



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENERAPAN *LEAN SIX SIGMA* UNTUK MEREDUKSI WASTE
DAN PENINGKATAN KUALITAS PADA PROSES PRODUKSI
*BOGIE S2HD-9C***

MUHAMMAD RAMADHAN ASMA
NRP 2512 100 003

Dosen Pembimbing
H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE.
NIP. 196002231985031002

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TI 141501

**LEAN SIX SIGMA IMPLEMENTATION FOR REDUCING
WASTE AND QUALITY IMPROVEMENT OF PRODUCTION
PROCESS BOGIE S2HD-9C**

**MUHAMMAD RAMADHAN ASMA
NRP 2512 100 003**

Supervisor
H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE.
NIP. 196002231985031002

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty Of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 201

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN *LEAN SIX SIGMA* UNTUK MEREDUKSI *WASTE*
DAN PENINGKATAN KUALITAS PADA
PROSES PRODUKSI *BOGIE S2HD-9C***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

MUHAMMAD RAMADHAN ASMA

NRP 2512 100 003

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
Surabaya, Juli 2016



H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE.

NIP. 196002231985031002

(halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENERAPAN LEAN SIX SIGMA UNTUK MEREDUKSI WASTE
DAN PENINGKATAN KUALITAS PADA
PROSES PRODUKSI *BOGIE* S2HD-9C**

Nama : M. Ramadhan Asma
NRP : 2512100003
Jurusan : Teknik Industri - ITS
Pembimbing : Ir. H. Hari Supriyanto, MSIE

ABSTRAK

PT. Barata Indonesia merupakan salah satu BUMN yang bergerak di bidang *metal works* dan *engineering*. Salah satu pelanggan dari PT. Barata yang telah melakukan kerjasama bisnis adalah pihak *Standard Car Truck* (SCT) untuk memesan produk *bogie* jenis S2HD-9C. Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan terkait proses produksi *bogie* S2HD-9C adalah rendahnya kualitas produk (*defect*), rendahnya kapasitas mesin (*waiting*) serta banyaknya frekuensi *rework* yang dilakukan terhadap produk cacat (*excess processing*). Untuk menghadapi permasalahan tersebut PT. Barata Indonesia perlu meningkatkan kinerja produktivitas produksi untuk dapat meningkatkan kualitas dan ketepatan waktu pengiriman produk kepada pelanggan. Penulis mencoba menemukan solusi dari permasalahan ini dengan menggunakan konsep *Lean Six Sigma* untuk memperbaiki kualitas produk *bogie* S2HD-9C. *Tools* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Value Stream Mapping* (VSM) yang digunakan untuk memperoleh gambaran secara jelas tentang aliran fisik dan aliran informasi unit produksi *bogie*, sedangkan untuk mencari akar penyebab permasalahan diterapkan metode *Root Cause Analysis*. Untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) serta mendapatkan alternatif solusi dilakukan metode FMEA dan untuk pemilihan alternatif solusi terbaik digunakan konsep *Value management*.

Sehingga dari hasil penelitian didapatkan bahwa jenis *defect* yang sering terjadi selama proses produksi *bogie* adalah *shrinkage*, *crack*, dan *sand drop*. Dampak lain yang ditimbulkan dari adanya *defect* adalah perlunya dilakukan proses *rework* terhadap produk cacat sehingga terjadinya peningkatan *lead time* produksi. Untuk *waiting waste* paling kritis terjadi akibat adanya *downtime* mesin *induction furnace* dan *arc furnace* akibat padatnya kapasitas penggunaan mesin. Berdasarkan identifikasi terhadap waste kritis, dipilih usulan alternatif perbaikan yaitu pembentukan tim *total productive maintenance* dan penelitian peningkatan kualitas pengecoran komponen *bolster* dan *side frame*. Dimana penerapan alternatif tersebut berpengaruh terhadap kenaikan nilai *sigma* sebesar 0,29% untuk *defect waste*, pengurangan waktu *downtime* mesin produksi sebesar 19,12% dan kenaikan nilai *sigma* sebesar 0,29% untuk *excess processing waste*.

Kata Kunci: *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Lean Six Sigma, Root Cause Analysis (RCA), Value Engineering, Waste*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

APPLICATION OF LEAN SIX *SIGMA* TO REDUCING WASTE AND IMPROVE PRODUCTION QUALITY OF BOGIE S2HD-9C

Student Name : M. Ramadhan Asma
NRP : 2512100003
Departement : Industrial Engineering ITS
Preceptor : Ir. H. Hari Supriyanto, MSIE

ABSTRACT

PT. Barata Indonesia is a BUMN that focused in metal works and engineering segment. One of the client that have done business cooperation for PT.Barata Indonesia's product is SCT to order products bogie types S2HD-9C. Currently, the company focused in improvement to reduce the problems in the production process. This effort is conducted in order the company was able to fulfill customer satisfaction about product quality. The problem that company faced is about the low quality of product (defect), the low capacity of the machine (waiting) and the higher number of frequency rework done on defective products (excess processing). To solve these problems, the company need lean six *sigma* methods which focused to reduce waste and non-value added activity such like defect and waiting. This method is also used to minimize the resources that must be issued by the company for improvements, because by using this method, the problem will be more clear so there is no decision-making errors. This study measures based of framework six *sigma* define, measure, analyze, improvement and control (DMAIC). To identify a problem, we used value stream mapping (VSM), E-waste DOWNTIME and activity classification. As for the search of critical issues used pareto charts, financial analysis, RCA, FMEA and find the best alternative by using value engineering .

As the result of this research, there are founded three critical waste in the production process of bogie S2HD-9C, that three wastes are defect, waiting, and excess processing as well as the root cause of the problem is most critical. Based on these results, three arranged alternatives will be selected by the method of value management. From 3 alternative solutions prepared, we selected 2 alternatives, which are establishment of a team of total productive maintenance, and research to improve the quality of casting components bolster and side frame. Where all of the alternatives are expected to have an impact on the reduced number of defects, waiting time and shorten the lead time.

Key Words : Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Lean Six *Sigma*, Root Cause Analysis (RCA), Value Engineering, Waste

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah atas rahamat dan berkahNya, penulis mendapatkan kelancaran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga diberikan kepada Nabi Muhammad SAW.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk dapat memenuhi persyaratan studi Strata -1 Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama penyusunan Tugas Akhir ini penulis menerima bantuan dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, kelancaran, kesehatan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan Laporan Tugas Akhir sehingga penyusunan berjalan dengan lancar;
2. Orang tua penulis, Marsudi dan Muhartinah, serta adik penulis, Rizky Kahayansyah, yang selalu mendoakan dan mendukung penulis;
3. Bapak H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE selaku dosen pembimbing Penelitian Tugas Akhir yang selama ini memberikan kesempatan berdiskusi, bimbingan dan saran yang membangun sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Industri ITS;
5. Bapak Dr. Adhitya Sudiarno, S.T., M.T., selaku dosen koordinator Tugas Akhir;
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng. Sc selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan bimbingan dan nasihatnya selama penulis menempuh masa studi di Jurusan Teknik Industri ITS;
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng. Sc dan Bapak Ir. Mokh. Suef, M.Sc.(Eng) selaku penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan Tugas Akhir ini;
8. Bapak Ribut Setiawan dan Bapak Hari Santosa dari Divisi Pengecoran PT Barata Indonesia selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan

bantuan, kesempatan berdiskusi dan belajar selama penulis melaksanakan penelitian di perusahaan.

9. Achmad Effendi, Afham Wahyu, dan Kresna Kartika S.P yang selama ini telah menjadi teman bertukar pikiran dan cerita;
10. Wildhan, Arum, Niken, Indah, Yesika, Afham, Astrid, Desriyadi, dan Diyah yang selama ini menjadi teman seperjuangan dan teman berdiskusi selama bimbingan Tugas Akhir;
11. Teman-teman yang berjumlah 28 orang yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang senantiasa memberikan semangat dan hiburan kepada penulis
12. Teman-teman fungsionaris BPH HMTI ITS 14/15 yang setiap saat memberikan dukungan dan memberikan pengalaman berharga kepada penulis selama perkuliahan;
13. Teman-teman angkatan 2012 KAVALERI yang setiap saat saling membantu dan mendukung serta telah menjadi keluarga besar penulis selama di perantauan;
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah berpartisipasi dalam penyusunan tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan. Apabila terdapat kesalahan penulis dalam penyusunan laporan ini, penulis memohon maaf. Penulis terbuka dengan segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi tersusunnya laporan Tugas Akhir yang lebih baik. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2016

Muhammad Ramadhan A H

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.4.1 Manfaat bagi Perusahaan	7
1.4.2 Manfaat bagi Peneliti	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
1.5.1 Batasan	7
1.5.2 Asumsi	8
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Konsep Kualitas	11
2.2 Lean Thinking	12
2.2.1 Definisi <i>Lean</i>	12
2.2.2 <i>Activity Clasification</i>	14
2.2.3 <i>Waste</i>	15
2.3 <i>Six sigma</i>	16
2.3.1 Metodologi <i>Six sigma</i>	17
2.3.2 Lean <i>Six sigma</i>	19

2.5	Operation Process Chart	20
2.6	Value Stream Mapping	22
2.7	Konsep Keandalan	24
2.8	Root Cause Analysis (RCA).....	25
2.9	Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	26
2.10	Value Management	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Tahap Identifikasi Awal.....	30
3.2	Tahap Pengumpulan Data	31
3.3	Tahap <i>Define</i>	32
3.4	Tahap <i>Measure</i>	32
3.5	Tahap <i>Analyze</i>	33
3.6	Tahap <i>Improve</i>	34
3.7	Tahap Kesimpulan dan Saran	35
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		37
4.1	<i>Define</i>	37
4.1.1	Gambaran Umum Perusahaan	37
4.1.2	Gambaran Umum Divisi Pabrik Pengecoran	39
4.1.3	Proses Produksi <i>Bogie</i>	42
4.1.4	Penggambaran <i>Value Stream</i> Perusahaan.....	45
4.1.5	<i>Activity Classification</i>	50
4.1.6	<i>Waste Identification</i>	59
4.2	<i>Measure</i>	65
4.2.1	<i>Waste Measurement</i>	65
4.3	Pemilihan <i>Waste</i> Kritis	77
BAB V ANALISIS DAN PERBAIKAN		79
5.1	<i>Analyze</i>	79
5.1.1	Analisis Akar Penyebab Terjadinya <i>Waste</i> Kritis (<i>Root Cause Analysis</i>)	79
5.1.2	Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	86

5.2	Improvement	101
5.2.1	Alternatif Perbaikan	102
5.2.2	Pemilihan Alternatif Perbaikan	106
5.2.3	Target Perbaikan Alternatif Terpilih	117
5.2.4	Analisis Alternatif Terpilih	118
5.2.5	Evaluasi Proses Produksi <i>Bogie S2HD-9C</i>	123
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		125
6.1	Kesimpulan	125
6.2	Saran	126
DAFTAR PUSTAKA		127
LAMPIRAN		xvii
BIOGRAFI PENULIS		xxix

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jenis Defect dan Biaya <i>Rework Defect</i> Produk Bogie	4
Tabel 1. 2 Informasi Amandemen Kontrak Produk <i>Bogie</i>	5
Tabel 2. 1 Keuntungan Penerapan <i>Lean</i>	13
Tabel 4. 1 <i>Activity Classification</i> Pada Proses Pembuatan Pola Cetakan	50
Tabel 4. 2 <i>Activity Classification</i> Pada Proses Pembuatan <i>Core Box</i>	51
Tabel 4. 3 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Core Making</i>	51
Tabel 4. 4 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Moulding</i>	52
Tabel 4. 5 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Melting</i>	52
Tabel 4. 6 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Pouring</i>	53
Tabel 4. 7 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Shake Out</i>	53
Tabel 4. 8 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Shoot Blast</i>	53
Tabel 4. 9 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Cut Off</i>	54
Tabel 4. 10 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Grinding</i>	54
Tabel 4. 11 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Heat Treatment</i>	54
Tabel 4. 12 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Tempering</i>	55
Tabel 4. 13 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Machining</i>	55
Tabel 4. 14 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Assembly</i>	56
Tabel 4. 15 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Painting</i>	57
Tabel 4. 16 <i>Activity Classification</i> Pada Proses <i>Packaging</i>	57
Tabel 4. 17 Rekap Klasifikasi Aktivitas	58
Tabel 4. 18 Definisi Kelalaian EHS.....	59
Tabel 4. 18 Definisi Kelalaian EHS.....	60
Tabel 4. 19 Jumlah Defect Produksi Bogie S2HD-9C.....	60
Tabel 4. 20 Data Downtime Produksi Bogie	62
Tabel 4. 21 Rekap Pengamatan Kelalaian EHS Ringan	66
Tabel 4. 23 Data Kecelakaan Kerja Tahun 2015	67
Tabel 4. 24 Jenis dan Frekuensi Defect Produk Bogie S2HD-9C	68
Tabel 4. 25 DPMO dan <i>Sigma Level Defect</i>	70
Tabel 4. 26 Biaya <i>Rework Defect</i> CTQ.....	70
Tabel 4. 27 Kerugian Perusahaan Akibat <i>Defect</i>	71

Tabel 4. 28 Data <i>Downtime</i> Mesin Produksi <i>Bogie</i>	72
Tabel 4. 29 DPMO dan <i>Sigma Level</i> Waiting.....	72
Tabel 4. 30 Frekuensi Rework Produk	75
Tabel 4. 31 DPMO dan Nilai <i>Sigma Excess Processing</i>	76
Tabel 4. 32 Biaya <i>Rework</i> Produk	76
Tabel 4. 33 Dampak Finansial yang Ditimbulkan Waste	77
Tabel 5. 1 RCA <i>Defect Waste (Shrinkage)</i>	80
Tabel 5. 2 RCA <i>Defect Waste (Crack)</i>	81
Tabel 5. 3 RCA <i>Defect Waste (Sand Drop)</i>	82
Tabel 5. 4 RCA <i>Waiting Waste</i>	83
Tabel 5. 5 RCA <i>Waiting Waste (lanjutan)</i>	84
Tabel 5. 1 RCA <i>Defect Waste (Shrinkage)</i>	80
Tabel 5. 2 RCA <i>Defect Waste (Crack)</i>	81
Tabel 5. 3 RCA <i>Defect Waste (Sand Drop)</i>	82
Tabel 5. 4 RCA <i>Waiting Waste</i>	83
Tabel 5. 5 RCA <i>Waiting Waste (lanjutan)</i>	84
Tabel 5. 6 RCA <i>Excessive Processing Waste</i>	85
Tabel 5. 7 RCA <i>Excessive Processing Waste (lanjutan)</i>	86
Tabel 5. 8 Kriteria Penilaian <i>Severity</i> Penyebab <i>Defect Waste</i>	87
Tabel 5. 9 Kriteria Penilaian <i>Severity</i> Penyebab <i>Defect Waste (lanjutan)</i>	88
Tabel 5. 10 Kriteria Penilaian <i>Occurence</i> Penyebab <i>Defect Waste</i>	88
Tabel 5. 11 Kriteria Penilaian <i>Detection</i> Penyebab <i>Defect Waste</i>	88
Tabel 5. 12 Kriteria Penilaian <i>Detection</i> Penyebab <i>Defect Waste</i>	89
Tabel 5. 13 FMEA untuk <i>Defect Waste</i> Error! Bookmark not defined.	89
Tabel 5. 14 FMEA untuk <i>Defect Waste (lanjutan)</i>	90
Tabel 5. 15 FMEA untuk <i>Defect Waste (lanjutan)</i>	91
Tabel 5. 16 FMEA untuk <i>Defect Waste (lanjutan)</i>	92
Tabel 5. 17 Kriteria penilaian <i>severity</i> Penyebab <i>Waiting Waste</i>	93
Tabel 5. 18 Kriteria penilaian <i>Occurence</i> Penyebab <i>Waiting Waste</i>	94
Tabel 5. 19 Kriteria penilaian <i>Detection</i> Penyebab <i>Waiting Waste</i>	94
Tabel 5. 20 FMEA untuk <i>Waiting Waste</i>	95
Tabel 5. 21 FMEA untuk <i>Waiting Waste</i>	96

Tabel 5. 22 Kriteria Penilaian <i>Severity</i> Penyebab <i>Excessive Processing Waste</i> ...	97
Tabel 5. 23 Kriteria Penilaian <i>Occurrence</i> Penyebab <i>Excessive Processing Waste</i>	98
Tabel 5. 24 Kriteria Penilaian <i>Detection</i> Penyebab <i>Excessive Processing Waste</i>	98
Tabel 5. 25 Kriteria Penilaian <i>Detection</i> Penyebab <i>Excessive Processing Waste</i>	99
Tabel 5. 26 FMEA untuk <i>Excessive Processing Waste</i>	100
Tabel 5. 27 FMEA untuk <i>Excessive Processing Waste</i>	100
Tabel 5. 28 Langkah Perbaikan untuk Penyebab <i>Defect Waste</i>	101
Tabel 5. 29 Langkah Perbaikan untuk Penyebab <i>Waiting Waste</i>	102
Tabel 5. 30 Langkah Perbaikan untuk Penyebab <i>Excessive Processing Waste</i> ..	102
Tabel 5. 31 Hubungan Penyebab <i>Defect Waste</i> dengan Alternatif Perbaikan	105
Tabel 5. 32 Hubungan Penyebab <i>Waiting Waste</i> dengan Alternatif Perbaikan..	105
Tabel 5. 33 Hubungan Penyebab <i>Excessive Processing</i> dengan Alternatif Perbaikan	106
Tabel 5. 34 Kombinasi Alternatif yang Mungkin Diterapkan di Perusahaan	106
Tabel 5. 35 Kombinasi Alternatif yang Mungkin Diterapkan di Perusahaan	107
Tabel 5. 36 Total Nilai Hasil Kuisisioner Performansi	108
Tabel 5. 37 Biaya Eksisting Perusahaan	109
Tabel 5. 38 Total Biaya Alternatif 1	109
Tabel 5. 39 Waktu Aplikasi Alternatif 2.....	110
Tabel 5. 40 Waktu Aplikasi Alternatif 2 (lanjutan)	111
Tabel 5. 41 Total Biaya Alternatif 2	111
Tabel 5. 42 Biaya Tambahan Material <i>Bolster</i>	112
Tabel 5. 43 Biaya Tambahan Material <i>Side frame</i>	112
Tabel 5. 44 Total Biaya Alternatif 3	113
Tabel 5. 45 Total Biaya Alternatif 1 & 2	113
Tabel 5. 46 Total Biaya Alternatif 1 & 3	114
Tabel 5. 47 Total Biaya Alternatif 2 & 3	114
Tabel 5. 48 Total Biaya Alternatif 1, 2 & 3	115
Tabel 5. 49 Perhitungan <i>Value Engineering</i> Alternatif Perbaikan.....	115

Tabel 5. 50 Nilai performansi alternatif 2&3	117
Tabel 5. 51 Target Peningkatan Performansi	118
Tabel 5. 52 Data Penurunan Jumlah <i>Defect</i>	119
Tabel 5. 53 Perbandingan Nilai Sigma <i>Defect</i> Sesudah <i>Improvement</i>	119
Tabel 5. 54 Waktu Yang Dibutuhkan Untuk <i>Rework</i>	120
Tabel 5. 55 Penurunan Waktu Yang Dibutuhkan Untuk <i>Rework</i>	121
Tabel 5. 56 Perbandingan Nilai Sigma <i>Waiting</i> Sesudah <i>Improvement</i>	122
Tabel 5. 57 Perbandingan Jumlah <i>Rework</i> Setelah <i>Improvement</i>	122
Tabel 5. 58 Perbandingan Nilai Sigma <i>Excessive Processing</i> Sesudah <i>Improvement</i>	123
Tabel 5. 47 Total Biaya Alternatif 2 & 3.....	114
Tabel 5. 48 Total Biaya Alternatif 1, 2 & 3.....	115
Tabel 5. 49 Perhitungan <i>Value Engineering</i> Alternatif Perbaikan	115
Tabel 5. 50 Nilai performansi alternatif 2&3	117
Tabel 5. 51 Target Peningkatan Performansi	118
Tabel 5. 52 Data Penurunan Jumlah <i>Defect</i>	119
Tabel 5. 53 Perbandingan Nilai <i>Sigma Defect</i> Sesudah <i>Improvement</i>	119
Tabel 5. 54 Waktu Yang Dibutuhkan Untuk <i>Rework</i>	120
Tabel 5. 55 Penurunan Waktu Yang Dibutuhkan Untuk <i>Rework</i>	121
Tabel 5. 56 Perbandingan Nilai <i>Sigma Waiting</i> Sesudah <i>Improvement</i>	122
Tabel 5. 57 Perbandingan Jumlah <i>Rework</i> Setelah <i>Improvement</i>	122
Tabel 5. 58 Perbandingan Nilai <i>Sigma Excess Processing</i> Sesudah <i>Improvement</i>	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Persentase Nilai Jual Produk Divisi <i>Foundry</i>	2
Gambar 1.2	Total Produksi <i>Bogie S2HD-9C</i> , dan <i>Defect Rate</i>	3
Gambar 2.1	Contoh Diagram Pareto	20
Gambar 2.2	Contoh <i>Operation Process Chart</i>	22
Gambar 2.3	<i>Value Stream Mapping</i>	23
Gambar 2.4	Simbol <i>Value Stream Mapping</i>	24
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Pelaksanaan Penelitian	33
Gambar 4.1	Struktur Organisasi PT. Barata Indonesia (Persero).....	39
Gambar 4.2	Struktur Organisasi <i>Workshop 1</i> PT. Barata Indonesia (Persero).....	41
Gambar 4.3	Persentase Nilai Jual Produk Divisi <i>Foundry</i>	42
Gambar 4.4	Produk <i>Bogie S2HD-9C</i>	43
Gambar 4.5	<i>Operation Process Chart</i> Produk <i>Bogie S2HD-9C</i>	44
Gambar 4.6	<i>Value Stream Mapping</i> Produksi <i>Bogie S2HD-9C</i>	49
Gambar 4.7	Contoh <i>Defect</i> Komponen <i>Bogie</i>	61
Gambar 4.7	CTQ <i>Defect Bogie S2HD-9C</i>	69

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan dalam laporan penelitian.

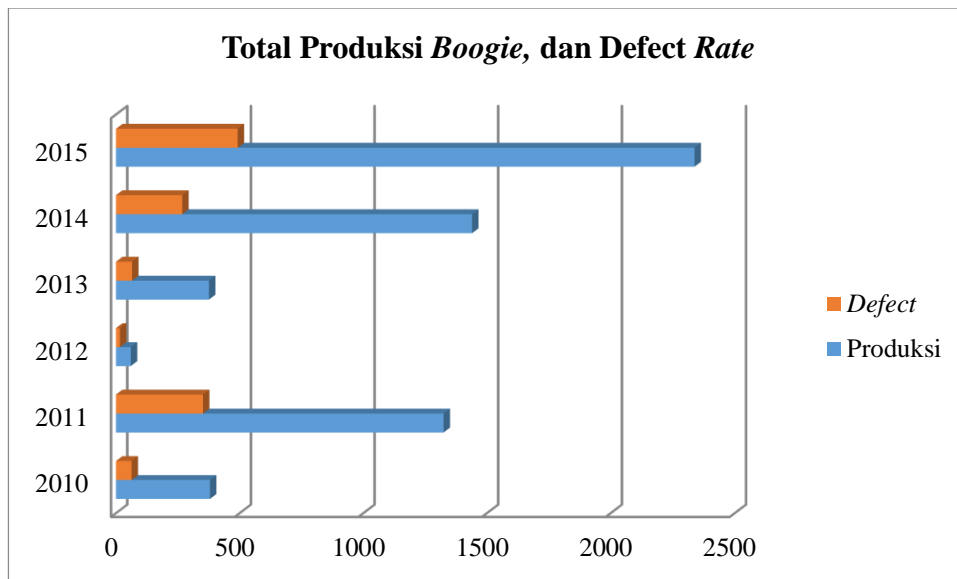
1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor yang terus mengalami perkembangan dari masa ke masa. Perkembangan industri manufaktur yang cukup pesat dapat menjadi salah satu acuan bagi perkembangan negara Indonesia. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa industri manufaktur besar dan sedang di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 5,05% pada triwulan pertama tahun 2015, yaitu periode Januari-Maret 2015. Pada triwulan kedua, periode April-Juni 2015, terjadi peningkatan pertumbuhan industri manufaktur sebesar 5,27%. Pertumbuhan industri manufaktur yang terjadi menyebabkan persaingan antar pelaku industri semakin meningkat sehingga menciptakan kebutuhan mengenai suatu metode *improvement* yang dapat mempertahankan daya saing perusahaan. Metode *improvement* yang diterapkan harus mampu mengatasi permasalahan-permasalahan mengenai kualitas di perusahaan agar produk yang ditawarkan dapat diterima oleh pelanggan (Muthiah & Huang, 2007). Kemampuan perusahaan dalam menciptakan produk unggulan yang memiliki kualitas terbaik menjadi kunci agar perusahaan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan yang merupakan fokus utama dari aktivitas produksi yang dijalankan (Powell, 1995).

PT. Barata Indonesia (Persero) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang *metal works* dan *engineering* yang telah berdiri sejak tahun 1971. PT. Barata Indonesia (Persero) memiliki empat buah *workshop* dengan fungsi yang berbeda. Pada *workshop* 1 dikhususkan untuk proses pengecoran, semua kegiatan pengecoran dilakukan pada *workshop* ini. Kemudian *workshop* 2 digunakan untuk proses permesinan dan secara kondisional tergantung pada proyek

yang sedang dikerjakan sesuai dengan permintaan. *Workshop* 3 dikhususkan untuk pengerjaan proyek konstruksi dengan bahan baku utama pelat baja dan *workshop* 4 digunakan untuk pengerjaan proyek yang diterima khusus dari pabrik gula berupa peralatan penggiling tebu.

Divisi pengecoran (*workshop* 1) merupakan bagian penting dalam proses bisnis yang dijalankan oleh PT. Barata Indonesia. Hal ini disebabkan karena sebagian besar pesanan yang masuk ke perusahaan, beberapa komponennya memerlukan proses pengecoran terlebih dahulu. Beberapa produk yang dihasilkan dari *workshop* 1 meliputi komponen GE/SCT, komponen kereta api, komponen pabrik semen, komponen perkapalan, komponen divisi/UMM, dan komponen pabrik kertas. Produk yang dihasilkan dari *Workshop* 1 yang memiliki nilai jual paling besar selama periode tahun 2015 adalah komponen produk GE/SCT yaitu produk *bogie* S2HD-9C. *Bogie* merupakan salah satu komponen dalam kereta api. Sistem kerja yang dijalankan oleh PT. Barata Indonesia (Persero) adalah *job order*, dimana kepercayaan dari *customer* merupakan aspek penting yang harus dijaga oleh perusahaan agar kerjasama antar keduanya tetap terjaga dengan baik. Untuk dapat tetap meraih keuntungan dan menjalin hubungan yang baik dengan pelanggan, diperlukan perhatian khusus terhadap proses produksi produk *bogie* sehingga penelitian tugas akhir yang akan dilakukan berkaitan dengan produk *bogie* S2HD-9C. Dalam tiga tahun terakhir, produksi *bogie* S2HD-9C semakin meningkat hingga mencapai 2338 unit pesanan. Dalam penelitian proses produksi *bogie* GE/SCT ini, difokuskan pada komponen inti yaitu *side frame*, dan *bolster*. Sedangkan untuk komponen pendukung dikirim oleh *supplier* untuk dilakukan perakitan akhir di PT. Barata Indonesia. Gambar 1.2 menunjukkan jumlah *order* yang diterima oleh perusahaan selama 5 periode dari tahun 2010 hingga tahun 2015.



Gambar 1. 1 Total Produksi Bogie S2HD-9C, dan Defect Rate
(Sumber : PT. Barata Indonesia)

Untuk pembuatan komponen *side frame* dan *bolster*, proses inti yang dilakukan adalah proses pengecoran. Proses pengecoran yang dilakukan di *workshop* 1 untuk produk *bogie* memakan waktu yang cukup lama yakni hingga 51 jam. Pada proses pengecoran, potensi terjadinya *defect* sangat tinggi sehingga dalam hal ini perusahaan memberikan batas toleransi mengenai tingkat *defect* yang terjadi sebagai dasar keputusan untuk dilakukan proses *machining* untuk memperhalus bekas cacat atau dilakukan peleburan kembali. Dalam proses produksi komponen *bolster* tidak hanya dilakukan pengecoran saja, tetapi dilakukan proses permesinan yang terletak di *workshop* 2. Pada proses *shootblast* dan *heat treatment* dilakukan inspeksi terhadap produk sementara untuk memeriksa tingkat kecacatan dari beberapa jenis *Defect* yang sering terjadi seperti *shrinkage*, *crack*, *sand drop* atau *cross joint*. Standar toleransi yang ditetapkan oleh perusahaan untuk komponen yang mengalami cacat *shrinkage* untuk dapat lanjut ke proses berikutnya setelah dilakukan inspeksi yaitu jika cacat *shrinkage* berada dibawah 20%, namun jika *shrinkage* mencapai hingga 75% atau lebih maka komponen tersebut akan dilebur kembali dan dijadikan bahan baku pengecoran untuk membuat ulang komponen yang rusak tersebut. Hal ini tentu akan merugikan perusahaan karena setiap terjadinya kegagalan tersebut akan menambah *lead time*

dari proses produksi dari komponen produk *bogie*. Jenis kecacatan lain adalah terdapat *crack* dan *sand drop* pada produk yang diakibatkan oleh kesalahan proses pengecoran atau diakibatkan oleh pemuaihan dari cetakan yang tidak rata. Untuk menanggulangi terjadinya jenis *defect crack* dan *sand drop*, dilakukan proses gerinda pada produk sementara sebelum dilanjutkan ke proses berikutnya. Jenis kegagalan terakhir pada produk komponen *bogie* adalah ketika terjadi *mismatch/cross joint* dimana sisi antar produk terjadi perbedaan dari spesifikasi yang telah ditetapkan. Hal ini terjadi akibat desain pola cetakan yang tidak sesuai dan terjadinya pergeseran *flask* pada saat penuangan bahan baku. Dampak yang ditimbulkan dari cacat *cross joint* yaitu dilakukannya peleburan kembali produk komponen. Tabel 1.1 berikut merupakan jenis kecacatan yang mungkin terjadi pada proses produksi *bogie* S2HD-9C dan biaya *rework* yang dikeluarkan.

Tabel 1. 1 Jenis Defect dan Biaya *Rework Defect* Produk *Bogie*

<i>Defect</i>	Jenis <i>Rework</i>	Biaya
<i>Shrinkage</i>		
20% - 35%	Las	Rp 2.000.000
36% - 60%	Las	Rp 2.000.000 - Rp 4.000.000
60% - 75%	Las	Rp 4.000.000 - Rp 6.000.000
75% - 99%	Lebur Kembali	Rp 85.000.000
<i>Crack</i>	Las	Rp 2.000.000
<i>Sand Drop</i>	Las	Rp 2.000.000
<i>Cross Joint</i>	Lebur Kembali	Rp 85.000.000

(Sumber : PT. Barata Indonesia)

Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel 1.1 di atas, mengindikasikan bahwa semakin banyak *defect* yang terjadi maka akan semakin memberikan kerugian bagi perusahaan dari segi biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan dan meningkatnya waktu siklus produksi. Pemenuhan kebutuhan *customer*, baik dalam segi kualitas produk dan ketepatan waktu harus dilakukan perusahaan dengan baik agar produk yang dihasilkan diterima oleh *customer* dan memenuhi kesepakatan yang ditetapkan oleh kedua pihak. Permasalahan lain yang terjadi pada PT. Barata Indonesia sebagai dampak dari tingginya *defect rate* adalah *waiting*. *Waiting* yang terjadi disebabkan oleh kerusakan mesin *induction furnace* pada *workshop* 1

dikarenakan setiap ada produk yang melebihi batas toleransi cacat maka memerlukan waktu proses yang cukup lama. Jika terjadi pembuatan ulang terhadap produk *bogie* GE/SCT maka total waktu siklus yang diperlukan mencapai hingga 76 jam. Tingginya waktu siklus tersebut mengakibatkan PT. Barata Indonesia tidak dapat menepati pengiriman produk *bogie* tepat waktu, sehingga dilakukan amandemen kontrak antara pihak PT. Barata Indonesia dengan pihak *Standardd Car Truck* (SCT). Berikut merupakan informasi mengenai amandemen kontrak yang diakibatkan oleh terlambatnya pengiriman produk *bogie*.

Tabel 1. 2 Informasi Amandemen Kontrak Produk Bogie

Kode Kontrak	Jumlah (set)	Jumlah Amandemen	Tahun Kontrak Mulai	Tahun Kontrak Selesai
SCT 0729	60	3	2013	2013
SCT 0775	18	4	2013	2014
SCT 0829	118	7	2014	2014
SCT 0868	60	2	2014	2015
SCT 0934	99	7	2015	2016

(Sumber : PT. Barata Indonesia)

Dari tabel 1.2 di atas dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah pesanan yang diterima oleh PT. Barata Indonesia pada tahun 2015 diikuti dengan banyaknya jumlah amandemen yang dilakukan sebagai akibat adanya *waiting* dalam proses produksi yang berpengaruh terhadap ketepatan waktu pemenuhan pesanan. Tingginya produk *defect* dan *waiting* yang berdampak pada ketidaktepatan waktu pemenuhan pesanan produk *bogie* S2HD-9C mengindikasikan bahwa proses produksi perusahaan masih kurang baik. Untuk mengatasi keberadaan *waste* tersebut, perlu dilakukan identifikasi *waste*, *added value process* dan *non added value process* yang terdapat di divisi pengecoran dengan pendekatan *lean* yang dapat digunakan sebagai metode dan teknik *improvement* yang efektif untuk meningkatkan daya saing perusahaan manufaktur (Pakdil & Leonard, 2014). *Lean* memberikan gambaran spesifik bagi perusahaan untuk fokus terhadap pertumbuhan jangka panjang dengan menciptakan *value* bagi pelanggan dengan tujuan untuk mereduksi biaya, memperbaiki waktu pengiriman dan peningkatan kualitas

produksi dengan mengeliminasi *waste* secara keseluruhan (Wilson, 2010). Berdasarkan pada pemaparan di atas, maka perlu dilakukan penelitian pada sistem produksi Divisi Industri Pengecoran PT. Barata Indonesia dalam upaya *improvement* kualitas dari proses produksi dan produk yang dihasilkan untuk dapat meningkatkan efisiensi dan keuntungan perusahaan. Untuk mendapatkan *improvement* yang dimaksudkan, penelitian dilakukan dengan menerapkan metode *lean six sigma* pada divisi industri *bogie*. Selain itu perlu dilakukan kajian terhadap akar penyebab permasalahan produksi *bogie*, risiko yang timbul dari implementasi metode tersebut dan kajian terhadap *key performance indicator* divisi industri untuk mendukung pengambilan keputusan dalam penentuan langkah *improvement* yang sesuai untuk dilakukan perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka rumusan permasalahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara mereduksi *waste* yang terjadi selama proses produksi *bogie* S2HD-9C serta meningkatkan kualitas proses produksi dengan menerapkan konsep dan metodologi *lean six sigma*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Mengidentifikasi *waste* kritis yang menyebabkan *losses* pada proses produksi di perusahaan setelah adanya implementasi *lean manufacturing*,
2. Mengetahui akar permasalahan yang memicu terjadinya *waste* kritis pada proses produksi *bogie* S2HD-9C,
3. Memberikan alternatif rekomendasi perbaikan pada proses produksi *bogie* S2HD-9C.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi 2 manfaat, yaitu manfaat bagi perusahaan dan manfaat bagi peneliti.

1.4.1 Manfaat bagi Perusahaan

Manfaat yang diperoleh perusahaan dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Perusahaan dapat mengetahui *waste* yang menyebabkan *losses* pada proses produksi *bogie* S2HD-9C,
2. Perusahaan dapat mengevaluasi proses produksi *bogie* S2HD-9C dan mereduksi *waste* yang terjadi ,
3. Perusahaan mendapat rekomendasi perbaikan yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan performansi proses produksi *bogie* S2HD-9C.

