



TUGAS AKHIR – TI14 1501

**ANALISIS WASTE DAN PENINGKATAN KUALITAS PADA
PROSES PRODUKSI PENGOLAHAN *STAINLESS STEEL*
DENGAN PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING*
(STUDI KASUS: PT. X)**

FALY ARNANDO
NRP 2510100053

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

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT – TI14 1501

**WASTE ANALYSIS AND QUALITY IMPROVEMENT OF
STAINLESS STEEL MATERIAL PRODUCTION PROCESS
WITH LEAN MANUFACTURING APPROACHING
(CASE STUDY: PT. X)**

FALY ARNANDO
NRP 2510100053

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

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**ANALISIS WASTE DAN PENINGKATAN KUALITAS PADA
PROSES PRODUKSI PENGOLAHAN *STAINLESS STEEL*
DENGAN PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING*
(STUDI KASUS: PT. X)**

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**

Oleh:

FALY ARNANDO

NRP. 2510100053

Mengetahui/menyetujui,

Dosen Pembimbing



H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE.

NIP. 196002231985031002

SURABAYA, JANUARI 2015

**ANALISA WASTE DAN PENINGKATAN KUALITAS PADA PROSES
PRODUKSI PENGOLAHAN STAINLESS STEEL DENGAN
PENDEKATAN LEAN MANUFACTURING
(STUDI KASUS : PT. X)**

Nama Mahasiswa : Faly Arnando
NRP : 2510100053
Pembimbing : H. Hari Supriyanto
Jurusan : Teknik Industri FTI ITS Surabaya
Email : falyarnando@gmail.com

ABSTRAK

Semakin berkembangnya industri bidang manufaktur di Indonesia menuntut para pelaku industri untuk terus melakukan peningkatan kualitas pada perusahaannya agar dapat bersaing dengan yang lain. Kualitas itu sendiri memiliki fungsi pada perusahaan yaitu meningkatkan reputasi perusahaan, penurunan biaya produksi, peningkatan pangsa pasar, pertanggungjawaban produk, dampak internasional, dan penampilan produk itu sendiri. Produk barang atau jasa yang berkualitas akan menumbuhkan rasa puas pada konsumen sekaligus meningkatkan kepercayaan dan loyalitas konsumen kepada perusahaan.

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri pengolahan bahan logam adalah PT. X yang bertempat di Surabaya Industrial Estate Rungkut, Jawa Timur. Perusahaan ini bergerak di bidang *sheet metal job* dan fabrikasi dimana salah satu bahan bakunya yaitu *stainless steel* diolah sesuai dengan kebutuhan konsumen dan produksi perusahaan. Dalam proses produksinya, PT. X hanya menggunakan tiga jenis bahan baku yaitu *mild steel*, *stainless steel*, dan aluminium.

Namun walaupun telah didukung dengan mesin produksi yang terotomasi, PT. X masih mengalami berbagai macam permasalahan dalam proses produksinya. Permasalahan-permasalahan tersebut berasal dari eksternal dan internal perusahaan.

Untuk menyelesaikan permasalahan di atas, digunakan beberapa metode untuk antara lain *activity classification*, *value stream mapping*, *operation control chart*, E-DOWNTIME, *cost of poor quality*, *pareto chart*, *root cause analysis*, *failure mode and effect analysis*, dan *value engineering*. Dengan menggunakan metode *pareto chart* diketahui *waste* kritis yang paling berpengaruh adalah *waste* kategori *defect*, *excess processing*, dan *inventory*. Selanjutnya dirancang alternatif perbaikan menggunakan metode *value engineering* sehingga didapat alternatif perbaikan dengan kombinasi alternatif satu dan dua. Alternatif tersebut antara lain membuat tim khusus untuk *upgrading*, sosialisasi tata tertib kerja, dan pembaharuan PDO dengan biaya total sebesar Rp 27.345.000,00

Kata Kunci : *Waste*, E-DOWNTIME, *Pareto Chart*, *Cost of Poor Quality*, *Root Cause Analysis*, *Failure Mode and Effect Analysis*, *Value Engineering*

**WASTE ANALYSIS AND QUALITY IMPROVEMENT IN PRODUCTION
PROCESS OF STAINLESS STEEL PROCESSING BY LEAN
MANUFACTURING APPROACHING
(CASE STUDY : PT. X)**

Name of Student : Faly Arnando
NRP : 2510100053
Supervisor : H. Hari Supriyanto
Department : Industrial Engineering FTI ITS Surabaya
Email : falyarnando@gmail.com

ABSTRACT

As the manufacturing industries advance forward, the market demands all industries to maintain and improve their production quality in order to be able to compete with competitors. The quality itself has some functions that benefit the company, they are increasing company's reputation, decreasing production cost, increasing in market share, product responsibility, international impact, and appearance of the produk itself. The product –goods or services- which has good quality will increase costumer satisfaction. Not only costumer satisfaction but also costumer trus and loyalty.

One of industries that run on processing logam material is PT. X which is located in Surabaya Industrial Estate Rungkut, East Java. This company runs sheet metal job and fabrication where one of their raw material is stainless steel. Raw material then will be processed as the costumers demand. The company use three kinds of raw material, they are mild steel, stainless steel, and aluminium.

However, although the company has been supported by automated production engine, PT. X still experiences some issues in their production system. Those issues come from the internal and external of the company.

To solve the issues mentioned above, the writer use some methods which are activity classification, value stream mapping, operation control chart, E-DOWNTIME, cost of poor quality, pareto chart, root cause analysis, failure mode and effect analysis, dan value engineering. By using pareto chart method, the writer acquire critical wastes that affect most of the production system. Those critical wastes are defect, excess processing, and inventory. Next step is designing the improvement alternatives by applying value engineering. By going through that method, the writer acquire first and second improvement alternatives. Those alternatives are creating special team to establish operator upgrading, socializing company rules, and the renewal of PDO. All those alternatives costs approximately Rp 27.345.000,00

Keywords : Waste, E-DOWNTIME, Pareto Chart, Cost of Poor Quality, Root Cause Analysis, Failure Mode and Effect Analysis, Value Engineering

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan petunjuk-Nya kepada penulis sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisa Waste dan Peningkatan Kualitas pada Proses Produksi Pengolahan *Stainless Steel* dengan Pendekatan *Lean Manufacturing* (Studi Kasus : PT. X)” dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis saat proses penulisan laporan tugas akhir, yaitu:

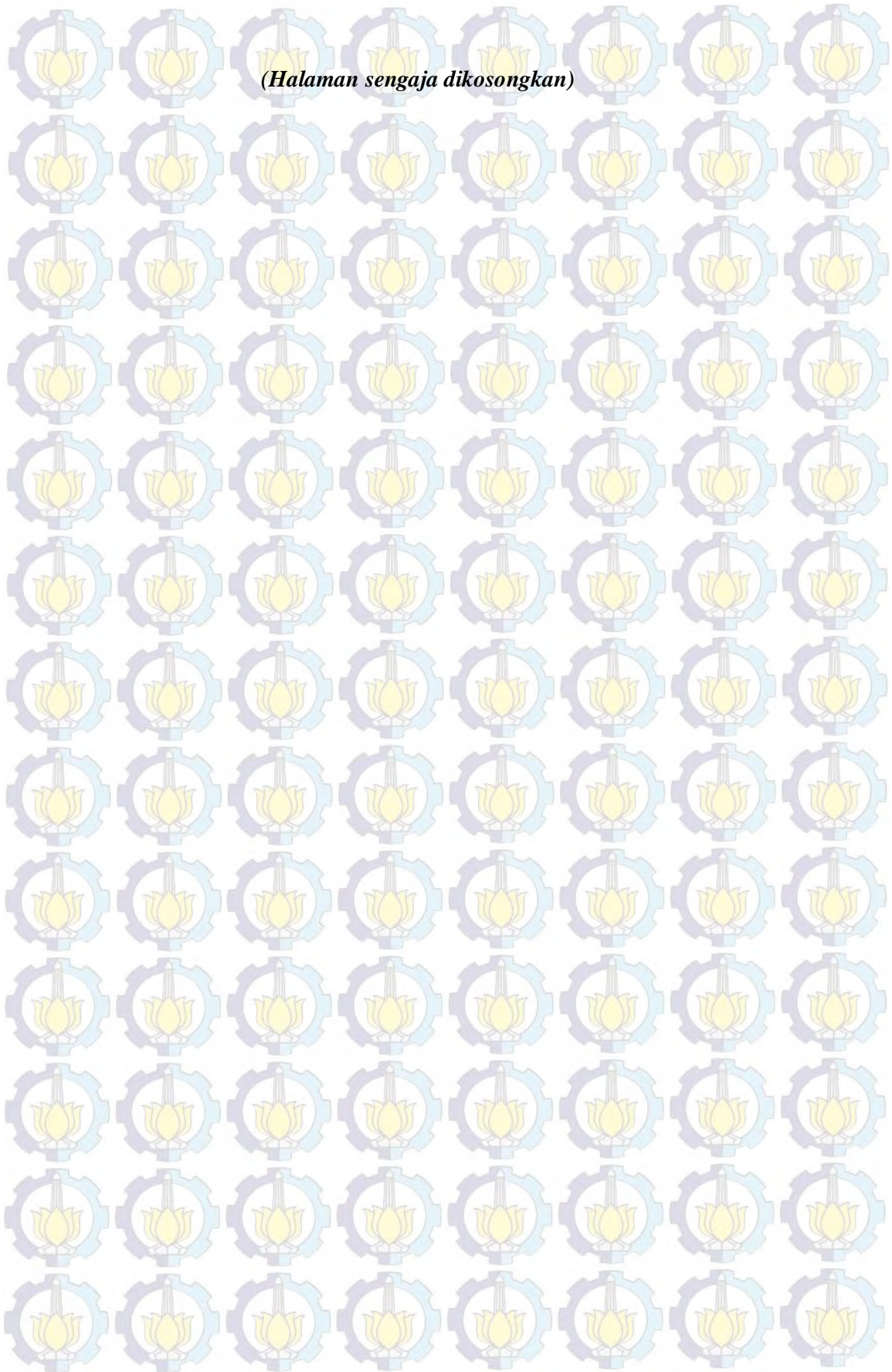
1. Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya serta junjungan Nabi Muhammad SAW sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan
2. Bapak serta Ibu sebagai orang tua penulis yang telah memberikan kasih sayang, doa, dan semangat yang tak pernah berhenti.
3. Bapak H. Hari Supriyanto, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan nasihat selama proses perkuliahan.
4. Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Industri ITS yang turut memberikan ilmu dan memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Bapak Mahfud Effendi selaku pembimbing dari pihak perusahaan yang senantiasa membantu penulis selama proses penyelesaian laporan tugas akhir.
6. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu demi satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, segala kritik dan saran yang bertujuan meningkatkan kualitas laporan tugas akhir ini akan diterima. Semoga penulisan laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan bagi dunia industri.

Surabaya, 23 Januari 2014

Faly Arnando

(Halaman sengaja dikosongkan)



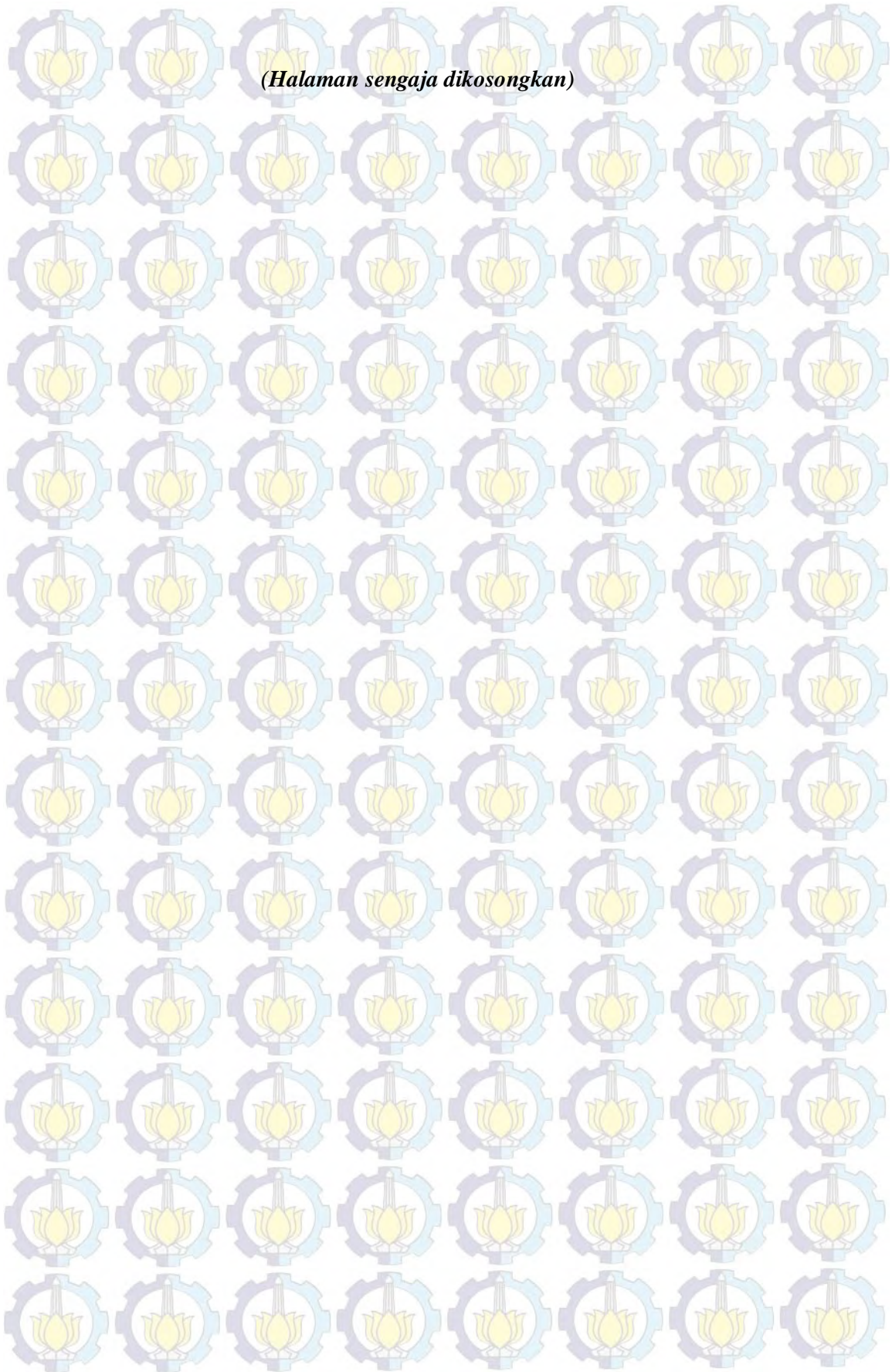
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5.1 Batasan	5
1.5.2 Asumsi.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2	9
2.1 Konsep Kualitas	9
2.2 <i>Lean Manufacturing</i>	10
2.3 <i>Pareto Chart</i>	14
2.4 <i>9-Wastes (E-DOWNTIME)</i>	15
2.5 <i>Operation Process Chart</i>	17
2.6 <i>Value Stream Mapping</i>	18
2.7 <i>Cost of Poor Quality</i>	20
2.7.1 <i>Direct COPQ</i>	20
2.7.2 <i>Indirect COPQ</i>	21
2.8 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	21
2.9 <i>Root Cause Analysis (RCA)</i>	22
BAB 3	27
3.1 Tahap Identifikasi Permasalahan	27
3.1.1 Identifikasi Permasalahan.....	27
3.1.2 Perumusan Masalah.....	27
3.1.3 Penentuan Tujuan.....	28
3.1.4 Studi Literatur	28
3.1.5 Studi Lapangan	28
3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	29
3.3 Tahap Analisa dan Interpretasi Data	29
3.4 Tahap Kesimpulan dan Saran	29
BAB 4	31
4.1 Gambaran Umum Perusahaan	31
4.1.1 Sejarah dan Profil Perusahaan	31
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan	32
4.1.3 Layout dan Fasilitas Perusahaan.....	32
4.1.4 Fasilitas Perusahaan	35
4.1.5 Struktur Organisasi Perusahaan	37
4.2 <i>Customers Requirement</i>	39

