Untuk merancang pelatihan idealnya dipegang oleh Divisi *Human Capital*. Berikut adalah tahapan dalam membuat pelatihan yang sistematis menurut (Amstrong, 2009):

1. Identifikasi kebutuhan pelatihan.
2. Putuskan jenis pelatihan apa yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan ini.
3. Gunakan pelatih berpengalaman dan terlatih untuk melaksanakan pelatihan.
4. Tindak lanjuti dan evaluasi pelatihan untuk memastikan itu efektif.




Gambar 6.1 *Systemic Training Model*
Sumber: (Amstrong, 2009)

Kebtuhan pelatihan dapat diambil dari analisa akar penyebab pemborosan pada subbab 4.3 yang relevan dengan pemborosan yang terjadi yaitu kesalahan *set up* mesin, pembuatan desain yang kurang sesuai, kesalahan melakukan proses, dan keterbatasan pengetahuan mengenai metode penjadwalan produksi yang sesuai. Setelah melakukan identifikasi kebutuhan, dapat dilakukan pencarian tenaga professional yang relevan dengan tujuan pelatihan. Sebagai contoh berikut adalah estimasi biaya pelatihan untuk manajemen produksi dan operasi dengan format *in-*

*house training* (lokasi pelatihan dilakukan di perusahan/tempat yang ditentukan perusahaan)

Tabel 6.2 Estimasi Biaya Pelatihan

| Estimasi Biaya Per Peserta | Minimal Peserta | Total Biaya |
|---|---|---|
| Rp 3,500,000 | 15 | Rp 52,500,000 |

Sumber: (Indo Asia, 2017)

### 6.1.3 Investasi Mesin Las

Pemborosan *waiting* yaitu ketika proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) dan pada *overprocessing* ketika proses tambahan pada proses *Bolster Assy* akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang (W15) disebabkan karena mesin yang sudah tua (S11) sehingga diperlukan investasi mesin baru. Mesin yang digunakan pada *assembly* adalah mesin las. Salah satu mesin las yang digunakan oleh PT INKA adalah *pulsed metal inert gas welding* (PMIGW) atau bisa disebut juga *metal inert gas* (MIG) atau *gas metal arch welding* (GMAW) atau *metal active gas* (MAG) (Achmadi, 2019). Investasi mesin las akan menjadi tanggung jawab Divisi Logistik. Salah satu mesin las yang dapat digunakan adalah Mesin Las OTC Daihen XD350s yang ditunjukkan pada Gambar 6.2. Tabel 6.3 adalah rincian harga dari Mesin Las OTC Daihen XD350s.

Gambar 6.2 Mesin Las OTC Daihen XD350s

Tabel 6.3 Harga Mesin Las

| Mesin | Harga | Ongkos Kirim | Total |
|---|---|---|---|
| Mesin Las OTC Daihen XD350s | Rp45,000,000 | Rp900,000 | Rp45,900,000 |

Sumber: (https://www.bukalapak.com/p/industrial/mesin/mesin-las/gnmflr-jual-mesin-las-otc-daihen-xd350s)

### 6.1.4 Investasi *Forklift*

Pemborosan *waiting* yaitu ketika proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) dan pada *overprocessing* ketika proses tambahan pada proses *Bolster Assy* akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang (W15) disebabkan karena mesin yang sudah tua (S11) sehingga diperlukan investasi mesin baru. Penyebab mengapa diperlukan *forklift* baru adalah karena material rusak akibat material *handling* yang kurang baik. Investasi *forklift* akan menjadi tanggung jawab Divisi Logistik. Mesin yang digunakan adalah *forklift*. *Forklift* merupakan truk industri yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan material jarak pendek. Salah satu *forklift* yang dapat digunakan adalah Forklift CT Power 5 ton pada Gambar 6.3. Sumber: (https://weforklift.blogspot.com/2019/06/forklift-ct-power-h-series-fd30-fd50.html)

Tabel 6.4 adalah salah satu estimasi harga *forklift* yang ada dipasaran.

Gambar 6.3 *Forklift* CT Power 5 ton
Sumber: (https://weforklift.blogspot.com/2019/06/forklift-ct-power-h-series-fd30-fd50.html)

Tabel 6.4 Harga *Forklift*

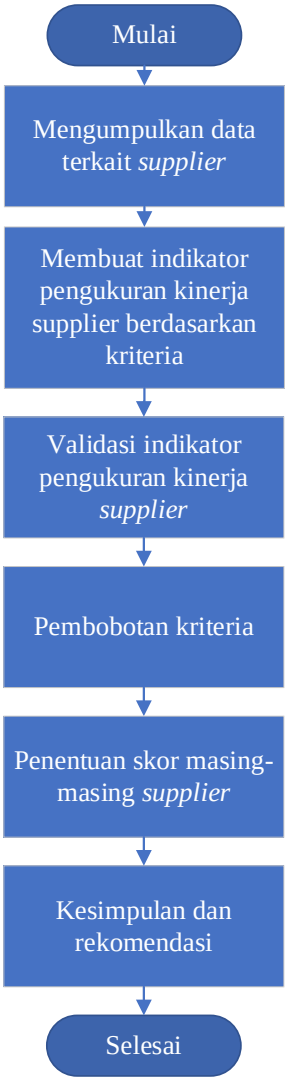
| Jenis | Harga |
|---|---|
| CT Power 5 ton | Rp 370,000,000 |

Sumber: (https://harga.web.id/harga-forklift-3-ton-dan-5-ton-di-pasaran-all-merek.info)

### 6.1.5 Evaluasi Kinerja *Supplier*

Pengawasan terhadap *supplier* kurang baik (S14) menyebabkan pemborosan *waiting* yaitu *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* (W8). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengawasi *supplier* adalah melakukan evaluasi kinerja *supplier*. Evaluasi kinerja *supplier* bertujuan untuk memberi gambaran bagi perusahaan untuk mengetahui seberapa baik *supplier* dalam memenuhi kinerja yang diharapkan perusahaan. Hasil evaluasi kinerja *supplier* dapat menjadi rekomendasi untuk perusahaan melakukan tindakan terhadap *supplier*. Gambar 6.4 menunjukkan tahapan evaluasi *kinerja supplier.*

Divisi Logistik adalah divisi yang cocok untuk melakukan evaluasi kinerja *supplier* karena tugas dari Divisi Logistik salah satunya adalah berhubungan dengan *supplier.* Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengumpulkan data historis dan wawancara mengenai *supplier* dan *subcontract* dari Divisi Logistik dan Divisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan terkait indikator apa saja yang dapat menjadi dijadikan tolak ukur. Gambar 6.4 menunjukkan tahapan evaluasi *kinerja supplier*.




Gambar 6.4 Tahapan Evaluasi Kinerja *Supplier*

Langkah pertama yang perlu dilakukan untuk melakukan evaluasi kinerja *supplier* adalah mengumpulkan data terkait *supplier* dan *subcontract* PT INKA. Data tersebut bertujuan sebagai referensi untuk penyusunan indikator kinerja. Indikator kinerja *supplier* lalu disusun berdasarkan data terkait *supplier* dan *subcontract* dicocokan dengan kriteria berdasarkan literatur. Salah satu referensi kriteria penyusunan indikator adalah pada penelitian Kurniawan, Hasibuan, & Nugroho (2017). Tabel 6.5 Kriteria Indikator Pengukuran Kinerja *Supplier* kriteria indikator pengukuran kinerja *supplier*.

Tabel 6.5 Kriteria Indikator Pengukuran Kinerja *Supplier*

| No | Kriteria | Sub-Kriteria |
|---|---|---|
| 1 | Kualitas (*Quality*) (Q) | kinerja (Q1), kesesuaian dengan spesifikasi (Q2), kehandalan (Q3), kesan kualitas (Q4) dan daya tahan (Q5). |
| 2 | Pengiriman (*Delivery*) (D) | komitmen proses pengiriman (D1), waktu pengiriman yang jelas (D2), jaminan proses pengiriman (D3), laporan proses pengiriman (D4), dan jaminan proses penerimaan (D5). |
| 3 | Pelayanan (*Service*) (Se) | jaminan dan garansi barang (Se1), *sharing knowledge* (Se2), *customer service*/*contact center* (Se3), responsif dan cepat (Se4), dan informatif (Se5). |
| 4 | Fleksibilitas (*Flexibility*) (F) | sistem kerja sama (F1), syarat dan ketentuan (F2), kebutuhan tidak terduga (F3), kemampuan negosiasi (F4), dan customized Product (F5). |
| 5 | Harga (*Price*) (P) | keterjangakauan harga (P1), kesesuaian harga dengan kualitas (P2), kesesuaian harga dengan manfaat (P3), daya saing harga (P4) dan elastisitas harga (P5). |
| 6 | Keselamatan dan Lingkungan (*Safety and Environment*) (Sa) | ramah lingkungan (Sa1), tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Sa2), persyaratan dokumen keselamatan (Sa3), penanganan limbah (Sa4) dan pemenuhan sertifikasi internasional (Sa5). |

Sumber: (Kurniawan, et al., 2017)

Setelah menyusun indikator pengukuran kinerja *supplier*, dilakukan validasi mengenai indikator pengukuran kinerja kepada Divisi Logistik dan Divisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi (karena Divisi Perencanaan dan Pengendalian Produksi memiliki tugas untuk mengendalikan *subcontract*). Setelah dilakukan validasi, Divisi Logistik melakukan pembobotan untuk menentukan kriteria dan indikator mana yang akan dijadikan prioritas. Setelah dilakukan pembobotan, akan dilakukan penentuan skor untuk mengetahui kinerja masing-masing *supplier* dan *subcontract.* Setelah itu skor akan dikalikan dengan bobot yang telah dibuat dan menghasilkan skor akhir masing-masing *supplier* dan *subcontract*. Skor tersebut merupakan ukuran kinerja *supplier* yang dapat digunakan sebagai dasaran pengambilan keputusan dan tindakan terhadap *supplier,* apakah perlu memberi peringatan, memutuskan kontrak atau memberi perpanjangan kontrak dan penghargaaan pada *supplier.*