1.4.2 Manfaat bagi Peneliti

Manfaat yang diperoleh peneliti dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Peneliti mendapatkan pengetahuan mengenai teori dan praktis dari penerapan lean *six sigma* proses produksi *bogie* S2HD-9C pada perusahaan,
2. Peneliti dapat memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengoptimalkan sistem kerja perusahaan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi 2, yaitu batasan dan asumsi dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Penelitian dilakukan pada Divisi Industri Pengecoran PT. Barata Indonesia (Persero),
2. Penelitian difokuskan pada produk *boogie* S2HD-9C (GE/SCT),
3. Data yang digunakan adalah data primer diskusi dengan narasumber dan data sekunder dari periode 2010 hingga 2015,

4. Penelitian dilakukan dengan menggunakan fase *define*, *measure*, *analysis*, dan *improvement* tanpa fase implementasi langsung dan tanpa *control* pasca implementasi.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain:

1. Tidak terjadi perubahan kebijakan perusahaan selama dilakukan penelitian,
2. Tidak terjadi perubahan yang signifikan pada sistem produksi perusahaan selama dilakukan penelitian,
3. Data yang diambil dapat merepresentasikan kondisi real di lapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan penelitian tugas akhir ini berisi penjelasan ringkas dari masing-masing bagian yang terdapat dalam laporan. Berikut merupakan sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai aspek permasalahan yang terjadi pada objek amatan berupa identifikasi awal *waste* yang terjadi yang menjadi latar belakang dalam pelaksanaan penelitian. Rumusan permasalahan yang terjadi dalam objek amatan dan tujuan yang menjadi fokus pembahasan penelitian akan dijelaskan dalam bab ini. Selain itu bab ini juga berisikan mengenai manfaat yang diperoleh dari pelaksanaan penelitian, batasan, asumsi ruang lingkup dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai landasan yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir, yaitu berupa studi literatur yang membantu peneliti dalam menentukan metode yang sesuai untuk diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini dijelaskan secara detail mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian tugas akhir. Metodologi penelitian ini menggambarkan alur pelaksanaan penelitian dan kerangka berpikir yang digunakan peneliti selama pelaksanaan penelitian. Metodologi penelitian ini meliputi : survei pendahuluan, identifikasi dan perumusan permasalahan, penetapan tujuan, manfaat dan ruang lingkup penelitian, studi literatur, observasi pada objek penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisis dan interpretasi data, penetapan dan pengujian rekomendasi perbaikan, serta penyusunan kesimpulan dan saran dari pelaksanaan penelitian

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan secara sistematis terkait dengan metode pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan di awal. Data-data yang dikumpulkan berupa data primer dan data historis proses produksi *bogie* S2HD-9C.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis dan interpretasi data akan dilakukan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil pelaksanaan penelitian tugas akhir sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai serta saran-saran yang dapat diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai studi literatur yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir yang meliputi Konsep kualitas, *lean thinking*, *six sigma*, *lean six sigma*, *root cause analysis (RCA)*, *operation process chart (OPC)*, *Pareto Chart*, *Value Stream Mapping*, *failure mode and effect analysis (FMEA)* dan *value engineering*.

2.1 Konsep Kualitas

Definisi dari kualitas tergantung pada peranan orang yang mendefinisikannya. Beberapa pakar kualitas mendefinisikan kualitas dengan berbagai interpretasi. Juran (1989), mendefinisikan kualitas secara sederhana sebagai kesesuaian untuk digunakan. Definisi ini mencakup keistimewaan produk yang memenuhi kebutuhan konsumen dan bebas dari defisiensi. Sedangkan Deming berpendapat kualitas adalah mempertemukan kebutuhan dan harapan konsumen secara berkelanjutan berdasarkan atas harga yang telah mereka bayar, dalam hal ini Deming membangun kualitas sebagai suatu sistem (Bhat & Cozzolino, 1993). Berikut adalah definisi kualitas secara umum, antara lain :

1. *Conformance to Specification*

Mengukur seberapa baik produk atau layanan yang ditawarkan untuk memenuhi target dan toleransi yang telah ditentukan oleh produsen. Kesesuaian terhadap spesifikasi tersebut dapat secara langsung diukur, walaupun terkadang tidak perlu secara langsung berhubungan dengan perspektif konsumen mengenai kualitas.

2. *Fitness for Use*

Fokus terhadap seberapa baik produk dapat melakukan fungsinya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditawarkan kepada konsumen.

3. *Value for Price Paid*

Definisi dari kualitas yang sering digunakan oleh pelanggan untuk kegunaan dari produk atau layanan yang ditawarkan. Definisi ini

menghubungkan aspek kegunaan produk atau layanan dengan ekonomi dengan kriteria konsumen.

4. *Support Services*

Definisi ini fokus untuk mengetahui seberapa sering kualitas dari produk atau layanan dinilai. Kualitas tidak hanya berlaku pada produk atau layanan tersebut itu saja, akan tetapi juga berlaku pada orang-orang, proses, dan lingkungan organisasi yang berhubungan.

5. *Psychological Criteria*

Merupakan definisi subyektif yang berfokus terhadap evaluasi penilaian dari kualitas produk atau jasa. Terdapat berbagai macam faktor yang mempengaruhi evaluasi, seperti misalnya jumlah fitur yang ditawarkan dari produk.

Kualitas merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dalam setiap proses produksi. Kualitas produk yang baik akan dihasilkan oleh proses yang terkendali. Pengendalian kualitas adalah salah satu aktivitas yang diterapkan manajemen untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk dan membandingkan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan sehingga dapat diambil tindakan perbaikan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara karakteristik asli produk dengan standar yang telah ditetapkan (Montgomery, 1990). Dengan adanya pengendalian kualitas, diharapkan penyimpangan-penyimpangan yang muncul dari aktivitas produksi dapat dikurangi secara bertahap dan proses dapat diarahkan kepada standar yang telah ditetapkan untuk mencapai peningkatan performansi produksi perusahaan.

2.2 **Lean Thinking**

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai *lean thinking* secara keseluruhan. Definisi *lean, tools* yang digunakan untuk melakukan improvement dengan menggunakan metode *lean manufacturing* dan jenis-jenis *waste*.

2.2.1 **Definisi Lean**

Proses produksi merupakan proses yang dilakukan untuk mengubah material menjadi produk jadi yang memiliki nilai tambah. Proses produksi pada perusahaan dilakukan dalam upaya pemenuhan kebutuhan *customer*. Proses

pemenuhan kebutuhan *customer* (*fulfill order*) ini merupakan satu *core process business* yang dilakukan untuk mencapai tujuan bisnis yang telah ditentukan. Sebagai upaya pemenuhan kebutuhan *customer*, proses produksi harus dilakukan dengan memberikan *value* pada produk yang dihasilkan, dimana *value* tersebut harus sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh *customer* (Khan, 2010). Proses produksi yang efisien menjadi suatu keharusan bagi perusahaan untuk mampu bersaing dan memberikan *value* yang lebih pada produk yang dihasilkan. Atas dasar pemikiran tersebut, muncul konsep *lean* yang pada saat ini mulai banyak diaplikasikan pada sistem produksi perusahaan. *Lean* merupakan sebuah metode dan juga konsep pemikiran yang mempunyai tujuan untuk memaksimalkan *customer value* dengan meminimalkan penggunaan sumber daya yang ada (Womack & Jones, 2003). *Lean* berusaha untuk mengoptimalkan aliran produk di sepanjang aliran *value stream* antara perusahaan hingga ke *customer* (Chen, 2010). Di setiap aliran proses pasti akan terjadi *waste*. Untuk itu, *lean* akan mengeliminasi *waste* yang timbul di sepanjang proses. *Lean* menciptakan proses yang membutuhkan sumber daya lebih sedikit, mulai dari sumber daya manusia, biaya, dan juga waktu proses. (Hines & Taylor, 2000). Berdasarkan buku yang ditulis oleh James Martin yang berjudul “*Lean Six sigma for Supply Chain*” terdapat beberapa keuntungan dalam menerapkan *lean* dalam perusahaan, berikut merupakan keuntungan yang diperoleh dalam penerapan *lean* :

Tabel 2. 1 Keuntungan Penerapan Lean

<i>Process Development</i>	Meningkat 25% - 75%
<i>Labor</i>	Berkurang 15% - 50%
<i>Floor Space</i>	Berkurang 25% - 50%
<i>Error</i>	Berkurang 25% - 90%
<i>Excess Capacity</i>	Berkurang 25% - 75%
<i>Throughput Time</i>	Berkurang 25% - 95%
<i>Delivery Time</i>	Berkurang 25% - 75%

Sumber : (Martin, 2006)

Terdapat lima elemen inti dari *lean manufacturing* yakni *manufacturing flow*, *organization*, *process control*, *metrics*, dan *logistics*. Pengembangan pada kelima elemen tersebut dapat mendukung program penerapan *lean manufacturing*

dan membawa perusahaan menjadi kelas dunia. Berikut merupakan penjelasan dari kelima elemen inti dari *lean manufacturing*.

- *Manufacturing flow*
Segala aspek yang berkaitan dengan perubahan fisik dan pembuatan desain standard yang dikembangkan sebagian dalam *cell manufacturing*.
- *Organization*
Aspek yang berfokus terhadap identifikasi peranan manusia (tenaga kerja, pelatihan dan komunikasi antar bagian perusahaan
- *Process Control*
Aspek yang berhubungan langsung dengan kegiatan *monitoring*, *controlling*, *stabilizing* dan kegiatan yang bertujuan untuk meningkatkan kapabilitas proses.
- *Metrics*
Aspek yang bersifat terukur, pengukuran hasil kinerja produksi, target perbaikan, dan penerapan penghargaan kepada karyawan.
- *Logistics*
Aspek yang berkaitan dengan penyediaan standar aturan operasional dan mekanisme dalam perencanaan dan pengadaan aliran material yang dibutuhkan di rantai produksi.

2.2.2 *Activity Clasification*

Menurut Hines dan Taylor (2000), terdapat tiga klasifikasi aktivitas dalam organisasi yang menjadi fokus utama *lean manufacturing*. Ketiga klasifikasi tersebut antara lain:

1. *Value adding activity*, yaitu aktivitas-aktivitas yang menurut *customer* memberikan kontribusi terbaik terhadap produk yang dihasilkan. Dengan *value adding activity* ini, *customer* akan merasa produk yang dihasilkan lebih bernilai.
2. *Non value adding activity*, yaitu aktivitas-aktivitas yang menurut *customer* tidak memberikan dampak apapun terhadap produk yang

diinginkan *customer*. *Non value adding activity* inilah yang menjadi fokus untuk direduksi pada konsep *lean thinking*.

3. *Necessary non value adding activity*, yaitu aktivitas-aktivitas yang menurut *customer* tidak berdampak apapun pada prosuk yang dihasilkan, tetapi proses-proses tersebut butuh untuk dilakukan.

2.2.3 Waste

Waste didefinisikan sebagai hal-hal yang tidak berguna terhadap produk maupun jasa menurut penilaian *customer* atau perusahaan. Menurut Gazpersz (2006) dalam buku yang berjudul "*Continuous Cost Reduction Through Lean Sigma Approach*", *waste* dikenal dengan istilah *E-DOWNTIME waste*, dimana *waste* tersebut antara lain:

1. ***Environmental, health and safety waste***, yaitu jenis *waste* yang terjadi karena kelalian dalam penerapan prinsip *enviromental, health* dan *safety* yang tidak dijalankan.
2. ***Defect***, yaitu jenis *waste* yang terjadi karena adanya kecacatan atau kegagalan produk. *Waste* berupa *Defect* muncul akibat ketidaksesuaian antara produk dengan spesifikasi yang diinginkan.
3. ***Overproduction***, yaitu jenis *waste* yang terjadi akibat produksi yang berlebih dari kuantitas yang seharusnya atau pada waktu yang belum seharusnya. Adanya *waste* yang berupa *overproduction* ini dapat menyebabkan aliran informasi pergerakan barang rendah dan berakibat pada penambahan *inventory*.
4. ***Waiting***, yaitu jenis *waste* yang terjadi karena adanya aktivitas menunggu dari sebuah proses. Adanya *waste* berupa *waiting* ini mengakibatkan bertambah *lean time* suatu barang.
5. ***Not utilizing employee knowledge, skills and abilities***, yaitu jenis *waste* yang terjadi karena pengetahuan, keterampilan dan kemampuan dari sumber daya manusia yang ada tidak digunakan secara optimal.
6. ***Transportation***, yaitu jenis *waste* yang terjadi karena pergerakan (transportasi) yang berlebihan sepanjang proses *value stream*. Pergerakan berlebih tersebut dapat dilakukan oleh pegawai, data dan

juga material. Sehingga *waste* yang berupa *transportation* ini akan berakibat pada penggunaan biaya, tenaga dan waktu yang tidak efisien.

7. ***Inventory***, yaitu jenis *waste* yang terjadi karena diperlukannya *inventory* tambahan yang diakibatkan oleh *delay* dari produk ataupun *overproduction*. Adanya *waste* yang berupa *inventory* ini berdampak pada penambahan biaya dan pelayanan terhadap *customer* akan menurun.
8. ***Motion***, yaitu jenis *waste* yang terjadi karena kurang teraturnya tempat kerja. *Waste* berupa *motion* diidentifikasi dari adanya pergerakan yang lebih banyak yang dilakukan oleh pegawai. Sehingga dapat mengabaikan kelelahan fisik pada pegawai dan penambahan waktu dan biaya produksi.
9. ***Excess processing***, yaitu jenis *waste* yang terjadi karena diperlukannya penanganan berlebih pada material. *Waste* berupa *excess processing* ini dapat terjadi jika *tools* dan prosedur yang dijalankan tidak sesuai dengan standar.

2.3 **Six sigma**

Six sigma merupakan sebuah *business strategy* yang berusaha untuk mengidentifikasi dan meneliminasi penyebab *error* atau *defect* di dalam proses bisnis dengan memfokuskan pada *output* yang kritis terhadap kepuasan konsumen (Anthony, 2007). Menurut Austin (2006), *six sigma* merupakan sebuah metodologi yang menggunakan berbagai *problem solving tools* untuk memperbaiki performansi perusahaan dengan mengidentifikasi dan mengeliminasi *defect* di dalam desain produk, proses manufaktur, transaksi bisnis, dan proses-proses lain yang terkait dengan perusahaan (Austin, 2006). Berdasarkan pada kedua definisi *six sigma* tersebut, dapat dilihat bahwa *six sigma* merupakan salah satu metodologi yang berfokus pada eliminasi *defect* yang terdapat di perusahaan. Dibandingkan dengan metode kualitatif lainnya, perbedaan dasar dari *six sigma* adalah metode ini dapat diaplikasikan tidak hanya pada kualitas produk, namun dapat diaplikasikan juga pada setiap aspek operasi bisnis dengan cara melakukan *improvement* pada proses

kunci (Yang & El-Haik, 2003). Metodologi ini tergolong efektif untuk digunakan dalam pencapaian *lean manufacturing*.

Implementasi *six sigma* dalam dunia industri tentunya sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor kunci. Menurut Wang (2008), faktor-faktor kunci dalam implementasi *six sigma* tersebut antara lain:

1. Keterlibatan dan komitmen dari pihak manajemen
2. Pemahaman terhadap metodologi, *tools*, dan teknik dari *six sigma*
3. Keterkaitan *six sigma* dengan strategi bisnis perusahaan
4. Keterkaitan *six sigma* dengan keinginan konsumen
5. Proses pemilihan, peninjauan, dan mengikuti proyek
6. Infrastruktur organisasi perusahaan
7. Perubahan budaya internal
8. Kemampuan dalam memajemen proyek perbaikan yang dijalankan
9. Keterkaitan *six sigma* dengan *supplier*
10. Pelatihan *six sigma*

2.3.1 Metodologi Six sigma

Di dalam pelaksanaan *six sigma* terdapat dua model metodologi yaitu DMADV (*define, measure, analyze, design, verify*) dan DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*). DMADV dikembangkan untuk membangun sebuah proses baru di dalam perusahaan, sedangkan DMAIC dikembangkan oleh motorola untuk memperbaiki atau melakukan *improvement* terhadap proses yang sudah ada. Dalam penelitian tugas akhir ini metodologi yang digunakan adalah DMAIC, dengan penjelasan masing-masing tahapan aktivitas sebagai berikut (Gasperz, 2002) :

1. Define Phase

Merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi produk dan atau proses yang akan diperbaiki dengan menetapkan prioritas utama tentang masalah-masalah atau peluang perbaikan kualitas mana yang akan ditangani terlebih dahulu.

2. Measure Phase

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Terdapat 3 hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *measure*, yaitu :

- Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (*critical to quality*) kunci, yaitu atribut-atribut yang berhubungan dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan
- Melakukan pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output* dan/atau *outcome*
- Mengukur kinerja saat ini pada tingkat proses, *output*, atau *outcome*, untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja awal proyek *six sigma*.

3. *Analyze Phase*

Merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap ini beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- Menentukan stabilitas dan kapabilitas kemampuan proses
- Menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *six sigma*.
- Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan
- Melakukan konversi jumlah kegagalan ke dalam biaya kegagalan kualitas (*cost of poor quality*)

4. *Improvement Phase*

Merupakan langkah operasional keempat dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Langkah ini dilakkan setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas telah diidentifikasi. Pada tahap ini ditetapkan suatu rencana tindakan untuk melaksanakan perbaikan kualitas *six sigma*. *Tools* yang dapat digunakan dalam tahap ini adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

5. *Control Phase*

Merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap ini hasil-hasil upaya peningkatan kualitas yang dilakukan didokumentasikan oleh pihak perusahaan, prosedur-prosedur perbaikan yang

dihasilkan disebarluaskan dan dijadikan pedoman kerja standar. Standarisasi tersebut bertujuan untuk mencegah masalah yang sama seperti sebelumnya atau praktek-praktek lama terulang kembali.

2.3.2 Lean Six sigma

Lean six sigma merupakan gabungan dari metodologi *lean* dan *six sigma*. Gabungan dari kedua metodologi ini digunakan untuk dapat melakukan *improvement* terhadap adanya *waste* dan *non value added activity* serta *defect* yang terdapat di perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi perusahaan. *Lean* merupakan metodologi yang berfokus pada identifikasi dan eliminasi *waste* dan *non value added activity* yang terdapat di perusahaan. Sedangkan *six sigma* berfokus pada identifikasi dan eliminasi *defect* yang terdapat di perusahaan. Menurut Sitorus (2011), terdapat lima prinsip utama dalam *lean six sigma*, yaitu :

1. Total kepuasan pelanggan, baik internal maupun eksternal merupakan prioritas utama dalam aplikasi *lean six sigma*
2. Untuk mencapai kepuasan konsumen, maka perusahaan harus memperhatikan biaya perbaikan kualitas (Q), biaya minimum (C), pelayanan prima, pengiriman produk/jasa tepat waktu (D), dan moral yang baik (M)
3. Eliminasi variansi dan *error* yang terdapat pada proses produksi dan fokus terhadap alur proses
4. Data dan fakta adalah hal utama sebagai dasar pengambilan keputusan
5. Setiap orang dalam lingkup *stakeholder* harus mampu dan mau untuk bersama-sama mengimplementasikan *six sigma*.

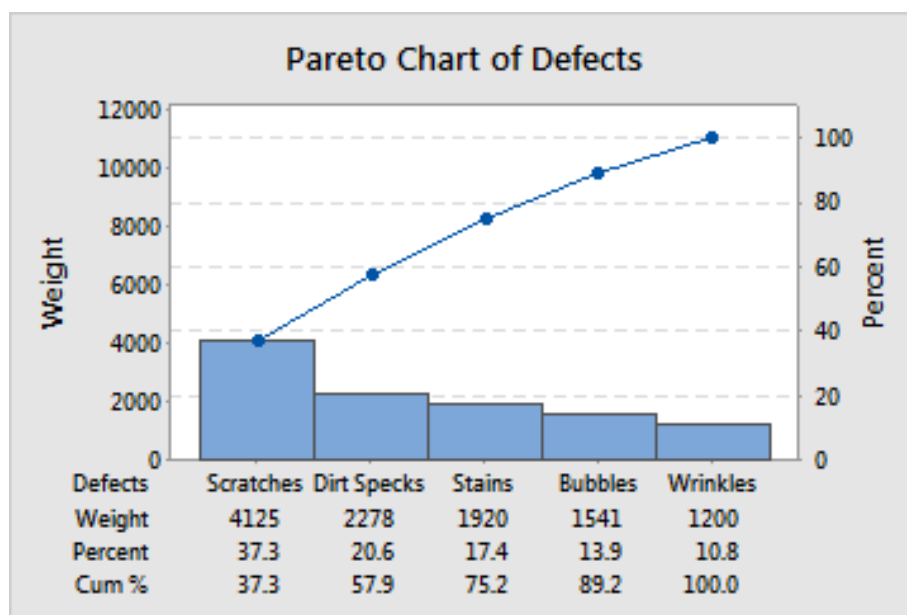
2.4 Pareto Chart

Diagram *pareto* merupakan salah satu *tools* yang sering dijumpai dalam pengembangan kualitas. Diagram *pareto* berfungsi untuk mempermudah proses identifikasi permasalahan yang terjadi, memfokuskan perhatian terhadap permasalahan yang bersifat kritis, menyatakan nilai rasio dari masing-masing persoalan yang ada dan menampilkan nilai kumulatif keseluruhan masalah,

menunjukkan tingkat perbaikan setelah dilakukan tindakan koreksi dan menunjukkan perbandingan masing-masing persoalan sebelum dan sesudah diperbaiki (Wedgwood, 2006). *Pareto* dapat diaplikasikan untuk proses perbaikan dalam berbagai macam permasalahan dalam suatu proses, antara lain (Besterfield, 2009) :

1. Mengatasi permasalahan efisiensi kerja
2. Peningkatan kualitas keselamatan kerja
3. Penghematan material bahan baku, energi, dan lain-lain
4. Perbaikan sistem dan prosedur kerja.

Berikut ini adalah salah satu contoh dari identifikasi permasalahan kritis dari sistem produksi dengan menggunakan *pareto chart*.



Gambar 2. 1 Contoh Diagram *Pareto* (Joshi & Kadam, 2014)

2.5 Operation Process Chart

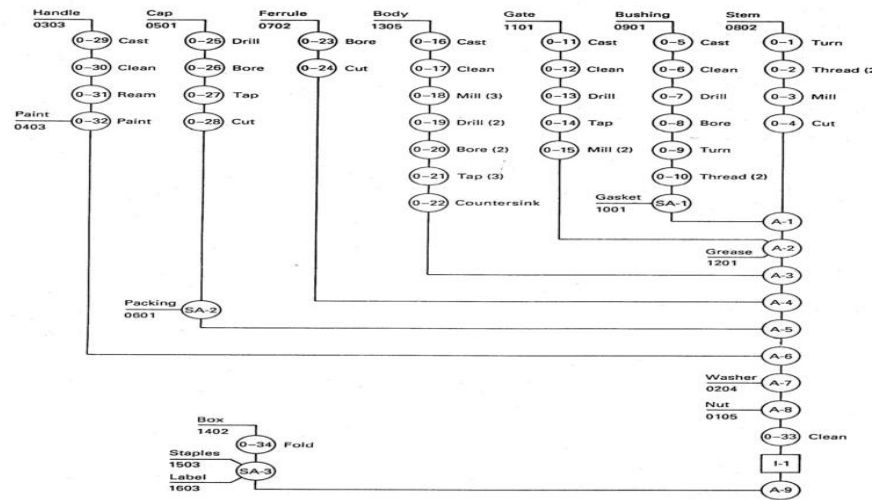
Operation Process Chart (OPC) merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah-langkah proses yang akan dilalui oleh bahan baku mengenai urutan operasi dan pemeriksaan (Sutalaksana, 1979). Urutan operasi dimulai dari awal proses hingga sampai menjadi produk akhir maupun komponen produk. Informasi yang disajikan dalam OPC meliputi waktu yang digunakan dalam proses, material yang digunakan, dan mesin yang digunakan.

Sehingga pada proses peta operasi yang dicatat hanyalah kegiatan-kegiatan operasi, pemeriksaan, dan penyimpanan. Dengan adanya OPC, dapat mempermudah penggambaran peta kegiatan kerja secara sistematis dan terstruktur (Wignjoseobroto, 2006).

Terdapat empat hal penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan OPC menurut Sतालaksana (1979), yaitu :

1. Diperlukan pertimbangan dari setiap alternatif bahan baku yang digunakan sehingga sesuai dengan fungsi, realibilitas, pelayanan dan waktu yang dihabiskan
2. Diperlukan pertimbangan mengenai semua alternatif yang mungkin untuk setiap proses produksi. Perbaikan yang dapat diusulkan misalnya menghilangkan, menggabungkan, merubah, atau menyederhanakan operasi-operasi yang dilakukan
3. Suatu objek telah memenuhi standar kualitas apabila setelah dilakukan perbandingan dengan spesifikasi awal yang ternyata lebih baik atau minimal sama
4. Untuk mempersingkat waktu penyelesaian, perlu dipertimbangkan semua alternatif yang dimungkinkan meliputi metode, peralatan, dan penggunaan perlengkapan-perengkapan khusus.

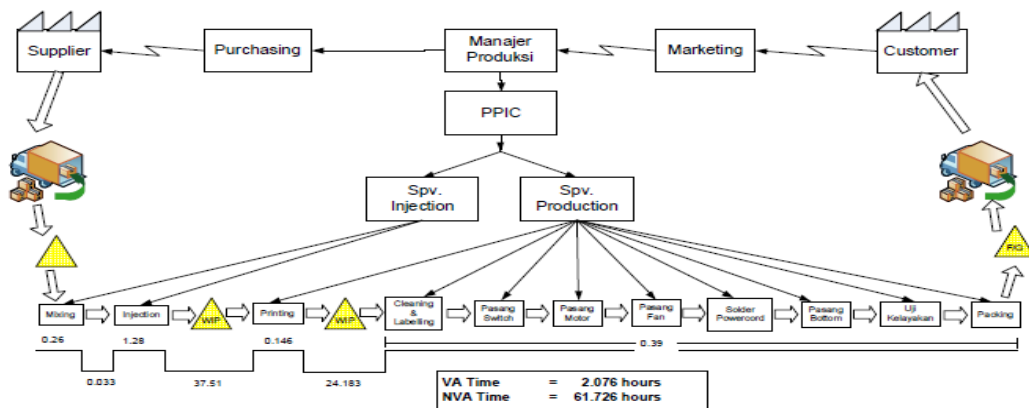
Berikut ini adalah contoh pembuatan *operational process chart* yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Contoh Operation Process Chart (Heragu, 1997)

2.6 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) adalah sebuah *tools* yang digunakan untuk membantu memahami proses aktual untuk memproduksi barang dengan memetakan baik aliran material dan juga aliran informasi dari *supplier* hingga ke konsumen. VSM juga dikenal sebagai *material and information flow mapping*. Pada *value stream mapping* mencoba untuk menghitung rasio dari waktu untuk kegiatan yang menambah nilai (*value added activity*) maupun *non value added activity*, kemudian digunakan untuk mempelajari bagaimana pengembangan *future VSM* dari *current VSM* yang sudah dibuat sebelumnya. Menurut Rother dan Shook (1999) pokok tujuan dari VSM adalah untuk mengidentifikasi semua *waste* pada aliran produksi dan berusaha untuk mengeliminasi *waste* tersebut.



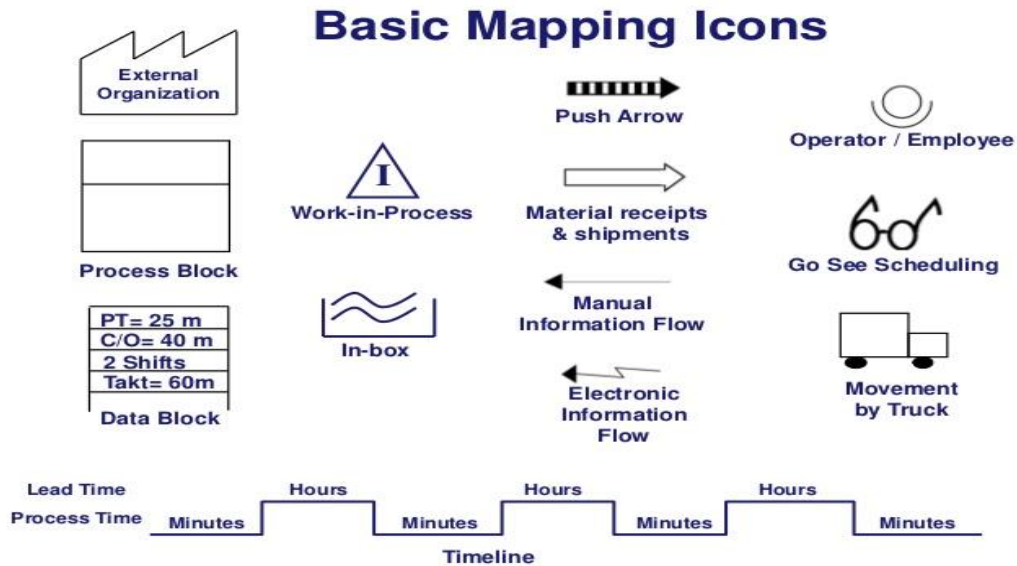
Gambar 2. 3 Value Stream Mapping (Saputra, 2012)

Implementasi VSM harus dapat direncanakan dengan baik dan tentunya dengan mempertimbangkan banyak aspek sehingga dalam pelaksanaannya dapat berjalan sesuai rencana dan memberikan kontribusi positif terhadap perusahaan. Untuk melakukan pemetaan terhadap aliran informasi dan material atau produk secara fisik, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut (Hines & Taylor, 200) :

1. Mengidentifikasi jenis dan jumlah produk yang diinginkan pelanggan, waktu munculnya kebutuhan akan produk, kapasitas, dan frekuensi pengiriman, serta jumlah persediaan yang disimpan untuk keperluan konsumen.
2. Selanjutnya, menggambarkan aliran informasi dari pelanggan ke *supplier* yang berisi peramalan dan informasi pembatalan oleh supply oleh pelanggan, orang atau departemen yang memberi informasi ke perusahaan, berapa lama informasi diproses, informasi apa yang akan disampaikan kepada *supplier* serta pesanan yang diisyaratkan.
3. Menggambarkan aliran fisik berupa material atau produk dalam perusahaan, waktu yang diperlukan titik terjadinya *inventory* dan inspeksi, putaran *rework* waktu siklus setiap titik, berapa banyak unit produk yang diinspeksi setiap titik, waktu penyelesaian operasi, berapa jam perhari setiap stasiun kerja yang beroperasi, dimana *inventory* disimpan dan berapa banyak, serta *bottleneck* yang terjadi sepanjang proses produksi.
4. Menghubungkan aliran informasi dan fisik dengan anak panah yang dapat berisi informasi jadwal yang digunakan, instruksi pengiriman, kapan dan dimana biasanya terjadi dalam aliran fisik.
5. Melengkapi peta atau gambar aliran informasi dan fisik, dilakukan dengan menambahkan durasi proyek dan *value adding time* di bawah peta VSM.

Dalam menerapkan langkah-langkah pembuatan VSM di atas, perlu diperhatikan mengenai proses secara detail agar tidak ada sesuatu yang terlewat

sehingga berdampak terhadap tidak spesifiknya impleentasi perbaikan yang diterapkan nantinya. Gambar 2.2 Menunjukkan mengenai simbol-simbol yang digunakan dalam VSM (Wilson, 2010).



Gambar 2. 4 Simbol Value Stream Mapping (Wilson, 2010)

2.7 Konsep Keandalan

Salah satu tujuan dilakukannya pemeliharaan terhadap fasilitas perusahaan adalah untuk mengatasi terjadinya kegagalan atau *failure* dari system dan meningkatkan keadnalan dari fasilitas tersebut. Menurut Dhillon dan Reiche (1995), *reliability* adalah peluang dari sebuah unit yang dapat bekerja secara normal ketika digunakan untuk kondisi tertentu dan setidaknya bekerja dalam suatu kondisi yang telah ditetapkan. Keandalan sebuah sistem atau komponen dapat didefinisikan sebagai suatu peluang sistem atau komponen dapat berfungsi dengan baik untuk melaukan fungsi tertentu. Berikut ini merupakan rumusan keandalan secara umum:

$$R = P (x = 1) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan : R = *Reliability* (keandalan)

P = Probabilitas (peluang)

Karena x merupakan fungsi waktu, maka R juga fungsi waktu, sehingga didapatkan:

$$R(t) = P(x(t)=1) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana $R(t)$ adalah keandalan peralatan saat t yang sering disebut sebagai fungsi waktu. Sementara menurut Lewis E. (1987) Fungsi keandalan terhadap waktu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \dots \dots \dots (2.3)$$

Konsep keandalan didasarkan pada teori probabilitas dengan tujuan utamanya adalah komponen dapat diandalkan untuk bekerja sesuai dengan fungsinya dengan kemungkinan sukses pada periode tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya

2.8 Root Cause Analysis (RCA)

Menurut Doggett (2005), *Root Cause Analysis* (RCA) merupakan sebuah proses dalam mengidentifikasi dan menentukan akar penyebab dari permasalahan tertentu dengan tujuan untuk membangun dan mengimplementasikan solusi yang akan mencegah terjadinya pengulangan masalah. Selain digunakan untuk mengidentifikasi risiko operasional, RCA juga dapat diaplikasikan untuk memperbaiki proses bisnis. Penyusunan RCA untuk mencari akar penyebab permasalahan dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Rooney & Heuvel, 2004):

1. *Data Collection*

Merupakan tahap dimana dilakukan pengumpulan data dan pemahaman akan data yang dicari akar penyebab dari permasalahan yang ada.

2. *Casual Factor Charting*

Merupakan tahap dimana dilakukan pembuatan suatu diagram urutan dengan tes logika yang menggambarkan kejadian dan penyebab terjadinya kejadian tersebut, serta kondisi sekitar yang mempengaruhi adanya penyebab kejadian tersebut.

3. *Root Cause Identification*

Merupakan tahap dimana dilakukan identifikasi terhadap penyebab mendasar dari adanya permasalahan yang terjadi.

4. *Recommendation Generation and Implementation*

Merupakan tahap dimana dilakukan penyusunan rekomendasi penyelesaian yang dimaksudkan untuk mencegah peristiwa atau permasalahan tidak terulang kembali di masa mendatang.