4.3	Pendefinisian Objek Amatan	40
4.4	Proses Produksi Pengolahan Bahan Baku <i>Stainless Steel</i>	41
4.5	<i>Operation Process Chart</i> (OPC).....	44
4.6	Current Value Stream Mapping (VSM)	45
4.7	Activity Classification	47
4.8	Identifikasi Waste.....	51
4.8.1	<i>Environmental, Healthy, and Safety</i>	51
4.8.2	<i>Defect</i>	52
4.8.3	<i>Over Production</i>	53
4.8.4	<i>Waiting</i>	54
4.8.5	<i>Non Utilizing Employee</i>	54
4.8.6	<i>Transportation</i>	55
4.8.7	<i>Inventory</i>	55
4.8.8	<i>Motion</i>	56
4.8.9	<i>Excess Processing</i>	57
4.9	Identifikasi <i>Cost of Poor Quality</i>	58
4.9.1	COPQ Kategori <i>Defect</i>	59
4.9.2	COPQ Kategori <i>Over Production</i>	60
4.9.3	COPQ Kategori <i>Waiting</i>	60
4.9.4	COPQ Kategori <i>Inventory</i>	61
4.9.5	COPQ Kategori <i>Excess Processing</i>	62
4.10	Identifikasi <i>Waste</i> yang Paling Berpengaruh.....	62
4.10.1	Identifikasi <i>Waste</i> yang Paling Berpengaruh Menggunakan COPQ... 63	
4.10.2	Identifikasi <i>Waste</i> yang Paling Berpengaruh Menggunakan <i>Pareto Chart</i>	63
4.11	Identifikasi Penyebab <i>Waste</i> yang Paling Berpengaruh.....	64
4.11.1	Identifikasi Penyebab <i>Defect</i>	64
4.11.2	Identifikasi Penyebab <i>Excess Processing</i>	68
4.11.3	Identifikasi Penyebab <i>Inventory</i>	71
4.12	Identifikasi Moda Kegagalan dan Efeknya dengan FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	73
4.12.1	<i>Severity</i>	74
4.12.2	<i>Occurrence</i>	75
4.12.3	<i>Detection</i>	76
BAB 5	79
5.1	Analisa <i>Non Value-Added Activity</i>	79
5.2	Analisa <i>Waste</i> Menggunakan <i>Cost of Poor Quality</i>	79
5.3	Analisa <i>Waste</i> Menggunakan <i>Pareto Chart</i>	80
5.4	Analisa <i>Waste</i> yang Berpengaruh	80
5.5	Analisa Penyebab <i>Waste</i> yang Berpengaruh dengan Menggunakan <i>Root Cause Analysis</i>	80
5.6	Analisa <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	83
5.7	Analisa Alternatif Perbaikan.....	85
5.7.1	Alternatif Perbaikan	85
5.7.1.1	Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori <i>Defect Sub-Waste 2</i> ... 85	
5.7.1.2	Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori <i>Defect Sub-Waste 3</i> ... 86	

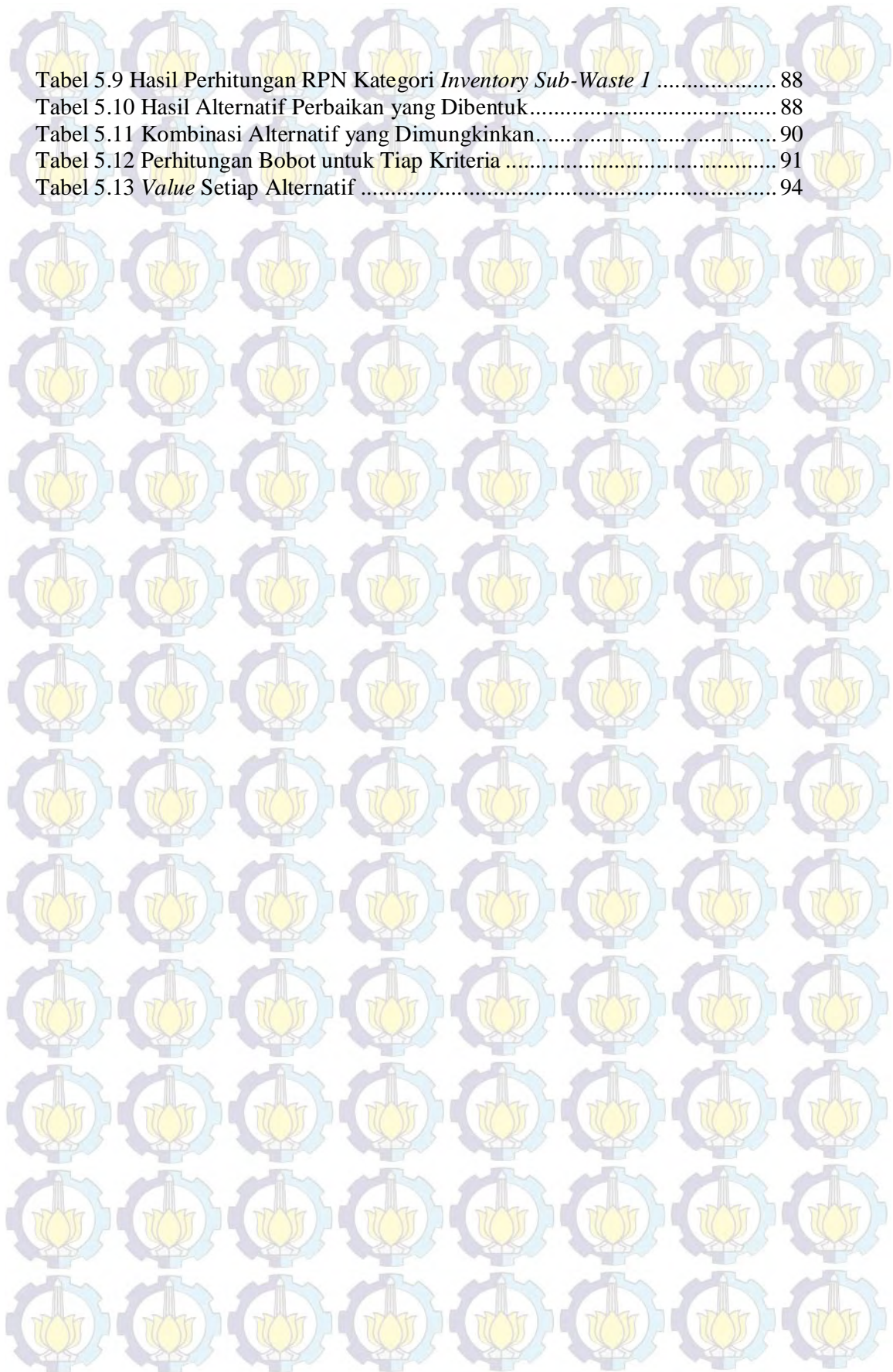
5.7.1.3	Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori <i>Excess Processing Sub-Waste 2</i>	86
5.7.1.4	Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori <i>Excess Processing Sub-Waste 1</i>	87
5.7.1.5	Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori <i>Inventory Sub-Waste 1</i>	87
5.7.2	Kombinasi Alternatif Perbaikan	88
5.7.3	Kriteria Performansi dan Pembobotan	90
5.7.4	Biaya Setiap Alternatif	91
5.7.4.1	Alternatif Pertama.....	91
5.7.4.2	Alternatif Kedua	92
5.7.4.3	Alternatif Ketiga.....	93
5.7.5	Pemilihan Alternatif Perbaikan.....	93
5. 8	Analisa Alternatif Perbaikan Terpilih	95
BAB 6	97
6.1	Kesimpulan	97
6.2	Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA	101

(Halaman sengaja dikosongkan)



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Fasilitas-Fasilitas yang Dimiliki Perusahaan.....	36
Tabel 4.2 Jumlah Unit yang Diproduksi pada Periode 1 sampai Periode 6.....	40
Tabel 4.3 <i>Activity Classification</i> Proses <i>Cutting</i>	47
Tabel 4.4 <i>Activity Classification</i> Proses <i>Bending</i>	48
Tabel 4.5 <i>Activity Classification</i> Proses <i>Welding</i>	49
Tabel 4.6 <i>Activity Classification</i> Proses <i>Painting</i>	49
Tabel 4.7 <i>Activity Classification</i> Proses <i>Assembly</i>	50
Tabel 4.8 <i>Activity Classification</i> Total.....	50
Tabel 4.9 Jumlah <i>Defect</i> Tiap Proses.....	52
Tabel 4.10 Jumlah Unit <i>Over Production</i> Tiap Proses.....	53
Tabel 4.11 Data <i>Downtime</i> Periode 1 sampai Periode 6.....	54
Tabel 4.12 Data <i>Waste</i> Kategori <i>Inventory</i>	56
Tabel 4.13 Data <i>Waste</i> Kategori <i>Excess Processing</i>	57
Tabel 4.14 Interval dan Frekuensi Harga	58
Tabel 4.15 COPQ Kategori <i>Defect</i>	59
Tabel 4.16 COPQ Kategori <i>Over Production</i>	60
Tabel 4.17 COPQ Kategori <i>Waiting</i>	61
Tabel 4.18 COPQ Kategori <i>Inventory</i>	61
Tabel 4.19 COPQ Kategori <i>Excess Processing</i>	62
Tabel 4.20 Nilai COPQ dari Tiap <i>Waste</i>	63
Tabel 4.21 Jumlah <i>Waste</i> Kategori <i>Defect</i> di Tiap Proses	65
Tabel 4.22 Kategori <i>Sub-Waste Defect</i> pada Proses <i>Welding</i>	65
Tabel 4.23 <i>Root Cause Analysis</i> untuk <i>Sub-Waste Defect</i>	66
Tabel 4.24 Akar Penyebab <i>Waste</i> Kategori <i>Defect</i>	67
Tabel 4.25 Jumlah <i>Waste</i> Kategori <i>Excess Processing</i> di Tiap Proses.....	68
Tabel 4.26 Kategori <i>Sub-Waste Excess Processing</i> pada Proses <i>Welding</i>	68
Tabel 4.27 <i>Root Cause Analysis</i> untuk <i>Sub-Waste Excess Processing</i>	69
Tabel 4.28 Akar Penyebab <i>Waste</i> Kategori <i>Excess Processing</i>	70
Tabel 4.29 Jumlah <i>Waste</i> Kategori <i>Inventory</i> di Tiap Proses	71
Tabel 4.30 Kategori <i>Sub-Waste Inventory</i> pada Proses <i>Welding</i>	71
Tabel 4.31 <i>Root Cause Analysis</i> untuk <i>Sub-Waste Inventory</i>	72
Tabel 4.32 Akar Penyebab <i>Waste</i> Kategori <i>Inventory</i>	73
Tabel 4.33 Kriteria <i>Severity</i> untuk Setiap <i>Waste</i>	74
Tabel 4.34 Kriteria <i>Occurrence</i> untuk Setiap <i>Waste</i>	75
Tabel 4.35 Kriteria <i>Detection</i> untuk Setiap <i>Waste</i>	76
Tabel 4.36 Hasil Nilai RPN.....	77
Tabel 5.1 Akar Penyebab <i>Waste</i> Kategori <i>Defect</i>	81
Tabel 5.2 Akar Penyebab <i>Waste</i> Kategori <i>Excess processing</i>	82
Tabel 5.3 Akar Penyebab <i>Waste</i> Kategori <i>Inventory</i>	82
Tabel 5.4 Nilai RPN Tertinggi dari Tiap Kategori <i>Waste</i>	83
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan RPN Kategori <i>Waste Sub-Waste 2</i>	85
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan RPN Kategori <i>Waste Sub-Waste 3</i>	86
Tabel 5.7 Hasil Perhitungan RPN Kategori <i>Excess Processing Sub-Waste 2</i>	86
Tabel 5.8 Hasil Perhitungan RPN Kategori <i>Excess Processing Sub-Waste 1</i>	87