### 6.1.6 Memperbaiki Perlindungan Material di *Central Part*

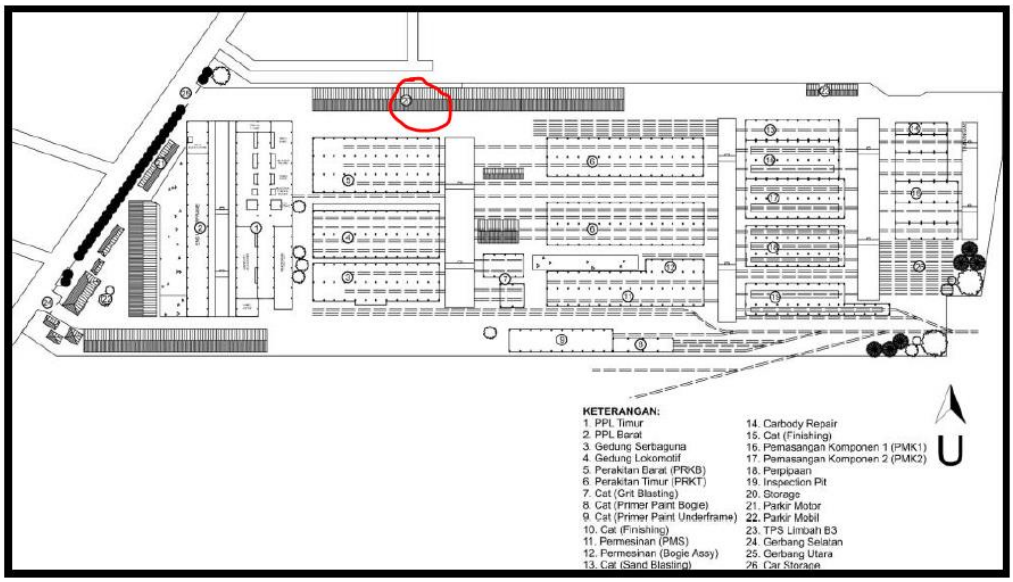
Pada pemborosan *waiting,* yaitu ketika proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) disebabkan karena perlindungan material di *central part*

(penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai (S16). Gambar 6.5 adalah ilustrasi dari penyimpanan material di *central part.*

Gambar 6.5 Penyimpanan Material di *Central Part*

Berdasarkan Gambar 6.5 dapat dilihat bahwa peyimpanan material di *central part* kurang memadai karena material disimpan dalam kondisi tempat atap terbuka. Hal tersebut menyebabkan material beberapa kali sempat hilang dan rusak. Hal yang dapat dilakukan untuk memperbaiki perlindungan material adalah dengan membangun tempat penyimpanan yang lebih tertutup. Untuk membangun tempat perlindungan material penanggung jawab diserahkan kepada Direktorat Keuangan dan Sumber Daya Manusia.

Penempatan *central part* atau gudang berdasarkan jurnal (Syarif & Putranto, 2019) mengenai perbaikan *layout* di PT INKA dengan asumsi tidak ada perubahan *layout* di PT INKA. Berikut adalah rekomendasi *layout* PT INKA:




Gambar 6.6 Rekomendasi *Layout* PT INKA (Syarif & Putranto, 2019)

Berdasarkan diskusi dengan pihak PT INKA, luas yang dibutuhkan adalah sekitar 200 $m^2$. Tabel 6.6 adalah estimasi biaya pembangunan *central part*.

Tabel 6.6 Estimasi Perhitungan Biaya Pembangunan

| Luas Gudang ($m^2$) | Estimasi Biaya/$m^2$ | Total Biaya |
|---|---|---|
| 200 | Rp 1,000,000.00<br>Sumber: (https://www.karyatukang.com/biaya-pembuatan-gudang-rangka-baja/) | Rp 200,000,000.00 |

Setelah tempat perlindungan material selesai dibuat. Maka tentukan lokasi stok material kemudian kelompokkan stok berdasarkan barang yang terkait secara fungsional bersama, kelompokkan *fast moving items*, kelompokkan barang-barang yang secara fisik mirip dan tempatkan stok kerja (material yang akan digunakan) dan stok cadangan secara terpisah. Stok kerja yang relatif kecil (stok tempat penarikan dilakukan) dapat ditempatkan dekat dengan area pengerjaan dan pengiriman sedangkan stok cadangan yang digunakan untuk mengisi kembali stok kerja dapat ditempatkan lebih jauh dari jarak jauh. Hal ini memungkinkan pengambilan pesanan terjadi di area yang padat dan pengisian kembali stok kerja secara massal dengan palet atau kontainer.

Perbaikan ini juga dapat mengatasi akar pemborosan yaitu *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) (S18) dikarenakan perbaikan ini dapat memperbaiki *quality control* untuk *central part.*

### 6.1.7 Melakukan Pengukuran Kerja *Workstation*

Sistem pengawasan produksi kurang baik (S20) menyebabkan pemborosan *overprocessing* proses tambahan pada proses *bolster assy* akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang (W16). Selain itu, pemborosan proses tambahan pada proses bolster assy akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang (W16) dan pemborosan *waiting,* yaitu ketika proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) disebabkan oleh SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik (S21). Hal yang perlu diperhatikan adalah terkait bagaimana operator melakukan dengan urutan proses, SOP, dan tata cara lainnya dengan benar. Hal yang dapat dilakukan adalah melakukan *work sampling.* Metode *work sampling* merupakan salah satu metode pendekatan yang bisa digunakan untuk mengukur produktivitas dengan mudah. *Work sampling* juga dapat digunakan untuk mengetahui aktivitas produktif dan tidak produktif operator. Selain itu, *work sampling* juga dapat digunakan untuk pengamatan yang bersifat diskrit (Wignjosoebroto, 2008). Berikut adalah beberapa tahapan melakukan *work sampling:*

1. Putuskan apa yang ingin diketahui saat *work sampling* selesai:
    - Waktu "bekerja" dan "tidak bekerja"
    - Jika ingin mengetahui waktu henti mesin vs waktu henti, alasan waktu henti seringkali paling penting
    - Jika seseorang melakukan pekerjaan "tidak produktif", lalu apa yang mereka lakukan?
2. Ambil sampel awal untuk mendapatkan estimasi nilai parameter
3. Hitung ukuran sampel yang dibutuhkan
4. Persiapkan jadwal untuk mengamati pekerja pada waktu yang tepat
5. Amati dan catat aktivitas pekerja; nilai kinerja pekerja

6. Tentukan bagaimana pekerja menghabiskan waktu (biasanya dalam persen)

Hasil dari *work sampling* dapat melihat apakah operator melakukan proses yang sesuai atau tidak. Hasil *work sampling* dapat dijadikan bahan evaluasi perusahaan. Hasil *work sampling* juga dapat dimanfaatkan untuk menghitung kapasitas *workstation*. Sehingga *work sampling* dapat menyelesaikan akar penyebab pemborosan kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing workstation atau fasilitas lainnya (S3) yang menyebabkan pemborosan *waiting,* yaitu proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) dan pemborosan *overproduction,* yaitu memproduksi *bogie* LRT ketika part lain yaitu *carbody* belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan WIP (W6).

### 6.1.8 Memperbaiki Sistem *Quality Control* Material Perusahaan.

Pemborosan *waiting,* yaitu ketika proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) dan *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* (W8) disebabkan oleh *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) (S18). *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) (S18) merupakan pemicu dari material rusak ketika akan dilakukan pemasangan.

Hal yang akan dilakukan untuk mengatasi akar penyebab pemborosan S18 adalah memperbaiki sistem *quality control* perusahaan, khususnya untuk material yang datang ke perusahaan. Divisi Logistik dan Divisi *Quality Assurance* & K3LH yang akan bertanggung jawab untuk memperbaiki *sistem quality control* material. Langkah pertama yang dapat dilakukan adalah mengevaluasi sistem *quality control* PT INKA. Untuk mengevaluasi sistem *quality control* PT INKA dapat menggunakan *brainstorming* dan data pendukung lainnya yang tersedia. Salah satu metode *brainstorming* yang dapat digunakan adalah *root cause analysis* (Montgomery, 2007). Setelah didapatkan masalah-masalah yang menyebabkan sistem *quality control,* dapat dilakukan perbaikan berdasarkan beberapa metode dan standar. Untuk metode dan standar yang digunakan harus cocok dengan jenis material. Untuk material dengan jumlah atau lot banyak berbeda metodenya dengan material yang unik dari *subcontract*.

Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah memastikan *supplier* memiliki ISO 9000. ISO 9000 adalah standar yang *generic*, berlaku luas untuk semua jenis organisasi, dan sering digunakan untuk menunjukkan kemampuan *supplier* untuk mengendalikan prosesnya. Standar ISO 9001: 2008 memiliki delapan klausa: (1) *Scope*, (2) *Normative References*, (3) *Definitions*, (4) *Quality Management Systems*, (5) *Management Responsibility*, (6) *Resource Management*, (7) *Product* (or *Service*) *Realization*, and (8) *Measurement, Analysis, and Improvement*. Sebagian besar fokus ISO 9000 adalah pada dokumentasi formal sistem kualitas, yaitu pada kegiatan *quality assurance.* Selain itu, terdapat juga terdapat standar pengendalian mutu untuk *incoming* material pada ISO 9000.

Hal lain yang dapat dilakukan adalah melakukan *statistical quality control* pada inspeksi *incoming* material. Secara umum, ada tiga pendekatan untuk penentuan penerimaan lot:

(1) menerima lot tanpa pemeriksaan

(2) Inspeksi 100%, yaitu memeriksa setiap item di lot, menyingkirkan semua unit cacat yang ditemukan (produk cacat dapat dikembalikan ke pemasok, dikerjakan ulang, diganti dengan barang bagus yang diketahui, atau dibuang)

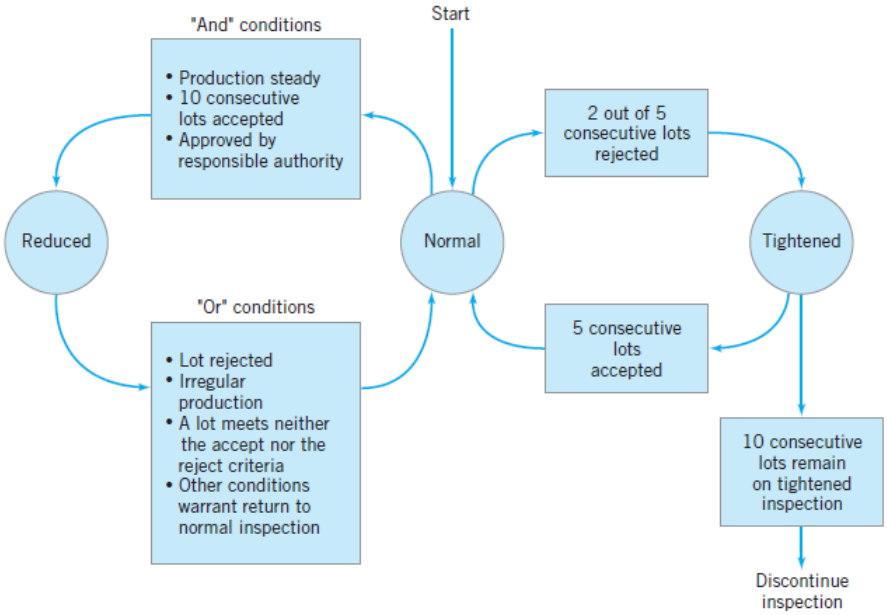
(3) *Acceptance sampling*

material yang datang dengan sistem *subcontract* dapat menggunakan inspeksi 100% karena spesifikasi material harus sesuai dengan yang sudah disepakati. Sedangkan untuk material yang dapat dipakai untuk beberapa proyek dan memiliki jumlah yang banyak dapat menggunakan *acceptance sampling*.