Tools yang dapat digunakan dalam dalam menyusun suatu RCA, dapat dilakukan dengan menggunakan *fishbone diagram* (Arthur, 2011) dan metode *five whys*. Metode *five whys* merupakan sebuah metode kualitatif yang tidak berbasis data. Meskipun tidak berbasis data, *tools* ini dapat menunjukkan dengan mudah akar penyebab dari suatu permasalahan dengan terus menerus menanyakan penyebabnya hingga lima kali. Wedgewood (2006) mengklasifikasikan ke lima penyebab permasalahan ke dalam beberapa kelas, yakni :

- Why* ke-1 : *Symptom*
- Why* ke-2 : *Excuse*
- Why* ke-3 : *Blame*
- Why* ke 4 : *Cause*
- Why* ke-5 : *Root Cause*

2.9 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode yang sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah permasalahan yang ada di dalam proses sebelumnya permasalahan tersebut terjadi (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 1996). Sedangkan menurut Pyzdek dan Keller (2010), FMEA merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk menggambarkan semua kemungkinan kegagalan yang ada pada sistem, dampaknya kepada sistem (*severity*), kemungkinan terjadinya (*occurence*), serta kemungkinan terdeteksinya kegagalan yang terjadi (*detection*). Tujuan dari penggunaan FMEA dalam melakukan analisis suatu kegagalan didefinisikan oleh Kennedy (1998) sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi proses yang berpotensi terjadi kegagalan

- b. Menemukan dampak dari ragam kegagalan
 - c. Menemukan akar penyebab dari suatu kegagalan
 - d. Memprioritaskan tindakan yang akan diambil sesuai tingkat kegagalan yang ditunjukkan oleh nilai *risk priority number* (RPN)
 - e. Mengidentifikasi dan mendokumentasikan rekomendasi perbaikan
- Menurut Pyzdek dan Keller , penyusunan FMEA dapat dilakukan dengan

langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan sistem atau objek yang akan dianalisis
2. Menggambarkan sistem yang diamati dalam sebuah peta proses
3. Melakukan analisis terhadap *stakeholder* yang mempunyai pengaruh terhadap sistem. Analisis dapat dilakukan dengan menggunakan metode *SIPOC analysis* (*Supplier, Input, Process, Output, dan Customer*)
4. Mendefinisikan fungsi dari setiap bagian proses yang ada
5. Mencari dan menemukan potensi kegagalan yang ada pada setiap fungsi dari bagian
6. Menentukan dampak (*severity*), potensi terjadinya kegagalan (*occurrence*) serta potensi kegagalan terdeteksi (*detection*) untuk setiap kemungkinan kegagalan yang mungkin terjadi
7. Melakukan perhitungan terhadap nilai RPN (*Risk Priority Number*) untuk setiap kemungkinan terjadinya kegagalan pada sistem. Kegagalan yang memiliki nilai RPN tertinggi merupakan kegagalan yang kritis. Perhitungan terhadap nilai RPN dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RPN = Severity (S) \times Occurrence(O) \times Detection(D) \quad (2.1)$$
8. Menentukan penanganan yang tepat untuk setiap kemungkinan kegagalan yang dinyatakan kritis berdasarkan pada nilai RPN
9. Melakukan *update* FMEA apabila perusahaan melakukan perubahan desain atau proses yang diimplementasikan

2.10 Value Management

Value Management merupakan sebuah teknik dalam manajemen menggunakan pendekatan sistematis untuk mencari keseimbangan fungsi terbaik antara biaya, keandalan dan kinerja sebuah proyek (Dell'Isola, 1996). Dalam metode ini dikenal sebuah istilah, yaitu *value*. *Value* ini yang nantinya digunakan sebagai pembanding antar masing-masing alternatif. Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung besarnya *value*.

$$PC_n = \frac{P_n}{P_o} \times PC_o \dots\dots\dots(2.4)$$

$$C_n = C_o + \text{biaya perbaikan} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$V_n = \frac{PC_n}{C_n} \dots\dots\dots(2.6)$$

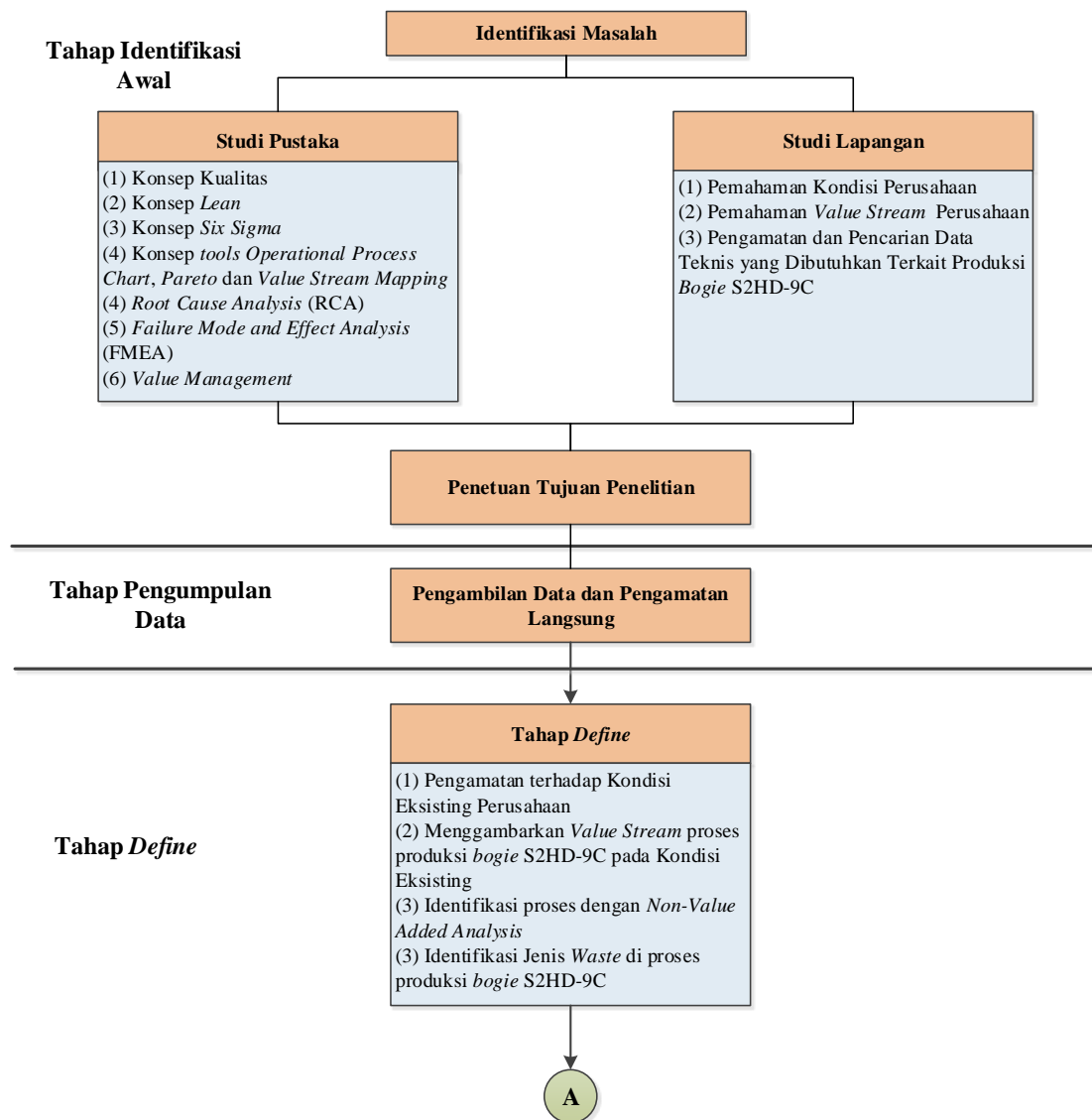
Keterangan :

- PC_n : Biaya Performansi ke-n
- P_n : Performansi ke-n
- P_o : Performansi awal
- C_o : Biaya Awal
- C_n : Biaya ke-n
- V_n : Nilai ke-n

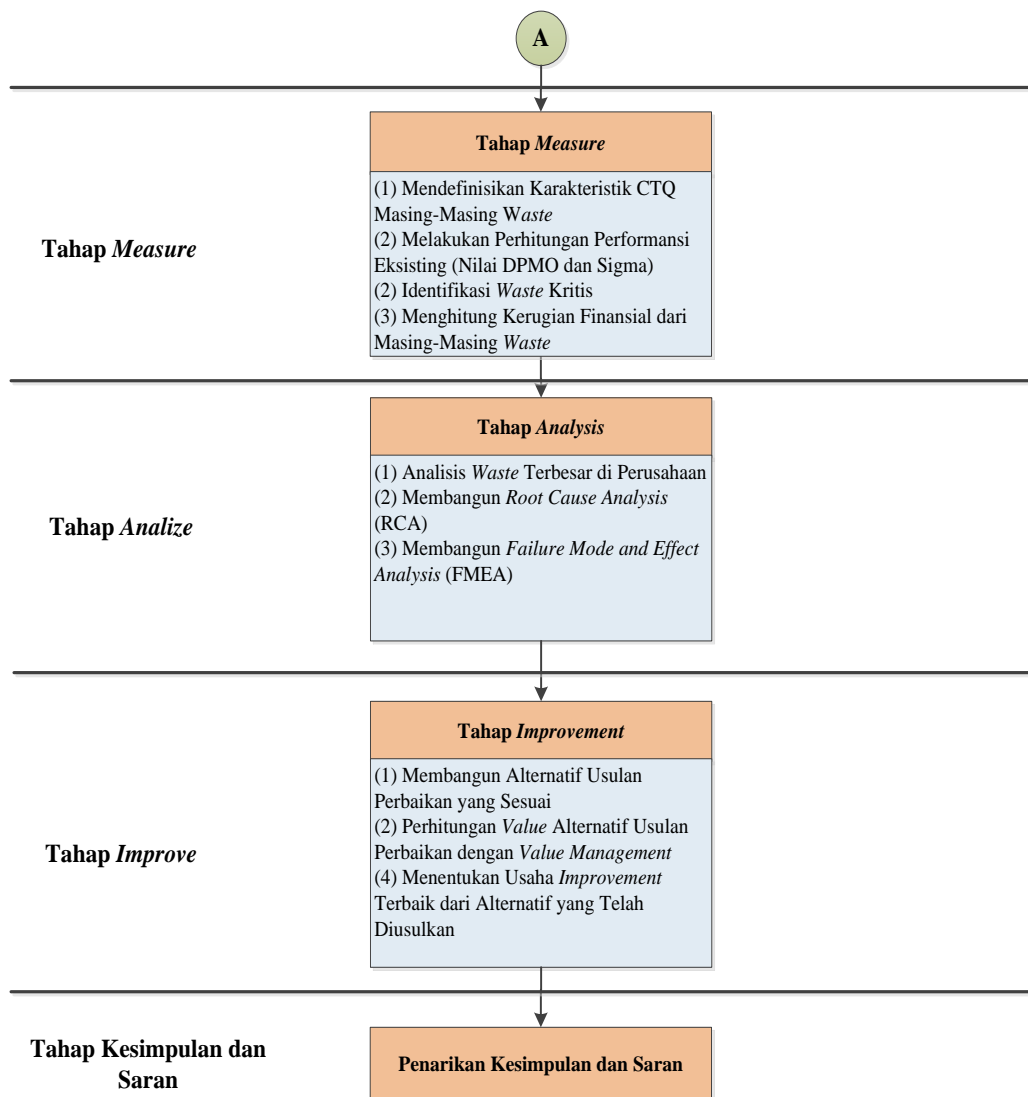
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab Metodologi Penelitian ini akan dijelaskan mengenai alur pelaksanaan penelitian tugas akhir yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian. Metologi penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu tahap identifikasi awal, tahap pengumpulan data, tahap *define*, tahap *measure*, tahap *analyze*, tahap *improve* dan tahap kesimpulan dan saran. Berikut merupakan *flowchart* dari penelitian tugas akhir yang digunakan:



Gambar 3.1 Flowchart Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. 1 Flowchart Pelaksanaan Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Identifikasi Awal

Tahap idnetifikasi awal merupakan tahap yang digunakan pada awal pelaksanaan penelitian. Aktivitas yang dilakukan pada tahap identifikasi awal ini antara lain:

a. Identifikasi Permasalahan

Identifikasi permasalahan dilakukan untuk mengetahui permasalahan apa yang terdapat di lantai produksi di objek amatan yang menjadi fokus penelitian. Identifikasi permasalahan ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung ke objek

amatan dan *brainstorming* dengan tenaga kerja ahli yang terdapat di perusahaan. *Output* yang diharapkan dari aktivitas identifikasi permasalahan ini berupa rumusan permasalahan pada penelitian.

b. Penentuan Tujuan Penelitian

Aktivitas selanjutnya yang dilakukan pada tahap identifikasi awal ini adalah penentuan tujuan dari penelitian. Penentuan tujuan penelitian ini dilakukan berdasarkan pada latar belakang pelaksanaan penelitian dan berorientasi pada kepentingan perusahaan. Penentuan tujuan penelitian ini mengacu pada rumusan permasalahan yang menjadi fokus penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Sehingga penelitian yang dilakukan memiliki arah yang jelas serta tepat sasaran.

c. Studi Literatur

Aktivitas studi literatur dilakukan untuk mendapatkan metode yang sesuai yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat pada penelitian. Teori dan metode yang menjadi studi literatur dalam penelitian diperoleh dari buku, jurnal dan materi-materi perkuliahan yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian.

d. Studi Lapangan

Aktivitas studi lapangan dilakukan untuk mengetahui data-data yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian serta memastikan studi literatur yang digunakan telah sesuai dengan kondisi eksisting dari objek penelitian.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian. Data yang dikumpulkan pada tahap ini adalah data performansi proses produksi *bogie* S2HD-9C pada perusahaan. Data yang diambil pada tahap ini dapat berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dari aktivitas proses produksi *bogie* S2HD-9C dan dengan wawancara dengan *engineer* yang bertanggung jawab

atas data yang bersangkutan. Sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh dari rekapan laporan perusahaan pada bagian yang bersangkutan.

3.3 Tahap *Define*

Tahap ini dilakukan untuk mendefinisikan kondisi eksisting dari perusahaan. Tahap *define* pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Pengamatan terhadap Kondisi Eksisting Perusahaan
Pada tahap ini dilakukan pengamatan secara langsung ke perusahaan untuk mengetahui proses-proses, performansi dari perusahaan, serta pencapaian perusahaan dari aktivitas produksi yang dijalankan.
- b. Menggambar *Value Stream* Perusahaan Kondisi Eksisting
Penggambaran *value stream* perusahaan dilakukan untuk mengetahui aliran proses produksi yang terdapat di divisi pengecoran, baik aliran informasi maupun aliran barang. Sehingga dapat diketahui segala aktivitas yang terjadi sepanjang proses produksi yang terdapat di perusahaan.
- c. Identifikasi Jenis *Waste* di Perusahaan Saat ini
Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap *waste* yang terdapat di rantai produksi. Identifikasi ini perlu dilakukan untuk mengetahui *waste* apa saja yang terdapat di rantai produksi. Sehingga pada penelitian ini dapat dilakukan fokus *waste* yang akan diperbaiki.

3.4 Tahap *Measure*

Tahap *measure* merupakan tahap yang dilakukan untuk melakukan pengukuran dan pengolahan terhadap data yang digunakan. Tahap *measure* terdiri dari:

- a. Melakukan Perhitungan Performansi Eksisting
Perhitungan terhadap performansi eksisting dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting dari perusahaan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui nilai DPMO (*Defect per Million Opportunity*) dan nilai *sigma*. DPMO merupakan salah satu

pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui *error rate* yang terjadi pada proses.

b. Identifikasi *Wastre* Kritis

Identifikasi terhadap *waste* terbesar dilakukan untuk mengetahui *waste* yang berpengaruh besar pada *losses* yang terjadi di perusahaan. Identifikasi *waste* ini dilakukan berdasarkan pada nilai DPMO, dan nilai *sigma*.

3.5 Tahap *Analyze*

Tahap analisis pada penelitian ini meliputi:

a. Analisis *Waste* Terbesar

Hasil identifikasi terhadap *waste* terbesar yang telah dilakukan sebelumnya memberikan gambaran terkait *waste* yang menyebabkan terjadinya *losses* pada perusahaan. *Waste* ini akan dianalisis lebih mendalam sehingga dapat dilakukan *improvement* untuk meminimasi *waste* tersebut.

b. Membangun *Root Cause Analysis* (RCA)

Penyusunan *root cause analysis* dilakukan untuk mengetahui akar penyebab dari masing-masing *waste* yang terdapat di perusahaan. Penyusunan *root cause analysis* ini dilakukan dengan menggunakan metode *5 whys*, dimana dengan metode tersebut akan diperoleh akar penyebab terjadinya *waste* yang paling dasar. Hasil dari *root cause analysis* ini akan menjadi input pada penyusunan *improvement* yang akan digunakan untuk meminimasi *waste* dan meningkatkan efisiensi dan produktivitas perusahaan.

c. Membangun *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Penyusunan *failure mode and effect analysis* (FMEA) dilakukan untuk mengetahui mode kegagalan dari *waste* dan dampak apa saja yang dapat diakibatkan dari adanya *waste* tersebut. Hal ini diperlukan agar perusahaan dapat mengantisipasi adanya risiko yang disebabkan adanya *waste* pada rantai produksi.

3.6 Tahap *Improve*

Pada tahap *improve* ini akan dilakukan *improvement* terhadap performansi dari perusahaan berdasarkan pada hasil analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya. Tahap *improve* ini terdiri dari:

a. Membangun Alternatif Usulan Perbaikan yang Sesuai

Tahap pertama yang dilakukan untuk meningkatkan performansi dari perusahaan, baik dari segi efisiensi maupun dari segi produktivitas dilakukan dengan menyusun beberapa alternatif usulan perbaikan. Alternatif usulan perbaikan ini diperoleh dari hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Alternatif usulan perbaikan dilakukan dari setiap akar penyebab terjadi *waste* dan risiko yang diakibatkan dari adanya *waste*. Sehingga alternatif perbaikan yang diusulkan pada akhirnya dapat mengoptimalkan performansi dari perusahaan.

b. Perhitungan *Value Management* Alternatif Usulan Perbaikan dengan *Value Engineering*

Value Engineering merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan pengujian terhadap alternatif solusi yang diusulkan. Metode ini berfokus terhadap *value* yang dihasilkan dari masing-masing alternatif solusi perbaikan. Sehingga alternatif perbaikan terbaik merupakan alternatif perbaikan yang memiliki *value* terbesar.

c. Menentukan Usulan *Improvement* Terbaik dari Alternatif yang Telah Diusulkan

Usulan *improvement* terbaik merupakan kombinasi dari kedua metode perbandingan alternatif perbaikan yang diusulkan. Alternatif perbaikan terbaik kemudian akan dianalisis kontribusinya terhadap perusahaan, baik dalam bentuk efisiensi maupun produktivitasnya terhadap perusahaan di masa mendatang. Untuk memastikan usulan *improvement* terbaik menguntungkan perusahaan, akan dilakukan perbandingan performansi perusahaan kondisi eksisting dengan kondisi setelah dilakukan perbaikan.

3.7 Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada penelitian ini adalah tahap kesimpulan dan saran. Kesimpulan dilakukan berdasarkan pada tujuan penelitian yang telah ditentukan di awal. Sedangkan saran dilakukan untuk dapat memperbaiki penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi uraian tentang hal-hal yang berkaitan dengan proses pengumpulan data yang diperoleh, dilanjutkan dengan proses pengolahan data. Metode yang digunakan pada bab 4 adalah metodologi *lean six sigma* yang telah dijelaskan pada bab 3 yakni fase *define* dan fase *measure*.

4.1 Define

Define merupakan tahapan awal pada metodologi *six sigma* yang digunakan dalam mengidentifikasi berbagai permasalahan yang akan diselesaikan. Pada fase ini akan dijelaskan mengenai permasalahan yang dijadikan sebagai amatan untuk tahap *improve*.

4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Barata Indonesia (Persero) merupakan salah satu industri manufaktur di Indonesia yang berada dalam naungan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang beroperasi sejak tahun 1971 dengan nama PT. Barata Metalworks & Engineering. PT. Barata Indonesia awalnya berlokasi di Kota Surabaya, yaitu tepatnya di Jalan Ngagel No. 109 dengan luas tanah sebesar 6,7 Ha. Namun, karena adanya tuntutan perkembangan zaman dan pertimbangan pengembangan bisnis di kemudian hari, perusahaan melakukan relokasi ke tempat yang lebih luas dan memudahkan alur transportasi perusahaan. Untuk itu pada tahun 2005 PT. Barata Indonesia melakukan relokasi ke Kota Gresik yang bertempat di Jalan Veteran No. 241 dengan luas lahan sebesar 22 Ha.

Sebagai salah satu industri yang terus berkembang, PT. Barata Indonesia (Persero) menetapkan visi, misi, dan tujuan yang merupakan pondasi dalam penetapan kebijakan perusahaan. Visi dari PT. Barata Indonesia (Persero) adalah : “PT. Barata Indonesia (Persero) menjadi perusahaan *Foundry, Metalworks* dan *Engineering, Procurment & Construction* (EPC) yang tangguh”

Sedangkan misi yang dimiliki oleh PT. Barata Indonesia (Persero) antara lain :

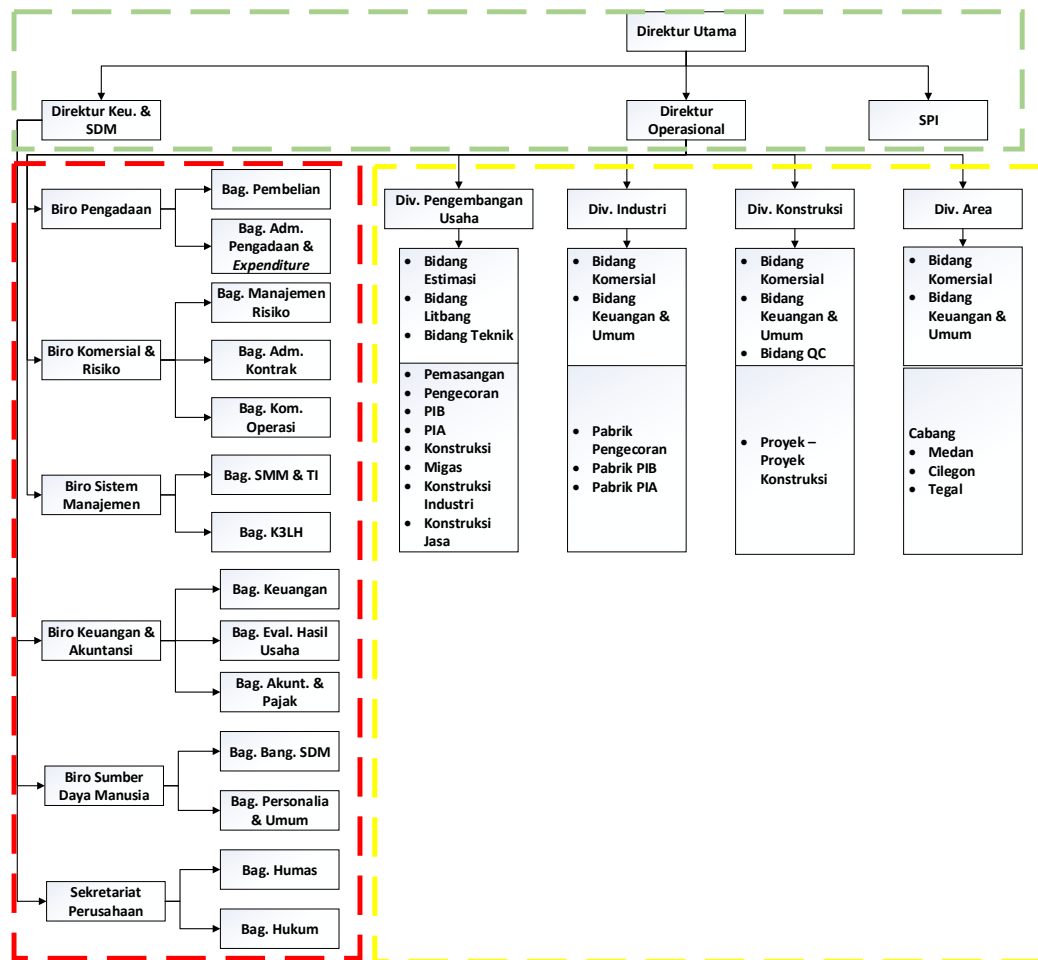
1. Melakukan kegiatan usaha *Foundry* dan *Metal Works* peralatan industri dan komponen untuk bidang Agro, Oil & Gas, *Power Plant* dan Pengairan dengan mengoptimalkan sumber daya, sehingga memberikan nilai tambah bagi karyawan, pemesan, pemegang saham dan *stakeholder* lainnya.
2. Melakukan kegiatan usaha *engineering, procurement & construction* untuk bidang Industri Agro, Industri Migas (*Tankage*) dan Industri Pembangkit Tenaga Listrik.

Berikut ini merupakan tujuan yang ingin dicapai oleh PT. Barata Indonesia (Persero) sebagai salah satu perusahaan BUMN yang terdapat di Indonesia:

1. Mendukung kemandirian dan kemajuan Industri Nasional,
2. Memberikan produk dan layanan yang berkualitas kepada pemesan dalam rangka menciptakan nilai yang prima,
3. Menghasilkan keuntungan bagi pemegang saham,
4. Menciptakan kesejahteraan, peningkatan kualitas dan kepuasan kerja karyawan.

PT. Barata Indonesia (Persero) yang berlokasi di Jalan Veteran 241, Gresik merupakan perusahaan induk dari PT. Barata, dimana hingga saat ini PT. Barata memiliki 3 cabang perusahaan yang dikenal dengan istilah SUB. Ketiga SUB tersebut meliputi SUB Tegal, SUB Cilegon, dan SUB Medan. Gambar 4.1 berikut menunjukkan struktur organisasi yang digunakan sebagai hirarki perusahaan dalam menjalankan sistem bisnis. Struktur organisasi yang digunakan oleh PT. Barata Indonesia (Persero) dapat diklasifikasikan berdasarkan *framework* CIMOSA. Klasifikasi tersebut meliputi *manage process, core process* dan *support process*. *Manage process* pada bagian struktur organisasi perusahaan merupakan level strategis dari perusahaan yang terdiri dari direktur utama, direktur keuangan & sumber daya manusia, direktur operasi dan SPI (Sistem Pengawasan Industri). *Manage process* pada PT. Barata Indonesia (Persero) merupakan bagian yang bertanggungjawab terhadap kebijakan perusahaan dan pencapaian visi dan misi perusahaan. Bagian struktur organisasi yang merupakan *core process* dari perusahaan adalah bagian industri yang bertanggungjawab terhadap pelaksanaan aktivitas operasional atau produksi di perusahaan. *Core process* pada PT. Barata Indonesia (Persero) diemban oleh divisi industri, yang meliputi divisi industri,

divisi konstruksi dan divisi area. Sedangkan *support process* pada PT. Barata Indonesia (Persero) dipegang oleh bagian pendukung jalannya aktivitas operasional perusahaan. *Support process* pada bagan struktur organisasi tersebut meliputi biro pengadaan, biro komersial & risiko, biro sistem manajemen, biro keuangan & akuntansi, biro sumber daya manusia, dan sekretariat perusahaan. Gambar 4.1 Berikut merupakan Struktur Organisasi PT. Barata Indonesia.



Gambar 4. 1 Struktur Organisasi PT. Barata Indonesia (Persero)

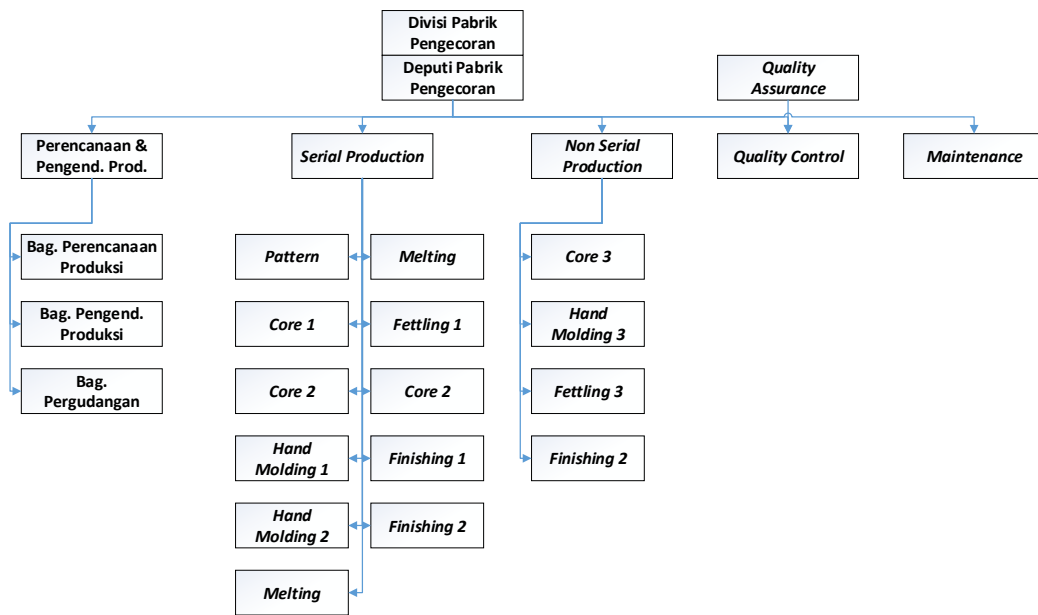
4.1.2 Gambaran Umum Divisi Pabrik Pengecoran

Divisi Produksi Pengecoran atau yang dikenal dengan *workshop* 1 adalah salah satu divisi yang dimiliki oleh PT. Barata Indonesia dan sebagian besar produk yang dihasilkan adalah produk yang dihasilkan dari proses pengecoran. Pada proses

produksinya, *workshop* 1 ini memiliki area kerja yang masing-masing area memiliki fungsi tersendiri yaitu :

- Area Peleburan / *Melting*, area ini memiliki tiga jenis dapur peleburan, yaitu dapur *Arc Furnace*, *Induction Furnace*, dan *Reheating Furnace*. Dapur *Arc Furnace* memiliki dua dapur berkapasitas 6 ton, sedangkan dapur *induction furnace* memiliki 4 (empat) buah dapur, dimana 2 (dua) dapur berkapasitas 2 ton dan 1 (satu) dapur masing-masing berkapasitas 1,5 ton dan 10 ton.
- Area Pembuatan inti/*core*, area ini digunakan untuk pembuatan inti yang sesuai dengan gambar kerja produk
- Area pembuatan cetakan, cetakan dibuat dapat secara manual dan menggunakan mesin. Cetakan dibuat secara manual dengan tenaga manusia untuk produk yang berdimensi besar, sedangkan cetakan yang dibuat dengan menggunakan mesin Shinto (otomatis) dan mesin dan mesin semi otomatis (mesin UG).
- Area laboratorium, digunakan untuk melakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan terdiri dari mikrostruktur, komposisi kimia, *mechanical properties*, dan *breaking test*.
- Area penyelesaian/*finishing* yang terdiri dari proses *grinding*, *shoot blast*, dan pengamatan cacat secara visual oleh operator.
- Area kantor yang terdapat di lantai 2 dan lantai 3 *workshop* 1

Gambar 4.2 berikut merupakan struktur organisasi *workshop* 1 pengecoran PT. Barata Indonesia.

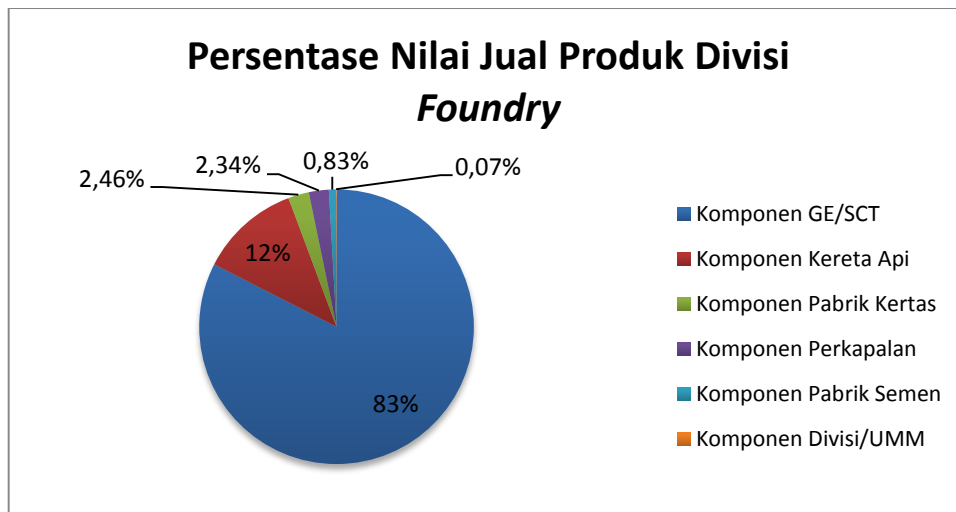


Gambar 4. 2 Struktur Organisasi *Workshop 1* PT. Barata Indonesia (Persero)

Dalam proses produksinya sendiri, *workshop 1* tidak hanya menghasilkan 1 (satu) jenis produk saja. Proses produksi utama yang dijalankan oleh *Workshop 1* meliputi proses pengecoran dan proses permesinan. Beberapa produk yang dihasilkan oleh pabrik *Foundry* meliputi:

- Komponen SCT/GETS: *Boogie*
- Komponen kereta api: *Boogie, Automatic Coupler, Shoulder/ Rail Clip, Housing, Knuckle, Axle Box*
- Komponen pabrik semen: *Liners, Hammer Mills, Grate Plates, Wobblers, Nose Ring, Grinding Balls.*
- Komponen perkapalan: *Rudder Horn, Rudder Frame, Bollard, Jangkar*
- Komponen divisi/UUM: *Jaw Crusher, Impeller*
- Komponen lain-lain: Komponen pabrik kertas

Gambar 4.3 berikut merupakan persentase nilai jual produk yang dihasilkan *Workshop 1* selama tahun 2015.



Gambar 4. 3 Persentase Nilai Jual Produk Divisi *Foundry*

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan dari *Workshop 1* yang memiliki nilai jual paling besar selama periode tahun 2015 adalah komponen produk GE/SCT yaitu produk *bogie S2HD-9C* dengan presentase penjualan sebesar 83% selama tahun 2015. Sehingga Produk *Bogie S2HD-9C* akan menjadi produk yang diteliti dalam penelitian ini.

4.1.3 Proses Produksi *Bogie*

Pada dasarnya, proses pembuatan produk *Bogie S2HD-9C* ini untuk setiap komponennya adalah sama. Untuk proses persiapan terbagi menjadi 4 (empat) yaitu *pattern making*, *sand preparation* untuk pembuatan *core*, *sand preparation* untuk pembuatan cetakan, dan proses peleburan (*melting*). Pada proses *pattern making*, pola dibuat dengan menggunakan kayu yang dibentuk sesuai dengan rancangan yang telah dibuat oleh bagian *Design & Engineering*. Kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan inti (*core*) serta pembuatan cetakan (*mould*) dengan melakukan pencampuran pasir dan bahan baku lainnya dengan menggunakan mesin *mixer* lalu dilanjutkan dengan pembentukan cetakan dengan *hand moulding*, dengan mesin UG 4 & UG 5, dan mesin Sinto W.W. Setelah itu, cetakan didiamkan agar menjadi *solid* dan setelah kering dapat langsung digunakan ke proses selanjutnya.



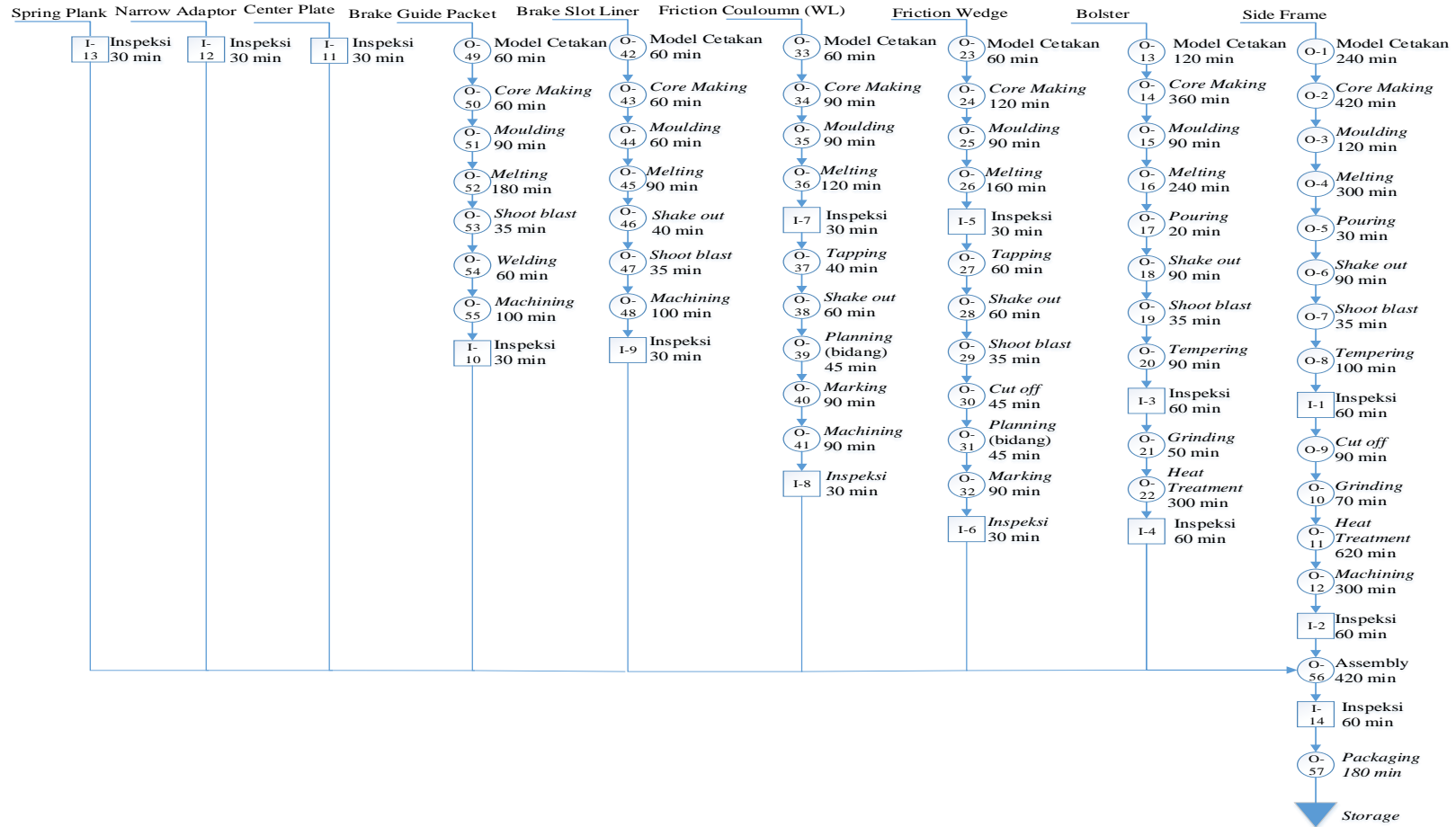
Gambar 4. 4 Produk *Bogie S2HD-9C*

Setelah cetakan siap, maka dapat dilakukan proses peleburan material yang menggunakan tungku *Arc Furnace* berkapasitas 2 ton. Selama proses ini komponen yang berasal dari komposisi material yang sama dapat digabung menjadi satu proses peleburannya. Setelah proses peleburan selesai logam cair dituangkan (*tapping*) ke dalam *ladle* dan dituangkan ke dalam cetakan (*pouring*). Selanjutnya adalah proses pendinginan, dilanjutkan dengan proses pengeluaran logam yang telah memadat dari cetakan yang telah dibuat dengan menggunakan mesin *shake out*. Proses berikutnya dilanjutkan dengan pembersihan produk cor dari sisa pasir yang masih menempel dengan menggunakan mesin *shoot blast*.