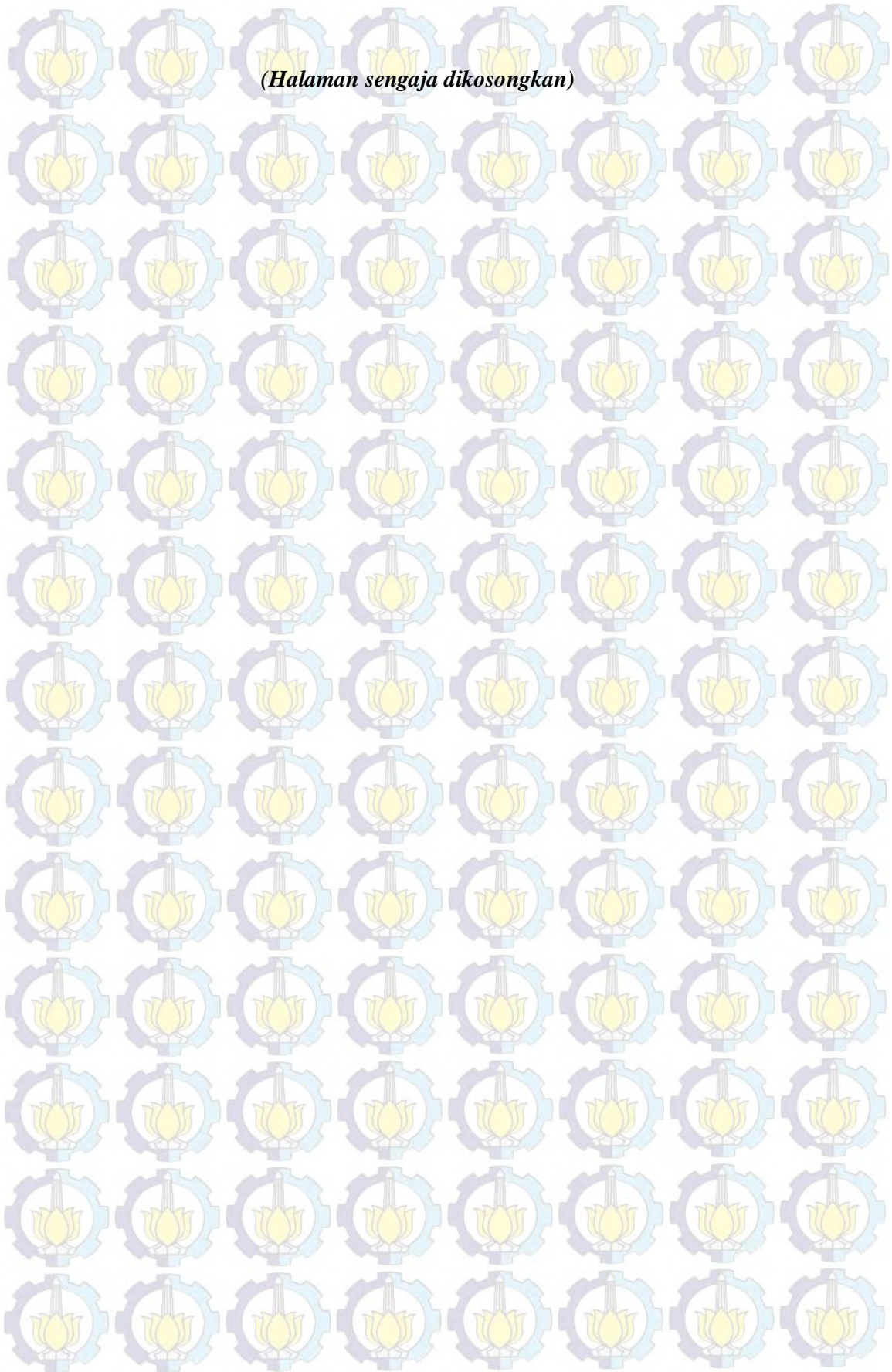


Tabel 5.9 Hasil Perhitungan RPN Kategori <i>Inventory Sub-Waste 1</i>	88
Tabel 5.10 Hasil Alternatif Perbaikan yang Dibentuk.....	88
Tabel 5.11 Kombinasi Alternatif yang Dimungkinkan.....	90
Tabel 5.12 Perhitungan Bobot untuk Tiap Kriteria	91
Tabel 5.13 <i>Value</i> Setiap Alternatif	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Waste pada Konsep Lean.....	12
Gambar 2.2 Permasalahan Inkonsistensi dalam Manufaktur.....	13
Gambar 2.3 Contoh Perhitungan <i>Pareto Chart</i>	14
Gambar 2.4 Contoh Operation Process Chart.....	18
Gambar 2.5 Contoh Simbol dalam Value Stream Mapping.....	19
Gambar 2.6 Contoh Value Stream Mapping.....	20
Gambar 2.7 Contoh Penggunaan Fishbone Diagram.....	23
Gambar 2.8 Contoh Penggunaan 5 Why's Table.....	23
Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Layout Gedung PT. X.....	33
Gambar 4.2 Area Produksi PT. X (Engineering Room, Production Area, Assembly Area, dan Storage Area).....	33
Gambar 4.3 Engineering Room.....	34
Gambar 4.4 Production Area.....	34
Gambar 4.5 Assembly Area.....	35
Gambar 4.6 Storage Area.....	35
Gambar 4.7 Machine Type TRUMPF L 3030 Cutting – Laser.....	36
Gambar 4.8 TrumaBend V85S TRUMPF Bending.....	37
Gambar 4.9 DEMMELER 3D Welding and Working Table.....	37
Gambar 4.10 Struktur Organisasi PT. X.....	38
Gambar 4.11 Production Order (PDO).....	41
Gambar 4.12 Contoh Produk WIP.....	43
Gambar 4.13 Peta Alur Proses Produksi.....	44
Gambar 4.14 <i>Operation Process Chart</i> Produk <i>Hinge</i>	45
Gambar 4.15 Current Value Stream Mapping.....	46
Gambar 4.16 <i>Pie Chart</i> dari <i>Activity Classification</i>	51
Gambar 4.17 Operator yang Menggunakan APD.....	52
Gambar 4.18 <i>Pareto Chart</i> dari Tiap Waste.....	64
Gambar 4.19 <i>Pareto Chart</i> pada Waste Kategori <i>Defect</i> pada Proses <i>Welding</i>	66
Gambar 4.20 <i>Pareto Chart</i> pada Waste Kategori <i>Excess Processing</i> pada Proses <i>Welding</i>	69
Gambar 4.21 <i>Pareto Chart</i> pada Waste Kategori <i>Inventory</i> pada Proses <i>Welding</i> 72	

(Halaman sengaja dikosongkan)



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar-dasar dari dilakukannya penelitian ini. Dasar-dasar penelitian yang akan dibahas pada bab ini meliputi latar belakang diperlukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan manfaat penelitian yang akan didapat oleh perusahaan.

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya industri bidang manufaktur di Indonesia menuntut para pelaku industri untuk terus melakukan peningkatan kualitas pada perusahaannya agar dapat bersaing dengan yang lain. Menurut Russel (1996) kualitas pada suatu perusahaan sangatlah penting dan patut dipertimbangkan dalam persaingan pasar. Hal ini disebabkan karena kualitas itu sendiri memiliki fungsi pada perusahaan yaitu meningkatkan reputasi perusahaan, penurunan biaya produksi, peningkatan pangsa pasar, pertanggungjawaban produk, dampak internasional, dan penampilan produk itu sendiri. Jika dilihat dari segi produk, perusahaan harus mampu memproduksi barang atau jasa berkualitas yang mampu memenuhi permintaan dari konsumen. Produk barang atau jasa yang berkualitas akan menumbuhkan rasa puas pada konsumen sekaligus meningkatkan kepercayaan dan loyalitas konsumen kepada perusahaan.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2013), jika dilihat dari sektor industri barang logam, bukan mesin dan peralatannya di Indonesia, tahun 2013 merupakan tahun dimana perusahaan yang bergerak di bidang tersebut mencapai nilai tertinggi dilihat dari berbagai sudut pandang. Untuk jumlah perusahaan industri skala besar dan sedang yang mengolah barang logam non mesin mencapai angka tertinggi sejak tahun 2008 yaitu sebesar 966 unit. Demikian pula harga pasar perusahaan industri skala besar dan sedang mengalami kenaikan setiap tahunnya dimulai dari tahun 2008 dan mampu mencapai nilai tertinggi sebesar Rp 49.865 Milyar pada tahun 2013. Pertumbuhan industri di bidang ini tentu membuka peluang besar bagi perusahaan. Selain pasar yang semakin berkembang, persaingan dengan perusahaan-perusahaan lain menuntut agar pelaku industri di sektor ini

lebih fokus pada peningkatan kualitas produksi perusahaannya, baik dari segi kualitas produk barang atau produk jasa. Tidak menutup kemungkinan bahwa nilai-nilai tersebut akan mengalami kenaikan di tahun-tahun berikutnya.

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri pengolahan bahan logam adalah PT. X yang bertempat di Surabaya Industrial Estate Rungkut, Jawa Timur. Perusahaan ini bergerak di bidang *sheet metal job* dan fabrikasi dimana salah satu bahan bakunya yaitu *stainless steel* diolah sesuai dengan kebutuhan konsumen dan produksi perusahaan. Selain memproduksi OEM secara kontinyu, PT. X juga menyediakan jasa pengolahan logam bagi konsumen yang membutuhkan spesifikasi khusus (*make-to-order*). Dalam proses produksinya, PT. X hanya menggunakan tiga jenis bahan baku yaitu *mild steel*, *stainless steel*, dan *aluminium*. Sebagian besar mesin-mesin yang digunakan telah mengaplikasikan teknologi *computer-aided design* sehingga mampu menghasilkan produk berkualitas tinggi serta mengurangi *defect* yang ditimbulkan dari proses produksi manual.

Namun walaupun telah didukung dengan mesin produksi yang terotomasi, PT. X masih mengalami berbagai macam permasalahan dalam proses produksinya. Permasalahan-permasalahan tersebut berasal dari eksternal dan internal perusahaan. Salah satu contoh permasalahan yang berasal dari eksternal perusahaan adalah permasalahan yang di luar kendali perusahaan itu sendiri, misalnya adanya *defect* pada bahan baku dari *supplier* klien maupun pihak ketiga sehingga diperlukan proses penghalusan terlebih dahulu sebelum masuk proses produksi. Sedangkan contoh permasalahan dari internal perusahaan salah satunya disebabkan oleh pengoperasian fasilitas *workshop* yang tidak sesuai prosedur sehingga hasil *output* berbeda dengan yang spesifikasi yang telah ditetapkan.

Sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut, diperlukan pra-survey pada PT. X untuk mengetahui ada atau tidaknya permasalahan pada perusahaan tersebut. Pra-survey ini dilakukan untuk mengetahui *symptom* apa saja yang ditemui selama proses produksi berlangsung. Dari *symptom* yang didapat selanjutnya akan dirumuskan metode pengumpulan dan pengolahan data berdasarkan permasalahan yang ditemukan. Berdasarkan pra-survey yang dilakukan, ditemukan bahwa jumlah produksi perusahaan selama periode enam bulan mengalami penurunan pada bulan

September sampai dengan November dengan jumlah produksi terendah pada bulan November 2014 sebesar 2208 unit. Apabila dilihat dari segi produktivitas, dengan perbandingan *input* : *output* diketahui bahwa jumlah material yang disimpan lebih banyak daripada material yang berupa produk akhir. Berdasarkan data periode enam bulan, penurunan produktivitas telah terjadi pada bulan Agustus sampai dengan November 2014. Produktivitas terendah terjadi pada bulan November 2014 dengan *input* sebanyak 2629 unit sedangkan *output* sebesar 2208 unit. Berdasarkan kedua pra-survey tersebut dapat disimpulkan bahwa perusahaan mengalami beberapa permasalahan yaitu penurunan jumlah produksi dan tingkat produktivitas sehingga digunakan konsep *9-Wastes* (E-DOWNTIME) untuk lebih mengurai permasalahan yang ada pada perusahaan.

Terdapat sembilan kategori *waste* yang akan dibahas pada penelitian tugas akhir kali ini yaitu EHS, *defect*, *over production*, *waiting*, *non-utilized resources*, *transportation*, *inventory*, *motion*, dan *excess processing*. Menurut Mahfud Effendi (2014), *waste* yang paling sering terjadi adalah *defect*, *over production*, *waiting*, *inventory*, dan *excess processing*. *Defect* terjadi apabila dalam satu *batch* proses produksi, terdapat beberapa unit yang tidak sesuai spesifikasi disebabkan karena adanya kesalahan dalam proses produksinya. Untuk *waste* kategori *over production* terbilang cukup besar bahkan pernah mencapai 150%. *Over production* terjadi ketika pada proses produksi terdapat unit produk yang cacat namun tidak dilakukan *rework*, melainkan membuat kembali produk yang cacat tersebut menggunakan bahan baku yang baru. Perbandingannya adalah apabila perusahaan memproduksi 100 unit produk per *batch*, maka perusahaan memerlukan 40 unit tambahan untuk mengantisipasi produk cacat.