Salah satu standar dalam prosedur sampling adalah Military Standard 105E (ANSI/ASQC Z1.4, ISO 2859) atau disebut juga dengan MIL STD 105E. Standar tersebut menyediakan tiga jenis pengambilan sampel: *single sampling*, *double sampling*, dan *multiple sampling*. Untuk setiap jenis rencana pengambilan sampel, ketentuan dibuat untuk *normal inspection*, *tightened inspection*, atau *reduced inspection*. *Normal inspection* digunakan pada awal aktivitas inspeksi. *Tightened inspection* dilakukan jika riwayat kualitas terbaru pemasok memburuk. Persyaratan penerimaan untuk lot yang sedang dalam pemeriksaan ketat lebih ketat daripada di bawah pemeriksaan normal. *Reduced inspection* dilakukan jika riwayat kualitas terbaru pemasok sangat baik. Ukuran sampel yang umumnya digunakan pada

inspeksi yang dikurangi lebih kecil dari pada inspeksi normal. Titik fokus utama MIL STD 105E adalah *acceptance quality level* (AQL). Standar diindeks sehubungan dengan serangkaian AQL.

Untuk AQL dan tingkat inspeksi yang ditentukan serta ukuran lot tertentu, MIL STD 105E menyediakan *sampling plan* normal yang akan digunakan selama pemasok memproduksi produk dengan kualitas AQL atau lebih baik. MIL STD 105E menyediakan prosedur untuk berganti ke inspeksi yang diperketat dan dikurangi setiap kali ada indikasi bahwa kualitas pemasok telah berubah. Prosedur peralihan antara inspeksi normal, diperketat, dan dikurangi diilustrasikan dalam Gambar 6.7.




Gambar 6.7 Aturan pergantian untuk *Normal*, *Tightened*, dan *Reduced Inspection* MIL STD 105E

Prosedur langkah demi langkah untuk menggunakan MIL STD 105E adalah sebagai berikut:

1. Pilih AQL.
2. Pilih *inscpection level*
3. Tentukan ukuran lot.
4. Temukan *sample size code letter* yang sesuai dari Tabel 6.7
5. Tentukan jenis *sampling plan* yang tepat untuk digunakan (*single*, *double*, *multiple*).

6. Masukkan tabel yang sesuai untuk menemukan jenis *sampling plan* yang akan digunakan.

7. Tentukan rencana inspeksi normal dan pengurangan yang sesuai untuk digunakan bila diperlukan.

Tabel 6.7 menyajikan huruf kode ukuran sampel untuk MIL STD 105E. Tabel 6.8, Tabel 6.9, Tabel 6.10 masing-masing menyajikan *single sampling plan* untuk *normal inspection*, *tightened inspection*, dan *reduced inspection*. Standar ini juga berisi tabel untuk *double-sampling plans* dan *multiple-sampling plans* untuk *normal*, *tightened*, dan *reduced inspection.*

Tabel 6.7 *Sample Size Code Letters* (MIL STD 105E, *Table* 1)

| | Special Inspection Levels | | | | General Inspection Levels | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Lot or Batch Size** | **S-1** | **S-2** | **S-3** | **S-4** | **I** | **II** | **III** |
| 2 to 8 | A | A | A | A | A | A | B |
| 9 to 15 | A | A | A | A | A | B | C |
| 16 to 25 | A | A | B | B | B | C | D |
| 26 to 50 | A | B | B | C | C | D | E |
| 51 to 90 | B | B | C | C | C | E | F |
| 91 to 150 | B | B | C | D | D | F | G |
| 151 to 280 | B | C | D | E | E | G | H |
| 281 to 500 | B | C | D | E | F | H | J |
| 501 to 1,200 | C | C | E | F | G | J | K |
| 1,201 to 3,200 | C | D | E | G | H | K | L |
| 3,201 to 10,000 | C | D | F | G | J | L | M |
| 10,001 to 35,000 | C | D | F | H | K | M | N |
| 35,001 to 150,000 | D | E | G | J | L | N | P |
| 150,001 to 500,000 | D | E | G | J | M | P | Q |
| 500,001 and over | D | E | H | K | N | Q | R |

Tabel 6.8 *Master Table* untuk *Normal Inspection* untuk *Single Sampling* (Departemen Pertahanan AS MIL STD 105E, Tabel II-A)

| Sample Size Code Letter | Sample Size | Acceptable Quality Levels (normal inspection) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.010 | 0.015 | 0.025 | 0.040 | 0.065 | 0.10 | 0.15 | 0.25 | 0.40 | 0.65 | 1.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 6.5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1000 |
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 |
| B | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 | 44 45 |
| C | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 | 44 45 | |
| D | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 | 44 45 | ↑ | ↑ |
| E | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 | 44 45 | ↑ | ↑ | ↑ |
| F | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| G | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| H | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| J | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| K | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| L | 200 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| M | 315 | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| N | 500 | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| P | 800 | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Q | 1250 | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| R | 2000 | ↑ | ↑ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |

↓ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals, or exceeds, lot or batch size, do 100% inspection.

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

Tabel 6.9 *Master Table* untuk *Tightened Inspection* untuk *Single Sampling* (Departemen Pertahanan AS MIL STD 105E, Tabel II-B)

| Sample Size Code Letter | Sample Size | Acceptable Quality Levels (tightened inspection) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.010 | 0.015 | 0.025 | 0.040 | 0.065 | 0.10 | 0.15 | 0.25 | 0.40 | 0.65 | 1.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 6.5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1000 |
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 |
| B | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 | 41 42 |
| C | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 | 41 42 | ↑ |
| D | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 | 41 42 | ↑ | ↑ |
| E | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 | 41 42 | ↑ | ↑ | ↑ |
| F | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| G | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| H | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| J | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| K | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| L | 200 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| M | 315 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| N | 500 | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 11 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| P | 800 | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Q | 1250 | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| R | 2000 | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| S | 3150 | | | 1 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

↓ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals, or exceeds, lot or batch size, do 100% inspection.

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

Tabel 6.10 *Master Table* untuk *Reduced Inspection* untuk *Single Sampling* (Departemen Pertahanan AS MIL STD 105E, Tabel II-C)

| Sample Size Code Letter | Sample Size | Acceptable Quality Levels (reduced inspection)† | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.010 | 0.015 | 0.025 | 0.040 | 0.065 | 0.10 | 0.15 | 0.25 | 0.40 | 0.65 | 1.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 6.5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1000 |
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | 2 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇩ | ⇩ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 |
| B | 2 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 2 4 | 3 5 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 |
| C | 2 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | 14 17 | 21 24 | |
| D | 3 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | 14 17 | 21 24 | ⇧ | ⇧ |
| E | 5 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇧ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | 14 17 | 21 24 | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| F | 8 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇧ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| G | 13 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| H | 20 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| J | 32 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇧ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| K | 50 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| L | 80 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇧ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| M | 125 | ⇩ | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇧ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| N | 200 | ⇩ | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| P | 315 | ⇩ | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| Q | 500 | 0 1 | ⇧ | ⇩ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |
| R | 800 | ⇧ | ⇧ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 13 | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ | ⇧ |

⇩ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals, or exceeds, lot or batch size, do 100% inspection.

⇧ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

† = If the acceptance number has been exceeded, but the rejection number has not been reached, accept the lot, but reinstate normal inspection.

### 6.1.9 Mengulas dan Memperbaiki SOP Perhitungan Material

Pemborosan *waiting* yaitu proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9) dan pemborosan *overprocessing*, yaitu proses tambahan pada proses *bolster assy* akibat terdapat material yang tidak dapat dipasang (W16) disebabkan oleh akar penyebab pemborosan SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik (S21). Untuk mengatasi akar penyebab pemborosan SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik (S21) dapat dilakukan dengan cara mengulas dan memperbaiki SOP. SOP yang akan diperbaiki adalah SOP perhitungan material. Divisi Logistik akan bertanggung jawab untuk memperbaiki SOP perhitungan material.

Untuk SOP perhitungan material hal yang pertama perlu dilakukan adalah melakukan evaluasi terkait akurasi perhitungan material. Kegunaan persediaan berhubungan langsung dengan akurasinya. Berdasarkan catatan inventaris, perusahaan menentukan kebutuhan untuk suatu barang, *release order* berdasarkan ketersediaan material, dan melakukan analisis inventaris. Jika catatan tidak akurat, akan ada kekurangan bahan, jadwal terganggu, pengiriman terlambat, kehilangan penjualan, produktivitas rendah, dan *excess inventory* (dari hal-hal yang salah). Beberapa contoh penyebab kesalahan catatan persediaan adalah:

- Penarikan material tanpa izin
- Ruang penyimpanan tidak aman
- Personel yang kurang terlatih
- Pencatatan transaksi material yang tidak akurat. Kesalahan dapat terjadi karena bagian yang tidak akurat jumlah, transaksi yang tidak tercatat, keterlambatan dalam mencatat transaksi, lokasi material tidak akurat, dan bagian yang salah diidentifikasi.
- Sistem pencatatan transaksi yang buruk. Sebagian besar sistem saat ini berbasis komputer dan dapat menyediakan sarana untuk mencatat transaksi dengan benar. Kesalahan, ketika terjadi, biasanya merupakan kesalahan input manusia ke sistem. Sistem pelaporan dokumentasi harus dirancang untuk mengurangi kemungkinan kesalahan manusia.

- Kurangnya kemampuan audit. Diperlukan beberapa program untuk memverifikasi jumlah dan lokasi inventaris.