Proses berikutnya adalah *heat treatment* yang dilanjutkan dengan melakukan proses *normalizing*, kemudian dilanjutkan dengan *shoot blast* kembali. Setelah dibersihkan, produk komponen cor yang dihasilkan kebanyakan masih memiliki bentuk yang tidak halus karena hasil pengerasan dari *riser* yang ada sehingga perlu dilakukan proses permesinan yang bertujuan untuk menghilangkan bagian-bagian yang kasar. Kemudian dilakukan proses gerinda dan *machining* untuk mendapatkan bentuk presisi produk komponen. Proses terakhir adalah *packing* dan akhirnya produk siap dikirim ke pemesan.

Produk *bogie S2HD-9C* ini terdiri dari Sembilan komponen yang menyusunnya dimana enam komponen diantaranya dihasilkan sendiri oleh perusahaan sedangkan tiga yang lainnya didapatkan dengan sub kontrak.

Gambar 4.5 berikut merupakan gambaran detail mengenai proses operasi produksi komponen *bogie* S2HD-9C.



Gambar 4. 5 Operation Process Chart Produk Bogie S2HD-9C

4.1.4 Penggambaran *Value Stream* Perusahaan

Value Stream Mapping (VSM) dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui efektifitas waktu dan proses yang digunakan oleh *Workshop 1* untuk menghasilkan produk *bogie* S2HD-9C sesuai dengan pesanan pelanggan. Dengan adanya VSM ini bertujuan untuk memahami secara detail aktivitas operasional yang dilakukan oleh perusahaan dalam menjalankan proses bisnisnya. Penggambaran VSM pada subbab ini dilakukan dengan 3 (tiga) tahapan, yaitu pemahaman aliran informasi di *workshop 1*, Pemahaman aliran fisik/material dan penggambaran VSM secara keseluruhan.

4.1.4.1 Aliran Informasi Proses Produksi

Aliran Informasi yang terdapat pada proses produksi *Bogie* S2HD-9C adalah sebagai berikut :

1. Masuknya pemesanan dengan spesifikasi tertentu dari pihak SCT (pelanggan) kepada bagian perusahaan. Dilanjutkan dengan negosiasi antara bagian pemasaran dengan pihak SCT mengenai tanggal pengiriman pesanan dan nilai dari *order* produk *bogie*.
2. Bagian pemasaran menyampaikan informasi kepada Bagian *Design & Engineering* untuk dilakukan pembuatan desain gambar teknik produk dan spesifikasi detail yang diperlukan.
3. Hasil gambar teknik dari perusahaan kemudian diverifikasi kepada pihak SCT dan selanjutnya dilakukan persetujuan. Setelah itu dilanjutkan dengan penggambaran *sub drawing* yang akan diserahkan kepada bagian produksi.
4. Bagian Pemasaran melakukan koordinasi dengan pihak produksi mengenai lama waktu pengerjaan yang sanggup dipenuhi sehingga pesanan dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah disepakati dengan pihak SCT.
5. Setelah kesepakatan dipenuhi oleh kedua belah pihak yaitu pihak perusahaan dan SCT, kemudian dilakukan perjanjian kontrak kerja.
6. Bagian pemasaran mengeluarkan *order card* yang akan diberikan kepada Bagian Produksi yang bertanggung jawab, yaitu Divisi Produksi Pengecoran atau *Workshop 1*.

7. Pihak produksi khususnya Bagian *Engineering* akan berkoordinasi dengan Bagian Pengadaan untuk membuat *Material Requisition List* (MRL) dan melakukan pemesanan bahan baku yang dibutuhkan untuk proses produksi serta akan melakukan pemilahan komponen mana yang akan diproduksi sendiri dan komponen mana yang akan disubkontrakkan ke pihak lain.
8. Bagian Pengadaan akan melakukan pemesanan kepada *supplier* untuk pemenuhan bahan baku yang dibutuhkan. Pemilihan bahan baku ini dilakukan dengan cara mengadakan *tender* untuk mendapatkan spesifikasi bahan baku dengan spesifikasi kualitas dan harga yang paling baik dan murah. Setelah *supplier* ditetapkan maka dilakukan pemesanan dan pihak *supplier* akan mengirimkan bahan baku yang dipesan kepada perusahaan sesuai dengan waktu yang disepakati.
9. Bahan baku yang masuk ke perusahaan dari *supplier* kemudian dilakukan inspeksi oleh bagian pengendalian kualitas Divisi Pengecoran untuk memastikan bahan baku sesuai dengan spesifikasi kualitas yang ditetapkan.
10. Bagian produksi melakukan koordinasi dengan Bagian PPC untuk melakukan perhitungan serta penjadwalan pembuatan produk agar sesuai dengan kontrak kerja yang disepakati.
11. Bagian PPC juga berkoordinasi dengan Bagian Pengendalian Kualitas untuk mengawal jalannya proses produksi *bogie* agar hasil produksi sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuat.
12. Saat produk selesai dibuat, bagian produksi akan menyerahkan produk jadi kepada Bagian Pemasaran untuk diserahkan kepada pihak SCT.

4.1.4.2 Aliran Fisik/Material Produk *Bogie*

Aliran fisik/material yang terdapat pada proses produksi *Bogie S2HD-9C* adalah sebagai berikut :

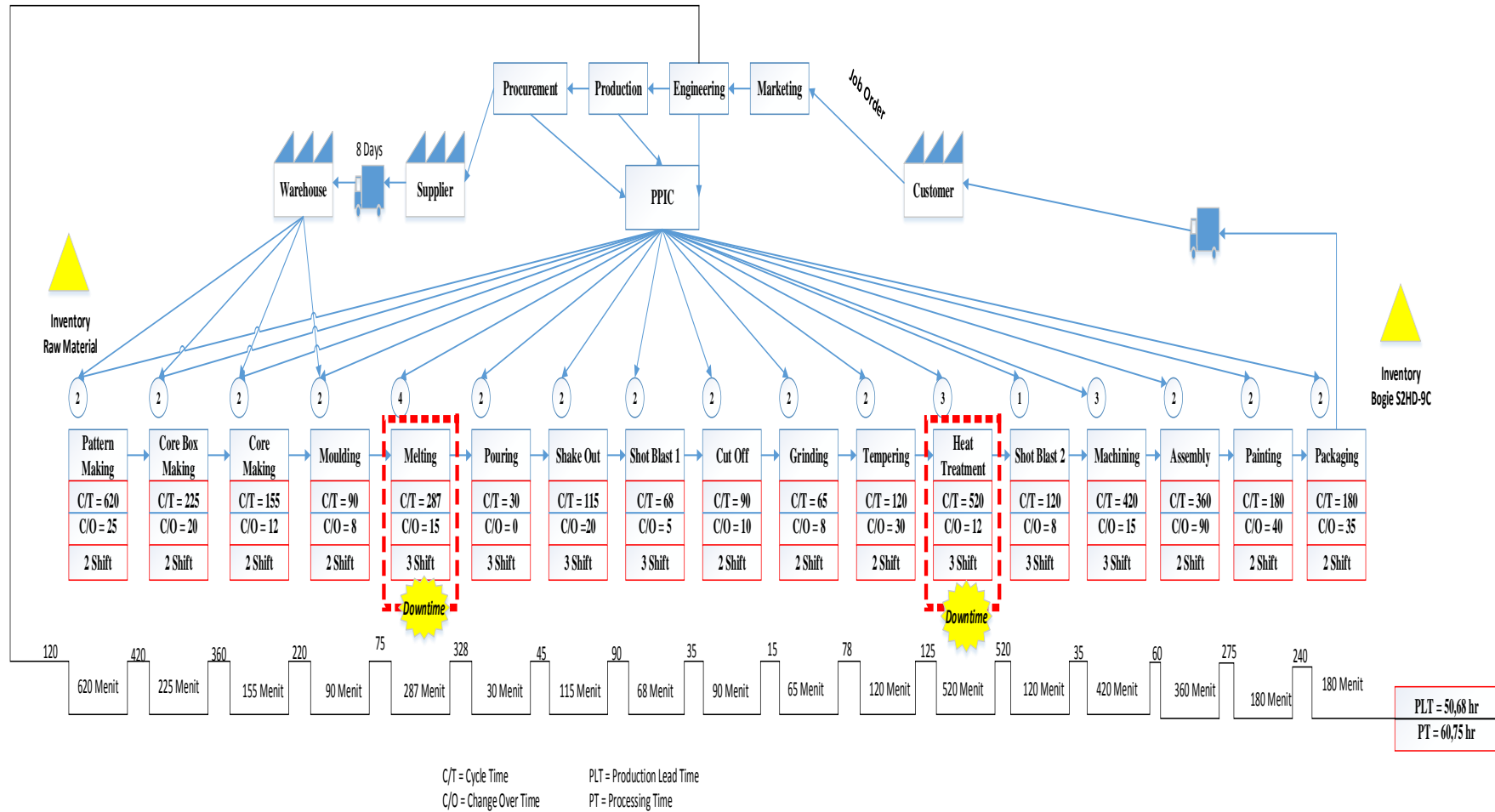
1. Bahan baku dari *supplier* diterima pada Bagian Penyimpanan Material lalu dilakukan inspeksi untuk menguji kesesuaian kalitas bahan baku dengan spesifikasi produk. Bahan baku yang digunakan pada proses produksi *Bogie S2HD-9C* yakni pasir silica, *steel scrap*, *return carbon steel*, *Ferro Silicon*, *Ferro Mangan HC*, *Ferro Mangan LC*, *Billet*, Batu Kapur, pepset dan lain sebagainya.

2. Pembuatan cetakan dilakukan dengan membuat pola sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan. Selanjutnya akan dilakukan proses pembuatan *core* atau isi dari cetakan.
3. Berikutnya adalah proses pembuatan cetakan. Pada proses ini digunakan bahan baku utama berupa pasir dan pepset. Pada proses *moulding* ini juga dilakukan penggabungan antara *core* dengan *mould* dan penggabungan antara *mould* bagian atas dan *mould* bagian bawah
4. Bahan baku utama pada proses produksi *Bogie S2HD-9C* seperti pasir *silica*, *steel scrap*, *return carbon steel*, *Ferro Silicon*, *Ferro Mangan HC*, *Ferro Mangan LC*, *Billet*, Batu Kapur, dan lain sebagainya kemudian siap dilebur pada proses *melting* dengan menggunakan mesin *Arc Furnace* dan *Induction Furnace*.
5. Setelah proses *melting* selesai, logam cair dari tungku dituangkan kedalam ladle (*tapping*) dan selanjutnya dituangkan kedalam cetakan, proses ini dinamakan proses *pouring*. Setelah selesai dituangkan dalam cetakan kemudian dilakukan proses pendinginan agar logam cair mengalami pengerasan kembali.
6. Proses selanjutnya adalah mengeluarkan produk yang telah mengeras dari cetakan dengan menggunakan mesin *shake out*. Pada proses ini cetakan digoncangkan dengan tujuan untuk menghancurkan cetakan pasir agar isinya dapat dikeluarkan.
7. Setelah isi cetakan dikeluarkan dilakukan proses pembersihan produk dari sisa pasir yang masih menempel dengan proses *shoot blast* dan menggunakan alat *hanger* dan *table shoot blast*. Sisa pasir yang menempel dibersihkan dengan menembakkan butiran kecil logam ke produk sehingga pasir yang telah mengeras menjadi hancur.
8. Langkah selanjutnya adalah proses *heat treatment*. Dimana pada proses ini produk akan mengalami perlakuan panas yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang didapat dari proses produksi sebelumnya.
9. Kemudian dilakukan proses *shoot blast* kembali untuk membersihkan sisa cairan ataupun zat lain yang menempel pada proses *heat treatment*.

10. Setelah produk dibersihkan dari sisa pasir yang menempel, kemudian dilakukan proses *cut-off* untuk menghilangkan bagian-bagian yang tidak diperlukan seperti *gate* dan *riser* pada komponen. Proses ini menggunakan mesin *cutting*.
11. Produk yang telah dipotong menggunakan mesin *cutting* kemudian dihaluskan dengan proses *grinding* dengan menggunakan mesin gerinda.
12. Apabila diperlukan, kemudian akan dilakukan proses permesinan untuk menghasilkan detail pada produk yang tidak mampu didapatkan dengan proses pencetakan seperti halnya pada komponen *side frame*, dan *axle*.
13. Terakhir, dilakukan proses pengecatan (*painting*). Setelah produk selesai dicat kemudian dilakukan pengepakan dan pesanan siap dikirimkan kepada pelanggan.

4.1.4.3 *Current State Value Stream Mapping*

Value Stream Mapping merupakan suatu gambaran yang digunakan untuk memperlihatkan aliran proses yang dijalankan oleh PT. Barata dalam memproduksi *Bogie S2HD-9C*. Aliran proses dimulai dari ketika pesanan dari *customer* yaitu pihak SCT diterima oleh perusahaan dan kemudian perusahaan melakukan pemesanan bahan baku kepada dua *supplier* yang berbeda, di mana *supplier* pertama adalah *supplier* untuk bahan baku pengecoran *side frame*, *friction wedges*, dan *friction coulumn* sedangkan *supplier* yang kedua adalah *supplier* bahan baku untuk pengolahan *bolster*, *brake slot*, dan *brake guide*. Untuk bahan baku komponen utama produk *bogie* perusahaan harus mengimpor dari luar negeri atau impor dari Korea sehingga memakan waktu yang cukup lama dalam proses pengirimannya. Secara umum proses di lini produksi seperti dijelaskan sebelumnya. Pada setiap proses tersebut terdapat waktu operasi dari masing-masing proses yang akan mempengaruhi total *lead time* produksi dari *Bogie S2HD-9C*. *Lead time* yang terlalu panjang dan adanya aktivitas *non-value added* akan berpengaruh terhadap biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.



Gambar 4. 6 Value Stream Mapping Produksi Bogie S2HD-9C

Berdasarkan VSM pada gambar 4.6, terlihat bahwa *lead time* produksi *bogie* PT Barata Indonesia adalah selama 2 hari 21 jam dengan total waktu proses 60,75 jam. Berdasarkan *lead time* dari masing-masing proses, proses produksi *bogie* paling lama adalah pada proses pengecoran dan proses *heat treatment* dari komponen *side frame*. Hal ini dapat menjadi indikasi adanya *non-value added activity* pada proses-proses tersebut karena dampak yang akan ditimbulkan akan sangat fatal untuk proses-proses selanjutnya. Dampaknya antara lain terkait biaya yang akan meningkat akibat adanya proses *rework* dan berpengaruh terhadap keterlambatan waktu pengiriman produk kepada pelanggan.

4.1.5 Activity Classification

Prinsip *lean manufacturing* pada dasarnya adalah meminimalkan aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah yang berpotensi menimbulkan *waste* pada proses produksi. Aktivitas ini digolongkan menjadi tiga, yakni *value added*, *necessary non value added*, dan *non value added*. Oleh sebab itu perlu dilakukan klasifikasi aktivitas pada proses produksi *bogie* S2HD-9C PT. Barata Indonesia dengan memperhatikan *completion chart* dan kondisi aktual untuk menentukan aktivitas-aktivitas yang telah dilakukan sepanjang proses produksi. Berikut merupakan klasifikasi aktivitas yang dijalankan oleh *workshop* 1 dalam proses produksi *bogie* S2HD-9C.

Tabel 4. 1 *Activity Classification* Pada Proses Pembuatan Pola Cetakan

Proses Pembuatan Pola	VA	NNVA	NVA
Menunggu desain model oleh bagian <i>Engineering</i>			V
Mempersiapkan peralatan pembuatan pola			V
Melakukan identifikasi terhadap desain pola		V	
Membuat rangka dan permukaan	V		
Mendempul cetakan	V		
Mengamplas cetakan	V		
Melakukan inspeksi terhadap pola		V	
	42%	29%	29%

Pada proses pembuatan pola cetakan diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 42%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 29% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 29%.

Tabel 4. 2 Activity Classification Pada Proses Pembuatan *Core Box*

Proses Pembuatan <i>Core Box</i>	VA	NNVA	NVA
Mempersiapkan pola cetakan kayu yang akan digunakan		V	
Melakukan identifikasi desain <i>core box</i>		V	
Perakitan rangka dan permukaan	V		
Membuat <i>ingate</i> dan <i>feeder</i>	V		
Melakukan inspeksi pada permukaan <i>core box</i>		V	
Mengamplas <i>core box</i>	V		
Pengangkutan ke stasiun <i>core making</i>			V
<i>Core box</i> dan pola menunggu diproses selanjutnya			V
	3	3	2
	37,5%	37,5%	25%

Pada proses pembuatan *core box* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 37,5%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 37,5% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 25%.

Tabel 4. 3 Activity Classification Pada Proses *Core Making*

Proses <i>Core Making</i>	VA	NNVA	NVA
Persiapan dan penimbangan pasir silika dari gudang		V	
Memasukkan pasir ke corong mesin <i>mixer</i>	V		
Mengalirkan pasir silika ke cetakan	V		
Inspeksi permeabilitas pasir cetakan		V	
Pendiaman campuran bahan		V	
Membentuk lubang ventilasi udara pada cetakan	V		
Mengeluarkan <i>core</i> padat dari cetakan		V	
Pengangkutan ke stasiun UG 4			V
	3	4	1
	37,5%	50%	12,5%

Pada proses pembuatan *core* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 37,5%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 50% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 12,5%.

Tabel 4. 4 Activity Classification Pada Proses *Moulding*

Proses Moulding	VA	NNVA	NVA
Pemasangan pola pada meja cetak (<i>jig</i>)		V	
Mengisi pasir silika pada <i>plash</i>		V	
Memadatkan pasir dengan menggunakan mesin	V		
Meletakkan cetakan pada konveyor		V	
Memasukkan pasir pada bagian permukaan cetakan		V	
Memasang <i>core</i> pada cetakan	V		
Menggabungkan sisi atas dan sisi bawah	V		
Menggeser cetakan pada konveyor		V	
<i>Preheat mold</i>	V		
Menunggu cairan <i>core</i> siap			V
	4	5	1
	40%	50%	10%

Pada proses pembuatan *moulding* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 40%, *Aktivitas Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 50% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 10%.

Tabel 4. 5 Activity Classification Pada Proses *Melting*

Proses Melting	VA	NNVA	NVA
Mengambil material dari gudang			V
Menyiapkan mesin <i>induction / arc furnace</i>		V	
Memindahkan dari timbangan ke <i>arc furnace</i>			V
Proses <i>Meltdown</i> ke mesin <i>furnace</i>	V		
Mengambil Sampel <i>core</i>		V	
Menguji hasil sampel di laboratorium		V	
Meniupkan oksigen kedalam tungku		V	
<i>Slag Out</i>	V		
Menambahkan aluminium	V		
Menambahkan CaO dan FeSi	V		
Memindahkan <i>ladle</i> tepat dibawah tungku		V	
Proses <i>Tapping</i>	V		
Inspeksi suhu pada cairan		V	
Mengeluarkan <i>core</i> dari cetakan		V	
	5	7	2
	36%	50%	14%

Pada proses pembuatan *melting* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 36%, *Aktivitas Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 50% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 14%.

Tabel 4. 6 *Activity Classification* Pada Proses *Pouring*

Proses <i>Pouring</i>	VA	NNVA	NVA
Pengecekan temperatur dan kekentalan logam		V	
Persiapan alat pemberat pada penyangga		V	
Proses penuangan dari <i>ladle</i>	V		
Proses pendinginan		V	
Pengangkutan ke mesin <i>shake out</i>			V
	1	3	1
	20%	60%	20%

Pada proses *pouring* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 20%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 60% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 20%.

Tabel 4. 7 *Activity Classification* Pada Proses *Shake Out*

Proses <i>Shake Out</i>	VA	NNVA	NVA
Proses <i>Shakeout</i>	V		
Memindahkan komponen ke <i>forklift</i>			V
Pengangkutan ke mesin <i>shoot blast</i>			V
	1	0	2
	33%	0%	67%

Pada proses *shake out* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 33%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 0% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 67%.

Tabel 4. 8 *Activity Classification* Pada Proses *Shoot Blast*

Proses <i>Shoot Blast</i>	VA	NNVA	NVA
Proses <i>Shoot blast</i>	V		
Memindahkan komponen ke <i>forklift</i>			V
Pengangkutan ke mesin <i>Cut off</i>			V
	1	0	2
	33%	0%	67%

Pada proses *shoot blast* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 33%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 0% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 67%.

Tabel 4. 9 Activity Classification Pada Proses *Cut Off*

Proses <i>Cut Off</i>	VA	NNVA	NVA
Setting mesin <i>cut off</i>		V	
Pengecekan dimensi komponen		V	
Peletakan komponen di meja mesin <i>cut off</i>			V
Proses <i>Cut Off</i> komponen	V		
	1	3	1
	20%	60%	20%

Pada proses *cut off* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 20%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 60% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 20%.

Tabel 4. 10 Activity Classification Pada Proses *Grinding*

Proses <i>Grinding</i>	VA	NNVA	NVA
Setting mesin gerinda		V	
Pengecekan dimensi komponen (<i>couple marking</i>)		V	
Peletakan komponen di meja mesin <i>gerinda</i>			V
Proses <i>grinding</i> komponen	V		
Pengangkutan ke stasiun <i>heat treatment</i>			V
	1	2	2
	20%	40%	40%

Pada proses *grinding* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 20%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 40% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 40%.

Tabel 4. 11 Activity Classification Pada Proses *Heat Treatment*

Proses <i>Heat Treatment</i>	VA	NNVA	NVA
Inspeksi uji kekuatan komponen		V	
Proses <i>annealing</i>	V		
Proses <i>normalizing</i>	V		
Pengangkutan ke mesin <i>shoot blast</i>			V
	50%	25%	25%

Pada proses *heat treatment* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 50%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 25% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 25%.

Tabel 4. 12 Activity Classification Pada Proses *Tempering*

Proses <i>Tempering</i>	VA	NNVA	NVA
Pengukuran <i>hardness, tensile strength, & yield strength</i>		V	
Setting mesin temperatur <i>hardening</i> sesuai keperluan		V	
Proses <i>Tempering</i>	V		
Menunggu proses <i>quenching</i>			V
Pengangkutan ke stasiun <i>heat treatment</i>			V
	1	2	2
	20%	40%	40%

Pada proses *tempering* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 20%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 40% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 40%.

Tabel 4. 13 Activity Classification Pada Proses *Machining*

Proses <i>Machining</i>	VA	NNVA	NVA
Proses pembubutan untuk membuat alur rangka <i>frame</i>	V		
Memindahkan komponen dari atas mesin bubut dan memastikan tidak terjadi keretakan			V
Inspeksi tingkat keropos yang terjadi pada komponen		V	
Melakukan <i>rework</i> jika terdapat kropos melebihi 20% dan <i>reject</i> dan peleburan kembali jika keropos di atas 75%			V
<i>Drilling & tapping</i> lubang baut		V	
Proses pembubutan diameter luar <i>friction wedges & brake set</i>	V		
Melakukan proses bubut <i>finishing</i>	V		
Melakukan <i>marking</i> alur bidang <i>side frame</i> dan posisi kopel		V	
Memindahkan komponen dari mesin bubut			V
Setting mesin <i>milling</i>		V	
Melakukan proses <i>milling</i> bidang <i>bolster</i>	V		
Melakukan proses <i>milling</i> alur <i>side frame</i>	V		
Inspeksi <i>Magnetic partide</i> komponen		V	

Tabel 4. 13 Activity Classification Pada Proses *Machining* (lanjutan)

Proses <i>Machining</i>	VA	NNVA	NVA
Inspeksi kualitas keseluruhan komponen		V	
Pengangkutan ke stasiun <i>assembly bogie</i>			V
	5	6	4
	33%	40%	27%

Pada proses *tempering* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 33%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 40% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 27%.

Tabel 4. 14 Activity Classification Pada Proses *Assembly*

Proses <i>Assembly</i>	VA	NNVA	NVA
Persiapan <i>jig</i> dan <i>fixture assembly frame bogie</i> S2HD-9C		V	
Persiapan mesin <i>welding</i>		V	
Pengangkutan komponen <i>bogie</i> ke stasiun <i>assembly</i>			V
Meletakkan komponen <i>side frame</i> dan <i>wedges</i> pada <i>frame welding assemblies</i>		V	
Perakitan komponen pada <i>jig & fixture</i>	V		
Proses <i>Welding</i> pada komponen <i>frame</i>	V		
Pemasangan baut <i>narrow adaptor</i> dan <i>axle box</i> pada <i>frame</i>	V		
Proses <i>welding</i> pada sisi bidang komponen keseluruhan	V		
Menunggu pendinginan komponen		V	
Pemasangan elektrik pada <i>axle box bogie</i>	V		
Pengujian mekanis dan statis produk <i>bogie</i> pada <i>benches</i>	V		
Pemeriksaan <i>crack/cacat</i> pada produk setelah <i>testing</i>			V
Melakukan <i>Rework</i> jika terjadi keretakan			V
Pengangkutan <i>bogie</i> ke stasiun pengecatan dan pengepakan			V
	6	4	4
	42%	29%	29%

Pada proses *tempering* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 42%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 29% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 29%.

Tabel 4. 15 Activity Classification Pada Proses *Painting*

Proses <i>Painting</i>	VA	NNVA	NVA
Persiapan peralatan pengecatan dan mesin <i>spray</i>		V	
Pengecatan <i>bogie</i>	V		
Pengeringan		V	
	1	2	0
	33%	67%	0%

Pada proses *tempering* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 33%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 67% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 0%.

Tabel 4. 16 Activity Classification Pada Proses *Packaging*

Proses <i>Packaging</i>	VA	NNVA	NVA
Persiapan peralatan pengepakan produk <i>bogie</i>		V	
Pengepakan produk	V		
Pengangkutan produk ke gudang			V
	1	1	1
	33,3%	33,3%	33,3%

Pada proses *tempering* diketahui bahwa terdapat aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 33,3%, Aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 33,3% dan *Non Value Added* (NVA) sebesar 33,3%.

Setelah dilakukan *activity classification* pada semua tahapan proses produksi *bogie*, langkah selanjutnya adalah melakukan rekap jumlah untuk masing-masing jenis aktivitas. Hasil rekap jumlah untuk masing-masing jenis aktivitas dapat dilihat pada Tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4. 17 Rekap Klasifikasi Aktivitas

No	Proses Produksi	Tipe Aktivitas			Jumlah
		VA	NNVA	NVA	
1	Pembuatan pola cetakan	3	2	2	7
2	Pembuatan <i>core box</i>	5	1	2	8
3	Pembuatan <i>core</i>	3	4	1	8
4	<i>Moulding</i>	4	5	1	10
5	<i>Melting</i>	5	7	2	14
6	<i>Pouring</i>	1	3	1	5
7	<i>Shake out</i>	1	0	2	3
8	<i>Shoot Blast</i>	2	0	2	4
9	<i>Cut off</i>	1	3	1	5
10	<i>Grinding</i>	1	2	2	5
11	<i>Heat treatment</i>	2	1	1	4
12	<i>Tempering</i>	1	2	2	5
13	<i>Machining</i>	5	6	4	15
14	<i>Assembly</i>	6	4	4	14
15	<i>Painting</i>	1	2	0	3
16	<i>Packaging</i>	1	1	1	3
Jumlah		40	45	28	113
Persentase		35.39	39.82	24.78	100%

Dari table 4.17 di atas, didapatkan bahwa total *value added activity* sebanyak 40 aktivitas atau sebesar 35,39 %, sedangkan untuk *necessary non value added* sebanyak 45 aktivitas atau sebesar 39,82% dan *non value added activity* sebanyak 28 aktivitas atau sebesar 24,78% dari seluruh total aktivitas pembuatan *bogie*. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa secara umum proses produksi *bogie* S2HD-9C masih kurang efisien, karena rendahnya jumlah *value adding activity*. Masih banyak aktivitas yang dirasa belum memberikan nilai tambah terhadap produk *bogie*, sehingga masih banyak peluang untuk dapat memperbaiki proses produksi yang telah berjalan di perusahaan. Selain itu, besarnya jumlah aktivitas *necessary non value added activity* dapat menimbulkan berbagai kemungkinan, sehingga dapat diperbaiki menjadi *value adding activity*

4.1.6 Waste Identification

Pada penelitian ini, identifikasi *waste* yang dilakukan terhadap 9 jenis *waste*, yaitu *E-DOWNTIME waste*. Jenis-jenis untuk *waste* tersebut adalah *Environmental, health, and safety (EHS) waste, Defect, overproduction, waiting, not utilizing employee knowledge, skills & abilities, transportation, inventory, motion*, dan *excess processing*. Berikut ini merupakan identifikasi terhadap peluang terjadinya *waste* pada proses produksi *bogie S2HD-9C* di perusahaan.

4.1.6.1 EHS Waste

Jenis pemborosan yang terjadi karena kelalaian dalam memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan prinsip-prinsip EHS di PT. Barata Indonesia. Pada proses produksi terdapat beberapa prinsip EHS yang kurang diperhatikan seperti pemakaian alat-alat keselamatan kerja (sepatu *safety*, masker, sarung tangan, rumpi, dan helm), metode kerja, peralatan kesehatan (tidak adanya obat-obatan di lokasi kerja), dan tidak mematuhi prosedur keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang telah ditetapkan perusahaan seperti nerjalan pada koridor yang telah ditetapkan, merokok di lantai produksi dsb. Kelalaian dalam penerapan EHS ini dapat berakibat pada kecelakaan kerja. Kelalaian terhadap EHS dapat mengganggu proses produksi *bogie* sehingga dapat memperpanjang waktu yang dibutuhkan.

Klasifikasi kelalaian EHS didefinisikan berdasarkan efek yang ditimbulkan dari kelalaian penerapan EHS. Kelalaian tersebut diklasifikasikan menjadi tiga jenis kelalaian yaitu ; ringan, sedang dan berat. Adapun rincian pendefinisian tiap jenis kecelakaan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 18 Definisi Kelalaian EHS

Jenis kelalaian	Definisi	Parameter	Indikasi
Ringan	Kelalaian yang berakibat hanya pada satu individu	Kelalaian penggunaan peralatan K3 dan penerapan prinsip EHS tanpa terjadi kecelakaan kerja	Proses produksi berlangsung normal
Sedang	Kelalaian yang berakibat hanya pada satu stasiun produksi	Kelalaian penggunaan peralatan K3 dan penerapan prinsip EHS disertai dengan terjadinya kecelakaan kerja	Proses produksi berhenti kurang dari satu hari

Tabel 4. 19 Definisi Kelalaian EHS

Jenis kelalaian	Definisi	Parameter	Indikasi
Berat	Kelalaian yang berakibat pada keseluruhan lantai produksi	Kelalaian penggunaan peralatan K3 dari penerapan prinsip EHS disertai dengan terjadinya kecelakaan kerja	Proses produksi berhenti lebih dari satu hari

4.1.6.2 Defect

Defect adalah *waste* yang sering ditemukan di perusahaan manufaktur. Pada proses produksi *bogie* terdapat beberapa jenis *Defect* yang ditemukan. *Defect* merupakan kejadian dimana produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Dalam proses produksi *bogie*, *Defect* dapat terjadi selama proses produksi komponen penyusun produk *bogie*. Jenis *Defect* yang terjadi pada komponen *bogie* bermacam-macam. Jenis *Defect* yang sering terjadi berdasarkan *record* perusahaan adalah sebagai berikut.

- a. *Shrinkage*
- b. *Cross joint*
- c. *Crack*
- d. *Sand drop*
- e. *Hardness*
- f. *Coldshut*

Tabel 4.19 menunjukkan jumlah *Defect* yang terjadi pada komponen *bogie* selama proses produksi berlangsung.

Tabel 4. 20 Jumlah Defect Produksi Bogie S2HD-9C

Tahun	Jumah Produksi	<i>Defect</i>	Persentase
2010	380	63	17%
2011	1325	324	24%
2012	60	13	22%
2013	376	68	18%
2014	1440	268	19%
2015	2338	384	21%

Tabel 4.19 merupakan jumlah *defect* yang terjadi selama proses produksi *bogie* selama lima tahun terakhir PT. Barata Indonesia. Dari data tersebut diketahui bahwa jumlah *defect* yang terjadi cukup besar sehingga permasalahan *defect* merupakan permasalahan penting untuk ditangani oleh perusahaan. Berikut adalah gambar dari jenis *defect* yang ditemukan selama penelitian dilakukan



Gambar 4. 7 Contoh *Defect* Komponen Bogie

4.1.6.3 *Overproduction*

Waste overproduction merupakan *waste* yang terjadi ketika produk yang dihasilkan atau produksi lebih banyak dari perencanaan awal yang telah dibuat. Untuk *waste* ini tidak ditemui di PT. Barata Indonesia karena sistem produksi yang dijalankan oleh perusahaan bersifat *job order* atau *make to order* sehingga produk yang dihasilkan sesuai dengan pesanan dari konsumen. Hal ini juga berlaku pada produk *bogie* S2HD-9C yang diproduksi sesuai dengan jumlah yang dipesan oleh pihak SCT.

4.1.6.4 *Waiting*

Waiting merupakan pemborosan dimana mesin atau fasilitas produksi berhenti beroperasi karena aktivitas menunggu. Pada penelitian ini besarnya *waiting* dihitung dari aktivitas menunggu perbaikan karena adanya *downtime* pada mesin. *Downtime* terbagi menjadi dua, yaitu *unplanned downtime* dan *planned downtime*. Kedua jenis *downtime* ini pernah terjadi di perusahaan dimana *planned downtime* terdiri dari aktivitas *preventive maintenance* seperti pelumasan mesin pada proses persiapan bahan produksi, dan *set up* mesin. Sedangkan *unplanned downtime* terjadi karena aktivitas-aktivitas yang tidak direncanakan. Pada PT.

Barata Indonesia besarnya *unplanned downtime* hanya terjadi karena kerusakan pada mesin. Untuk mengukur besarnya *downtime* yang terjadi di perusahaan, maka dihitung proporsi lamanya waktu *downtime* akibat *breakdown* terhadap waktu kerja standar mesin. Aktivitas *waiting* yang tinggi dapat berakibat pada loss production karena mesin tidak dapat beroperasi dan menghasilkan produk selama periode *downtime* dan dapat memperpanjang *lead time* tiap mesin maupun *lead time* keseluruhan produksi serta menambah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Selain itu penyebab *waiting* lain adalah adanya proses *rework* produk. Tabel 4.20 berikut menampilkan data mengenai *downtime* selama produksi *bogie*.

Tabel 4. 21 Data *Downtime* Produksi *Bogie*

Bulan	Waktu Operasi (Jam)	<i>Downtime</i> (jam)	%
Januari	4693	166	3.54%
Februari	3464	79	2.28%
Maret	8098	204	2.52%
April	4833	193	3.99%
Mei	4796	147	3.07%
Juni	4708	141	2.99%
Juli	4830	198	4.10%
Agustus	4851	214	4.41%
September	4480	169	3.77%
Oktober	4935	174	3.53%
Nopember	5041	167	3.31%
Desember	4926	161	3.27%
Total	59655	2013	3.40%

Berdasarkan table 4.20 diketahui bahwa selama tahun 2015 produksi *bogie* S2HD-9C terjadi *downtime* sebesar 3,40% dari waktu total operasi. Hal ini masih berada di bawah batas maksimum *downtime* yang ditetapkan oleh perusahaan yakni sebesar 5% yang dapat mengakibatkan berhenti totalnya proses produksi. Namun, perlu penanganan lebih lanjut agar tidak terjadinya *downtime* sebesar 5% pada waktu mendatang mengingat kecenderungan *downtime* yang fluktuatif di Divisi Pengecoran PT.Barata Indonesia.

4.1.6.5 *Not Utilizing Employees Knowledge, Skill and Abilities*

Waste ini merupakan jenis *waste* yang timbul akibat tidak dipergunakannya pengetahuan, keampilan dan kemampuan pekerja secara optimal. Untuk *waste* ini tidak banyak terlihat dalam proses produksi *bogie*. Semua operator dan karyawan sudah terutilisasi dengan baik sesuai dengan bagian-bagian tanggung jawab, pengetahuan dan kemampuannya. Tenaga kerja di lantai produksi *workshop* 1, mayoritas sudah sangat berpengalaman dalam menangani produksi di perusahaan. Hal ini dikarenakan masa kerja yang cukup lama, sehingga tenaga kerja tersebut telah terampil melakukan berbagai macam aktivitas produksi di perusahaan.