Waste kategori *waiting* berhubungan dengan *waste* kategori *inventory*. Seringkali bahan baku yang diperlukan perusahaan untuk proses produksi tidak datang tepat waktu. Kejadian tersebut terjadi pada perusahaan klien yang menentukan sendiri bahan bakunya sehingga PT. X harus menunggu bahan baku tersebut datang terlebih dahulu. Karena *inventory* yang masih kosong, maka PDO tidak dapat diproses sehingga menambah waktu *idle* dan berpotensi terlambatnya *deadline* produk selesai. *Waste* kategori *excess processing* terjadi ketika dilakukannya proses yang seharusnya tidak diperlukan. Salah satu kasus yang

membutuhkan *excess processing* pada proses produksi PT. X adalah ketika perusahaan tidak menggunakan bahan baku dari *supplier* sendiri melainkan dikirim langsung oleh *customer*. Ketika perusahaan membuka segel dari bahan baku yang berupa lembaran metal, ternyata ditemui beberapa cacat seperti goresan atau patahan pada permukaan bahan baku tersebut. Maka mau tidak mau perusahaan harus melakukan proses penghalusan atau proses *finishing* lain untuk menghilangkan cacat-cacat tersebut. Padahal apabila tidak ditemui cacat-cacat tersebut, PDO dari *customer* dapat langsung dikerjakan.

Apabila besarnya masing-masing *waste* dikonversikan ke dalam biaya, maka jumlah biaya yang terhitung akan dibebankan pada keuangan perusahaan dan pada akhirnya secara tidak langsung perusahaan akan menanggung biaya tambahan untuk mengeliminasi *waste* tersebut. Untuk mengatasi munculnya *waste* dari berbagai sektor, maka diperlukan identifikasi *waste* yang terjadi pada perusahaan secara mendalam agar dapat diidentifikasi sebab akibat dari *waste* tersebut dan dilakukan peningkatan kualitas proses produksi sehingga dapat mengurangi *waste* yang berpotensi muncul selama proses tersebut berlangsung.

Oleh karena itu pada penelitian tugas akhir ini akan diterapkan konsep *lean manufacturing* untuk menyelesaikan permasalahan yang ada serta memberikan usulan perbaikan guna meningkatkan kualitas proses produksi perusahaan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, permasalahan inti yang akan dibahas pada penelitian kali ini adalah bagaimana cara mengidentifikasi dan mengurangi *waste* yang muncul selama proses produksi berlangsung serta meningkatkan kualitas proses produksi dengan penerapan konsep *lean manufacturing*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah sebelumnya, maka tujuan dari dilakukannya penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi.

2. Mengetahui sumber permasalahan penyebab terjadinya *waste* yang mempengaruhi kualitas proses produksi.

3. Memberikan rekomendasi perbaikan pada perusahaan untuk mengurangi *waste* dan meningkatkan kualitas proses produksi.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh perusahaan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan dapat mengetahui *waste* apa saja yang ditimbulkan selama proses produksi berlangsung.

2. Mengeliminasi dan mengurangi kemungkinan terjadinya *waste* yang terjadi selama proses produksi.

3. Perusahaan memperoleh rekomendasi perbaikan untuk meminimalisir *waste* yang timbul selama proses produksi.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut ini akan dijelaskan mengenai batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian berlangsung.

1.5.1 Batasan

1. Penelitian dilakukan di bagian Production Area PT. X, khususnya pada proses produksi yang menggunakan bahan baku *stainless steel*.

2. Waktu penelitian dimulai pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2014.

3. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder.

1.5.2 Asumsi

1. Kebijakan perusahaan selama penelitian berlangsung tidak berubah secara signifikan yang berhubungan dengan proses produksi kondisi yang ada.

2. Proses produksi berjalan normal dan tidak mengalami perubahan secara signifikan selama penelitian berlangsung.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian dibagi menjadi beberapa bab dimana pada setiap bab akan dilakukan pembahasan penelitian yang disusun secara sistematis dan berkesinambungan sesuai dengan urutan kegiatan yang dilakukan untuk menganalisis dan menyelesaikan permasalahan yang ada sebelumnya. Berikut ini adalah sistematika penelitian tugas akhir :

- Bab I Pendahuluan

Pada bab pendahuluan akan dibahas mengenai hal-hal yang mendasari atas dilakukannya penelitian ini yaitu tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

- Bab II Tinjauan Pustaka

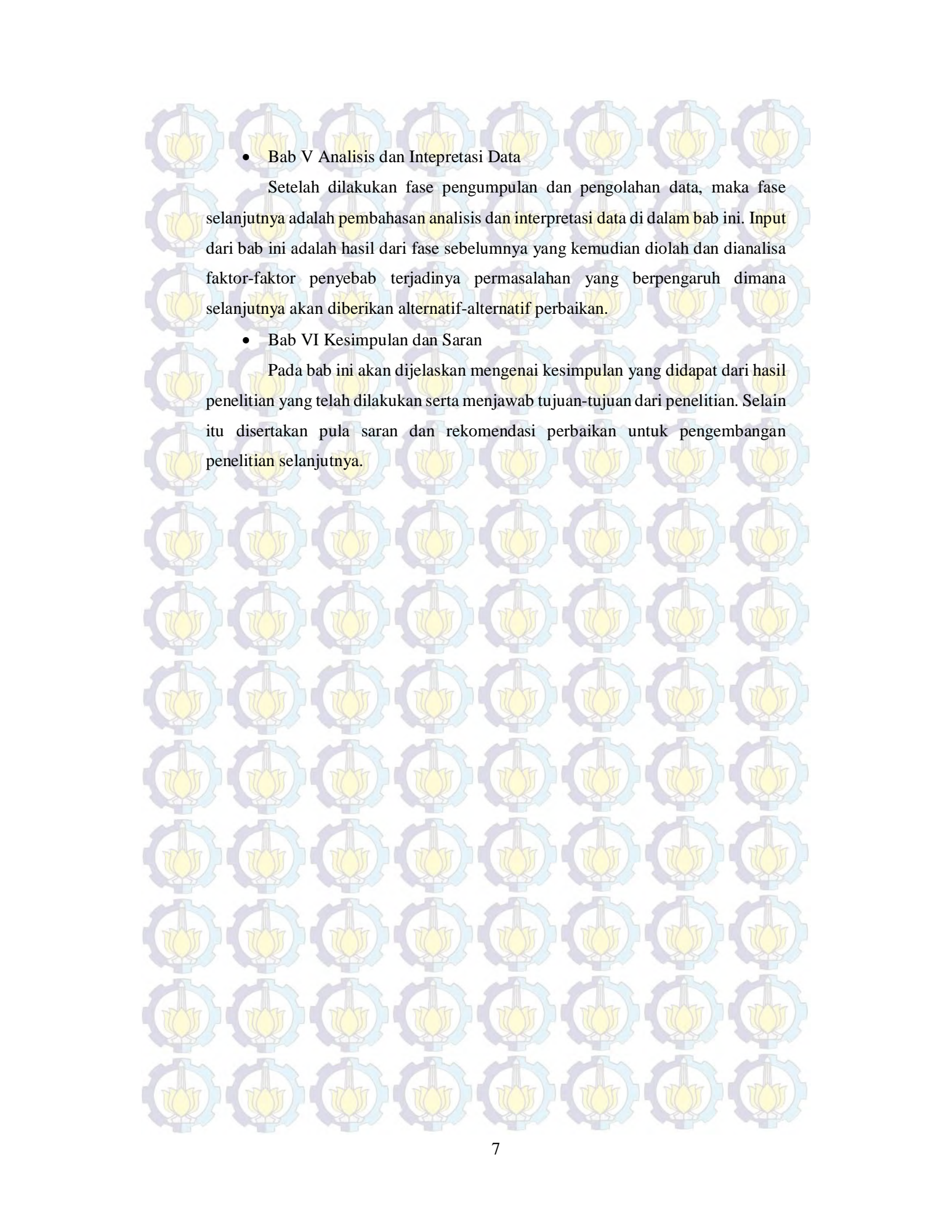
Pada bab ini akan diuraikan mengenai teori berupa konsep dan metode yang akan digunakan dalam penelitian ini. Teori-teori yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini bersumber dari berbagai referensi seperti jurnal, artikel, dan penelitian sebelumnya.

- Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini. Metodologi menggambarkan langkah-langkah yang dilakukan serta penggunaan metode secara sistematis dan saling berhubungan untuk penyelesaian penelitian tugas akhir ini.

- Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai pengolahan data yang diperoleh dengan menggunakan penerapan metode *lean manufacturing* dimulai dari deskripsi umum perusahaan, bagaimana proses memperoleh data, dan bagaimana mengolah data-data tersebut sehingga mampu menyelesaikan permasalahan yang ada. Data yang didapat berasal dari perusahaan objek amatan.



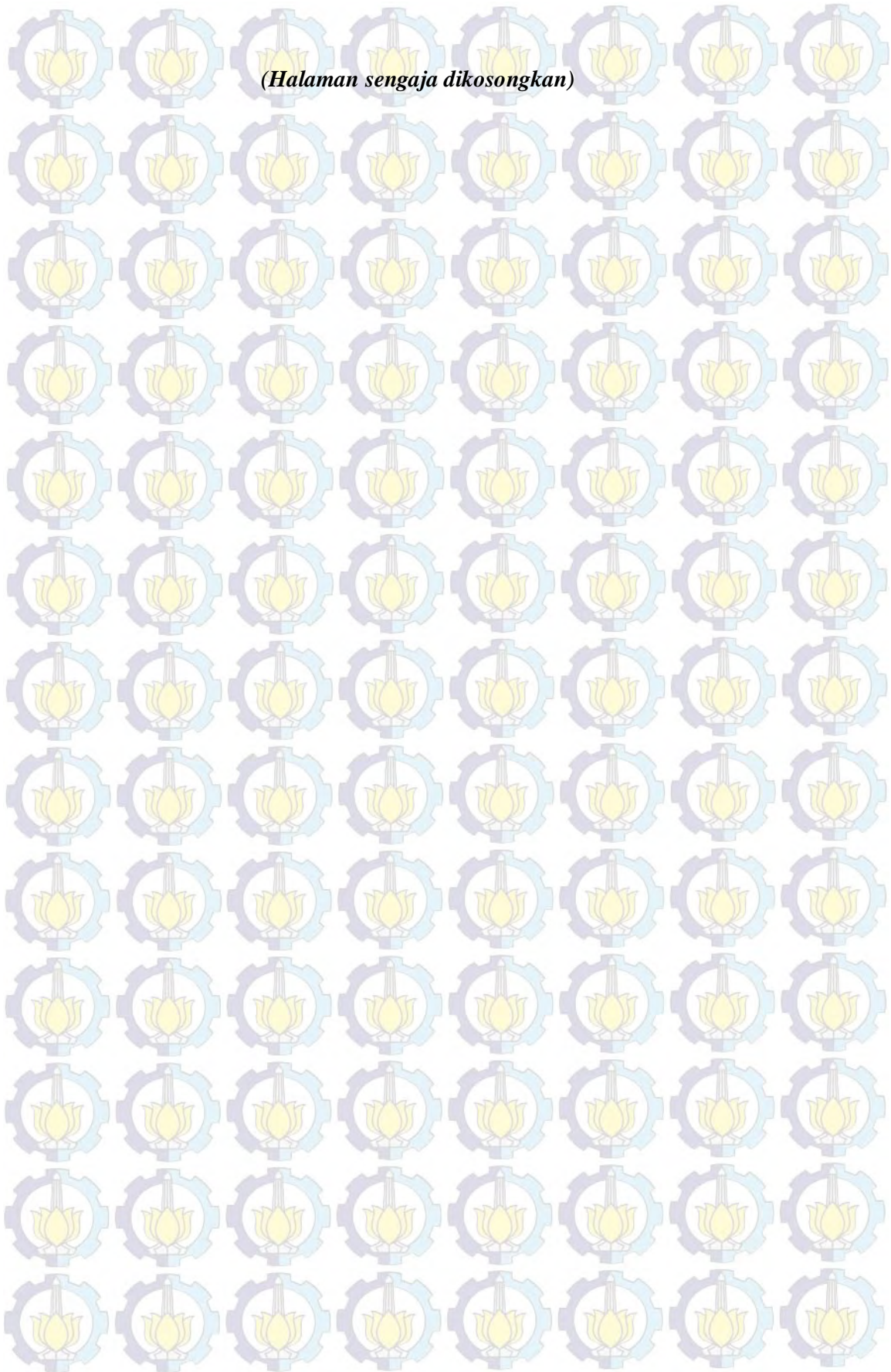
- Bab V Analisis dan Intepretasi Data

Setelah dilakukan fase pengumpulan dan pengolahan data, maka fase selanjutnya adalah pembahasan analisis dan interpretasi data di dalam bab ini. Input dari bab ini adalah hasil dari fase sebelumnya yang kemudian diolah dan dianalisa faktor-faktor penyebab terjadinya permasalahan yang berpengaruh dimana selanjutnya akan diberikan alternatif-alternatif perbaikan.

- Bab VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta menjawab tujuan-tujuan dari penelitian. Selain itu disertakan pula saran dan rekomendasi perbaikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

(Halaman sengaja dikosongkan)



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan mengenai teori, temuan, dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Teori-teori ini bersumber dari berbagai literatur, penelitian-penelitian terdahulu, jurnal, dan artikel. Adapun tinjauan pustaka yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini meliputi konsep kualitas, konsep *Lean Manufacturing*, *Pareto Diagram*, *9-Wastes (E-DOWNTIME)*, *Value Stream Mapping*, *Operation Process Chart (OPC)*, *Cost of Poor Quality (COPQ)*, *Root Cause Analysis (RCA)*, dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

2.1 Konsep Kualitas

Definisi dari kualitas tergantung pada peranan orang yang mendefinisikannya. Beberapa orang mendefinisikan kualitas adalah kinerja untuk mencapai standar, ada pula yang mendefinisikannya memenuhi kebutuhan konsumen atau memuaskan konsumen (Reid dan Sanders, 2005). Berikut ini adalah definisi kualitas secara umum, antara lain :

1. *Conformance to Specifications*

Mengukur seberapa baik produk atau layanan untuk memenuhi target dan toleransi yang telah ditentukan oleh desainer produk. Kesesuaian terhadap spesifikasi ini dapat secara langsung diukur, walaupun terkadang tidak secara langsung berelasi dengan ide konsumen mengenai kualitas.