Untuk menilai akurasi inventaris, tingkat toleransi untuk setiap bagian harus ditentukan. Untuk beberapa barang, ini mungkin berarti tidak ada perbedaan; untuk yang lain, mungkin sangat sulit atau mahal untuk mengukur dan mengontrol keakuratan 100%. Toleransi adalah jumlah variasi yang diizinkan antara catatan inventaris dan hitungan langsung. Toleransi ditetapkan pada masing-masing item berdasarkan nilai/harga, sifat kritis dari barang tersebut, ketersediaan, *lead time*, kemampuan untuk menghentikan produksi, masalah keamanan, atau kesulitan mendapatkan pengukuran yang tepat

Ada dua metode dasar untuk memeriksa keakuratan catatan inventaris: penghitungan semua item secara periodik (biasanya tahunan) dan siklus (biasanya setiap hari) dari barang-barang tertentu. Penting untuk mengaudit akurasi catatan, tetapi lebih penting untuk mengaudit sistem untuk menemukan penyebab ketidakakuratan catatan dan menghilangkannya. Penghitungan siklus melakukan hal tersebut, sedangkan audit berkala cenderung tidak melakukannya

Berikut ini merupakan cara melakukan audit secara periodik:

1. Hitung item dan catat hitungan pada tiket yang tersisa pada barang.
2. Verifikasikan jumlah ini dengan menghitung ulang atau dengan mengambil sampel.
3. Ketika verifikasi selesai, kumpulkan tiket dan daftarkan barang-barang di setiap departemen.
4. Rekonsiliasi catatan inventaris untuk perbedaan antara hitungan fisik dan nilai uang persediaan. Secara finansial, langkah ini adalah pekerjaan akuntan, tetapi personel materi terlibat dalam menyesuaikan catatan barang untuk mencerminkan apa yang sebenarnya ada di tangan. Jika ada perbedaan besar, hal tersebut harus segera diperiksa.

Cara penghitungan berikutnya adalah perhitungan siklus. Penghitungan siklus adalah sistem penghitungan inventaris secara terus menerus sepanjang tahun. Hitungan inventaris fisik dijadwalkan sehingga setiap item dihitung pada jadwal yang telah ditentukan. Tergantung pada kepentingannya, beberapa barang sering

dihitung sepanjang tahun sedangkan yang lain tidak. Idenya adalah untuk menghitung barang yang dipilih setiap hari. Beberapa cara untuk menetukan frekuensi perhitungan siklus adalah metode ABC, metode zona, dan sistem audit lokasi.

1. Pada metode ABC, bagi inventaris kedalam tiga grup. Grup A Sekitar 20% dari barang menyumbang sekitar 80% dari penggunaan uang, grup B Sekitar 30% dari barang menyumbang sekitar 15% dari penggunaan uang, grup C Sekitar 50% dari barang menyumbang sekitar 5% dari penggunaan uang. Persentase tersebut adalah perkiraan dan tidak perlu dianggap absolut.
2. Pada metode zona, barang dikelompokkan berdasarkan zona untuk membuat penghitungan lebih efisien. Sistem digunakan ketika sistem lokasi tetap digunakan, atau ketika inventaris dalam proses atau transit sedang dihitung.
3. Sistem audit lokasi. Dalam *floating location system*, barang dapat disimpan di mana saja, dan sistem mencatat di mana mereka berada. Karena kesalahan manusia, lokasi ini mungkin tidak 100% benar. Jika material salah tempat, penghitungan siklus normal mungkin tidak menemukannya. Dalam menggunakan audit lokasi, sejumlah lokasi stok yang telah ditentukan diperiksa setiap periode. Nomor-nomor barang di setiap nampan diperiksa terhadap catatan inventaris untuk memverifikasi lokasi titik stok.

   Berikut beberapa kriteria pemilihan waktu perhitungan siklus:

   • Saat pemesanan dilakukan.
   • Ketika pesanan diterima.
   • Ketika catatan persediaan mencapai nol
   • Ketika sejumlah transaksi tertentu telah terjadi
   • Saat terjadi kesalahan

### 6.1.10 Memperbaharui Urutan Proses

Dalam proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek terdapat beberapa kali kesalahan dalam melakukan proses. Ketika terdapat hasil proses yang kurang baik segera dievaluasi dan dibuat urutan proses yang sesuai. Proses yang awalnya dirancang dengan urutan sedemikian rupa ternyata menghasilkan hasil yang

berbeda. Hal tersebut seharusnya dilaporkan oleh operator Divisi Fabrikasi kepada Divisi Teknologi selaku divisi yang merancang proses. Namun hal tersebut seringkali tidak dilakukan baik itu oleh Divisi Fabrikasi untuk melaporkan maupun dari Divisi Teknologi untuk memperbaharui urutan proses. Sebaiknya dalam merancang urutan proses, Divisi Fabrikasi ikut terlibat serta memberi perbaharuan rutin kepada Divisi Teknologi.

## 6.2 Pembentukan *Lean Matrix 2*

Pada *Lean Assessment Matrix* (LAM) 2, pemilihan strategi alternatif perbaikan mempertimbangkan dua hal yaitu tingkat efektivitas dan tingkat kesulitan. Tingkat efektivitas ditinjau dari seberapa besar peranan *waste elimination action* dalam meminimalkan atau mengeliminasi akar penyebab pemborosan yang muncul. Sedangkan tingkat kesulitan ditinjau dari seberapa besar biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. *Lean matrix* 2 dapat dilihat di Lampiran.

### 6.2.1 Penjabaran Komponen *Waste Elimination Action* (WEA)

Setelah mengetahui beberapa alternatif rekomendasi perbaikan yang diusulkan, selanjutnya dilakukan penjabaran dari *waste elimination action* (WEA) yang akan dijadikan komponen dalam penyusunan *lean matrix* 2. Tabel 6.11 merupakan penjabaran dari komponen WEA.

Tabel 6.11 Komponen *Waste Elimination Action* (WEA)

| WEAm | Rekomendasi Perbaikan | Cara untuk mengeliminasi pemborosan |
|---|---|---|
| WEA1 | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan | Menghitung kapasitas masing-masing *workstation* dan membuat sistem penajdwalan yang sesuai dengan sistem produksi INKA |
| WEA2 | Pelatihan | Melakukan *inhouse training* untuk karyawan dan operator PT INKA |
| WEA3 | Investasi mesin las | Membeli mesin las |
| WEA4 | Investasi *forklift* | Membeli *forklift* |
| WEA5 | Evaluasi kinerja *supplier* | Mengevaluasi kinerja *supplier* berdasarkan indikator kinerja |
| WEA6 | Memperbaiki perlindungan material di *central part* | Membangun gudang tertutup dan usulan cara peletakan material (5S) |

Tabel 6.11 Komponen *Waste Elimination Action* (WEA) (lanjutan)

| WEAm | Rekomendasi Perbaikan | Cara untuk mengeliminasi pemborosan |
|---|---|---|
| WEA7 | Melakukan pengukuran kerja *workstation* | *Worksampling* |
| WEA8 | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. | *Statistical Quality Control,* ISO 9000 |
| WEA9 | Memperbaharui urutan proses | Ketika terdapat hasil proses yang kurang baik segera dievaluasi dan dibuat urutan proses yang sesuai |
| WEA10 | Mengulas dan memperbaiki SOP | Melakukan audit akurasi perhitungan material |

### 6.2.2 Penentuan Kriteria Penilaian *Effectiveness of Waste Elimination*

Salah satu komponen dari *lean matrix 2* adalah *effectiveness of waste elimination*. Perhitungan atau penilaian tingkat efektivitas merupakan penilaian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif suatu tindakan perbaikan dilakukan untuk mereduksi pemborosan. Berikut adalah kriteria penilaian tingkat keefektifan tindakan dalam menghilangkan / mengurangi keberadaan sumber akar pemborosan atau *effectiveness of waste elimination* ($E_{mj}$) yang didapatkan dari penelitian Pangesti (2019) yang mengacu pada Pujawan dan Geraldin (2009). Penilaian selanjutnya dilakukan oleh pihak perusahaan, yaitu Manajer Perencanaan Produksi.

Tabel 6.12 Kriteria Penilaian Efektivitas *Waste Elimination Action* dengan Akar Penyebab Pemborosan

| Skala Efektivitas *Waste Elimination Action* dengan Akar Penyebab Pemborosan | | |
|---|---|---|
| 0 | Tidak efektif | *Waste elimination action* tidak dapat digunakan untuk meminimalisir akar penyebab pemborosan |
| 1 | Efektivitas lemah | *Waste elimination action* berperan kecil dalam meminimalisir akar penyebab pemborosan |
| 3 | Efektivitas sedang | *Waste elimination action* berperan dalam meminimalisir akar penyebab pemborosan |
| 9 | Efektivitas Tinggi | *Waste elimination action* berperan besar meminimalisir akar penyebab pemborosan |

Sumber: (Pangesti, 2019)

### 6.2.3 Penentuan Kriteria Penilaian *Degree of Difficulty Performing Action*

Salah satu komponen dari *lean matrix 2* adalah *degree of difficulty performing action*. Derajat kesulitan ini diperlukan untuk mengetahui seberapa sulit perusahaan untuk melakukan beberapa alternatif rekomendasi perbaikan yang telah disusun. Kriteria penilaian derajat kesulitan didiskusikan dengan pihak perusahaan berdasarkan kemampuan finansial perusahaan dan seberapa banyak pihak yang terlibat apabila akan melakukan implementasi dari rekomendasi perbaikan. Pada paper Karningsih et al. (2019), didapatkan derajat kesulitan yang digunakan pada *lean matrix* 2, yaitu angka 3 (sangat mudah), 4 (sedang), dan 5 (sangat sulit). Tabel 6.13 menunjukkan kriteria penilaian *degree of difficulty performing action* (Dm). Penilaian selanjutnya dilakukan oleh pihak perusahaan, yaitu Manajer Perencanaan Produksi

Tabel 6.13 Kriteria Penilaian *Degree of Difficulty Performing Action* (Dm)

| *Degree of Difficulty Performing Action* (Dm) | | | |
|---|---|---|---|
| Nilai | Deskripsi | Biaya | Pihak yang terlibat |
| 3 | Tingkat kesulitan penerapan *waste elimination action* mudah | Penerapan *waste elimination action* membutuhkan biaya < Rp 100.000.000 | Penerapan *waste elimination action* melibatkan 1 divisi |
| 4 | Tingkat kesulitan penerapan *waste elimination action* sedang | Penerapan *waste elimination action* membutuhkan biaya antara Rp 100.000.000 - Rp 300.000.000 | Penerapan *waste elimination action* melibatkan 1 direktorat |
| 5 | Tingkat kesulitan penerapan *waste elimination action* sulit | Penerapan *waste elimination action* membutuhkan biaya > Rp 300.000.000 | Penerapan *waste elimination action* melibatkan 2 direktorat atau lebih |

### 6.2.4 Perhitungan *Total Effectiveness of Waste Elimination Action* ($TE_m$)

Nilai *total effectiveness of waste elimination action* digunakan sebagai patokan dalam melihat seberapa efektif rekomendasi perbaikan yang diformulasi dapat menjawab permasalahan pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. Nilai *total effectiveness of waste elimination action* untuk *waste elimination action* dapat dilihat pada Lampiran *Lean Matrix* 2. Setiap faktor yang terlibat dalam perhitungan

$TE_m$ yaitu nilai *Aggregate Cause Value* akar penyebab pemborosan dari pemborosan kritis yang terpilih dari *lean matrix* 1 serta nilai *effectiveness of waste elimination* ($E_{mj}$). Persamaan yang digunakan adalah $TE_m = \sum ACV_i E_{mj}$

(2.3). Berikut adalah contoh perhitungan $TE_m$ untuk *waste elimination action* WEA4 yaitu investasi *forklift*.

$$TE_m = \sum ACV_i E_{mj}$$

$$TE_m = 105 \; x \; 9$$

$$TE_m = 945$$

*Waste elimination action* investasi *forklift* 945. Jika dibandingkan dengan *waste elimination action* dengan nilai yang lebih tinggi misalnya *waste elimination action* W1, yaitu menghitung kapasitas produksi & rekomendasi penjadwalan dengan nilai 81389, menunjukkan bahwa *waste elimination action* menghitung kapasitas produksi & rekomendasi penjadwalan (WEA1) lebih efektif menyelesaikan permasalahan pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek dibandingkan dengan melakukan investasi *forklift* (WEA4)

### 6.2.5 Perhitungan *Effectiveness to Difficult Ratio* ($ETD_m$)

Setelah didapatkan nilai tingkat efektivitas dan tingkat kesulitan, selanjutnya dilakukan perhitungan rasio antara tingkat efektivitas total dengan tingkat kesulitan atau disebut juga *rffectiveness to difficult ratio* (ETDm). Perhitungan rasio dilakukan untuk menentukan prioritas perbaikan dengan melihat *waste elimination action* yang paling efektif dan tingkat kesulitan dalam penerapan *waste elimination action*. Perhitungan rasio keduanya dilakukan dengan menggunakan persamaaan $ETD_m = \frac{TE_m}{D_m}$ (2.4).

