



**TUGAS AKHIR – TI 141501**

**REDUKSI WASTE DAN PERBAIKAN PENGGUNAAN  
ENERGI PADA PROSES PRODUKSI *COLD ROLLED COIL* DI  
PT KRAKATAU STEEL DENGAN PENDEKATAN  
METODOLOGI *LEAN SIX SIGMA***

AFHAM WAHYU AGUNG  
NRP 2512 100 113

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**

**REDUCING WASTE AND ENERGY USAGE IMPROVEMENT  
OF PRODUCTION PROCESS COLD ROLLED COIL IN PT  
KRAKATAU STEEL USING LEAN SIX SIGMA APPROACH**

AFHAM WAHYU AGUNG  
NRP 2512 100 113

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

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
Faculty Of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**LEMBAR PENGESAHAN**

**REDUKSI WASTE DAN PERBAIKAN PENGGUNAAN  
ENERGI PADA PROSES PRODUKSI COLD ROLLED COIL DI  
PT KRAKATAU STEEL DENGAN PENDEKATAN  
METODOLOGI LEAN SIX SIGMA**

**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 :

**AFHAM WAHYU AGUNG**  
NRP 2512 100 113

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,  
Surabaya, Juli 2016

**H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE.**

**NIP 19600223198503100**



**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

**REDUKSI WASTE DAN PERBAIKAN PENGGUNAAN  
ENERGI PADA PROSES PRODUKSI *COLD ROLLED COIL* DI  
PT KRAKATAU STEEL DENGAN PENDEKATAN  
METODOLOGI *LEAN SIX SIGMA***

Nama : Afham Wahyu Agung  
NRP : 2512100113  
Jurusan : Teknik Industri - ITS  
Pembimbing : H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE.

**ABSTRAK**

PT Krakatau Steel (persero) Tbk. merupakan salah satu BUMN manufaktur baja terbesar di Indonesia yang melakukan proses peleburan baja hingga memproduksi produk baja seperti *slab*, *wire*, dan *coil*. Salah satu produk PT KS yaitu *cold rolled coil* (CRC) yang banyak digunakan oleh industri manufaktur lain sebagai bahan baku. PT KS mempertimbangkan perbaikan supaya proses produksi CRC semakin baik dan efisien untuk meningkatkan daya saing perusahaan. Permasalahan yang umum dihadapi pabrik CRM antara lain peningkatan produk yang cacat dan terjadinya *breakdown* pada mesin-mesin produksi CRC. Metode *lean six sigma* diusulkan untuk menangani masalah tersebut dengan target mereduksi pemborosan dan mengurangi *non-value-added activity* akibat pemborosan. Penelitian ini dilakukan berdasarkan langkah-langkah *quality improvement DMAIC Six Sigma* yang terdiri dari fase *define*, *measure*, *analyze*, *improvement*, dan *control*. Dilakukan identifikasi pada proses produksi dan ditemukan masalah terkait produk *coil* cacat (*defect*) dan waktu *breakdown* yang tinggi pada beberapa mesin (*waiting*). Masalah *defect* dapat dikaitkan dengan pemakaian energi listrik dan gas, sedangkan *waiting* berkaitan dengan biaya yang dikeluarkan per jamnya. Metode RCA dan FMEA digunakan untuk menganalisis penyebab masalah kecacatan produk dan *breakdown* mesin serta efek yang dapat ditimbulkan oleh *potential cause*. Berdasarkan hasil analisis, dirumuskan beberapa alternatif perbaikan. Target dari penerapan alternatif perbaikan tersebut yaitu menurunkan jumlah produk cacat yang berdampak pada penggunaan energi dan menekan waktu *breakdown* pada mesin-mesin kritis.

**Kata Kunci:** *Lean six sigma*, *waste*, *improvement*, energi

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



# **REDUCING WASTE AND ENERGY USAGE IMPROVEMENT OF PRODUCTION PROCESS COLD ROLLED COIL IN PT KRAKATAU STEEL USING LEAN SIX SIGMA APPROACH**

Name : Afham Wahyu Agung  
NRP : 2512100113  
Department : Industrial Engineering - ITS  
Supervisor : H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE.

## **ABSTRACT**

PT Krakatau Steel (persero) Tbk. is the biggest SOE steel manufacturer in Indonesia, which processes smelting of steel until producing steel product, such as slab, wire and coil. One product of PT Krakatau Steel (persero) Tbk. is cold roller coil (CRC), which used in other manufacture industry as raw material. PT Krakatau Steel considers improvement in order production process of CRC getting better and more efficient, to increase competitive advantage of company. The common problems which are faced by plant CRM is the increasing of defective product and breakdown of CRM production machine. Lean six sigma method is proposed to overcome the problem by reducing waste and non-added value activity caused by waste. This research is done based on stages of quality improvement Six Sigma DMAIC, which consists of stage of define, measure, analyze, improvement and control. It is done identification in the production process and found defective coil product and high breakdown time in some machines (waiting). Defect product is linked with electrical and gas energy usage, waiting is linked with cost spent per hour. RCA and FMEA method is used to analyze cause of defective product, machine breakdown and the effect impacted by potential cause. Based on analysis result, it is formulated some alternatives of improvement. Target of improvement implementation is to reduce amount of defective product which impacts on energy usage and reduce breakdown time of critical machines.

**Keywords : Energy, Improvement, Lean six sigma, waste**

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## KATA PENGANTAR

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

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk 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, Bambang Wahyuagung dan Dwi Wahyu Hendryani, serta adik penulis, Malika Fadiyah dan Wafiiq Fillah, 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. Adithya Sudiarno, S.T., M.T., selaku dosen koordinator Tugas Akhir.
6. Ibu Anny Maryani, S.T., M.T., selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan bimbingan dan nasihatnya selama penulis menempuh masa studi di Jurusan Teknik Industri ITS;
7. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng., Ph.D, dan Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D selaku penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan Tugas Akhir ini;

8. Bapak Iwan Parwanto dan Bapak Sardjono dari Divisi SCI Dept. Produksi PT Krakatau Steel selaku pembimbing lapangan telah memberikan bantuan, kesempatan berdiskusi dan belajar selama penulis melaksanakan penelitian di perusahaan;
9. Melisa Eka Pratiwi yang selalu memberikan semangat kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini;
10. Achmad Effendi, Kresna Kartika S.P., dan Muhammad Ramadhan Asma H. yang selama ini menjadi teman makan dan bertukar pikiran;
11. Wildhan, Arum, Indah, Yesika, Astrid, Desryadi, Niken, Madhan, dan Diyah yang selama ini menjadi teman seperjuangan dan teman diskusi selama bimbingan;
12. Teman-teman angkatan 2012 KAVALERI yang setiap saat saling membantu dan mendukung serta telah menjadi keluarga besar penulis selama diperantauan;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu 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  
Afham Wahyu Agung

## 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 Perumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 <i>Lean Thinking</i> .....	9
2.2 <i>Waste</i> .....	10
2.3 <i>Six Sigma</i> .....	11
2.4 <i>DMAIC Six Sigma</i> .....	12
2.5 <i>Lean Six Sigma</i> .....	13
2.6 <i>Root Cause Analysis (RCA)</i> .....	14
2.7 <i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA)</i> .....	15
2.8 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> .....	19
2.9 <i>Value Engineering</i> .....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	23
3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	23
3.2 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	25
3.2.1 Diskusi dan Identifikasi Masalah .....	25
3.2.2 Peninjauan Literatur dan Pengamatan Objek Penelitian .....	25

3.2.3	Perumusan Masalah.....	25
3.2.4	Penentuan Tujuan .....	26
3.3	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	26
3.3.1	<i>Define</i> .....	26
3.3.2	<i>Measure</i> .....	26
3.4	Tahap Analisis dan Penyusunan Alternatif Perbaikan.....	26
3.4.1	<i>Analyze</i> .....	27
3.4.2	<i>Improvement</i> .....	27
3.5	Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran .....	27
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....		29
4.1	<i>Define</i> .....	29
4.1.1	Gambaran Umum Perusahaan .....	29
4.1.2	Definisi Objek Amatan.....	33
4.2	<i>Measure</i> .....	50
4.2.1	<i>Waste Measurement</i> .....	50
4.2.2	Pemilihan <i>Waste</i> Kritis .....	60
BAB V ANALISIS DAN PERBAIKAN .....		61
5.1	<i>Analyse</i> .....	61
5.1.1	Analisis Akar Penyebab Masalah <i>Waste</i> .....	61
5.1.2	<i>Failure Mode Effect Analysis</i> .....	66
5.2	<i>Improvement</i> .....	86
5.2.1	Alternatif Perbaikan.....	86
5.2.2	Kriteria Pemilihan Alternatif.....	95
5.2.3	Biaya Alternatif Perbaikan .....	95
5.2.4	Pemilihan Alternatif Perbaikan .....	99
5.2.5	Alternatif Terpilih.....	102
5.2.6	Analisis Perbaikan <i>Waste</i> dan <i>Activity</i> .....	103
5.3	<i>Control</i> .....	111
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		113
6.1	Kesimpulan .....	113
6.2	Saran .....	114
DAFTAR PUSTAKA.....		xix

LAMPIRAN .....	xxiii
BIOGRAFI PENULIS .....	xli

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jumlah Produksi Produk CRC dan <i>Defect</i> Tahun 2015 .....	4
Tabel 2. 1 Kriteria <i>Severity</i> .....	17
Tabel 2. 2 Kriteria <i>Occurrence</i> .....	18
Tabel 2. 3 Kriteria <i>Detection</i> .....	18
Tabel 4. 1 Klasifikasi Aktivitas Pada Proses Pembersihan Bahan Baku dan <i>Oiling</i> .....	39
Tabel 4. 2 Klasifikasi Aktivitas Proses Reduksi Ketebalan <i>Coil</i> .....	39
Tabel 4. 2 Klasifikasi Aktivitas Proses Reduksi Ketebalan <i>Coil</i> (Lanjutan) .....	40
Tabel 4. 3 Klasifikasi Aktivitas Proses Pencucian Teknik Elektrolisis .....	40
Tabel 4. 4 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>Annealing</i> .....	40
Tabel 4. 4 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>Annealing</i> (Lanjutan).....	41
Tabel 4. 5 Klasifikasi Aktivitas Proses Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i> .....	41
Tabel 4. 6 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>CR Finishing Line</i> .....	42
Tabel 4. 7 Karakteristik <i>Defect</i> dan Gambar <i>Coil</i> .....	44
Tabel 4. 7 Karakteristik <i>Defect</i> dan Gambar <i>Coil</i> (Lanjutan).....	45
Tabel 4. 8 Jumlah Tonase <i>Waste Defect</i> .....	45
Tabel 4. 8 Jumlah Tonase <i>Waste Defect</i> (Lanjutan) .....	46
Tabel 4. 9 Total Konsumsi Listrik dan Gas Tahun 2015 .....	46
Tabel 4. 10 Data Waktu Kerja dan Waktu <i>Breakdown</i> Per Mesin Tahun 2015 ...	48
Tabel 4. 11 Jumlah <i>Defect</i> Produk CRC Tahun 2015 .....	52
Tabel 4. 12 Perhitungan <i>Sigma Waste Defect</i> .....	53
Tabel 4. 13 Ringkasan Konsumsi Energi Proses Produksi CRC .....	53
Tabel 4. 14 Kontribusi <i>Waste Defect</i> Terhadap Energi Listrik.....	54
Tabel 4. 15 Kontribusi <i>Waste Defect</i> Terhadap Konsumsi Gas.....	54
Tabel 4. 15 Kontribusi <i>Waste Defect</i> Terhadap Konsumsi Gas (Lanjutan).....	55
Tabel 4. 16 Nilai <i>Sigma</i> Mesin Pabrik CRM .....	56
Tabel 4. 17 <i>Delay Cost</i> Per Mesin Tahun 2015 .....	56
Tabel 4. 18 Kerugian Finansial Akibat <i>Breakdown</i> .....	57

Tabel 4. 19 Kerugian Finansial Akibat <i>Breakdown</i> Mesin Kritis .....	57
Tabel 4. 19 Kerugian Finansial Akibat <i>Breakdown</i> Mesin Kritis (Lanjutan) .....	58
Tabel 4. 20 <i>Waste</i> Kritis Terpilih dan Kerugian Biaya .....	60
Tabel 5. 1 RCA <i>Waste Defect</i> .....	62
Tabel 5. 2 <i>Root Cause Analysis Waiting Waste</i> .....	64
Tabel 5. 3 Kriteria <i>Severity Waste Defect</i> .....	67
Tabel 5. 4 Kriteria <i>Occurence Waste Defect</i> .....	68
Tabel 5. 5 Kriteria <i>Detection Waste Defect</i> .....	70
Tabel 5. 6 FMEA <i>Waste Defect</i> .....	71
Tabel 5. 7 Kriteria <i>Severity Waste Waiting</i> .....	74
Tabel 5. 8 Kriteria <i>Occurence Waste Waiting</i> .....	75
Tabel 5. 9 Kriteria <i>Detection Waste Waiting</i> .....	76
Tabel 5. 9 Kriteria <i>Detection Waste Waiting</i> (Lanjutan).....	77
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Waiting</i> .....	78
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan).....	79
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan).....	80
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan).....	81
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan).....	82
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan).....	83
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan).....	84
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan).....	85
Tabel 5. 11 Akar Penyebab Masalah dan <i>Action taken</i> dari <i>Waste Defect</i> .....	86
Tabel 5. 11 Akar Penyebab Masalah dan <i>Action taken</i> dari <i>Waste Defect</i> (Lanjutan) .....	87
Tabel 5. 12 Akar Penyebab Masalah dan <i>Action taken</i> dari <i>Waste Waiting</i> .....	88
Tabel 5. 12 Akar Penyebab Masalah dan <i>Action taken</i> dari <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan) .....	89
Tabel 5. 13 Akar Penyebab Masalah <i>Waste Defect</i> dan Hubungan dengan Alternatif Perbaikan.....	92
Tabel 5. 14 Akar Penyebab Masalah <i>Waste Waiting</i> dan Hubungan dengan Alternatif Perbaikan.....	93
Tabel 5. 15 Kombinasi Alternatif Perbaikan .....	94

Tabel 5. 16 Total Biaya Alternatif 0 .....	96
Tabel 5. 17 Total Biaya Alternatif Perbaikan 1 .....	96
Tabel 5. 18 Total Biaya Alternatif Perbaikan 2 .....	97
Tabel 5. 19 Total Biaya Alternatif Perbaikan 3 .....	97
Tabel 5. 20 Total Biaya Alternatif Perbaikan 1 dan 2.....	98
Tabel 5. 21 Total Biaya Alternatif Perbaikan 1 dan 3.....	98
Tabel 5. 22 Total Biaya Alternatif Perbaikan 2 dan 3.....	99
Tabel 5. 23 Total Biaya Alternatif Perbaikan 1, 2, dan 3.....	99
Tabel 5. 24 Nilai Performansi dan <i>Value</i> Alternatif Perbaikan .....	100
Tabel 5. 25 Kondisi <i>Waste Defect</i> Sebelum dan Setelah Penerapan Perbaikan..	104
Tabel 5. 26 Perbandingan Kontribusi <i>Defect</i> Sebelum dan Setelah Perbaikan Terhadap Konsumsi Listrik dan Gas.....	104
Tabel 5. 27 Nilai <i>Sigma Waste Defect</i> Sebelum dan Setelah Perbaikan.....	105
Tabel 5. 28 Kondisi <i>Waste Waiting</i> Sebelum dan Setelah Penerapan Perbaikan	106
Tabel 5. 29 Perbandingan Kerugian Finansial <i>Waste Waiting</i> Sebelum dan Setelah Penerapan Alternatif Perbaikan .....	107
Tabel 5. 30 Nilai <i>Sigma</i> Awal <i>Waste Waiting</i> Masing-masing Mesin.....	107
Tabel 5. 30 Nilai <i>Sigma</i> Awal <i>Waste Waiting</i> Masing-masing Mesin (Lanjutan) .....	108
Tabel 5. 31 Nilai <i>Sigma</i> Awal <i>Waste Waiting</i> Masing-masing Mesin.....	108
Tabel 5. 32 Klasifikasi Aktivitas Pada Proses Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i> .....	109
Tabel 5. 33 Klasifikasi Aktivitas Pada Proses Pembersihan Bahan Baku dan <i>Oiling</i> .....	110
Tabel 5. 34 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>CR Finishing Line</i> .....	110
Tabel 5. 34 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>CR Finishing Line</i> (Lanjutan).....	111

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Produk <i>Cold Rolled Coil</i> PT KS .....	2
Gambar 1. 2 Perbandingan <i>Working time</i> dan <i>Breakdown</i> Per Mesin.....	5
Gambar 2. 1 Nilai <i>Sigma</i> Terhadap DPMO .....	12
Gambar 2. 2 Integrasi Konsep <i>Lean</i> dan <i>Six Sigma</i> .....	14
Gambar 2. 3 Contoh Tabel 5 <i>Why Analysis</i> .....	15
Gambar 2. 4 Contoh <i>Worksheet</i> FMEA .....	16
Gambar 2. 5 Contoh <i>Value Stream Mapping</i> .....	21
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	23
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian (Lanjutan).....	25
Gambar 4. 1 PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. ....	29
Gambar 4. 2 Skema Fasilitas Produksi Milik PT KS.....	30
Gambar 4. 3 Struktur Organisasi Umum PT Krakatau Steel .....	32
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Pabrik CRM PT Krakatau Steel .....	33
Gambar 4. 5 Produk <i>Cold Rolled Coil</i> (CRC) PT KS.....	34
Gambar 4. 6 <i>Operation Process Chart</i> Produk CRC.....	36
Gambar 4. 7 <i>Value Stream Mapping</i> Pabrik CRM PT KS.....	38

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

# BAB I

## PENDAHULUAN

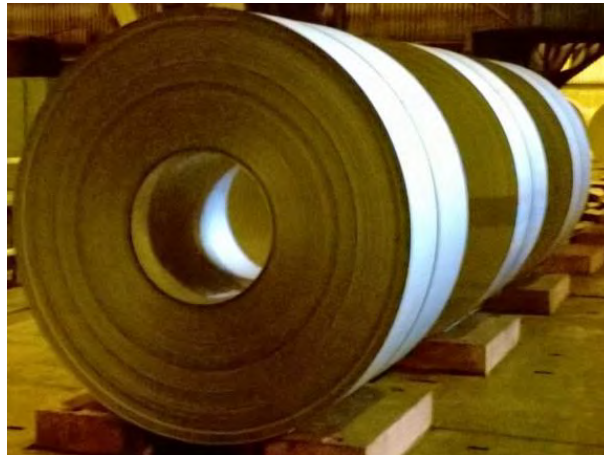
Pada bab pendahuluan ini akan dijelaskan mengenai dasar dilaksanakannya penelitian, antara lain latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, dan ruang lingkup penelitian.

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur dan industri manufaktur melibatkan banyak pihak, salah satunya industri baja. Negara yang menjadi terlibat dalam persaingan industri baja nasional dan internasional antara lain China, India, Taiwan, dan Korea Selatan. Persaingan dengan pasar internasional menuntut perusahaan di Indonesia untuk meningkatkan daya saing dan memperbaiki kinerjanya. Salah satu cara yang dapat diimplementasikan untuk mempertahankan daya saing perusahaan adalah konsep *lean*. Tujuan utama dari pendekatan *lean* yaitu reduksi biaya yang dihasilkan dari pengurangan *waste* dan *non-value activities* (Rohani & Zahraee, 2015). *Lean* dapat meningkatkan produktivitas dengan beberapa cara yang berdampak atau tidak berdampak pada penggunaan energi (Seryak et al., 2006). Seryak (2006) juga menyatakan *improvement* dengan *lean* dapat dibagi menjadi dua, yaitu *improvement* terkait aktivitas produksi dan *improvement* tidak terkait aktivitas produksi. *Improvement* yang memiliki keterkaitan langsung dengan energi antara lain reduksi *rework* dan *scrap*, reduksi *downtime*, reduksi *inventory*, reduksi waktu siklus, reduksi waktu *setup*, dan reduksi perpindahan tempat (Epstein et al., 2006). *Waste* yang dihilangkan dari proses produksi akan berdampak pada peningkatan kualitas produk, berpengaruh terhadap energi yang digunakan, dan pada akhirnya biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk pengadaannya.

Indonesia memiliki beberapa perusahaan BUMN di bidang manufaktur baja, salah satunya PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. (selanjutnya disebut PT KS). PT KS didirikan pada 31 Agustus 1970 dan menjadi BUMN manufaktur baja terbesar di Indonesia. PT KS berlokasi di kawasan Krakatau *Industrial Estate*

Cilegon Jalan Raya Industri, Kota Cilegon, Banten. Salah satu produk yang dihasilkan PT KS yaitu *cold rolled coil* (CRC). CRC merupakan salah satu produk baja lembaran/gulungan dingin yang diproduksi oleh pabrik *Cold Rolling Mill* (CRM) PT KS. Rentang ketebalan produk CRC antara 0,20 – 3,00 mm.



Gambar 1. 1 Produk *Cold Rolled Coil* PT KS  
(Sumber: PT KS)

Produk ini umumnya menjadi bahan baku untuk industri manufaktur lain, seperti otomotif, peralatan rumah tangga, properti dan industri lain yang menggunakan bahan baku plat baja. Berdasarkan data produksi pabrik CRM, pada tahun 2013, 2014, dan 2015 tercatat *defect* sebesar 11.574 ton, 12.106 ton, dan 13.095 ton. Peningkatan *defect* berpengaruh terhadap energi yang terbuang sia-sia karena terjadi peningkatan konsumsi energi yang terpakai sia-sia sebesar 5% pada tahun 2013-2014 dan sebesar 8% pada tahun 2014-2015. PT KS melihat peningkatan tonase *defect* dan energi yang sia-sia ini sebagai suatu indikasi proses produksi CRC yang tidak baik. Tonase *defect* yang meningkat akan membuat energi yang terbuang sia-sia semakin tinggi. Kondisi tersebut menunjukkan potensi perbaikan proses produksi dan konsumsi energi di pabrik CRM supaya lebih efisien.

CRC merupakan *coil* hasil proses yang diawali dengan pencucian bahan baku menggunakan bahan kimia asam. Setelah bahan baku bersih dari karat dan kotoran lain, diberikan lapisan oli (*oiling*). *Coil* yang sudah bersih dilanjutkan ke mesin *cold rolling* untuk menjalani proses reduksi ketebalan hingga mencapai



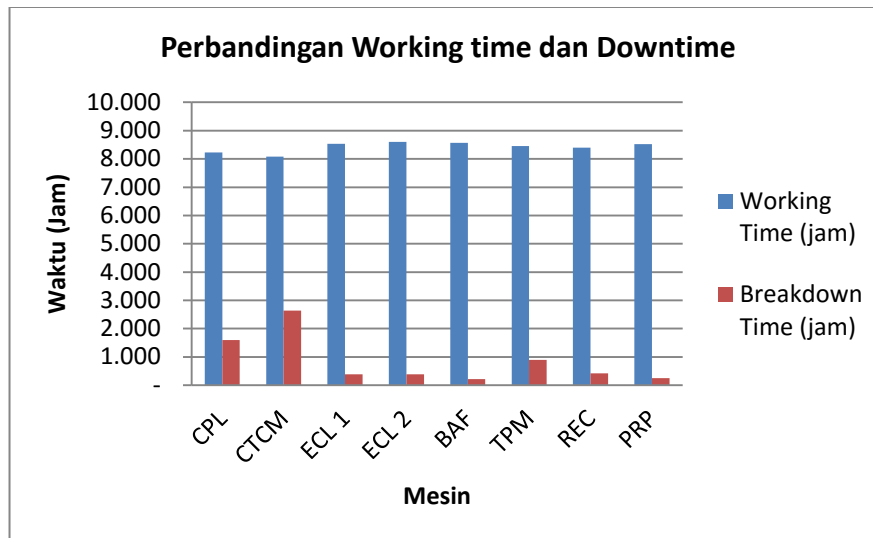
maksimal 90% dari ketebalan awal. *Coil* yang sudah melewati *cold rolling* selanjutnya dilakukan pencucian untuk menghilangkan oli yang digunakan selama proses *roll* sebelumnya. Proses pencucian ini menggunakan teknik elektrolisis yang melibatkan cairan kimia dan arus listrik. Setelah *coil* melalui beberapa proses *roll*, sifat logam *coil* perlu diperbaiki dengan proses pemanasan. Pemanasan dilakukan pada mesin *batch annealing* selama kurang lebih 27 jam. *Coil* yang sudah dingin setelah dikeluarkan dari mesin *annealing* akan diperbaiki perbaikan tekstur dan bentuknya. Proses ini melibatkan proses *rolling* namun dengan *tension* yang tingkat reduksinya tidak tinggi seperti proses sebelumnya. Tahap terakhir dari proses produksi *cold rolling* yaitu tahap *finishing line*. *Coil* menjalani *rolling* dan pemeriksaan akhir sebelum kembali digulung, diikat, dan dibungkus dengan pembungkus khusus. Proses yang dilalui cukup banyak dan panjang serta melibatkan banyak mesin yang mengkonsumsi banyak energi. Saat ini PT KS sedang mencoba mempertimbangkan berbagai program yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi perusahaan dan meningkatkan daya saing perusahaan di tengah industri baja Indonesia. Melakukan perbaikan (*improvement*) pada proses produksi CRC salah satu cara yang dipertimbangkan oleh perusahaan untuk menghilangkan pemborosan yang tidak diperlukan dan akhirnya meningkatkan efisiensi perusahaan.

Berdasarkan identifikasi awal terdapat beberapa permasalahan yang berpotensi untuk diperbaiki. Masalah pertama yang teridentifikasi yaitu *defect*. Sebagai perusahaan manufaktur, *defect* merupakan risiko aktivitas produksi yang pasti terjadi. Produk *coil* juga berisiko mengalami cacat. Selama tahun 2015, produk *coil* diproduksi sebanyak 588.756 ton dengan 13.095 ton atau 2,22% diantaranya merupakan produk *defect*. Jumlah *defect* tersebut tentu akan berkontribusi pada konsumsi energi dan menyebabkan *loses* secara finansial bagi perusahaan. Sejumlah energi digunakan untuk proses produksi yang menargetkan sejumlah produk sukses namun hanya menghasilkan produk *defect* akan dirasakan perusahaan sebagai kerugian secara tidak langsung. Detail jumlah produksi dan jumlah *defect* yang terjadi ditunjukkan pada tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Jumlah Produksi Produk CRC dan *Defect* Tahun 2015

Periode	Jumlah Defect (ton)	Produksi (ton)	Persentase Defect
Jan	1.199	59.392	2,02%
Feb	850	38.441	2,21%
Mar	1.287	51.714	2,49%
Apr	778	35.215	2,21%
Mei	1.142	41.798	2,73%
Jun	1.206	45.983	2,62%
Jul	694	27.226	2,55%
Agt	1.244	58.293	2,13%
Sep	1.189	67.839	1,75%
Okt	1.340	62.289	2,15%
Nov	1.088	58.351	1,86%
Des	1.077	42.215	2,55%
<b>Total</b>	13.095	588.756	2,22%

Selain masalah *defect*, masalah lain yang teridentifikasi yaitu tingginya waktu *breakdown* pada beberapa mesin. Waktu *breakdown* ini yang sering disebut *waiting time*, karena proses tidak dapat berjalan dan hanya dapat menunggu. Setiap mesin pasti pernah mengalami *breakdown*, namun lama waktu *breakdown* akan menjadi masalah bila terlalu tinggi. Perbandingan *working time* dan *breakdown* per mesin ditunjukkan pada gambar 1.2. Mesin CTCM dan CPL merupakan mesin yang memiliki *breakdown time* cukup tinggi dibandingkan dengan *working time* masing-masing. Perusahaan mengalami kerugian karena ada biaya yang harus dikeluarkan, seperti biaya perbaikan, biaya *spare part*, biaya pegawai yang menganggur, dan biaya-biaya lainnya. Biaya tersebut akan ditanggung perusahaan dari setiap jam waktu *breakdown* yang terjadi. Bahkan akan berdampak pada terganggunya kelancaran aliran proses. Pemenuhan *order* ke pelanggan pun berisiko terganggu jika sampai terjadi *breakdown* yang berkepanjangan.



Gambar 1. 2 Perbandingan *Working time* dan *Breakdown* Per Mesin

Permasalahan yang teridentifikasi dapat menjadi dasar perusahaan untuk melakukan *improvement* karena proses produksi masih berjalan kurang baik. Masalah tersebut masih berpotensi untuk diperbaiki. Penelitian ini mengikuti sistematika DMAIC *Six Sigma*, salah satu metode atau tahapan *improvement* yang umum digunakan. *Improvement* diawali dengan identifikasi *waste*, *value-added* dan *non-value-added process* yang terdapat di PT KS dengan pendekatan *Lean* serta data pendukungnya. Pendekatan *Lean* fokus pada reduksi *waste* dan *non-value-added activity*. Selanjutnya dikolaborasikan dengan metode *Six Sigma* untuk menghitung nilai *sigma* saat ini dan mengidentifikasi *waste* kritis sebagai masalah utama untuk diselesaikan. *Waste* kritis akan dianalisis penyebabnya pada tahap *analyze* dan selanjutnya dirumuskan menjadi alternatif penyelesaian masalah pada tahap *improvement*. Alternatif terbaik dipilih dengan mempertimbangkan sudut pandang PT KS. Metode *Lean Six Sigma* dinilai cocok untuk diterapkan pada PT KS karena PT KS merupakan perusahaan manufaktur baja yang sudah berdiri puluhan tahun dan menangani berbagai macam pelanggan serta jumlah produk yang dihasilkan sangat besar, mendekati sejuta ton produk per tahunnya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah bagaimana cara mereduksi *waste* yang terjadi selama proses produksi *Cold Rolled Coil* untuk meningkatkan kualitas proses produksi dan mengurangi kelebihan penggunaan energi menggunakan pendekatan metodologi *Lean Six Sigma*.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengidentifikasi potensi-potensi *waste* dan penyebab terjadinya pada proses produksi CRC.
2. Menganalisis penyebab terjadi *waste*, dan kaitannya dengan kerugian biaya serta konsumsi energi.
3. Memberikan alternatif perbaikan untuk mengatasi *waste* pada proses produksi CRC.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukannya penelitian tugas akhir ini antara lain

1. Perusahaan mengetahui potensi-potensi *waste* proses produksi CRC yang berhubungan dengan penggunaan energi.
2. Perusahaan mengetahui penyebab dan analisis penyebab terjadi *waste* pada proses produksi CRC .
3. Perusahaan mendapatkan alternatif perbaikan untuk meningkatkan kualitas proses produksi dan menurunkan kerugian biaya serta konsumsi energi akibat *waste*.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Penjelasan mengenai ruang lingkup penelitian ini dibagi dua menjadi batasan penelitian dan asumsi penelitian.

1. Batasan Penelitian

- Data yang digunakan adalah data sekunder periode Januari – Desember 2015.
2. Asumsi Penelitian
- Tidak terjadi perubahan pada proses produksi di pabrik *Cold Rolling Mill* PT Krakatau Steel (Persero) Tbk selama penelitian.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini terdiri atas beberapa bab yang akan membahas mengenai penelitian ini secara sistematis. Berikut adalah sistematika penulisan tugas akhir ini.

- Bab I Pendahuluan  
Pada bab pendahuluan ini dibahas mengenai dasar dilaksanakannya penelitian tugas akhir ini, meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, dan ruang lingkup penelitian.
- Bab II Tinjauan Pustaka  
Pada bab tinjauan pustaka dibahas mengenai teori-teori yang menjadi dasar dalam penelitian tugas akhir ini. Sumber tinjauan pustaka yang digunakan seperti buku, jurnal, artikel, dan lain sebagainya.
- Bab III Metodologi Penelitian  
Bab metodologi penelitian membahas langkah atau alur dari penelitian yang sistematis sejak awal dilaksanakan penelitian hingga akhir penelitian tugas akhir ini.
- Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data  
Bab pengumpulan dan pengolahan data akan menampilkan data yang bersumber dari objek amatan dan perhitungan pengolahan data menjadi informasi. Pada bab ini akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu *define* dan *measure*.
- Bab V Analisis dan Perbaikan  
Pada bab ini akan dilakukan *analyze and improvement*, yaitu analisis data yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya dan digunakan sebagai dasar memberikan alternatif perbaikan atau *improvement*.

- Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini menjelaskan poin-poin kesimpulan yang didapat setelah dilakukan penelitian tugas akhir ini untuk menjawab tujuan penelitian. Selain itu diberikan juga rekomendasi atau saran untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir dan menjadi dasar dalam melakukan perhitungan dan analisis. Tinjauan pustaka yang dijelaskan antara lain *Lean Manufacturing, Waste, Six Sigma, Lean Six Sigma, Root cause analysis, Failure Mode Effect Analysis, Value Stream Mapping, Lean Energy Efficiency*.

#### **2.1 *Lean Thinking***

Konsep *lean* dipelopori oleh perusahaan otomotif Toyota yang mendesain proses produksi mereka dengan suatu konsep terpadu bernama *Toyota Production System*. Womack et al (1990) mendefinisikan *Lean* sebagai suatu konsep atau strategi untuk meningkatkan kinerja perusahaan dengan tindakan pengurangan *waste*. *Lean* berupaya untuk melakukan perbaikan yang terus menerus untuk menghilangkan *waste*, memperlancar aliran material, produk, dan informasi (Gaspersz, 2006). Selain menghilangkan *waste*, *lean* juga meningkatkan kinerja dengan menghilangkan aktivitas yang tidak diperlukan. Aktivitas dikategorikan menjadi 3, antara lain *Value-Added Activities (VA)*, *Necessary Non-value Added Activities (NNVA)* dan *Non-value Added Activities (NVA)*. *Lean* dapat diterapkan dengan berbagai teknik dan *tools* untuk mengurangi *waste* dan meningkatkan kinerja, seperti *cellular manufacturing, kanban, kaizen, value stream mapping, 5S, just-in-time*, dan lain sebagainya (Bicheno et al., 2006). *Lean* mewujudkan proses yang membutuhkan lebih sedikit sumber daya dan waktu proses (Hines & Taylor, 2000). Beberapa manfaat dari penerapan *lean* antara lain (Melton, 2005),

1. Menurunkan *lead time*
2. Mengurangi *inventory*
3. Lebih sedikit proses ulang
4. Lebih sedikit terjadinya *waste*

## 2.2 Waste

Secara bahasa, *waste* berarti sampah atau pemborosan. Gasperz (2007) mendefinisikan *waste* sebagai aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk dalam suatu proses. Gasperz (2007) juga menyatakan terdapat sembilan jenis *waste* yang dapat diidentifikasi dalam suatu perusahaan, dikenal dengan istilah E-DOWNTIME.

### 1. *Environmental, Health, and Safety*

*Environmental, Health, and Safety* (EHS) merupakan *waste* yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan, kesehatan dan keselamatan kerja. *Waste* EHS terlihat dari pengelolaan lingkungan kerja yang buruk, melibatkan bahan-bahan berbahaya bagi pekerja, aturan keselamatan yang tidak dipatuhi dengan disiplin, dan lain sebagainya.

### 2. *Defects*

*Defect* merupakan *waste* yang berkaitan dengan kecacatan produk atau ketidaksesuaian produk dengan spesifikasi. *Defect* dapat disebabkan faktor seperti proses yang tidak benar, faktor lingkungan, dan lain-lain.

### 3. *Overproduction*

*Overproduction* merupakan *waste* yang terkait dengan adanya kelebihan produksi. Kelebihan produksi ini di luar alokasi untuk *inventory* dan sebenarnya tidak diperlukan sehingga menimbulkan pemborosan bahan baku dan energi.

### 4. *Waiting*

*Waiting* merupakan *waste* yang berkaitan dengan waktu tunggu yang tidak penting dalam proses namun terjadi sehingga memperbesar *lead time* atau waktu proses keseluruhan.

### 5. *Non utilized employees, knowledge, skill, and abilities*

*Non utilized employees, knowledge, skill, and abilities* merupakan *waste* yang berkaitan dengan sumber daya manusia yang tidak digunakan dengan optimal untuk menunjang proses, tidak menjalankan proses dengan baik dan benar, atau hanya diam.

### 6. *Transportation*



*Waste* transportasi berkaitan dengan aktivitas *material handling* atau transportasi dari satu titik ke titik lain yang berlebihan. Perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan perubahan tata cara *material handling* selama proses.

7. *Inventory*

*Inventory* merupakan *waste* yang berkaitan dengan keberadaan *inventory* di perusahaan, seperti kelebihan *inventory* dalam waktu yang cukup lama.

8. *Motion*

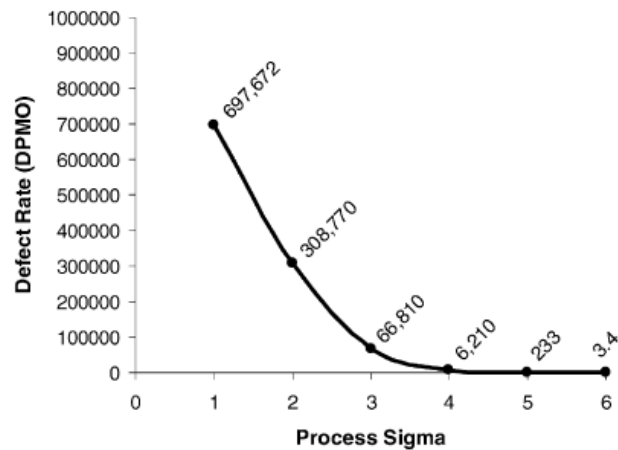
*Waste motion* berkaitan dengan aktivitas atau pergerakan yang berlebihan dan tidak perlu dilakukan pekerja selama proses.

9. *Excess processing*

*Excess processing* merupakan *waste* yang berkaitan dengan proses yang tidak diperlukan atau kelebihan proses, seperti dilakukannya pengulangan proses atau *rework* pada produk.

### 2.3 *Six Sigma*

*Six Sigma* merupakan pendekatan sistematis untuk meningkatkan kualitas dengan menurunkan tingkat kegagalan atau *defect* hingga 6 *sigma* atau 3,4 DPMO pada aspek-aspek yang kritis bagi pelanggan (N. & Shanmuganathan, 2011). *Six Sigma* bertujuan untuk mereduksi variasi, pengendalian proses, dan peningkatan terus-menerus (Gaspersz, 2006). *Six Sigma* pertama kali diterapkan Motorola pada tahun 1985 untuk memenangkan kompetisi dengan industri elektronik Jepang yang sedang berkembang pesat (Harry & Schroeder, 2000). Metode ini menggunakan *defect* sebagai tolok ukur variasi untuk menghitung *defect per million opportunities* (DPMO). *Sigma* 1 hingga 6 memiliki standard DPMO yang berbeda dengan nilai semakin besar *sigma*, semakin kecil DPMO yang harus dicapai. Penerapan *six sigma* dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sistematis sejak awal hingga akhir perbaikan diimplementasikan, seperti PDCA, DMAIC, dan lain sebagainya.



Gambar 2. 1 Nilai *Sigma* Terhadap DPMO  
(Sumber: Linderman et al., 2003)

Perhitungan nilai *sigma* menggunakan rumus sebagai berikut.

$$DPMO = \left( \frac{D}{U \times O} \right) \times 10^6 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Sigma\ Level = 0,8406 + \sqrt{29,37 - (2,221 \times \ln(DPMO))} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

D : Jumlah *Defect*

U : Jumlah Output

O : Opportunity atau kemungkinan terjadi *defect*

DPMO : *defect per million opportunity*, peluang terjadinya *defect* per satu juta kemungkinan.

## 2.4 DMAIC Six Sigma

DMAIC *Six Sigma* merupakan salah satu tahap sistematis untuk melakukan *continous improvement* dalam metode *six sigma*. Terdapat 5 tahap, yaitu *define, measure, analyze, improvement, control* (N. & Shanmuganathan, 2011).

1. *Define*

Merupakan tahap awal untuk mendefinisikan masalah. Setelah masalah terdefiniskan, dapat ditentukan data yang dibutuhkan. Tahap ini membuat aktivitas perbaikan yang dilakukan menjadi terarah.

#### 2. *Measure*

Pada tahap ini dilakukan penilaian dan pengukuran kondisi sistem saat ini. Data yang dihasilkan akan dilakukan perhitungan sehingga menjadi informasi yang dapat digunakan untuk analisis.

#### 3. *Analyze*

Pada tahap ini dilakukan analisis informasi yang sebelumnya di dapat untuk mencari sumber masalah dengan memperhatikan faktor-faktor kritis yang telah ditentukan sebelumnya.

#### 4. *Improvement*

Tahap perumusan alternatif perbaikan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini akan dibuat daftar alternatif perbaikan yang selanjutnya dilakukan pemilihan alternatif terbaik. Setelah alternatif terbaik terpilih, perbaikan dapat diimplementasikan. Pada sistem yang memiliki lingkup kecil, perbaikan dapat langsung diimplementasikan pada *real system*. Jika sistem memiliki lingkup yang luas dan berdampak besar, implementasi *real* digantikan dengan simulasi atau *adjustment* pihak yang telah berpengalaman dibidangnya.

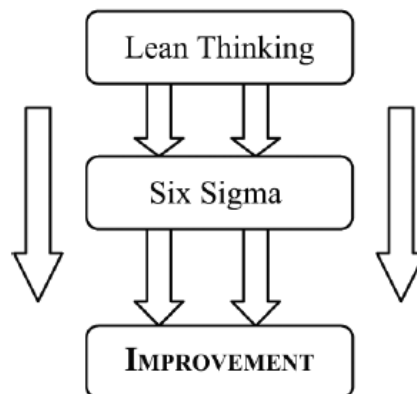
#### 5. *Control*

Tahap pada saat perbaikan telah dilaksanakan dan diadakannya kontrol. Kontrol dilakukan untuk mengamati apakah perbaikan yang diberikan sudah menyelesaikan masalah. Apabila masih terdapat permasalahan, tahap-tahap dapat diulangi kembali. Mekanisme kontrol dapat menggunakan berbagai cara, dengan mengadopsi teori-teori yang sudah ada atau membuat metode kontrol khusus yang sesuai.

### 2.5 *Lean Six Sigma*

*Lean six sigma* merupakan integrasi metode antara *lean* dan *six sigma* (Sheridan, 2000). Perpaduan konsep ini wujud perbaikan proses dengan konsep

*lean* yang mengeliminasi *non-added value activities* dalam proses saat ini dan mengurangi *waste* kritis yang ada menggunakan sudut pandang dan teknik *six sigma*.



Gambar 2. 2 Integrasi Konsep *Lean* dan *Six Sigma*  
(Sumber: Pepper & Spedding, 2010)

Integrasi konsep *lean* dan *six sigma* dijelaskan dalam gambar 2.2. *Lean Six Sigma* diawali dengan cara berfikir *lean* untuk memperbaiki proses dengan menghilangkan *waste* dan aktivitas yang tidak perlu, sedangkan konsep *six sigma* secara teknis digunakan untuk mengurangi variasi. Kedua konsep tersebut dikolaborasikan sebagai peningkatan terus-menerus. Konsep berfikir *lean* fokus pada aspek strategis, sedangkan *six sigma* lebih fokus pada proses dan variasi. Perlu keseimbangan antara dua konsep berfikir tersebut untuk merasakan kelebihan dari keduanya sekaligus (Pepper & Spedding, 2010).

## 2.6 **Root Cause Analysis (RCA)**

*Root cause analysis* (RCA) merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi faktor kritis masalah dan penyebab terjadinya masalah untuk selanjutnya diselesaikan. Duggett (2004) menyatakan bahwa terdapat beberapa tools yang dapat digunakan untuk membantu melakukan *root cause analysis*, seperti *Fish Bone Diagram*, *Why Why Analysis*, *Multi Vari Analysis*, *Cause-Effect Diagram*, *Interrelationship Diagram*, dan *Current Reality Tree*. Teknik lain untuk melakukan RCA yaitu *5 Why Analysis*.

<b>Problem:</b> Die housing cooling not taking place		
Question	Answer	
WhatisYourFinalAction	Die housing water jacket has been cleaned by HCL	
After : Proper cooling taking place	✓	Yes No
WHY	ANSWER	ACTION
Why1: water jacket cleaning has been done	Water jacket got clogged by scales	Cleaning
Why 2: water jacket got clogged by scales	Due to hardness in water	Water is treated by water treatment method
Why 3: does water get in hardness	Due to natural available of water	Water treatment has been done and pH value will be monitored 6.5 to

Gambar 2. 3 Contoh Tabel 5 *Why Analysis*  
(Sumber: R & Rudramurthy, 2013)

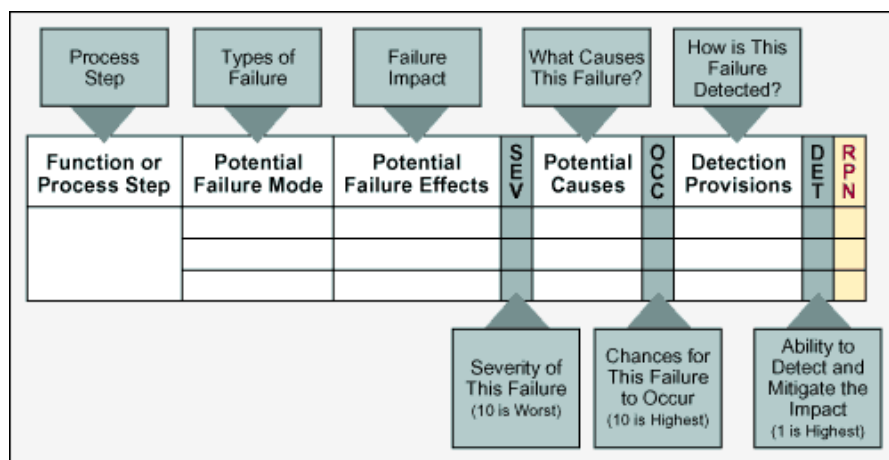
*Teknik 5 Why Analysis* digunakan untuk menjelaskan hubungan antara penyebab dan efek suatu kegagalan atau masalah. Menurut Kumar R. dan Rudramurthy (2013) metode ini salah satu metode yang sederhana dan mudah diterapkan karena dilakukan tanpa menggunakan analisis statistik. Prinsip teknik ini yaitu berulang kali memberikan pertanyaan *why*. Dimulai dengan pernyataan pertama suatu masalah, lalu diikuti dengan pertanyaan *why* pertama, jawaban, dan tindakan yang memungkinkan dilakukan untuk penyebab tersebut. Selanjutnya akan muncul pertanyaan *why* kedua yang mempertanyakan pernyataan pada *why* pertama. Begitu seterusnya hingga *why* kelima sehingga setiap masalah akan didapat pertanyaan mengenai penyebab masalah, jawaban dari pertanyaan tersebut, dan tindakan yang mungkin dilakukan untuk mengatasi penyebab masalah tersebut. Manfaat yang dirasakan bila menggunakan metode ini antara lain,

- membantu mengidentifikasi detail penyebab suatu masalah,
- membantu menentukan hubungan antara penyebab yang berbeda,
- dan salah satu *tools* yang sederhana, mudah dilakukan tanpa analisis statistik.

## 2.7 *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Park (1999) menyatakan bahwa *failure mode effect analysis* (FMEA) merupakan metode sistematis untuk mendefinisikan bagaimana suatu desain,

produk, atau sistem mengalami kegagalan dan mendefinisikan risiko yang memungkinkan bila kegagalan terjadi. FMEA merupakan metode yang umum digunakan, salah satunya untuk menganalisis kemungkinan-kemungkinan kegagalan dan dampak kegagalan dari proses manufaktur (Dudek-Burlikowska, 2011). Selain mendefinisikan kegagalan dan risiko akibat kegagalan, nilai juga diberikan terhadap masing-masing risiko untuk menunjukkan tingkat dampak, kemungkinan terjadi, dan kemudahan deteksinya.



Gambar 2. 4 Contoh *Worksheet* FMEA  
(Sumber: Sharma, 2012)

Langkah-langkah menyusun FMEA, yaitu:

1. Melakukan pengamatan terhadap proses.
2. Menentukan potensi kegagalan dari keseluruhan proses.
3. Mengidentifikasi potensi penyebab dari kegagalan yang telah ditentukan.
4. Mengidentifikasi akibat yang ditimbulkan.
5. Menetapkan nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) dari masing-masing penyebab kegagalan.
6. Menghitung nilai RPN, dengan rumus  $RPN = S \cdot O \cdot D$ .
7. Nilai RPN mencerminkan tingkat prioritas kekritisan.
8. Menyusun alternatif perbaikan.
9. Membuat *quality plan*.

Penyusunan FMEA perlu dilengkapi dengan kriteria *severity*, *occurence*, dan *detection*. Ying-Ming Wang, Kwai-Sang Ching, Gary Ka Kwai Poon, dan Jian-Bo Yang (2007) menjabarkan kriteria dasar dari *severity*, *occurence*, dan *detection*. Kriteria dasar untuk *severity* ditunjukkan pada tabel 2.1. Kriteria dasar untuk *severity* dijabarkan dengan keterangan kriteria subjektif tanpa acuan kuantitatif.

Tabel 2. 1 Kriteria Severity

<b>Severity Effect</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Rating</b>
<i>Hazardous without warning</i>	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika efek kegagalan potensial mempengaruhi sistem pengamanan tanpa peringatan	10
<i>Hazardous with warning</i>	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika efek kegagalan potensial mempengaruhi sistem pengamanan dengan peringatan	9
<i>Very high</i>	sistem tidak dapat beroperasi dengan kegagalan yang menyebabkan kerusakan tanpa membahayakan keselamatan	8
<i>High</i>	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan peralatan	7
<i>Moderate</i>	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil (minor)	6
<i>Low</i>	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa adanya kerusakan	5
<i>Very low</i>	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami penurunan signifikan	4
<i>Minor</i>	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami beberapa penurunan	3
<i>Very minor</i>	Sistem dapat beroperasi dengan sedikit gangguan	2
<i>None</i>	Tidak ada pengaruh	1

Sumber: Wang et al., 2017

Penyusunan kriteria *occurence* perlu menggunakan suatu acuan dasar sebelum dilakukan penyesuaian. Kriteria dasar untuk *occurence* ditunjukkan pada tabel 2.2. Kriteria *occurrence* dideskripsikan dengan peluang terjadinya kegagalan

dari seluruh kejadian yang dilakukan. Pada kasus yang berbeda, skala peluang kejadian yang digunakan dapat berbeda.

Tabel 2. 2 Kriteria *Occurrence*

<b>Occurrence</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Rating</b>
<i>Very high</i>	> 1 in 2	10
	1 in 3	9
<i>High</i>	1 in 8	8
	1 in 20	7
<i>Moderate</i>	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2000	4
<i>Low</i>	1 in 15000	3
	1 in 150000	2
	< 1 in 150000	1

Sumber: Wang et al., 2017

Penyusunan kriteria *detection* perlu menggunakan suatu acuan dasar sebelum dilakukan penyesuaian. Kriteria dasar untuk *detection* ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kriteria *Detection*

<b>Detection</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Rating</b>
Absolute uncertainty	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	10
Very remote	Alat pengontrol sangat kecil kemampuannya mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	9
Remote	Alat pengontrol kecil kemampuannya mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	8
Very low	Sangat rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	7
Low	Rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	6



Detection	Keterangan	Rating
Moderate	Alat pengontrol cukup mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	5
Moderately high	Alat pengontrol sangat cukup mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	4
High	Tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	3
Very high	Sangat tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	2
Almost certain	Alat pengontrol hampir pasti mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya	1

Sumber: Wang et al., 2017

Kriteria umum yang telah dijabarkan akan digunakan sebagai acuan untuk membuat kriteria sesuai dengan permasalahan. Kriteria dapat diadopsi dengan penyesuaian kriteria *rating* atau penambahan kriteria supaya lebih menggambarkan permasalahan. Risiko dicerminkan dari nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang terdiri dari perkalian *severity rating* (tingkat dampak yang ditimbulkan), *occurrence rating* (tingkat kemungkinan kejadian), dan *detection rating* (tingkat kemudahan deteksi kegagalan).

## 2.8 Value Stream Mapping (VSM)

*Value stream mapping* (VSM) merupakan salah satu teknik dalam konsep *lean*. VSM menggambarkan proses bisnis perusahaan yang terdiri dari aliran material dan informasi dalam bentuk grafis. Womack dan Jones (1996) menyatakan 5 prinsip filosofis yang mengarah pada VSM, yaitu

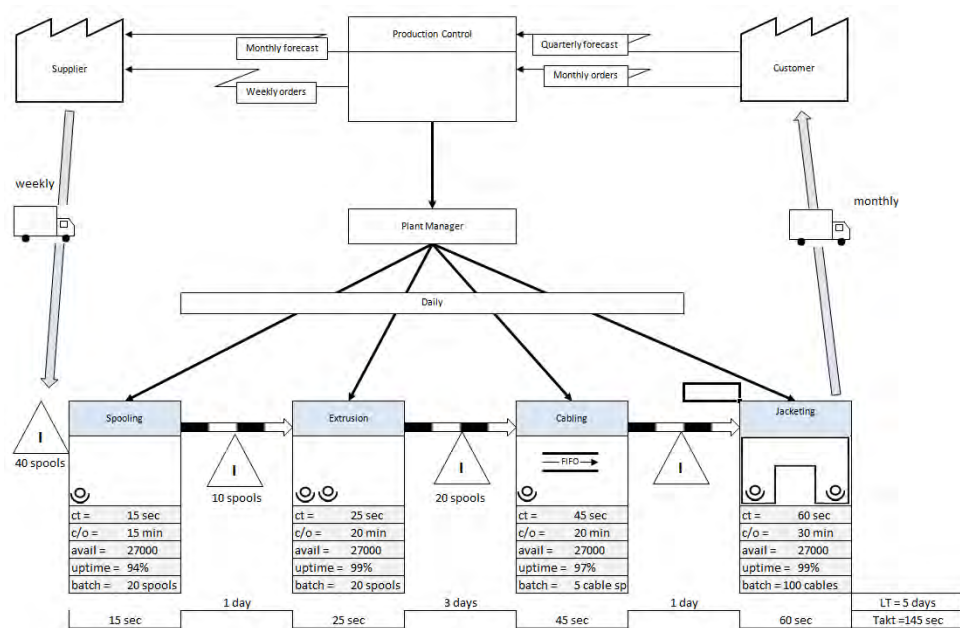
1. Prinsip pertama yaitu mendefinisikan nilai, kemampuan untuk menyediakan konsumen pada waktu yang tepat dan harga yang sesuai.
2. Prinsip kedua yaitu *value stream* yang didefinisikan sebagai aktivitas spesifik yang dibutuhkan pada tahap desain, memesan, dan menyediakan

produk spesifik; dari konsep sampai peluncuran produk, pemesanan hingga pengiriman, dan bahan baku hingga ke tangan pelanggan.

3. Prinsip ketiga yaitu menciptakan *value stream*, yang berarti pencapaian strategis dari pekerjaan-pekerjaan sepanjang aliran sehingga produk dihasilkan dari desain hingga peluncuran.
4. Prinsip keempat yaitu *pull system* yang diartikan sebagai sistem produksi dan pengiriman yang menitikberatkan *downstream to upstream* sehingga upstream memproduksi dan mengirim sesuai dengan permintaan *downstream*.
5. Prinsip kelima yaitu target menyelesaikan eliminasi *waste* sehingga seluruh aktivitas sepanjang *value stream* menghasilkan *value*.

Langkah-langkah menyusun VSM adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi produk
2. Buat *current state* VSM
3. Identifikasi masalah pada *current state* VSM dan susun alternatif penyelesaian
4. Buat *future state* VSM
5. Implementasi *final plan*



Gambar 2. 5 Contoh *Value Stream Mapping*

## 2.9 Value Engineering

*Value engineering* (VE) merupakan teknik sistematis untuk mengidentifikasi fungsi suatu produk atau *service*, membuat nilai untuk fungsinya dan menghadirkan fungsi penting dengan biaya yang sesuai (Annappa & Panditrao, 2012). Nilai *value* yang kecil pada perhitungan awal suatu produk atau jasa menunjukkan perlu adanya peningkatan *value* (Decker, 1969). *Value engineering* fokus pada 3 jenis dasar dari *value* yaitu (Matossian, 1969):

1. *Use value* : bersifat objektif. Ini ditentukan oleh karakteristik fungsional dari item sesuai dengan kegunaannya.
2. *Esteem value* : bersifat subjektif. Ini berdasarkan pada fitur dan karakteristik dari masing-masing orang.
3. *Cost value* : ekspresi moneter. Ini merupakan jumlah dari material, tenaga kerja dan biaya *overhead* yang dibutuhkan untuk memproduksi suatu *item*.

*Value* akan dihitung dan digunakan untuk membandingkan antara alternatif satu dengan yang lain. Perhitungan *value* menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C_n = C_o + \text{Biaya Alternatif Perbaikan} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$V_n = \frac{P_n}{C_n} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

$P_n$  :

Performansi ke-n

$C_o$  : Biaya awal

$C_n$  : Biaya ke-n

$V_n$  : *Value* ke-n

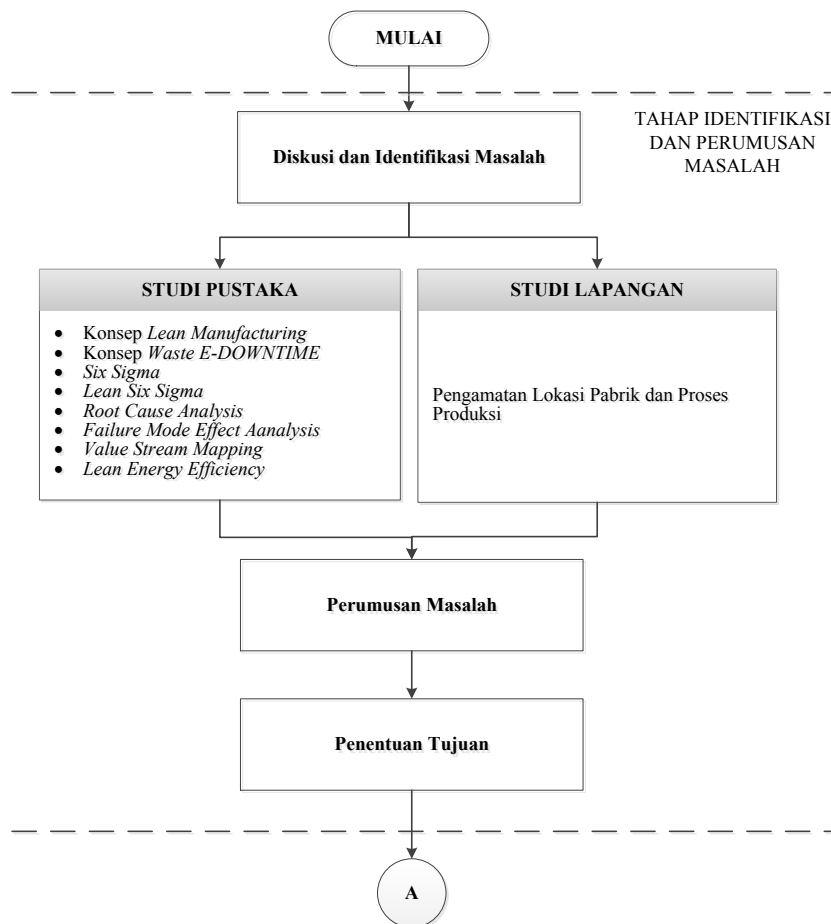
# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

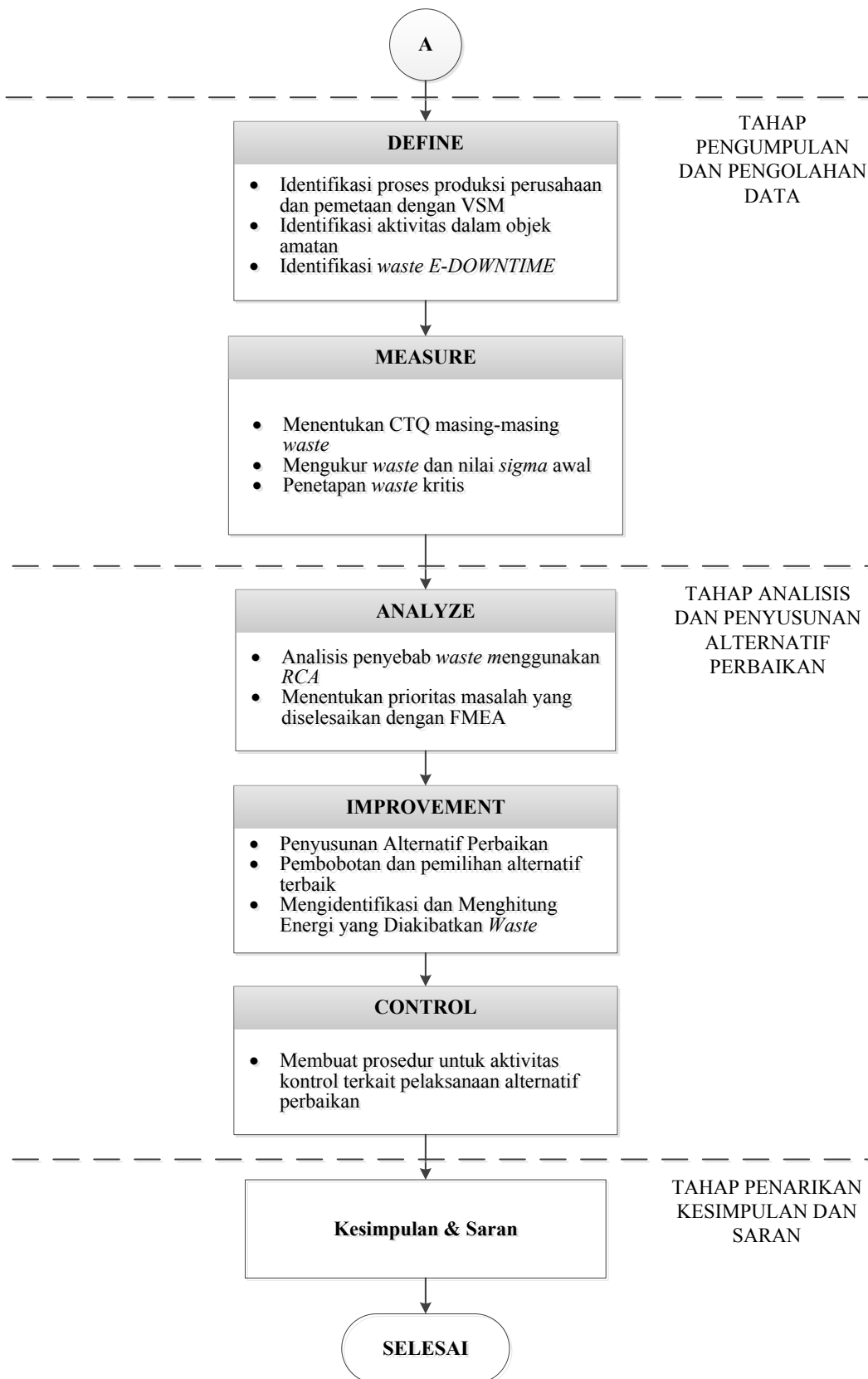
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam penyusunan penelitian tugas akhir. Langkah-langkah pengerjaan penelitian tugas akhir ini mengadopsi metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, and Control*) *Six Sigma*. Langkah *control* tidak dilakukan pada penelitian ini karena kebijakan perusahaan sehingga alternatif perbaikan tidak dapat langsung diimplementasikan

### 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

Di bawah ini merupakan *flowchart* metodologi penelitian tugas akhir yang dibuat.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 2 *Flowchart* Metodologi Penelitian (Lanjutan)

### **3.2 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Pada tahap ini akan diidentifikasi objek amatan, ruang lingkup penelitian, masalah-masalah yang terjadi pada objek penelitian, tujuan, dan manfaat penelitian. Setelah itu dapat ditentukan data apa saja yang dibutuhkan untuk menunjang analisis masalah.

#### **3.2.1 Diskusi dan Identifikasi Masalah**

Pada tahap ini dilakukan diskusi bersama pihak perusahaan mengenai teknis penelitian dan kondisi perusahaan saat ini. Keseluruhan masalah perusahaan yang terjadi diidentifikasi beserta data pendukung masalah. Objek amatan yang dipilih merupakan satu objek yang telah diketahui, disepakati, dan dibutuhkan oleh perusahaan diantara beberapa masalah yang teridentifikasi.