2. *Fitness for Use*

Fokus pada seberapa baik produk dapat melakukan fungsinya atau kegunaannya.

3. *Value for Price Paid*

Definisi dari kualitas dimana sering digunakan oleh konsumen untuk kegunaan dari produk atau layanan. Hal ini merupakan satu-satunya definisi yang mengkombinasikan ekonomi dengan kriteria konsumen.

4. *Support Services*

Definisi ini digunakan untuk mengetahui seberapa sering kualitas dari produk atau layanan dinilai. Kualitas tidak hanya berlaku pada produk atau

layanan itu saja, akan tetapi juga berlaku pada orang-orang, proses, dan lingkungan organisasi yang berhubungan.

5. *Psychological Criteria*

Merupakan defines subyektif yang berfokus pada evaluasi penilaian dari kualitas produk atau jasa. Terdapat berbagai macam faktor yang mempengaruhi evaluasi, seperti misalnya nilai kemewahan dari produk.

Kualitas merupakan hal yang paling penting untuk diperhatikan dalam setiap proses produksi. Kualitas yang baik akan dihasilkan oleh proses yang terkendali. Pengendalian kualitas adalah salah satu aktivitas manajemen untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk dan membandingkan dengan spesifikasi yang ada sehingga dapat diambil tindakan perbaikan yang sesuai apabila ada perbedaan antara karakteristik yang sebenarnya dengan standar yang telah ditetapkan (Montgomery, 1990).

Menurut Liker (2004), apapun yang dilakukan ketika melakukan improvement pada kualitas adalah kembali pada proses dan orang. Siapapun bisa menghabiskan uang banyak untuk melakukan tindakan pencegahan terhadap menurunnya kualitas. Bagaimanapun juga prinsip kualitas harus kuat yaitu pada kekonsistenan tanggung jawab seluruh elemen perusahaan. Kualitas ditujukan untuk mengendalikan pelanggan agar tetap loyal terhadap perusahaan, sehingga tidak ada kejanggalan makna kualitas karena dengan meningkatkan nilai tambah pada pelanggan untuk menjaga bisnis perusahaan dan juga meningkatkan pendapatan untuk kelanjutan bisnis perusahaan.

Dengan adanya pengendalian kualitas, maka diharapkan penyimpangan-penyimpangan yang muncul dapat dikurangi secara bertahap dan proses dapat diarahkan menuju tujuan yang akan dicapai melalui proses yang terkendali. Pengendalian kualitas dikatakan berhasil jika proses yang dijalankan sesuai dengan yang diharapkan dan kecacatan produk dapat dikurangi seminimal mungkin.

2.2 *Lean Manufacturing*

Konsep *Lean* merupakan pendekatan yang sistematis dalam melakukan perbaikan berkesinambungan yang lebih menekankan pada pengurangan berbagai macam pemborosan yang tidak diperlukan baik itu berupa pemborosan aktivitas

maupun pemborosan sumber daya yang tidak memberikan nilai tambah pada produk. Menurut Gasperz (2007) *Lean* adalah konsep perampingan atau efisiensi dan tujuan utamanya yaitu meningkatkan terus-menerus *customer value* melalui peningkatan terus-menerus rasio antara nilai tambah terhadap *waste* (*the-value-to-waste ratio*). Konsep *Lean* seperti ini dapat diterapkan pada perusahaan manufaktur.

Dalam konsep *lean*, Womack dan Jones (2003) menyatakan bahwa terdapat lima prinsip dasar penerapan konsep *Lean* yaitu :

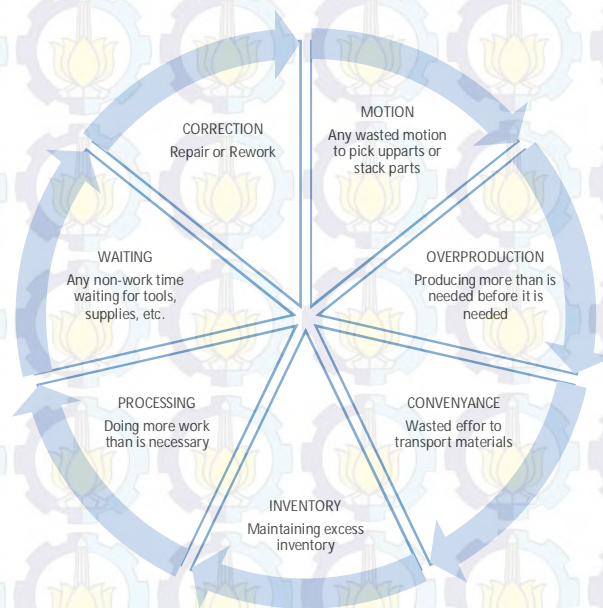
- *Specifying Value* : Mengidentifikasi nilai produk berdasarkan perspektif pelanggan, dimana pelanggan menginginkan produk dengan kualitas superior, harga kompetitif, dan penyerahan tepat waktu.
- *Identify Whole Value Stream* : Mengidentifikasi *value stream process mapping* (pemetaan proses pada *value stream*) yang meliputi semua langkah yang diperlukan untuk mendesain memesan dan memproduksi barang atau produk, untuk mencari *non added value activity*.
- *Flow Process* : Membuat *value flow*, yaitu semua aktivitas yang memberi nilai tambah disusun ke dalam satu aliran yang tidak terputus, dan menghilangkan *non added value activities*.
- *Pull System* : Mengatur agar material, informasi, dan produk dapat mengalir dengan lancar dan efisien sepanjang *value stream* dengan menggunakan *pull system*.
- *Perfection* : Perbaikan yang dilakukan secara terus-menerus sehingga *waste* yang terjadi dapat dihilangkan dari proses produksi yang berlangsung.

Berikut ini adalah macam-macam aktivitas yang terjadi dalam suatu organisasi (Hines dan Taylor, 2000) :

- *Value Adding* : Aktivitas dalam proses produksi yang memberikan nilai tambah pada suatu produk atau jasa.
- *Non-Value Adding* : Aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah apapun pada suatu produk atau jasa selama proses produksi. Aktivitas ini termasuk *waste* dan harus dieliminasi.

- *Necessary But Non-Value Adding* : Pada aktivitas ini tidak ada penambahan nilai tambah pada produk atau jasa tetapi proses yang dilakukan masih tetap diperlukan, misalnya adalah proses inspeksi.

Lean Manufacturing merupakan eliminasi *waste* yang terstruktur dimana pada metode ini berfokus pada bagaimana cara melakukan upaya *lean* pada aktivitas produksi. Metode ini dapat diaplikasikan pada kegiatan *engineering* dan administratif dengan baik. Dalam *lean* juga dikenal dengan istilah 3M yang berasal dari bahasa Jepang yaitu Muda (*waste*), Mura (*consistency*), dan Muri (*unreasonableness*). Untuk Muda (*Waste*) sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2.1 dimana menjelaskan 7 *wastes* tersebut antara lain adalah *waiting*, *correction*, *motion*, *overproduction*, *conveyance*, *inventory*, dan *processing* (Womack, 2007). Berikut ini adalah gambar tipe *waste* pada konsep *Lean*.

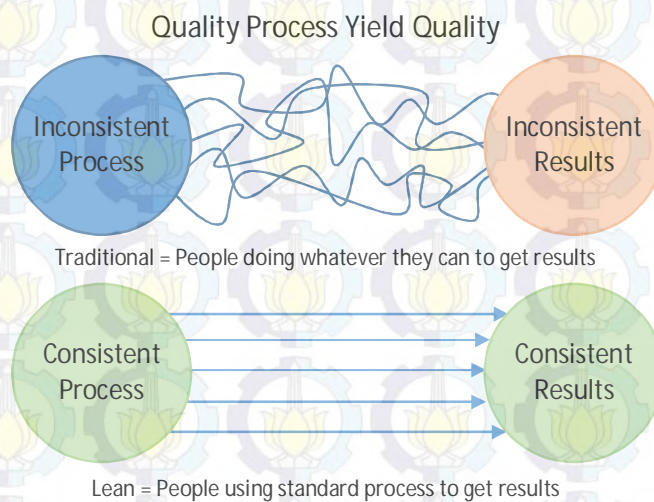


Gambar 2.1 Tipe Waste pada Konsep Lean

Waste pada Gambar 2.1 merupakan tipe *waste* yang sering terjadi pada proses manufaktur, salah satu contohnya adalah *processing*. Kebanyakan perusahaan tidak menganggap hal tersebut adalah *waste* karena pada proses produksi sering ditemui kondisi yang memerlukan *processing* lebih dari seperlunya. *Processing* sendiri apabila dikerjakan sesuai dengan kebutuhan produk maka dapat

menghemat baik waktu, biaya, tenaga kerja, dan material bahan baku. Sumber daya tersebut selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk proses lain. Menurut Womack (2007) *excess production* dianggap *waste* karena menggunakan sumber daya terlalu cepat dan menahan *value* pada produk sampai produk tersebut terjual.

Mura diartikan sebagai tidak konsistennya proses yang akan mempengaruhi hasil akhir produk karena antara proses dan hasil akhir sangat berhubungan erat. Semakin tinggi inkonsistensi proses, maka semakin tinggi pula variansi produk. Mura sendiri melingkupi semua aktivitas manufaktur yang dimulai dari proses, *material handling*, *engineering*, dan *management*. Berikut ini adalah gambaran mengenai Mura pada Gambar 2.2 (Womack, 2007).



Gambar 2.2 Permasalahan Inkonsistensi dalam Manufaktur

Selanjutnya adalah Muri atau *unreasonableness*. Muri sering kali terjadi pada perusahaan, dimana ketika terjadi suatu permasalahan, bukannya mencari solusi pemecahan namun selalu mencari seseorang untuk disalahkan. Hal tersebut tidak seharusnya terjadi karena apabila terdapat suatu permasalahan maka langkah terbaik yang dilakukan adalah mencari jalan keluar atau solusi dari permasalahan tersebut, bukan dengan menyalahkan pihak tertentu. Untuk menerapkan budaya baru dalam suatu perusahaan agar tidak saling menyalahkan, maka terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan yaitu :

- Melihat permasalahan bukan sebagai ancaman tapi sebagai peluang
- Melakukan kesalahan merupakan hal yang biasa terjadi
- Manusia bukan masalah, melainkan adalah *problem solver*.
- Penekanan terletak pada menemukan solusi daripada menemukan siapa yang salah.

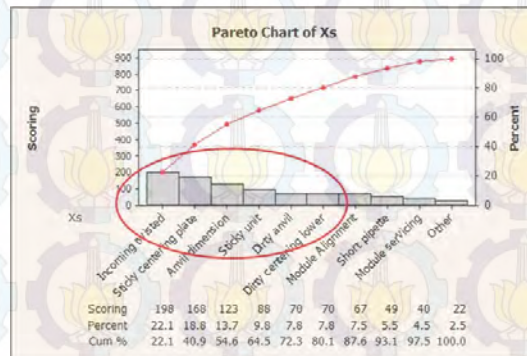
2.3 Pareto Chart

Diagram ini pertama kali diperkenalkan oleh Vilfredo Pareto yang merupakan ahli ekonomi dari Italia. Diagram ini berfungsi untuk mempermudah dalam proses mengidentifikasi permasalahan-permasalahan yang terjadi, memusatkan perhatian pada permasalahan-permasalahan yang bersifat kritis, menyatakan perbandingan masing-masing persoalan yang ada dan kumulatif secara keseluruhan, menunjukkan tingkat perbaikan setelah tindakan koreksi dilakukan dan menunjukkan perbandingan masing-masing persoalan sebelum dan sesudah diperbaiki.

Pareto diagram dapat diaplikasikan untuk proses perbaikan dalam berbagai macam permasalahan pada suatu proses, antara lain :

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

Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan permasalahan kritis menggunakan *pareto chart*.



Gambar 2.3 Contoh Perhitungan *Pareto Chart*

Prinsip *pareto diagram* dikenal dengan aturan 80/20 yang berarti 80% dari permasalahan yang terjadi berasal dari 20% dari semua permasalahan yang harus dihadapi untuk diselesaikan.

2.4 9-Wastes (E-DOWNTIME)

Waste didefinisikan sebagai hal-hal yang tidak berguna terhadap produk, baik barang maupun jasa. Menurut Gasperz (2006) terdapat Sembilan *waste* yang selalu ada dalam suatu perusahaan yang biasa disingkat E-DOWNTIME. Berikut ini adalah penjelasan dari E-DOWNTIME.

- *Environmental, Health, and Safety (EHS)*

Environmental, Health, and Safety (EHS) adalah jenis pemborosan yang terjadi karena kelalaian dalam memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan prinsip-prinsip EHS.

- *Defect*

Jenis pemborosan yang terjadi karena munculnya produk cacat atau kegagalan produk baik barang maupun jasa. *Defect* juga terjadi karena produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. *Defect* juga merupakan *waste* yang selalu terlihat pada perusahaan manufaktur karena bersentuhan langsung dengan *profit* dan *cost* perusahaan.

- *Over Production*

Jenis pemborosan yang terjadi akibat produksi melampaui jumlah yang telah direncanakan sebelumnya. Pemborosan semacam ini akan menyebabkan banyaknya sumber daya yang terbuang sia-sia karena produk yang dihasilkan tidak dapat terjual di pasar.