Berikut adalah contoh perhitungan ETDm untuk *waste elimination action* WEA4 yaitu investasi *forklift*

$$ETD_m = \frac{TE_m}{D_m}$$

$$ETD_m = \frac{945}{5}$$

$$ETD_m = 189$$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat dilihat nilai $ETD_m$ untuk rekomendasi perbaikan W14, investasi *forklift* bernilai 189, jika dibandingkan dengan nilai $ETD_m$ rekomendasi perbaikan W1, yaitu menghitung kapasitas produksi & rekomendasi penjadwalan yang memiliki nilai tertinggi yaitu 17597.2 Nilai tersebut menunjukkan *waste elimination action* W1 lebih layak untuk dipertimbangkan sebagai prioritas *waste elimination action* pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. Meskipun W1 memiliki nilai $D_m$ yang tinggi yaitu 5, namun efektifitasnya yang tinggi yaitu 87986. Sehingga W1 menghasilkan nilai $ETD_m$ yang tinggi.

### 6.2.6 Penentuan Peringkat Rekomendasi Perbaikan

Peringkat rekomendasi perbaikan atau *waste elimination action* dibuat berdasarkan nilai $ETD_m$ pada *lean matrix* 2. Nilai $ETD_m$ tertinggi akan menjadi peringkat pertama atau nomor 1 dan nilai $ETD_m$ terendah akan menjadi peringkat paling bawah. Penentuan peringkat bertujuan untuk mengurutkan prioritas yang akan menjadi acuan dalam melakukan pemilihan rekomendasi perbaikan yang akan diimplementasikan. *Waste elimination action* atau rekomendasi perbaikan dengan nilai $ETD_m$ tertinggi akan menjadi rekomendasi perbaikan yang menjadi prioritas untuk diimplementasikan. Perusahaan dapat memilih beberapa rekomendasi perbaikan berdasarkan kemampuan dari perushaan. Berikut adalah peringkat dari rekomendasi perbaikan berdasarkan nilai $ETD_m$.

Tabel 6.14 Peringkat Rekomendasi Perbaikan

| Peringkat WEAm | *Effectiveness to Difficulty Ratio* ($ETD_m$) | *Waste Elimination Action* |
|---|---|---|
| **1** | 17597.2 | Menghitung kapasitas produksi & rekomendasi penjadwalan |
| **2** | 13059.66667 | Evaluasi kinerja *supplier* |
| **3** | 11913 | Mengulas dan memperbaiki SOP perhitungan material |
| **4** | 11742 | Melakukan pengukuran kerja *workstation* |
| **5** | 9510.6 | Pelatihan |
| **6** | 6675.6 | Memperbaiki perlindungan material di *central part* |

Tabel 6.14 Peringkat Rekomendasi Perbaikan (lanjutan)

| Peringkat WEAm | *Effectiveness to Difficulty Ratio* ($ETD_m$) | *Waste Elimination Action* |
|---|---|---|
| **7** | 5292 | Memperbaharui urutan proses |
| **8** | 3309.75 | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. |
| **9** | 236.25 | Investasi mesin las |
| **10** | 189 | Investasi *forklift* |

Berdasarkan hasil penentuan peringkat rekomendasi perbaikan, didapatkan bahwa menghitung kapasitas produksi & rekomendasi penjadwalan ($WEA_1$) menjadi peringkat pertama sebagai prioritas untuk diimplementasikan dalam menjawab permasalahan proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek. $WEA_1$ mampu mengeliminasi akar penyebab pemborosan yaitu kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini (S2), kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing workstation atau fasilitas lainnya (S3) dan metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai (S13). Akar penyebab pemborosan S2, S3 dan S13 merupakan penyebab pemborosan *overproduction* (memproduksi *bogie* LRT ketika part lain yaitu carbody belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan WIP (W6)) dan *waiting* (proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9), *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* (W8)). Apabila rekomendasi perbaikan diimplementasikan, rekomendasi perbaikan diharapkan mampu mengurangi dan mengeliminasi pemborosan tersebut.

Perusahaan dapat mengimplementasikan rekomendasi perbaikan berdasarkan urutan prioritas. Apabila rekomendasi perbaikan telah diimplementasikan, perusahaan dapat menghitung perbedaan *lead time* sebelum dan setelah implementasi. Selain itu perusahaan juga dapat menghitung pengurangan biaya produksi dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal harus dilakukan perbaikan secara terus menerus atau menerapkan konsep *kaizen* atau disebut juga *continuous improvement*. Perbaikan secara terus menerus membutuhkan kontribusi seluruh jajaran perusahaan yang memiliki kemauan untuk terus berbenah menjadi lebih

baik agar setiap perbaikan yang akan dilakukan dapat memberikan dampak secara optimal.

# BAB 7
# KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

## 7.1 Kesimpulan

Pada subbab ini akan menjelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian.

1. Terdapat 8 jenis pemborosan yang terjadi pada proses fabrikasi *bogie* LRT Jabodebek yaitu motion, overproduction, *waiting, defect, excess inventory, unused employee creativity, transportation* dan *overprocessing* dan terdapat 17 sub pemborosan. Pemborosan yang paling kritis ditentukan berdasarkan nilai *aggregate waste number* (AWN) yang paling besar pada *lean matrix* 1. Pemborosan kritis yang didapat adalah pemborosan *waiting,* (proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9), *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* (W8)), pemborosan *overprocessing* (*Rework* pada material *Bolster Assy* karena dimensinya tidak sesuai) dan pemborosan *overproduction* (memproduksi *bogie* LRT ketika part lain yaitu *carbody* belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan antrian WIP)
2. Berdasarkan hasil *root cause analysis,* terdapat 23 akar penyebab pemborosan. Setelah dilakukan perancangan *lean matrix* 1, didapatkan 11 akar penyebab pemborosan kritis kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini (S2), kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya (S3), kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja (S8), mesin sudah tua (S11), perlindungan material di *central part* (penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai (S16*), quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) (S18), pengawasan terhadap supplier kurang baik (S21), metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai (S20), SOP yang

ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik (S23), sistem pengawasan produksi kurang baik (S14) dan urutan proses tidak diperbaharui sesuai proses yang optimal (S13)

3. Berdasarkan hasil penentuan peringkat rekomendasi perbaikan pada *lean matrix* 2, didapatkan bahwa menghitung kapasitas produksi & rekomendasi penjadwalan ($WEA_1$) menjadi peringkat pertama sebagai prioritas untuk diimplementasikan dalam menjawab akar permasalahan kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini (S2), kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas dari masing-masing *workstation* atau fasilitas lainnya (S3) dan metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai (S13). Akar penyebab pemborosan S2, S3 dan S13 merupakan penyebab pemborosan *overproduction* (memproduksi *bogie* LRT ketika part lain yaitu carbody belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan WIP (W6)) dan *waiting* (proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* (W9), *Bolster Assy Bogie* proyek LRT Jabodebek berhenti pada proses *Bolster Assy Bracket* (W8)), sehingga rekomendasi perbaikan dapat mengeliminasi pemborosan *overproduction* dan *waiting*.

## 7.2 Saran

Berikut ini merupakan saran untuk perusahaan maupun penelitian selanjutnya.

### 7.2.1 Saran untuk Perusahaan

Saran yang dapat diberikan pada perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Rekomendasi perbaikan dapat diimplementasikan berdasarkan urutan prioritas pada subbab 6.2.6 dan menyesuaikan dengan kondisi perusahaan.
2. Apabila perusahaan ingin melakukan penelitian sejenis, perusahaan dapat membentuk tim untuk melakukan penelitian dengan anggota tim dari berbagai divisi dan direktorat sehingga hasil penelitian akan semakin baik.
3. Memberikan data terkait biaya untuk estimasi pengurangan biaya produksi sehabis implementasi perbaikan.

### 7.2.2 Saran untuk Penlitian Selanjutnya

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian setelah PT INKA memindahkan sebagian proses produksi di pabrik Banyuwangi.
2. Melakukan diskusi terkait identifikasi pemborosan, analisis akar penyebab pemborosan dan pengisian *lean assessment matrix* dengan beberapa divisi dan direktorat yang terlibat langsung dalam proses produksi.
3. Melakukan implementasi perbaikan dan mengukur perbedaan waktu sebelum dan setelah implementasi perbaikan

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# DAFTAR PUSTAKA


Achmadi. (2019, August 31). *Pengertian Las SMAW Shield Metal Arc Welding Adalah*. Retrieved July 23, 2020, from Pengelasan.net: https://www.pengelasan.net/pengertian-las-listrik-smaw-adalah/

Alfieri, A., Urgo, M., & Tolio, T. (2009). A Project Scheduling Approach To Production Planning with Feeding Precedence Relations. *International Journal of Production Research*, 1-29.

Amstrong, M. (2009). *Armstrong's Handbook of Human Resource Management Practice 11th Edition.* Kogan Page.

Arnold, T., Chapman, S., & Clive, L. (2008). *Introduction to Material Management.* Pearson Education.

Auliandri, T. A., & Alfiani, N. C. (2018). Lean Manufacturing Approach to Reduce Wastefulness During Production of Train Car-body Using Valsat Method. *KnE Social Sciences*, 1256-1269.