4.1.6.6 *Transportation*

Transportation merupakan jenis *waste* yang disebabkan oleh pergerakan *material handling* yang berlebihan. Potensi terjadinya *waste* ini hanya terjadi pada stasiun produksi *assembly*, karena jarak masing-masing proses cukup berjauhan. Sedangkan jarak mesin untuk proses produksi cukup berdekatan sehingga pergerakan *forklift* tidak terlalu menimbulkan pemborosan. Selain itu, intensitas perpindahan *forklift* juga cukup rendah, hal ini dikarenakan pemindahan material pada proses produksi dibantu dengan adanya *hand pallet* sehingga tidak memerlukan sumber daya lebih untuk mengoperasikannya.

4.1.6.7 *Inventory*

Waste inventory merupakan jenis *waste* yang berupa penumpukan, baik bahan baku, *work in process* (WIP), maupun *finish product*. Hal ini menimbulkan pembengkakan biaya penyimpanan material tersebut. Untuk jenis *waste* ini, pengamatan dilakukan terhadap dua jenis penyimpanan yaitu penyimpanan bahan baku dan material WIP. Namun berdasarkan pengamatan di lapangan serta brainstorming dengan bagian produksi di perusahaan, tidak didapatkan adanya permasalahan dari *waste* jenis ini. Penyimpanan bahan baku di gudang material di rasa sudah optimal, karena tidak terlihat penumpukan stok yang terlalu banyak. Material yang digunakan untuk produksi *bogie* sudah dipesan sesuai dengan jumlah *order* yang diterima oleh perusahaan serta penambahan toleransi untuk mengantisipasi terjadinya *defect* terhadap komponen. Selain itu menurut pihak

perusahaan, diketahui bahwa perusahaan telah mempertimbangkan stok material di gudang berdasarkan rencana produksi yang telah dibuat. Sehingga material datang ke gudang secara berkala sesuai dengan kuantitas dan waktu kedatangan yang telah ditentukan perusahaan dengan mempertimbangkan besarnya biaya pengiriman dan biaya penyimpanan. Untuk material yang harus dipesan dari luar negeri seperti komponen *side frame* dan *bolster*, PT. Barata Indonesia cenderung sedikit menumpuk stok, hal ini dikarenakan waktu pemenuhan *order* yang cukup lama sehingga dalam sekali pemesanan dilakukan dengan jumlah yang melebihi keperluan. Untuk material WIP tidak menjadi masalah karena untuk peletakkannya sudah dikelompokkan dekat dengan stasiun/mesin produksi masing-masing. Sedangkan untuk *inventory finish product* yang terdapat di *workshop* 1 tidak terlihat adanya masalah karena setelah produk *bogie* selesai maka langsung akan dilakukan pengepakan dan akan dikirim sesuai dengan jadwal yang disepakati dengan pihak SCT.

4.1.6.8 Motion

Jenis *waste* ini terjadi karena adanya gerakan yang berlebihan dari operator di rantai produksi, sehingga menyebabkan kelelahan fisik pada operator tersebut dan berpengaruh terhadap *lead time*. Di perusahaan jenis *waste* ini dapat terjadi karena terlalu banyak aktivitas yang harus dilaksanakan operator sesuai dengan SOP (*Standard operating procedure*) dan mekanisme pengoperasian mesin yang masih kurang praktis untuk operator. Mesin-mesin yang digunakan oleh perusahaan pada rantai produksi *workshop* 1 merupakan mesin lama dengan prinsip kerja yang masih konvensional, sehingga memerlukan banyak aktivitas dari operator. Aktivitas yang paling banyak dilakukan dan paling berpotensi menimbulkan kelelahan pada operator selama proses pengecoran adalah aktivitas pemindahan material, baik material yang belum diproses maupun yang sudah diproses. Berdasarkan *brainstorming* dengan pihak perusahaan, didapatkan bahwa peluang terjadinya *waste* ini adalah pada proses pembuatan *bolster* dan *side frame* yang merupakan komponen utama produk *bogie* S2HD-9C yang diproduksi sendiri oleh perusahaan.

4.1.6.9 *Excess Processing*

Waste ini merupakan salah satu jenis *waste* yang disebabkan oleh aktivitas berlebih terhadap sebuah produk. Dimana *waste* jenis ini berkaitan erat dengan adanya aktivitas *rework* terhadap produk-produk *defect*. *rework* merupakan proses yang harus dilakukan ketika produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi atau terjadi kesalahan dalam proses produksi. Pada kasus ini, proses produksi *bogie* terdapat komponen yang cukup tinggi potensinya untuk terjadi proses *rework* yaitu komponen *side frame*. Jika pada proses pengecoran terdapat kesalahan, maka akan sangat mempengaruhi kondisi komponen *side frame* untuk proses berikutnya. Apabila terjadi *defect* dalam proses *assembly* maka proses *rework* akan membutuhkan waktu yang sangat lama karena harus membuat komponen dari awal hingga siap untuk dilakukan proses *assembly*.

4.2 *Measure*

Pada tahap ini dilakukan pengukuran terhadap *waste* yang terjadi selama proses produksi *bogie* PT. Barata Indonesia. Setelah dilakukan pengukuran, maka akan ada hasil yang akan dijadikan sebagai dasar penentuan *waste* kritis yang nantinya akan dilakukan analisa lebih lanjut.

4.2.1 *Waste Measurement*

Setelah dilakukan identifikasi terhadap *waste* yang terjadi selama proses produksi *bogie* S2HD-9C, maka pada bagian ini akan dilakukan pengukuran terhadap nilai dari setiap *waste*.

4.2.1.1 EHS

Pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan data hasil pengamatan langsung. Pengamatan dilakukan pada tanggal 1 Maret 2016 dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB di lantai produksi *Workshop* 1. Peralatan K3 sesuai dengan standar tiap stasiun kerja PT. Barata Indonesia. Adapun rekap data pengamatan kelengkapan peralatan K3 pekerja adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 22 Rekap Pengamatan Kelalaian EHS Ringan

No	Stasiun Kerja	Operator	Peralatan K3					%	
			Helm	Safety shoes	Masker	Sarung tangan	Apron		Face Shield
1	Core Making	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 3	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 4	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 5	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 6	V	V	V	V	V	V	100
2	Moulding	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100
3	Melting	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 3	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 4	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 5	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 6	V	V	V	V	V	V	100
4	Heat Treatment	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 3	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 4	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 5	V	V	V	V	V	V	100
No	Stasiun Kerja	Operator	Peralatan K3					%	
			Helm	Safety shoes	Masker	Sarung tangan	Safety Vest		Gogle
5	Cleaning	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 3	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 4	V	V	V	V	V	V	100
6	Cut Off	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 3	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 4	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 5	V	V	V	V	V	V	100
7	Machinin g	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100
		Pekerja 3	V	V	V	V	V	V	100

Tabel 4. 21 Rekap Pengamatan Kelalaian EHS Ringan (lanjutan)

No	Stasiun Kerja	Individu	Peralatan K3						%
			Helm	Safety shoes	Masker	Sarung tangan	Safety Vest	Goggle	
8	Assembly	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100%
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100%
9	Painting	Pekerja 1	V	V	V	V	V	V	100%
		Pekerja 2	V	V	V	V	V	V	100%

Berdasarkan rekap data pengamatan EHS di atas, didapatkan bahwa kelalaian EHS ringan tidak terjadi di PT. Barata Indonesia selama waktu pengamatan. Sedangkan data kelalaian EHS jenis sedang dan berat didapatkan dari data kecelakaan di *Workshop 1* PT. Barata Indonesia. Adapun data kecelakaan kerja di *Workshop 1* selama pengerjaan Produk *Bogie* PT. Barata Indonesia selama tahun 2015 adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 23 Data Kecelakaan Kerja Tahun 2015

No	Kecelakaan kerja	Stasiun Kerja	Tindakan	Waktu penanganan	Jenis Kelalalaian	% Kejadian
1	Kaki terluka	<i>Machining</i>	Pengobatan ke rumah sakit	2 Jam	Sedang	0.002%
2	Jari tangan terluka	<i>Assembly</i>	Pengobatan ke rumah sakit	1 Jam	Sedang	0.001%

Mengacu pada tujuan eliminasi *waste* adalah untuk mengurangi *lead time* produksi *bogie*. Maka perhitungan *waste* jenis EHS didasarkan pada frekuensi kejadian kecelakaan kerja akibat kelalaian jenis sedang dan berat. Hal ini disebabkan efek yang ditimbulkan dari kelalaian EHS ringan tidak sampai mengganggu jalannya produksi *bogie*. Adapun nilai persentase kejadian kelalaian EHS didapatkan dari lama waktu penanganan dibandingkan dengan lama waktu produksi *bogie* selama satu tahun (365 hari). Dari perhitungan tabel 4.22 di atas didapatkan bahwa persentase total *waste* EHS adalah sebesar 0.003%.

4.2.1.2 Defect

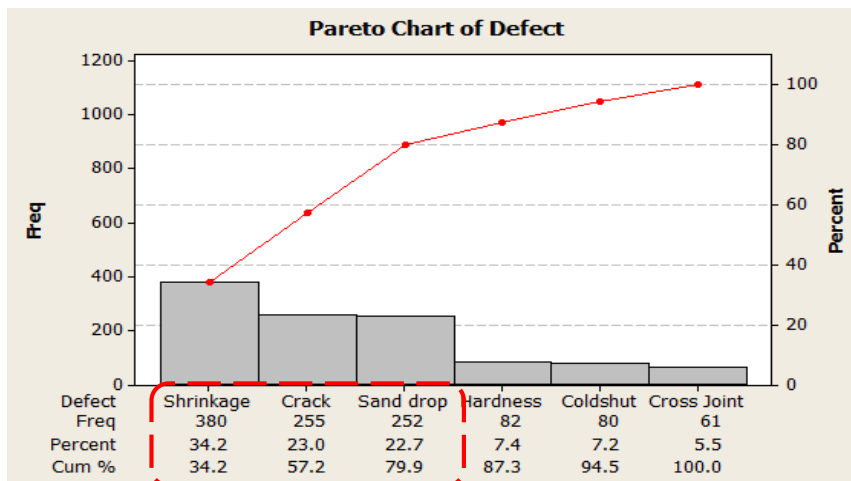
Dalam proses produksi *bogie*, *defect* merupakan masalah utama bagi perusahaan karena jumlah *defect* yang cukup besar. Jenis *defect* yang terjadi pada perusahaan terbagi menjadi 7 jenis seperti yang disebutkan pada sub bab sebelumnya. Berdasarkan data selama 6 periode terakhir (2010-2015) terdapat jumlah cacat yang cukup besar setiap periodenya, hal tersebut dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut

Tabel 4. 24 Jenis dan Frekuensi Defect Produk Bogie S2HD-9C

Jenis Defect	Periode						Total Defect
	1	2	3	4	5	6	
<i>Shrinkage</i>	20	112	4	35	86	123	380
<i>Crack</i>	19	63	2	21	62	88	255
<i>Hardness</i>	6	21	2	2	25	26	82
<i>Cross Joint</i>	3	30	1	1	12	14	61
<i>Sand drop</i>	12	75	4	6	64	92	252
<i>Coldshut</i>	3	24	0	3	19	31	80
Total	63	324	13	68	268	374	
Jumlah Produksi	380	1326	60	376	1440	2338	
% Defect	17%	24%	22%	18%	19%	16%	

Berdasarkan tabel 4.24 di atas menunjukkan bahwa tingkat kecacatan produk semakin meningkat dengan banyaknya produk *bogie* yang diproduksi oleh perusahaan. Jenis cacat yang paling sering terjadi pada proses produksi *bogie* S2HD-9C yakni jenis *defect shrinkage* yakni sebanyak 380 total *defect* selama 6 periode produksi.

Berdasarkan jumlah *defect* yang terjadi di atas, dilakukan penentuan CTQ dengan menggunakan pareto chart untuk mencari *defect* kritis yang terjadi pada proses produksi *bogie* S2HD-9C.



Gambar 4. 8 CTQ Defect Bogie S2HD-9C

Berdasarkan hasil dari *pareto chart* seperti pada gambar 4.8, maka critical to quality (CTQ) untuk *defect* adalah *shrinkage*, *crack*, dan *sand drop*. Dari jumlah *Defect shrinkage*, *crack* dan *sand drop* yang terjadi selama enam periode dalam proses produksi *bogie* selantunya adalah melakukan penghitungan nilai *sigma* dari *waste defect*. Untuk melakukan perhitungan nilai *sigma level*, digunakan rumus sebagai berikut :

$$DPMO = \left(\frac{D}{U \times O} \right) \times 10^6 \dots\dots\dots(4.1)$$

$$Sigma\ Level = 0.846 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(DPMO)} \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana :

D : Jumlah *defect* atau jumlah kegagalan yang terjadi

U : Jumlah *output* produksi

O : Jumlah kemungkinan *defect* / kegagalan atau CTQ

DPMO : Peluang terjadinya *defect* per satu juta kemungkinan terjadi.

Untuk mempermudah perhitungan nilai *sigma level* pada fase ini, maka dari rumus di atas dibuat menjadi tabel perhitungan nilai DPMO dan *sigma level*. Berdasarkan Tabel 4.23 sebelumnya, diketahui *output* produksi *bogie* S2HD-9C selama 6 periode terakhir adalah 5.919 set. Maka berikut ini hasil perhitungan untuk jenis *defect waste* di perusahaan.

Tabel 4. 25 DPMO dan *Sigma Level Defect*

Keterangan	Nilai
Jumlah <i>output</i> produksi	5920
Jumlah <i>Defect</i>	887
<i>Defect per Unit</i>	0.149856395
Jumlah CTQ	3
Peluang tingkat <i>Defect</i> per karakteristik CTQ	0.049952
DPMO	49952.13155
Nilai <i>Sigma</i>	3.157

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.25 di atas, didapatkan bahwa nilai *sigma* untuk proses produksi *bogie* adalah 3.157. Semakin rendah nilai *sigma* level yang diperoleh, berarti semakin tinggi *defect* yang terjadi di perusahaan. Hal tersebut akan sangat berpengaruh terhadap kerugian finansial yang ditimbulkan berupa *loss sales* produk *bogie* S2HD-9C yang rusak. Berikut ini adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan jika terjadi *rework* dari *defect* yang terjadi selama proses produksi *bogie*.

Tabel 4. 26 Biaya *Rework Defect CTQ*

<i>Defect</i>	<i>Rework</i>	Biaya
<i>Shrinkage</i>		
20% - 35%	Las	Rp 2.000.000
36% - 60%	Las	Rp 2.000.000 - Rp 4.000.000
60% - 75%	Las	Rp 4.000.000 - Rp 6.000.000
75% - 99%	Lebur Kembali	Rp 85.000.000
<i>Crack</i>	Las	Rp 2.000.000
<i>Hardness</i>	<i>Annealing</i> + Las	Rp 2.500.000
<i>Sand drop</i>	<i>Grinding</i> + Las	Rp 2.200.000
<i>Cross Joint</i>		
20% - 60%	Las	Rp 2.000.000
60%-90%	Lebur Kembali	Rp 85.000.000
<i>Coldshut</i>	Las	Rp 2.000.000

Berdasarkan data biaya *rework defect* CTQ pada tabel 4.26 di atas, biaya perbaikan untuk jenis *defect shrinkage* dengan tingkat kerusakan 75%-99% adalah sama dengan harga pembuatan *bogie* baru karena harus memulai proses dari awal

kembali. Untuk itu kerugian finansial yang diterima oleh perusahaan dalam 6 periode tersebut dapat dilihat pada tabel 4.27 berikut.

Tabel 4. 27 Kerugian Perusahaan Akibat *Defect*

<i>Defect</i>	Periode						Total <i>Defect</i>	Biaya Total
	1	2	3	4	5	6		
<i>Shrinkage</i>								
20% - 35%	12	68	2	18	53	73	228	Rp 452,000,000
36% - 60%	5	22	4	9	22	41	103	Rp 412,000,000
60% - 75%	1	18	0	5	5	4	33	Rp 198,000,000
75% - 99%	2	4	0	3	4	5	18	Rp 1,530,000,000
<i>Crack</i>	19	63	2	21	62	88	255	Rp 510,000,000
<i>sand drop</i>	12	75	4	6	64	92	252	Rp 554,000,000

Berdasarkan data Tabel 4.27 diketahui bahwa total kerugian yang dialami oleh perusahaan akibat terjadinya *defect* selama 6 periode terakhir yakni sebesar Rp 3.656.400.000, sehingga permasalahan mengenai *waste defect* merupakan sesuatu yang harus ditangani secara fokus oleh perusahaan.

4.2.1.3 *Overproduction*

Waste overproduction tidak terjadi di perusahaan pada proses produksi *bogie S2HD-9C* karena sistem produksi yang dijalankan bersifat *make to order*.

4.2.1.4 *Waiting*

Indikator utama yang digunakan untuk *waste waiting* adalah terjadinya *downtime* pada mesin selama proses produksi *bogie S2HD-9C*. *Downtime* yang dimaksud meliputi terjadinya kerusakan mesin, terjadinya proses *rework* dan *downtime* lain yang tidak direncanakan oleh pihak perusahaan. Berikut ini adalah data *downtime* dari mesin proses produksi *bogie* selama tahun 2015.

Tabel 4. 28 Data *Downtime* Mesin Produksi *Bogie*

Bulan	Waktu Operasi (Jam)	Total <i>Downtime</i> (jam)	%
Januari	4693	166	3.54%
Februari	3464	79	2.28%
Maret	5098	204	4.00%
April	4833	193	3.99%
Mei	4796	147	3.07%
Juni	4708	141	2.99%
Juli	4830	198	4.10%
Agustus	4851	214	4.41%
September	4480	169	3.77%
Oktober	4935	174	3.53%
Nopember	5041	167	3.31%
Desember	4926	161	3.27%
Total	56655	2013	3.50%

Tabel 4.28 di atas menampilkan data mengenai waktu operasi standar mesin yang ditetapkan oleh perusahaan dan total *downtime* keseluruhan mesin produksi setiap bulannya seperti pada lampiran B. Nilai rata-rata Total waktu *downtime* mesin selama tahun 2015 yaitu mencapai 3.50% dari waktu operasi normalnya. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *sigma* dari *waiting waste downtime* pada tabel 4.29 berikut.

Tabel 4. 29 DPMO dan *Sigma Level Waiting*

Keterangan	Nilai
Jumlah <i>output</i> produksi	56655
Jumlah <i>Defect</i>	2013
<i>Defect</i> per Unit	0.033744028
Jumlah CTQ	1
Peluang tingkat <i>Defect</i> per karakteristik CTQ	0.033744
DPMO	33744.02816
Nilai <i>Sigma</i>	3.331

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.29 di atas, didapatkan bahwa nilai *sigma* untuk *waste waiting* sebesar 3,331. Semakin rendah nilai *sigma* level yang

diperoleh, berarti semakin tinggi tingkat *waiting* yang terjadi di perusahaan. Hal tersebut akan sangat berpengaruh terhadap panjangnya waktu *lead time* produksi produk *bogie* S2HD-9C dan memberikan kerugian finansial bagi perusahaan. Untuk menghitung besarnya biaya yang ditanggung oleh perusahaan akibat terjadinya *waiting* adalah dari segi pengeluaran gaji tenaga kerja atau operator dari mesin yang mengalami *downtime*. Operator yang mengoperasikan mesin di perusahaan bekerja dalam sistem shift, dimana satu shiftnya adalah 8 jam. Dalam satu bulan operator bekerja selama 24 shift dengan gaji per bulan dengan UMR Rp 2.707.000 dan gaji per jam untuk setiap operator adalah Rp 11.280, sehingga biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan akibat terjadinya *downtime* selama tahun 2015 adalah sebesar

$$Rp\ 11.280 \times 2013\ jam \times 10\ Operator = Rp\ 227.066.400$$

Jika kapasitas produksi rata-rata total bulanan adalah sebesar 18.25 ton, maka waktu yang terbuang akibat terjadinya *downtime* adalah sebesar

$$3,40\% \times 18.25 = 0.621$$

Maka biaya *lost opportunity* yang ditanggung oleh perusahaan setiap bulannya adalah sebesar

$$Rp\ 85000000 \times 0.621 = Rp\ 52.785.000$$

Dan biaya *lost opportunity* yang ditanggung oleh perusahaan setiap tahunnya adalah sebesar

$$Rp\ 52.785.000 \times 12 = Rp\ 633.420.000$$

Selain biaya tenaga kerja, berdasarkan hasil pengamatan pada pengeluaran perusahaan sebagai akibat terjadinya *downtime* adalah biaya pembelian *sparepart* mesin yang rusak. Berdasarkan data perusahaan, total biaya *sparepart* yang dibeli untuk perbaikan mesin *grinding*, *heat treatment*, *induction furnace*, dan mesin *hanger shoot blast* adalah sebesar Rp 118.575.000 sehingga biaya total kerugian akibat *downtime* mesin adalah sebesar Rp 3.285.675.000.

4.2.1.5 *Not Utilizing Employee*

Pada dasarnya jenis *waste* ini tidak banyak mempengaruhi proses produksi *bogie* di PT. Barata Indonesia karena selama pengamatan berlangsung tidak ada operator yang menganggur selama melakukan pekerjaan pada proses produksi di *workshop* 1 dan sebagian besar operator sudah cukup berpengalaman dalam bidang pengecoran dan permesinan yang diperlukan selama proses produksi *bogie* S2HD-9C. Selain itu permasalahan ini juga sudah mampu di atasi oleh pihak manajemen perusahaan sehingga jenis *waste* ini tidak dianggap sebagai permasalahan yang mengganggu kualitas produksi perusahaan dan tidak perlu dilakukan perhitungan terhadap besarnya nilai *sigma* dan kerugian finansial.

4.2.1.6 *Transportation*

Selama penelitian berlangsung dan berdasarkan hasil brainstorming dengan pihak perusahaan, proses produksi *bogie* S2HD-9C tidak mengalami masalah yang signifikan dalam hal transportasi sehingga tidak dilakukan perhitungan pada fase *measure* terkait nilai *sigma* dan DPMO.

4.2.1.7 *Inventory*

Jenis *waste* ini terjadi ketika menunggu proses pengecoran ke proses permesinan hingga proses *assembly* akhir produk *bogie*. Bentuknya berupa *inventory work in process* (WIP) komponen minor yang menunggu komponen *bolster* dan *side frame* selesai. Hal ini terjadi karena proses produksi *bolster* dan *side frame* yang lebih panjang dari keempat komponen lainnya. Pada rantai produksi sudah disediakan tempat khusus untuk menyimpan material WIP komponen *bogie* dan untuk *inventory* bahan baku serta produk akhir tidak mengalami permasalahan karena bahan baku selalu disesuaikan dengan jumlah pesanan dari pihak SCT.

4.2.1.8 *Motion*

Waste motion pada proses produksi produk *bogie* S2HD-9C terjadi dikarenakan adanya *waste* lain. Contohnya yakni banyaknya pergerakan yang tidak perlu dilakukan oleh operator untuk memindahkan produk *defect* ke stasiun

pengelasan dan pergerakan untuk melakukan *corrective action* pada mesin saat terjadi gangguan sehingga menghambat laju produksi. Berdasarkan brainstorming dengan pihak perusahaan, diketahui bahwa permasalahan dari *waste* ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pemborosan di perusahaan. Sehingga tidak diperlukan analisa lebih jauh terhadap *waste* ini.

4.2.1.9 Excess Processing

Excess processing terjadi karena adanya proses berlebih yang dilakukan terhadap suatu produk. Indikator yang dapat digunakan untuk mengukur *excess processing* adalah frekuensi terjadinya *rework* terhadap produk *defect*. Berdasarkan pengamatan dan brainstorming dengan pihak perusahaan, *rework* dapat terjadi untuk setiap jenis *defect* yang berpengaruh pada produk *bogie* seperti *shrinkage*, *crack*, *hardness*, *cross joint*, *coldshut*, dan *sand drop*. Jenis *rework* yang dilakukan untuk setiap jenis cacat produk sesuai dengan tingkat keparahannya setelah dilakukan inspeksi. Umumnya jenis *rework* yang dilakukan untuk produk cacat adalah dengan pengelasan, *grinding*, *annealing*, dan peleburan kembali. Tabel 4.30 berikut merupakan data keseleuruhan *defect* dan frekuensi *rework* produk *bogie*.

Tabel 4. 30 Frekuensi *Rework* Produk

Defect	Frekuensi Rework	Persentase
<i>Shrinkage</i>		
20% - 35%	226	3.85%
36% - 60%	103	1.74%
60% - 75%	33	0.56%
75% - 99%	18	0.30%
<i>Crack</i>	255	4.31%
<i>Hardness</i>	252	4.26%
<i>Sand drop</i>	82	1.39%
<i>Cross Joint</i>		
20% - 60%	49	0.83%
60%-90%	12	0.20%
<i>Coldshut</i>	80	1.35%
Total	1110	18.75%

Berdasarkan Tabel 4.30 diketahui bahwa total *rework* yang terjadi adalah sebesar 18,75% dari jumlah total *bogie* S2HD-9C yang diproduksi dengan total keseluruhan *defect* yang dapat dilakukan *rework* sebanyak 1110. Mengacu kepada kondisi di lapangan bahwa jenis *defect* dengan karakteristik tertentu dapat dilakukan perbaikan dengan menggunakan proses permesinan, maka CTQ untuk *excess processing* ini dihitung berdasarkan jenis *defect* yang terjadi. Tabel 4. 31 berikut merupakan perhitungan nilai *sigma* untuk *waste overprocessing* berdasarkan jumlah frekuensi *rework* yang terjadi.

Tabel 4. 31 DPMO dan Nilai *Sigma Excess Processing*

Keterangan	Nilai
Jumlah <i>output</i> produksi	5920
Jumlah <i>Defect</i>	1110
<i>Defect per Unit</i>	0.187531678
Jumlah CTQ	6
Peluang tingkat <i>Defect</i> per karakteristik CTQ	0.03125528
DPMO	31255.27961
Nilai <i>Sigma</i>	3.372

Dari Tabel 4.31 di atas didapatkan besarnya nilai *sigma* level pada perusahaan untuk pemborosan *excess processing* adalah sebesar 3,372 *sigma*. Dengan menggunakan biaya *rework* yang telah diketahui sebelumnya , dilakukan perhitungan biaya *rework* untuk semua jenis *defect* yang dapat dilakukan proses *rework*. Berikut ini adalah *defect* yang terjadi serta *rework* yang dilakukan untuk memperbaiki *bogie* hingga siap dilakukan proses lanjutan. Berikut ini adalah perhitungan biaya *rework* total yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

Tabel 4. 32 Biaya *Rework* Produk

<i>Rework</i>	Frekuensi	Biaya
Las	746	Rp 1,830,000,000.00
<i>Annealing</i> + Las	252	Rp 504,000,000.00
<i>Grinding</i> + Las	82	Rp 180,400,000.00
Lebur Kembali	30	Rp 2,550,000,000.00
	Biaya Total	Rp 5,064,400,000.00

Berdasarkan tabel 4.32 tersebut, diketahui bahwa total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan *rework* terhadap jenis *defect* yang terjadi selama enam periode sebesar Rp 5.064.400.000.

4.3 Pemilihan Waste Kritis

Setelah dilakukan fase *measure* terhadap *waste* yang terjadi di lantai produksi, maka langkah selanjutnya adalah menentukan *waste* kritis yang perlu dilakukan analisa lebih lanjut pada bab selanjutnya. Dimana penentuan *waste* kritis ini didasarkan pada dampak biaya finansial yang terbesar terhadap adanya permasalahan yang ditimbulkan dari *waste* tersebut. Berikut ini adalah *waste* yang memberikan dampak *financial* bagi perusahaan.

Tabel 4. 33 Dampak Finansial yang Ditimbulkan Waste

<i>Waste</i>	Biaya
<i>Excess Processing</i>	Rp 5.064.400.000
<i>Defect</i>	Rp 3.606.000.000
<i>Waiting</i>	Rp 3.285.675.000

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.33 tersebut maka dapat dilanjutkan ke fase *analyze* dengan *waste* kritis hasil perhitungan penelitian dan pertimbangan perusahaan adalah sebagai berikut :

- a. *Defect waste*
- b. *Waiting waste*
- c. *Excess processing waste*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

ANALISIS DAN PERBAIKAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai tahapan *analyze* dan *improve* pada penelitian ini. Analisis dilakukan terhadap akar penyebab dari *waste* yang berpengaruh dan terhadap nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang muncul. Selanjutnya dibuat alternatif kebijakan perbaikan berdasarkan hasil FMEA dan dilakukan pemilihan kebijakan alternatif perbaikan terbaik menggunakan kriteria penilaian yang dirumuskan dengan pihak perusahaan. Pada bagian *Improvement* akan dijelaskan mengenai rekomendasi-rekomendasi yang diberikan.

5.1 Analyze

Pada fase *analyze* ini dilakukan analisa terhadap *waste* kritis yang telah diidentifikasi dengan mencari akar permasalahan yang menyebabkan *waste* kritis dan mencari penyebab paling kritis dari terjadinya *waste* kritis. Berikut merupakan analisis dari setiap jenis *waste* terpilih.

5.1.1 Analisis Akar Penyebab Terjadinya Waste Kritis (*Root Cause Analysis*)

Root Causes Analysis (RCA) Merupakan sebuah metode yang berfungsi untuk mencari akar penyebab permasalahan. Dimana pada penelitian ini RCA digunakan untuk mencari akar penyebab terjadinya *waste* kritis di perusahaan. Untuk mendapatkan informasi secara detail terhadap pencarian akar penyebab masalah digunakan tabel 5 *why* dan peneliti melakukan pengamatan langsung di lantai produksi *workshop* 1 serta *brainstorming* dengan operator produksi dan pihak *expert* perusahaan.

5.1.1.1 RCA Defect Waste

Analisis RCA untuk *defect waste* ini dilakukan dengan mencari akar permasalahan terjadinya keropos dan *crack* pada mantel selama proses produksi. Dampak kerugian finansial yang ditimbulkan dari *defect waste* ini cukup besar, sehingga diharapkan dengan mengetahui akar permasalahannya dapat dilakukan

langkah-langkah antisipasi terhadap *defect*. Berikut ini analisis 5 *whys* untuk *waste defect shrinkage, crack, dan sand drop* pada komponen *bolster* dan *side frame*.

Tabel 5. 1 RCA *Defect Waste (Shrinkage)*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>	
<i>Defect</i>	<i>Shrinkage</i>	Kesalahan dimensi cetakan	Kesalahan dimensi modul <i>riser</i> dan modul <i>casting</i>	Kurangnya ketelitian operator	Tidak adanya inspeksi pada <i>riser</i>	N/A	
			Kesalahan dalam pembuatan saluran udara	Kurangnya saluran udara pada cetakan	Tidak adanya standarisasi mengenai batas dimensi dan jumlah saluran udara	N/A	
		Komposisi material tidak sesuai	Proses <i>coating</i> yang tidak merata pada cetakan	Pengeringan cetakan tidak sesuai waktu	Kurangnya ketelitian operator	N/A	
			Tercampurnya bahan baku dengan sisa material peleburan sebelumnya	Kurangnya kebersihan mesin <i>arc furnace</i>	Jarangnya dilakukan pembersihan mesin	Tidak adanya waktu pembersihan mesin <i>arc furnace</i>	
			Kualitas material kurang baik	Penggunaan material daur ulang	Tidak terdapat pengecekan material daur ulang	Jadwal peleburan material sangat padat	
						Tidak adanya standarisasi tentang pemakaian material daur ulang	
		Kesalahan proses pengecoran	Pergeseran <i>chill</i> selama proses solidifikasi	Tingginya tingkat turbulensi saat penuangan	Terlalu tingginya temperatur penuangan	Kurangnya tingkat permeabilitas pasir	
			Kepadatan cetakan kurang	Sudut <i>casting</i> yang terlalu tajam	Posisi <i>Flask</i> terlalu sempit	Tidak dilakukannya pengecekan suhu oleh operator	
							N/A

Tabel 5. 2 RCA Defect Waste (Crack)

Waste	Sub Waste	Why 1	Why2	Why 3	Why 4	Why 5	
Defect	Crack	Kesalahan desain cetakan	Kesalahan dalam penempatan <i>riser</i>	Kesalahan dimensi modul <i>riser</i> pada cetakan	N/A	N/A	
			Dimensi <i>core</i> melebihi cetakan	<i>Binder</i> pada cetakan terlalu besar	Kekerasan pasir cetak kurang	N/A	
		Terjadi benturan pada <i>side frame</i>	Terjadinya tubrukan pada tumpukan <i>side frame</i> ketika diangkut	Operator terburu-buru mengoperasikan <i>crane</i>	Operator kurang berpengalaman	N/A	
				<i>Crane</i> sulit dikendalikan	<i>Crane</i> kurang terawat	N/A	
		Komposisi material tidak sesuai	Kelebihan komposisi sulfur dan fosfor	Alat penimbang tidak berfungsi dengan baik	Tidak dilakukan pengecekan oleh operator	Kurangnya ketelitian operator	
				Tercampurnya bahan baku dengan sisa material peleburan sebelumnya	Kuranganya kebersihan mesin <i>arc furnace</i>	Jarangnya dilakukan pembersihan mesin	Tidak adanya waktu pembersihan mesin <i>arc furnace</i>
							Jadwal peleburan material sangat padat
		Kesalahan proses pengecoran	Tingkat kekeringan <i>casting</i> tidak merata	Kesalahan dalam proses <i>pouring</i>	Adanya selang waktu (<i>delay</i>) dalam penuangan logam	Logam cair membeku sebelum dituangkan	
				Pemotongan saluran <i>ingate</i> terlalu cepat	Gerinda dilakukan saat komponen masih panas	Tidak memperhitungkan kekuatan tarik komponen sebelum proses gerinda	N/A
				Proses <i>heat treatment</i> yang buruk	Temperatur mesin <i>heat treatment</i> terlalu tinggi	Rentang waktu <i>quenching & tempering</i> yang lama	Pemenuhan kapasitas <i>furnace</i>

Tabel 5. 3 RCA Defect Waste (Sand Drop)

Waste	Sub Waste	Why 1	Why2	Why 3	Why 4	Why 5	
Defect	Sand drop	Kesalahan dimensi cetakan	Kesalahan dalam menentukan dimensi sistem saluran	Kurangnya ketelitian operator	N/A	N/A	
			Adanya lubang pada cetakan	Pembongkaran terlalu dini cetakan	Ketidapatuhan terhadap SOP	N/A	
			Bentuk cetakan dua sisi yang tidak rata	Permukaan pasir cetak mengandung banyak <i>hidrogen</i>	Pengadukan pasir yang tidak rata	N/A	
		Kesalahan proses pengecoran	Terjadinya turbulensi pada moulding cetakan	Cairan logam pada proses penuangan menaiki cetakan	Proses <i>pouring</i> tidak tepat pada saluran turun	Sudut penuangan terlalu tinggi	
			Kebersihan cairan pada dapur dan <i>ladle</i> kurang		Kurangnya kebersihan mesin <i>arc furnace</i>	Jarangnya dilakukan pembersihan mesin	Tidak adanya waktu pembersihan mesin <i>arc furnace</i>
							Jadwal peleburan material sangat padat

Berdasarkan tabel 5.1 , 5.2, dan 5.3 di atas diketahui bahwa rata-rata penyebab terjadinya *defect* pada proses produksi adalah kesalahan operator, baik dari ketidakdisiplinan terhadap SOP, tidak adanya standarisasi untuk beberapa aktivitas kritis dalam pembuatan pola cetakan & pengecoran, kesalahan perlakuan panas, dan kurang bersihnya peralatan *furnace* yang digunakan sehingga mengganggu komposisi material.

5.1.1.2 RCA Waiting Waste

Analisis terhadap *waste waiting* dilakukan dengan mempertimbangkan apa saja yang menyebabkan terjadinya *waiting* selama proses produksi komponen *bogie S2HD-9C*. Salah satunya adalah *downtime* dari mesin *furnace* dan *heat treatment* ketika terjadi kerusakan mesin yang membutuhkan waktu lama dalam melakukan perbaikan dan ketika terdapat waktu tunggu pada proses *assembly* komponen yang

terlambat akibat terjadinya *defect* pada proses sebelumnya. Berikut ini adalah RCA dari *waiting waste*.