- *Waiting*

Waiting adalah jenis pemborosan yang terjadi karena proses produksi terhambat sehingga proses selanjutnya harus menunggu proses sebelumnya menyelesaikan pekerjaannya. Penyebab dari pemborosan ini antara lain adalah terjadinya *maintenance* mesin sehingga tidak dapat digunakan dan *bottleneck* pada suatu mesin sehingga mesin berikutnya yang hendak digunakan harus menunggu proses produksi dari mesin sebelumnya. *Work-In-Process (WIP)* juga merupakan

penyebab dari *waste* ini. Unit produk yang diproduksi dalam jumlah banyak dan disimpan sebagai WIP merupakan *waste* dan memperpanjang waktu total untuk memproduksi semua unit produk.

- *Non-Utilizing Employees*

Jenis pemborosan sumber daya manusia yang terjadi karena karyawan sebagai sumber daya tidak mampu melakukan pekerjaannya secara optimal yang disebabkan kurangnya pengetahuan, ketrampilan, dan kemampuan.

- *Transportation*

Merupakan jenis pemborosan yang terjadi karena transportasi yang berlebih sepanjang proses *Value Stream Mapping* sehingga terbuangnya biaya, tenaga kerja, dan waktu.

- *Inventory*

Waste yang terjadi karena diperlukannya bahan baku produksi pada *inventory* yang berlebihan, baik yang disebabkan karena adanya *delay* atau *overproduction*. Dampak yang ditimbulkan adalah biaya penyimpanan akan bertambah, menurunnya level pelayanan terhadap konsumen, serta penurunan nilai barang yang disimpan. Banyak perusahaan yang dengan sengaja memesan bahan baku dalam jumlah yang lebih besar daripada seperlunya untuk mengantisipasi *waste* yang mungkin terjadi dalam proses produksi. Apabila jumlah bahan baku berlebih tersebut pada akhirnya tidak digunakan maka hal tersebut juga termasuk dalam *waste*.

- *Motion*

Jenis pemborosan ini terjadi karena banyaknya pergerakan lebih dari yang seharusnya sepanjang proses *Value Stream Mapping*. Hal ini akan menyebabkan kelelahan fisik terhadap karyawan dan juga menambah waktu dan biaya proses produksi.

- *Excess Processing*

Merupakan *waste* yang terjadi karena diperlukannya langkah-langkah dalam proses produksi yang lebih dari seharusnya. Pada kategori ini meliputi proses atau prosedur yang tidak perlu seperti pengerjaan ulang (*rework*) dimana *rework* merupakan salah satu penyebab terbesar dari terjadinya *excess processing*.

2.5 *Operation Process Chart*

Menurut Wignjoseobroto (2006), *Operation Process Chart* merupakan peta kerja yang menggambarkan urutan kerja dengan jalan membagi pekerjaan tersebut ke dalam elemen-elemen operasi secara detail. Oleh karena itu dengan dibuatnya OPC maka dapat mempermudah penggambaran peta kegiatan kerja secara sistematis. Pada OPC terdapat beberapa data yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut seperti lama waktu yang terpakai untuk suatu proses, material yang digunakan, mesin yang dipakai, dan lain-lain.

Menurut Sतालaksana (1979), *Operation Process Chart* merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan baku mengenai urutan operasi dan pemeriksaan. Urutan operasi dimulai dari awal proses sampai menjadi produk akhir maupun komponen produk. Informasi-informasi yang ada pada *Operation Process Chart* meliputi waktu yang dihabiskan, material yang digunakan, dan mesin yang digunakan. Sehingga pada proses peta operasi yang dicatat hanyalah kegiatan-kegiatan operasi, pemeriksaan, dan penyimpanan (*storage*).

Terdapat empat hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *Operation Process Chart* (Sतालaksana, 1979) yaitu :

1. Bahan-bahan

Diperlukan pertimbangan dari setiap alternatif bahan yang digunakan sehingga sesuai dengan fungsi, reliabilitas, pelayanan, dan waktu yang dihabiskan.

2. Operasi

Diperlukan pertimbangan mengenai semua alternatif yang mungkin untuk tiap proses produksi. Perbaikan yang dapat diusulkan misalnya menghilangkan, menggabungkan, merubah, atau menyederhanakan operasi-operasi yang terjadi.

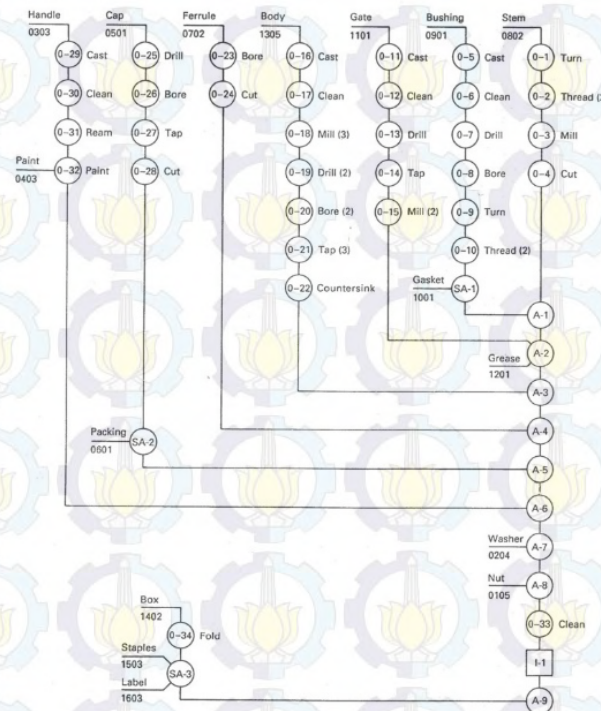
3. Pemeriksaan

Suatu objek dikatakan telah memenuhi standar kualitas jika setelah dibandingkan dengan spesifikasi ternyata lebih baik atau minimal sama.

4. Waktu

Untuk mempersingkat waktu penyelesaian, dipertimbangkan semua alternatif yang dimungkinkan meliputi metode, peralatan, dan penggunaan perlengkapan-perengkapan khusus.

Berikut ini adalah contoh pembuatan *Operation Process Chart* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh *Operation Process Chart*

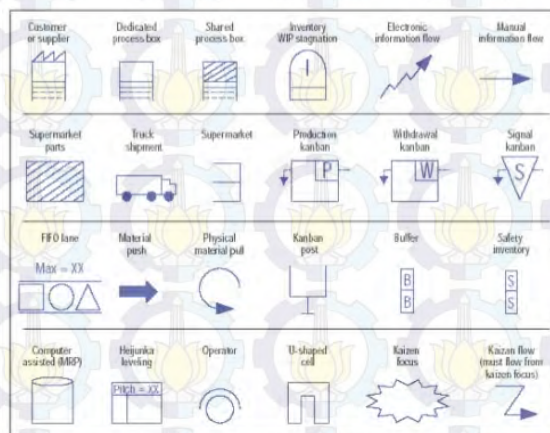
2.6 Value Stream Mapping

Menurut Apel, W. (2007) Value Stream Mapping (VSM) merupakan sebuah metode untuk menggambarkan proses secara visual untuk memahami alur proses dan aktivitas yang digunakan untuk memproduksi sebuah produk. Dengan metode ini, dapat dilakukan identifikasi terhadap aktivitas *value added* atau aktivitas *non value added*, peluang-peluang peningkatan efisiensi dan improvisasi yang bisa dilakukan terhadap proses (Network, 2011). VSM biasanya digunakan untuk menilai proses manufaktur saat ini dan untuk membuatnya menjadi lebih optimal pada *future state*.

Terdapat lima fase menurut Hines (2000) yang dapat dilakukan untuk menggambarkan sebuah *value stream mapping* pada suatu aktivitas produksi. Kelima fase tersebut adalah :

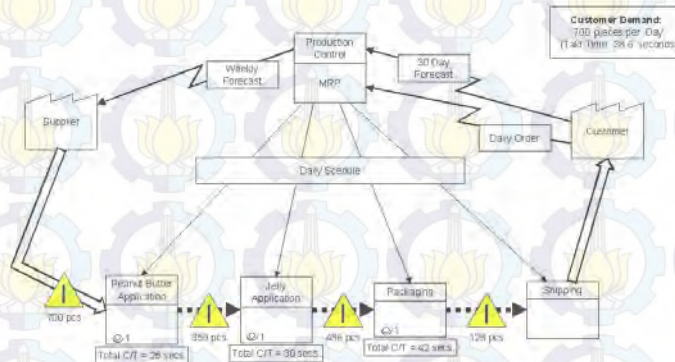
1. Cari keinginan konsumen. Pada tahap ini dilakukan identifikasi produk terhadap keinginan konsumen yang meliputi jumlah produk yang diminta, *lead time* produk, *part* yang dibutuhkan, dan sebagainya.
2. Gambarkan aliran informasi proses. Pada fase ini diperoleh metode untuk menentukan jumlah produksi, jumlah per unit produksi dan juga waktu yang diperlukan selama proses produksi.
3. Gambarkan aliran fisik. Pada fase ini digambarkan aliran material dari *supplier* yang masuk ke perusahaan. Ditentukan berapa waktu yang dibutuhkan di setiap aktivitas, jumlah produksi, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, waktu proses, dan lain-lain.
4. Hubungkan antara aliran informasi dan aliran fisik. Pada fase ini mulai dilakukan identifikasi mengenai siapa yang bertugas untuk menentukan dan menginstruksikan proses, dan siapa yang berwenang apabila terjadi kesalahan ketika proses berlangsung.
5. Gambarkan peta akhir keseluruhan. Pada fase ini digambarkan sebuah garis yang menunjukkan jumlah waktu yang dibutuhkan, baik aktivitas *value added* atau aktivitas *non value added*.

Di bawah ini adalah contoh-contoh symbol yang digunakan dalam pembuatan *value stream mapping* pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Contoh Simbol dalam Value Stream Mapping

Berikut ini adalah contoh penggambaran visual sebuah *value stream mapping* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contoh Value Stream Mapping

2.7 *Cost of Poor Quality*

Cost of Poor Quality (COPQ) adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk menentukan apakah *output* yang dihasilkan diterima atau tidak, dan seluruh biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan dan konsumen karena *output* yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi atau ekspektasi konsumen.

Menurut Harrington (1991) dalam buku “*Business Process Improvement*” terdapat beberapa elemen dalam COPQ.

2.7.1 *Direct COPQ*

Terdapat dua kategori utama COPQ yaitu *direct* dan *indirect*. Dari kedua kategori tersebut, *direct* COPQ merupakan kategori yang lebih mudah dipahami dan digunakan oleh pihak manajemen perusahaan karena bersifat lebih obyektif. *Direct* COPQ banyak ditemui dalam buku kas perusahaan dan dapat diverifikasi oleh akuntan perusahaan. Biaya tersebut termasuk seluruh biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan karena pihak manajemen khawatir ketika para pekerja akan membuat error, seluruh biaya yang dikeluarkan ketika terjadi *error*, dan seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memberikan pelatihan pada karyawan agar dapat melakukan pekerjaannya secara efektif. *Direct* COPQ meliputi dua pengeluaran utama, yaitu :

- **Controllable COPQ**

Controllable COPQ merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk memastikan bahwa hanya produk dan layanan yang dapat diterima oleh konsumen yang diberikan kepada konsumen.

- **Resultant COPQ**

Resultant COPQ merupakan seluruh biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan karena *error* yang terjadi, atau dapat dikatakan, seluruh biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan karena seluruh aktivitas yang dilakukan tidak dilakukan dengan sesuai setiap waktu.

2.7.2 *Indirect COPQ*

Pada kategori ini biaya yang dihitung tidak secara langsung diukur, namun merupakan bagian dari siklus hidup produk COPQ. *Indirect* COPQ dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu :

- Customer – Incurred COPQ

Biaya yang ditimbulkan ketika *output* gagal memenuhi ekspektasi atau permintaan dari konsumen.

- Customer – Dissatisfaction COPQ

Pada kategori ini hasil yang didapat bersifat biner. Apakah konsumen merasa puas atau tidak. Jarang ditemui pilihan konsumen berada di antara kedua pilihan tersebut.

- Loss-of-Reputation COPQ

Biaya yang dikeluarkan disebabkan oleh hilangnya reputasi perusahaan. Kategori ini berbeda dengan *Customer – Dissatisfaction* COPQ karena pada kategori *Loss-of-Reputation* COPQ ini lebih merefleksikan perilaku konsumen terhadap perusahaan bukan dari lini produksi.

2.8 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan kemungkinan-kemungkinan kegagalan, dampaknya terhadap sistem (*severity*), kemungkinan terjadinya (*occurrence*), dan kemungkinan

terdeteksinya sebuah kegagalan (*detection*). Dalam melakukan FMEA, hal yang harus dilakukan adalah membuat tabel yang akan membantu analisa. Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan FMEA sebagai berikut :

1. Melakukan pengamatan terhadap proses
2. Hasil pengamatan digunakan untuk menentukan defect potensial
3. Mengidentifikasi potensial penyebab dari defect yang terjadi
4. Mengidentifikasi akibat yang ditimbulkan
5. Menetapkan nilai-nilai (*severity, occurrence, detection*)
6. Memasukkan kriteria nilai sesuai dengan 3 kriteria yang telah dibuat sebelumnya
7. Mendapatkan nilai RPN (*Risk Potential Number*) dengan cara mengalikan nilai SOD (*severity, occurrence, detection*)
8. Pusatkan perhatian pada nilai RPN yang tertinggi dan segera lakukan perbaikan terhadap *potential cause*, alat kontrol, dan efek yang diakibatkan
9. Memberikan usulan perbaikan
10. Membuat *quality plan* (Wijaya dan Rahardjo, 2013)

Manfaat dari penggunaan FMEA ini antara lain adalah :

1. Meningkatkan reputasi dan penjualan produk.
2. Mengurangi kebutuhan untuk perubahan-perubahan rekayasa sehingga menurunkan biaya dan mengurangi waktu siklus pengembangan produk.
3. Mengidentifikasi masalah-masalah potensial sebelum dilakukan proses produksi.
4. Membantu menghindari scrap dan pekerjaan ulang (*rework*).
5. Mengurangi banyaknya kegagalan produk yang dialami oleh pelanggan sehingga akan meningkatkan kepuasan pelanggan.
6. Menjamin suatu *start-up* produksi yang lebih baik.