#### **3.2.2 Peninjauan Literatur dan Pengamatan Objek Penelitian**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan literatur-literatur yang berhubungan dengan objek amatan dan permasalahannya. Selain itu juga dikumpulkan literatur mengenai metode-metode penyelesaian masalah. Literatur yang digunakan antara lain *Lean Manufacturing*, *Waste E-DOWNTIME*, *Six Sigma*, *Lean Six Sigma*, *Root cause analysis*, *Failure Mode And Effect Analysis*, *Value Stream Mapping*, dan *Lean Energy Efficiency*. Selain peninjauan literatur, aktivitas yang dilakukan selanjutnya yaitu pengamatan langsung di lokasi objek amatan untuk melihat kondisi saat ini dan aktivitas objek amatan secara langsung, serta pengambilan data dari pihak terkait objek amatan. Data yang digunakan berupa data primer hasil diskusi dengan pihak terkait dan data sekunder.

#### **3.2.3 Perumusan Masalah**

Pada tahap ini ditentukan objek amatan penelitian dan masalah-masalah yang terjadi. Objek amatan penelitian dan masalah-masalah yang terjadi dapat ditentukan menggunakan data awal, diskusi dengan pihak terkait objek amatan, dan lain sebagainya.

### **3.2.4 Penentuan Tujuan**

Pada tahap ini ditentukan tujuan dilakukan penelitian. Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan rumusan masalah. Tujuan penelitian merupakan sasaran umum yang akan dicapai dalam penelitian dan menjadi pertimbangan dalam menentukan manfaat penelitian.

### **3.3 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Pada tahap ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu *define* dan *measure* yang mengadopsi metode DMAIC *Six Sigma*.

#### **3.3.1 Define**

Pada tahap ini didefinisikan masalah dengan lebih terperinci. Sumber yang digunakan dapat berupa diskusi dengan pihak internal perusahaan yang berkompeten atau yang bergerak pada bidang tersebut. Diskusi yang dilakukan dapat memperjelas objek amatan yang akan diteliti dengan didukung data-data terkait. Selain berdiskusi, aktivitas yang dilakukan yaitu mengunjungi objek amatan secara langsung untuk melihat kondisi saat ini dan proses yang sedang berjalan dalam objek amatan. Proses produksi dan beberapa data pendukung seperti waktu siklus, konsumsi energi, dan potensi *waste* yang terjadi dapat digambarkan dalam bentuk *Value Stream Mapping* (VSM).

#### **3.3.2 Measure**

Setelah berdiskusi, dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan. Data yang didapatkan kemudian diolah menjadi informasi yang menunjang pembuktian permasalahan dan analisis permasalahan. Dilakukan perhitungan performa saat ini, nilai *waste* dan nilai *sigma*. *Waste* yang kritis dipilih untuk dilakukan analisis penyebabnya.

### **3.4 Tahap Analisis dan Penyusunan Alternatif Perbaikan**

Pada tahap ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu *analyze* dan *improvement* yang mengadopsi metode DMAIC *Six Sigma*.



#### **3.4.1 Analyze**

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap data-data yang telah dihitung pada tahap sebelumnya. Penyebab permasalahan pada objek amatan dipetakan dalam *root cause analysis* (RCA). *Failure mode effect analysis* (FMEA) digunakan untuk memilih penyebab permasalahan berdasarkan nilai *risk priority*.

#### **3.4.2 Improvement**

Setelah menganalisis permasalahan, dilakukan penyusunan alternatif perbaikan. Penyusunan alternatif perbaikan didasari oleh analisis penyebab masalah dengan *root cause analysis* dan *failure mode and effect analysis* yang telah dilakukan pada fase *analyze*. Penyebab paling kritis akan menjadi prioritas dalam *improvement* yang dibuat. Selanjutnya penyusunan beberapa alternatif perbaikan dengan detail alternatif dan perhitungan biaya *improvement*. Alternatif terbaik dipilih dengan mempertimbangkan sudut pandang perusahaan yang diwakili oleh pihak terkait.

#### **3.4.3 Control**

Pada fase ini disarankan beberapa cara kontrol yang dapat diterapkan untuk alternatif perbaikan yang terpilih. Aktivitas kontrol yang diberikan dapat bertujuan untuk menjaga pelaksanaan alternatif perbaikan yang berkelanjutan.

### **3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Kesimpulan yang dibuat menjawab tujuan dari penelitian ini dan saran yang diberikan berhubungan dengan pelaksanaan penelitian ini.

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai objek amatan dan pengolahan data terkait permasalahan objek amatan. Bab ini terdiri dari subbab *define* dan *measure*.

#### **4.1 *Define***

*Define* merupakan tahap awal dalam metodologi DMAIC *Six Sigma* yang terdiri dari identifikasi objek amatan, identifikasi proses produksi, dan identifikasi permasalahan objek amatan serta data pendukungnya.

##### **4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan**

Pada subbab ini akan dijelaskan gambaran umum mengenai PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. sebagai perusahaan objek amatan.

###### **4.1.1.1 Profil Perusahaan**

PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. merupakan BUMN manufaktur baja Indonesia yang berlokasi di Krakatau *Industrial Estate*, Kota Cilegon, Banten. PT KS resmi berdiri pada 31 Agustus 1970 berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.35 tahun 1970, setelah mulai dicanangkan sejak tahun 1960an oleh Pemerintah Republik Indonesia dalam proyek pembangunan pabrik besi baja yang bekerja sama dengan *Tjzpromex Pert (All Union Export Import)*.



Gambar 4. 1 PT Krakatau Steel (Persero) Tbk.

PT KS menjadi perusahaan baja pertama yang terpadu di Indonesia. PT KS mampu menunjukkan perkembangan yang pesat hingga memiliki berbagai fasilitas produksi seperti Pabrik Besi Spons (*Direct Reduction Plant/DRP*), Pabrik Billet Baja (*Billet Steel Plat/BSP*), Pabrik Lempeng Baja (*Slab Steel Plat/SSP*), Pabrik Batang Kawat (*Wire Rod Mill*), *Hot Strip Mill* (HSM) dan *Cold Rolling Mill* (CRM), serta fasilitas infrastruktur berupa pusat pembangkit listrik, pusat penjernihan air, Pelabuhan Cigading dan sistem telekomunikasi. Selain menjadi perusahaan manufaktur baja, PT KS juga merupakan perusahaan induk dari 11 entitas anak usaha dan memegang persentase kepemilikan beberapa perusahaan lain melalui kerjasama *Joint Venture*.



Gambar 4. 2 Skema Fasilitas Produksi Milik PT KS

Kemampuan teknis PT KS yang tinggi telah memperoleh pengakuan internasional. Pada tahun 1973, Perseroan telah memperoleh Sertifikat ASTM A252 dan AWWA C200, serta pada 1977 memperoleh Sertifikat API 5L untuk produksi pipa spiral. Sertifikat ISO 9001 diperoleh PT Krakatau Steel (Persero) pada 1993 dan telah ditingkatkan menjadi ISO 9001:2000 pada 2003. Sementara itu, SGS internasional memberikan Sertifikat ISO 14001 pada 1997 atas komitmen Perseroan pada kesadaran lingkungan dan keselamatan kerja. Pada 10

November 2010, PT Krakatau Steel (Persero) berhasil menjadi perusahaan terbuka dengan melaksanakan penawaran umum perdana (IPO) dan mencatatkan sahamnya di Bursa Efek Indonesia.

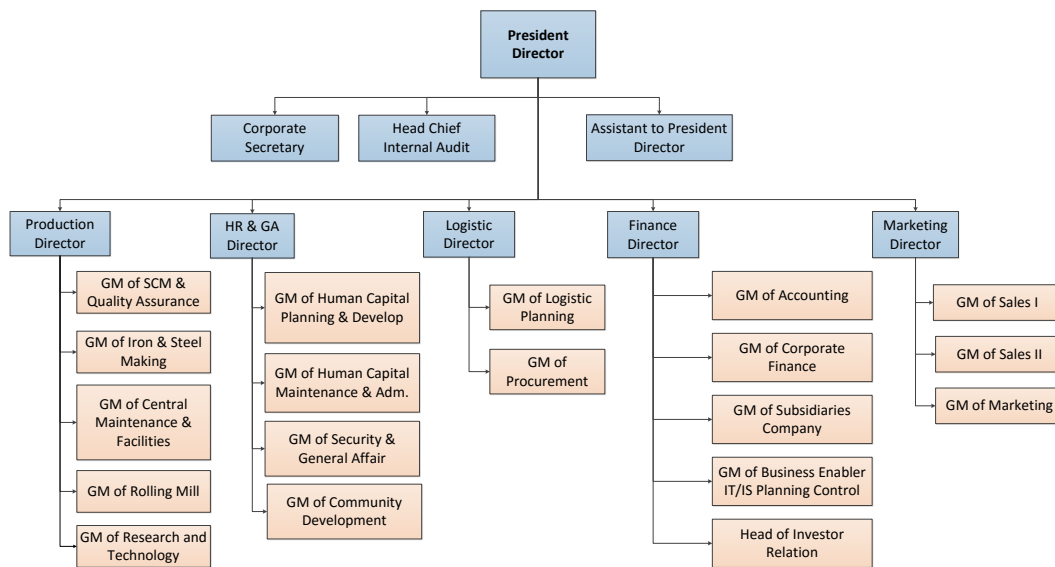
#### 4.1.1.2 Visi, Misi, *Value*, dan Falsafah Perusahaan

PT KS memiliki visi, yaitu “Perusahaan baja terpadu dengan keunggulan kompetitif untuk tumbuh dan berkembang secara berkesinambungan menjadi perusahaan terkemuka di dunia”. Visi tersebut didukung sebuah misi, yaitu “Menyediakan produk baja bermutu dan jasa terkait bagi kemakmuran bangsa”. Falsafah yang dipegang teguh oleh PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. adalah “*Partnership for Sustainable Growth*”. Selain mengusung visi dan misi, PT KS juga memiliki beberapa *value* perusahaan, yang dikenal dengan istilah CIRI.

1. *Competence* yang tercermin dari kepercayaan akan kemampuan diri serta semangat untuk meningkatkan pengetahuan, ketrampilan, keahlian, dan sikap mental demi peningkatan kinerja yang berkesinambungan.
2. *Integrity* yang tercermin dari komitmen yang tinggi terhadap setiap kesepakatan, aturan dan ketentuan serta undang-undang yang berlaku, melalui loyalitas profesi dalam memperjuangkan kepentingan perusahaan.
3. *Reliable* yang tercermin dari kesiapan, kecepatan dan tanggap dalam merespon komitmen dan janji, dengan mensinergikan berbagai kemampuan untuk meningkatkan kepuasan dan kepercayaan pelanggan.
4. *Innovative* yang tercermin dari kemauan dan kemampuan untuk menciptakan gagasan baru dan implementasi yang lebih baik dalam memperbaiki kualitas proses dan hasil kerja di atas standar.

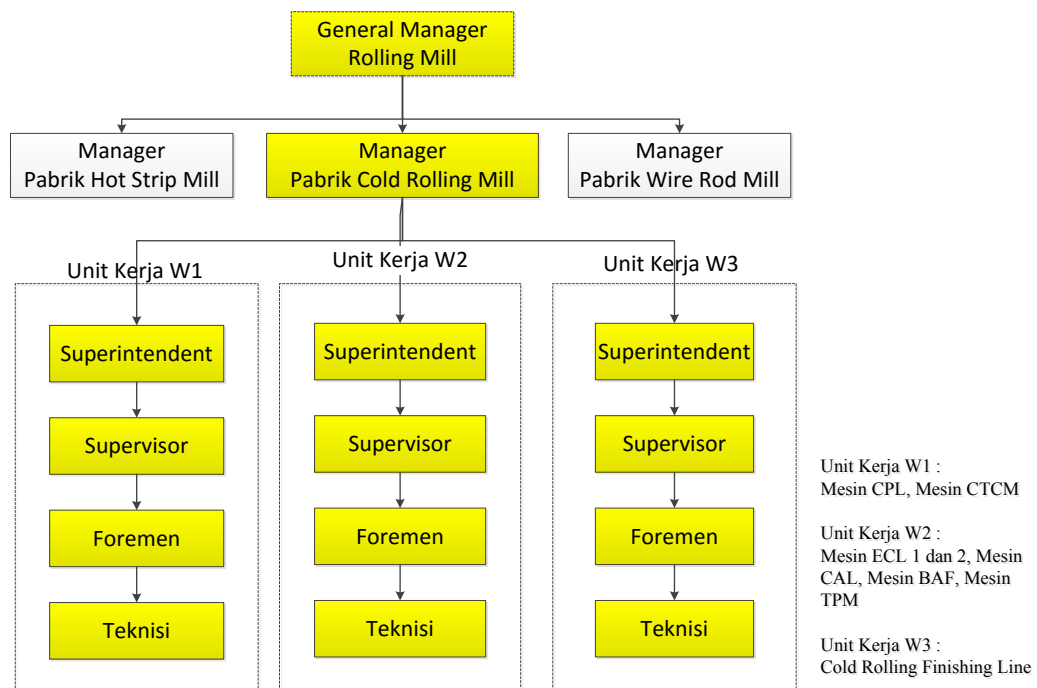
#### 4.1.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan

PT KS sebagai BUMN manufaktur baja terbesar memiliki aktivitas manajemen yang kompleks sehingga organisasi perusahaan dapat digambarkan menjadi struktur organisasi PT KS secara umum dan juga struktur organisasi lokal pabrik CRM.



Gambar 4. 3 Struktur Organisasi Umum PT Krakatau Steel

Struktur organisasi umum perusahaan terdiri dari beberapa direktorat, antara lain Direktorat Produksi yang bertanggung jawab dalam operasional pabrik dan produksi berbagai produk PT KS; Direktorat *Human Resources and General Affair* yang bertanggung jawab untuk sumber daya manusia, pelatihan, keamanan, dan *corporate social responsibility* (CSR); Direktorat Logistik yang bertanggung jawab untuk perencanaan dan pengadaan terkait bahan baku, peralatan penunjang pekerjaan, *spare part*, dan lain sebagainya; Direktorat Keuangan yang bertanggung jawab dalam akuntansi, perencanaan keuangan, investasi, dan aktivitas terkait lainnya; Direktorat Pemasaran yang bertanggung jawab dalam hal pemasaran dan hubungan dengan pelanggan. Direktorat yang secara khusus bertanggung jawab dalam operasional pabrik dan produksi yaitu Direktorat Produksi dengan dibantu beberapa General Manager di bawahnya. PT KS memiliki beberapa pabrik sehingga pembagian tanggung jawab operasional pabrik-pabriknya diberikan pada tingkat General Manager. Struktur organisasi pabrik *rolling* dan CRM lebih detail digambarkan pada gambar 4.4.

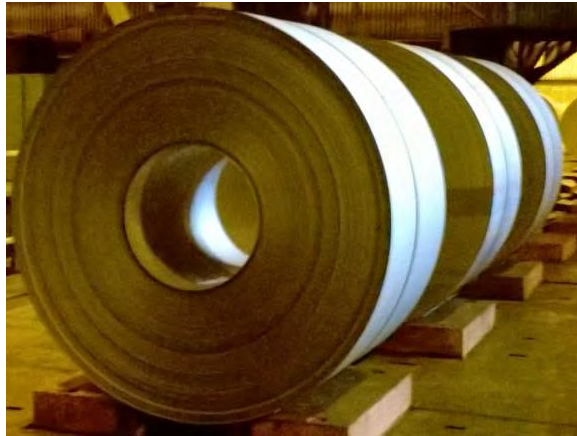


Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Pabrik CRM PT Krakatau Steel

#### 4.1.2 Definisi Objek Amatan

*Cold Rolled Coil* merupakan produk baja canai dingin yang diproduksi oleh pabrik *Cold Rolled Coil* di PT KS. Sesuai dengan namanya, baja lembaran ini diproses menggunakan teknik *cold rolling* untuk mereduksi ketebalan lembaran baja. Bahan baku produk CRC merupakan *Hot Rolled Coil* yang diproduksi menggunakan teknik *hot rolling* untuk mereduksi ketebalan lembaran baja. Perbedaan antara produk CRC dan HRC yaitu produk CRC memiliki ketebalan yang lebih tipis dibandingkan dengan HRC. Produk CRC PT KS dapat dikelompokkan berdasarkan ukurannya, yaitu:

- a. *Lite* dengan ketebalan 0,2 – 0,22 mm,
- b. *Medium* dengan ketebalan 0,23 – 0,6 mm
- c. *Heavy* dengan ketebalan 0,61 - 3,00 mm.



Gambar 4. 5 Produk *Cold Rolled Coil* (CRC) PT KS

CRC diproduksi untuk berbagai perusahaan di banyak sektor. Produk lanjutan yang menggunakan CRC sebagai bahan baku seperti plat *body* kendaraan bermotor, *body component* kompor, *microwave*, *oven*, serta atap dan dinding baja ringan.

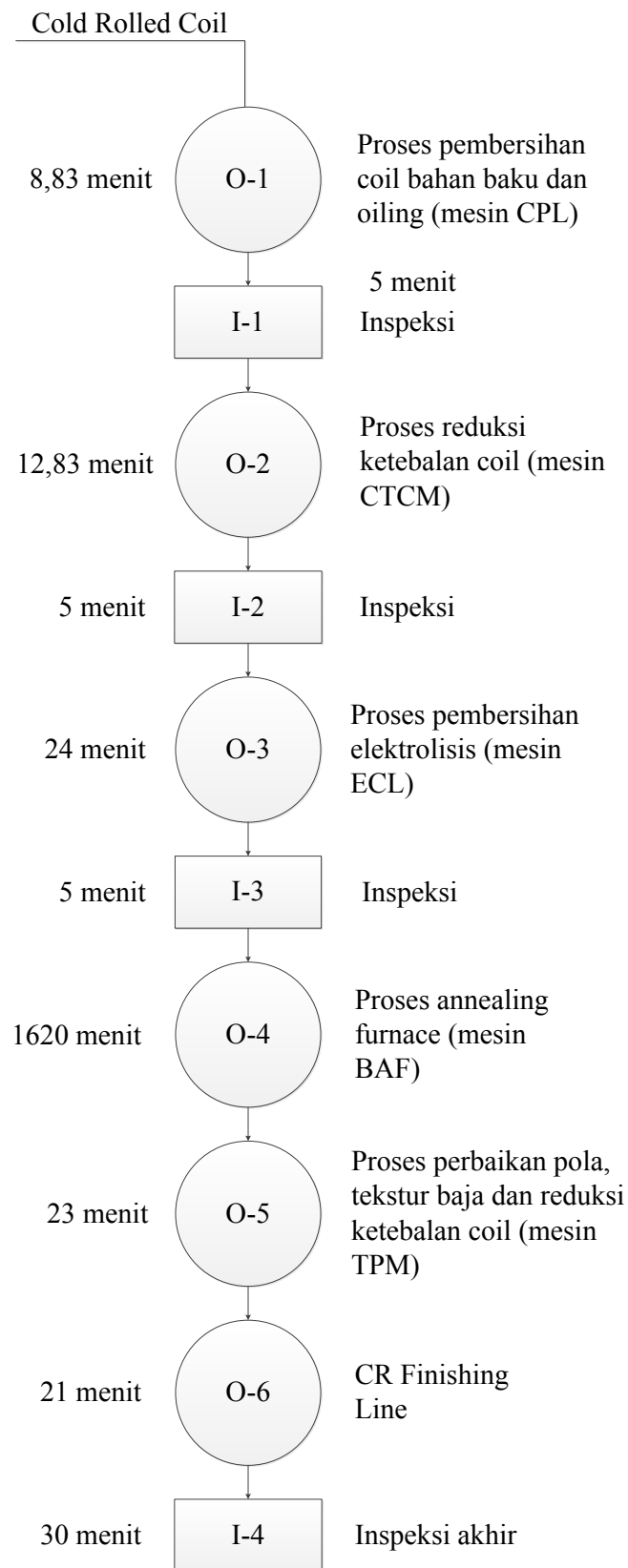
#### 4.1.2.1 Proses Produksi Objek Amatan

Produk CRC diproduksi di pabrik *Cold Rolled Mill*. Bahan baku yang digunakan yaitu hasil produksi sendiri yang diproduksi pabrik HSM dan juga bahan baku yang dibeli dari perusahaan rekanan. Proses produksi CRC melalui beberapa mesin. Gambar 4.6 merupakan *operation process chart* dari proses produksi CRC.

1. Proses pembersihan bahan baku menggunakan mesin *Continuous Pickling Line* (CPL). Bahan baku dicuci dari kotoran dan karat yang muncul pada bahan baku selama penyimpanan di gudang. Setelah menyelesaikan proses pencucian, dilanjutkan dengan proses reduksi ketebalan *coil* dengan teknik *cold rolled* di mesin *Continuous Tandem Cold Mill* (CTCM).
2. Mesin CTCM menjalankan salah satu proses inti dari proses produksi produk CRC, yaitu proses reduksi ketebalan *coil*. Reduksi yang dilakukan mencapai 90% dari ketebalan input bahan baku. Mesin ini dikatakan *continuous* karena *coil* yang masuk akan saling disambung antara ujung *coil* satu dengan ujung *coil* lainnya dan melalui banyak *roll* dengan fungsi yang berbeda-beda.



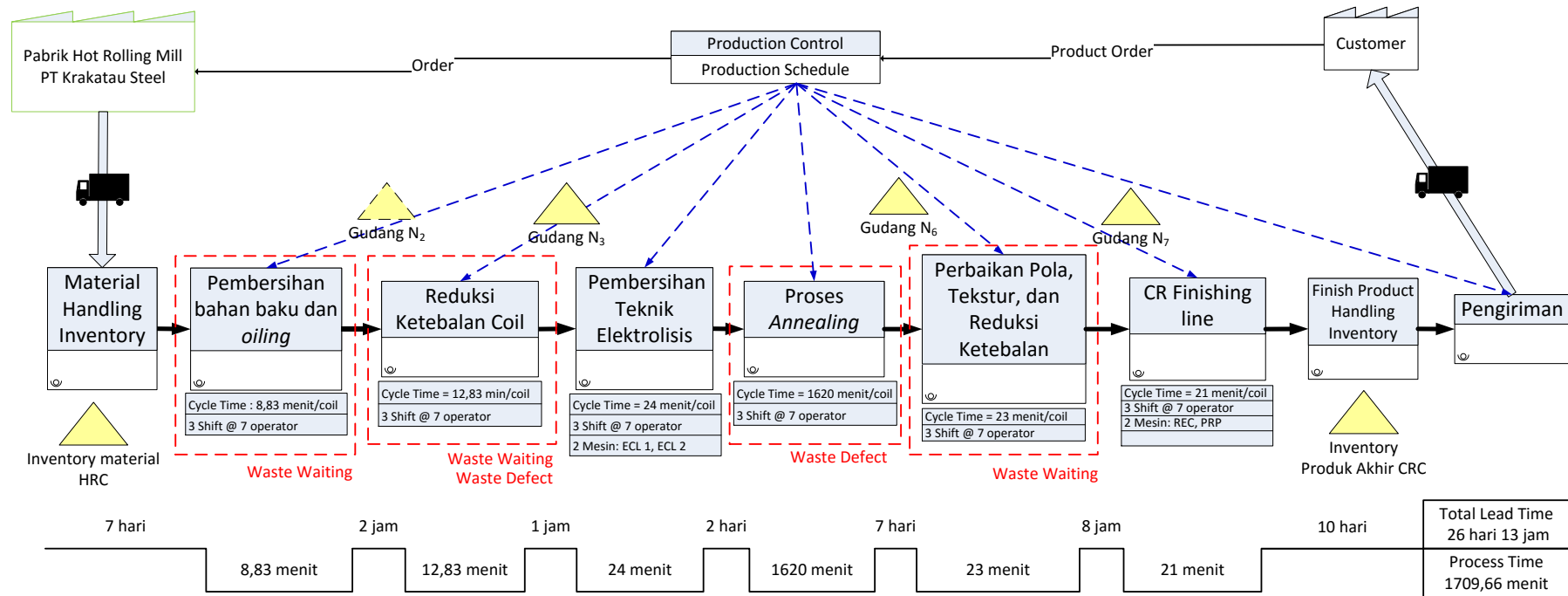
3. Produk yang telah menyelesaikan proses reduksi ketebalan di mesin CTCM akan melanjutkan ke proses pembersihan di mesin *Electrolytic Cleaning Line* (ECL). Proses pembersihan ini bertujuan untuk menghilangkan lapisan minyak dan oli yang digunakan pada saat proses reduksi di mesin CTCM. Teknik yang digunakan yaitu pembersihan elektrolisis dengan larutan elektrolit dan arus listrik.
4. Sifat material akan diperbaiki dengan proses pemanasan di mesin *Batch Annealing Furnace* (BAF). Suhu yang digunakan berkisar antara 710°C. Setelah dipanaskan sekitar 27 jam, *coil* diturunkan suhunya dengan cepat. Produk dipindahkan dari mesin BAF ke ruangan yang terkontrol dengan *temperature* sekitar 38-45°C.
5. Produk dipindahkan untuk menjalankan proses selanjutnya, yaitu *rolling* di mesin *Temper Pass Mill* (TPM). Proses ini bertujuan untuk memperbaiki bentuk dan permukaan lembaran baja. Proses ini juga mereduksi ketebalan maksimal 5%. *Coil* yang telah menyelesaikan proses di mesin TPM, selanjutnya memasuki *CR Finishing Line*.
6. *Cold Rolling Finishing Line* merupakan proses dimana *coil* akan melalui mesin yang memiliki alat ukur dimensi dan massa, untuk memberikan lapisan oli pada permukaan *coil* dan merapikan sisi-sisi *coil* bila dibutuhkan. Mesin yang terlibat dalam *CR Finishing Line* sering disebut mesin PRP dan REC. Setelah melalui *CR Finishing Line* selanjutnya akan keluar untuk disimpan di gudang akhir. Di gudang akhir ini dilakukan inspeksi akhir untuk memastikan status kualitasnya.



Gambar 4. 6 Operation Process Chart Produk CRC

#### 4.1.2.2 *Value Stream Mapping*

*Value stream mapping* (VSM) merupakan suatu gambaran yang digunakan untuk memperlihatkan aliran proses produksi yang dijalankan pabrik CRM PT KS dalam memproduksi *cold rolled coil*. Aliran proses dimulai dari pesanan pelanggan masuk ke perusahaan dan dijadwalkan produksinya, lalu melakukan order bahan baku dari pabrik HSM PT KS atau membeli bahan baku dari perusahaan rekanan, melakukan proses produksi *coil*, hingga mengirimkan *finish product* kepada pelanggan. VSM proses produksi CRC ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Value Stream Mapping Pabrik CRM PT KS

#### 4.1.2.3 Klasifikasi Aktivitas

Prinsip *lean manufacturing* salah satunya yaitu mereduksi *non value activities* dan *waste* yang terjadi selama proses produksi. Aktivitas dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu *value added activities*, *nonvalue added activities*, dan *necessary nonvalue added activities*. Proses produksi CRC di pabrik CRM PT KS akan dijelaskan menjadi aktivitas per aktivitas lalu digolongkan berdasarkan tiga golongan aktivitas tersebut. Tabel 4.1 menjabarkan klasifikasi aktivitas pada proses pembersihan bahan baku dan *oiling*.

Tabel 4. 1 Klasifikasi Aktivitas Pada Proses Pembersihan Bahan Baku dan *Oiling*

No	Aktivitas Proses Pembersihan Bahan Baku dan <i>Oiling</i>	VA	NNVA	NVA
1	<i>Material handling</i> dari gudang bahan baku ke dalam pabrik menggunakan <i>craine</i>		v	
2	Pemotongan kepala <i>coil</i>		v	
3	<i>Uncoiler (Input CPL)</i>		v	
4	<i>Welding</i>	v		
5	Inspeksi		v	
6	Proses pencucian <i>coil</i> dan <i>oiling</i>	v		
7	Menggulung <i>coil</i> yang telah selesai diproses mesin CPL ( <i>Recoiler</i> )		v	
8	<i>Cutting coil</i>	v		
9	Mengikat <i>coil</i> per gulungan		v	
10	<i>Material handling</i> menuju <i>holding area</i> N2		v	
	Total	3	7	0
		30,0%	70,0%	0,0%

Pada klasifikasi aktivitas pada proses pembersihan bahan baku dan *oiling* diketahui terdapat 30% *value added activity* dan 70% *necessary non value added activity*. Selanjutnya pada tabel 4.2 menjabarkan klasifikasi aktivitas proses reduksi ketebalan *coil*.

Tabel 4. 2 Klasifikasi Aktivitas Proses Reduksi Ketebalan *Coil*

No	Aktivitas Proses Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	VA	NNVA	NVA
1	<i>Material handling</i> dari N2 ke dalam pabrik menggunakan <i>craine</i>		v	
2	Memasukkan ujung <i>coil</i> pada mesin untuk membuka gulungan <i>coil (Uncoiler)</i>		v	
3	Pemotongan kepala <i>coil</i>	v		
4	<i>Welding</i>	v		
5	Inspeksi		v	

Tabel 4. 3 Klasifikasi Aktivitas Proses Reduksi Ketebalan *Coil* (Lanjutan)

No	Aktivitas Proses Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	VA	NNVA	NVA
6	Proses mereduksi ketebalan <i>coil</i> dengan 5 tingkat penekanan ( <i>Cold Rolling Process</i> )	v		
7	<i>Cutting coil otomatis</i>	v		
8	Penggulungan <i>coil</i> dan diikat ( <i>Recoiling</i> )		v	
9	<i>Material handling</i> menuju gudang N3		v	
	Total	4	5	0
		44%	56%	0%

Pada Klasifikasi aktivitas pada proses pembersihan bahan baku dan *oiling* diketahui terdapat 44% *value added activity* dan 56% *necessary non value added activity*. Selanjutnya pada tabel 4.3 menjabarkan klasifikasi aktivitas proses pencucian teknik elektrolisis.

Tabel 4. 4 Klasifikasi Aktivitas Proses Pencucian Teknik Elektrolisis

No	Aktivitas Proses Pencucian Teknik Elektrolisis	VA	NNVA	NVA
1	<i>Material handling</i> dari N3 ke dalam pabrik menggunakan <i>craine</i>		v	
2	Lepas ikatan <i>coil</i>		v	
3	Memasukkan ujung <i>coil</i> pada mesin untuk membuka gulungan <i>coil</i> ( <i>Uncoiler</i> )		v	
4	Memotong kepala <i>coil</i>		v	
5	<i>Welding</i>	v		
6	Mencuci, membilas, dan mengeringkan <i>coil</i> dengan teknik elektrolisis	v		
7	Memotong sisi-sisi <i>coil</i> ( <i>Side Trimmer</i> ) bila dibutuhkan			v
8	<i>Cutting coil otomatis</i>	v		
9	Penggulungan <i>coil</i> dan diikat ( <i>Recoiling</i> )		v	
10	<i>Material handling</i> gudang N5 ( <i>conveyor</i> )		v	
	Total	3	6	1
		30%	60%	10%

Pada klasifikasi aktivitas pada proses pencucian teknik elektrolisis diketahui terdapat 30% *value added activity*, 60% *necessary non value added activity*, dan 10% *non value activity*. Selanjutnya pada tabel 4.4 menjabarkan klasifikasi aktivitas proses *annealing*.

Tabel 4. 5 Klasifikasi Aktivitas Proses *Annealing*

No	Aktivitas Proses <i>Annealing</i>	VA	NNVA	NVA
1	<i>Material handling coil</i> dari ECL ( <i>conveyor</i> )		v	
2	Merubah orientasi <i>coil</i> dari posisi vertikal menjadi		v	

Tabel 4. 6 Klasifikasi Aktivitas Proses *Annealing* (Lanjutan)

No	Aktivitas Proses <i>Annealing</i>	VA	NNVA	NVA
	horizontal ( <i>down ender</i> )			
3	Menumpuk <i>coil</i> hingga 4 tumpukan dengan <i>craine</i>		v	
4	Menutup <i>coil</i> dengan <i>inner cover</i>		v	
5	Mengeluarkan udara		v	
6	menutup <i>coil</i> dengan <i>cooling hood</i>		v	
7	Proses pemanasan	v		
8	Menunggu hingga proses pemanasan selesai		v	
9	Proses pendinginan	v		
10	Menunggu hingga suhu turun		v	
11	Membuka <i>cooling hood</i>		v	
12	Membuka <i>inner cover</i>		v	
13	Material <i>handling coil</i> dengan <i>trolley car</i> ke gudang <i>post cooling</i> (N6)		v	
	Total aktivitas	2	11	0
		15%	85%	0%

Klasifikasi aktivitas proses *annealing* diketahui terdapat 15% *value added activity*, dan 85% *necessary non value added activity*. Selanjutnya pada tabel 4.5 menjabarkan klasifikasi aktivitas proses perbaikan pola, tekstur, dan reduksi ketebalan *coil*.