Boorse, J. W. (2000). This Is Light Rail Transit. *8th Joint Conference on Light Rail Transit.* Dallas, Texas.

detikcom. (2019, Agustus 21). *Pabrik INKA Penuh, Kereta LRT 'Pindah Rumah' ke Jakarta*. Retrieved from detikfinance: https://finance.detik.com/infrastruktur/d-4675022/pabrik-inka-penuh-kereta-lrt-pindah-rumah-ke-jakarta

Ford Motor Company. (2011). *FMEA Handbook Version 4.2.*

Gregory, I., & Rawling, S. (1997). *Profit From Time.* Great Britain: Macmillan Business.

Hanifati, S. N. (2018). *Analisis Penerapan Lean Manufacturing untuk Meminimasi Waste pada Proses Produksi AC Kereta Api di PT Industri Kereta Api (Persero).* Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

He, N., Zhang, D. Z., & Li, Q. (2014). Agent-based Hierarchical Production Planning and Scheduling in Make-to-Order Manufacturing System. *International Journal of Production Economics, 149*, 117-130.

Herwindo, R. D., Ciptomulyono, U., & Anshori, M. Y. (2017). Implementasi Lean Manufacturing Car Body. *Business and Finance Journal, 2*(2).

Hines, P., & Rich, N. (1997). The Seven Value Stream Mapping Tools. *Lean Enterprise Research Centre, 17*(1), 46-64.

Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean.* Cardiff: Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School.

Indo Asia. (2017, November 20). *Pelatihan Manajemen Produksi dan Operasi*. Retrieved July 22, 2020, from Indo Asia Web site: https://www.indo-asia.com/pelatihan-manajemen-produksi-dan-operasi/

Jaiprakash, B., & Sangwan , K. S. (2014). Lean Manufacturing: Literature Review and Research Issues. *International Journal of Operations & Production Management, 34*(7), 876-940. doi:10.1108/IJOPM-08-2012-0315

Karningsih, P. D., Pangesti, A. T., & Suef, M. (2019). Lean Assessment Matrix: A Proposed Supporting Tool for Lean Manufacturing Implementation. *Annual Conference on Industrial and System Engineering (ACISE) 2019.* IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/598/1/012082

Kurniawan, R., Hasibuan, S., & Nugroho, R. E. (2017). Analisis Kriteria dan Proses Seleksi Kontraktor Chemical Sektor Hulu Migas: Aplikasi Metode Delphi-AHP. *MIX: Jurnal Ilmiah Manajemen, 7*(2), 252 – 266.

Laksono, A. (2010). *Perbaikan Value Stream Pada Proses Produksi Kereta Kelas Ekonomi Dengan Menggunakan Pendekatan Lean Project.* Universitas Sebelas Maret.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the.* McGraw-Hill.

Liliana, L. (2016). A New Model of Ishikawa Diagram for Quality Assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/161/1/012099

Luo, H., Yang, X., & Wang, K. (2019). Synchronized Scheduling of Make to Order Plant and Cross-docking Warehouse. *Computers & Industrial Engineering, 138*, 106108.

Mahto , D., & Kumar, A. (2008). Application of Root Cause Analysis in Improvement of Product Quality and Productivity. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM), 1*(2), 16-53.

Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking Has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design, 83*(6), 662-673.

*Menristek Uji Coba LRT Stasiun Cibubur-Ciracas*. (2019, November 28). Retrieved from INKA: https://www.inka.co.id/berita/764

Modi, D. B., & Thakkar, H. (2014). Lean Thinking: Reduction of Waste, Lead Time, Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 4*(3), 339-344.

Moin, C. J., Iqbal, M. I., Malek, A. B., & Haque, R. (2020). Time-Based Process Mapping for Lead Time Compression in the Apparel Supply Chain: A Case Study. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 5*(1), 96-107.

Montgomery, D. C. (2007). *Introduction to Statistical Quality Control.* John Wiley & Sons.

Okamoto, I. (1998, December). How Bogies Work. *Japan Railway & Transport Review, 18*.

Pangesti, A. T. (2019). *Pengembangan Tool Untuk Penerapan Lean dengan Integrasi Waste Relationship Matrix (WRM) dan House of Risk (HOR).*

Pojasek, R. B. (2000). Asking "Why?" Five Times. *Environmental Quality Management, 10*(1), 79-84.

PT Industri Kereta Api . (2017). *BOC, BOD and Member of Organization*. Retrieved from PT INKA Web site: https://www.inka.co.id/corporation/13

PT Industri Kereta Api (Persero). (2018). *Company Profile PT INKA.* Retrieved from https://www.dropbox.com/sh/wj9lje53umypzbm/AADh1h-C_OLXWJi5AKq08wIqa?dl=1

PT INKA. (2015, March 15). *Mengenal Istilah Bogie Pada Kereta Api (Bag.1)*. Retrieved May 5, 2020, from PT INKA: https://www.inka.co.id/berita/58

Rawabdeh, I. (2005). A Model for The Assessment of Waste in Job Shop Environments. *International Journal of Operations & Production Management, 25*(8), 800-822. doi:10.1108/01443570510608619

Simorangkir, E. (2018, April 10). *Ini Alasan Kereta LRT Jakarta Pakai Buatan Korsel*. Retrieved from detikcom: https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-3963006/ini-alasan-kereta-lrt-jakarta-pakai-buatan-korsel

Syarif, R. M., & Putranto, A. D. (2019). Efisiensi Teknis Alur Produksi Pada PT. Industri Kereta Api Madiun. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur, 6*(4).

Transportation Research Board. (1978). Glossary of Urban Public Transportation Terms. Washington DC.

Verrier, B., Rose, B., & Caillaud, E. (2016). Model, Lean and Green Strategy: The Lean and Green House and Maturity Deployment. *Journal of Cleaner Production, 116*, 150-156.

Wignjosoebroto, S. (2008). *Ergonomi, Studi Gerak & Waktu.* Jakarta: Penerbit Guna Widya.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.* New York: Free Press.

Zidel, T. G. (2006). *A Lean Guide To Transforming Healthcare.* Milwaukee, Winconsin: ASQ Quality Press.

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN A

## KUISIONER HUBUNGAN ANTAR PEMBOROSAN

**Nama Responden:**

**Jabatan:**

**Lama Bekerja:**

Perkenalkan nama Saya Mohammad Zehan Irfanda mahasiswa tingkat akhir Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Saya sedang melakukan riset yang berjudul "**PERBAIKAN PROSES FABRIKASI *BOGIE* PROYEK LRT JABODEBEK PT INKA MENGGUNAKAN *LEAN MANUFACTURING***". Salah satu tujuan utama *Lean Manufacturing* adalah identifikasi dan penghapusan kegiatan-kegiatan yang tidak bernilai tambah. Kegiatan-kegiatan tersebut disebut juga dengan *waste* atau pemborosan. Tujuan dari kuisioner ini adalah untuk mengetahui hubungan antara *waste* atau pemborosan, serta beberapa jenis *waste* atau pemborosan yang memiliki pengaruh terhadap yang lain dan secara simultan dipengaruhi oleh yang lain. Hubungan dari masing-masing *waste* atau pemborosan menunjukkan bahwa semua hubungan antar *waste* tidak memiliki bobot yang sama. Penetapan bobot pada hubungan antar waste didasari oleh kebutuhan untuk mengetahui jenis *waste* mana yang memberikan kontribusi lebih besar pada lantai produksi. Hasil kuisioner akan diolah lebih lanjut dan digunakan untuk kepentingan akademik dan dapat menjadi rujukan PT INKA apabila ingin melakukan perbaikan proses

produksi, khususnya untuk **proses fabrikasi *bogie* dan proyek LRT**. Oleh karena itu, peneliti memohon kesediaan Bapak dan Ibu untuk mengisi kuisioner ini untuk dapat melancarkan proses penelitian. Atas kerjasama dan kesediaan Bapak dan Ibu dalam mengisi kuisioner, saya ucapkan terimakasih.

Nomor Kontak *Whatsapp*: 082140327039
Email: mohzehan173@gmail.com

**Petunjuk pengisian:**

Pengisian dilakukan dengan cara mengisi pertanyaan dengan pilihan jawaban sebagai berikut

| No | Pertanyaan | Pilihan Jawaban | Skor |
|---|---|---|---|
| 1 | Apakah *waste* i mengakibatkan atau menghasilkan *waste* j | a. Selalu | 4 |
| | | b. Kadang-kadang | 2 |
| | | c. Jarang | 0 |
| 2 | Bagaimana hubungan antara *waste* i dan *waste* j | a. Jika i naik, maka j naik | 2 |
| | | b. Jika i naik, maka j tetap | 1 |
| | | c. Tidak tentu, tergantung keadaan | 0 |
| 3 | Dampak *waste* j disebabkan oleh *waste* i | a. Tampak secara langsung dan jelas | 4 |
| | | b. Perlu waktu untuk muncul | 2 |
| | | c. Tidak sering terlihat | 0 |

**Definisi *Waste*:**

***Overproduction*:** Memproduksi barang-barang yang tidak ada pesanan, yang menghasilkan pemborosan seperti kelebihan staf dan penyimpanan dan biaya transportasi karena kelebihan persediaan. Selain itu, ***overproduction*** adalah ketika memproduksi terlalu banyak atau terlalu cepat, menghasilkan arus informasi atau barang yang buruk dan kelebihan persediaan. Contoh: Memproduksi bogie LRT ketika part

lain yaitu *carbody* belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan WIP

***Waiting:*** Pekerja hanya bekerja untuk menonton mesin otomatis atau harus berdiri menunggu langkah proses selanjutnya, alat, pasokan, bagian, dan lain-lain, atau sekadar tidak punya pekerjaan karena kehabisan stok, penundaan pemrosesan banyak, waktu henti peralatan, dan *bottleneck* kapasitas.Contoh: Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang rusak saat pemasangan

***Transportation:*** Membawa pekerjaan dalam proses (WIP) jarak jauh, menciptakan perpindahan yang tidak efisien, atau memindahkan bahan, bagian, atau barang jadi ke dalam atau keluar dari penyimpanan atau di antara proses. Contoh: Keterlambatan perpindahan *Work In Process* (WIP) ke *workstation* selanjutnya

***Overprocessing:*** Mengambil langkah yang tidak dibutuhkan untuk memproses bagian-bagian. Pemrosesan yang tidak efisien karena alat dan desain produk yang buruk, menyebabkan gerakan yang tidak perlu dan menghasilkan cacat. Pemborosan dihasilkan pula ketika menyediakan produk berkualitas lebih tinggi dari yang diperlukan. Contoh: *Sideframe* belum mencapai dimensi yang ditentukan sehingga dilakukan proses tambahan

***Excess Inventory****:* Kelebihan bahan baku, *Work in Process* (WIP), atau barang jadi menyebabkan waktu tunggu yang lebih lama, barang menjadi usang/rusak, biaya transportasi dan penyimpanan, dan keterlambatan. Inventaris tambahan menyembunyikan masalah seperti ketidakseimbangan produksi, keterlambatan pengiriman dari pemasok, cacat, waktu henti peralatan, dan waktu pemasangan yang lama. Contoh: Penumpukkan material atau *part* pada stasiun kerja

***Motion**:* Setiap gerakan karyawan yang sia-sia yang harus dilakukan selama pekerjaan mereka, seperti mencari, meraih, atau menumpuk komponen, peralatan dan lain-lain. Selain itu, berjalan adalah *waste*. *Motion* juga termasuk pergerakan data, keputusan, dan informasi yang berlebihan. Contoh: Posisi kerja operator kurang ergonomis (kurang nyaman).