Tabel 5. 4 RCA *Waiting Waste*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Waiting</i>	<i>Downtime mesin Produksi</i>	<i>Downtime mesin Furnace</i>	Terdapat kerusakan pada <i>inductor lining</i>	Terjadi kebocoran cairan logam dari dalam <i>arc furnace</i>	Terputusnya kabel antena <i>sensor lining</i>	Pengawasan performansi mesin yang dilakukan kurang optimal
			Terjadi kebocoran pada selang air pendingin	Terjadi pengikisan pada klem	Pengawasan performansi mesin yang dilakukan kurang optimal	Kurangnya kedisiplinan operator mengisi <i>checklist</i> kondisi mesin
			Terjadi kerusakan pada <i>recirculatory pump</i>	Menurunnya daya alir listrik dari <i>coil</i>	Aktivitas <i>maintenance</i> yang kurang optimal	Aktivitas <i>preventive maintenance</i> yang tidak sesuai dengan yang telah disusun
			Proses pembakaran berlebihan pada proses <i>melting</i>	<i>Overheating</i> pada daya alir listrik dari <i>coil</i>	Terjadinya pemindahan temperatur secara mendadak	Operator tidak mematuhi SOP
			Terhambayanya aliran elektroda	Tidak berfungsinya <i>igniterburner</i>	Pengawasan performansi mesin yang dilakukan kurang optimal	Kurangnya pemahaman operator terhadap performansi mesin
					Aktivitas <i>maintenance</i> yang kurang optimal	Catatan harian <i>maintenance</i> mesin tidak lengkap
					Setting tekanan <i>coil sucker</i> tidak sesuai	Kotornya <i>coil sucker</i>
		Mesin <i>grinding</i> rusak	Poros mesin <i>grinding</i> aus	Terjadinya gesekan kasar pada poros	Kurangnya pelumasan	Tidak diberikannya pelumasan oleh operator secara terjadwal

Tabel 5. 4 RCA Waiting Waste (lanjutan)

Waste	Sub Waste	Why 1	Why2	Why 3	Why 4	Why 5
Waiting	<i>Downtime mesin Produksi</i>	<i>Downtime mesin heat treatment</i>	Terhambatnya pengaliran udara panas proses tempering	Terjadi aus pada <i>box heat boiler</i>	Kurang bersihnya saluran pada komponen <i>circulating fan</i>	Tidak dibersihkan saluran <i>fan</i> oleh operator secara terjadwal
	<i>Waiting proses assembly</i>	Fasilitas material handling tidak dapat beroperasi	Terjadi <i>downtime</i> pada <i>material handling</i>	Terjadi <i>overheating</i> mesin	Rusaknya <i>valve</i> pada <i>radiator</i>	Tidak dilakukan pengecekan secara terjadwal terhadap <i>material handling</i>
					Tekanan injeksi yang terlampau tinggi	Kurangnya pemahaman operator terhadap performansi mesin
		Terjadi <i>Defect</i> pada komponen <i>side frame</i>	Tidak tersedianya <i>material handling</i>	Terbatasnya jumlah <i>forklift</i> di <i>workshop 1</i>	Tidak terencananya perputaran <i>rate forklift</i>	
			Proses pengecoran yang tidak sempurna	Terjadi <i>Defect</i> pada komponen <i>side frame</i>	N/A	N/A
			Proses permesinan yang tidak sempurna	Terjadi <i>Defect crack</i> pada komponen <i>side frame</i>	N/A	N/A

Berdasarkan *brainstorming* dengan pihak perusahaan dan memperhatikan data *downtime* mesin produksi, didapatkan bahwa mesin yang paling sering mengalami kerusakan adalah mesin *arc furnace*, *induction furnace*, dan *heat treatment*. Berdasarkan tabel 5.4 di atas diketahui bahwa *waiting* dipengaruhi oleh *downtime* mesin produksi dan keterlambatan proses *assembly* akibat proses *rework* terhadap produk *defect*. Kerusakan mesin terjadinya karena kurangnya kedisiplinan pihak perusahaan dalam melakukan *preventive maintenance* dan kurangnya pemahaman operator produksi terhadap mesin sehingga tidak bisa langsung

melakukan tindakan *corrective action* saat terjadi indikasi kerusakan. Kebersihan komponen mesin yang tidak terawat akan menimbulkan dampak bagi proses pengecoran yang dilakukan, contohnya saja yaitu terjadinya pengikisan klem akibat saringan yang kotor sehingga mempengaruhi kejadian *overheating* proses peleburan dan merusak komposisi bahan baku cor.

5.1.1.3 RCA *Excess Processing Waste*

Pada analisis *excess processing waste* akan dilakukan metode RCA untuk mencari penyebab utama terjadinya *excess processing*. Karena jika dilihat dari segi biaya, dilakukannya *rework* merupakan biaya terbesar yang dikeluarkan oleh perusahaan dan sangat berkaitan erat dengan jumlah *defect* yang dihasilkan. Berikut ini adalah RCA *excess processing*.

Tabel 5. 5 RCA *Excess Processing Waste*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Excess Processing</i>	Penge lasan	Terjadi <i>Defect</i> pada komponen	Teridentifikasi cacat dengan tingkat keparahan 20%-75% pada komponen	Terjadi kesalahan pada proses pengecoran	Material tercampur dengan sisa material peleburan lain	Tidak adanya waktu pembersihan mesin <i>arc furnace</i>
			Kesalahan dalam melakukan <i>marking</i> bidang komponen		Operator salah dalam memahami desain	Terjadinya <i>crack</i> pada komponen
					N/A	N/A

Tabel 5. 5 RCA *Excess Processing Waste* (lanjutan)

Waste	Sub Waste	Why 1	Why2	Why 3	Why 4	Why 5
<i>Excess Processing</i>	Peleburan kembali	Terjadi <i>defect</i> pada komponen	Teridentifikasi cacat dengan tingkat keparahan 75%-90% pada komponen	Terjadi kesalahan pada proses pengecoran	Tercampurnya material bahan baku dengan non material	N/A
		Terjadi kegagalan proses <i>assembly</i>	Kesalahan dalam melakukan marking bidang komponen	Kesalahan dalam pengukuran dimensi diameter sambung komponen	Kurangnya ketelitian operator	N/A

Berdasarkan tabel 5.5 di atas dapat diketahui bahwa terjadinya *waste excess processing* terjadi karena adanya *defect* dengan karakteristik tertentu sehingga memerlukan *rework* terhadap komponen. Proses *rework* komponen produk umumnya dilakukan dengan proses pengelasan, *annealing*, dan proses permesinan untuk dapat menambah kepadatan dari komponen yang terkikis selama proses pengecoran. Untuk tingkat keparahan cacat yang terjadi dengan presentase di atas 75% maka produk tersebut akan dilebur kembali sehingga memerlukan waktu yang lebih lama dan mempengaruhi lead time keseluruhan proses produksi *bogie S2HD-9C*.

5.1.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Setelah didapatkan akar penyebab permasalahan adanya *waste* kritis, maka langkah berikutnya adalah memilih penyebab permasalahan paling kritis berdasarkan kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection*. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat tabel kriteria dan *ranking* penilaian untuk masing-masing kriteria. Selanjutnya dilakukan input akar penyebab permasalahan sebagai bentuk kegagalan pada FMEA. Penyebab permasalahan ini akan digunakan untuk menentukan besarnya effect (dampak) dan kemampuan terdeteksinya kegagalan (*detection*) tersebut. Penilaian untuk mendapatkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* terhadap semua bentuk kegagalan dilakukan dengan cara brainstorming dengan pihak perusahaan dan pengamatan langsung.

5.1.2.1 FMEA *Defect Waste*

Dalam melakukan penilaian pada analisis FMEA, perlu ditentukan terlebih dahulu kriteria-kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Di bawah ini adalah ketiga kriteria tersebut yang digunakan untuk pengukuran *defect waste*.

Tabel 5. 6 Kriteria Penilaian *Severity* Penyebab *Defect Waste*

Effect	Indikator	Rating
Tidak ada	Kegagalan produk tidak berdampak pada proses produksi	1
Sangat minor	Gangguan sangat kecil terhadap proses produksi	2
	Kegagalan produk tidak berdampak pada proses produksi	
	Tidak ada akibat langsung	
Minor	Gangguan sangat kecil terhadap proses produksi	3
	Kegagalan produk tidak berdampak pada proses produksi	
	Berpotensi terjadi kerusakan produk	
Sangat Rendah	Gangguan kecil terhadap aktivitas produksi	4
	Kegagalan produk pasti terjadi tetapi dapat diabaikan	
Rendah	Gangguan kecil terhadap aktivitas produksi	5
	Kegagalan produk pasti terjadi (dapat terlihat atau tidak terlihat)	
	Berpotensi membutuhkan sedikit repair	
Sedang	Gangguan sedang terhadap proses produksi	6
	Kegagalan produk mempengaruhi proses berikutnya	
	Mebutuhkan sedikit repair (0-2 jam)	
Tinggi	Gangguan sedang terhadap proses produksi	7
	Kerusakan produk pasti terjadi dan dapat terlihat	
	Mebutuhkan repair (2-3 jam)	
Sangat Tinggi	Gangguan besar terhadap proses produksi	8
	Kerusakan produk pasti terjadi, dapat terlihat, dan mengakibatkan gangguan peralatan mesin	
	Mebutuhkan repair (3-5 jam)	
Berbahaya	Gangguan sangat serius terhadap proses produksi	9
	Kerusakan produk tidak dapat ditolerir lagi (cacat lebih dari 90%) dan mempengaruhi proses secara keseluruhan	
	Mebutuhkan <i>rework</i> 42 jam	

Tabel 5.6 Kriteria Penilaian *Severity* Penyebab *Defect Waste* (lanjutan)

<i>Effect</i>	Indikator	<i>Rating</i>
Sangat Berbahaya	Gangguan sangat serius terhadap proses produksi	10
	Kerusakan produk tidak dapat ditolerir lagi (cacat lebih dari 90%) dan mempengaruhi proses secara keseluruhan	
	Mebutuhkan <i>Rework</i> 42 jam dan mengakibatkan gangguan mesin hingga mesin berhenti	

Skala *severity* pada *defect* yang disebabkan oleh *jenis potential cause* yang dibuat berdasarkan jenis gangguan akibat kerusakan komponen yang akan diterima perusahaan jika *potential cause* tersebut terjadi.

Tabel 5. 7 Kriteria Penilaian *Occurrence* Penyebab *Defect Waste*

<i>Occurrence</i>	Probabilitas Kejadian	<i>Rating</i>
Tidak pernah	0%	1
Jarang	0%-2%	2
	3%-5%	3
Kadang-kadang	6%-8%	4
	9%-11%	5
Cukup sering	12%-14%	6
	15%-17%	7
Sering	18%-20%	8
	21%-23%	9
Sangat sering	>23%	10

Skala *occurrence* pada *defect waste* didapatkan dari peluang frekuensi penyebab mekanisme kegagalan yang akan terjadi, sehingga dapat menghasilkan mode kegagalan yang memberikan akibat tertentu.

Tabel 5. 8 Kriteria Penilaian *Detection* Penyebab *Defect Waste*

<i>Detection</i>	Keterangan	<i>Rating</i>
Hampir pasti	<i>Defect</i> dapat langsung dideteksi	1
	Tidak membutuhkan alat bantu deteksi	
	Hasil deteksi sangat akurat	
Sangat mudah	<i>Defect</i> dapat dideteksi dengan inspeksi visual	2
	Tidak membutuhkan alat bantu deteksi	
	Hasil deteksi akurat	
Mudah	Mebutuhkan alat bantu untuk mendeteksi <i>Defect</i>	3
	<i>Defect</i> baru dapat diketahui setelah terjadi	

Tabel 5. 8 Kriteria Penilaian *Detection* Penyebab *Defect Waste* (lanjutan)

<i>Detection</i>	Keterangan	Rating
Sedikit mudah	Mebutuhkan alat bantu untuk mendeteksi <i>Defect</i>	4
	<i>Defect</i> dapat diketahui saat proses telah selesai	
Sedang	Mebutuhkan alat bantu dalam mendeteksi <i>Defect</i>	5
	<i>Defect</i> baru terdeteksi saat dilakukan analisa lebih lanjut	
Sedikit sulit	Mebutuhkan alat bantu yang lebih canggih	6
	Dibutuhkan metode untuk mengetahui <i>Defect</i> yang terjadi	
Sulit	Mebutuhkan alat bantu yang canggih	7
	<i>Defect</i> mulai sulit dideteksi	
Cukup sulit	Mebutuhkan alat bantu yang canggih	8
	Hasil deteksi tidak akurat	
Sangat sulit	Alat bantu mulai tidak dapat digunakan untuk mendeteksi	9
	Hasil deteksi buruk	
	<i>Defect</i> baru diketahui setelah dilakukan evaluasi	
Hampir tidak mungkin	<i>Defect</i> tidak dapat terdeteksi sama sekali oleh alat deteksi	10

Skala *detection* yang dibangun untuk *defect waste* dibentuk dengan melakukan pengukuran terhadap munculnya *potential cause* yang menyebabkan *defect* pada komponen.

Setelah didapatkan kriteria penilaian terhadap *severity*, *occurrence* dan *detection*. Selanjutnya dapat dilakukan penilaian terhadap semua jenis kegagalan yang terjadi. Berikut ini hasil penilaian potensi kegagalan untuk jenis *defect waste*.

Tabel 5. 9 FMEA untuk *Defect Waste*

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
<i>Defect</i>	Terjadi <i>shrinkage</i>	Bergesernya <i>chill</i> saat proses solidifikasi logam sehingga kurangnya kepadatan cor	5	Tidak dilakukannya pengecekan suhu saat melakukan proses <i>pouring</i>	4	Pengawasan lapangan	4	80

Tabel 5.9 FMEA untuk *Defect Waste* (lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
<i>Defect</i>	Terjadi <i>shrinkage</i>	Bergesernya <i>chill</i> saat proses solidifikasi logam sehingga kurangnya kepadatan cor	5	Tidak dilakukannya pengecekan suhu saat melakukan proses pouring	4	Pengawasan lapangan	4	80
			6	Sudut penuangan yang terlalu tajam sehingga posisi <i>flask</i> menyempit	4	<i>Checklist SOP Pouring</i>	3	72
	Munculnya <i>crack</i>	Terdapat selisih dimensi antara <i>core</i> dan cetakan sehingga menimbulkan turbulensi cairan	4	Kesalahan dalam pembuatan dimensi modul <i>riser</i> cetakan	4	Pengawasan lapangan	4	64
			5	Kekerasan pasir cetak yang kurang dan lembap	4	Pengawasan lapangan	3	60
		<i>Side frame</i> menabrak mesin ketika dibawa dengan <i>material handling</i>	6	Operator kurang berpengalaman	4	Pengawasan lapangan	3	72
			5	Kurangnya perawatan <i>crane</i>	5	Pengawasan lapangan	5	125
		Terdapat campuran pasir dan sisa material lain dari proses peleburan sebelumnya sehingga mengganggu komposisi material	7	Kurangnya ketelitian operator dalam melakukan penambahan komposisi bahan baku <i>sulfur</i> dan <i>fosfor</i> pada saat peleburan	4	<i>Checklist SOP melting</i> dan komposisi bahan baku	5	140

Tabel 5.9 FMEA untuk *Defect Waste* (lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
<i>Defect</i>	Munculnya <i>crack</i>	Terdapat campuran pasir dan material lain dari proses peleburan sebelumnya sehingga merusak komposisi material	6	Tidak adanya waktu pembersihan <i>mesin furnace</i>	7	Pengecekan jadwal pengecoran	3	126
			6	Jadwal pengecoran yang sangat padat	6	Pengecekan jadwal pengecoran	3	108
	Kelebihan suhu panas pada proses <i>heat treatment</i> sehingga berpotensi membuat produk menjadi <i>getas</i>	8	Adanya selang waktu selama proses <i>pouring</i> sehingga logam cair membeku sebelum dituangkan dan kekeringan yang tidak merata	5	Pengawasan lapangan	3	120	
		4	Proses pemotongan <i>ingate</i> yang terlalu cepat tanpa memperhatikan kekuatan tarik komponen	4	Melihat SOP <i>grinding</i>	3	48	
		6	Suhu dan durasi proses <i>tempering</i> yang tidak tepat	5	<i>Checklist</i> SOP proses <i>heat treatment</i>	4	120	

Tabel 5.9 FMEA untuk *Defect Waste* (lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurenc</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
<i>Defect</i>	Terjadi <i>sand drop</i>	Kesalahan dalam pembuatan dimensi cetakan yang mempengaruhi fungsi saluran udara cetakan dan <i>compactibility</i> cetakan	6	Kurangnya ketelitian operator dalam melakukan pengukuran dimensi	3	Melihat SOP <i>Pattern Making</i>	4	72
			5	Pembongkaran cetakan yang terlalu dini akibat kesalahan inspeksi	5	Melihat SOP <i>Pattern Making</i>	3	75
			3	Proses <i>mixing</i> pasir yang tidak merata dan tidak sesuai durasi	5	Pengawasan lapangan	3	45
		Terjadinya turbulensi pada saat penuangan cairan logam dan kurangnya kebersihan dari <i>ladle</i>	5	Sudut penuangan yang terlalu tinggi oleh operator dan adanya selang waktu saat penuangan	5	Pengawasan lapangan	3	75
			6	Tidak adanya waktu pembersihan mesin <i>furnace</i>	5	Pengecekan jadwal pengecoran	5	150
			6	Jadwal pengecoran yang sangat padat	5	Pengecekan jadwal pengecoran	5	150

Berdasarkan FMEA pada tabel 5.9 di atas, didapatkan bahwa penyebab yang paling kritis untuk permasalahan *defect* di perusahaan adalah kesalahan atau kecerobohan operator dan tidak tersedianya SOP detail pada aktivitas kritis pada proses pembuatan cetakan, pengecoran, dan perlakuan panas (*heat treatment*).

5.1.2.2 FMEA *Waiting Waste*

Dalam melakukan penilaian pada analisis FMEA, perlu ditentukan terlebih dahulu kriteria-kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Di bawah ini adalah ketiga kriteria tersebut yang digunakan untuk pengukuran *waiting waste*.

Tabel 5. 10 Kriteria Penilaian *Severity* Penyebab *Waiting Waste*

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak ada pengaruh terhadap proses produksi	1
Sangat minor	Proses produksi dapat beroperasi dengan sedikit gangguan	2
Minor	Proses produksi dapat beroperasi dengan kinerja mengalami beberapa penurunan	3
Sangat rendah	Proses produksi dapat beroperasi dengan kinerja mengalami penurunan secara signifikan	4
Rendah	Proses produksi tidak dapat beroperasi tanpa adanya kerusakan mesin	5
Sedang	Proses produksi tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil (<i>minor</i>) pada mesin	6
Tinggi	Proses produksi tidak dapat beroperasi dengan kerusakan peralatan mesin	7
Sangat tinggi	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kegagalan menyebabkan kerusakan tanpa membahayakan keselamatan	8
Berbahaya	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi sistem <i>safety</i> dengan peringatan dan mengganggu sebagian besar proses produksi	9
Sangat berbahaya	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi sistem <i>safety</i> tanpa peringatan dan hampir seluruh proses produksi tidak dapat beroperasi	10

Skala *severity* pada *waiting time* yang disebabkan oleh jenis *potential cause* yang dibuat berdasarkan lama waktu yang akan diterima perusahaan jika *potential cause* tersebut terjadi.

Tabel 5. 11 Kriteria penilaian *Occurrence* Penyebab *Waiting Waste*

<i>Occurrence</i>	Probabilitas Kejadian	<i>Rating</i>
Tidak pernah	Lebih dari satu tahun	1
Jarang	Satu tahun sekali	2
	Enam bulan sekali	3
Kadang-kadang	Tiga bulan sekali	4
	Dua bulan sekali	5
Cukup sering	Satu bulan sekali	6
	Dua minggu sekali	7
Sering	Satu minggu sekali	8
	Tiga hari sekali	9
Sangat sering	Setiap hari terjadi	10

Skala *occurrence* pada *waiting waste* dibentuk berdasarkan banyaknya kejadian *potential cause* pada *waiting time* dalam rentang waktu tahunan hingga harian.

Tabel 5. 12 Kriteria penilaian *Detection* Penyebab *Waiting Waste*

<i>Detection</i>	Keterangan	<i>Rating</i>
Hampir pasti	Kerusakan dapat langsung dideteksi	1
	Tidak membutuhkan alat bantu deteksi	
	Hasil deteksi sangat akurat	
Sangat mudah	Kerusakan dapat dideteksi dengan inspeksi visual	2
	Tidak membutuhkan alat bantu deteksi	
	Hasil deteksi akurat	
Mudah	Membutuhkan alat bantu untuk mendeteksi kerusakan	3
	Kerusakan baru dapat diketahui setelah terjadi	
Sedikit mudah	Membutuhkan alat bantu untuk mendeteksi kerusakan	4
	Kerusakan dapat diketahui saat proses telah selesai	
Sedang	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi kerusakan	5
	Kerusakan baru terdeteksi saat dilakukan analisa lebih lanjut	
Sedikit sulit	Membutuhkan alat bantu yang lebih canggih	6
	Dibutuhkan metode untuk mengetahui kerusakan yang terjadi	
Sulit	Membutuhkan alat bantu yang canggih	7
	Kerusakan mulai sulit dideteksi	
Cukup sulit	Membutuhkan alat bantu yang canggih	8
	Hasil deteksi tidak akurat	
Sangat sulit	Alat bantu mulai tidak dapat digunakan untuk mendeteksi	9
	Hasil deteksi buruk	
	Kerusakan baru diketahui setelah dilakukan evaluasi	
Hampir tidak mungkin	Kerusakan tidak dapat terdeteksi sama sekali oleh alat deteksi	10

Untuk skala *detection* yang dibangun untuk *waiting waste* dibentuk dengan melakukan pengukuran terhadap munculnya *potential cause* yang menyebabkan *waiting*. Setelah didapatkan kriteria penilaian terhadap *severity*, *occurrence* dan *detection*, dapat dilakukan penilaian terhadap semua jenis kegagalan yang terjadi.

Tabel 5. 13 FMEA untuk *Waiting Waste*

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
<i>Waiting</i>	<i>Downtime mesin produksi</i>	Terjadi kebocoran cairan logam ke dalam <i>lining induction furnace</i> dan berdampak pada proses <i>melting</i>	7	Kabel antena sensor pada <i>rectifier</i> terputus	5	Inspeksi Visual	4	140
		Terjadi kebocoran pada selang pendingin mengakibatkan overheating pada proses <i>melting</i>	5	Terkikisnya lapisan klem pada <i>bus tube</i>	6	Pengecekan mesin	6	180
			5	Tidak dibersihkannya <i>bus tube</i> sesuai jadwal perawatan	4	Pengecekan jadwal <i>maintenance</i>	4	80
		Terjadinya kerusakan pada <i>reciculatory pump</i> mesin <i>furnace</i>	6	Terjadinya pemindahan temperatur secara mendadak	5	Pengecekan mesin	3	90
		Peningkatan daya alir listrik dari <i>coil</i> sehingga terjadi <i>overheating</i>	7	Kebocoran elektroda pada lilitan <i>steam coil air heater</i>	5	Pengecekan mesin	5	175
		Tidak berfungsinya <i>igniter burner</i> untuk mengalirkan elektroda	6	Kurangnya tekanan pada <i>coil sucker</i>	5	<i>Adjustement, setting</i> ulang, dan <i>cleaning</i> komponen	4	120
		Terhambatnya perputaran poros mesin gerinda akibat gesekan yang terlalu kasar	6	Tidak dilakukannya pelumasan secara terjadwal	5	Pengecekan mesin	2	60

Tabel 5. 13 FMEA untuk *Waiting Waste* (lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
<i>Waiting</i>	<i>Downtime mesin produksi</i>	Terhambatnya proses pengaliran panas tempering akibat adanya aus pada <i>box heat boiler</i>	6	Tidak dibersihkannya <i>circulating fan</i> secara terjadwal	5	Pengecekan mesin	2	60
	<i>Waiting proses assembly</i>	Terjadi kerusakan pada <i>material handling</i> akibat <i>overheating</i> mesin	4	Rusaknya <i>valve</i> pada radiator	2	Pengecekan mesin	2	16
			4	Tekanan injeksi yang terlampaui tinggi	2	Pengecekan mesin	2	16
		Tidak tersedianya fasilitas <i>handling</i> pada <i>workshop 1</i> akibat keterbatasan fasilitas	5	Padatnya aktivitas pengecoran dan tidak adanya perencanaan rute <i>material handling</i>	4	Pengawasan lapangan	2	40
		Terlambatnya proses <i>assembly</i> produk akibat adanya cacat pada komponen	6	Terjadinya <i>defect</i> pada komponen sehingga membutuhkan <i>repair</i>	6	Pengawasan lapangan	5	180
	9		Terjadinya <i>defect</i> pada komponen sehingga dilakukan peleburan ulang	2	Pengawasan lapangan	5	90	

Berdasarkan hasil perhitungan FMEA *waiting waste* didapatkan beberapa akar penyebab permasalahan kritis yaitu terkikisnya klem pada *bus tube*, terputusnya kabel antena sensor *rectifier*, kebocoran elektroda pada *steam coil air heater*, kurangnya tekanan pada *coil sucker*, dan terjadinya *Defect* pada komponen sehingga menambah panjang *lead time* produksi. Umumnya penyebab permasalahan kritis *waiting waste* tersebut terjadi akibat tidak dilakukannya aktivitas *preventive maintenance* secara terjadwal dan kurangnya pemahaman operator terhadap mesin yang dijalankan.

5.1.2.3 FMEA *Excess Processing Waste*

Sebelum dilakukan analisis FMEA terhadap *waste exces processing*, terlebih dahulu ditentukan kriteria-kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection*. Berikut adalah penentuan kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection* untuk *waste excess processing*.

Tabel 5. 14 Kriteria Penilaian *Severity* Penyebab *Excess Processing Waste*

<i>Effect</i>	Indikator	<i>Rating</i>
Tidak ada	Kegagalan produk tidak berdampak pada proses produksi	1
Sangat minor	Gangguan sangat kecil terhadap proses produksi	2
	Kegagalan produk tidak berdampak pada proses produksi	
	Tidak ada akibat langsung	
Minor	Gangguan sangat kecil terhadap proses produksi	3
	Kegagalan produk tidak berdampak pada proses produksi	
	Berpotensi terjadi kerusakan produk	
Sangat Rendah	Gangguan kecil terhadap aktivitas produksi	4
	Kegagalan produk pasti terjadi tetapi dapat diabaikan	
Rendah	Kegagalan produk pasti terjadi (dapat terlihat atau tidak terlihat)	5
	Berpotensi membutuhkan sedikit repair	
Sedang	Gangguan sedang terhadap proses produksi	6
	Kegagalan produk mempengaruhi proses berikutnya	
	Membutuhkan sedikit repair (0-1 jam)	
Tinggi	Gangguan sedang terhadap proses produksi	7
	Kerusakan produk pasti terjadi dan dapat terlihat	
	Membutuhkan repair (1-3 jam)	
Sangat Tinggi	Gangguan besar terhadap proses produksi	8
	Kerusakan produk pasti terjadi, dapat terlihat, dan mengakibatkan gangguan peralatan mesin	
	Membutuhkan repair (3-5 jam)	
Berbahaya	Gangguan sangat serius terhadap proses produksi	9
	Kerusakan produk tidak dapat ditolerir lagi (cacat lebih dari 90%) dan mempengaruhi proses secara keseluruhan	
	Membutuhkan <i>Rework</i> 42 jam	
Sangat Berbahaya	Gangguan sangat serius terhadap proses produksi	10
	Kerusakan produk tidak dapat ditolerir lagi (cacat lebih dari 90%) dan mempengaruhi proses secara keseluruhan	
	Membutuhkan <i>rework</i> 42 jam dan mengakibatkan gangguan mesin hingga mesin berhenti	

Skala *severity* pada *excess processing* yang disebabkan oleh jenis *potential cause* yang dibuat berdasarkan lama waktu yang akan diterima perusahaan jika *potential cause* tersebut terjadi.

Tabel 5. 15 Kriteria Penilaian *Occurrence* Penyebab *Excess Processing Waste*

<i>Occurrence</i>	Probabilitas Kejadian	<i>Rating</i>
Tidak pernah	0%	1
Jarang	0%-2%	2
	3%-5%	3
Kadang-kadang	6%-8%	4
	9%-11%	5
Cukup sering	12%-14%	6
	15%-17%	7
Sering	18%-20%	8
	21%-23%	9
Sangat sering	>23%	10

Skala *occurrence* pada *excess processing waste* didapatkan dari peluang frekuensi penyebab mekanisme kegagalan yang akan terjadi, sehingga dapat menghasilkan mode kegagalan yang memberikan akibat tertentu terhadap proses *rework defect* komponen.

Tabel 5. 16 Kriteria Penilaian *Detection* Penyebab *Excess Processing Waste*

<i>Detection</i>	Keterangan	<i>Rating</i>
Hampir pasti	<i>Defect</i> dapat langsung dideteksi	1
	Tidak membutuhkan alat bantu deteksi	
	Hasil deteksi sangat akurat	
Sangat mudah	<i>Defect</i> dapat dideteksi dengan inspeksi visual	2
	Tidak membutuhkan alat bantu deteksi	
	Hasil deteksi akurat	
Mudah	Membutuhkan alat bantu untuk mendeteksi <i>defect</i>	3
	<i>Defect</i> baru dapat diketahui setelah terjadi	
Sedikit mudah	Membutuhkan alat bantu untuk mendeteksi <i>defect</i>	4
	<i>Defect</i> dapat diketahui saat proses telah selesai	
Sedang	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi <i>defect</i>	5
	<i>Defect</i> baru terdeteksi saat dilakukan analisa lebih lanjut	

Tabel 5. 16 Kriteria Penilaian *Detection* Penyebab *Excess Processing Waste* (lanjutan)

<i>Detection</i>	Keterangan	Rating
Sedikit sulit	Membutuhkan alat bantu yang lebih canggih	6
	Dibutuhkan metode untuk mengetahui <i>defect</i> yang terjadi	
Sulit	Membutuhkan alat bantu yang canggih	7
	<i>Defect</i> mulai sulit dideteksi	
Cukup sulit	Membutuhkan alat bantu yang canggih	8
	Hasil deteksi tidak akurat	
Sangat sulit	Alat bantu mulai tidak dapat digunakan untuk mendeteksi	9
	Hasil deteksi buruk	
	<i>Defect</i> baru diketahui setelah dilakukan evaluasi	
Hampir tidak mungkin	<i>Defect</i> tidak dapat terdeteksi sama sekali oleh alat deteksi	10

Skala *detection* yang dibangun untuk *excess processing waste* dibentuk dengan melakukan pengukuran terhadap munculnya *potential cause defect* komponen yang menyebabkan proses *rework* pada komponen.

Setelah didapatkan kriteria penilaian terhadap *severity*, *occurrence* dan *detection*. Selanjutnya dapat dilakukan penilaian terhadap semua jenis kegagalan yang terjadi. Berikut ini hasil penilaian potensi kegagalan untuk jenis *defect waste*.

Tabel 5. 17 FMEA untuk *Excess Processing Waste*

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
	Terjadinya <i>defect</i>	Dilakukan proses repair untuk <i>defect</i> yang terjadi dengan tingkat dibawah 75%	7	Material tercampur dengan bahan non bahan baku (benda asing)	6	Inspeksi campuran material bahan baku	4	168
			6	Terjadi benturan selama <i>handling</i> komponen	3	Pengawasan lapangan	4	72
			6	Tingkat kepadatan cetakan <i>core</i> tidak merata	4	Pengawasan lapangan	4	96

Tabel 5. 17 FMEA untuk *Excess Processing Waste* (lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
<i>Excess Processing</i>	Terjadinya <i>defect</i>	Dilakukan proses <i>repair</i> untuk menambal <i>defect</i> yang terjadi dibawah 75%	6	Terjadinya kesalahan dalam melakukan <i>marking</i> bidang komponen	3	Inspeksi visual	3	54
		Dilakukannya proses <i>Rework defect</i> pada komponen dengan tingkat keparahan di atas 75%	7	Material bahan baku tercampur dengan bahan <i>non material</i> (benda asing)	6	Inspeksi campuran material bahan baku	4	168
			6	Kesalahan pengukuran dimensi diameter sambung komponen pada proses permesinan	5	Inspeksi visual	4	120
			7	Kesalahan dalam proses pengecoran & <i>heat treatment</i> yang menyebabkan turbulensi pada <i>core</i> dan <i>overheating</i>	4	Pengawasan lapangan	5	140

Untuk *waste* kategori *excess processing* yang menjadi sub *waste* adalah dilakukannya *rework* pada produk cacat yang dikarenakan kesalahan prosedur selama melakukan proses desain cetakan, pengecoran, perlakuan panas, dan permesinan. Hal tersebut mengakibatkan kerugian pada perusahaan karena memberikan dampak kerugian financial terbesar akibat adanya proses *rework* tersebut.

5.2 Improvement

Pada fase ini akan dijelaskan mengenai rekomendasi perbaikan pada *root cause* yang memicu terjadinya *waste* pada proses produksi *bogie* S2HD-9C. Pada analisis FMEA didapatkan nilai RPN untuk masing-masing *root cause* yang akan digunakan nilai RPN tertinggi (lebih dari 100) untuk dijadikan sebagai usulan rekomendasi perbaikan. Data sebelum pembuatan alternatif perbaikan terlebih dahulu dilakukan pendefinisian langkah perbaikan terhadap akar permasalahan yang paling kritis dari hasil FMEA. Berikut ini merupakan akar penyebab permasalahan beserta langkah perbaikan yang dapat dilakukan.

Tabel 5. 18 Langkah Perbaikan untuk Penyebab *Defect Waste*

No	Root Cause	Improvement
1	Tidak dijelaskannya dimensi dan jumlah saluran udara pada SOP	Melakukan penelitian mengenai <i>design of experiment</i> cetakan <i>core</i> untuk menentukan jumlah saluran udara yang optimal pada suhu tertentu
2	Tidak adanya waktu pembersihan mesin <i>furnace</i>	Melakukan pembersihan mesin <i>arc furnace</i> secara berkala (lebih sering dibanding sebelumnya)
3	Jadwal pengecoran yang sangat padat	Membuat penataan jadwal pengecoran baru untuk memberikan waktu perawatan mesin
4	Kurangnya perawatan <i>crane</i>	Melakukan penjadwalan perbaikan untuk <i>crane</i>
5	Kurangnya ketelitian operator dalam melakukan penambahan komposisi bahan baku saat peleburan	Menambahkan SOP mengenai jumlah dan komposisi bahan baku secara detail serta melakukan penimbangan terlebih dahulu
6	Terjadinya solidifikasi yang tidak merata	Menambahkan SOP mengenai waktu maksimal antara penuangan dari <i>arc furnace</i> hingga ke cetakan
7	Suhu dan durasi proses <i>tempering</i> yang tidak tepat	Melakukan pengawasan oleh supervisor untuk mengontrol proses <i>tempering</i>

Tabel 5. 19 Langkah Perbaikan untuk Penyebab *Waiting Waste*

No	Root Cause	Improvement
1	Kabel antena sensor pada <i>rectifier</i> terputus	Mengevaluasi jadwal pengecekan dan penggantian komponen dari mesin <i>arc furnace</i>
2	Terkikisnya lapisan klem pada <i>bus tube</i>	Mengevaluasi jadwal pengecekan dan penggantian komponen dari mesin <i>arc furnace</i> Menambahkan rentang waktu pemindahan temperatur panas pada SOP
3	Catatan <i>maintenance</i> harian kurang lengkap	Membuat SOP dan format laporan aktivitas <i>maintenance</i> untuk operator teknik
4	Kurangnya tekanan pada <i>coil sucker</i>	Melakukan pengecekan tekanan pada pengaliran elektroda oleh <i>coil</i> selama proses <i>melting</i>
5	Terjadinya <i>defect</i> pada komponen sehingga membutuhkan <i>repair</i>	Meningkatkan pemahaman pentingnya kualitas terhadap operator, melakukan perbaikan SOP, dan pengawasan ketat terhadap SOP

Tabel 5. 20 Langkah Perbaikan untuk Penyebab *Excess Processing Waste*

No	Root Cause	Improvement
1	Material tercampur dengan bahan non bahan baku (benda asing)	Menambahkan SOP mengenai jumlah dan komposisi bahan baku secara detail serta melakukan penimbangan terlebih dahulu
2	Kesalahan dalam proses pengecoran & <i>heat treatment</i> yang menyebabkan turbulensi pada <i>core</i> dan <i>overheating</i>	Melakukan Penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat dan proses pengecoran, pembentukan, dan <i>thermal</i> yang sesuai
3	Kesalahan pengukuran dimensi diameter sambung komponen pada proses permesinan	Menambahkan SOP mengenai metode pengukuran marking bidang kopel

5.2.1 Alternatif Perbaikan

Dari berbagai langkah perbaikan yang tercantum pada tabel 5.28, tabel 5.29, dan tabel 5.30, maka dapat dikelompokkan langkah perbaikannya untuk menyusun tiga alternatif perbaikan yang diusulkan sebagai berikut :

1. Membuat Perbaikan dan Pengawasan *Standard operating procedure* (SOP)

Untuk melakukan perbaikan ini dibutuhkan sebuah tim perencanaan dan pengawasan pelaksanaan SOP. Tim yang direncanakan terdiri dari seorang kepala proyek, konsultan jaminan mutu pengecoran, dan dua orang tenaga kompeten dari divisi pengecoran. Kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan antara lain menentukan sasaran penerapan SOP, penetapan waktu dan tempat penerapan SOP pada rantai produksi, pengawasan terhadap berjalannya SOP selama satu tahun produksi, dan melakukan dokumentasi

(*tracking*) proses yang berlangsung selama pengecoran *bogie* S2HD-9C. Dari hasil perbaikan SOP tersebut kemudian akan dipasang pada papan kendali produksi untuk dapat mempermudah aliran informasi bagi operator pada lini produksi. Dengan adanya alternatif ini diharapkan dapat mengurangi kecerobohan operator yang menyebabkan *waste* di perusahaan dapat dikurangi.