Tabel 4. 7 Klasifikasi Aktivitas Proses Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan *Coil*

No	Proses Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	VA	NNVA	NVA
1	Material <i>handling</i> dari N6 ke dalam pabrik menggunakan <i>craine</i>		v	
2	Memasukkan ujung <i>coil</i> pada mesin untuk membuka gulungan <i>coil</i> ( <i>Uncoiler</i> )		v	
3	Memperbaiki pola, tekstur, dan bentuk <i>coil</i>			v
4	Proses mereduksi ketebalan <i>coil</i> maksimum 5% penekanan ( <i>Tandem Pass Mill</i> )	v		
5	Penggulungan <i>coil</i> dan diikat ( <i>Recoiling</i> )		v	
6	Material <i>handling</i> gudang N7		v	
	Total	1	4	1
		17%	66%	17%

Klasifikasi aktivitas proses perbaikan pola, tekstur, dan reduksi ketebalan *coil* diketahui terdapat 17% *value added activity*, 66% *necessary non value added*

*activity*, dan 17% *non value activity*. Selanjutnya pada tabel 4.6 menjabarkan klasifikasi aktivitas proses *CR finishing line*.

Tabel 4. 8 Klasifikasi Aktivitas Proses *CR Finishing Line*

NO	Proses <i>CR Finishing Line</i>	VA	NNVA	NVA
1	<i>Material handling</i> dari gudang N7 dengan <i>craine</i>		v	
2	Antri di <i>conveyor</i>			v
3	Melepas ikatan		v	
4	Membuka gulungan <i>coil (Uncoiler)</i>		v	
5	Memotong sisi-sisi <i>coil (Side Trimmer)</i> jika ada			v
6	<i>Electrostatic Oiler</i>	v		
7	Menggulung kembali <i>coil</i> yang telah menyelesaikan proses ( <i>recoiler</i> )		v	
8	Memotong <i>coil</i> otomatis pada panjang tertentu yang telah ditentukan pada komputer	v		
9	<i>Material handling</i> ke area <i>packaging</i>		v	
10	Dipindahkan dan disimpan di gudang <i>finish product</i>		v	
	Total	2	6	2
		20%	60%	20%

Klasifikasi aktivitas proses *CR Finishing Line* diketahui terdapat 20% *value added activity*, 60% *necessary non value added activity*, dan 20% *non value activity*.

#### 4.1.2.4 Klasifikasi *Waste*

Pada penelitian ini *waste* diklasifikasikan menjadi sembilan jenis, yaitu *Environmental, Safety, and Healthy (EHS), Defect, Over production, Waiting, Non utilizing employee, Transportation, Inventory, Motion, dan Excess processing*.

##### 1. *Environmental, Health, and Safety (EHS)*

*EHS waste* merupakan *waste* yang berhubungan dengan kondisi lingkungan, keselamatan, dan kesehatan kerja. Di pabrik CRM PT KS terlihat *EHS waste* tidak menjadi masalah. Penerapan aturan keselamatan dan kesehatan kerja bagi pegawai pabrik dan pegawai *non-pabrik* yang akan masuk pabrik sudah seperti penggunaan seragam khusus pabrik berbahan *jeans*, menggunakan *safety helmet*, dan menggunakan *safety shoes*. Kondisi lingkungan pabrik dikelola



dengan baik dan EHS selalu dipantau oleh pabrik CRM dan Divisi EHS PT KS untuk menjaga limbah serta polusi tetap terjaga dalam ambang batas.


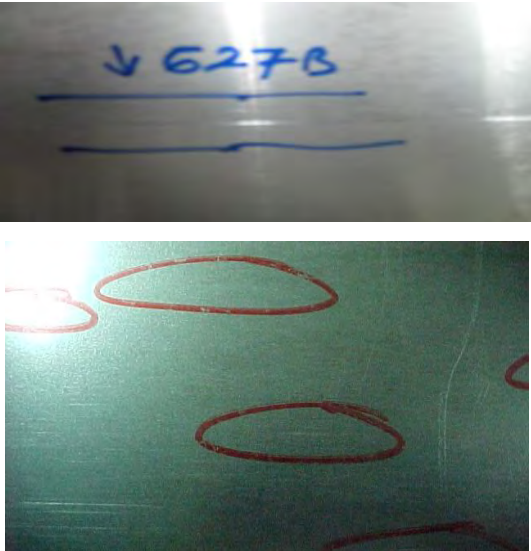
## 2. *Defect*

*Defect* merupakan *waste* yang umum ditemukan pada perusahaan manufaktur. Pada produk CRC PT KS terdapat beberapa *defect* yang ditemukan dan membuat produk tidak sesuai dengan spesifikasi. Pemotongan akan dilakukan pada bagian *coil* yang terdapat *defect*. Hasil potongan cacat tersebut yang merupakan produk *defect*, sedangkan *coil* sisanya yang tidak terdapat *defect* tetap dilanjutkan sebagai produk baik. Secara umum, *defect coil* dapat dikategorikan dalam 5 karakteristik, yaitu sisi *coil* bergelombang, sisi *coil* bergerigi, permukaan *coil* bergelombang, permukaan *coil* berwarna abu-abu kehitaman, dan goresan di permukaan *coil*. Lima karakteristik ini didapatkan berdasarkan diskusi dengan perusahaan. Perusahaan memiliki *database* produk *defect* dengan kode huruf dan angka yang berjumlah puluhan. Terjemahan dari kode *defect* tidak dibuka untuk umum sehingga pengelompokkan kode-kode *defect* yang tercantum menjadi karakteristik *defect* hanya dimengerti perusahaan. Diskusi dilakukan untuk menyamakan pandangan mengenai *waste defect* di pabrik CRM. *Defect* ini akan berpengaruh terhadap aktivitas karena perlu mengalokasikan waktu untuk membuang bagian *coil defect* yang masuk dalam kategori *non value added activity*. Tabel 4.7 memberikan penjelasan visual karakteristik *defect* produk CRC.

Tabel 4. 9 Karakteristik *Defect* dan Gambar *Coil*

Karakteristik <i>Defect</i>	Gambar
Sisi <i>coil</i> bergelombang	
Sisi <i>coil</i> bergerigi	
Permukaan <i>coil</i> bergelombang	

Tabel 4. 10 Karakteristik *Defect* dan Gambar *Coil* (Lanjutan)

Karakteristik <i>Defect</i>	Gambar
Warna abu-abu kehitaman pada permukaan <i>coil</i>	
Goresan pada permukaan <i>coil</i>	

Data mengenai jumlah tonase *defect* yang terjadi selama tahun 2015 di pabrik CRM ditunjukkan pada tabel 4.8. Selama tahun 2015 terjadi sebesar 13.095 ton produk *defect* dari total produksi 588.756 ton.

Tabel 4. 11 Jumlah Tonase *Waste Defect*

Periode	Jumlah <i>Defect</i> (ton)	Produksi (ton)	Persentase <i>Defect</i>
Jan	1.199	59.392	2,02%
Feb	850	38.441	2,21%
Mar	1.287	51.714	2,49%
Apr	778	35.215	2,21%
Mei	1.142	41.798	2,73%
Jun	1.206	45.983	2,62%
Jul	694	27.226	2,55%

Tabel 4. 12 Jumlah Tonase *Waste Defect* (Lanjutan)

Periode	Jumlah <i>Defect</i> (ton)	Produksi (ton)	Persentase <i>Defect</i>
Agt	1.244	58.293	2,13%
Sep	1.189	67.839	1,75%
Okt	1.340	62.289	2,15%
Nov	1.088	58.351	1,86%
Des	1.077	42.215	2,55%
<b>Total</b>	13.095	588.756	2,22%

Berdasarkan tabel 4.8 terdapat 13.095 ton *defect* dari 588.756 ton produksi. Keseluruhan produksi menggunakan energi listrik dan gas sehingga jumlah tonase *defect* juga berkontribusi untuk loses energi yang ditanggung pabrik. Total konsumsi listrik dan gas selama tahun 2015 ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4. 13 Total Konsumsi Listrik dan Gas Tahun 2015

Periode	Jumlah Produksi (ton)	Listrik (kWh)	Gas (kKal)
Jan	59.392	15.659.948	18.708.480.000
Feb	38.441	10.135.777	12.108.915.000
Mar	51.714	13.635.482	16.289.910.000
Apr	35.215	9.285.174	11.092.725.000
Mei	41.798	11.020.920	13.166.370.000
Jun	45.983	12.124.384	14.484.645.000
Jul	27.226	7.178.707	8.576.190.000
Agt	58.293	15.370.174	18.362.295.000
Sep	67.839	17.887.177	21.369.285.000
Okt	62.289	16.423.803	19.621.035.000
Nov	58.351	15.385.467	18.380.565.000
Des	42.215	11.130.871	13.297.725.000
<b>Total</b>	588.756	155.237.883	185.458.140.000

Selama setahun diketahui pabrik CRM menggunakan energi listrik sebesar 155.237.883 kWh dan gas sebesar 185.458.140.000 kKal. Konsumsi listrik 155.237.883 kWh yang digunakan untuk produksi selama setahun sebagiannya terpakai dan ternyata menghasilkan produk *defect* sehingga dikatakan *defect* berkontribusi terhadap konsumsi energi.

### 3. *Over Production*

*Over production* merupakan *waste* akibat jumlah produk akhir yang diproduksi lebih banyak dibandingkan dengan jumlah yang direncanakan. *Waste* ini tidak ditemukan di pabrik CRM PT KS karena pabrik bekerja mengikuti rencana produksi yang dibuat. Rencana produksi dibuat berdasarkan pesanan yang masuk dari pelanggan ke PT KS. Pabrik tidak bekerja diluar jadwal operasi yang diterbitkan. Rencana produksi juga berpengaruh terhadap suplai bahan baku dan jatah penggunaan energi sehingga pabrik tidak bekerja di luar yang dijadwalkan atau direncanakan sejak awal.

### 4. *Waiting*

*Waiting* merupakan *waste* yang terjadi akibat mesin yang berhenti melakukan proses produksi. Proses produksi di pabrik CRM PT KS berhenti karena beberapa hal, antara lain *preventive maintenance* dan *breakdown*. *Preventive maintenance* merupakan waktu terjadwal untuk melakukan perawatan untuk mesin dan peralatan terkait. Berbagai keperluan untuk *preventive maintenance* sudah dialokasikan dan dilakukan untuk menunjang keberlangsungan proses produksi sehingga tidak dihitung sebagai pengeluaran yang merugikan. *Breakdown* merupakan waktu yang terjadi tanpa direncanakan oleh pabrik akibat terjadinya kerusakan pada mesin. Berhentinya mesin di luar rencana ini menimbulkan kerugian bagi perusahaan karena mengganggu jadwal produksi. Penanganan *breakdown* dengan cara mematikan mesin untuk mencegah terjadi kerusakan yang lebih parah. Hampir seluruh mesin produksi menggunakan rol untuk proses. Rol ini sangat mudah sekali rusak, seperti rusak karena waktu atau rusak karena dipakai memproses produk cacat. Selain rol ada beberapa sebab lain yang menyebabkan mesin perlu dimatikan. Tabel 4.10 menunjukkan waktu kerja tiap mesin dan waktu *breakdown* tiap mesin pada tahun 2015.

Tabel 4. 14 Data Waktu Kerja dan Waktu *Breakdown* Per Mesin Tahun 2015

Proses	Mesin	Working time (jam)	Breakdown Time (jam)	Utilisasi
Pembersihan bahan baku dan <i>oiling</i>	CPL	8.233	1.592	81%
Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	CTCM	8.086	2.634	67%
Pencucian Teknik Elektrolisis	ECL 1	8.538	381	96%
	ECL 2	8.601	381	96%
Proses <i>Annealing</i>	BAF	8.568	222	97%
Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	TPM	8.452	894	89%
CR <i>Finishing Line</i>	REC	8.397	419	95%
	PRP	8.521	255	97%

#### 5. *Non Utilizing Employee Knowledge, Skills, and Abilities*

*Non utilizing employee knowledge, skills, and abilities* merupakan *waste* terjadi akibat adanya pekerja yang menganggur atau tidak melakukan tugasnya. *Waste* ini tidak terjadi pada pabrik CRM karena pabrik CRM menerapkan sistem *shift* kerja di PT KS sehingga memiliki batas yang jelas mengenai waktu mulai bekerja, apa saja yang harus dilakukan selama jam kerja, waktu istirahat, dan waktu selesai bekerja. Sistem ini dijalankan teratur kepada seluruh pegawai pabrik 3 *shift* selama 24 jam dan 7 hari. Tidak ada pekerja menganggur yang berada di dalam pabrik. Semua pekerja menempati pos kerjanya masing-masing. Hal ini diterapkan dengan disiplin dan pengawasan karena risiko kerja di pabrik baja sangat tinggi.

#### 6. *Transportation*

Masalah transportasi tidak terlihat di pabrik CRM PT KS karena *coil* yang diproses memiliki dimensi dan tonase yang besar. *Craine hoist* atau *trolley* digunakan untuk transportasi antar mesin atau transportasi ke gudang penyimpanan sementara. Tidak ada pemindahan material *coil* menggunakan alat transportasi manual.

## 7. *Inventory*

*Waste inventory* merupakan *waste* akibat penumpukan bahan baku, *WIP*, dan *finish* produk. Di pabrik CRM, *waste inventory* tidak terlihat signifikan karena *coil* bahan baku disuplai sesuai dengan pesanan yang telah dijadwalkan, termasuk memperhitungkan *coil* cadangan mengantisipasi *defect*. *WIP* di pabrik CRM pasti terjadi. *WIP* muncul karena menunggu mesin selanjutnya *available* untuk memulai proses. *WIP* yang terjadi selama dalam jadwal produksi tidak menjadi masalah karena hanya sementara dan akhirnya *WIP* tersebut akan diproses untuk memenuhi pesanan yang telah direncanakan. *Inventory finish product* pun terjadi sementara. *Finish product* menunggu jadwal pengiriman produk ke pelanggan karena prosedur tidak dapat mengirimkan produk sesaat setelah jadi.

## 8. *Motion*

*Motion waste* terjadi akibat adanya aktivitas atau pergerakan yang tidak diperlukan selama proses produksi. Pergerakan pekerja yang tidak diperlukan tidak terjadi pada proses produksi CRC karena sebagian besar proses otomatis dilakukan mesin. Peran pekerja ada pada tahap awal menyiapkan *coil* sebelum menjadi input mesin dan ketika *coil* sudah selesai diproses suatu mesin. Tidak banyak gerakan berlebihan yang tidak penting pada aktivitas-aktivitas tersebut. Gerakan-gerakan tambahan terlihat banyak terjadi ketika memindahkan *coil* untuk dilakukan proses *rework* bila cacat. Namun gerakan ini dapat dikatakan penting karena harus dilakukan untuk *rework*.

## 9. *Excess Processing*

*Excess process* merupakan *waste* yang terjadi karena ada proses berlebihan yang seharusnya tidak perlu dilakukan. Dianggap tidak perlu dilakukan karena proses tersebut tidak memberikan dampak atau nilai tambah apa-apa. Pada proses produksi CRC tidak terjadi *excess process* karena semua proses sudah diatur berurutan dan tidak mengulang proses sebelumnya. Setiap proses punya tujuannya masing-masing dan nilai tambah yang diberikan. Bila ada proses yang

dilakukan dua kali pun disebabkan adanya *rework* untuk mengatasi *defect* pada produk.

## 4.2 *Measure*

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data *waste* pada proses produksi *coil* PT KS. Hasil pengolahan data akan digunakan sebagai dasar pemilihan *waste* kritis yang akan dianalisis.

### 4.2.1 *Waste Measurement*

Berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan pada subbab 4.1, dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai *sigma*, dan besaran potensi kerugian akibat *waste* untuk *waste* yang terjadi pada pabrik CRM PT KS.

#### 1. EHS

EHS *waste* tidak terjadi di pabrik CRM karena beberapa alasan, antara lain:

- a. Peraturan mengenai kesehatan dan keselamatan pekerja dijalankan dengan disiplin dan diawasi penanggung jawab *shift*. Pekerja yang berkerja di dalam pabrik sudah menggunakan seragam pabrik dengan pengaman tambahan berupa *helm*, *safety shoes*, dan sarung tangan bila kontak dengan mesin.
- b. Limbah yang dihasilkan proses produksi sudah ditempatkan dengan baik dan jelas pengelolaannya. Manajemen limbah dan polusi juga diawasi oleh Divisi EHS PT KS yang dilakukan dengan disiplin. Divisi EHS menyatakan tidak ada masalah terkait limbah dan polusi.

#### 2. *Defect*

*Defect* merupakan masalah yang terjadi pada proses produksi CRC. Harga *coil* baja dihitung per tonase, sehingga setiap ton *coil* baja sangat bernilai bagi perusahaan. Bagian *coil* yang *defect* akan dibuang dan menjadi *scrap* baja. *Coil* yang tidak sesuai spesifikasi dan akhirnya dibuang ini yang akan menjadi kerugian bagi perusahaan. Pada subbab 4.1.5 telah didefinisikan lima karakteristik



*defect* yang menunjukkan apakah produk mengalami *defect*. Bila karakteristik tersebut muncul, produk akan dikatakan sebagai *defect*. Tabel 4.11 menunjukkan detail jumlah *defect coil* selama tahun 2015.

Tabel 4. 15 Jumlah *Defect* Produk CRC Tahun 2015

Periode	Karakteristik <i>Defect</i>					Jumlah <i>Defect</i> (ton)	Produksi (ton)	Persentase (%)
	Sisi <i>Coil</i> Bergelombang (ton)	Sisi <i>coil</i> bergerigi (ton)	Permukaan <i>coil</i> bergelombang (ton)	Permukaan <i>coil</i> berwarna abu-abu kehitaman (ton)	Goresan-goresan dipermukaan <i>coil</i> (ton)			
Jan	32	411	39	268	449	1.199	59.392	2,0%
Feb	20	235	36	253	306	850	38.441	2,2%
Mar	36	395	60	307	489	1.287	51.714	2,5%
Apr	12	253	35	165	313	778	35.215	2,2%
Mei	24	391	36	245	446	1.142	41.798	2,7%
Jun	20	406	32	294	454	1.206	45.983	2,6%
Jul	9	239	34	156	257	694	27.226	2,6%
Agt	16	413	27	269	519	1.244	58.293	2,1%
Sep	22	415	41	270	441	1.189	67.839	1,8%
Okt	24	391	35	255	635	1.340	62.289	2,2%
Nov	12	287	36	187	566	1.088	58.351	1,9%
Des	14	345	29	225	465	1.077	42.215	2,6%
<b>Total</b>	241	4.182	440	2.892	4.908	13.095	588.756	2,2%

Berdasarkan data *defect*, dapat dihitung nilai *sigma waste defect*. CTQ yang ditetapkan yaitu berjumlah lima. CTQ didapat dari kelima karakteristik *defect* yang telah dijabarkan pada fase *define*. Kelima karakteristik diakomodir sebagai CTQ karena tingkat kekritisannya karakter-karakter tersebut dianggap setara. Mengakomodir sebagian karakteristik sebagai CTQ tidak dapat menggambarkan kritisnya seluruh karakteristik terhadap kualitas produk. CTQ akan digunakan untuk menghitung *sigma waste defect*. *Sigma waste defect* ditunjukkan pada tabel 4.12.

Tabel 4. 16 Perhitungan *Sigma Waste Defect*

Keterangan	Nilai
Total Tonase	588.756
Tonase Cacat	13.095
Cacat per Tonase	2,22%
CTQ	5
DPO	0,004448439
DPMO	4448,438547
<i>Sigma</i>	4,12

*Sigma awal waste defect* didapat sebesar 4,12. Nilai ini dijadikan acuan peningkatan untuk dibandingkan dengan nilai *sigma* setelah *improvement*. Dari sudut pandang finansial, terdapat beberapa kerugian yang ditanggung oleh perusahaan karena adanya *defect*. Listrik yang digunakan seharusnya menghasilkan produk sukses, namun menghasilkan product *defect* yang harus dipotong. Tonase produk *defect* dapat dijumlah dan dikalikan dengan tarif listrik akan menghasilkan kontribusinya terhadap konsumsi listrik.

Tabel 4. 17 Ringkasan Konsumsi Energi Proses Produksi CRC

Keterangan	Satuan	Produksi	Defect	Persentase
Tonase	Ton	588.756	13.095	2,2%
Konsumsi Listrik	kWh	155.237.883	3.452.831	2,2%
Konsumsi Gas	kKal	185.458.140.000	4.124.995.694	2%
Biaya Listrik	Rp	224.241.122.392	4.987.614.263	2,2%
Biaya Gas	Rp	86.627.497.194	1.926.785.489	2%

Keberadaan *defect* berkontribusi dalam penggunaan energi listrik dan gas. Terlihat pada tabel 4.13 bahwa dari 155.237.883 kWh listrik yang digunakan, 3.452.831 kWh diantaranya digunakan dan menghasilkan produk *defect*. Kondisi tersebut menjadi *loses* bagi perusahaan karena energi tersebut seharusnya bisa menghasilkan produk sukses. Detail perhitungan kontribusi konsumsi energi listrik akibat *waste defect* pada tahun 2015 ditunjukkan pada tabel 4.14.

Tabel 4. 18 Kontribusi *Waste Defect* Terhadap Energi Listrik

Periode	Jumlah Defect (ton)	Listrik (kWh)	Listrik (Rp)
Jan	1.199	316.145	456.671.022
Feb	850	223.999	323.566.073
Mar	1.287	339.448	490.332.714
Apr	778	205.223	296.445.120
Mei	1.142	301.111	434.955.270
Jun	1.206	318.050	459.422.512
Jul	694	183.102	264.491.485
Agt	1.244	328.023	473.828.798
Sep	1.189	313.427	452.744.970
Okt	1.340	353.331	510.386.643
Nov	1.088	286.886	414.407.113
Des	1.077	284.086	410.362.543
<b>Total</b>	<b>13.095</b>	<b>3.452.831</b>	<b>4.987.614.263</b>

Kondisi serupa juga terjadi terhadap pemakaian gas. Kondisi tersebut loses bagi perusahaan karena energi yang sama seharusnya bisa menghasilkan produk sukses. Detail perhitungan kontribusi konsumsi gas akibat *waste defect* pada tahun 2015 ditunjukkan pada tabel 4.15.

Tabel 4. 19 Kontribusi *Waste Defect* Terhadap Konsumsi Gas

Periode	Jumlah Defect (ton)	Gas (kKal)	Gas (Rp)
Jan	1.199	377.688.791	176.418.434
Feb	850	267.604.628	124.998.122
Mar	1.287	405.528.621	189.422.419
Apr	778	245.174.301	114.520.916
Mei	1.142	359.728.824	168.029.334

Tabel 4. 20 Kontribusi *Waste Defect* Terhadap Konsumsi Gas (Lanjutan)

Periode	Jumlah Defect (ton)	Gas (kKal)	Gas (Rp)
Jun	1.206	379.964.405	177.481.373
Jul	694	218.747.116	102.176.778
Agt	1.244	391.879.093	183.046.724
Sep	1.189	374.441.758	174.901.745
Okt	1.340	422.114.180	197.169.534
Nov	1.088	342.734.516	160.091.292
Des	1.077	339.389.462	158.528.818
<b>Total</b>	13.095	4.124.995.694	1.926.785.489

Berdasarkan tabel 4.15 terlihat bahwa dari 185.458.140.000 kKal gas yang digunakan, 4.124.995.694 kKal diantaranya digunakan dan menghasilkan produk *defect*.

### 3. *Over Production*

*Waste over production* tidak terjadi di CRM karena sistem yang digunakan yaitu *make-to-order*, yang berarti produk dibuat sesuai dengan spesifikasi pesanan pelanggan. Selain itu alasan lainnya antara lain.

- a. Pabrik bekerja mengikuti rencana produksi yang dibuat. Rencana produksi dibuat berdasarkan pesanan yang masuk dari pelanggan ke PT KS. Pabrik tidak bekerja diluar jadwal operasi yang diterbitkan.
- b. Rencana produksi juga berpengaruh terhadap suplai bahan baku dan jatah penggunaan energi sehingga pabrik tidak bekerja di luar yang dijadwalkan atau direncanakan sejak awal.

### 4. *Waiting*

Seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab 4.1.4, terjadi *waiting* akibat *breakdown*. *Waiting* ditinjau per mesin selama tahun 2015 karena setiap mesin memiliki waktu kerja yang berbeda-beda. Waktu kerja tersebut sudah mempertimbangkan waktu mati akibat hari libur, *preventive maintenance*, jam istirahat ibadah jumat, dan waktu *setup* mesin. Berdasarkan data yang telah ditampilkan sebelumnya, selanjutnya dihitung *sigma waste waiting* dari masing-masing mesin. Tabel 4.16 menunjukkan nilai *sigma waste waiting* masing-masing

mesin tahun 2015. Detail tabel perhitungan DPMO dan *sigma* dijelaskan pada lampiran C .

Tabel 4. 21 Nilai *Sigma* Mesin Pabrik CRM

Proses	Mesin	Working time (jam)	Breakdown Time (jam)	Utilisasi	DPMO	Sigma
Pembersihan bahan baku dan <i>oiling</i>	CPL	8.233	1.592	81%	193.385	2,37
Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	CTCM	8.086	2.634	67%	325.803	1,95
Pencucian Teknik Elektrolisis	ECL 1	8.538	381	96%	44.649	3,20
	ECL 2	8.601	381	96%	44.322	3,20
Proses Annealing	BAF	8.568	222	97%	25.897	3,44
Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	TPM	8.452	894	89%	105.734	2,75
<i>CR Finishing Line Process</i>	REC	8.397	419	95%	49.898	3,15
	PRP	8.521	255	97%	29.869	3,38

Perusahaan memperhitungkan kerugian dari sisi biaya tenaga kerja dan *spare part*. Biaya-biaya tersebut dirangkum dalam istilah *Delay Cost*, yang biasa digunakan oleh perusahaan untuk menghitung kerugian finansial.

Tabel 4. 22 *Delay Cost* Per Mesin Tahun 2015

Mesin	<i>Delay Cost</i> (Rp/Jam)
CPL	11.684.182,96
CTCM	21.054.784,96
ECL1	5.215.091,16
ECL2	3.810.312,19
BAF	6.066.879,25
TPM	7.666.273,24
PRP	2.681.279,40
REC	3.992.986,82

Total kerugian finansial selama tahun 2015 dapat dihitung dengan menggunakan *delay cost* pada Tabel 4.17. Tabel 4.18 menunjukkan kerugian biaya akibat terjadinya *breakdown* per mesin selama tahun 2015.

Tabel 4. 23 Kerugian Finansial Akibat *Breakdown*

Proses	Mesin	<i>Breakdown time</i> (menit)	<i>Breakdown time</i> (jam)	Total Biaya (Rp)
Pembersihan bahan baku dan oiling	CPL	95.525	1.592	18.602.192.954
Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	CTCM	158.066	2.634	55.467.427.314
Pencucian Teknik Elektrolisis	ECL 1	22.874	381	1.988.166.585
	ECL 2	12.271	205	779.272.349
Proses Annealing	BAF	13.313	222	1.346.139.391
Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	TPM	53.622	894	6.851.348.397
CR Finishing Line Process	REC	25.141	419	1.123.500.756
	PRP	15.270	255	1.016.215.145
				87.174.262.892

Keberadaan *waste* ini menimbulkan kerugian finansial untuk perusahaan. Total kerugian secara finansial akibat *breakdown* yang dialami semua mesin sebesar Rp 87.174.262.892,-. Terlihat bahwa terdapat tiga mesin yang memiliki waktu *breakdown* yang signifikan karena membuat persentase utilisasi di bawah 90% dan *sigma waste waiting* dibawah nilai 3, yaitu mesin CPL yang digunakan untuk proses pembersihan bahan baku dan *oiling*, mesin CTCM yang digunakan untuk proses reduksi ketebalan, dan mesin TPM yang digunakan untuk proses perbaikan pola, tekstur, dan reduksi ketebalan *coil*. Ketiga mesin ini akan dijadikan mesin kritis dan dianalisa lebih lanjut pada tahap selanjutnya.

Tabel 4. 24 Kerugian Finansial Akibat *Breakdown* Mesin Kritis

Proses	Mesin	<i>Breakdown</i> (menit)	Waktu (jam)	Total Biaya (Rp)
Pembersihan bahan baku dan oiling	CPL	95.525	1.592	18.602.192.954
Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	CTCM	158.066	2.634	55.467.427.314
Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi	TPM	53.622	894	6.851.348.397

Tabel 4. 25 Kerugian Finansial Akibat *Breakdown* Mesin Kritis (Lanjutan)

Proses	Mesin	Breakdown (menit)	Waktu (jam)	Total Biaya (Rp)
Ketebalan <i>Coil</i>				
				80.920.968.665

Tabel 4.19 menunjukkan bahwa ketiga mesin kritis yang dipilih untuk dianalisis lebih lanjut mengakibatkan kerugian mencapai Rp 80.920.968.665 atau 92,8% dari total kerugian finansial akibat *downtime*.

#### 5. *Non Utilizing Employee Knowledge, Skills, and Abilities*

*Waste non utilizing employee knowledge, skills, and abilities* ini tidak terjadi di pabrik CRM PT KS. Beberapa alasan tidak terjadinya *waste* ini antara lain:

- a. pabrik CRM PT KS menerapkan shift kerja 3 *shift* untuk operator sehingga pekerja tidak berada di dalam pabrik di luar jam kerjanya;
- b. pegawai yang dipekerjakan, terutama di pabrik, merupakan orang-orang yang sudah diberikan pelatihan dan bertanggung jawab terhadap tugas masing-masing sehingga tidak ada operator menganggur dan operator tidak boleh mengerjakan yang bukan keahliannya.

#### 6. *Transportation*

Pabrik CRM PT KS tidak mengalami masalah transportasi sehingga tidak perlu dilakukan analisis dan perhitungan kerugian akibat *waste* lebih lanjut. Beberapa alasan dikatakan tidak terjadi *waste transportation* antara lain:

- a. Peralatan transportasi di pabrik sudah masih dalam kondisi baik untuk digunakan.
- b. Tidak menggunakan alat transportasi manual dengan tenaga manusia untuk memindahkan *coil*.
- c. Sudah ada alokasi masing-masing alat transportasi digunakan untuk tugas tertentu dan beroperasi di area tertentu.



## 7. *Inventory*

*Inventory* terjadi ketika pabrik menumpuk material bahan baku, *Work In Process* (WIP), atau *finish product* di gudang. Penumpukkan ini wajar karena proses produksi berjalan setelah keluar rencana produksi. Alasan tidak terjadinya *inventory* pada pabrik CRM, antara lain:

- a. *Inventory* yang dikirim ke pabrik CRM sudah diperhitungkan berdasarkan pesanan yang masuk dari pelanggan. Bila proses produksi mulai berjalan, *inventory* bahan baku pun berkurang bertahap.
- b. WIP terjadi bila proses selanjutnya belum dapat menerima material untuk diproses karena waktu proses setiap mesin berbeda-beda. Bila mesin sudah *available*, WIP akan melanjutkan prosesnya hingga menjadi *finish product*.
- c. *Finish product* yang menumpuk di gudang CRM merupakan *finish product* yang siap dikirimkan dan sedang menunggu jadwal pengiriman. Tidak ada kelebihan *finish product* yang ditumpuk di gudang karena pabrik CRM menerapkan *make-to-order*. *Inventory* terjadi di pabrik CRM namun bukan merupakan *waste* yang perlu dihilangkan sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan *waste inventory*.

## 8. *Motion*

*Waste motion* di pabrik CRM PT KS tidak menjadi masalah dan tidak berdampak signifikan sehingga tidak perlu dilakukan analisis dan perhitungan kerugian akibat *waste* lebih lanjut. Alasan dikatakan *waste* itu tidak berdampak signifikan antara lain,

- a. Aktivitas persiapan dan akhir proses sudah dilakukan dengan baik tanpa banyak tambahan gerakan yang dilebih-lebihkan pekerja.
- b. Area kerja sekitar mesin dan ruang operator sudah ditata dengan baik sehingga operator tidak perlu melakukan aktivitas yang tidak perlu.
- c. Peran manusia dalam proses produksi terbatas di persiapan awal *coil* sebagai input mesin dan di akhir proses ketika *coil* telah keluar dari mesin dalam bentuk gulungan. Selain itu, aktivitas yang dilakukan operator adalah menunggu proses berjalan. Sedikitnya aktivitas yang butuh gerakan pekerja membuat kemungkinan gerakan-gerakan tidak penting berkurang.