***Defect**:* Memproduksi bagian yang rusak atau *rework*. Perbaikan atau pengerjaan ulang, *scrap*, memproduksi pengganti, dan inspeksi berarti penanganan, waktu, dan usaha yang sia-sia. Contoh: Terdapat 2 unit *bogie* yang reject. Setelah dicoba diperbaiki tidak lolos uji.

***Unused Employee Creativity:*** Kehilangan waktu, ide, keterampilan, peningkatan, dan peluang belajar dengan tidak melibatkan atau mendengarkan karyawan. Contoh: Kurang berkembangnya kemampuan pekerja dan operator mesin terkait bidangnya masing-masing

## Contoh Pengisian:

| ***Overproduction*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Overproduction*** | | ***Defect*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| Apakah ***Overproduction*** menghasilkan (**pemborosan tujuan**)? | A. Selalu | | | A | | | | |
| | B. Kadang-kadang | | B | | | B | B | B |
| | C. Jarang | C | | | C | | | |

## Harap semua kolom terisi

| ***Overproduction*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Overproduction*** | | ***Defect*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| Apakah ***Overproduction*** menghasilkan (**pemborosan tujuan**)? | A. Selalu | | | | | | | |
| | B. Kadang-kadang | | | | | | | |
| | C. Jarang | | | | | | | |
| Bagaimana jenis hubungan antara ***Overproduction*** dengan (**pemborosan tujuan**)? | A. Jika ***Overproduction*** naik maka (pemborosan tujuan) naik | | | | | | | |
| | B. Jika ***Overproduction*** naik maka (pemborosan tujuan) turun | | | | | | | |
| | C. Tidak tentu tergantung keadaan | | | | | | | |
| Dampak terhadap | A. Tampak secara | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (**pemborosan tujuan**) yang disebabkan oleh ***Overproduction***? | langsung dan jelas | | | | | | | |
| | B. Butuh waktu untuk muncul | | | | | | | |
| | C. Tidak sering muncul | | | | | | | |

Memproduksi barang-barang yang tidak ada pesanan, yang menghasilkan pemborosan seperti kelebihan staf dan penyimpanan dan biaya transportasi karena kelebihan persediaan. Selain itu, ***overproduction*** adalah ketika memproduksi terlalu banyak atau terlalu cepat, menghasilkan arus informasi atau barang yang buruk dan kelebihan persediaan. Contoh: Memproduksi bogie LRT ketika part lain yaitu *carbody* belum siap untuk diproduksi, sehingga menyebabkan WIP

| **Waiting** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Waiting*** | | ***Defect*** | ***Excess Inventory*** | ***Overproduction*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| Apakah ***Waiting*** menghasilkan (**pemborosan tujuan**)? | A. Selalu | | | | | | | |
| | B. Kadang-kadang | | | | | | | |
| | C. Jarang | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bagaimana jenis hubungan antara ***Waiting*** dengan (**pemborosan tujuan**)? | A. Jika ***Waiting*** naik maka (pemborosan tujuan) naik | | | | | | | |
| | B. Jika ***Waiting*** naik maka (pemborosan tujuan) turun | | | | | | | |
| | C. Tidak tentu tergantung keadaan | | | | | | | |
| Dampak terhadap (**pemborosan tujuan**) yang disebabkan oleh ***Waiting***? | A. Tampak secara langsung dan jelas | | | | | | | |
| | B. Butuh waktu untuk muncul | | | | | | | |
| | C. Tidak sering muncul | | | | | | | |

Pekerja hanya bekerja untuk menonton mesin otomatis atau harus berdiri menunggu langkah proses selanjutnya, alat, pasokan, bagian, dan lain-lain, atau sekadar tidak punya pekerjaan karena kehabisan stok, penundaan pemrosesan banyak, waktu henti peralatan, dan *bottleneck* kapasitas.Contoh: Proses berhenti pada proses *Bogie Frame Assy* karena terdapat material yang rusak saat pemasangan

| ***Transportation*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Transportation*** | | ***Overproduction*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Defect*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| Apakah ***Transportation*** menghasilkan (**pemborosan tujuan**)? | A. Selalu | | | | | | | |
| | B. Kadang-kadang | | | | | | | |
| | C. Jarang | | | | | | | |
| Bagaimana jenis hubungan antara ***Transportation*** dengan | A. Jika ***Transportation*** naik maka (pemborosan tujuan) naik | | | | | | | |
| | B. Jika ***Transportation*** naik maka (pemborosan tujuan) turun | | | | | | | |

| ***Transportation*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Transportation*** | | ***Overproduction*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Defect*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| (**pemborosan tujuan**)? | C. Tidak tentu tergantung keadaan | | | | | | | |
| Dampak terhadap (**pemborosan tujuan**) yang disebabkan oleh ***Transportation*** ? | A. Tampak secara langsung dan jelas | | | | | | | |
| | B. Butuh waktu untuk muncul | | | | | | | |
| | C. Tidak sering muncul | | | | | | | |

Membawa pekerjaan dalam proses (WIP) jarak jauh, menciptakan perpindahan yang tidak efisien, atau memindahkan bahan, bagian, atau barang jadi ke dalam atau keluar dari penyimpanan atau di antara proses. Contoh: Keterlambatan perpindahan *Work In Process* (WIP) ke *workstation* selanjutnya

| ***Overprocessing*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Overprocessing*** | | ***Overproduction*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Defect*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| Apakah ***Overprocessing*** menghasilkan (**pemborosan tujuan**)? | A. Selalu | | | | | | | |
| | B. Kadang-kadang | | | | | | | |
| | C. Jarang | | | | | | | |
| Bagaimana jenis hubungan antara ***Overprocessing*** dengan (**pemborosan tujuan**)? | A. Jika ***Overprocessing*** naik maka (pemborosan tujuan) naik | | | | | | | |
| | B. Jika ***Overprocessing*** naik maka (pemborosan tujuan) turun | | | | | | | |
| | C. Tidak tentu tergantung keadaan | | | | | | | |
| Dampak terhadap (**pemborosan tujuan**) yang disebabkan oleh ***Overprocessing*** ? | A. Tampak secara langsung dan jelas | | | | | | | |
| | B. Butuh waktu untuk muncul | | | | | | | |
| | C. Tidak sering muncul | | | | | | | |

Mengambil langkah yang tidak dibutuhkan untuk memproses bagian-bagian. Pemrosesan yang tidak efisien karena alat dan desain produk yang buruk, menyebabkan gerakan yang tidak perlu dan menghasilkan cacat. Pemborosan dihasilkan pula ketika menyediakan produk berkualitas lebih tinggi dari yang diperlukan. Contoh: *Sideframe* belum mencapai dimensi yang ditentukan sehingga dilakukan proses tambahan

| ***Excess Inventory*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Excess Inventory*** | | ***Defect*** | ***Overproduction*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| Apakah ***Excess Inventory*** menghasilkan (**pemborosan tujuan**)? | A. Selalu | | | | | | | |
| | B. Kadang-kadang | | | | | | | |
| | C. Jarang | | | | | | | |
| Bagaimana jenis hubungan antara ***Excess*** | A. Jika ***Excess Inventory*** naik maka (pemborosa | | | | | | | |

| ***Excess Inventory*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Excess Inventory*** | | ***Defect*** | ***Overproduction*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| ***Inventory*** dengan (**pemborosan tujuan**)? | n tujuan) naik | | | | | | | |
| | B. Jika ***Excess Inventory*** naik maka (pemborosan tujuan) turun | | | | | | | |
| | C. Tidak tentu tergantung keadaan | | | | | | | |
| Dampak terhadap (**pemborosan tujuan**) yang disebabkan oleh ***Excess Inventory***? | A. Tampak secara langsung dan jelas | | | | | | | |
| | B. Butuh waktu untuk muncul | | | | | | | |

| ***Excess Inventory*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Excess Inventory*** | | ***Defect*** | ***Overproduction*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| | C. Tidak sering muncul | | | | | | | |

Kelebihan bahan baku, *Work in Process* (WIP), atau barang jadi menyebabkan waktu tunggu yang lebih lama, barang menjadi usang/rusak, biaya transportasi dan penyimpanan, dan keterlambatan. Inventaris tambahan menyembunyikan masalah seperti ketidakseimbangan produksi, keterlambatan pengiriman dari pemasok, cacat, waktu henti peralatan, dan waktu pemasangan yang lama. Contoh: Penumpukkan material atau *part* pada stasiun kerja

| ***Motion*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Motion*** | | ***Overproduction*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Defect*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| Apakah ***Motion*** | A. Selalu | | | | | | | |

| ***Motion*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Motion*** | | ***Overproduction*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Defect*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| menghasilkan (**pemborosan tujuan**) ? | B. Kadang-kadang | | | | | | | |
| | C. Jarang | | | | | | | |
| Bagaimana jenis hubungan antara ***Motion*** dengan (**pemborosan tujuan**)? | A. Jika ***Motion*** naik maka (pemborosan tujuan) naik | | | | | | | |
| | B. Jika ***Motion*** naik maka (pemborosan tujuan) turun | | | | | | | |
| | C. Tidak tentu tergantung keadaan | | | | | | | |
| Dampak terhadap (**pemborosan tujuan**) yang disebabkan oleh ***Motion***? | A. Tampak secara langsung dan jelas | | | | | | | |
| | B. Butuh waktu untuk muncul | | | | | | | |
| | C. Tidak sering muncul | | | | | | | |

Setiap gerakan karyawan yang sia-sia yang harus dilakukan selama pekerjaan mereka, seperti mencari, meraih, atau menumpuk komponen, peralatan dan lain-lain. Selain itu, berjalan adalah *waste*. *Motion* juga termasuk pergerakan data, keputusan, dan informasi yang berlebihan. Contoh: Posisi kerja operator kurang ergonomis (kurang nyaman).