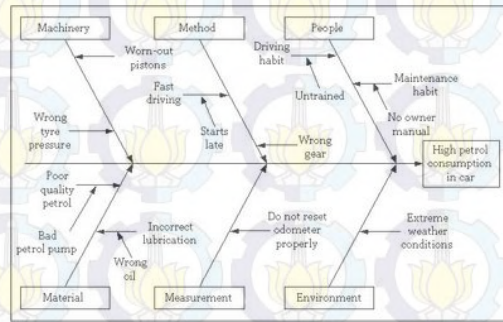
2.9 Root Cause Analysis (RCA)

Menurut Atagoren, C. dan O. Chouseinoglou (2014) *Root Cause Analysis* dan *fishbone (cause and effect) diagram* pada umumnya digunakan untuk

mengidentifikasi alasan yang mungkin (*root cause*) dari situasi dan permasalahan yang spesifik, fokus kepada keyakinan bahwa *defect* akan dapat terselesaikan dengan usaha yang tepat atau menghilangkan *root cause*.

Menurut Sondalini (2004), metode 5 Why's dapat membantu untuk menentukan hubungan *cause-effect* dalam suatu permasalahan atau kegagalan. Penggunaan 5 Why's termasuk sederhana dan dengan mudah diselesaikan tanpa analisa statistik. Metode ini dilakukan dengan menanyakan *why* pertama dimulai dengan *statement* dari situasi yang terjadi dan menanyakan mengapa hal tersebut terjadi. Kemudian dilanjutkan dengan *why* kedua berdasarkan jawaban *why* pertama. Dan jawaban dari *why* kedua menjadi pertanyaan untuk *why* selanjutnya, dan seterusnya.

Berikut ini adalah contoh penggunaan metode *fishbone diagram* dan 5 Why's.



Gambar 2.7 Contoh Penggunaan Fishbone Diagram

5 Why Question Table			
Team Members:		Date:	
Problem Statement: On your way home from work your car stopped in the middle of the road.			
Estimated Total Business-Wide Costs: Taxi fare x 2 = \$50, Lost 2 hours pay = \$100, Order was late to Customer because Storemen did not get to work in time to dispatch delivery and Customer imposed contract penalty of \$25,000, Lost Customer and all future income from them, estimated to be \$2Million in the next 10 years.			
Recommended Solution: Carry a credit card to access money when needed.			
Latent Issues: Putting all the money into gambling shows lack of personal control and responsibility over money.			
Why Questions:	3W2H Answers (with what, when, where, how, how much)	Evidence	Solution
1. Why did the car stop?	Because it ran out of gas in a back street on the way home	Car stopped at side of road	
2. Why did gas run?	Because I didn't put any gas into the car on any way to work this morning	Fuel gauge showed empty	Contact work and get someone to pick you up
3. Why didn't you buy gas this morning?	Because I didn't have any money on me to buy petrol.	Wallet was empty of money	Keep a credit card in the wallet
4. Why didn't you have any money?	Because last night I lost it in a poker game I played with friends at my buddy's house.	Poker game is held every Tuesday night	Stop going to the game
5. Why did you lose your money in last night's poker game?	Because I am not good at 'bluffing' when I don't have a good poker hand and the other players jack-up the bets.	Has lost money in many other poker games	Go to poker School and become better at 'bluffing'
6. Why			

Gambar 2.8 Contoh Penggunaan 5 Why's Table

Wedgwood (2006) mengklasifikasikan kelima penyebab permasalahan ke dalam beberapa kelas. Berikut ini adalah klasifikasi kelas-kelas tersebut :

Why ke-1 : Symptom

Why ke-2 : Excuse

Why ke-3 : Blame

Why ke-4 : Cause

Why ke-5 : Root Cause

Adapun langkah-langkah dalam menyusun RCA menurut Faith Chalender (2004) adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi dan memperjelas definisi kejadian yang tidak diharapkan
2. Mengumpulkan data
3. Membuat sebuah garis waktu (timeline)
4. Menempatkan kejadian-kejadian dan kondisi-kondisi pada event dan casual factor tree
5. Menggunakan diagram pohon atau metode lain untuk mengidentifikasi seluruh penyebab yang berpotensi
6. Mengidentifikasi model kegagalan sampai pada model kegagalan paling bawah.

2.10 Critical Review

Beberapa penelitian terkait dengan konsep *lean*, *lean manufacturing*, dan *tools* yang digunakan untuk penerapan konsep *lean* telah banyak yang diterbitkan dan dipublikasikan. Pada bab ini akan ditampilkan beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan konsep *lean* dan *lean manufacturing* serta simulasi menggunakan program Arena dengan kasus yang berbeda. Pembahasan pada bab ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini.

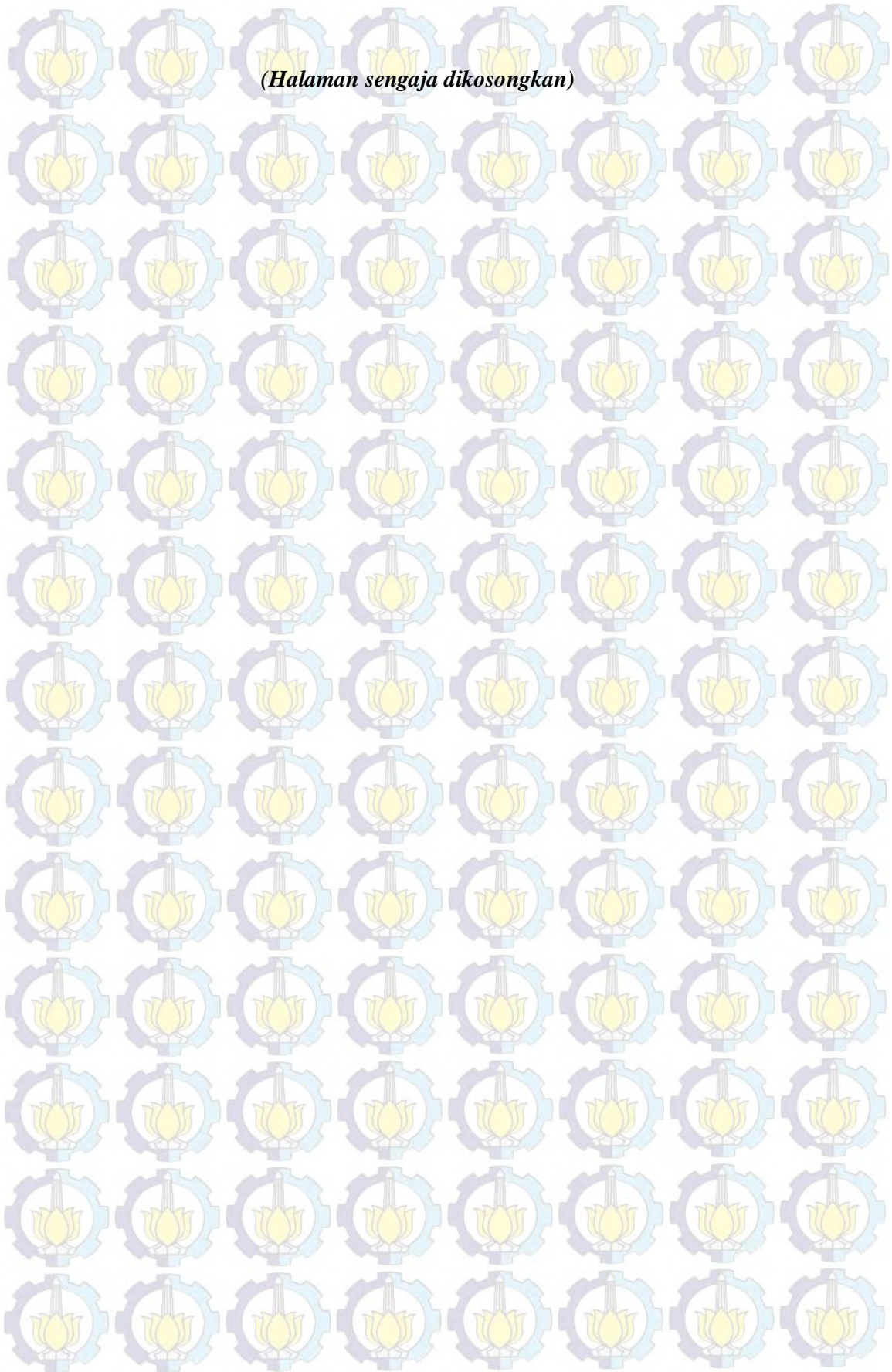
Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Hysmi Ramadan Adi Nugroho dengan judul Reduksi *Waste* dan Peningkatan Kualitas pada Proses Produksi *Roll Gilingan Tebu* dengan Pendekatan Metodologi *Lean Six Sigma* (Studi Kasus : PT. Barata Indonesia, Gresik). Pada penelitian tersebut penulis menemukan

permasalahan pada perusahaan objek amatan yaitu munculnya berbagai macam *waste* selama proses produksi berlangsung. Beberapa *waste* yang ditemukan berpotensi mengurangi kualitas dari hasil akhir proses produksi dan menghasilkan nilai sigma sebesar 2,69. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka penulis menggunakan *tools* DMAIC Six Sigma, FMEA, dan RCA. Setelah dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, ditemukan alternatif perbaikan yang mampu menurunkan jumlah total *defect* sebesar 60% dan meningkatkan nilai sigma menjadi sebesar 3.05.

Penelitian lain yang pernah dilakukan adalah Peningkatan Kualitas pada Proses Produksi dengan Pendekatan Lean Manufacturing (Studi Kasus : PT. Philips Lighting Surabaya) yang ditulis oleh Muhammad Yogie Wiratmoko. Pada penelitian ini penulis melakukan analisa terhadap 7-*Wastes* yang muncul selama proses produksi. Dari permasalahan yang ada, penulis menerapkan konsep *Lean Manufacturing* untuk meningkatkan kualitas proses produksi. *Tools* yang digunakan adalah *Value Stream Mapping* (VSM) untuk melakukan *mapping*, COPQ, RCA, dan FMEA. Setelah dilakukan penelitian maka diperoleh alternatif perbaikan yang diusulkan pada perusahaan objek amatan untuk peningkatan kualitas.

Pada tugas akhir ini penulis menganalisa tentang 9-*Wastes* yang muncul pada perusahaan objek amatan yaitu PT. X dengan menerapkan konsep *lean manufacturing*. *Tools* yang akan digunakan adalah *Value Stream Mapping*, COPQ, RCA, dan FMEA. Melalui VSM penulis dapat mengetahui aktivitas yang *non value-added* dan mengidentifikasi 9-*Wastes* apa saja yang muncul kemudian selanjutnya mencari *waste* yang paling berpengaruh dengan menggunakan COPQ. Setelah diketahui *waste* yang paling berpengaruh maka dicari akar penyebabnya dengan menggunakan RCA. Selanjutnya adalah mencari nilai RPN dengan FMEA yang kemudian akan diperoleh beberapa alternatif perbaikan. Dari beberapa alternatif yang didapat, dihitung biaya dari setiap alternatif kemudian dipilih alternatif terbaik dengan *value* yang tertinggi.

(Halaman sengaja dikosongkan)



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai tahap-tahap yang perlu dilakukan selama penelitian berlangsung secara sistematis. Tahap-tahap ada pada metodologi penelitian ini yaitu tahap identifikasi permasalahan, pengumpulan dan pengolahan data, analisa dan perbaikan, dan tahap terakhir adalah tahap penarikan kesimpulan dan saran.

3.1 Tahap Identifikasi Permasalahan

Tahap identifikasi permasalahan merupakan tahap awal dalam pengerjaan penelitian. Tahap ini berguna untuk mencari permasalahan-permasalahan apa yang terjadi pada perusahaan objek amatan sekaligus menentukan data-data apa yang diperlukan untuk mendukung proses pengolahan data. Tahap ini terdiri dari beberapa langkah yaitu *preliminary literature study*, identifikasi permasalahan, studi literature, penetapan tujuan penelitian, dan ruang lingkup penelitian.

3.1.1 Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan penetapan perusahaan sebagai objek amatan penelitian yang akan digunakan untuk mengaplikasikan metode yang digunakan. Setelah didapatkan perusahaan objek amatan maka selanjutnya dilakukan identifikasi permasalahan-permasalahan yang akan diselesaikan melalui tugas akhir ini. Pada tahap ini pula ditentukan area penelitian yaitu sejauh mana penelitian dilakukan. Area penelitian meliputi batasan dan ruang lingkup permasalahan pada proses produksi PT. X.

3.1.2 Perumusan Masalah

Setelah dilakukan identifikasi permasalahan yang ada, kemudian dari permasalahan tersebut dirumuskan menjadi sebuah kerangka dalam pengerjaan tugas akhir ini. Fokus masalah yang akan dipecahkan dalam penelitian tugas akhir ini adalah mengurangi *waste* dan meningkatkan kualitas proses produksi pada PT. X dengan menerapkan konsep *lean manufacturing*.

3.1.3 Penentuan Tujuan

Dengan ditemukannya permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan objek amatan, kemudian dilakukan penentuan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengidentifikasi *waste* selama proses produksi berlangsung, mencari *waste* yang paling berpengaruh dan menemukan akar permasalahannya, serta memberikan rekomendasi perbaikan pada perusahaan untuk meningkatkan kualitas proses produksi PT. X.