#### 9. *Excess Processing*

*Excess Processing* tidak terjadi karena sepanjang proses produksi CRC tidak ditemukan proses yang berulang dan tidak penting. Setiap proses sudah dirancang dengan tujuan tertentu terhadap produk dan *added value* yang berbeda antar proses. Tidak perlu dilakukan analisis lebih lanjut dan perhitungan kerugian akibat *waste excess processing*.

#### 4.2.2 Pemilihan *Waste Kritis*

Hasil perhitungan pada tahap *measure* dijadikan dasar dalam menentukan *waste kritis* yang akan menjadi prioritas untuk diselesaikan akar masalahnya. Cara ini merupakan cara pemilihan yang objektif karena berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari suatu *waste*. Diketahui terdapat dua *waste* yang memberikan dampak finansial signifikan bagi perusahaan, yaitu *waste defect* dan *waiting*. *Waste* lain tidak dilakukan analisis lebih lanjut dan dianggap tidak berdampak signifikan berdasarkan alasan yang telah dijelaskan pada sub-bab 4.2.1.

Tabel 4. 26 *Waste Kritis Terpilih dan Kerugian Biaya*

<i>Waste</i>		Jumlah	Kerugian Biaya (Rp)
<i>Defect</i>		13.095 ton	6.914.399.752
<i>Waiting</i>	Mesin CPL	1.592 jam	18.602.192.954
	Mesin CTCM	2.634 jam	55.467.427.314
	Mesin TPM	894 jam	6.851.348.397
Total			87.835.368.416

Pada tabel 4.20 dijabarkan bahwa *waste defect* mengakibatkan kerugian sebesar Rp 6.914.399.752 dan *waste waiting* mengakibatkan kerugian sebesar Rp 80.920.968.665. Kedua *waste* tersebut selanjutnya akan dianalisis akar penyebab permasalahannya.

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PERBAIKAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis dan interpretasi data yang dilakukan berdasarkan data pada bab IV. Bab ini terdiri dari dua tahap, yaitu *analyse* dan *improvement*.

#### **5.1 *Analyse***

Setelah dilakukan perhitungan *waste* yang terjadi pada bab 4, penelitian dilanjutkan dengan analisis mengenai penyebab terjadinya *waste* terkait. Masing-masing *waste* akan didefinisikan penyebabnya dalam bentuk *root cause analysis* (RCA) 5 *Why's* dan dilanjutkan dengan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA).

##### **5.1.1 Analisis Akar Penyebab Masalah Waste**

*Waste* kritis yang terjadi pada pabrik CRM PT KS yaitu *defect* dan *waiting*. Kedua *waste* tersebut disebabkan oleh penyebab yang berbeda. RCA 5 *Why's* digunakan untuk memetakan akar penyebab terjadinya permasalahan masing-masing *waste*. Akar penyebab masalah diketahui berdasarkan informasi yang didapatkan dari diskusi bersama perusahaan, dalam hal ini SCI Pabrik CRM. Akar penyebab *waste* tersebut dijabarkan pada subbab 5.1.1.1 dan 5.1.1.2.

###### **5.1.1.1 RCA Defect Waste**

Analisis RCA dengan metode 5 *Why's* digunakan untuk memetakan akar penyebab terjadinya *waste defect* pada produksi CRC. Terdapat 5 karakteristik *defect* untuk produk CRC, yaitu sisi *coil* bergelombang, sisi *coil* bergerigi, permukaan *coil* bergelombang, permukaan *coil* berwarna abu-abu kehitaman, dan goresan di permukaan *coil*. Tabel 5.1 merupakan analisis RCA dengan metode 5 *Why's* untuk *waste defect*. Penyebab terakhir dari setiap sub *waste* disebut sebagai akar penyebab masalah dan akan digunakan sebagai *potential cause* pada FMEA selanjutnya.

Tabel 5. 1 RCA *Waste Defect*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Defect</i>	Sisi <i>Coil</i> Bergelombang	<i>Cold roll</i> CTCM bekerja tidak benar	<i>Roll tension</i> terlalu tinggi	Mesin di- <i>setting</i> kurang sesuai sesuai dengan spesifikasi input dan spesifikasi <i>output</i>		
			Posisi pemasangan <i>roll</i> saat penggantian tidak simetris	Kesalahan dalam menjalankan prosedur penggantian (disengaja atau tidak)		
	Sisi <i>coil</i> bergerigi	Proses pemotongan yang buruk di CPL	Pisau tumpul belum diganti operator dan masih tetap digunakan	Kurang kontrol untuk mengawasi kondisi pisau		
	Permukaan <i>coil</i> bergelombang	<i>Coil</i> terlalu cepat memuai saat proses <i>rolling</i>	Temperatur terlalu tinggi saat proses reduksi ketebalan	Kinerja mesin kurang stabil	Mesin sudah tua (melewati masa ekonomis)	
					<i>Maintenance</i> dilaksanakan kurang optimal	
	Permukaan <i>coil</i> berwarna abu atau kehitaman	Proses annealing membuat karbon di permukaan <i>coil</i> bereaksi			Komposisi gas di dalam ruang pembakaran BAF tidak terjaga	
					<i>Coil</i> terkontaminasi partikel asing padat saat pemindahan, saat proses, atau penyimpanan sebelumnya	
Goresan-goresan dipermukaan <i>coil</i>	Input proses <i>rolling</i> tidak bagus	Kualitas bahan baku input CRM buruk	Sejak awal bahan baku yang dikirim ke pabrik CRM dari pabrik HSM terindikasi keropos			

Berdasarkan RCA pada tabel 5.1 diketahui ada berbagai macam penyebab *defect waste*. *Defect* dengan kriteria sisi bergelombang terindikasi terjadi akibat *setting* mesin yang kurang sesuai sehingga *roll* memberikan tension yang tidak sesuai. *Roll* yang tidak stabil juga bisa disebabkan proses pemasangan *coil* pengganti tidak benar atau tidak simetris. Sisi *coil* bergerigi terindikasi terjadi akibat kontrol yang kurang terhadap ketajaman pisau sehingga pisau tumpul masih tetap digunakan dan tidak segera diganti. Faktor *maintenance* yang kurang optimal dan mesin yang sudah tua terindikasi sebagai penyebab terjadinya permukaan *coil* yang bergelombang. Permukaan dapat bergelombang karena *coil* terlalu cepat memuai saat diproses dengan *roll* pada suhu tertentu.

Karakter *defect* lain yaitu permukaan *coil* yang berwarna abu-abu kehitaman akibat jejak karbon yang tertinggal pada permukaan *coil*. Partikel bisa saja didapati pada permukaan *coil*. Karbon tersebut dapat membekas disebabkan keseimbangan gas dalam ruang pembakaran mesin BAF yang tidak seimbang dan merata keseluruhan permukaan. Karakter yang terakhir yaitu goresan di permukaan *coil*. Goresan di permukaan bisa disebabkan oleh bahan baku yang terindikasi berpori atau keropos sehingga ketika dilakukan *rolling*, rongga tersebut akan menjadi goresan-goresan.

#### 5.1.1.2 RCA *Waste Waiting*

Analisis RCA dengan metode *5 Why's* digunakan untuk memetakan akar penyebab terjadinya *waste waiting* pada mesin CPL, mesin CTCM, dan mesin TPM yang digunakan untuk proses produksi CRC. Tabel 5.2 merupakan RCA dengan metode *5 Why's* untuk *waste waiting*. Penyebab terakhir dari setiap sub *waste* disebut sebagai akar penyebab masalah dan akan digunakan sebagai *potential cause* pada FMEA selanjutnya.

Tabel 5. 2 Root Cause Analysis Waiting Waste

Waste	Sub Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Waiting	Downtime Mesin CPL (Proses pencucian bahan baku)	Roll beroperasi namun muncul gejala <i>defect</i> meningkat pada produk.	Roll mengalami kerusakan pada as putar atau bearing	Usia pakai <i>spare part roll</i> sudah habis	Kurang pengawasan kondisi <i>roll</i>	
			Roll mengalami kerusakan pada permukaannya	Terkena serpihan produk yang cuil atau <i>defect</i> .		
		Roll dihentikan operasinya	Strip patah atau ruwet di dalam rol	Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil		
		Mesin belum beroperasi dengan normal ketika dicoba setelah perbaikan	Masalah mekanik dan elektrik pada mesin masih terjadi setelah dilakukan perbaikan atau penggantian <i>spare part</i>	Pemasangan <i>spare part</i> yang tidak benar	Kesalahan saat berjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	
				Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.		
		Travo mill masih belum dapat beroperasi setelah diperbaiki	Masih ada sparepart yang belum diperbaiki	Kurangnya ketelitian dalam mengevaluasi part yang perlu diganti.		
	Letak kegagalan dalam travo yang belum teridentifikasi					
	Downtime Mesin CTCM (Proses reduksi ketebalan)	Roll beroperasi namun muncul gejala <i>defect</i> meningkat pada produk.	Roll mengalami kerusakan pada as putar atau bearing	Usia pakai <i>spare part roll</i> sudah habis	Kurang pengawasan kondisi <i>roll</i>	
			Roll mengalami kerusakan pada permukaannya	Terkena serpihan produk yang cuil atau <i>defect</i> .		
		Roll dihentikan mendadak operasinya	Strip patah atau ruwet di dalam rol	Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil		

Tabel 5. 2 *Root Cause Analysis Waiting Waste* (Lanjutan)

<b>Waste</b>	<b>Sub Waste</b>	<b>Why 1</b>	<b>Why 2</b>	<b>Why 3</b>	<b>Why 4</b>	<b>Why 5</b>
		Proses penggantian tidak segera dilakukan	<i>Roll</i> pengganti masih disiapkan di gudang sparepart	Prosedur penggantian dijalankan kurang disiplin		
		Mesin belum beroperasi dengan normal ketika dicoba setelah perbaikan	Masalah mekanik dan elektrik pada mesin masih terjadi setelah dilakukan perbaikan atau penggantian <i>spare part</i>	Pemasangan <i>spare part</i> yang tidak benar	Kesalahan saat menjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	
				Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.		
		Travo mill masih belum dapat beroperasi setelah diperbaiki	Masih ada sparepart yang belum diperbaiki	Kurangnya ketelitian dalam mengevaluasi part yang perlu diganti.		
	Letak kegagalan dalam travo yang belum teridentifikasi					
	Downtime Mesin TPM	<i>Roll</i> dihentikan mendadak operasinya	Strip patah atau ruwet di dalam rol	Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil		
		Proses penggantian tidak segera dilakukan	<i>Roll</i> pengganti masih disiapkan di gudang <i>spare part</i>	Prosedur penggantian dijalankan kurang disiplin		
		Mesin belum beroperasi dengan normal ketika dicoba setelah perbaikan	Masalah mekanik dan elektrik pada mesin masih terjadi setelah dilakukan perbaikan atau penggantian <i>spare part</i>	Pemasangan <i>spare part</i> yang tidak benar	Kesalahan saat menjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	
				Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.		

Berdasarkan RCA pada tabel 5.2 diketahui ada berbagai macam penyebab *waiting waste*. Penyebab yang paling dominan pada *waiting* yaitu masalah terkait *roll*, dan masalah pada aktivitas pemeliharaan dan penggantian *part*. Meski deskripsi permasalahan sama antar mesin satu dengan yang lain, *roll* yang dimaksud merupakan *roll* yang berbeda tiap mesinnya. Tetap didefinisikan untuk masing-masing mesin karena tingkat keparahan dan kemunculannya berbeda antara satu mesin dengan yang lain. Begitu juga pada masalah pada aktivitas pemeliharaan dan penggantian *part* akan memiliki tingkat keparahan dan tingkat kemunculan yang berbeda pada tiap mesin meski deskripsinya serupa.

### **5.1.2 Failure Mode Effect Analysis**

Setelah diketahui akar penyebab terjadinya *waste defect* dan *waste waiting*, dilakukan analisis lebih dalam terhadap akar penyebab tersebut untuk mendapatkan akar penyebab paling kritis. Analisis menggunakan metode *Failure Mode Effect analysis*. Tingkat kritis suatu penyebab masalah diukur menggunakan kriteria *severity* yang menggambarkan seberapa parah dampaknya, kriteria *occurrence* yang menggambarkan seberapa sering kemunculannya, dan kriteria *detection* yang menggambarkan seberapa sulit penyebab diidentifikasi kejadiannya. Nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* akan menghasilkan nilai *risk priority number* (RPN).

#### **5.1.2.1 Waste Defect**

Metode FMEA membutuhkan kriteria untuk menentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Kriteria tersebut didapatkan dari diskusi dengan pihak perusahaan dengan berdasarkan data yang didokumentasikan. Acuan dasar kriteria *severity* dijelaskan pada tabel 2.1. Kriteria *severity* pada tabel 2.1 dapat dilakukan penyesuaian berdasarkan masalah yang dihadapi dan informasi yang tersedia. Pada kriteria *severity waste defect*, diadopsi kriteria dasar yaitu kriteria mengganggu atau tidaknya keberadaan suatu *defect* terhadap sistem. *Rating* 1 menunjukkan tidak adanya pengaruh terhadap proses produksi sedangkan 10 membahayakan terhadap mesin dan operator. Selain itu, ditambahkan juga



beberapa kriteria tambahan seperti, persentase keberadaan *defect* pada *coil* antara 5%-15% pada *rating* 4 hingga 75%-100% pada *rating* 8, serta pengaruh keberadaan *defect* terhadap kualitas *coil*. Tabel 5.3 merupakan kriteria *severity* untuk FMEA *waste defect*.

Tabel 5. 3 Kriteria *Severity Waste Defect*

Effect	Severity	Rating
Tidak ada	Tidak berpengaruh terhadap proses produksi	1
Sangat minor	Tidak mengganggu proses produksi. Masih ada kemungkinan <i>defect</i> hilang dalam proses (online). Tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk akhir. Secara fisik, <i>defect</i> sulit dilihat.	2
Minor	Tidak mengganggu proses produksi. Masih ada kemungkinan <i>defect</i> hilang di proses (online). Tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk akhir. Secara fisik, <i>defect</i> mudah dilihat.	3
Sangat rendah	Sedikit mengganggu proses produksi. <i>Defect</i> mencakup $5\% \leq x \leq 15\%$ produk. Perlu dilakukan pemotongan terhadap <i>defect</i> . Sisanya diterima sebagai produk baik. Tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk akhir. Secara fisik, <i>defect</i> mudah dilihat.	4
Rendah	Cukup mengganggu proses produksi. <i>Defect</i> mencakup $15\% \leq x \leq 25\%$ produk. Perlu dilakukan pemotongan terhadap <i>defect</i> . Sisanya diterima sebagai produk baik. Keberadaan <i>defect</i> berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk akhir. Secara fisik <i>defect</i> mudah dilihat.	5
Sedang	Keberadaan <i>defect</i> mengganggu proses produksi. <i>Defect</i> mencakup $25\% \leq x < 50\%$ produk. Perlu dilakukan pemotongan terhadap <i>defect</i> . Sisanya diterima sebagai produk baik. Keberadaan <i>defect</i> berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk akhir. Secara fisik <i>defect</i> mudah dilihat.	6
Tinggi	Keberadaan <i>defect</i> sangat mengganggu proses produksi. <i>Defect</i> mencakup $50\% \leq x \leq 75\%$ produk dan dilakukan pemotongan terhadap <i>defect</i> . Sisanya diterima sebagai produk baik. Keberadaan <i>defect</i> berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk akhir. Secara fisik <i>defect</i> mudah dilihat.	7

Tabel 5. 3 Kriteria *Severity Waste Defect* (Lanjutan)

Effect	Severity	Rating
Sangat tinggi	Keberadaan <i>defect</i> sangat mengganggu proses produksi. $75\% \leq x \leq 100\%$ produk dikatakan scrap atau tidak diterima.	8
Berbahaya	Keberadaan <i>defect</i> menyebabkan kerusakan pada mesin atau membahayakan operator. Keparahan kerusakan atau bahaya muncul dengan pertanda.	9
Sangat berbahaya	Keberadaan <i>defect</i> membuat kerusakan pada mesin atau membahayakan operator. Keparahan kerusakan atau bahaya muncul tanpa pertanda.	10

Acuan dasar kriteria *occurrence* dijelaskan pada tabel 2.2. Pada tabel 2.2 kriteria *occurrence* dijelaskan menggunakan peluang kejadiannya. Kriteria tersebut pada tabel 5.4 diadopsi dan disesuaikan menjadi tolok ukur tonase cacat yang dihasilkan per bulannya untuk menggambarkan seberapa sering masalah *defect* muncul dilengkapi dengan keterangan yang mendeskripsikan kondisi kemunculan. *Rating* 1 menggambarkan *range* tonase cacat yang paling rendah di bawah 125 ton per bulan sedangkan *rating* 10 menggambarkan *range* tonase cacat yang paling tinggi 1125 ton per bulan. Tabel 5.4 merupakan kriteria *occurrence* untuk FMEA *waste defect*.

Tabel 5. 4 Kriteria *Occurrence Waste Defect*

Occurrence	Keterangan	Rating
Kegagalan tidak pernah terjadi	Mengakibatkan $x \leq 125$ ton <i>defect</i> per bulan	1
	Kegagalan tidak muncul. Kontrol komputer telah sesuai, prosedur telah dilakukan dengan benar dan teliti oleh operator, mesin bekerja normal, lingkungan kerja dalam kondisi baik.	
Kegagalan jarang terjadi	Terjadi $125 < x \leq 250$ ton <i>defect</i> per bulan	2
	Kegagalan muncul dengan kondisi kontrol komputer telah sesuai, prosedur telah dilakukan dengan benar dan teliti oleh operator, mesin bekerja normal, lingkungan kerja dalam kondisi baik.	
Kegagalan cukup sering terjadi	Terjadi $250 < x \leq 375$ ton <i>defect</i> per bulan	3
	Kegagalan muncul dengan kondisi kontrol komputer telah sesuai, prosedur telah dilakukan dengan benar dan teliti oleh operator, mesin bekerja normal, lingkungan kerja dalam kondisi tidak baik.	
	Terjadi $375 < x \leq 500$ ton <i>defect</i> per bulan	4
	Kegagalan muncul dengan kondisi kontrol komputer telah sesuai, prosedur salah dilakukan oleh operator, mesin bekerja	

Tabel 5. 4 Kriteria *Occurrence Waste Defect* (Lanjutan)

<i>Occurrence</i>	Keterangan	Rating
	normal, lingkungan kerja dalam kondisi baik.	
	Terjadi $500 < x \leq 625$ ton <i>defect</i> per bulan	5
	Kegagalan muncul dengan kondisi kontrol komputer salah, prosedur dilakukan dengan benar dan teliti oleh operator, mesin bekerja normal, lingkungan kerja dalam kondisi baik.	
	Terjadi $625 < x \leq 750$ ton <i>defect</i> per bulan	6
Kegagalan muncul dengan kondisi kontrol komputer sesuai, prosedur telah dilakukan dengan benar dan teliti oleh operator, mesin bekerja tidak normal, lingkungan kerja dalam kondisi baik.		
Kegagalan sering terjadi	Terjadi $750 < x \leq 875$ ton <i>defect</i> per bulan	7
	Kegagalan muncul dengan kondisi kontrol komputer salah, prosedur salah dilakukan oleh operator, mesin bekerja normal, lingkungan kerja dalam kondisi kurang baik.	
	Terjadi $875 < x \leq 1000$ ton <i>defect</i> per bulan	8
	Kegagalan muncul dengan kondisi kontrol komputer sesuai, prosedur salah dilakukan oleh operator, mesin bekerja tidak normal, lingkungan kerja dalam kondisi buruk.	
	Terjadi $1000 < x \leq 1125$ ton <i>defect</i> per bulan	9
Kegagalan muncul dengan kondisi kontrol komputer tidak sesuai, prosedur dilakukan dengan benar dan teliti oleh operator, mesin bekerja tidak normal, lingkungan kerja dalam kondisi buruk.		
Sangat sering terjadi	Terjadi lebih dari 1125 ton <i>defect</i> per bulan	10
	Kegagalan muncul pada kondisi kontrol komputer salah, prosedur salah dilakukan oleh operator, mesin bekerja tidak normal, lingkungan kerja dalam kondisi sangat buruk.	

Tabel 2.3 menjelaskan kriteria dasar *detection*. Pada kriteria dasar dijelaskan apakah alat kontrol mampu mendeteksi kegagalan atau tidak. Kriteria tersebut diadopsi sebagai kriteria *detection waste defect* untuk menggambarkan seberapa mudah mekanisme kontrol yang diterapkan perusahaan mendeteksi kemunculan masalah. *Rating* 1 menggambarkan kondisi mekanisme kontrol yang hampir pasti mendeteksi kegagalan sedangkan *rating* 10 menggambarkan kondisi mekanisme kontrol yang hampir tidak mungkin mendeteksi kegagalan. Tabel 5.5 merupakan kriteria *detection* untuk FMEA *waste defect*.

Tabel 5. 5 Kriteria *Detection Waste Defect*

<i>Detection</i>	<b>Keterangan</b>	<b>Rating</b>
Hampir pasti	Mekanisme kontrol hampir pasti mendeteksi mode kegagalan.	1
Sangat mudah	Mekanisme kontrol sangat mudah mendeteksi mode kegagalan.	2
Mudah	Mekanisme kontrol mudah mendeteksi mode kegagalan.	3
Cukup Mudah	Mekanisme kontrol cukup mudah mendeteksi mode kegagalan.	4
Cukup	Mekanisme kontrol cukup mungkin mendeteksi mode kegagalan.	5
Sedikit susah	Mekanisme kontrol cukup susah mendeteksi mode kegagalan	6
Susah	Mekanisme kontrol susah untuk mendeteksi mode kegagalan	7
Sangat susah	Mekanisme kontrol sangat susah untuk mendeteksi mode kegagalan.	8
Amat sangat susah	Mekanisme kontrol amat sangat susah untuk mendeteksi mode kegagalan.	9
Hampir tidak mungkin	Mekanisme kontrol hampir tidak mungkin untuk mendeteksi mode kegagalan.	10

Setelah didapatkan ditentukan kriteria *severity*, *occurence*, dan *detection*, penilaian dapat dilakukan pada masing-masing *root cause*. Tabel 5.6 merupakan FMEA *waste defect*.

Tabel 5. 6 FMEA *Waste Defect*

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
<i>Defect</i>	Sisi <i>Coil</i> Bergelombang	Sisi <i>coil</i> bergelombang karena <i>roll</i> miring dan tension yang diberikan tidak stabil	4	Mesin di-setting kurang sesuai dengan spesifikasi <i>input</i> dan spesifikasi <i>output</i>	5	Mencocokkan <i>setting</i> di layar komputer kontrol dengan lembar kerja (lembar spesifikasi produk)	2	40	Evaluasi pemahaman operator terkait tugas pengoperasian mesin	SCI dan CRM	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
				Kesalahan dalam menjalankan prosedur penggantian (disengaja atau tidak)	4	Cek visual setelah dilakukan penggantian	3	48	Evaluasi pemahaman operator terkait tugas pemeliharaan mesin	SCI dan CRM	
	Sisi <i>coil</i> bergerigi	Pisau tumpul belum diganti operator dan masih tetap digunakan	6	Kurang kontrol untuk mengawasi kondisi pisau	5	Cek visual kondisi pisau	3	90	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur pemeliharaan mesin	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .

Tabel 5. 6 FMEA *Waste Defect* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
	Permukaan <i>coil</i> bergelombang	<i>Coil</i> mengembang terlalu cepat karena temperatur tidak stabil	5	Mesin sudah tua (melewati masa ekonomis)	4	Menjalankan prosedur pemeliharaan yang sudah direncanakan. Secara visual bisa terlihat dari cacat pada <i>coil</i> yang muncul ketika <i>rolling</i> di dalam mesin.	3	60	Evaluasi kondisi mesin dan mempertimbangkan kebijakan investasi fasilitas produksi jangka panjang	SCI dan CRM	Membuat rencana jangka panjang penanganan fasilitas saat ini dan rencana investasi fasilitas
				<i>Maintenance</i> dilaksanakan kurang optimal	4			60	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur pemeliharaan mesin	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
	Permukaan <i>coil</i> berwarna abu atau kehitaman	Proses annealing membuat karbon di permukaan <i>coil</i> bereaksi	4	Komposisi gas di dalam ruang pembakaran BAF tidak terjaga	6	Menjaga HNX Standard (CO/CO <sub>2</sub> = 0,8) di mesin kontrol	5	120	Evaluasi secara teknis mengenai pengecekan karbon permukaan <i>coil</i> sebelum dan setelah annealing	SCI dan CRM	Mendesain dan menerapkan <i>checksheet</i> pengecekan permukaan <i>coil</i> sebelum dan setelah annealing

Tabel 5. 6 FMEA Waste Defect (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
				<i>Coil</i> terkontaminasi partikel asing padat saat pemindahan, saat proses, atau penyimpanan sebelumnya	6	Kontrol secara visual untuk melihat debu atau sampah logam disekitar mesin	2	48	Evaluasi prosedur pengondisian lingkungan kerja pabrik	SCI dan CRM	Menegakkan kedisiplinan dalam penerapan prosedur pengondisian lingkungan kerja pabrik.
	Goresan-goresan dipermukaan <i>coil</i>	<i>Coil</i> yang diproses mudah sekali muncul goresan-goresan di permukannya karena terkontaminasi benda padat.	6	Sejak awal bahan baku yang dikirim ke pabrik CRM dari pabrik HSM terindikasi keropos	6	Berkomunikasi secara rutin dengan pabrik HSM terkait kualitas bahan baku yang dikirim.	3	108	Evaluasi mengenai standard yang diterapkan pabrik HSM dan CRM	SCI, HSM, dan CRM	Memberikan saran perbaikan untuk pabrik HSM dan nyepakati terkait standard bahan baku yang dikirim HSM ke CRM

Berdasarkan tabel 5.6, terlihat bahwa ada berbagai macam *potential cause* yang menjadi penyebab *failure mode* pada *waste defect*. RPN dengan tanda berwarna merupakan risiko masalah yang paling tinggi. Setiap *potential cause* diberikan *recommendation action* yang sesuai untuk menangani penyebab tersebut. *Recommendation action* sebagian besar berupa evaluasi kondisi saat ini. Evaluasi kondisi saat ini penting untuk mengetahui tindakan teknis yang perlu dilakukan. Tindakan teknis dijelaskan dalam *action taken*. *Action taken* berdasarkan *recommendation action* yang dilakukan dan bersifat teknis. Berbagai macam *potential cause* yang berbeda-beda, dapat diperbaiki dengan tindakan yang serupa. *Action taken* yang dibuat antara lain melakukan *on-site training*, penerapan *checksheet*, kedisiplinan prosedur, dan lain sebagainya. Pada tahap *improvement* selanjutnya akan dijelaskan mengenai *action taken* tersebut dan akan sangat bermanfaat untuk membuat pengelompokkan alternatif perbaikan.

#### 5.1.2.2 Waste Waiting

Metode FMEA membutuhkan kriteria untuk menentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Kriteria *severity* didapatkan dari diskusi dengan pihak perusahaan dengan berdasarkan data yang didokumentasikan. Acuan dasar kriteria *severity* dijelaskan pada tabel 2.1. Kriteria *severity* pada tabel 2.1 dapat dilakukan penyesuaian berdasarkan masalah yang dihadapi dan informasi yang tersedia. Penyesuaian dilakukan untuk menyusun kriteria *severity* untuk *waste waiting* menggunakan pendekatan kerugian biaya akibat munculnya masalah. *Rating* 1 menunjukkan *range* biaya per tahun paling rendah akibat adanya kegagalan sedangkan *rating* 10 menggambarkan *range* kerugian biaya per tahun paling tinggi. *Waiting* yang terjadi sangat berhubungan dengan biaya sehingga keparahan suatu masalah dapat diukur dengan pendekatan biaya yang ditanggung perusahaan. Tabel 5.7 merupakan kriteria *severity* untuk FMEA *waste waiting*.

Tabel 5. 7 Kriteria *Severity Waste Waiting*

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Tidak signifikan	Kerugian biaya $x < \$250,000$	1



<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Sangat minor	Kerugian biaya $\$250,000 \leq x \leq \$499,999$	2
Minor	Kerugian biaya $\$500,000 \leq x \leq \$749,999$	3
Sangat rendah	Kerugian biaya $\$750,000 \leq x \leq \$999,999$	4
Rendah	Kerugian biaya $\$1,000,000 \leq x \leq \$1,249,999$	5
Sedang	Kerugian biaya $\$1,250,000 \leq x \leq \$1,499,999$	6
Tinggi	Kerugian biaya $\$1,500,000 \leq x \leq \$1,749,999$	7
Sangat tinggi	Kerugian biaya $\$1,750,000 \leq x \leq \$1,999,999$	8
Berbahaya	Kerugian biaya $\$2,000,000 \leq x \leq \$2,249,999$	9
Sangat berbahaya	Kerugian biaya $\$2,500,000 \leq x$	10

Kriteria *occurrence* yang menjadi acuan dijelaskan pada tabel 2.2. Pada tabel 2.2 kriteria *occurrence* dijelaskan menggunakan peluang kejadiannya. Kriteria peluang kejadian tersebut diadopsi dan disesuaikan menjadi waktu *breakdown* selama setahun akibat munculnya penyebab masalah. Rentang waktu lebih menggambarkan tingkat kemunculan penyebab masalah karena bisa muncul penyebab masalah sekali dengan waktu yang sangat panjang. Bila menggunakan peluang kejadian, kejadian dihitung satu selama setahun proses produksi berjalan. Waktu yang sangat panjang tidak terakomodir sehingga digunakan total waktu *breakdown* dibandingkan dengan waktu produksi selama setahun untuk menggambarkan tingkat kemunculannya. *Rating* 1 menggambarkan kegagalan tidak pernah terjadi, sedangkan *rating* 10 menggambarkan terjadi dengan *range* waktu kejadian yang sangat tinggi per tahunnya. Tabel 5.8 merupakan kriteria *occurrence* untuk FMEA *waste waiting*.

Tabel 5. 8 Kriteria *Occurrence Waste Waiting*

<i>Occurrence</i>	<i>Kejadian</i>	<i>Rating</i>
Tidak pernah terjadi	0	1
Sangat Jarang	$0 \text{ jam} < x \leq 125 \text{ jam}$ selama setahun	2
Jarang	$125 \text{ jam} < x \leq 250 \text{ jam}$ selama setahun	3
	$250 \text{ jam} < x \leq 375 \text{ jam}$ selama setahun	4
Kadang-kadang	$375 \text{ jam} < x \leq 500 \text{ jam}$ selama setahun	5

<i>Occurrence</i>	<b>Kejadian</b>	<b>Rating</b>
	500 jam < x ≤ 625 jam selama setahun	6
Sering	625 jam < x ≤ 750 jam selama setahun	7
	750 jam < x ≤ 875 jam selama setahun	8
Sangat Sering	875 jam < x ≤ 1000 jam selama setahun	9
	1000 jam < selama setahun	10

Tabel 2.3 menjelaskan kriteria dasar *detection*. Pada kriteria dasar dijelaskan apakah alat kontrol mampu mendeteksi kegagalan atau tidak. Kriteria tersebut diadopsi sebagai kriteria *detection waste defect* untuk menggambarkan seberapa mudah mekanisme kontrol yang diterapkan perusahaan mendeteksi kemunculan masalah. *Rating* 1 menggambarkan kondisi mekanisme kontrol yang hampir pasti mendeteksi kegagalan sedangkan *rating* 10 menggambarkan kondisi mekanisme kontrol yang hampir tidak mungkin mendeteksi kegagalan. Tabel 5.9 merupakan kriteria *detection* untuk FMEA *waste defect*.

Tabel 5. 9 Kriteria *Detection Waste Waiting*

<i>Detection</i>	<b>Keterangan</b>	<b>Rating</b>
Hampir pasti	Mekanisme kontrol hampir pasti mendeteksi mode kegagalan.	1
Sangat mudah	Mekanisme kontrol sangat mudah mendeteksi mode kegagalan.	2
Mudah	Mekanisme kontrol mudah mendeteksi mode kegagalan.	3
Cukup Mudah	Mekanisme kontrol cukup mudah mendeteksi mode kegagalan.	4
Cukup	Mekanisme kontrol cukup mungkin mendeteksi mode kegagalan.	5
Sedikit susah	Mekanisme kontrol cukup susah mendeteksi mode kegagalan	6
Susah	Mekanisme kontrol susah untuk mendeteksi mode kegagalan	7
Sangat susah	Mekanisme kontrol sangat susah untuk mendeteksi mode kegagalan.	8
Amat sangat susah	Mekanisme kontrol amat sangat susah untuk mendeteksi mode kegagalan.	9

Tabel 5. 10 Kriteria *Detection Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Detection</i>	<b>Keterangan</b>	<b>Rating</b>
Hampir tidak mungkin	Mekanisme kontrol hampir tidak mungkin untuk mendeteksi mode kegagalan.	10

Setelah didapatkan ditentukan kriteria *severity*, *occurence*, dan *detection*, penilaian dapat dilakukan pada masing-masing *root cause*. Tabel 5.10 merupakan FMEA *waste waiting*.