| ***Defect*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pemborosan Sumber** | Jawaban | **Pemborosan Tujuan** | | | | | | |
| ***Defect*** | | ***Overproduction*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Unused Employee Creativity*** |
| Apakah ***Defect*** menghasilkan (pemborosan tujuan)? | A. Selalu | | | | | | | |
| | B. Kadang-kadang | | | | | | | |
| | C. Jarang | | | | | | | |
| Bagaimana jenis hubungan antara ***Defect*** dengan (pemborosan tujuan)? | A. Jika ***Defect*** naik maka (pemborosan tujuan) naik | | | | | | | |
| | B. Jika ***Defect*** naik maka (pemborosan tujuan) turun | | | | | | | |
| | C. Tidak tentu tergantung keadaan | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dampak terhadap (pemborosan tujuan) yang disebabkan oleh ***Defect***? | A. Tampak secara langsung dan jelas | | | | | | | |
| | B. Butuh waktu untuk muncul | | | | | | | |
| | C. Tidak sering muncul | | | | | | | |

Memproduksi bagian yang rusak atau *rework*. Perbaikan atau pengerjaan ulang, *scrap*, memproduksi pengganti, dan inspeksi berarti penanganan, waktu, dan usaha yang sia-sia. Contoh: Terdapat 2 unit *bogie* yang reject. Setelah dicoba diperbaiki tidak lolos uji.

| ***Unused Employee Creativity*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pemborosan Sumber | Jawaban | Pemborosan Tujuan | | | | | | |
| ***Unused Employee Creativity*** | | ***Overproduction*** | ***Excess Inventory*** | ***Waiting*** | ***Motion*** | ***Transportation*** | ***Overprocessing*** | ***Defect*** |
| Apakah ***Unused Employee Creativity*** menghasilkan (pemborosan tujuan) ? | A. Selalu | | | | | | | |
| | B. Kadang-kadang | | | | | | | |
| | C. Jarang | | | | | | | |
| Bagaimana jenis hubungan antara ***Unused Employee Creativity*** dengan (pemborosan tujuan) ? | A. Jika ***Unused Employee Creativity*** naik maka (pemborosan tujuan) naik | | | | | | | |
| | B. Jika **Unused Employee Creativity** naik maka (pemborosan tujuan) turun | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C. Tidak tentu tergantung keadaan | | | | | | | |
| Dampak terhadap (pemborosan tujuan) yang disebabkan oleh ***Unused Employee Creativity***? | A. Tampak secara langsung dan jelas | | | | | | | |
| | B. Butuh waktu untuk muncul | | | | | | | |
| | C. Tidak sering muncul | | | | | | | |

Kehilangan waktu, ide, keterampilan, peningkatan, dan peluang belajar dengan tidak melibatkan atau mendengarkan karyawan. Contoh: Kurang berkembangnya kemampuan pekerja dan operator mesin terkait bidangnya masing-masing

## LAMPIRAN B

## LEAN MATRIX 1

| | | ***Root Source of Waste*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ***Waste Type Weight (WTk)*** | ***Severity level of Waste (Si)*** | ***Aggregate Waste Number (AWN)*** | ***Waste Rank*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Waste Type*** | ***Waste*** | **S1** | **S2** | **S3** | **S4** | **S5** | **S6** | **S7** | **S8** | **S9** | **S10** | **S11** | **S12** | **S13** | **S14** | **S15** | **S16** | **S17** | **S18** | **S19** | **S20** | **S21** | **S22** | **S23** | | | | | |
| ***Motion*** | W1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 9 | 1 | 1 | 9 | 1 | 9 | 3 | 0 | 11 % | 4 | 190.7 | 13 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W 2 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | | 6 | 104.7 | 15 |
| | W 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 5 | 59.4 | 17 |
| | W 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | | 7 | 98.0 | 16 |
| ***Overproduction*** | W 5 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 9 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 1 | 1 | 14 % | 7 | 300.3 | 8 |
| | W 6 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 0 | 0 | 1 | 9 | 9 | 3 | 9 | | 7 | 666.3 | **3** |
| ***Waiting*** | W 7 | 0 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 12 % | 9 | 266.2 | 9 |
| | W 8 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 9 | 0 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 0 | 0 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | | 9 | 862.4 | **2** |
| | W 9 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 9 | 0 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 0 | 0 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | | 10 | 958.2 | **1** |
| ***Defect*** | W 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 9 | 9 | 1 | 9 | 9 | 1 | 0 | 0 | 14 % | 7 | 326.6 | 7 |
| ***Excess Inventory*** | W 11 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 0 | 9 | 3 | 9 | 9 | 3 | 0 | 0 | 1 | 9 | 1 | 9 | 1 | 13 % | 8 | 584.7 | 5 |
| | W 12 | 0 | 3 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | 8 | 197.3 | 12 |
| ***Unused Employee Creativity*** | W 13 | 3 | 9 | 9 | 1 | 9 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 9 | 9 | 0 | 9 | 7% | 5 | 248.7 | 10 |
| ***Transportation*** | W 14 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 | 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 13 % | 6 | 152.6 | 14 |
| ***Overprocessing*** | W 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 16 % | 10 | 227.1 | 11 |
| | W 16 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 9 | 9 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 9 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | | 9 | 632.8 | **4** |
| | W 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | | 8 | 425.6 | 6 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Occurance Level of Root Source of Waste j* (Oi)** | 7 | 9 | 9 | 5 | 7 | 5 | 6 | 5 | 6 | 8 | 3 | 9 | 7 | 8 | 7 | 9 | 7 | 7 | 5 | 9 | 9 | 8 | 9 |
| ***Aggregate Cause Value* (ACV)** | 1526 | 2259 | 2583 | 440 | 1988 | 435 | 1320 | 1575 | 378 | 3448 | 105 | 3843 | 1764 | 2288 | 3115 | 3501 | 1393 | 623 | 970 | 4680 | 4284 | 3544 | 3348 |

# LAMPIRAN C

# LEAN MATRIX 2

| | | *Waste Elimination Action /* Rekomendasi Perbaikan | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waste Type* | *Root Source of Waste* | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan | Pelatihan | Investasi mesin las | Investasi *forklift* | Evaluasi kinerja supplier | Memperbaiki perlindungan material di central part | Melakukan pengukuran kerja *workstation* | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. | Memperbaharui urutan proses | Mengulas dan memperbaiki SOP Perhitungan Material | *Aggregate Cause i* |
| *Overproduction* | Kapasitas produksi belum diperbarui menyesuaikan kondisi terkini | 9 | 1 | | | | | 1 | | | | 2259 |

| | | *Waste Elimination Action* / Rekomendasi Perbaikan | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waste Type* | *Root Source of Waste* | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan | Pelatihan | Investasi mesin las | Investasi *forklift* | Evaluasi kinerja supplier | Memperbaiki perlindungan material di central part | Melakukan pengukuran kerja *workstation* | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. | Memperbaharui urutan proses | Mengulas dan memperbaiki SOP Perhitungan Material | *Aggregate Cause i* |
| *Overproduction & Waiting* | Kapasitas produksi belum mempertimbangkan kapasitas kapasitas dari masing-masing w*orkstation* atau fasilitas lainnya | 9 | 1 | | | | | 1 | | | | 2583 |
| *Waiting & Overprocessing* | Kurangnya kompetensi operator dan atau pekerja | | 9 | | | | | | | | | 1575 |

| | | *Waste Elimination Action* / Rekomendasi Perbaikan | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waste Type* | *Root Source of Waste* | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan | Pelatihan | Investasi mesin las | Investasi *forklift* | Evaluasi kinerja supplier | Memperbaiki perlindungan material di central part | Melakukan pengukuran kerja *workstation* | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. | Memperbaharui urutan proses | Mengulas dan memperbaiki SOP Perhitungan Material | *Aggregate Cause i* |
| | Mesin sudah tua | | | 9 | 9 | | | | | | | 105 |
| *Waiting* | Perlindungan material di *central part* (penyimpanan sementara) belum dilakukan secara memadai | | | | | | 9 | | | | | 3501 |

| | | *Waste Elimination Action* / Rekomendasi Perbaikan | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waste Type* | *Root Source of Waste* | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan | Pelatihan | Investasi mesin las | Investasi *forklift* | Evaluasi kinerja supplier | Memperbaiki perlindungan material di central part | Melakukan pengukuran kerja *workstation* | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. | Memperbaharui urutan proses | Mengulas dan memperbaiki SOP Perhitungan Material | *Aggregate Cause i* |
| | *Quality control* material kurang optimal (ketika material tiba maupun ketika sudah dalam proses produksi) | | | | | 1 | 3 | | 9 | | 9 | 623 |
| | Pengawasan terhadap supplier kurang baik | | 1 | | | 9 | | | 1 | | | 4284 |

| | | *Waste Elimination Action* / Rekomendasi Perbaikan | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waste Type* | *Root Source of Waste* | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan | Pelatihan | Investasi mesin las | Investasi *forklift* | Evaluasi kinerja supplier | Memperbaiki perlindungan material di central part | Melakukan pengukuran kerja *workstation* | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. | Memperbaharui urutan proses | Mengulas dan memperbaiki SOP Perhitungan Material | *Aggregate Cause i* |
| | Metode penjadwalan yang digunakan kurang sesuai | 9 | 3 | | | | | 1 | | | | 4680 |
| *Waiting, Overprocessing* | SOP yang ada kurang baik dan atau kurang diimplementasikan dengan baik | | 1 | | | | | 1 | 1 | | 9 | 3348 |
| *Overprocessing* | Sistem pengawasan produksi kurang baik | 1 | 3 | | | | | 9 | | | | 2288 |

| | | *Waste Elimination Action* / Rekomendasi Perbaikan | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Waste Type* | *Root Source of Waste* | Menghitung Kapasitas Produksi & Rekomendasi Penjadwalan | Pelatihan | Investasi mesin las | Investasi *forklift* | Evaluasi kinerja supplier | Memperbaiki perlindungan material di central part | Melakukan pengukuran kerja *workstation* | Memperbaiki *sistem quality control* perusahaan. | Memperbaharui urutan proses | Mengulas dan memperbaiki SOP Perhitungan Material | *Aggregate Cause i* |
| | Urutan proses tidak diperbaharui sesuai proses yang optimal | | | | | | | 1 | | 9 | | 1764 |
| *Total Effectiveness of Waste Elimination Action m* (Tem) | | 87986 | 47553 | 945 | 945 | 39179 | 33378 | 35226 | 13239 | 15876 | 35739 | |
| *Degree of Difficulty Performing Action* (Dm) | | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | |
| *Effectiveness to Difficulty Ratio* (ETDm) | | 17597.2 | 9510.6 | 236.25 | 189 | 13059.7 | 6675.6 | 11742 | 3309.75 | 5292 | 11913 | |
| *Rank of action priority* | | 1 | 5 | 9 | 10 | 2 | 6 | 4 | 8 | 7 | 3 | |