2. Pelatihan dan pembentkan tim *total productive maintenance*.

Tim *total productive maintenance* merupakan sebuah tim yang nantinya akan bertugas sebagai operator dan juga tim *maintenance* di lini yang bersangkutan. Mengingat besarnya jumlah *defect* yang diakibatkan oleh tidak berfungsinya *part* mesin dan juga sangat berpengaruhnya *downtime* terhadap *leadtime* produksi *bogie*, maka dibutuhkan pelatihan kepada operator untuk melakukan pengecekan, pembersihan, dan perbaikan terhadap part-part kritis yang sering mengalami *breakdown*. Tugas dari tim *total productive maintenance* ini nantinya adalah :

- a. Membuat rencana strategis pencapaian TPM
- b. Melakukan pendataan terhadap aktivitas *maintenance* dan kerusakan peralatan
- c. Melakukan pembersihan lini produksi secara berkala
- d. Melakukan pengecekan dan perbaikan setting *igniter burner*
- e. Melakukan pengecekan dan perbaikan terhadap *inserting element*
- f. Melakukan pengecekan dan pembersihan terhadap *inductor lining* dan sensor *lining*
- g. Melakukan pembersihan terhadap *circulating fan furnace*
- h. Melakukan pengecekan dan perbaikan pada selang air pendingin
- i. Melakukan pengecekan dan pembersihan terhadap *recirculatory pump*
- j. Melakukan pengecekan dan perbaikan terhadap *coil furnace*
- k. Melakukan pengecekan, perawatan dan perbaikan terhadap *mesin handling* perusahaan.

3. Melakukan Penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat, proses pengecoran, pembentukan, dan thermal yang sesuai pada *side frame* dan *bolster*.

Penelitian tersebut dilakukan untuk memperbaiki kualitas dari komponen utama *bogie S2HD-9C* yakni *side frame* dan *bolster* guna meningkatkan kapabilitas proses produksi. Menurunnya kapabilitas proses terjadi akibat komposisi material yang tidak tepat, proses pengecoran, proses pembentukan cetakan, dan perlakuan panas yang tidak tepat. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki kualitas *side frame* dan *bolster* sehingga mampu mengurangi *defect* yang terjadi dan dapat melakukan pengiriman *order* produk tepat waktu. Dalam melakukan penelitian ini diperlukan sebuah tim yang terdiri dari seorang kepala proyek dan 5 orang operator yang bertugas untuk melakukan penelitian di masing-masing lini seperti pembuatan cetakan, *melting*, penuangan *core*, dan proses *heat treatment*.

Langkah penelitian :

- a. Membuat tujuan dan pencapaian rencana penelitian
- b. Melakukan koordinasi dengan pihak PPIC terkait penambahan bahan baku material untuk penelitian
- c. Melakukan pengembangan proses pembuatan cetakan
- d. Menentukan suhu penuangan, jarak penuangan, zona penuangan, jalur penuangan dan proses penuangan yang optimal
- e. Menentukan posisi *hot spot* pada daerah cetakan dan melakukan pengukuran riser yang sesuai dengan tempat posisi cetakan.
- f. Menentukan posisi *chill* yang sesuai pada cetakan untuk mengurangi terjadinya dampak *porosity*
- g. Menentukan tingkat *porosity volume* pada suhu peleburan tertentu untuk dapat mengetahui *weak spot* pada komponen.
- h. Melakukan proses uji coba penuangan dan menganalisis pengaruhnya terhadap permukaan komponen
- i. Menyelidiki pengaruh komposisi material bahan baku terhadap komposisi inklusi reoksidasi dan menyelidiki pengaruh kondisi

atmosfer/kondisi pengecoran terhadap jumlah oksigen yang diserap per massa baja.

- j. Menentukan tingkat akurasi pemanasan maksimum pada komponen, menentukan waktu optimal yang diperlukan untuk dapat mencapai *setpoint* dari kekuatan tarik bahan.

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengecekan terhadap kemampuan alternatif perbaikan yang diusulkan dalam meliputi semua akar penyebab permasalahan paling kritis yang ada. Berikut ini tabel hasil pengecekan yang telah dilakukan :

Tabel 5. 21 Hubungan Penyebab *Defect Waste* dengan Alternatif Perbaikan

No	Root Cause	Alternatif		
		1	2	3
1	Tidak dijelaskannya dimensi dan jumlah saluran udara pada SOP	V		
2	Tidak adanya waktu pembersihan mesin <i>furnace</i>		V	
3	Jadwal pengecoran yang sangat padat		V	
4	Kurangnya perawatan <i>crane</i>		V	
5	Kurangnya ketelitian operator dalam melakukan penambahan komposisi bahan baku saat peleburan	V		
6	Terjadinya solidifikasi yang tidak merata	V		
7	Suhu dan durasi proses <i>tempering</i> yang tidak tepat			V

Tabel 5. 22 Hubungan Penyebab *Waiting Waste* dengan Alternatif Perbaikan

No	Root Cause	Alternatif		
		1	2	3
1	Kabel antena sensor pada <i>rectifier</i> terputus		V	
2	Terkikisnya lapisan klem pada <i>bus tube</i>		V	
3	Kebocoran elektroda pada lilitan <i>steam coil air heater</i>		V	
4	Kurangnya tekanan pada <i>coil sucker</i>		V	
5	Terjadinya <i>defect</i> pada komponen sehingga membutuhkan <i>repair</i>		V	

Tabel 5. 23 Hubungan Penyebab *Excess Processing* dengan Alternatif Perbaikan

No	Root Cause	Alternatif		
		1	2	3
1	Material tercampur dengan bahan non bahan baku	V		
2	Kesalahan dalam proses pengecoran & heat treatment yang menyebabkan turbulensi pada <i>core</i> dan <i>overheating</i>			V
3	Kesalahan pengukuran dimensi diameter sambung komponen pada proses permesinan	V		

Berdasarkan tabel 5.21, tabel 5.22, dan tabel 5.23 di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa semua akar penyebab permasalahan paling kritis dari masing-masing *waste* sudah mencakup oleh ketiga usulan alternatif perbaikan.

5.2.2 Pemilihan Alternatif Perbaikan

Setelah didapatkan alternatif perbaikan sesuai pada subbab sebelumnya, maka dilakukan pemilihan alternatif terhadap usulan perbaikan. Pada penelitian ini digunakan metode *value* management untuk memilih alternatif perbaikan. Sebelum dilakukan pemilihan alternatif, dilakukan identifikasi kriteria performansi, menilai alternatif perbaikan terhadap performansi perusahaan dalam mengukur biaya yang dikeluarkan untuk menerapkan alternatif perbaikan.

5.2.2.1 Kombinasi Alternatif Perbaikan

Berikut ini merupakan kombinasi alternatif perbaikan yang mungkin diterapkan dalam proses produksi *bogie* S2HD-9C di perusahaan.

Tabel 5. 24 Kombinasi Alternatif yang Mungkin Diterapkan di Perusahaan

No	Kombinasi Alternatif	Keterangan
1	0	Kondisi eksisting
2	1	Membuat perbaikan dan pengawasan pelaksanaan <i>Standard operating procedure</i> (SOP)
3	2	Pelatihan dan pembentukan tim <i>total productive maintenance</i>
4	3	Melakukan Penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat dan proses pengecoran, pembentukan, dan <i>thermal</i> yang sesuai
5	1,2	Membuat perbaikan dan pengawasan <i>Standard Operational Procedure</i> (SOP) dan membuat rencana pelatihan dan pembentukan tim <i>total productive maintenance</i>

Tabel 5.24 Kombinasi Alternatif yang Mungkin Diterapkan di Perusahaan (lanjutan)

No	Kombinasi Alternatif	Keterangan
6	1,3	Membuat perbaikan dan pengawasan <i>Standard operating procedure</i> (SOP) dan melakukan penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat proses pengecoran, pembentukan, & <i>thermal</i> yang sesuai
7	2,3	Membuat rencana pelatihan, pembentukan tim <i>total productive maintenance</i> dan melakukan penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat proses pengecoran, pembentukan, & <i>thermal</i> yang sesuai
8	1,2,3	Membuat perbaikan dan pengawasan pelaksanaan <i>Standard operating procedure</i> (SOP), membuat rencana pelatihan dan pembentukan tim <i>total productive maintenance</i> , dan melakukan penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat proses pengecoran, pembentukan, & <i>thermal</i> yang sesuai

Berdasarkan data pada tabel 5.24 di atas diketahui bahwa terdapat 8 kombinasi alternatif perbaikan yang mungkin diterapkan di perusahaan.

5.2.2.2 Kriteria Pemilihan Alternatif

Dalam penentuan alternatif perbaikan yang akan dipilih, sebelumnya ditentukan kriteria-kriteria yang akan digunakan sebagai penilaian alternatif perbaikan. Berikut adalah kriteria yang dipilih.

1. Jumlah *Defect*
2. Jumlah *Downtime*
3. *Lead Time* Proses

Setelah ditentukan kriteria yang akan digunakan dalam *value management*, kemudian setiap kriteria tersebut dilakukan pembobotan. Penentuan bobot dari kriteria tersebut dilakukan melalui konsultasi pihak perusahaan. Pengurangan *defect* dan *downtime* merupakan fokus utama dari perusahaan karena terjadinya *defect* mempengaruhi terjadinya *waiting* karena diperlukannya proses *Rework* yang dapat memperpanjang *lead time* proses produksi. Berikut merupakan bobot dari masing-masing kriteria.

1. Jumlah *Defect* 0,4
2. Jumlah *Downtime* 0,4
3. Lead Time 0,2

5.2.2.3 Performansi Alternatif

Performansi alternatif bertujuan untuk memberikan penilaian terhadap ketiga parameter performansi yang telah ditetapkan. Nilai performansi alternatif didapatkan dari hasil kuisisioner yang telah diisi oleh pihak perusahaan. Kuisisioner ini dibagikan kepada 3 orang pihak manajemen perusahaan yakni kepala divisi *workshop 1*, manajer pengendalian kualitas *workshop 1*, dan manajer produksi pengecoran *workshop 1*. Tabel 5.25 di bawah ini merupakan total perhitungan nilai performansi untuk ketiga orang responden.

Tabel 5. 25 Total Nilai Hasil Kuisisioner Performansi

Alternatif	Kriteria		
	A	B	C
0	20	20	19
1	22	20	23
2	24	25	24
3	21	20	21
1,2	24	25	24
1,3	24	22	22
2,3	27	26	26
1,2,3	27	25	25

5.2.2.4 Biaya Alternatif

Sebelum dilakukan perhitungan biaya masing-masing alternatif, terlebih dahulu dikalkulasikan biaya eksisting dari perusahaan. Biaya-biaya tersebut antara lain adalah biaya energi yang cukup besar karena mesin-mesin yang digunakan di *workshop 1*, seperti mesin *induction furnace* dan *arc furnace* dengan kapasitas besar dan menggunakan daya listrik yang cukup besar yaitu 1700 KW. Berikut adalah perhitungan biaya eksisting dari perusahaan.

Tabel 5. 26 Biaya Eksisting Perusahaan

Komponen Biaya	Biaya
Biaya Tenaga kerja	Rp 97,452,000
Biaya Material	Rp 2,648,718,950
Biaya Energi	Rp 1,337,056,710
Total	Rp 4,083,227,660.00

1. Alternatif 1

Alternatif 1 pada perbaikan yang akan dilakukan adalah penyusunan atau melakukan perbaikan terhadap *Standard operating procedure* (SOP) yang sudah ada. Dalam penyusunan SOP dibutuhkan suatu tim khusus untuk membangun SOP yang lebih baik. Tim tersebut beranggotakan konsultan jainan mutu, seorang kepala proyek, dan dua orang tenaga kompeten dari bagian pengecoran. Kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan antara lain menentukan sasaran penerapan SOP, penetapan waktu dan tempat penerapan SOP, dan melakukan *tracking* proses yang berlangsung di *workshop 1*.

- Gaji operator : Rp 97.452.000/ bulan
- Biaya Energi : Rp 1.337.056.710/ bulan
- Biaya Material : Rp 2.648.718.950/ bulan
- Biaya Konsultan Pengecoran : Rp 10.000.000/ bulan
- Gaji tambahan kepala proyek : Rp 3.500.00,-
- Gaji tambahan anggota proyek : Rp 2.000.000,-

- **Kondisi alternatif perbaikan 1**

- Jumlah anggota tim : 3 orang
(kepala proyek 1 orang dan 2 anggota proyek)

$$\begin{aligned} \text{Total biaya proyek} &= (1 \times 3.500.000) + (2 \times 2.000.000) + 10.000.000 \\ &= \mathbf{Rp 17.500.000,-} \end{aligned}$$

Tabel 5. 27 Total Biaya Alternatif 1

Komponen Biaya	Biaya
Biaya tenaga kerja	Rp 97,452,000
Biaya Material	Rp 2,648,718,950
Biaya Energi	Rp 1,337,056,710
Biaya Investasi Tim SOP	Rp 17,500,000
Biaya Total	Rp 4,100,727,660

2. Alternatif 2

Alternatif kedua adalah alternatif perbaikan untuk melakukan pembentukan dan pelatihan tim *total productive maintenance*. Tim *total productive maintenance* ini meliputi tiga orang full time *total productive maintenance planner* yang masing-masing bertugas untuk melakukan perencanaan penjadwalan *maintenance* dan langkah strategis penerapan TPM serta satu orang lainnya bertugas sebagai pengawas/kontrol, update dan *streamlining* terhadap perkembangan TPM di *workshop* 1.

Pelatihan diestimasikan akan memakan waktu hingga lima jam untuk setiap kali pelatihan. Dengan jumlah gaji yang didapatkan oleh pekerja setiap bulan adalah sebesar Rp 2.707.000, maka biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk setiap pekerja dalam setiap jam adalah

$$Rp \frac{2.707.000}{(36 \text{ orang} \times 8 \text{ jam})} = Rp 11.280$$

- Biaya tenaga kerja yang hilang saat pelatihan adalah

Gaji perjam pekerja × Estimasi jumlah pelatihan × Jumlah peserta × Durasi pelatihan

$$Rp 11.280 \times 4 \times 36 \times 5 = Rp 8.121.600$$

- Biaya *opportunity lost* saat pelatihan dilakukan

$$Rp 45.000.000 \times 4 = Rp 180.000.000$$

Pada saat implementasi dilakukan, alternatif ini akan berakibat kepada terbuangnya waktu untuk melakukan pengecekan terhadap mesin. Berikut estimasi untuk waktu implementasi alternatif dua.

Tabel 5. 28 Waktu Aplikasi Alternatif 2

Aktivitas	Front End		Back End	
Pembersihan lini produksi	V	8 Menit	V	8 Menit
Melakukan pengecekan <i>setting igniter burner</i>	V	2 Menit		
Melakukan pengecekan terhadap <i>inserting element</i>	V	1 Menit		
Melakukan pengecekan dan pembersihan terhadap <i>inductor lining</i> dan sensor <i>lining</i>	V	3 Menit		
Melakukan pembersihan terhadap <i>circulating fan furnace</i>			V	2 Menit
Melakukan pengecekan pada selang air pendingin			V	1 Menit

Tabel 5. 28 Waktu Aplikasi Alternatif 2 (lanjutan)

Aktivitas	Front End	Back End
Melakukan pengecekan pada selang air pendingin		V 1 Menit
Melakukan pengecekan dan pembersihan terhadap <i>recirculatory pump</i>		V 3 Menit
Melakukan pengecekan terhadap <i>coil furnace</i>		V 1 Menit
Estimasi waktu total implementasi	14 Menit	15 Menit

Sehingga waktu maksimum yang diestimasikan untuk pelaksanaan alternatif 2 ini adalah 15 menit setiap shiftnya. Sehingga biaya *opportunity lost* yang harus ditanggung perusahaan setiap bulan adalah

$$0,25 \times Rp 45.000.000 \times 30 = Rp 337.500.000$$

Dengan biaya investasi tim sebesar

– Jumlah anggota tim : 3 orang

– Jumlah Trainer : 2 orang

Total biaya proyek = $(3 \times 5000.000) + (2 \times 5.000.000)$

= **Rp 25.000.000,-**

Tabel 5. 29 Total Biaya Alternatif 2

Komponen Biaya	Biaya
Biaya tenaga kerja	Rp 97,452,000
Biaya Material	Rp 2,648,718,950
Biaya Energi	Rp 1,337,056,710
Biaya tenaga kerja hilang saat pelatihan	Rp 8,121,600
Biaya <i>opportunity lost</i> saat pelatihan	Rp 180,000,000
Biaya <i>opportunity lost</i> akibat implementasi	Rp 337,500,000
Investasi tim	Rp 25,000,000
Total Biaya	Rp 4,633,849,260

3. Alternatif 3

Alternatif ketiga adalah melakukan penelitian untuk meningkatkan kualitas komponen inti *side frame* dan *bolster* untuk meningkatkan kapabilitas proses. Penelitian ini diestimasikan akan selesai dalam jangka waktu tiga bulan. Untuk melaksanakannya, dibutuhkan tambahan tenaga kerja. Tim penelitian ini terdiri dari

satu orang kepala proyek dan lima orang tenaga ahli, sehingga biaya tenaga kerja yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Total biaya proyek} &= (1 \times 5000.000) + (5 \times 2.000.000) \\ &= \mathbf{Rp\ 15.000.000,-} \end{aligned}$$

Biaya selanjutnya yang dibutuhkan adalah biaya material untuk penelitian. Diasumsikan material yang akan dibutuhkan nantinya untuk melakukan eksperimen pembuatan komponen *side frame* dan *bolster* yang baru adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 30 Biaya Tambahan Material *Bolster*

Jenis Bahan	Jumlah material (kg)	Biaya material (per kg)	Total Biaya (Rp)
<i>Steel scrap</i>	1200	6800	8160000
<i>Return scrap</i>	840	7350	6174000
<i>Ferro silicon</i>	145	19000	2755000
<i>Ferro mangan HC</i>	230	22500	5175000
<i>Carburizer</i>	50	14750	737500
FCD-58	150	24300	3645000
SC MN H21	95	31000	2945000
Total			Rp 29,591,500

Tabel 5. 31 Biaya Tambahan Material *Side frame*

Jenis Bahan	Jumlah material (kg)	Biaya material (per kg)	Total Biaya (Rp)
<i>Steel scrap</i>	2300	6800	15640000
<i>Return scrap</i>	1300	7350	9555000
<i>Ferro silicon</i>	300	19000	5700000
<i>Ferro mangan HC&MG</i>	460	41200	18952000
<i>Carburizer</i>	95	14750	1401250
AAR M201G	118	18500	2183000
1340 C&T	135	24250	3273750
Total			Rp 56,705,000

Sehingga total biaya untuk penambahan material dalam melakukan eksperimen terhadap peningkatan kualitas komponen *side frame* dan *bolster* adalah sebesar Rp 86.296.500. Estimasi adanya penambahan energi listrik dan bahan bakar dalam melakukan penelitian ini menurut pihak perusahaan adalah sebesar Rp

250.000.000. Tabel 5.32 berikut merupakan rekap total pengeluaran yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan alternatif perbaikan 3 :

Tabel 5. 32 Total Biaya Alternatif 3

Komponen Biaya	Biaya
Biaya Tenaga Kerja	Rp 97,452,000
Biaya Material	Rp 2,648,718,950
Biaya Energi	Rp 1,337,056,710
Gaji Tim Proyek	Rp 45,000,000
Biaya Material Eksperimen	Rp 86,296,500
Biaya Tambahan Energi	Rp 250,000,000
Biaya Total	Rp 4,214,524,160

4. Alternatif 1 & 2

Berikut ini merupakan hasil penjumlahan penerapan alternatif 1 dan alternatif 2, dimana untuk mendapatkan total *cost* alternatif 1 dan 2, dibutuhkan total *cost* dari kondisi eksisting.

Tabel 5. 33 Total Biaya Alternatif 1 & 2

Kondisi	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2
Biaya tenaga kerja/bulan	Rp 97,452,000	-	-
Biaya Material/bulan	Rp 2,648,718,950	-	-
Biaya Energi	Rp 1,337,056,710	-	-
Biaya investasi/bulan	-	Rp 17,500,000.00	Rp 25,000,000
Biaya tenaga kerja hilang saat pelatihan	-	-	Rp 8,121,600
Biaya <i>opportunity</i> lost saat pelatihan	-	-	Rp 180,000,000
Biaya <i>opportunity</i> lost akibat implementasi	-	-	Rp 337,500,000
Total	Rp 4,083,227,660	Rp 17,500,000.00	Rp 550,621,600
Total Biaya	Rp 4,651,349,260		

5. Alternatif 1 & 3

Berikut ini merupakan hasil penjumlahan penerapan alternatif 1 dan alternatif 3, dimana untuk mendapatkan total *cost* alternatif 1 dan 3, dibutuhkan total *cost* dari kondisi eksisting.

Tabel 5. 34 Total Biaya Alternatif 1 & 3

Kondisi	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 3
Biaya tenaga kerja/bulan	Rp 97,452,000	-	-
Biaya Material/bulan	Rp 2,648,718,950	-	-
Biaya Energi	Rp 1,337,056,710	-	-
Biaya investasi/bulan	-	Rp 17,500,000	Rp 15,000,000
Biaya Material Eksperimen	-	-	Rp 86,296,500.
Biaya Tambahan Energi	-	-	Rp 250,000,000
Total	Rp 4,083,227,660	Rp 17,500,000.00	Rp 351,296,500.00
Total Biaya	Rp 4,452,024,160		

6. Alternatif 2 & 3

Berikut ini merupakan penjumlahan biaya penerapan alternatif 2 dan alternatif 3.

Tabel 5. 35 Total Biaya Alternatif 2 & 3

Kondisi	Eksisting	Alternatif 2	Alternatif 3
Biaya tenaga kerja/bulan	Rp 97,452,000	-	-
Biaya Material/bulan	Rp 2,648,718,950	-	-
Biaya Energi	Rp 1,337,056,710	-	-
Biaya investasi/bulan	-	Rp 25,000,000	-
Biaya tenaga kerja hilang saat pelatihan	-	Rp 8,121,600	-
Biaya <i>opportunity</i> lost saat pelatihan	-	Rp 180,000,000	-
Biaya <i>opportunity</i> lost akibat implementasi	-	Rp 337,500,000	-
Biaya Material Eksperimen	-	-	Rp 86,296,500
Biaya Tambahan Energi	-	-	Rp 250,000,000
Total	Rp 4,083,227,660	Rp 550,621,600	Rp 336,296,500
Total Biaya	Rp 4,970,145,760		

7. Alternatif 1, 2 & 3

Berikut ini merupakan penjumlahan biaya penerapan alternatif 2 dan alternatif 3.

Tabel 5. 36 Total Biaya Alternatif 1, 2 & 3

Kondisi	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Biaya tenaga kerja/bulan	97,452,000	-	-	-
Biaya Material/bulan	2,648,718,950	-	-	-
Biaya Energi	1,337,056,710	-	-	-
Biaya investasi/bulan	-	17,500,000	25,000,000	-
Biaya tenaga kerja hilang saat pelatihan	-	-	8,121,600	-
Biaya <i>opportunity lost</i> saat pelatihan	-	-	180,000,000	-
Biaya <i>opportunity lost</i> akibat implementasi	-	-	337,500,000	-
Biaya Material Eksperimen	-	-	-	86,296,500
Biaya Tambahan Energi	-	-	-	250,000,000
Total	4,083,227,660	17,500,000	550,621,600	336,296,500
Total Biaya	Rp 4,987,645,760			

5.2.2.5 Value Engineering

Untuk melakukan pemilihan alternatif perbaikan, digunakan metode *value engineering*. Dalam menentukan alternatif terpilih menurut konsep *value* nya, maka ada dua kriteria yang dipertimbangkan yaitu nilai performansi perusahaan ketika diterapkan alternatif perbaikan dan besarnya biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk menerapkan alternatif tersebut. Tabel 5.49 berikut merupakan perhitungan *value engineering* dari alternatif-alternatif perbaikan yang mungkin dilakukan.

Tabel 5. 37 Perhitungan Value Engineering Alternatif Perbaikan

Alternatif	Bobot kriteria performansi			Performansi (P)	Cost (C)	Value
	A	B	C			
	0.4	0.4	0.2			
				206223619.2		
0	20	20	19	19.8	Rp 4,083,227,660	1
1	22	20	23	21.4	Rp 4,100,727,660	1.08
2	24	25	24	24.4	Rp 4,633,849,260	1.09
3	21	20	21	20.6	Rp 4,214,524,160	1.01
1,2	24	25	24	24.4	Rp 4,651,349,260	1.08
1,3	24	22	22	22.8	Rp 4,452,024,160	1.06
2,3	27	26	26	26.4	Rp 4,970,145,760	1.10
1,2,3	27	25	25	25.8	Rp 4,987,645,760	1.07

Langkah-langkah dalam menyusun nilai *value engineering* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai performansi dengan cara mengalikan skor masing-masing parameter dengan bobotnya
2. Memasukkan besarnya biaya masing-masing alternatif yang telah dihitung
3. Melakukan input terhadap nilai *value* alternatif 0 dengan nilai 1, untuk mempermudah mencari nilai faktor pengali performansi terhadap biaya.
4. Menggunakan persamaan rumus $Value = \frac{performance}{cost}$ untuk menentukan nilai *value* masing-masing alternatif. Dimana nilai performansi terlebih dahulu dikaliakn dengan nilai faktor kali performansi.

Berikut ini merupakan contoh untuk mengetahui *value* pada alternatif 1.

$$C_n = \text{biaya eksisting} + \text{biaya alternatif ke } - n$$

$$C_n = C_o + \text{biaya rekomendasi ke-1}$$

$$C_1 = \text{Rp } 4.083.227.660 + \text{Rp } 17.500.000$$

$$C_1 = \text{Rp } 4.100.727.660$$

Sedangkan nilai *performance* diperoleh dari hasil rekapitulasi kuisisioner yang telah disebar kepada pihak perusahaan dan salah satu contoh perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui *performance* masing-masing alternatif adalah sebagai berikut :

Untuk alternatif perbaikan 1

$$= (\text{Hasil kuisisioner kriteria 1} \times \text{bobot kriteria 1}) + (\text{Hasil kuisisioner kriteria 2} \times \text{bobot kriteria 2}) + (\text{Hasil kuisisioner kriteria 3} \times \text{bobot kriteria 3})$$

$$= (22 \times 0,4) + (20 \times 0,4) + (23 \times 0,2)$$

$$= 21,4$$

Sehingga *value* yang diperoleh pada alternatif solusi perbaikan 1 adalah sebagai berikut :

$$V_1 = \frac{21,4}{Rp\ 4.100.727.660} \times Rp\ 206.223.619,2$$

$$= 1,08$$

Demikian pula perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui *value* pada solusi alternatif perbaikan lainnya. Berdasarkan nilai *value* yang telah didapatkan seperti pada tabel 5.49, maka alternatif perbaikan yang dipilih adalah alternatif 2 & 3, yaitu melakukan pembentukan tim dan pelatihan TPM dan melakukan penelitian peningkatan kualitas komponen *side frame & bolster* dengan biaya tambahan sebesar Rp 886.918.000

5.2.3 Target Perbaikan Alternatif Terpilih

Pada tahap ini akan ditentukan target perbaikan dari improvement terpilih terhadap nilai *sigma* level dan financial *waste* kritis pada proses produksi. Target peningkatan perbaikan di perusahaan berdasarkan pada penilaian perusahaan terhadap performansi alternatif solusi terpilih. Berdasarkan data rekap kuisioner penilaian performansi, dimana parameter performansi mewakili *waste* kritis yang terjadi di perusahaan. Berikut ini nilai total performansi alternatif 0 dan alternatif 2&3.

Tabel 5. 38 Nilai performansi alternatif 2&3

Alternatif	A	B	C
0	20	20	19
2 & 3	27	26	26

Keterangan :

A : Jumlah *defect*

B : Jumlah *downtime*

C : *Lead time* produksi

Setelah diperoleh data nilai performansi alternatif 0 dan alternatif 2&3, selanjutny dilakukan perhitungan peningkatan performansi dari kondisi eksisting

(alternatif 0) menjadi kondisi saat dilakukan penerapan alternatif 2&3. Tabel 5.51 berikut ini merupakan hasil perhitungan peningkatan performansi alternatif terpilih.

Tabel 5. 39 Target Peningkatan Performansi

Alternatif	A	B	C
0	66,7%	66,7%	63,3%
1 & 3	90,0%	86,7%	86,7%
Kenaikan	23,3%	20,0%	23,3%
Perbaikan	35,00%	30,00%	36,84%

Berdasarkan tabel 5.51 di atas, diketahui bahwa peningkatan performansi yang menjadi target adalah banyaknya produk *defect* akan turun sebesar 35% pada kondisi eksisting, tingkat *downtime* di *workshop* 1 akan turun sebesar 30% dari kondisi eksisting, dan lead time proses produksi akan semakin pendek dengan persentase sebesar 36,84%.

5.2.4 Analisis Alternatif Terpilih

Alternatif terpilih melalui metode *value engineering* yaitu alternatif 1 memiliki dampak langsung terhadap *waste* kritis pada proses produksi *bogie* S2HD-9C. *Waste* tersebut yakni *defect*, *waiting*, dan *excess processing*.

5.2.4.1 Analisis Alternatif Terpilih Terhadap Pengurangan *Defect*

Penerapan alternatif 2&3 akan berpengaruh cukup signifikan terhadap pengurangan *waste defect*, yang diantaranya banyak disebabkan oleh adanya gangguan terhadap peralatan mesin *furnace* dan heat treatment seperti komposisi material bahan baku saat peleburan terganggu akibat tercampur dengan sisa sisa logam pengecoran sebelumnya, tidak adanya waktu untuk melakukan pembersihan sisa logam pengecoran serta, dan tidak adanya waktu untuk melakukan pengecekan terhadap peralatan mesin lainnya untuk dapat menjaga keoptimalan suhu peleburan ataupun perlakuan panas. Selain itu, penelitian untuk meningkatkan kualitas komponen *side frame* dan *bolster* akan sangat berpengaruh terhadap pengurangan *defect*. Hal ini diakibatkan oleh adanya kemampuan dari pekerja yang dapat melakukan langkah *preventive* terhadap terjadinya *defect* seperti peletakan *chill* di

setiap titik *hot spot* cetakan, pembuatan desain saluran udara pada cetakan yang terstandarisasi, melakukan proses pouring pada temperatur dan ketinggian yang tepat untuk mencegah terjadinya tumbukan didalam cetakan, serta perlakuan *heat treatment* yang optimal berdasarkan karakteristik dari permukaan produk yang dihasilkan setelah pengecoran. Tabel 5.52 berikut menunjukkan data penurunan *defect* kritis pada komponen *bolster* dan *side frame* setelah dilakukannya alternatif perbaikan.

Tabel 5. 40 Data Penurunan Jumlah *Defect*

Jenis <i>defect</i>	Jumlah <i>defect</i>	Target penurunan	Jumlah <i>defect</i>
<i>Shrinkage</i>			
20% - 35%	226	35%	147
36% - 60%	103	35%	67
60% - 75%	33	35%	21
75% - 99%	18	35%	12
<i>Crack</i>	255	35%	166
<i>Sand drop</i>	252	35%	164

Dengan adanya penurunan *defect* sebesar 35% maka jumlah total *defect shrinkage* menurun dari 380 menjadi sebesar 247, jumlah total *defect crack* selama menurun dari 255 menjadi sebanyak 166, dan jumlah total *defect sand drop* menurun dari 252 menjadi sebanyak 164. Dengan menurunnya jumlah *defect* maka akan meningkatkan nilai *sigma* dari *defect* sebesar 0,913. Peningkatan tersebut dapat dilihat pada tabel 5.41 di bawah.

Tabel 5. 41 Perbandingan Nilai *Sigma Defect* Sesudah *Improvement*

Eksisting		Perbaikan	
Keterangan	Nilai	Keterangan	Nilai
Jumlah output produksi	5920	Jumlah output produksi	5920
Jumlah <i>defect</i>	887	Jumlah <i>defect</i>	577
<i>Defect per Unit</i>	0.150	<i>Defect per Unit</i>	0.097
Jumlah CTQ	3	Jumlah CTQ	3
Peluang tingkat <i>defect</i> per karakteristik CTQ	0.0500	Peluang tingkat <i>defect</i> per karakteristik CTQ	0.032
DPMO	49952.132	DPMO	32468.886
Nilai <i>Sigma</i>	3.157	Nilai <i>Sigma</i>	3.350

5.2.4.2 Analisis Alternatif Terpilih Terhadap Pengurangan *Waiting*

Penerapan alternatif 2&3 akan berpengaruh cukup signifikan terhadap pengurangan *waste waiting*. Pengaruh yang diberikan oleh penerapan alternatif 2&3 adalah berkurangnya waktu produksi dari setiap periodenya dikarenakan berkurangnya jumlah *rework* sehingga waktu operasi total dari keseluruhan produksi akan berkurang dan mesin akan berjalan sesuai dengan waktu standar operasinya. Tabel 5.54 ini adalah waktu yang digunakan dalam melakukan *rework* pada waktu operasi selama 6 periode produksi.

Tabel 5. 42 Waktu Yang Dibutuhkan Untuk *Rework*

<i>Defect</i>	Waktu <i>Rework</i>	Waktu Rata-Rata (Jam)	Periode					Total Waktu <i>Rework</i>
			1	2	3	4	5	
<i>Shrinkage</i>								
20% - 35%	0-2 Jam	1.5	18	102	3	27	79.5	229.5
36% - 60%	2-4 Jam	3	15	66	12	27	66	186
60% - 75%	4-5 Jam	4.5	4.5	81	0	22.5	22.5	130.5
75% - 99%	42 Jam	42	84	168	0	126	168	546
<i>Crack</i>	1-3 Jam	2	38	126	4	42	124	334
<i>Sand drop</i>	0-4 Jam	2	24	148	8	12	128	320
<i>Hardness</i>	1-4 Jam	3	18	63	6	6	75	168
<i>Cross Joint</i>								
20% - 60%	1-3 Jam	2	4	54	0	2	18	78
60%-90%	42 Jam	42	42	126	42	0	126	336
<i>Coldshut</i>	0-3 Jam	2	6	48	0	6	38	98

Berdasarkan jumlah waktu *rework* yang dibutuhkan dari tabel di atas, total dari waktu *rework* selama 6 periode adalah 2426 jam dari keseluruhan waktu operasi produksi 59655 jam. Setelah diterapkannya alternatif perbaikan 2&3 berdasarkan perkiraan penurunan jumlah *waiting* oleh perusahaan sebesar 30%, maka waktu keseluruhan *waiting* akan berkurang menjadi 1549 jam. Tabel 5.55 berikut menunjukkan penurunan waktu *rework* yang dibutuhkan sesudah diterapkannya alternatif 2&3 oleh perusahaan.

Tabel 5. 43 Penurunan Waktu Yang Dibutuhkan Untuk *Rework*

<i>Defect</i>	Waktu <i>Rework</i>	Waktu Rata-Rata (Jam)	Periode					Total Waktu <i>Rework</i>
			1	2	3	4	5	
<i>Shrinkage</i>								
20% - 35%	0-2 Jam	1.5	6	66	2	18	52	145
36% - 60%	2-4 Jam	3	5	21	4	9	21	64
60% - 75%	4-5 Jam	4.5	2	53	0	15	15	88
75% - 99%	42 Jam	42	29	109	0	82	109	372
<i>Crack</i>	1-3 Jam	2	13	82	3	27	81	208
<i>Sand drop</i>	0-4 Jam	2	8	96	5	8	83	203
<i>Hardness</i>	1-4 Jam	3	6	41	4	4	49	107
<i>Cross Joint</i>								
20% - 60%	1-3 Jam	2	1	35	0	1	12	52
60%-90%	42 Jam	42	15	82	27	0	82	248
<i>Coldshut</i>	0-3 Jam	2	2	31	0	4	25	64

Selain waktu *rework*, *waiting* juga dapat dikarenakan adanya kerusakan pada mesin yang diakibatkan oleh kerusakan komponen maupun terjadi gangguan selama proses produksi. Adanya penerapan alternatif 2&3 di *workshop 1* diperkirakan dapat mengurangi waktu perbaikan karena terjadinya kerusakan sebesar 30% dari waktu total perbaikan.