Tabel 5. 11 FMEA *Waste Waiting*

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
<i>Waiting</i>	Downtime Mesin CPL (Proses pencucian bahan baku)	<i>Roll</i> rusak tetap digunakan yang dampaknya semakin bertambah jumlah <i>defect</i>	1	Kurang pengawasan kondisi <i>roll</i>	2	Diketahui dari getaran, temperatur, dan cacat yang ditimbulkan pada <i>coil</i>	7	14	Evaluasi pelaksanaan prosedur rutin pengawasan dan pemeliharaan mesin	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
		<i>Roll</i> berhenti mendadak karena strip ruwet.	3	Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil	7	visual secara langsung hanya dengan mata	6	126	Melakukan observasi dan mengumpulkan data terkait kondisi <i>roll</i> sebelum dan sesudah strip ruwet di dalam mesin	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
		Mesin belum beroperasi setelah diperbaiki sisi mekanis dan elektriknya	3	Kesalahan saat menjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	6	visual secara langsung hanya dengan mata	5	90	Evaluasi pemahaman operator untuk melaksanakan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	SCI dan CRM	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi

Tabel 5. 12 FMEA *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
											pemahaman operator terhadap tugasnya
				Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.	3	visual dibantu dengan alat	6	54	Menambahkan tools untuk meningkatkan ketelitian	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
		Suplai listrik dari travo belum normal	1	Kurangnya ketelitian dalam mengevaluasi part yang perlu diganti.	1	visual secara langsung hanya dengan mata	5	5	Evaluasi pemahaman operator untuk melaksanakan prosedur perbaikan	SCI dan CRM	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi

Tabel 5. 13 FMEA *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
											pemahaman operator terhadap tugasnya
				Letak kegagalan dalam travo yang belum teridentifikasi	1	visual dibantu dengan alat	6	6	Menambahkan tools untuk meningkatkan ketelitian	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
	Downtime Mesin CTCM (Proses reduksi ketebalan)	<i>Roll</i> rusak tetap digunakan yang dampaknya semakin bertambah jumlah <i>defect</i>	1	Kurang pengawasan kondisi <i>roll</i>	2	visual secara langsung hanya dengan mata	6	12	Evaluasi prosedur rutin pengawasan mesin	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>

Tabel 5. 14 FMEA *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
		<i>Roll</i> berhenti mendadak karena strip ruwet.	6	Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil	8	visual secara langsung hanya dengan mata	5	240	Melakukan observasi dan mengumpulkan data terkait kondisi <i>roll</i> sebelum dan sesudah strip ruwet di dalam mesin	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
		Mesin berhenti lebih lama karena <i>roll</i> belum diganti	1	Prosedur penggantian dijalankan kurang disiplin	2	visual secara langsung hanya dengan mata	5	10	Evaluasi prosedur penggantian <i>spare part</i>	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .

Tabel 5. 15 FMEA *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
		Mesin belum beroperasi setelah diperbaiki sisi mekanis dan elektriknya	9	Kesalahan saat menjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	7	visual secara langsung hanya dengan mata	5	315	Evaluasi pemahaman operator untuk melaksanakan prosedur perbaikan	SCI dan CRM	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
				Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.	6	visual dibantu dengan alat	6	324	Menambahkan tools untuk meningkatkan ketelitian	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .



Tabel 5. 16 FMEA *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
		Suplai listrik dari travo belum normal	1	Kurangnya ketelitian dalam mengevaluasi part yang perlu diganti.	1	visual secara langsung hanya dengan mata	5	5	Evaluasi pemahaman operator untuk melaksanakan prosedur perbaikan	SCI dan CRM	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
				Letak kegagalan dalam travo yang belum teridentifikasi	1	visual dibantu dengan alat	6	6	Menambahkan tools untuk meningkatkan ketelitian	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .

Tabel 5. 17 FMEA *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
	Downtime Mesin TPM	Roll berhenti mendadak karena strip ruwet.	1	Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil	4	visual secara langsung hanya dengan mata	5	20	Melakukan observasi dan mengumpulkan data terkait kondisi <i>roll</i> sebelum dan sesudah strip ruwet di dalam mesin	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
		Mesin berhenti lebih lama karena <i>roll</i> belum diganti	1	Prosedur penggantian dijalankan kurang disiplin	2	Mudah dideteksi tanpa metode khusus	4	8	Evaluasi prosedur penggantian <i>spare part</i>	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .

Tabel 5. 18 FMEA *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation Action</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Action taken</i>
		Mesin belum beroperasi setelah diperbaiki sisi mekanis dan elektriknya	2	Kesalahan saat menjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	4	visual secara langsung hanya dengan mata	5	40	Evaluasi pemahaman operator untuk melaksanakan prosedur perbaikan	SCI dan CRM	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
				Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.	2	visual dibantu dengan alat	6	24	Menambahkan tools untuk meningkatkan ketelitian	SCI dan CRM	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .

Berdasarkan tabel 5.10, terlihat bahwa ada berbagai macam *potential cause* yang menjadi penyebab *failure mode* pada *waste waiting*. RPN dengan tanda berwarna merupakan risiko masalah yang paling tinggi. Tindakan teknis dijelaskan dalam *action taken*. *Action taken* berdasarkan *recommendation action* yang dilakukan dan bersifat teknis. Berbagai macam *potential cause* yang berbeda-beda, dapat diperbaiki dengan tindakan yang serupa. Sebagian besar akibat dari kesesuaian dengan prosedur. *Action taken* yang diambil untuk mengatasi hal tersebut yaitu mendesain dan menerapkan *checksheet* aktivitas perbaikan dan pemeliharaan mesin. Selain itu juga ada beberapa *potential cause* yang dapat diatasi dengan memberikan *on-site training*. *Action* tersebut serupa dengan yang dipilih pada *action taken* untuk *waste defect* sebelumnya. *Action taken* akan digunakan pada tahap *improvement* selanjutnya.

## 5.2 Improvement

Pada fase *improvement* dilakukan penjabaran terkait langkah-langkah perbaikan di mulai dari penyusunan alternatif perbaikan berdasarkan hasil FMEA, menentukan kriteria alternatif terpilih, membuat kelompok dan kombinasi aktivitas perbaikan serta biaya penerapan, pemilihan alternatif terbaik, dan perbandingan antara kondisi setelah perbaikan dan sebelum perbaikan.

### 5.2.1 Alternatif Perbaikan

Pada subbab alternatif perbaikan akan dijabarkan mengenai penyusunan perumusan alternatif perbaikan, kombinasi alternatif perbaikan. Alternatif perbaikan dibuat berdasarkan *root cause* yang terpilih dengan mempertimbangkan nilai RPN pada FMEA. Kaitan antara *subwaste*, *root cause* dan *action taken* dari *waste defect* dijabarkan pada tabel 5.11.

Tabel 5. 19 Akar Penyebab Masalah dan *Action taken* dari *Waste Defect*

No	Subwaste	Root Cause	Action taken
1	Sisi Coil Bergelombang	Mesin di-setting kurang sesuai sesuai dengan spesifikasi input dan spesifikasi output	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan

Tabel 5. 20 Akar Penyebab Masalah dan *Action taken* dari *Waste Defect* (Lanjutan)

No	Subwaste	Root Cause	Action taken
2		Kesalahan dalam menjalankan prosedur penggantian (disengaja atau tidak)	operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
3	Sisi <i>coil</i> bergerigi	Kurang kontrol untuk mengawasi kondisi pisau	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
4		Mesin sudah tua (melewati masa ekonomis)	Membuat rencana jangka panjang investasi/pembaruan fasilitas produksi
5	Permukaan <i>coil</i> bergelombang	<i>Maintenance</i> dilaksanakan kurang optimal	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
6		Komposisi gas di dalam ruang pembakaran BAF tidak terjaga	Mendesain dan menerapkan <i>checksheet</i> pengecekan permukaan <i>coil</i> sebelum dan setelah <i>annealing</i>
7	Permukaan <i>coil</i> berwarna abu atau kehitaman	<i>Coil</i> terkontaminasi partikel asing padat saat pemindahan, saat proses, atau penyimpanan sebelumnya	Menerapkan prosedur pengecekan lingkungan gudang dan sekitar mesin
8	Goresan-goresan dipermukaan <i>coil</i>	Sejak awal bahan baku yang dikirim ke pabrik CRM dari pabrik HSM terindikasi keropos	Memberikan saran perbaikan untuk pabrik HSM dan nyepakati terkait standard bahan baku yang dikirim HSM ke CRM

Pada tabel 5.11 ditampilkan beberapa *action taken* yang serupa untuk *root cause* yang berbeda, antara lain menerapkan *checksheet/checklist* untuk *spare part* kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai *checksheet*. Selain itu terdapat *action* lain seperti melakukan *on-site training*, menegaskan kedisiplinan dalam pelaksanaan prosedur, dan saran perbaikan kepada pabrik HSM PT KS selaku *supplier* bahan baku *hot rolled coil*. *On-site training* dijadikan sebagai *action* karena sebagian besar pegawai yang bekerja sebagai *operator* atau *staff* merupakan pegawai yang sudah punya pengalaman kerja di pabrik CRM PT KS selama waktu tertentu sehingga *training* ini untuk *upgrade skill* dan penyegaran terhadap kemampuan/tugas yang sudah rutin mereka lakukan. Bagi pegawai yang bertugas setiap hari dan melakukan hal yang sama, bisa saja

tidak menyadari bahwa ada yang salah dari yang biasa dilakukan. *Action* yang berhubungan dengan saran perbaikan untuk pabrik HSM PT KS bisa dimasukkan dalam saran untuk perusahaan karena secara teknis *action* ini berhubungan dengan manajemen dan teknisi dari dua pabrik, yaitu pabrik CRM dan pabrik HSM PT KS. Sedangkan kaitan antara *subwaste*, *root cause* dan *action taken* dari *waste waiting* dijelaskan pada tabel 5.12.

Tabel 5. 21 Akar Penyebab Masalah dan *Action taken* dari *Waste Waiting*

No	Subwaste	Root Cause	Action taken
1	Downtime Mesin CPL (Proses pencucian bahan baku)	Kurang pengawasan kondisi <i>roll</i>	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
2		Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
3		Kesalahan saat menjalankan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
4		Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
5		Kurangnya ketelitian dalam mengevaluasi part yang perlu diganti.	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
6		Letak kegagalan dalam travo yang belum teridentifikasi	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
7	Downtime Mesin CTCM (Proses reduksi ketebalan)	Kurang pengawasan kondisi <i>roll</i>	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
8		Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
9		Prosedur penggantian dijalankan kurang disiplin	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
10		Kesalahan saat menjalankan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator

Tabel 5. 22 Akar Penyebab Masalah dan *Action taken* dari *Waste Waiting* (Lanjutan)

No	Subwaste	Root Cause	Action taken
			terhadap tugasnya
11		Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
12		Kurangnya ketelitian dalam mengevaluasi part yang perlu diganti.	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
13		Letak kegagalan dalam travo yang belum teridentifikasi	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
14	Downtime Mesin TPM	Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil	Menerapkan <i>checksheet</i> pengawasan <i>spare part roll</i>
15		Prosedur penggantian dijalankan kurang disiplin	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .
16		Kesalahan saat menjalankan prosedur pemeliharaan dan perbaikan	Melakukan <i>on-site training</i> untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya
17		Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.	Menerapkan <i>checksheet</i> daftar <i>spare part</i> kritis pada mesin tersebut. Pemeliharaan dilakukan berurutan sesuai <i>checksheet</i> .

Pada tabel di atas ditampilkan *subwaste*, *root cause*, *recommendation action*, dan *action taken* dari *waste defect*. *Action taken* untuk mengatasi *waiting* yaitu berhubungan dengan penerapan *checksheet* pengawasan *spare part roll* dan aktivitas pemeliharaan *spare part* kritis lainnya, serta *on-site training* untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan operator berdasarkan evaluasi pemahaman operator terhadap tugasnya. Bila dibandingkan dengan *waste defect*, *action taken* yang dibuat untuk *waste waiting* hampir serupa, karena berhubungan dengan *on-site training* dan penerapan *checksheet*. Ada potensi perbaikan yang dilakukan untuk dua jenis *waste* ini dapat dikelompokkan berdasarkan perbaikan sejenis.

### 5.2.1.1 Perumusan Alternatif Perbaikan

Setelah diketahui *action taken* yang dapat dilakukan untuk mengatasi masing-masing *root cause* dari *waste defect* dan *waiting*, dilakukan penyusunan aktivitas perbaikan. Telah dijabarkan pada tabel 5.11 dan 5.12 terdapat beberapa *action taken* yang sejenis. *Action taken* yang sejenis dapat dikelompokkan dalam satu kelompok perbaikan yang sama menghasilkan tiga alternatif perbaikan yang mengakomodir *action taken* yang dibuat sebelumnya. Tiga alternatif perbaikan tersebut yaitu:

#### 1. **Mengadakan *On-site training* untuk Operator Mesin dan Staf *Maintenance***

Alternatif perbaikan ini membutuhkan sebuah tim yang terdiri dari penanggung jawab masing-masing unit kerja W1, W2, dan W3, perwakilan bagian *maintenance*, dan perwakilan SCI CRM. Jika merujuk kepada FMEA, penerapan alternatif ini mengakomodir *potential cause of failure* dari karakteristik *defect* sisi *coil* bergelombang dan permukaan *coil* bergelombang. Aktivitas yang dilakukan pada alternatif ini yaitu:

- a. Melakukan evaluasi terhadap seluruh operator yang berperan dalam pengoperasian mesin dan aktivitas pemeliharaan.
- b. Melakukan *on-site training* untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan pekerjaberdasarkan evaluasi pemahaman pekerja terhadap tugasnya.
- c. Materi *training* yang diberikan antara lain pemahaman dan ketelitian terkait operasi mesin dan *setting* kontrol mesin, pemahaman terkait gejala kerusakan dan muncul *defect* akibat *spare part* habis masa pakai pada mesin kritis CPL, CTCM, dan TPM, pemahaman dan penguasaan kemampuan terkait pemeliharaan dan penggantian *spare part* mesin kritis.

#### 2. **Menerapkan *Checksheet* Pemeliharaan dan Penggantian *Spare part***

Alternatif perbaikan ini membutuhkan tim yang terdiri dari perwakilan SCI CRM, perwakilan bagian *maintenance*, perwakilan masing-masing unit kerja



W1, W2, dan W3. Aktivitas yang dilakukan yaitu mengevaluasi, mendesain, dan menerapkan *checksheet* pengawasan *spare part* mesin-mesin yang digunakan untuk produksi di pabrik CRM, dan *checksheet* aktivitas pemeliharaan serta penggantian.

Penerapan *checksheet/checklist* untuk aktivitas pemeliharaan dan perbaikan akan berdampak baik untuk mengurangi *waste defect*. *Checksheet/checklist* akan mencegah operator melakukan kesalahan atau melewati tahapan operasional mesin, pemeliharaan, atau penggantian *spare part*. Penerapan *checksheet* mengakomodir *action taken* untuk *potential cause waste defect* dengan RPN tertinggi, antara lain sisi *coil* bergerigi, dan permukaan *coil* berwarna abu kehitaman. Selain itu terakomodir juga *action taken* untuk *potential cause of failure* dengan RPN tertinggi pada *waste waiting*, antara lain *roll* mesin CPL berhenti karena strip ruwet yang disebabkan kinerja *roll* tidak stabil, dan masih ada masalah mekanik dan elektrik yang belum teridentifikasi setelah dilakukan perbaikan sehingga mesin tidak dapat langsung dioperasikan. Pada mesin CTCM juga terakomodir *potential cause* yang kritis pada *roll* CTCM yang berhenti karena strip ruwet yang disebabkan kinerja *roll* tidak stabil dan masalah mekanik elektrik yang belum teridentifikasi. Selain mengakomodir *potential cause* dengan nilai RPN tertinggi, penerapan alternatif ini juga mengakomodir *potential cause* lain pada *waste defect* yang tidak termasuk RPN tertinggi.

### **3. Menerapkan *Checksheet* Pengecekan Bahan Baku Awal dan Akhir Proses**

Alternatif perbaikan ini membutuhkan tim yang terdiri dari perwakilan unit kerja W1, W2, dan W3, perwakilan SCI CRM, dan perwakilan bagian *maintenance*. Aktivitas yang dilakukan pada alternatif ini yaitu mengawasi kualitas bahan baku awal yang dikirim dari pabrik HSM PT KS, mengevaluasi, mendesain dan menerapkan *checksheet* pengecekan karbon permukaan *coil* sebelum dan setelah proses *annealing* untuk menanggulangi cacat permukaan *coil*. *Checksheet* diterapkan untuk memastikan bahan baku dalam kondisi yang baik saat menjadi input mesin dan dalam kondisi baik pula setelah menjadi output mesin. Kualitas produk keluaran tiap mesin pun dapat ditelusuri dan

dipertanggungjawabkan. Penerapan alternatif ini mengakomodir *potential cause* untuk *waste defect* dengan karakteristik permukaan *coil* berwarna abu kehitaman dan goresan pada permukaan *coil*.

Setelah perumusan alternatif perbaikan, perlu ditunjukkan hubungan antara alternatif perbaikan dengan *potential cause of failure* yang akan diatasi. Tabel 5.13 menunjukkan hubungan antara *potential cause* dari *waste defect* dengan alternatif perbaikan.

Tabel 5. 23 Akar Penyebab Masalah *Waste Defect* dan Hubungan dengan Alternatif Perbaikan

Waste	Potential Failure Mode	Potential Cause	Alternatif		
			1	2	3
Defect	Sisi <i>Coil</i> Bergelombang	Mesin di-setting kurang sesuai dengan spesifikasi input dan spesifikasi output	v		
		Kesalahan dalam menjalankan prosedur penggantian (disengaja atau tidak)		v	
	Sisi <i>coil</i> bergerigi	Kurang kontrol untuk mengawasi kondisi pisau		v	
	Permukaan <i>coil</i> bergelombang	<i>Maintenance</i> dilaksanakan kurang optimal	v	v	
	Permukaan <i>coil</i> berwarna abu atau kehitaman	Komposisi gas di dalam ruang pembakaran BAF tidak terjaga		v	
		<i>Coil</i> terkontaminasi partikel asing padat saat pemindahan, saat proses, atau penyimpanan sebelumnya			v
	Goresan-goresan dipermukaan <i>coil</i>	Sejak awal bahan baku yang dikirim ke pabrik CRM dari pabrik HSM terindikasi keropos			v

Pada tabel 5.13 ditunjukkan hubungan antara alternatif perbaikan dan *potential cause* yang diatasi. Terlihat bahwa *potential cause* yang ada terakomodir oleh tiga alternatif yang telah dirumuskan. Alternatif 2 merupakan alternatif yang dominan dan berpengaruh jika dikaitkan dengan *potential cause* yang diatasi dibandingkan dengan alternatif lain. Selanjutnya dijelaskan pada tabel 5.14 mengenai hubungan antara *potential cause* dari *waste waiting* dengan alternatif perbaikan.

Tabel 5. 24 Akar Penyebab Masalah *Waste Waiting* dan Hubungan dengan Alternatif Perbaikan

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Alternatif</i>		
			1	2	3
<i>Waiting</i>	Downtime Mesin CPL (Proses pencucian bahan baku)	Kurang pengawasan kondisi <i>roll</i>		v	
		Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil	v	v	
		Kesalahan saat berjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan		v	
		Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.		v	
		Kurangnya ketelitian dalam mengevaluasi part yang perlu diganti.		v	
		Letak kegagalan part travo yang belum teridentifikasi		v	
	Downtime Mesin CTCM (Proses reduksi ketebalan)	Kurang pengawasan kondisi <i>roll</i>		v	
		Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil	v	v	
		Prosedur penggantian dijalankan kurang disiplin		v	
		Kesalahan saat berjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan		v	
		Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.		v	
		Kurangnya ketelitian dalam mengevaluasi part yang perlu diganti.		v	
		Letak kegagalan dalam travo yang belum teridentifikasi		v	
	Downtime Mesin TPM	Kinerja <i>roll</i> yang tidak stabil		v	
		Prosedur penggantian dijalankan kurang disiplin		v	
		Kesalahan saat berjalan prosedur pemeliharaan dan perbaikan		v	
Ada masalah mekanik dan elektrik lain yang belum teridentifikasi.			v		

Pada tabel 5.13 ditunjukkan hubungan antara alternatif perbaikan dan *potential cause* yang diatasi. Terlihat bahwa *potential cause* yang ada terakomodir oleh tiga alternatif yang telah dirumuskan. Alternatif 2 juga menjadi alternatif

yang dominan dan berpengaruh jika dikaitkan dengan *potential cause* yang diatasi dibandingkan dengan alternatif lain. Hal ini disebabkan karena pada *waste waiting* masalah yang terjadi sangat berkaitan dengan pelaksanaan prosedur pemeliharaan dan penggantian *spare part* mekanis dan kelistrikan oleh operator atau *staff*.

#### 5.2.1.2 Kombinasi Alternatif Perbaikan

Tiga alternatif perbaikan yang dirumuskan sebelumnya dapat dikembangkan menjadi beberapa kombinasi. Tiga alternatif perbaikan dapat menghasilkan delapan kombinasi alternatif perbaikan yang dapat diterapkan oleh perusahaan. Kombinasi alternatif perbaikan tersebut dijabarkan pada tabel 5.15

Tabel 5. 25 Kombinasi Alternatif Perbaikan

Kombinasi	Keterangan
0	Kondisi Tanpa Tambahan <i>Improvement</i>
1	Mengadakan <i>On-site training</i> untuk Operator Mesin dan Staf <i>Maintenance</i>
2	Menerapkan <i>Checksheet</i> Pemeliharaan dan Penggantian <i>Spare part</i>
3	Menerapkan <i>Checksheet</i> Pengecekan Bahan Baku Awal dan Akhir Proses
1, 2	Mengadakan <i>On-site training</i> untuk Operator Mesin dan Staf <i>Maintenance</i> dan Menerapkan <i>Checksheet</i> Pemeliharaan dan Penggantian <i>Spare part</i>
1, 3	Mengadakan <i>On-site training</i> untuk Operator Mesin dan Staf <i>Maintenance</i> dan Menerapkan <i>Checksheet</i> Pengecekan Permukaan <i>Coil</i> Sebelum Dan Setelah Proses <i>Annealing</i>
2, 3	Menerapkan <i>Checksheet</i> Pemeliharaan dan Penggantian <i>Spare part</i> dan Menerapkan <i>Checksheet</i> Pengecekan Permukaan <i>Coil</i> Sebelum Dan Setelah Proses <i>Annealing</i>
1, 2, 3	Mengadakan <i>On-site training</i> untuk Operator Mesin dan Staf <i>Maintenance</i> , Menerapkan <i>Checksheet</i> Pemeliharaan dan Penggantian <i>Spare part</i> dan Menerapkan <i>Checksheet</i> Pengecekan Permukaan <i>Coil</i> Sebelum Dan Setelah Proses <i>Annealing</i>

Perusahaan tidak hanya dapat menerapkan alternatif tunggal tapi juga dapat menerapkan alternatif lebih dari satu atau menerapkan semua alternatif. Tiap alternatif tentu akan menghasilkan perbaikan yang berbeda-beda satu dengan yang lain dan membutuhkan usaha yang juga berbeda. Alternatif perbaikan yang akan digunakan akan dipilih pada tahap selanjutnya menggunakan kriteria pemilihan alternatif.

### 5.2.2 Kriteria Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif perbaikan menggunakan kriteria performansi dan biaya. Faktor yang diperhitungkan pada kriteria performansi beserta bobotnya yaitu:

- a. Jumlah produk *defect* (0,3)
- b. Total waktu *breakdown* (0,7)

Bobot kriteria performansi didapat melalui diskusi (*brainstorming*) dengan *senior engineer* di Divisi *Supply Chain Improvement* (SCI) Pabrik CRM dan mempertimbangkan data tahun 2015 terkait tonase *defect*, total waktu *breakdown*, dan biaya total yang ditanggung perusahaan akibat dua permasalahan tersebut. Sedangkan untuk kriteria biaya, faktor yang diperhitungkan yaitu:

- a. Biaya energi listrik
- b. Biaya tenaga kerja
- c. Biaya proyek *improvement*

### 5.2.3 Biaya Alternatif Perbaikan

Berdasarkan delapan kombinasi alternatif perbaikan yang telah dijabarkan sebelumnya, dilakukan perhitungan biaya dari masing-masing alternatif.

#### 1. Alternatif 0

Alternatif 0 merupakan kondisi saat ini tanpa melakukan alternatif perbaikan apapun. Komponen biaya yang diperhitungkan antara lain,

- Tarif listrik : Rp 1.445,-/kWh
- Tarif Gas : Rp 0,4571/kKal
- Jumlah produksi rata-rata : 49.063 ton
- Gaji operator : Rp 4.500.000/bulan
- Jumlah Operator total : 280 orang  
(4 kelompok kerja x 10 mesin x 7 orang)

Total biaya alternatif 0 dijabarkan pada tabel 5.16.

Tabel 5. 26 Total Biaya Alternatif 0

<b>Alternatif 0</b>	<b>Rp/bulan</b>
Biaya Listrik	1.557.230.017
Biaya Gas	601.579.842
Gaji Operator	1.260.000.000
	3.418.809.858

## 2. Alternatif 1

Alternatif 1 merupakan aktivitas perbaikan dengan melakukan *on-site training* pada pekerja terkait berdasarkan evaluasi kinerja pekerja dengan materi training. Komponen biaya yang diperhitungkan antara lain,

- Biaya alternatif 0 : Rp 3.418.809.858,-
- Biaya proyek alternatif 1
  - Biaya implementasi : Rp 10.000.000,-
  - Tunjangan ketua proyek : Rp 2.000.000,-
  - Tunjangan anggota proyek : Rp 1.500.000,-

Total biaya alternative 1 dijabarkan pada tabel 5.17.

Tabel 5. 27 Total Biaya Alternatif Perbaikan 1

<b>Alternatif 1</b>	<b>Rp/bulan</b>
<b>Biaya Tanpa <i>Improvement</i></b>	3.418.809.858
<b>Biaya Proyek</b>	
Implementasi	10.000.000
Tunjangan Ketua Proyek	2.000.000
Tunjangan Anggota Proyek	7.500.000
<b>Total</b>	<b>3.438.309.858</b>

## 3. Alternatif 2

Biaya alternatif 2 terdiri dari biaya alternatif 0 ditambahkan dengan biaya proyek. Komponen biaya yang diperhitungkan pada alternatif 2 antara lain,

- Biaya alternatif 0 : Rp 3.418.809.858,-
- Biaya proyek alternatif 2
  - Biaya implementasi : Rp 5.000.000,-
  - Tunjangan ketua proyek : Rp 2.000.000,-
  - Tunjangan anggota proyek : Rp 1.500.000,-

Total biaya alternatif 2 dijabarkan pada tabel 5.18.

Tabel 5. 28 Total Biaya Alternatif Perbaikan 2

<b>Alternatif 2</b>	<b>Rp/bulan</b>
Biaya Tanpa <i>Improvement</i>	3.418.809.858
<b>Biaya Proyek</b>	
Implementasi	5.000.000
Tunjangan Ketua Proyek	2.000.000
Tunjangan Anggota Proyek	7.500.000
Total	3.433.309.858

#### 4. Alternatif 3

Komponen biaya yang diperhitungkan pada alternatif 3 antara lain,

- Biaya alternatif 0 : Rp 3.418.809.858,-
- Biaya proyek alternatif 3
  - Biaya implementasi : Rp 5.000.000,-
  - Tunjangan ketua proyek : Rp 2.000.000,-
  - Tunjangan anggota proyek : Rp 1.500.000,-

Total biaya alternatif 3 dijabarkan pada tabel 5.19.

Tabel 5. 29 Total Biaya Alternatif Perbaikan 3

<b>Alternatif 3</b>	<b>Rp/bulan</b>
Biaya Tanpa <i>Improvement</i>	3.418.809.858
<b>Biaya Proyek</b>	
Implementasi	5.000.000
Tunjangan Ketua Proyek	2.000.000
Tunjangan Anggota Proyek	7.500.000
Total	3.433.309.858

#### 5. Alternatif 1 dan 2

Komponen biaya yang diperhitungkan pada alternatif 2 antara lain,

- Biaya alternatif 0 : Rp 3.418.809.858,-
- Biaya implementasi
  - Biaya implementasi alternatif 1 : Rp 10.000.000,-
  - Biaya implementasi alternatif 2 : Rp 5.000.000,-
- Tunjangan ketua proyek : Rp 2.000.000,-
- Tunjangan anggota proyek : Rp 1.500.000,-

Total biaya alternatif 1 dan 2 dijabarkan pada tabel 5.20.

Tabel 5. 30 Total Biaya Alternatif Perbaikan 1 dan 2

<b>Alternatif 1, 2</b>	<b>Rp/bulan</b>
Biaya Tanpa <i>Improvement</i>	3.418.809.858
<b>Biaya Proyek</b>	
Implementasi	15.000.000
Tunjangan Ketua Proyek	2.000.000
Tunjangan Anggota Proyek	15.000.000
	3.450.809.858

### 6. Alternatif 1 dan 3

Komponen biaya yang diperhitungkan pada alternatif 2 antara lain,

- Biaya alternatif 0 : Rp 3.418.809.858,-
- Biaya implementasi
  - Biaya implementasi alternatif 1 : Rp 10.000.000,-
  - Biaya implementasi alternatif 3 : Rp 5.000.000,-
- Tunjangan ketua proyek : Rp 2.000.000,-
- Tunjangan anggota proyek : Rp 1.500.000,-

Total biaya alternatif 1 dan 3 dijabarkan pada tabel 5.21.

Tabel 5. 31 Total Biaya Alternatif Perbaikan 1 dan 3

<b>Alternatif 1, 3</b>	<b>Rp/bulan</b>
Biaya Tanpa <i>Improvement</i>	3.418.809.858
<b>Biaya Proyek</b>	
Implementasi	15.000.000
Tunjangan Ketua Proyek	2.000.000
Tunjangan Anggota Proyek	7.500.000
	3.443.309.858

### 7. Alternatif 2 dan 3

Komponen biaya yang diperhitungkan pada alternatif 2 antara lain,

- Biaya alternatif 0 : Rp 3.418.809.858,-
- Biaya implementasi
  - Biaya implementasi alternatif 2 : Rp 5.000.000,-
  - Biaya implementasi alternatif 3 : Rp 5.000.000,-
- Tunjangan ketua proyek : Rp 2.000.000,-



- Tunjangan anggota proyek : Rp 1.500.000,-
- Total biaya alternatif 2 dan 3 dijabarkan pada tabel 5.22.

Tabel 5. 32 Total Biaya Alternatif Perbaikan 2 dan 3

Alternatif 2,3	Rp/bulan
Biaya Tanpa <i>Improvement</i>	3.418.809.858
<b>Biaya Proyek</b>	
Implementasi	15.000.000
Tunjangan Ketua Proyek	2.000.000
Tunjangan Anggota Proyek	15.000.000
	3.450.809.858

### 8. Alternatif 1, 2, dan 3

Komponen biaya yang diperhitungkan pada alternatif 2 antara lain,

- Biaya alternatif 0 : Rp 3.418.809.858,-
- Biaya implementasi
  - Biaya implementasi alternatif 1 : Rp 10.000.000,-
  - Biaya implementasi alternatif 2 : Rp 5.000.000,-
  - Biaya implementasi alternatif 3 : Rp 5.000.000,-
- Tunjangan ketua proyek : Rp 2.000.000,-
- Tunjangan anggota proyek : Rp 1.500.000,-

Total biaya alternatif 1, 2, dan 3 dijabarkan pada tabel 5.23.

Tabel 5. 33 Total Biaya Alternatif Perbaikan 1, 2, dan 3

Alternatif 1, 2, 3	Rp/bulan
Biaya Tanpa <i>Improvement</i>	3.418.809.858
<b>Biaya Proyek</b>	
Implementasi	20.000.000
Tunjangan Ketua Proyek	2.000.000
Tunjangan Anggota Proyek	22.500.000
	3.455.809.858

#### 5.2.4 Pemilihan Alternatif Perbaikan

Pemilihan alternatif perbaikan pada tahap ini menggunakan *value engineering*. Faktor yang digunakan dalam memilih alternatif menggunakan *value engineering* yaitu faktor performansi dan faktor biaya. Nilai faktor performansi

didapatkan dari penilaian pihak perusahaan dengan skala tertentu. Faktor biaya merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan alternatif terkait. Langkah-langkah menyusun tabel performansi yaitu:

1. Menjumlahkan semua skor performansi masing-masing alternatif terhadap kriteria performansi yang didapat dari penilaian pihak perusahaan.
2. Menghitung nilai performansi dengan mengalikan skor alternatif satu terhadap kriteria A dengan bobot kriteria performansi A lalu dijumlahkan dengan hasil perkalian antara skor alternatif satu terhadap kriteria B dengan bobot kriteria B.

$$\text{Nilai performansi} = (\text{total skor alt. terhadap kriteria A} * \text{bobot kriteria A}) + (\text{total skor alt terhadap kriteria B} * \text{bobot kriteria B})$$

3. *Value* alternatif 0 ditetapkan dengan nilai 1 sebagai patokan untuk mencari *value* alternatif selanjutnya.
4. Menentukan *value* alternatif lainnya menggunakan rumus

$$\text{value} = \frac{\text{nilai performansi} \times \text{faktor kali performansi}}{\text{biaya alternatif}}$$

Tabel 5.24 menunjukkan faktor performansi dari masing-masing alternatif berdasarkan kriteria performansi.

Tabel 5. 34 Nilai Performansi dan *Value* Alternatif Perbaikan

Kombinasi	Performansi		Performance	Biaya	Value
	A	B			
	0,3	0,7			
0	32	33	32,7	3.418.809.858	1
1	34	35	34,7	3.438.309.858	1,06
2	38	34	35,2	3.433.309.858	1,07
3	32	37	35,5	3.433.309.858	1,08
1, 2	39	42	41,1	3.450.809.858	1,25
1, 3	39	38	38,3	3.443.309.858	1,16
2, 3	39	37	37,6	3.443.309.858	1,14
1, 2, 3	39	40	39,7	3.455.809.858	1,20

Keterangan:

A : Jumlah produk *defect*

B : Total waktu *breakdown*

Berdasarkan tabel 5.24 diketahui alternatif dengan nilai terbesar yaitu kombinasi alternatif 1 dan 2 dengan biaya Rp 3.450.809.858,- selama satu bulan. Detail mengenai aktivitas perbaikan alternatif 1 dan 2 yang terpilih sebagai perbaikan sebagai berikut:

- a. Melakukan evaluasi kemampuan dan pemahaman tugas terhadap seluruh operator yang berperan dalam pengoperasian mesin dan aktivitas pemeliharaan. Hasil evaluasi tersebut akan dijadikan dasar untuk merencanakan *on-site training* yang cocok untuk pegawai pabrik.
- b. Melakukan *on-site training* untuk meningkatkan dan meratakan kemampuan pekerjaberdasarkan evaluasi pemahaman pekerja terhadap tugasnya. Materi *training* yang diberikan antara lain pemahaman dan ketelitian terkait operasi mesin dan setting mesin, pemahaman terkait gejala kerusakan dan muncul *defect* akibat *spare part* habis masa pakai pada mesin CPL dan CTCM, pemahaman dan penguasaan kemampuan terkait pemeliharaan dan penggantian *spare part* mesin CPL, pemahaman dan penguasaan kemampuan terkait pemeliharaan dan penggantian *spare part* mesin CTCM
- c. Mengevaluasi, mendesain, dan menerapkan *checksheet* aktivitas pemeliharaan dan *spare part* mesin. (Lampiran A dan B)

Berdasarkan perhitungan *value*, diketahui bahwa *value* bukan hanya mempertimbangkan dampak performansi yang ditimbulkan dari diterapkannya alternatif, namun juga usaha dalam bentuk biaya yang dikeluarkan. Bila biaya yang dikeluarkan sangat besar namun menghasilkan *value* kecil mengindikasikan nilai yang dihasilkan alternatif tersebut tidak sebanding dengan beban tambahan atau biaya lebih yang dikeluarkan. Hal ini terlihat pada kombinasi alternatif 1, 2, dan 3 menggunakan biaya yang paling besar namun *value* yang dihasilkan bukan yang tertinggi. Nilai *value* tertinggi ada pada kombinasi alternatif 1 dan 2 yang biayanya lebih kecil dibanding kombinasi alternatif 1, 2, dan 3. Oleh karena itu kombinasi alternatif 1 dan 2 dipilih.

### 5.2.5 Alternatif Terpilih

Hasil pemilihan alternatif perbaikan menggunakan *value engineering* menunjukkan kombinasi alternatif 1 dan 2 sebagai alternatif terpilih. Bentuk perbaikan pada kombinasi alternatif 1 dan 2 yaitu mengadakan *on-site training* untuk operator mesin dan staf *maintenance* serta menerapkan *checksheet* pemeliharaan dan penggantian *spare part*. Melakukan *on-site training* akan meningkatkan kemampuan operator dalam melakukan tugasnya. Frekuensi kesalahan dalam melakukan setting dan kontrol mesin yang dibuat operator diharapkan berkurang.

Perbaikan yang diberikan untuk *checksheet* ditunjukkan pada lampiran Lampiran B . Perbaikan *checksheet* diterapkan dengan menambahkan satu kolom khusus untuk dipilih operator atau staff terkait yang menggambarkan kondisi mesin atau aktivitas berupa keterangan kualitatif. Pada *checksheet* awal sudah terdapat kolom-kolom berisi kriteria data kuantitatif seperti tekanan oli, level oli, temperature, dan lain sebagainya serta standard dari masing-masing kriteria. Penambahan keterangan status secara kualitatif dapat membantu pihak-pihak lain, selain operator atau staff pabrik, seperti pihak manajemen pabrik jabatan di atasnya untuk memahami kondisi saat ini dengan jelas, apakah normal, di bawah standard, di atas standard, atau sedang berhenti karena bermasalah.

Pemahaman mengenai masalah bukan hanya untuk operator pabrik tapi juga pihak manajemen. Keterangan status tidak membuat pemahaman yang ambigu antara satu orang dengan yang lain terkait angka kuantitatif yang tercantum. Selain itu keberadaan keterangan tersebut dapat ditelusuri dan dilihat perubahan statusnya selama waktu tertentu. Kondisi yang sebelumnya di atas standard lalu didapati sudah di bawah standard sebelum dilakukan tindakan lalu kembali berubah secara drastis di atas standard dapat mengindikasikan ketidakwajaran. Kondisi yang tidak normal seperti di bawah standard atau di atas standard sewajarnya tidak berubah menjadi normal sebelum dilakukan tindakan tertentu. Namun bila kondisi tersebut terjadi dapat ditelusuri kejadian awalnya dari keterangan kualitatifnya yang berubah sejak kapan. Perubahan dalam bentuk angka atau kuantitatif sulit terlihat apakah pada tingkat wajar atau tidak karena seseorang perlu mempelajari bagaimana membaca masing-masing data. Pada

*checksheet* perbaikan, keterangan kualitatif diisi oleh pekerja yang dapat membaca data kuantitatif sehingga pegawai lain yang kurang paham bagaimana memahami data kuantitatif dapat memahami keterangan kualitatif.

### **5.2.6 Analisis Perbaikan *Waste* dan *Activity***

Diketahui ada dua *waste* yang dianalisis, yaitu *waste defect* dan *waste waiting*. Pada bab IV telah dilakukan perhitungan *sigma* kondisi saat ini (*existing*) sehingga perlu dilakukan analisis terhadap perubahan nilai *sigma* akibat penerapan alternatif perbaikan. Peningkatan *waste*, nilai *sigma waste*, kerugian finansial, dan analisis perubahan aktivitas dijelaskan pada subbab 5.2.6.1, 5.2.6.2, dan 5.2.6.3.

#### *5.2.6.1 Waste defect*

Perbandingan perbaikan performansi membutuhkan data kondisi sebelum perbaikan dan kondisi setelah perbaikan. Setelah dipilih kombinasi alternatif 1 dan 2, dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan. Diskusi bertujuan untuk memperkirakan dampak perbaikan yang ditimbulkan dari penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2. Perusahaan menjadi rujukan karena pihak perusahaan yang memahami kondisi pabrik dan apa yang terjadi bila suatu tindakan dilakukan pada pabrik. Perusahaan memperkirakan perbaikan yang ditimbulkan dari penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2 terhadap *waste defect* sebesar 20%. Nilai tersebut diekspektasikan tercapai bila terpenuhi beberapa kondisi antara lain:

1. Operator mampu melakukan *setting* dan kontrol mesin sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Kondisi ini akan berdampak pada tingkat ketidaksesuaian operator dalam melakukan operasi atau *setting* mesin yang menurun.
2. Aktivitas pemeliharaan dan perbaikan dilakukan dengan disiplin dan teratur berdasarkan prosedur dan *checksheet* sehingga berjalan optimal.

Perbaikan yang ditimbulkan dari penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2 terhadap *waste defect* yaitu tonase *defect* turun sebesar 20%. Data perubahan tonase *defect* ditunjukkan pada tabel 5.25.

Tabel 5. 35 Kondisi *Waste Defect* Sebelum dan Setelah Penerapan Perbaikan

Karakteristik <i>Defect</i>	Tonase <i>Defect</i> Awal (ton)	Tonase <i>Defect</i> Perbaikan (ton)
Sisi <i>Coil</i> Bergelombang	241	193
Sisi <i>coil</i> bergerigi	4.182	3.346
Permukaan <i>coil</i> bergelombang	440	352
Permukaan <i>coil</i> berwarna abu-abu kehitaman	2.892	2.314
Goresan-goresan dipermukaan <i>coil</i>	5.340	4.272
Total	13.095	10.476

Pada bab IV sudah dijelaskan bahwa *defect* yang terjadi dapat dihitung kontribusinya terhadap konsumsi listrik dan gas. Listrik dan gas yang dikonsumsi selama proses seharusnya menghasilkan produk sukses, namun bila menghasilkan produk *defect* akan menjadi *loses* bagi perusahaan. Perbandingan kontribusi *defect* sebelum dan setelah perbaikan terhadap konsumsi listrik dan gas ditunjukkan pada tabel 5.26.

Tabel 5. 36 Perbandingan Kontribusi *Defect* Sebelum dan Setelah Perbaikan Terhadap Konsumsi Listrik dan Gas

Keterangan		<i>Defect</i> Awal	<i>Defect</i> Setelah Perbaikan	Selisih Kondisi <i>Defect</i>
Tonase	Ton	13.095	10.476	2.619
Listrik	kWh	3.452.831	2.762.265	690.566
Gas	kKal	4.124.995.694	3.299.996.555	824.999.139
Biaya Listrik	Rp	4.987.614.263	3.990.091.410	997.522.853
Biaya Gas	Rp	1.926.785.489	1.541.428.391	385.357.098

Diketahui bahwa setelah penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2, terjadi peningkatan performansi sebesar 20% ditandai dengan berkurangnya tonase *defect* sebesar 2.619 ton yang menyebabkan berkurangnya *loses* sebesar Rp 997.522.853,- dari biaya listrik dan Rp 385.357.098,- dari biaya gas. Peningkatan kondisi *waste defect* ini juga berdampak pada meningkatnya nilai *sigma waste*

*defect*. Tabel 5.27 menunjukkan nilai *sigma waste defect* sebelum dan setelah perbaikan.

Tabel 5. 37 Nilai *Sigma Waste Defect* Sebelum dan Setelah Perbaikan

Keterangan	<i>Sigma</i> Awal	<i>Sigma</i> Perbaikan
Total Tonase	588.756	588.756
Tonase Cacat	13.095	10.476
Cacat per Tonase	2,22%	1,78%
CTQ	5	5
DPO	0,0044	0,0036
DPMO	4448,4385	3558,7508
<i>Sigma</i>	4,12	4,19

Berdasarkan perbandingan pada tabel 5.28, peningkatan *sigma* yang diekspektasikan dari peningkatan performansi kriteria jumlah tonase *defect* sebesar 20% yaitu meningkat 0,07 poin dari 4,12 menjadi 4,19. *Sigma* perbaikan yang meningkat akibat tercapainya tujuan perbaikan dari penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2.

Alternatif perbaikan diterapkan untuk mengurangi terjadinya penyebab masalah. Jika merujuk kepada FMEA, melakukan *on-site training* akan meningkatkan kemampuan operator dalam melakukan tugasnya. Frekuensi kesalahan dalam melakukan setting dan kontrol mesin yang dibuat operator diharapkan berkurang sehingga terjadinya *defect* sisi *coil* bergelombang dapat dihindari meski kejadiannya tidak dapat dihilangkan keseluruhan. Penerapan *checksheet/checklist* untuk aktivitas pemeliharaan dan perbaikan akan berdampak baik untuk mengurangi *waste defect*. *Checksheet/checklist* akan mencegah operator melakukan kesalahan atau melewati tahapan operasional mesin, pemeliharaan, atau penggantian *spare part*. Penerapan *checksheet* akan berdampak pada penurunan *defect* sisi *coil* bergelombang, sisi *coil* bergerigi, permukaan *coil* bergelombang, dan *defect* permukaan *coil* berwarna abu kehitaman. *Potential effect* dengan RPN tertinggi pada FMEA *waste defect* terakomodir pada perbaikan ini. Penurunan *defect* tersebut karena perusahaan dapat mencegah terjadinya *potential cause of failure*.

### 5.2.6.2 *Waste waiting*

Perbandingan perbaikan performansi membutuhkan data kondisi sebelum perbaikan dan kondisi setelah perbaikan. Setelah dipilih kombinasi alternatif 1 dan 2, dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan. Diskusi bertujuan untuk memperkirakan dampak perbaikan yang ditimbulkan dari penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2. Perusahaan memperkirakan perbaikan yang ditimbulkan dari penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2 terhadap *waste waiting* sebesar 25%. Nilai peningkatan diekspektasikan perusahaan tercapai bila terpenuhi beberapa hal, antara lain:

1. Operator mampu melakukan *setting* dan kontrol mesin sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Kondisi ini akan berdampak pada tingkat ketidaksesuaian operator dalam melakukan operasi atau *setting* mesin yang menurun.
2. Aktivitas pemeliharaan dan perbaikan dilakukan dengan disiplin dan teratur berdasarkan prosedur dan *checksheet* sehingga berjalan optimal.
3. Frekuensi terjadinya *breakdown* dan waktu total *breakdown* setelah perbaikan berkurang dibandingkan dengan kondisi awal.

Perubahan *waste waiting* sebesar 25% terhadap waktu *breakdown* mesin CPL, CTCM, dan TPM ditunjukkan pada tabel 5.28.

Tabel 5. 38 Kondisi *Waste Waiting* Sebelum dan Setelah Penerapan Perbaikan

Proses	Mesin	Waktu <i>Breakdown</i> Awal (jam)	Waktu <i>Breakdown</i> Perbaikan (jam)
Pembersihan bahan baku dan oiling	CPL	1.592	1.194
Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	CTCM	2.634	1.976
Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	TPM	894	670

Terlihat pada table 5.28 waktu *waiting* masing-masing mesin kritis berkurang sebesar 25%. Waktu *breakdown* dihitung masing-masing dan tidak dijumlahkan karena pada kondisi di lapangan *breakdown* antar mesin tidak



berkaitan. Mesin CPL *breakdown* namun mesin CTCM masih dapat beroperasi selama masih ada *coil* yang harus di proses di holding area. Begitu juga yang terjadi dengan mesin TPM. Oleh sebab itu analisis *waiting* dilakukan pada masing-masing mesin kritis. Waktu *breakdown* yang berkurang akan berpengaruh terhadap kerugian finansial yang ditanggung perusahaan. Perbandingan kerugian finansial sebelum dan setelah penerapan alternatif perbaikan ditunjukkan pada tabel 5.29.

Tabel 5. 39 Perbandingan Kerugian Finansial *Waste Waiting* Sebelum dan Setelah Penerapan Alternatif Perbaikan

Proses	Mesin	Kerugian awal (Rp)	Kerugian Setelah Perbaikan (Rp)	Selisih
Pembersihan bahan baku dan oiling	CPL	18.602.192.954	13.951.644.715	4.650.548.238
Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	CTCM	55.467.427.314	41.600.570.485	13.866.856.828
Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	TPM	6.851.348.397	5.138.511.298	1.712.837.099
Total		80.920.968.665	60.690.726.498	20.230.242.166

Diketahui bahwa setelah penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2, terjadi peningkatan performansi dengan berkurangnya waktu *breakdown* sebesar 25% yang menyebabkan berkurangnya kerugian finansial total sebesar Rp 20.230.242.166,-. Berkurangnya waktu *breakdown* juga berdampak pada meningkatnya nilai *sigma waste defect*. Tabel 5.30 menunjukkan nilai *sigma waste defect* sebelum penerapan alternatif perbaikan.

Tabel 5. 40 Nilai *Sigma Awal Waste Waiting* Masing-masing Mesin

Keterangan	Mesin CPL	Mesin CTCM	Mesin TPM
Total <i>Working time</i>	493.962	485.158	507.141
Total <i>Downtime</i>	95.525	158.066	53.622
<i>Waiting per Unit</i>	0,19	0,33	0,11
CTQ	1	1	1
DPO	0,19	0,33	0,11
DPMO	193385,32	325803,14	105733,91

Tabel 5. 41 Nilai *Sigma* Awal *Waste Waiting* Masing-masing Mesin (Lanjutan)

Keterangan	Mesin CPL	Mesin CTCM	Mesin TPM
<i>Sigma</i>	2,37	1,95	2,75

Setelah penerapan kombinasi alternatif 1 dan 2, terjadi perubahan terhadap nilai *sigma* akhir karena berkurangnya waktu *breakdown*. Nilai *sigma* setelah perbaikan ditunjukkan pada tabel 5.31.

Tabel 5. 42 Nilai *Sigma* Awal *Waste Waiting* Masing-masing Mesin

Keterangan	Mesin CPL	Mesin CTCM	Mesin TPM
Total <i>Working time</i>	493.962	485.158	507.141
Total <i>Downtime</i>	71.644	118.550	40.217
<i>Waiting per Unit</i>	0,1450390	0,2443524	0,0793004
CTQ	1	1	1
DPO	0,15	0,24	0,08
DPMO	145.038,99	244.352,36	79.300,43
<i>Sigma</i>	2,56	2,19	2,91

Berdasarkan tabel 5.30 dan 5.31, terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai *sigma* sebesar 0,19 poin untuk mesin CPL, peningkatan 0,24 poin untuk mesin CTCM, dan peningkatan 0,16 poin untuk mesin TPM. Angka peningkatan nilai *sigma* tersebut terlihat tidak signifikan karena peningkatan *sigma* di bawah 1 poin atau 0,5 poin. Namun peningkatan sisi finansial yang ditimbulkan sangat besar dan signifikan karena berpotensi menyelamatkan kerugian akibat *downtime* sebesar Rp 20.230.242.166,-.

Jika merujuk kepada FMEA *waste waiting*, penerapan alternatif perbaikan 1 dan 2 berhubungan dengan prosedur pemeliharaan dan penggantian yang diwujudkan dalam *on-site training* dan evaluasi dan penerapan *checksheet*. *On-site training* yang dilakukan seperti yang dijelaskan pada analisis perbaikan *waste defect* sebelumnya yaitu untuk meningkatkan kemampuan operator dalam melakukan tugasnya. Frekuensi kesalahan dalam melakukan pemeliharaan dan penggantian *spare part* pun berkurang. Selain itu alternatif perbaikan berhubungan dengan penerapan *checksheet* akan menghindarkan perusahaan dari beberapa *potential cause of failure* seperti kurangnya pengawasan kondisi *roll* sehingga *defect* meningkat, dan kinerja *roll* yang tidak stabil akibat aktivitas

operasional. Selain itu perusahaan dapat menurunkan kejadian masalah mekanik dan elektrik mesin yang belum teridentifikasi sehingga mesin belum dapat beroperasi setelah diperbaiki. Hal serupa juga terjadi pada travo distribusi listrik sehingga mesin yang kondisinya normal tidak dapat beroperasi karena tidak mendapat daya listrik. Perusahaan dapat mempersingkat waktu penggantian *roll* bila operator atau pegawai pabrik disiplin dalam menjalankan urutan aktivitas pemeliharaan dan penggantian.

### 5.2.6.3 Perubahan Aktivitas Produksi

Penerapan alternatif perbaikan 1 dan 2 berdampak pada berkurangnya tonase *defect*. *Defect* berhubungan dengan *non-value activity* sehingga berkurangnya tonase *defect* akan memperbaiki *non-value activity* yang ada. Alternatif perbaikan 1 dan 2 berdampak mengurangi *defect*, namun tidak menghilangkan kejadian *defect*. *Defect* setelah perbaikan masih tetap muncul dengan tonase yang lebih rendah dibanding kondisi awal.

Tabel 5. 43 Klasifikasi Aktivitas Pada Proses Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan *Coil*

No	Proses Perbaikan Pola, Tekstur, dan Reduksi Ketebalan <i>Coil</i>	VA	NNVA	NVA
1	<i>Material handling</i> dari N6 ke dalam pabrik menggunakan <i>craine</i>		v	
2	Memasukkan ujung <i>coil</i> pada mesin untuk membuka gulungan <i>coil</i> ( <i>Uncoiler</i> )		v	
3	Memperbaiki pola, tekstur, dan bentuk <i>coil</i>			v
4	Proses mereduksi ketebalan <i>coil</i> maksimum 5% penekanan ( <i>Tandem Pass Mill</i> )	v		
5	Penggulungan <i>coil</i> dan diikat ( <i>Recoiling</i> )		v	
6	<i>Material handling</i> gudang N7		v	
	Total	1	4	1
		17%	67%	17%

Tabel 5.32 menjabarkan aktivitas pada proses perbaikan pola, tekstur, dan reduksi ketebalan *coil* di mesin TPM. Proses yang terjadi pada mesin ini bertujuan untuk memperbaiki *defect* yang muncul pada produk sebelum masuk *finishing line* sehingga dikatakan berhubungan dengan keberadaan *defect*. *Non-value-added*

*activity* diperlihatkan tetap terjadi. Dampak nyata dari berkurangnya tonase *defect* yaitu frekuensi dilakukannya aktivitas perbaikan pola, tekstur, dan bentuk *coil* berkurang. Frekuensi pada aktivitas tersebut akan berkurang namun tidak terlihat berubah dalam tabel aktivitas. Selain di mesin TPM, mesin CPL juga mendapatkan dampak berkurangnya frekuensi aktivitas yang berhubungan dengan penanganan *defect*. Aktivitas yang terjadi pada mesin CPL ditunjukkan pada tabel 5.33.

Tabel 5. 44 Klasifikasi Aktivitas Pada Proses Pembersihan Bahan Baku dan *Oiling*

No	Proses Pembersihan Bahan Baku dan <i>Oiling</i>	VA	NNVA	NVA
1	<i>Material handling</i> dari N3 ke dalam pabrik menggunakan craine		v	
2	Lepas ikatan <i>coil</i>		v	
3	Memasukkan ujung <i>coil</i> pada mesin untuk membuka gulungan <i>coil</i> ( <i>Uncoiler</i> )		v	
4	Memotong kepala <i>coil</i>		v	
5	<i>Welding</i>	v		
6	Mencuci, membilas, dan mengeringkan <i>coil</i> dengan teknik elektrolisis	v		
7	Memotong sisi-sisi <i>coil</i> ( <i>Side Trimmer</i> ) jika ada			v
8	<i>Cutting coil</i> otomatis	v		
9	Penggulungan <i>coil</i> dan diikat ( <i>Recoiling</i> )		v	
10	<i>Material handling</i> gudang N5 ( <i>conveyor</i> )		v	
	Total	3	6	1
		30%	60%	10%

Mesin-mesin yang telah disebutkan di atas mengalami pengurangan frekuensi aktivitas *non-value-added* yang berhubungan dengan penanganan *defect*. Mesin CPL dan TPM merupakan mesin pendahulu CR *Finishing Line*. *Defect* sudah ditangani sejak dini sehingga terjadinya proses serupa untuk menangani *defect* sisi *coil* pada CR *Finishing Line* juga akan berkurang. Tabel 5.34 merupakan tabel aktivitas CR *Finishing Line*.

Tabel 5. 45 Klasifikasi Aktivitas Proses CR *Finishing Line*

No	Proses CR <i>Finishing Line</i>	VA	NNVA	NVA
2	<i>Material handling</i> dari gudang N7 dengan craine		v	

Tabel 5. 46 Klasifikasi Aktivitas Proses *CR Finishing Line* (Lanjutan)

No	Proses <i>CR Finishing Line</i>	VA	NNVA	NVA
3	Antri di <i>conveyor</i>		v	
4	Melepas ikatan		v	
5	Membuka gulungan <i>coil</i> ( <i>Uncoiler</i> )		v	
6	Memotong sisi-sisi <i>coil</i> ( <i>Side Trimmer</i> ) jika ada			v
7	<i>Electrostatic Oiler</i>	v		
8	Menggulung kembali <i>coil</i> yang telah menyelesaikan proses ( <i>recoiler</i> )		v	
9	Memotong <i>coil</i> otomatis pada panjang tertentu yang telah ditentukan pada komputer	v		
10	<i>Material handling</i> ke <i>area packaging</i>		v	
11	Dipindahkan dan disimpan di gudang <i>finish product</i>		v	
	Total	2	7	1
		20%	70%	10%

*Non-value added activity* antri di *conveyor* pada mesin *CR Finishing Line* tidak berubah karena alternatif perbaikan tidak memberikan dampak kepada aktivitas mengantri tersebut. Aktivitas mengantri di *conveyor* dikategorikan *non-value-added* namun dianggap perlu dan wajar karena terjadi dengan jumlah sedikit, waktu yang relatif singkat, dan tidak menyebabkan *bottleneck*.

### 5.3 Control

Pada fase kontrol ini dijelaskan beberapa cara yang dapat dipertimbangkan untuk dilakukan perusahaan setelah menerapkan alternatif perbaikan. Perusahaan perlu menerapkan kontrol secara konsisten untuk memastikan target perbaikan yang telah diperhitungkan sebelumnya dapat tercapai. Beberapa cara kontrol yang disarankan antara lain:

- Pabrik dapat menerapkan mekanisme pelaporan berkala (sebelum dan setelah selesai kelompok *shift*) secara langsung mengenai jalannya proses produksi selama shift tersebut kepada atasan terkait (*operator* kepada *foremen* atau *foreman* kepada *supervisor*) diluar laporan tertulis. Pelaporan rutin secara langsung ini untuk menjamin penanggung jawab operasional yang lebih tinggi mendapatkan informasi terkini dengan lebih jelas.
- Pengawasan penerapan perbaikan *checksheet* dan prosedur yang diterapkan di perusahaan perlu dilakukan secara berjenjang kepada pejabat

di bawahnya hingga level operator. Kedisiplinan dalam menjalankan prosedur yang benar dapat dibiasakan sebagai budaya kerja.

**LAMPIRAN A**  
**CONTOH CHECKSHEET/CHECKLIST MESIN**

*CHECKLIST* PEMELIHARAAN/INSPEKSI SPARE PART KRITIS MESIN  
CTCM

PT. KRARATASTEEL TINAS PRWT MEKANIK BLD		MECHANICAL DAILY INSPECTION LISTS		Ref. : RS/P4/ML/121					
				Date :					
				Page : 9					
LINE : CTCM									
EQUIPMENT	INSPECTION ITEM	STANDARD	CONDITION						
			II		III		I		
			08:00	12:00	16:00	20:00	00:00	04:00	
E0-580 AUTOMATIC GREASE SYSTEM FOR ENTRY LUBRICATION	Grease Level	1/4 - 3/4 level							
	Operating Pressure Line 1	120 - 160 bar							
	Operating Pressure Line 2	120 - 160 bar							
E0-580 LOOPER LUBRICATION SYSTEM	Grease Level	1/4 - 3/4 level							
	Operating Pressure Line 1	120 - 160 bar							
	Operating Pressure Line 2	120 - 160 bar							
CATATAN									
			(V) : Normal / sesuai Standar			(X) : Abnormal / tidak sesuai Standar			
SHIFT I	CATATAN:								
SHIFT II	CATATAN: <i>Partan to be replaced in time for repair.</i>								
SHIFT III	CATATAN: <i>Inspected ok by the team 12/12/12</i>								
SHIFT II		SHIFT III		SHIFT I					
INSP	TF	INSP	TF	INSP	TF	SUPERVISOR			
REVISION NO. 03									
EFFECTIVE DATE									

CONTOH *CHECKSHEET* AKTIVITAS PEMELIHARAAN/INSPEKSI MESIN  
TPM

PREPARE ROLLING OH 2005 INDIVIDUAL TEST EQUIPMENT.						
LINE : TPM						
NO	EQUIP NO.	EQUIPMENT NAME JOB DETAIL DESCRIPTION	DATE	STATUS		REMARK
				OK	NOT	
		ENTRY SECTION		TEMPERATUR	PRESSURE	
01	L1 105	CONVEYOR 1 1. Test Traverse & Lifting 2. Check kebocoran hyd. equipment. 3. Gerakan Smoothly.				
02	L1 110	COIL UPENDER. 1. Test roller drive & tilting. 2. Tidak goyang saat ditaruh coil.				
03	L1 115	CONVEYOR 2 1. Test Traverse & Lifting 2. Test centring Device 3. Check kebocoran Hyd. Equipment.				
04	L1 120	CONVEYOR 3 1. Test Traverse & Lifting 2. Check kebocoran hyd. equipment. 3. Gerakan Smoothly.				
05	L1 125	COIL CAR TO PREPARATION. 1. Test Traverse & Lifting 2. Check gerakan floor plate.				
06	L1 130	COIL PREPARATION. 1. Test Expand & Collaps Mandrel & fungsi Shear. 2. Test moving & putaran Holddown roll.				
07	L1 140	ENTRY COIL CAR, 1. Test Traverse & Lifting 2. Check gerakan floor plate 3. Check kebocoran Hyd. Equipment.				
08	L1 160	PAY OFF REEL. 1. Test expand & Collaps Mandrel, test Holddown roll. 2. Test manual traverse. 3. Test putaran tanpa beban.				
09	L1 164	OUT BOARD BEARING. 1. Test gerakan Shifting, Pinching dan Locking. 2. Check kebocoran hyd. equipment.				
10	L1 170	COIL CORE REMOVAL DEVICE. 1. Test gerakan Arm rotation, Pinching dan Traverse. 2. Check kebocoran hyd. equipment.				
11	L1 220	BENDING & BUR BALANCE STD # 1 & #2. 1. Masukan semua Werk Roll & BUR 2. Test ON & off semua cylinder. 3. Check kebocoran Seal Bending.				