Waktu perbaikan mesin = Total waktu *waiting* (jam) – waktu *rework* (jam)

$$2013 \text{ jam} - 1549 \text{ jam} = 464 \text{ jam}$$

Setelah diketahui total waktu perbaikan, kemudian waktu tersebut dikurangi dengan jumlah kenaikan performa mesin/penurunan *downtime* sebesar 30% sehingga total waktu perbaikan akibat kerusakan mesin menjadi 325 jam. Sehingga total waktu *waiting* setelah perbaikan akan berkurang menjadi 1874 jam

Waiting total = Waktu *rework* + waktu perbaikan mesin

$$= 1549 \text{ jam} + 325 \text{ jam}$$

$$= 1874 \text{ jam}$$

Dengan adanya pengurangan waktu *waiting* setelah diterapkannya alternatif perbaikan 2&3, nilai *sigma* dari *waiting waste* akan meningkat sebesar 0,114, seperti ditunjukkan pada tabel 5.44 berikut.

Tabel 5. 44 Perbandingan Nilai *Sigma* Waiting Sesudah Improvement

Keterangan	Nilai	Keterangan	Nilai
Jumlah <i>output</i> produksi	56655	Jumlah <i>output</i> produksi	56655
Jumlah <i>defect</i>	2013	Jumlah <i>defect</i>	1549
<i>Defect</i> per Unit	0.034	<i>Defect</i> per Unit	0.026
Jumlah CTQ	1	Jumlah CTQ	1
Peluang tingkat <i>defect</i> per karakteristik CTQ	0.034	Peluang tingkat <i>defect</i> per karakteristik CTQ	0.026
DPMO	33744.028	DPMO	25965.971
Nilai <i>Sigma</i>	3.333	Nilai <i>Sigma</i>	3.447

5.2.4.3 Analisis Alternatif Terpilih Terhadap Pengurangan *Excess Processing*

Pengaruh penerapan dari alternatif 2&3 pada *excess processing* dapat ditinjau dari jumlah *rework* untuk komponen *bolster* dan *side frame* selama berjalannya proses produksi. Berikut ini adalah jumlah *rework* eksisting dalam waktu 6 periode produksi dan perkiraan jumlah *rework* sebesar 36,84% yang terjadi jika dilakukannya alternatif perbaikan.

Tabel 5. 45 Perbandingan Jumlah *Rework* Setelah *Improvement*

<i>Defect</i>	Frekuensi <i>Rework</i>	Penurunan <i>Rework</i>	Persentase
<i>Shrinkage</i>			
20% - 35%	226	143	3.82%
36% - 60%	103	65	1.74%
60% - 75%	33	21	0.56%
75% - 99%	18	11	0.30%
<i>Crack</i>	255	161	4.31%
<i>Sand drop</i>	252	159	4.26%
<i>Hardness</i>	82	52	1.39%
<i>Cross Joint</i>			
20% - 60%	49	31	0.83%
60%-90%	12	8	0.20%
<i>Coldshut</i>	80	51	1.35%
Jumlah Produksi	5919	701	18.75%

Dengan melakukan penerapan alternatif perbaikan 2&3 diprediksi akan terjadi penurunan jumlah *rework* seiring dengan menurunnya jumlah komponen *rework*. Penurunan jumlah yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan jumlah *rework* eksisting. Penurunan jumlah frekuensi *rework* tersebut juga mempengaruhi peningkatan nilai *sigma* untuk *waste excess processing*. Tabel 5.46 berikut menampilkan perbandingan nilai *sigma* antara *excess processing* kondisi eksisting dengan kondisi setelah dilakukannya penerapan alternatif 2&3 dimana terjadi peningkatan nilai *sigma* sebesar 0,189.

Tabel 5. 46 Perbandingan Nilai *Sigma Excess Processing* Sesudah *Improvement*

Keterangan	Nilai	Keterangan	Nilai
Jumlah output produksi	5920	Jumlah output produksi	5920
Jumlah <i>defect</i>	1110	Jumlah <i>defect</i>	701
<i>Defect per Unit</i>	0.187	<i>Defect per Unit</i>	0.118
Jumlah CTQ	6	Jumlah CTQ	6
Peluang tingkat <i>defect</i> per karakteristik CTQ	0.0312	Peluang tingkat <i>defect</i> per karakteristik CTQ	0.019
DPMO	31255.279	DPMO	19740.834
Nilai <i>Sigma</i>	3.372	Nilai <i>Sigma</i>	3.561

5.2.5 Evaluasi Proses Produksi *Bogie S2HD-9C*

Dalam melakukan proses produksi bogie S2HD-9C terlihat bahwa masih terdapat beberapa kekurangan dari PT. Barata Indonesia yang harus diperbaiki untuk dapat mengaplikasikan perbaikan terpilih. Alternatif yang terpilih adalah melakukan penjadwalan ulang *maintenance* mesin *furnace* yang sangat penting bagi berjalannya proses pengecoran. Untuk itu perusahaan harus mulai melakukan pencatatan waktu penggantian komponen dari mesin *furnace* agar waktu perbaikan yang ditentukan sesuai dan tidak memakan waktu yang lama. Sejah ini perusahaan masih belum melakukan pencatatan waktu penggantian sehingga kerusakan-kerusakan komponen mesin tidak dapat diprediksi dengan baik. Dengan adanya pencatatan waktu aktivitas *maintenance* setiap komponen maka perusahaan akan dapat menyusun data historis dari setiap komponen yang rusak dan dapat melakukan penjadwalan *maintenance* yang diperlukan untuk mencegah terjadinya mesin *downtime* saat dilakukan proses produksi. Konsep *maintenance* dengan

mempertimbangkan aspek *reliability* komponen sangat diperlukan untuk melakukan pengukuran metrik ketercapaian aktivitas *total productive maintenance* yang akan diterapkan karena dapat diukur terkait nilai *overall equipment effectiveness* masing-masing mesin. Tingkat keandalan komponen yang terjaga dan aktivitas pembersihan *furnace* yang terjadwal akan sangat berpengaruh terhadap kualitas produk bogie yang dihasilkan. Untuk dapat melaksanakan aktivitas *total productive maintenance* maka diperlukan perencanaan strategis terhadap *rollout plan* TPM di perusahaan, penetapan rencana pemeliharaan jangka pendek, dan penetapan rencana pemeliharaan jangka panjang. Selain itu untuk dapat menentukan penjadwalan yang tepat berdasarkan *reliability*, maka perusahaan harus melakukan pencatatan *Mean Time To Failure* (MTTF) serta *Mean Time To Repair* (MTTR) dari setiap komponennya berdasarkan data historis kerusakan masing-masing komponen. Dengan begitu perusahaan dapat menentukan komponen mana yang paling kritis dengan melihat risiko yang dapat ditimbulkan apabila terjadi kerusakan komponen. Perusahaan memang telah menerapkan program *preventive maintenance*, namun penyusunan jadwal untuk masing-masing peralatan tidak memperhatikan kondisi keandalan dari mesin tersebut sehingga kurang berpengaruh terhadap pengurangan *waiting waste*.

Usulan alternatif mengenai penelitian peningkatan kualitas produksi komponen *bolster* dan *side frame* muncul berdasarkan hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan, dimana untuk produk bogie S2HD-9C pemberlakuan SOP tidak banyak berbeda dari produksi jenis bogie pesanan PT. INKA. Dengan jenis material yang berbeda dan *customer requirement* yang lebih ketat dari jenis bogie pesanan dalam negeri, sehingga diperlukan evaluasi terhadap proses produksi bogie S2HD-9C dari proses pembuatan desain cetakan, pengecoran, *heat treatment*, maupun proses permesinan. Metode yang dapat digunakan adalah dengan menerapkan *design of experiment* (DOE) pada aktivitas pengecoran agar dapat diketahui titik kelemahan proses eksisting dan dapat dilakukan *improvement* untuk mencegah peluang terjadinya kegagalan produk sehingga memberikan *Standard operating procedure* (SOP) yang baru sesuai dengan karakteristik produk.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan dari penelitian Tugas akhir yang telah dilakukan

1. Dalam proses produksi *bogie* S2HD-9C, aktivitas yang termasuk *value added activity* adalah aktivitas *operation* sebanyak 40 aktivitas (35,92%), aktivitas yang termasuk dalam *necessary non value added activity* adalah aktivitas *inspection & transport* sebanyak 45 aktivitas (39,82%), dan aktivitas yang termasuk dalam kategori *non value added activity* adalah aktivitas *delay* sebanyak 28 aktivitas (24,78%) dari seluruh total aktivitas proses produksi *bogie* S2HD-9C.
2. Berdasarkan identifikasi jenis *waste* di perusahaan, diketahui terdapat 3 jenis *waste* yang menimbulkan permasalahan dalam proses produksi *bogie* S2HD-9C. *Waste* tersebut adalah *defect*, *waiting*, dan *excess processing*. *Defect* yang terjadi pada proses produksi *bogie* di PT. Barata Indonesia cukup tinggi yaitu sebesar 43 % dengan *defect* kritis berupa *shrinkage*, *crack* dan *sand drop*. *Waiting* yang terjadi di perusahaan dengan waktu *downtime* rata-rata dalam satu tahun hingga mencapai 3,9% dari total waktu produksi di *workshop* 1 dimana hal tersebut masih dibawah batas toleransi *downtime* perusahaan sebesar 5%. *Downtime* tersebut masih terdapat kemungkinan akan terjadi peningkatan apabila tidak dilakukan langkah perawatan dan pengecekan secara berkala pada peralatan mesin produksi. *Excess processing* terjadi dalam proses produksi *bogie* berupa *rework* dan sangat dipengaruhi oleh terjadinya *waste defect* mencapai 18,7% dengan *rework* berupa pengelasan untuk jenis cacat minor dan sedang (keparahan di bawah 75%), dan peleburan kembali komponen produk apabila tingkat

keparahan cacat tinggi (di atas 75%) serta apabila terjadinya kegagalan pada proses *assembly*.

3. Penyebab terjadinya *waste defect, waiting* dan *excess processing* berdasarkan *root cause analysis* adalah tidak dijelaskannya dimensi jumlah saluran udara pada SOP cetakan, tidak adanya waktu pembersihan mesin *furnace* yang menyebabkan rusaknya komposisi material, jadwal pengecoran yang sangat padat, kurangnya ketelitian operator, terjadinya proses solidifikasi yang tidak merata, suhu serta durasi tempering yang tidak sesuai, catatan *maintenance* harian kurang lengkap, tidak dilakukannya pengecekan dan pembersihan terhadap peralatan kritis mesin secara terjadwal, dan kesalahan pengukuran dimensi diameter sambung komponen pada proses permesinan.
4. Berdasarkan pemilihan alternatif dengan menggunakan *value engineering* alternatif yang terpilih adalah alternatif 2&3, yaitu melakukan pembentukan pelatihan tim *total productive maintenance* dan melakukan penelitian peningkatan kualitas terhadap proses pengecoran komponen *bolster* dan *side frame* yang dapat berdampak langsung terhadap berkurangnya jumlah *defect* sehingga dapat mengurangi waktu *waiting* dan juga jumlah *rework* serta mempercepat lead time proses produksi *bogie S2HD-9C*.

6.2 Saran

Berikut adalah saran dari penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan

1. Perlu analisa lebih dalam terhadap permasalahan cacat pada produk dengan *Design Of Experiment* untuk dapat meningkatkan kualitas proses produksi *bogie S2HD-9C* mengingat sangat tingginya ketidakpastian kegagalan dalam proses pengecoran dan untuk menghasilkan *Standard operating procedure* yang baru.
2. Penilaian terhadap alternatif perbaikan terpilih apabila dilakukan perusahaan perlu dilakukan fase *controlling* untuk mengetahui dampak perbaikan yang dialami selama proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Apel, W., 2007. *Value Stream Mapping for Lean Manufacturing Implementation*. Huazhong: *Huazhong University of Science and Technology*.
- Arifin, M. (2012). Aplikasi Metode Lean Six Sigma Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Studi Kasus: Departemen GLS (General Lighting Services) PT. Philips Lighting Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), A477-A481.
- Besterfield, D. H. (1986). *Quality Control*, 2nd edition, Prentice-Hall Internasional.
- BPS, 2015. Jumlah Perusahaan Industri Besar Sedang Menurut Sub-Sektor, Tahun 2015 [Online] Badan Pusat Statistik.
Available at :<http://www.bps.go.id/link/TabelStatis/view/id/1054>
[Accessed 5 March 2016]
- Charnnarong Saikaew , Sermak Wiengwiset (2012), “Optimization of moulding sand composition for quality improvement of iron castings” *Elsevier applied clay science* 67-68
- Doggett, A. M. (2005). Root cause analysis: a framework for tool selection. *Quality Management Journal*, 12(4), 34.
- Gaspersz, V. (2006). *Continuous Cost Reduction Through Lean Sigma Approach : Strategi Dramatik Reduksi Biaya dan Pemborosan menggunakan Pendekatan Lean-Sigma*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hicks, B.J. (2007), *Lean Information Management : Understanding and Eliminating Waste*, *International Journal of Information Management* 27, hal. 233-249.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean*. Cardiff, Lean Enterprise Research Centre.
- Issola, A. D. (1997). *Value Engineering Practical Application for Construction, Maintenance and Operation*, Kingston.
- Keller, P., & Pyzdek, T. (2010). *The Six sigma Handbook* (Fourth Edition ed.). McGraw-Hill Professional.

- Kennedy, M. (1998). *Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) of Flip Chip Devices Attached to Printed Writing Board (PWB)*. Electronics Manufacturing Technology Symposium. Twenty-Third IEEE/CPMT.
- K.Siekanski,S.Borkowaski (2003) “Analysis of foundry defects and preventive activities for quality improvement of casting ” *Metalurgija- 42*
- Martin, W. James. (2007). *Lean Six Sigma for Supply Chain Management The 10-Step Solution Process*. McGraw-Hill. 1221 Avenue of the America, New York, NY 10020
- McDermott, R., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. (1996). *The Basic of FMEA*. Productivity Press.
- Montgomery, C. D. 2005. *Statistical Quality Control*, United States of America, John Wiley & Sons, Inc.
- Pyzdek, T. & Keller, P. A. 2010. *The Six Sigma Handbook. A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. New York: Mc. Graw Hill. Inc.
- Rooney, J. J., & Heuvel, L. N. (2004). Root Cause Analysis for Beginners. *Quality Progress*, 37(7), 45-56.
- Rother, M., and Shook, J., (2003), “*Learning To See : Value Stream Mapping to add Value and Eliminate Muda*”. Lean Enterprise Institute.
- Shivappa, Mr Rohit, Mr. Abhijit Bhattacharya (2012), “Analysis of Casting Defects and Identification of Remedial Measures – A Diagnostic Study” *International Journal of Engineering Inventions Volume 1, Issue 6*
- Snee, R.D. 2010. Lean Six Sigma – Getting Better All The Time. *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 1 no. 1, pp.9-29.
- Wedgwood, I. 2006. *Lean Sigma: A Practitioner's Guide*. Prentice Hall.
- Wignjosoebroto, S. (2009). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Barang*. 3rd ed Surabaya. Penerbit Guna Widya.
- Womack, J.P. & Jones, D.T., 2007. *The Machine That Changed The World : The Story of Lean Production-Toyota’s Secret Weapon in The Globa Car Wars That Is Now Revolutioning World Industri*. S.I. : Simon and Schuster

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Rekap Non Conformance Report Bogie S2HD-9C

NCR Januari 2015					
No	Nama Komponen	Jenis Cacat	Jumlah	Tindakan	Penyebab
1	Bolster	Retak pada komponen	8	Repair las	Operator
2	Side Frame	Penyimpangan dimensi dari 100 mm menjadi 115 mm sebanyak 3 buah	12	Repair las & <i>grinding</i>	Operator
3	Side Frame	Sand drop 8 spot	2	Repair las	Material
4	Bolster	Sand drop 6 spot	3	Repair las	Material
5	Bolster	Terdapat 12 titik <i>gas hole</i>	2	Repair las	Material
NCR Februari 2015					
No	Nama Komponen	Jenis Cacat	Jumlah	Tindakan	Penyebab
1	Side Frame	Keropos >75%	1	Afkir	Operator
2	Side Frame	Penyimpangan dimensi dari 205 ± 2 mm menjadi 208 mm sebanyak 5 buah	6	Repair las	Operator
3	Side Frame	206-208 --> bh Coldshut	2	Repair <i>welding & grinding</i>	Operator
4	Side Frame	Crack (hasil kontrol ex quenching 25 cacat)	25	Repair las & <i>grinding</i>	Operator
5	Bolster	Penyimpangan dimensi 1590 ± 1.5 mm (lebih dari toleransi = 1593)	32	Repair las	Operator
6	Bolster	Penyimpangan dimensi (<i>shrinkage</i>) A. STD jarak 1590 ± 1,5 mm ACT jarak 1954 - 1959 mm B. STD Jarak 180 ACT 178-1770 mm	28	Repair las	Operator
7	Side Frame	<i>Hardness</i> hasil pengujian <i>tempering</i>	8	Repair las + annealing	
NCR Maret 2015					
No	Nama Komponen	Jenis Cacat	Jumlah	Tindakan	Penyebab
1	Side Frame	Casting 1 buah No. 051.04.15 terdapat crack pada <i>brake mould</i>	1	Repair las	Desain
2	Bolster	Hasil machining over toleransi pada diameter 225+0,046-0 No. casting std Act 54 225,06 55 255±0,046 mm 225,06 56 225,07	12	Dilakukan hardening dan las pada daerah yang menyimpang	Desain
3	Side Frame	Sand drop 12 spot	20	Repair las	Material
4	Bolster	Sand drop 5 spot	12	Repair las	Material
5	Bolster	Terdapat 5 titik <i>coldshut</i>	2	Repair las	Material
6	Side Frame	206-209 --> bh Coldshut	5	Repair <i>welding & grinding</i>	Operator

LAMPIRAN B

Rekap Downtime Mesin Workshop 1

Bulan	Jenis Mesin	Waktu Operasi	Downtime	Persentase Downtime
		Jam	Jam	%
Januari	<i>Arc Furnance</i>	685	33	4.82%
	<i>Induction Furnance</i>	625	38	6.08%
	<i>Moulding</i>	525	13	2.48%
	<i>Shot blast</i>	338	5	1.48%
	<i>Shake out</i>	364	8	2.20%
	<i>Grinding</i>	472	10	2.12%
	<i>Cut off</i>	380	7	1.84%
	HT-6	520	29	5.58%
	<i>Milling</i>	356	10	2.81%
	<i>Welding</i>	428	13	3.04%
Februari	<i>Arc Furnance</i>	572	24	4.20%
	<i>Induction Furnance</i>	550	18	3.27%
	<i>Moulding</i>	410	4	0.98%
	<i>Shot blast</i>	210	5	2.38%
	<i>Shake out</i>	234	6	2.56%
	<i>Grinding</i>	333	3	0.90%
	<i>Cut off</i>	195	5	2.56%
	HT-6	440	8	1.82%
	<i>Milling</i>	230	4	1.74%
	<i>Welding</i>	290	2	0.69%
Maret	<i>Arc Furnance</i>	894	38	4.25%
	<i>Induction Furnance</i>	868	52	5.99%
	<i>Moulding</i>	533	8	1.50%
	<i>Shot blast</i>	310	15	4.84%
	<i>Shake out</i>	384	8	2.08%
	<i>Grinding</i>	420	15	3.57%
	<i>Cut off</i>	325	12	3.69%
	HT-6	596	33	5.54%
	<i>Milling</i>	342	7	2.05%
	<i>Welding</i>	426	16	3.76%
April	<i>Arc Furnance</i>	710	34	4.79%
	<i>Induction Furnance</i>	694	28	4.03%
	<i>Moulding</i>	531	21	3.95%

Bulan	Jenis Mesin	Waktu Operasi	Downtime	Persentase Downtime
		Jam	Jam	%
April	<i>Shot blast</i>	327	14	4.28%
	<i>Shake out</i>	393	13	3.31%
	<i>Grinding</i>	460	19	4.13%
	<i>Cut off</i>	330	10	3.03%
	HT-6	590	24	4.07%
	<i>Milling</i>	358	14	3.91%
	<i>Welding</i>	440	16	3.64%
Mei	<i>Arc Furnance</i>	715	25	3.50%
	<i>Induction Furnance</i>	700	29	4.14%
	<i>Moulding</i>	526	16	3.04%
	<i>Shot blast</i>	338	11	3.25%
	<i>Shake out</i>	410	7	1.71%
	<i>Grinding</i>	425	13	3.06%
	<i>Cut off</i>	325	10	3.08%
	HT-6	550	19	3.45%
	<i>Milling</i>	342	6	1.75%
	<i>Welding</i>	465	11	2.37%
Juni	<i>Arc Furnance</i>	685	21	3.07%
	<i>Induction Furnance</i>	632	25	3.96%
	<i>Moulding</i>	510	14	2.75%
	<i>Shot blast</i>	328	9	2.74%
	<i>Shake out</i>	418	13	3.11%
	<i>Grinding</i>	442	11	2.49%
	<i>Cut off</i>	318	13	4.09%
	HT-6	574	14	2.44%
	<i>Milling</i>	348	9	2.59%
	<i>Welding</i>	453	12	2.65%
Juli	<i>Arc Furnance</i>	692	25	3.61%
	<i>Induction Furnance</i>	643	29	4.51%
	<i>Moulding</i>	526	23	4.37%
	<i>Shot blast</i>	342	16	4.68%
	<i>Shake out</i>	420	17	4.05%
	<i>Grinding</i>	455	18	3.96%
	<i>Cut off</i>	315	11	3.49%
	HT-6	584	24	4.11%
	<i>Milling</i>	386	16	4.15%
	<i>Welding</i>	467	19	4.07%

Bulan	Jenis Mesin	Waktu Operasi	Downtime	Persentase Downtime
		Jam	Jam	%
Agustus	<i>Arc Furnance</i>	675	27	4.00%
	<i>Induction Furnance</i>	632	33	5.22%
	<i>Moulding</i>	522	18	3.45%
	<i>Shot blast</i>	352	17	4.83%
	<i>Shake out</i>	427	16	3.75%
	<i>Grinding</i>	468	20	4.27%
	<i>Cut off</i>	333	18	5.41%
	HT-6	575	25	4.35%
	<i>Milling</i>	394	18	4.57%
	<i>Welding</i>	473	22	4.65%
September	<i>Arc Furnance</i>	664	21	3.16%
	<i>Induction Furnance</i>	618	27	4.37%
	<i>Moulding</i>	510	17	3.33%
	<i>Shot blast</i>	312	12	3.85%
	<i>Shake out</i>	400	15	3.75%
	<i>Grinding</i>	419	12	2.86%
	<i>Cut off</i>	289	11	3.81%
	HT-6	540	27	5.00%
	<i>Milling</i>	310	15	4.84%
	<i>Welding</i>	418	12	2.87%
Oktober	<i>Arc Furnance</i>	706	21	2.97%
	<i>Induction Furnance</i>	654	28	4.28%
	<i>Moulding</i>	537	18	3.35%
	<i>Shot blast</i>	347	13	3.75%
	<i>Shake out</i>	430	9	2.09%
	<i>Grinding</i>	463	14	3.02%
	<i>Cut off</i>	320	13	4.06%
	HT-6	565	21	3.72%
	<i>Milling</i>	425	18	4.24%
	<i>Welding</i>	488	19	3.89%
Nopember	<i>Arc Furnance</i>	710	18	2.54%
	<i>Induction Furnance</i>	668	29	4.34%
	<i>Moulding</i>	569	15	2.64%
	<i>Shot blast</i>	382	14	3.66%
	<i>Shake out</i>	420	8	1.90%
	<i>Grinding</i>	434	16	3.69%
	<i>Cut off</i>	346	13	3.76%

Bulan	Jenis Mesin	Waktu Operasi	Downtime	Persentase Downtime
		Jam	Jam	%
Nopember	<i>Cut off</i>	346	13	3.76%
	HT-6	587	24	4.09%
	<i>Milling</i>	429	15	3.50%
	<i>Welding</i>	496	15	3.02%
Desember	<i>Arc Furnance</i>	695	21	3.02%
	<i>Induction Furnance</i>	665	25	3.76%
	<i>Moulding</i>	524	11	2.10%
	<i>Shot blast</i>	358	18	5.03%
	<i>Shake out</i>	421	13	3.09%
	<i>Grinding</i>	445	15	3.37%
	<i>Cut off</i>	356	13	3.65%
	HT-6	567	20	3.53%
	<i>Milling</i>	435	8	1.84%
	<i>Welding</i>	460	17	3.70%

LAMPIRAN C

Kuisisioner Alternatif Perbaikan

Kuisisioner ini dibuat sebagai salah satu cara pengumpulan data untuk tugas akhir dari mahasiswa Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui alternatif perbaikan terpilih untuk mengatasi permasalahan turunnya kualitas produksi di perusahaan. Kuisisioner ini digunakan untuk mendapatkan bobot masing-masing jenis alternatif perbaikan yang diusulkan. Oleh karena itu, kami mohon dengan hormat bantuan dari Bapak/ Ibu/ Saudara untuk mengisi kuisisioner berikut. Atas bantuan Bapak/ Ibu/ Saudara saya mengucapkan terimakasih.

Nama :

Jabatan :

Berdasarkan hasil RPN tertinggi pada FMEA, berikut ini merupakan kombinasi alternatif rekomendasi perbaikan yang ditawarkan :

Kombinasi Alternatif	Keterangan
0	Kondisi eksisting
1	Membuat perbaikan dan pengawasan pelaksanaan <i>Standard operating procedure</i> (SOP)
2	Pelatihan dan pembentukan tim <i>total productive maintenance</i>
3	Melakukan penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat dan proses pengecoran, pembentukan, dan <i>thermal</i> yang sesuai
1,2	Membuat perbaikan dan pengawasan <i>Standard operating procedure</i> (SOP) dan membuat rencana pelatihan dan pembentukan tim <i>total productive maintenance</i>
1,3	Membuat perbaikan dan pengawasan <i>Standard operating procedure</i> (SOP) dan melakukan Penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat proses pengecoran, pembentukan, & <i>thermal</i> yang sesuai
2,3	Membuat rencana pelatihan, pembentukan tim <i>total productive maintenance</i> dan melakukan penelitian mengenai komposisi bahan baku yang tepat dan proses pengecoran, pembentukan, dan <i>thermal</i> yang sesuai
1,2,3	Membuat perbaikan dan pengawasan pelaksanaan <i>Standard operating procedure</i> (SOP), membuat rencana pelatihan dan pembentukan tim <i>total productive maintenance</i> , dan penelitian

Dari alternatif tersebut kemudian dilakukan pemilihan alternatif perbaikan pada dua kriteria yang sudah ditentukan. Berikut merupakan tabel pemilihan alternatif perbaikan terbaik berdasarkan kriteria performansinya. Isilah Tabel dengan skala 1-10

Skala angka yang digunakan :

- 1 = Usulan Alternatif perbaikan sangat tidak penting
- 3 = Usulan Alternatif perbaikan sedikit lebih penting
- 5 = Usulan Alternatif perbaikan cukup penting
- 7 = Usulan Alternatif perbaikan lebih penting
- 9 = Usulan Alternatif perbaikan mutlak penting
- 2,4,6,8 = nilai tengah

Kombinasi alternatif	Kriteria Performansi		
	Reduksi <i>defect</i>	Reduksi <i>Downtime</i>	Reduksi <i>Lead time</i>
0			
1			
2			
3			
1,2			
1,3			
2,3			
1,2,3			

Terimakasih atas partisipasi anda dalam pengisian kuisisioner penelitian tugas akhir ini.

Surabaya, Juni 2016

.....

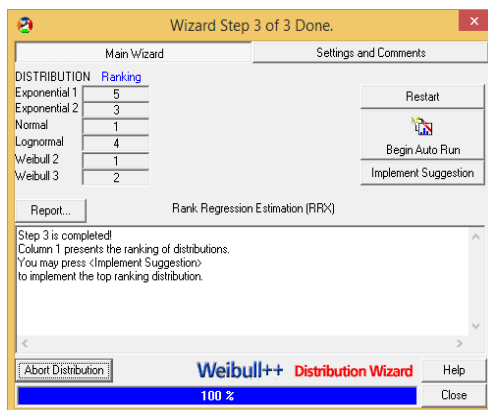
LAMPIRAN D

Rekap Perhitungan MTTF dan MTTR Komponen Mesin *Furnace*

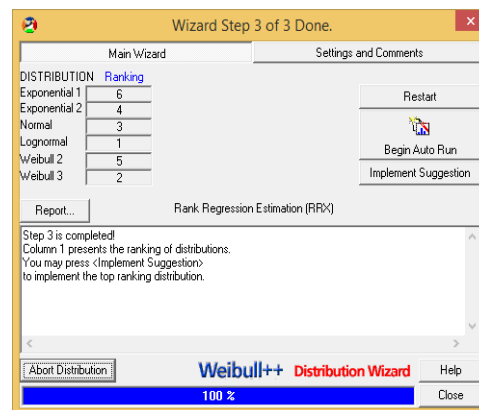
Komponen	Time To Failure (Hari)				
	1	2	3	4	5
<i>Inductor Linning</i>	19	7	10	25	18
<i>Sensor Linning</i>	23	16	12	19	15
<i>Igniter Burner</i>	8	6	18	11	9
<i>Box Heat Boiler</i>	9	5	8	12	10
<i>Steam Coil Air Heater</i>	14	6	7	13	15

Komponen	Time To Repair (Hari)				
	1	2	3	4	5
<i>Inductor Linning</i>	0.17	0.19	0.15	0.2	0.12
<i>Sensor Linning</i>	0.15	0.17	0.25	0.23	0.18
<i>Igniter Burner</i>	0.14	0.15	0.12	0.26	0.08
<i>Box Heat Boiler</i>	0.08	0.1	0.15	0.23	0.18
<i>Steam Coil Air Heater</i>	0.18	0.08	0.1	0.14	0.22

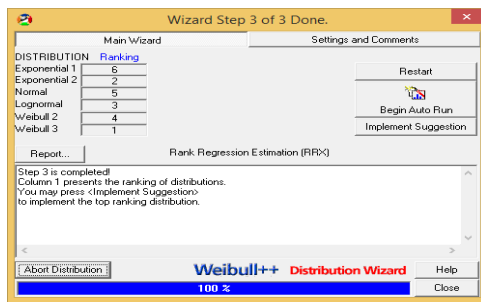
Hasil Fitting Distribusi Menggunakan *Software Weibull++*



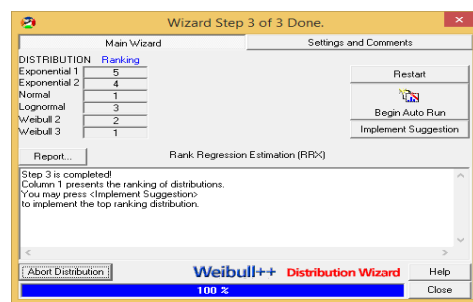
Komponen *Inductor Linning*



Komponen *Sensor Linning*



Komponen *Igniter Burner*



Komponen *Box Heat Boiler*

Rekap Distribusi dan Paramater *Time to Failure* Komponen

Komponen	Distribusi	α	β	γ	μ	δ
<i>Inductor Linning</i>	Weibull 2	18.19	2.04			
<i>Sensor Linning</i>	Lognormal				2.09	0.28
<i>Igniter Burner</i>	Weibull 3	5.59	0.88	5.45		
<i>Box Heat Boiler</i>	Weibull 3	23.77	8.76	-13.80		
<i>Steam Coil Air Heater</i>	Weibull 3	6.13	0.62	5.77		

Rekap Distribusi dan Paramater *Time to Repair* Komponen

Komponen	Distribusi	α	β	γ	μ	δ
<i>Inductor Linning</i>	Weibull 2	0.19	5.11			
<i>Sensor Linning</i>	Weibull 3	0.07	1.16	0.14		
<i>Igniter Burner</i>	Lognormal				-1.97	0.48
<i>Box Heat Boiler</i>	Weibull 3	0.16	2.16	0.01		
<i>Steam Coil Air Heater</i>	Weibull 3	0.14	2.09	0.01		

Rekap Input MTTF dan MTTR Komponen

Komponen	MTTF (Hari)	MTTF (Jam)	MTTR (Hari)	MTTR (Jam)
<i>Inductor Linning</i>	16.12	386.98	0.18	4.36
<i>Sensor Linning</i>	8.40	201.68	0.20	4.86
<i>Igniter Burner</i>	11.40	273.51	0.16	3.74
<i>Box Heat Boiler</i>	8.68	208.44	0.15	3.62
<i>Steam Coil Air Heater</i>	14.66	351.77	0.15	3.52

JADWAL 1 TAHUN PERTAMA	Jadwal Maintenance										
	Jadwal ke	Jam ke-	Durasi	Seles ai	Hari ke-	Jam ke-	komponen				
							1	2	3	4	5
1	202	5	207	8	10	-	v	-	-	-	
2	213	4	217	8	21	-	-	-	v	-	
3	282	4	286	11	18	-	-	v	-	-	
4	364	4	368	15	4	-	-	v	-	-	
5	403	4	407	16	19	v	-	-	-	-	
6	423	5	428	17	15	-	v	-	-	-	
7	442	4	445	18	10	-	-	-	v	-	
8	576	4	579	23	24	-	-	v	-	-	
9	637	5	642	26	13	-	v	-	-	-	
10	662	4	666	27	14	-	-	-	v	-	
11	744	4	748	31	0	-	-	-	-	v	
12	818	4	822	34	2	v	-	-	-	-	
13	855	5	860	35	15	-	v	-	v	-	
14	874	4	878	36	10	-	-	v	-	-	
15	891	4	895	37	3	-	-	-	v	-	
16	1069	5	1074	44	13	-	v	-	-	-	
17	1108	4	1112	46	4	-	-	-	v	-	
18	1108	4	1111	46	4	-	-	-	-	v	
19	1234	4	1238	51	10	v	-	-	-	-	
20	1287	5	1292	53	15	-	v	-	-	-	
21	1333	4	1336	55	13	-	-	-	v	-	
22	1453	4	1457	60	13	-	-	v	-	-	
23	1549	4	1552	64	13	-	-	-	v	-	
24	1707	5	1711	71	3	-	v	-	-	-	
25	1739	4	1743	72	11	-	-	v	-	-	
26	1769	4	1773	73	17	-	-	-	v	-	
27	1981	4	1985	82	13	-	-	-	v	-	
28	2023	4	2027	84	7	-	-	v	-	-	
29	2129	5	2134	88	17	-	v	-	-	-	
30	2202	4	2206	91	18	-	-	-	v	-	
31	2202	5	2207	91	18	-	v	-	-	-	
32	2541	5	2546	105	21	-	v	-	-	-	
33	2748	4	2751	114	12	-	-	-	v	-	
34	3049	4	3053	127	1	-	-	v	-	-	
35	3417	4	3420	142	9	-	-	-	v	-	
36	3473	4	3477	144	17	-	-	v	-	-	
37	3697	4	3701	154	1	-	-	-	v	-	

	38	3897	4	3901	162	9	-	-	v	-	-
	39	3978	4	3982	165	18	-	-	-	v	-
	40	4947	4	4950	206	3	-	-	-	-	v
	41	6137	4	6140	255	17	-	-	v	-	-
	42	7275	5	7280	303	3	-	-	v	-	-
	43	7428	5	7433	309	12	-	v	-	-	-
	44	7831	4	7834	326	7	-	-	v	-	-
	45	7915	4	7919	329	19	-	-	-	-	v
	46	8045	5	8050	335	5	-	v	-	-	-
	47	8252	5	8257	343	20	-	v	-	v	-

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Ramadhan Asma Hadi dilahirkan di Kota Palangkaraya pada tanggal 7 Maret 1994. Putera dari pasangan Marsudi dan Muhartinah. Penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMAN 2 Palangkaraya. Pendidikan tinggi ditempuh di program studi S1 Jurusan Teknik Industri FTI-ITS angkatan 2012.

Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis bergabung dengan kepengurusan HMTI ITS periode 2013-2014 sebagai staf Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa, Pemandu aktif LKMM FTI ITS 2013-2015, dan pengurusan HMTI ITS periode 2014-2015 sebagai Sekretaris Umum. Selain itu penulis juga pernah mengikuti beberapa kepanitiaan untuk kegiatan di tingkat institut dan nasional yang diadakan oleh HMTI ITS, BEM-FTI ITS, dan BEM ITS. Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktek di PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk., Kota Cilegon pada tahun 2015. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email asma.ramadhan@gmail.com

(halaman ini sengaja dikosongkan)