## LAMPIRAN B

### CONTOH CHECKSHEET/CHECKLIST PERBAIKAN

#### CONTOH CHECKSHEET PEMELIHARAAN/INSPEKSI *SPARE PART* MESIN CTCM (HASIL PERBAIKAN)

PT KRAKATAU STEEL DINAS PRWT MEKANIK BLD			Mechanical Daily Inspection List						REF. :			
									DATE :			
									PAGE :			
LINE : CTCM												
EQUIPMENT	INSPECTION ITEM	STANDARD	CONDITION									
			II			III			I			
			08:00	12:00	Status	16:00	20:00	Status	00:00	04:00	Status	
E2-751 ROLL FORCE HYDRAULIC SYSTEM	OIL LEVEL DIRTY TANK	30 / 60	36	35	Not Active	28	25	Not Active	37	42	Not Active	
					Very High			Very High			Very High	
					Normal			Normal			Normal	
					Very Low			Very Low			Very Low	
	OIL LEVEL CLEAN TANK	30 / 60	40	37	Not Active	35	36	Not Active	38	38	Not Active	
					Very High			Very High			Very High	
					Normal			Normal			Normal	
					Very Low			Very Low			Very Low	
	OIL TEMPERATURE	40 - 50 °C	39	40	Not Active	56	60	Not Active	37	36	Not Active	
					Very High			Very High			Very High	
					Normal			Normal			Normal	
					Very Low			Very Low			Very Low	
	STANDBY PUMP FROM 3 PUMP	Min. 1	3	3	Normal	3	3	Normal	3	3	Normal	
					Abnormal			Abnormal			Abnormal	
	MAIN PUMP PRESSURE	195 - 205 bar	200	200	Not Active	200	200	Not Active	200	200	Not Active	
					Very High			Very High			Very High	
					Normal			Normal			Normal	
					Very Low			Very Low			Very Low	
	CIRCULATION PUMP PRESSURE	2.5 - 3.5 bar	1,8	1,8	Not Active	2,6	2,6	Not Active	3	3	Not Active	
					Very High			Very High			Very High	
					Normal			Normal			Normal	
					Very Low			Very Low			Very Low	
	CIRCULATION FILTER OPERATION	1/2	1	1	Normal	1	1	Normal	1	1	Normal	
					Abnormal			Abnormal			Abnormal	
CATATAN												
SHIFT I												
SHIFT II												
SHIFT III												
SHIFT I			SHIFT II			SHIFT III						
INSP		TF	INSP		TF	INSP		TF	SUPERVISOR			
REVISION NO												
EFFECTIVE DATE												

CONTOH *CHECKSHEET* AKTIVITAS PEMELIHARAAN/INSPEKSI MESIN TPM  
(HASIL PERBAIKAN)

PREPARE ROLLING OH 20XX INDIVIDUAL TEST EQUIPMENT										
Line : TPM										
Date :										
No	EQUIP. NO	EQUIPMENT NAME		STANDARD		CONDITION		STATUS		Remark
		JOBDETAIL DESCRIPTION		TEMPERATURE	PRESSURE	TEMPERATURE	PRESSURE	OK	NOT	
1	L.1.105	CONVEYOR 1								
		1	Test travers & lifting							
		2	Check kebocoran hyd. Equipment							
		3	Gerakan smoothy							
2	L.1.110	COIL UPPENDER								
		1	Test roller drive & lifting							
		2	Tidak goyang saat ditaruh coil							
3	L.1.115	CONVEYOR 2								
		1	Test travers & lifting							
		2	Test centering device							
		3	Check kebocoran hyd. Equipment							
4	L.1.105	CONVEYOR 3								
		1	Test travers & lifting							
		2	Check kebocoran hyd. Equipment							
		3	Gerakan smoothy							
5	L.1.110	COIL CAR TO PREPARATION								
		1	Test traverse & lifting							
		2	Check gerakan floor plate							
6	L.1.115	COIL PREPARATION								
		1	Test expand & collaps mandrel & fungsi shear							
		2	Test moving & putaran holddown roll							
7	L.1.130	ENTERY COIL CAR.								
		1	Test travers & lifting							
		2	Check gerakan floor plate							
		3	Check kebocoran hyd. Equipment							
8	L.1.135	PAY OFF REEL								
		1	Test expand & collaps mandrel & fungsi shear							
		2	Test manual traverse							
		3	Test putaran tanpa beban							

**LAMPIRAN C**  
**PERHITUNGAN NILAI SIGMA WAITING PER MESIN**

Keterangan	Mesin CPL
Total Working Time	493.962
Total Downtime	95.525
Waiting per Unit	19,34%
CTQ	1
DPO	0,193385321
DPMO	193385,3211
Sigma	2,37

Keterangan	Mesin CTCM
Total Working Time	485.158
Total Downtime	158.066
Waiting per Unit	32,58%
CTQ	1
DPO	0,32580314
DPMO	325803,1404
Sigma	1,95

Keterangan	Mesin ECL 1
Total Working Time	512.306
Total Downtime	22.874
Waiting per Unit	4,46%
CTQ	1
DPO	0,044649096
DPMO	44649,09644
Sigma	3,20

Keterangan	Mesin ECL 2
Total Working Time	516.085
Total Downtime	12.271
Waiting per Unit	2,38%
CTQ	1
DPO	0,023777091
DPMO	23777,09098
Sigma	3,48

Keterangan	Mesin BAF
Total Working Time	514.080
Total Downtime	13.313
Waiting per Unit	2,59%
CTQ	1
DPO	0,025896748
DPMO	25896,74759
Sigma	3,44

Keterangan	Mesin TPM
Total Working Time	507.141
Total Downtime	53.622
Waiting per Unit	10,57%
CTQ	1
DPO	0,105733908
DPMO	105733,9083
Sigma	2,75

Keterangan	Mesin REC
Total Working Time	503.848
Total Downtime	25.141
Waiting per Unit	4,99%
CTQ	1
DPO	0,049897985
DPMO	49897,98511
Sigma	3,15

Keterangan	Mesin PRP
Total Working Time	511.231
Total Downtime	15.270
Waiting per Unit	2,99%
CTQ	1
DPO	0,029869081
DPMO	29869,08071
Sigma	3,38

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

**LAMPIRAN D**  
**UTILISASI WAKTU MESIN PABRIK COLD ROLLING MILL**

PRODUCT UNIT : CPL														
RESPONSIBILITY	TARGET	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	
	%	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	
CALENDER TIME	CT	100	44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
I. SHUT DOWN TIME			2.989	1.768	1.786	4.692	2.020	4.286	2.922	1.667	2.866	2.708	2.356	1.578
1. Holiday	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	420	-	-	-
2. Overhaul	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Preventive Repair			1.440	960	960	3.120	1.320	2.070	2.010	240	960	1.920	1.020	960
3.1 Operasi	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Maintenance	MG		1.440	960	960	3.120	1.320	2.070	2.010	240	960	1.920	1.020	960
4. Planned Set Up	OP		1.324	663	646	1.337	463	1.982	722	1.247	1.256	678	1.111	538
5. Friday	MG		225	145	180	235	237	234	190	180	230	110	225	80
II. WORKING TIME			41.651	38.552	42.854	38.508	42.620	38.914	41.718	42.973	40.334	41.932	40.844	43.062
1. Break Down Loses			9.958	7.370	8.411	8.224	8.783	8.954	4.416	4.741	8.038	9.691	6.933	10.006
1. Maintenance			4.000	3.638	4.611	4.616	4.427	5.075	1.329	1.500	3.438	5.408	3.673	6.527
- Mechanic	ME		2.967	2.271	3.344	4.025	3.029	3.545	672	1.169	1.755	3.409	2.324	5.232
- Electric	EL		893	967	877	521	1.143	1.180	657	281	1.668	1.914	494	908
- Instrument	EI		-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	15	-
- Process Computer	PC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- General Service	GS		68	400	390	30	-	255	-	50	15	70	840	292
- Utility	UT		72	-	-	-	255	85	-	-	-	15	-	95
- Power Distribution	EP		-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
2. Production			5.958	3.732	3.800	3.608	4.356	3.879	3.087	3.241	4.600	4.283	3.260	3.479
- Production	PR		5.828	3.642	3.579	3.073	4.011	3.834	3.028	3.133	4.063	3.528	3.175	3.216
- Roll Shop	RS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Roll Process	RP		115	60	201	535	345	45	59	108	537	755	85	263
- Material Flow	MF		15	30	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Quality Control	QC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## UTILISASI MESIN CTCM

PRODUCT UNIT : TCM														
RESPONSIBILITY	TARGET %	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	
		Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	
CALENDER TIME	CT	100	44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
<b>I. SHUT DOWN TIME</b>			3.615	2.658	2.179	6.729	3.197	3.434	2.695	1.345	3.638	3.389	3.660	3.903
1. Holiday	MG		-	-	-	-	-	-	-	360	-	-	-	-
2. Overhaul	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Preventive Repair			1.335	1.572	-	5.760	1.650	1.580	1.600	-	1.560	1.490	1.890	1.570
3.1 Operasi	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Maintenance	MG		1.335	1.572	-	5.760	1.650	1.580	1.600	-	1.560	1.490	1.890	1.570
4. Planned Set Up	OP		1.980	966	1.939	849	1.262	1.615	920	1.225	1.483	1.659	1.592	2.103
5. Friday	MG		300	120	240	120	285	239	175	120	235	240	178	230
<b>II. WORKING TIME</b>			41.025	37.662	42.461	36.471	41.443	39.766	41.945	43.295	39.562	41.251	39.540	40.737
<i>1. Break Down Loses</i>			9.801	10.527	10.776	21.234	15.642	13.681	11.592	13.637	13.860	13.047	12.445	11.824
1. Maintenance			5.320	5.441	5.710	16.134	9.601	6.801	6.911	7.645	7.356	6.459	6.564	6.165
- Mechanic	ME		3.429	2.920	3.050	2.666	6.377	2.515	3.459	2.174	3.504	2.876	3.708	4.219
- Electric	EL		861	1.310	1.677	12.710	1.840	3.413	1.769	3.971	3.379	2.188	2.055	1.459
- Instrument	EI		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Process Computer	PC		581	530	538	620	1.163	513	700	161	428	1.303	416	369
- General Service	GS		290	514	445	123	205	263	53	149	35	78	385	20
- Utility	UT		152	167	-	-	16	97	930	1.190	10	14	-	98
- Power Distribution	EP		7	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Production			4.481	5.086	5.066	5.100	6.041	6.880	4.681	5.992	6.504	6.588	5.881	5.659
- Production	PR		3.249	4.019	3.459	4.134	4.578	3.978	2.763	4.475	4.268	4.893	4.478	4.969
- Roll Shop	RS		522	148	431	484	553	1.245	494	343	1.657	802	687	144
- Roll Process	RP		-	120	-	-	10	115	-	-	-	78	-	-
- Material Flow	MF		41	-	-	-	-	-	-	-	-	40	50	30
- Quality Control	QC		669	799	1.176	482	900	1.542	1.424	1.174	579	775	666	516

## UTILIASI MESIN ECL 1

PRODUCT UNIT : ECL1														
RESPONSIBILITY	TARGET %	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	
		Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit
<b>CALENDER TIME</b>	CT	100	44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
<b>I. SHUT DOWN TIME</b>			1.499	1.090	1.215	860	1.120	135	1.395	1.245	1.740	1.400	160	1.435
1. Holiday	MG		-	-	-	-	-	-	-	420	-	-	-	-
2. Overhaul	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Preventive Repair			960	960	960	480	960	-	960	960	960	960	-	1.150
3.1 Operasi	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Maintenance	MG		960	960	960	480	960	-	960	960	960	960	-	1.150
4. Planned Set Up	OP		280	-	75	270	-	15	375	180	300	150	-	110
5. Friday	MG		259	130	180	110	160	120	60	105	60	290	160	175
<b>II. WORKING TIME</b>			43.141	39.230	43.425	42.340	43.520	43.065	43.245	43.395	41.460	43.240	43.040	43.205
1. Break Down Loses			3.777	2.245	3.665	2.849	1.285	1.202	1.054	1.195	900	1.145	1.285	2.272
1. Maintenance			1.824	1.035	2.388	2.493	905	512	639	300	60	780	645	1.034
- Mechanic	ME		1.474	620	1.541	1.440	775	244	639	105	60	780	545	614
- Electric	EL		115	295	570	168	130	268	-	135	-	-	100	420
- Instrument	EI		-	-	50	25	-	-	-	-	-	-	-	-
- Process Computer	PC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- General Service	GS		235	120	227	815	-	-	-	60	-	-	-	-
- Utility	UT		-	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-
- Power Distribution	EP		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Production			1.953	1.210	1.277	356	380	690	415	895	840	365	640	1.238
- Production	PR		1.278	1.160	767	356	380	625	415	540	655	205	640	1.218
- Roll Shop	RS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Roll Process	RP		675	50	510	-	-	65	-	355	185	160	-	-
- Material Flow	MF		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
- Quality Control	QC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## UTILISASI MESIN ECL 2

PRODUCT UNIT : ECL2														
RESPONSIBILITY	TARGET %	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	
		Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit
<b>CALENDER TIME</b>	CT	100	44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
<b>I. SHUT DOWN TIME</b>			540	175	645	1.435	360	480	960	960	1.005	960	960	1.035
1. Holiday	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Overhaul	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Preventive Repair			480	-	480	1.390	-	480	960	960	960	960	960	960
3.1 Operasi	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Maintenance	MG		480	-	480	1.390	-	480	960	960	960	960	960	960
4. Planned Set Up	OP		-	55	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-
5. Friday	MG		60	120	165	45	60	-	-	-	45	-	-	75
<b>II. WORKING TIME</b>			44.100	40.145	43.995	41.765	44.280	42.720	43.680	43.680	42.195	43.680	42.240	43.605
1. Break Down Loses			225	456	1.442	510	974	3.095	225	400	860	2.359	1.385	340
1. Maintenance			225	456	732	335	814	3.035	25	130	320	2.070	1.385	250
- Mechanic	ME		-	163	188	-	510	200	25	90	250	1.075	1.385	90
- Electric	EL		120	293	544	335	304	2.775	-	40	40	995	-	70
- Instrument	EI		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Process Computer	PC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- General Service	GS		105	-	-	-	-	60	-	-	30	-	-	-
- Utility	UT		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90
- Power Distribution	EP		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Production			-	-	710	175	160	60	200	270	540	289	-	90
- Production	PR		-	-	710	70	130	60	200	270	165	289	-	90
- Roll Shop	RS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Roll Process	RP		-	-	-	105	-	-	-	-	375	-	-	-
- Material Flow	MF		-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
- Quality Control	QC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## UTILISASI MESIN BAF

PRODUCT UNIT : BAF														
RESPONSIBILITY	TARGET	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	
	%	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	
<b>CALENDER TIME</b>	CT	100	44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
<b>I. SHUT DOWN TIME</b>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1. Holiday	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Overhaul	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Preventive Repair			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.1 Operasi	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Maintenance	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Planned Set Up	OP		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Friday	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>II. WORKING TIME</b>			44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
1. Break Down Loses			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## UTILISASI MESIN TPM

PRODUCT UNIT : TPM														
RESPONSIBILITY	TARGET	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	
	%	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	
CALENDER TIME	CT	100	44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
<b>I. SHUT DOWN TIME</b>			1.870	876	2.831	904	1.737	1.325	540	1.478	1.786	2.083	1.459	1.570
1. Holiday	MG		-	-	-	-	-	-	-	360	-	-	-	-
2. Overhaul	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Preventive Repair			-	-	855	-	-	-	-	-	960	-	-	-
3.1 Operasi	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Maintenance	MG		-	-	855	-	-	-	-	-	960	-	-	-
4. Planned Set Up	OP		1.870	816	1.916	904	1.737	1.325	540	1.388	1.426	1.123	1.414	1.515
5. Friday	MG		-	60	60	-	-	-	-	90	-	-	45	55
<b>II. WORKING TIME</b>			42.770	39.444	41.809	42.296	42.903	41.875	44.100	43.162	41.414	42.557	41.741	43.070
<b>2. Loading Time</b>			23.200	8.210	25.805	15.676	20.563	19.455	7.780	17.142	30.459	14.857	20.127	21.220
<b>1. Break Down Loses</b>			4.950	1.188	7.772	5.487	4.878	6.645	494	2.348	9.262	3.603	2.394	4.601
<b>1. Maintenance</b>			2.875	445	3.677	3.359	2.804	4.144	109	1.103	6.863	1.699	854	2.830
- Mechanic	ME		1.735	-	2.573	1.445	1.775	3.719	-	578	4.004	1.094	429	932
- Electric	EL		420	145	949	1.914	545	380	-	15	644	575	115	193
- Instrument	EI		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Process Computer	PC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- General Service	GS		-	270	-	-	-	-	109	510	-	-	130	630
- Utility	UT		720	30	155	-	484	45	-	-	2.215	30	180	1.075
- Power Distribution	EP		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>2. Production</b>			2.075	743	4.095	2.128	2.074	2.501	385	1.245	2.399	1.904	1.540	1.771
- Production	PR		1.820	543	2.030	1.682	1.444	1.281	355	1.035	1.651	1.458	1.385	1.406
- Roll Shop	RS		255	200	2.065	446	630	1.190	30	185	748	356	155	365
- Roll Process	RP		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Material Flow	MF		-	-	-	-	-	30	-	-	-	90	-	-
- Quality Control	QC		-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-

## UTILISASI MESIN PRP - CR FINISHING LINE

PRODUCT UNIT : PRP														
RESPONSIBILITY		TARGET	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
		%	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit
CALENDER TIME	CT	100	44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
<b>I. SHUT DOWN TIME</b>			1.280	70	1.340	950	1.635	655	645	1.230	1.855	1.445	2.488	776
1. Holiday	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	360	-	-	-
2. Overhaul	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Preventive Repair			480	-	480	480	840	480	480	660	1.250	960	1.920	-
3.1 Operasi	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Maintenance	MG		480	-	480	480	840	480	480	660	1.250	960	1.920	-
4. Planned Set Up	OP		700	-	685	470	575	175	105	510	245	365	328	596
5. Friday	MG		100	70	175	-	220	-	60	60	-	120	240	180
<b>II. WORKING TIME</b>			43.360	40.250	43.300	42.250	43.005	42.545	43.995	43.410	41.345	43.195	40.712	43.864
1. Break Down Loses			1.262	30	2.721	2.242	1.440	838	35	3.335	755	484	1.328	800
1. Maintenance			517	-	1.698	1.832	640	200	-	2.300	350	40	941	110
- Mechanic	ME		277	-	1.164	1.337	590	100	-	2.225	160	20	706	75
- Electric	EL		240	-	534	495	50	-	-	75	190	20	235	35
- Instrument	EI		-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-
- Process Computer	PC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- General Service	GS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Utility	UT		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Power Distribution	EP		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Production			745	30	1.023	410	800	638	35	1.035	405	444	387	690
- Production	PR		745	30	1.023	410	800	638	35	730	405	444	387	690
- Roll Shop	RS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Roll Process	RP		-	-	-	-	-	-	-	305	-	-	-	-
- Material Flow	MF		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Quality Control	QC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

UTILISASI MESIN REC – CR FINISHING LINE

PRODUCT UNIT : REC														
RESPONSIBILITY	TARGET	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES	
	%	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	
CALENDER TIME	CT	100	44.640	40.320	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640	44.640	43.200	44.640	43.200	44.640
<b>I. SHUT DOWN TIME</b>			2.440	1.601	2.670	1.080	1.974	1.340	775	2.385	2.902	1.061	2.063	2.522
1. Holiday	MG		-	-	-	-	-	-	-	360	-	-	-	-
2. Overhaul	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Preventive Repair			810	780	750	480	960	480	-	960	1.280	-	960	1.065
3.1 Operasi	MG		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Maintenance	MG		810	780	750	480	960	480	-	960	1.280	-	960	1.065
4. Planned Set Up	OP		1.510	691	1.800	540	760	745	650	1.245	1.092	-	913	1.287
5. Friday	MG		120	130	120	60	254	115	125	180	170	-	190	170
<b>II. WORKING TIME</b>			42.200	38.719	41.970	42.120	42.666	41.860	43.865	42.255	40.298	44.640	41.137	42.118
1. Break Down Loses			2.095	810	1.939	2.101	2.018	3.875	2.025	640	2.450	-	4.508	2.680
1. Maintenance			430	285	1.034	1.045	873	2.460	1.025	165	1.090	-	3.665	1.555
- Mechanic	ME		225	210	399	665	473	2.305	965	105	570	-	3.450	1.235
- Electric	EL		15	65	610	380	385	95	60	60	135	-	145	10
- Instrument	EI		160	-	25	-	15	-	-	-	200	-	30	-
- Process Computer	PC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- General Service	GS		30	10	-	-	-	60	-	-	185	-	40	230
- Utility	UT		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
- Power Distribution	EP		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Production			1.665	525	905	1.056	1.145	1.415	1.000	475	1.360	-	843	1.125
- Production	PR		1.665	525	905	1.056	1.115	1.415	970	475	1.310	-	793	1.125
- Roll Shop	RS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Roll Process	RP		-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	50	-
- Material Flow	MF		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Quality Control	QC		-	-	-	-	30	-	30	-	-	-	-	-

**LAMPIRAN E**  
**KUISIONER DAN HASIL KUISIONER PEMILIHAN ALTERNATIF PERBAIKAN**

<b>KUISIONER PEMILIHAN ALTERNATIF PERBAIKAN</b>			
<p>Berdasarkan hasil analisis metode RCA FMEA untuk <i>defect</i> dan waktu <i>breakdown</i> (waiting) yang terlampir, dirumuskan beberapa alternatif perbaikan.</p>			
Kombinasi	Keterangan		
0	Kondisi Tanpa Tambahan <i>Improvement</i>		
1	Mengadakan <i>On-site training</i> untuk Operator Mesin dan Staf <i>Maintenance</i>		
2	Menerapkan <i>Checksheet</i> Pemeliharaan dan Penggantian <i>Spare part</i>		
3	Menerapkan <i>Checksheet</i> Pengecekan Bahan Baku Awal dan Akhir Proses		
1, 2	Mengadakan <i>On-site training</i> untuk Operator Mesin dan Staf <i>Maintenance</i> dan Menerapkan <i>Checksheet</i> Pemeliharaan dan Penggantian <i>Spare part</i>		
1, 3	Mengadakan <i>On-site training</i> untuk Operator Mesin dan Staf <i>Maintenance</i> dan Menerapkan <i>Checksheet</i> Pengecekan Permukaan <i>Coil</i> Sebelum Dan Setelah Proses <i>Annealing</i>		
2, 3	Menerapkan <i>Checksheet</i> Pemeliharaan dan Penggantian <i>Spare part</i> dan Menerapkan <i>Checksheet</i> Pengecekan Permukaan <i>Coil</i> Sebelum Dan Setelah Proses <i>Annealing</i>		
1, 2, 3	Mengadakan <i>On-site training</i> untuk Operator Mesin dan Staf <i>Maintenance</i> , Menerapkan <i>Checksheet</i> Pemeliharaan dan Penggantian <i>Spare part</i> dan Menerapkan <i>Checksheet</i> Pengecekan Permukaan <i>Coil</i> Sebelum Dan Setelah Proses <i>Annealing</i>		
<p>Pemilihan alternative perbaikan mempertimbangkan kriteria performansi yaitu <b>jumlah tonase defect</b> dan <b>jumlah waktu breakdown</b>. Nilai performansi diberikan dengan skala 1-10 dengan skala 1 merupakan kondisi mutlak tidak berpengaruh terhadap kriteria performansi dan skala 10 mutlak berpengaruh terhadap kriteria performansi.</p>			
No	Alternatif	Kriteria	
		Jumlah tonase <i>defect</i>	Jumlah waktu <i>breakdown</i>
1	0		
2	1		
3	2		
4	3		
5	1 & 2		
6	1 & 3		
7	2 & 3		
8	1, 2, & 3		
<p>Terima kasih atas kesediaan bapak/ibu untuk mengisi kuisisioner ini.</p>			

## REKAPITULASI KUISIONER PEMILIHAN ALTERNATIF PERBAIKAN

### Kriteria A

#### ALT 0

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1							1				7
2					1						5
3							1				7
4						1					6
5							1				7
Total											32

#### ALT 1

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1							1				7
2								1			8
3							1				7
4						1					6
5						1					6
Total											34

#### ALT 1, 2

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1									1		9
2							1				7
3								1			8
4									1		9
5						1					6
Total											39

#### ALT 1, 3

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1								1			8
2									1		9
3							1				7
4							1				7
5								1			8
Total											39

#### ALT 2

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1								1			8
2									1		9
3									1		9
4								1			7
5						1					5
Total											38

#### ALT 3

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1							1				7
2								1			7
3							1				6
4									1		8
5				1							4
Total											32

#### ALT 2, 3

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1								1			8
2								1			7
3									1		8
4								1			7
5										1	9
Total											39

#### ALT 1, 2, 3

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1								1			8
2									1		9
3									1		8
4							1				6
5									1		8
Total											39

### Kriteria B

#### ALT 0

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1						1					6
2						1					6
3							1				7
4							1				7
5							1				7
Total											33

#### ALT 1

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1							1				7
2								1			7
3						1					6

#### ALT 2

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1								1			8
2								1			7
3									1		8
4						1					5
5							1				6
Total											34

#### ALT 3

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1						1					6
2								1			7
3									1		7

4								1			8
5							1				7
Total											35

4										1		8
5										1		9
Total												37

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1							1				7
2									1		9
3								1			8
4									1		9
5									1		9
Total											42

ALT 2, 3

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1										1	9
2							1				6
3								1			7
4								1			7
5									1		8
Total											37

ALT 1, 3

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1							1				7
2									1		9
3							1				7
4							1				7
5								1			8
Total											38

ALT 1, 2, 3

Resp.	Skala Nilai										Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1									1		8
2							1				6
3								1			8
4									1		9
5									1		9
Total											40

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang diberikan kepada perusahaan, dan saran terkait penelitian selanjutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada tahap *define* dan *measure* diidentifikasi masalah pada proses produksi CRC di pabrik CRM PT KS yaitu *defect* dan *waiting*. Kedua masalah tersebut sekaligus menjadi masalah yang kritis bagi pabrik CRM PT KS. *Waiting* pada proses produksi teridentifikasi pada semua mesin. Data total waktu *breakdown* dan perhitungan nilai *sigma* menunjukkan mesin dengan *waiting* paling kritis yaitu mesin CPL, mesin CTCM, dan mesin TPM.
2. *Waste defect* juga terbukti berkontribusi terhadap konsumsi energi listrik dan gas. Penyebab terjadinya *waste defect* yang paling signifikan yaitu faktor aktivitas pengawasan dan pemeliharaan, faktor mesin, dan faktor kualitas material. Sedangkan penyebab terjadi *waiting* yang signifikan yaitu kesesuaian dalam menjalankan prosedur dan masalah *spare part* mesin.
3. Alternatif perbaikan terpilih yaitu kombinasi alternatif 1 dan 2 dengan perbaikan berupa pelaksanaan *on-site training* untuk operator dan staff *maintenance* yang bertujuan untuk pemerataan dan peningkatan kemampuan operator dalam melakukan tugas-tugas operasional, pemeliharaan, dan penggantian. Selain itu dilakukan perbaikan prosedur pemeliharaan dan penggantian dengan aktivitas perbaikan mendesain dan menerapkan *checksheet* perbaikan untuk aktivitas pemeliharaan dan perbaikan serta *spare part* mesin.
4. Penerapan alternatif perbaikan 1 dan 2 berdampak pada tonase *defect* yang menurun sebesar 2.619 ton atau 20%, waktu *breakdown* mesin CPL turun

sebesar 398 jam, *breakdown time* mesin CTCM turun sebesar 398 jam, dan *breakdown time* mesin TPM yang turun sebesar 223 jam. Penurunan *waste* berdampak pada turunnya kontribusi *waste* terhadap energi listrik sebesar 690.566 kWh dan gas sebesar 824.999.139 kKal. Penurunan tonase *defect* dan waktu *brekdown* mesin disebabkan *potential cause of failure* dari *waste* tersebut dapat diatasi oleh alternatif perbaikan.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Hasil analisis dan alternatif perbaikan dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi perusahaan untuk mulai melakukan kajian terkait performansi perusahaan saat ini. Disarankan juga untuk melakukan kajian terkait pembaruan atau *upgrade* fasilitas produksi dengan pertimbangan usia mesin yang sudah tua.
2. Pabrik CRM PT KS bisa mulai melakukan komunikasi khusus untuk memberikan saran kepada pabrik HSM PT KS mengenai standard bahan baku dan menyepakati terkait standard bahan baku yang dikirim pabrik HSM ke pabrik CRM sehingga kualitas produk hasil pabrik CRM meningkat dan tidak mempermasalahkan kembali kaitan antara kualitas bahan baku buatan pabrik HSM terhadap munculnya *defect*.
3. Jika tersedia data yang lebih lengkap, penelitian ini dapat dikembangkan untuk diterapkan di pabrik-pabrik lain yang dioperasikan PT KS dan berpotensi untuk mengidentifikasi masalah yang berbeda di pabrik yang berbeda

## DAFTAR PUSTAKA

- Annappa, C.M. & Panditrao, K.S., 2012. Application Of Value Engineering For Cost Reduction- a Case Study Of Universal Testing Machine. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 4(1), pp.618-29.
- Bicheno, J., Eriksson, H. & Torstensson, H., 2006. Similarities and Difference Between TQM, Six Sigma, and Lean. *The TQM Magazine*, 18(3), pp.282-96.
- Decker, B.J., 1969. A New Breed - The Value Managers. *Value Engineering*, 1(5), pp.279-82.
- Dudek-Burlikowska, M., 2011. Application of FMEA Method in Enterprise Focused on Quality. *Journal of Achievement in Materials and Manufacturing Engineering*, 45(1), pp.89-102.
- Duggett, A.M., 2004. A Statistical Comparison of Tree Root Cause Tools. *Journal of Industrial technology*, 20(2), pp.1-9.
- Epstein, G., Seryak, J. & D'Antonio, M., 2006. Quantifying Energy Saving from Len Manufacturing Productivity Increases. In *Proceedings of the Twenty-Eighth Industrial Energy Technology Conference*. New Orleans, 2006.
- Gaspersz, V., 2006. *Continous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V., 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Harry, M.J. & Schroeder, R., 2000. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. New York.
- Hines, P. & Taylor, D., 2000. *Going Lean*. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School.
- Indrawati, S. & Ridwansyah, M., 2015. Manufacturing Continous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Industrial Engineering and Service Science*, pp.528-34.

- Keskin, C., Asan, U. & Kayakutlu, G., 2013. Value Stream Maps for Industrial Energy Efficiency. In F. Cavallaro, ed. *assessment and Simulation Tools for Sustainable Energy Systems*. Springer. pp.357-79.
- Linderman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S. & Choo, A.S., 2003. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operation Management* , (21), pp.193-203.
- Mahto, D. & Kumar, A., 2008. Application of Root Cause Analysis in Improvement of Product Quality and Productivity. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 01(02), pp.16-53.
- Matossian, B.G., 1969. Developing and Organising an Effective Value Engineering Programme - Part 1: The Fundamentals of VE. *Value Engineering*, 1(5), pp.303-07.
- Melton, T., 2005. The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6), p.662673.
- N., V. & Shanmuganathan, S., 2011. Lean Six Sigma. In P.A. Coskun, ed. *Six Sigma Projects and Personal Experiences*. InTech. pp.1-22.
- Park, R.J., 1999. Failure Mode Effect Analysis. In *Value Engineering: A Plan For Invention*. Florida: CRC Press LLC. p.22.
- Pepper, M.P.J. & Spedding, T.A., 2010. The Evolution of Lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), pp.138-55.
- Rohani, J.M. & Zahraee, S.M., 2015. Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. In *@nd International Materials, Industrial, and Manufactruing Engineering Conference 2015*. Bali, 2015. Elsevier B.V.
- R, P.K. & Rudramurthy, 2013. Analysis of Breakdown and improvement of Preventive Maintenance on 1000 Ton Hydraulic Press. *International Journal of Emerging Technology and Advance Engineering*, 3(8), pp.636-45.
- Seryak, J., Epstein, G. & D'Antonio, M., 2006. Lost Opportunities in Industrial Energy Efficiency: New Production, Lean Manufacturing and Lean

- Energy. In *Twenty-Eight Industrial Energy Technology Conference*. New Orleans, LA, 2006.
- Sharma, P., 2012. *Calculating COPQ Using Weighted Risk of Potential Failures*. [Online] Available at: [www.isixsigma.com/](http://www.isixsigma.com/) [Accessed 22 Maret 2016].
- Sheridan, J.H., 2000. Lean Six Sigma's Synergy. *Industry Week*, 249(17), pp.81-2.
- Wang, Y.-M., Chin, K.-S., Poon, G.K.K. & Yang, J.-B., 2007. Risk Evaluation in Failure Mode and Effects Analysis Using Fuzzy. *Expert Systems with Applications*, pp.1195-207.
- Wilson, L., 2010. *How to Implement Lean Manufacturing*. USA: McGraw-Hill Companies Inc.
- Womack, J.P. & Jones, D.T., 1996. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon and Schuster Inc.
- Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos, D., 1990. *The Machine that Change the World*. New York: HarperCollins.

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Afham Wahyu Agung dilahirkan di Kota Cilegon pada tanggal 6 Juli 1996. Putera pertama dari pasangan Bambang Wahyuagung dan Dwi Wahyu Hendryani. Penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMAN 2 Krakatau Steel Kota Cilegon. Pendidikan tinggi ditempuh di program studi S1 Jurusan Teknik Industri FTI-ITS angkatan 2012.

Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis bergabung dengan kepengurusan BEM FTI-ITS periode 2013-2014 sebagai staf Departemen Komunikasi dan Informasi dan periode 2014-2015 sebagai Kepala Biro Media Informasi Departemen Komunikasi dan Informasi. Selain itu juga pernah mengikuti beberapa kepanitiaan untuk kegiatan tingkat institut dan nasional yang diadakan Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS. Penulis pernah melaksanakan kegiatan Kerja Praktek di PT Krakatau Steel (Persero) Tbk., Kota Cilegon pada tahun 2015. Penulis dapat dihubungi melalui nomor *handphone* 081554156165 atau melalui alamat *email* [afhamw@gmail.com](mailto:afhamw@gmail.com).