3.1.4 Studi Literatur

Tahap selanjutnya adalah melakukan pencarian berbagai referensi agar dapat mendukung proses pengerjaan tugas akhir. Referensi yang akan digunakan akan disesuaikan dengan permasalahan yang diangkat. Penggunaan referensi ini dapat mendukung pengerjaan tugas akhir sehingga menjadi lebih terarah karena memiliki dasar dan pedoman yang kuat dalam menyelesaikan permasalahan yang diangkat dan mencapai tujuan penelitian. Literatur yang digunakan berasal dari buku teks, jurnal-jurnal penelitian, dan penelitian tugas akhir. Adapun literatur yang digunakan antara lain definisi dan detail dari konsep kualitas, konsep *Lean Manufacturing*, *Pareto Diagram*, *9-Wastes (E-DOWNTIME)*, *Value Stream Mapping*, *Cost of Poor Quality (COPQ)*, *Root Cause Analysis (RCA)*, dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

3.1.5 Studi Lapangan

Studi lapangan adalah melakukan pengamatan langsung terhadap proses atau objek yang akan diteliti misalnya proses-proses yang terjadi untuk melakukan produksi pada perusahaan, mencari permasalahan-permasalahan yang akan diangkat pada penelitian tugas akhir, dan melakukan pengecekan apakah data-data yang dibutuhkan tersedia atau tidak. Data-data tersebut selanjutnya akan menjadi *input* pada bagian pengolahan data.

3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dijelaskan tentang tahapan yang akan dilakukan untuk mengumpulkan dan mengolah data. Adapun tahap-tahap pengumpulan dan pengolahan data adalah sebagai berikut.

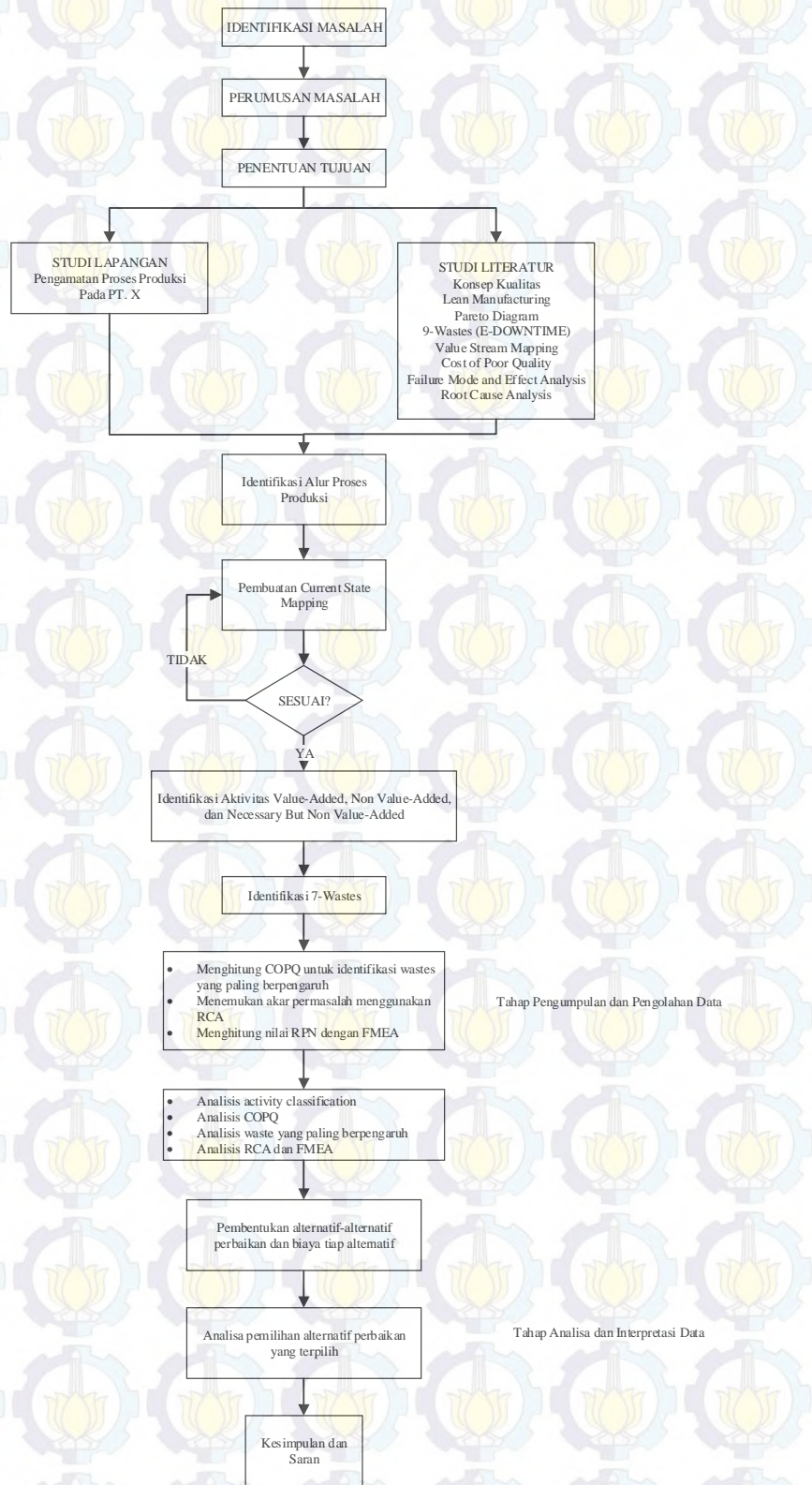
1. Identifikasi kondisi *existing* terhadap alur proses produksi pada objek amatan disertai dengan *value stream mapping*.
2. Membuat identifikasi aktivitas *value-added*, *non value-added*, dan *necessary non value-added*.
3. Identifikasi waste yang muncul pada proses produksi dan menentukan waste yang paling berpengaruh.
4. Menentukan akar penyebab waste dengan menggunakan RCA dan menghitung FMEA.

3.3 Tahap Analisa dan Interpretasi Data

Pada tahap analisa dan interpretasi data ini dilakukan penentuan alternatif-alternatif perbaikan yang paling sesuai dengan kondisi perusahaan serta analisa hasil identifikasi dari data-data ataupun proses yang ada pada tahap-tahap sebelumnya. Analisa dilakukan pada proses klasifikasi aktivitas sampai dengan nilai RPN tertinggi pada FMEA. Setelah itu dibentuk alternatif perbaikan, dan analisa alternatif perbaikan yang terpilih.

3.4 Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahapan terakhir dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini. Kesimpulan diambil berdasarkan analisa yang telah dilakukan dan menjawab dari tujuan di awal penelitian. Saran atau rekomendasi diberikan mengenai perbaikan-perbaikan yang diusulkan oleh peneliti kepada pihak perusahaan. Berikut ini adalah *flowchart* metodologi penelitian yang digunakan sebagai panduan dalam penelitian tugas akhir ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahap pengumpulan dan pengolahan data secara sistematis. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh melalui penyebaran kuisioner, wawancara, dan hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari data historis milik perusahaan yang berkaitan dengan aktivitas-aktivitas yang diamati. Informasi dan data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan diolah melalui beberapa tahapan sesuai dengan metodologi yang telah direncanakan pada bab sebelumnya sehingga diharapkan akan menghasilkan *output* guna mengatasi permasalahan yang ada.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum perusahaan dari PT.X selaku perusahaan objek amatan penelitian tugas akhir ini.

4.1.1 Sejarah dan Profil Perusahaan

PT. X merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang *job shop* dan fabrikasi bahan baku *sheet metal* yang berlokasi di daerah Surabaya Industrial Estate Rungkut. Perusahaan ini telah berdiri sejak tahun 2003 dan saat itu hanya memiliki 14 orang tenaga kerja. Saat ini perusahaan memiliki 83 orang tenaga kerja meliputi 10 orang *programmer*, 16 orang di bagian *office*, dan 57 orang di bagian produksi. Perusahaan memiliki dua gedung *office* yaitu *head office* yang terletak di Surabaya dan *representative office* yang terletak di DI Yogyakarta.

Proses bisnis yang dilakukan oleh perusahaan adalah di bidang jasa pemotongan *sheet metal* dan produksi OEM secara kontinyu. Proses produksi dilakukan melalui proses *cutting*, *forming*, *welding*, dan lain-lain. Perusahaan sendiri telah memiliki sertifikasi internasional yaitu ISO 9001 : 2008

Dalam proses produksinya, perusahaan menggunakan tiga macam *sheet metal* yang akan diolah yaitu *mild steel* (MS), *stainless steel* (SUS), dan *aluminium* (AL). dari ketiga bahan baku tersebut, selanjutnya akan diolah menjadi produk

OEM dan produk *customize*. Untuk produk *customize*, perusahaan melayani berbagai macam produk antara lain :

- Fasilitas fabrikasi : *ducting, conveyor, elevator*, dan lain-lain
- Arsitektur : partisi dinding, papan penunjuk arah, pagar atau teralis, dan lain-lain
- Fasilitas umum : *information center, barcode scanner, fingerprint scanner*, dan lain-lain.

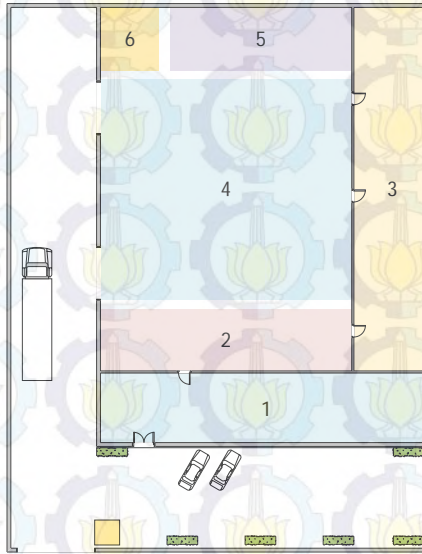
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Perusahaan memiliki visi yaitu “*To Be The Respected World Class Sheet Metal Job Shop That Gives Large Contribution to Industry and Community*” (Untuk menjadi perusahaan *sheet metal job shop* berkelas dunia yang memberikan kontribusi besar untuk industry dan komunitas). Sedangkan misi dari perusahaan adalah “*To Provide Excellent Machining Services and Solution for Sheet Metal Industry at The Most Customer Experiences*” (Mendukung layanan permesinan yang unggul dan solusi untuk industri *sheet metal*).

4.1.3 Layout dan Fasilitas Perusahaan

Gedung yang dimiliki perusahaan dibagi menjadi dua bagian utama yaitu area produksi dan area *office* dengan ukuran *layout* masing-masing adalah ± 2000 m² dan 216 m². Selanjutnya adalah gambar *layout* dari gedung perusahaan PT. X dengan keterangan sebagai berikut :

1. Office
2. Storage Area (Material Storage Area dan Finished Goods Area)
3. Engineering Room
4. Production Area
5. Assembly Area
6. Gudang



Gambar 4.1 *Layout* Gedung PT. X



Gambar 4.2 Area Produksi PT. X (Engineering Room, Production Area, Assembly Area, dan Storage Area)

Area produksi dibagi menjadi tiga bagian yaitu Engineering Room, Production Area, Assembly Area, dan Storage Area. Berikut ini adalah pembahasan dari masing-masing area tersebut.

- Engineering Room

Area ini adalah sebuah bagian area produksi dimana dilakukan aktivitas *product development*, *process design*, dan *production planning system* yang digunakan di Production Area. Proses konversi pesanan konsumen ke dalam bentuk konsep 3D dilakukan di area ini agar dapat dibaca oleh mesin-mesin produksi.

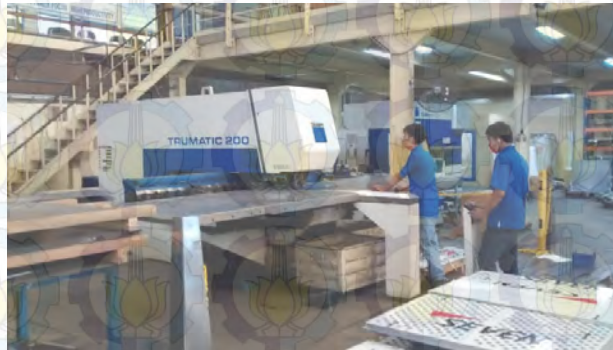
Pesanan datang dari Departemen Marketing ke bagian *engineering* dan staff dari bagian *engineering* ini membuat konsep 3D agar pesanan dari konsumen dapat dibaca oleh mesin produksi dan dapat dipahami oleh tenaga kerja manusia (operator).



Gambar 4.3 Engineering Room

- Production Area

Pada area ini dilakukan proses produksi utama. *Layout* pada Production Area dibagi sesuai dengan alur proses produksinya yaitu *cutting area*, *bending area*, dan *welding area*.



Gambar 4.4 Production Area

- Assembly Area

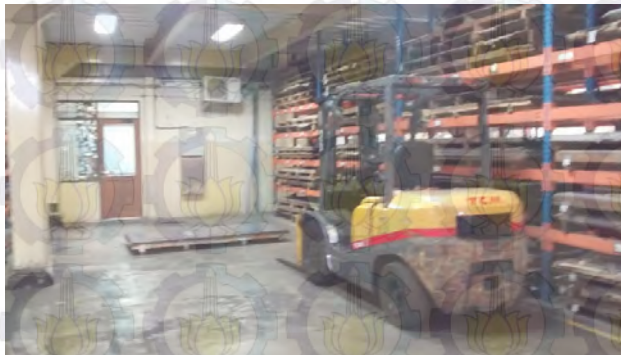
Dimana pada area ini *layout* menjadi satu dengan Production Area. Di bagian ini dilakukan proses *finishing* dan *assembly* dari komponen-komponen *sub-assembly* yang dikerjakan di bagian Production Area menjadi satu produk akhir.



Gambar 4.5 Assembly Area

- Storage Area

Produk-produk akhir dari proses produksi selanjutnya disimpan di area ini. Tidak hanya produk akhir tapi juga bahan baku proses produksi juga disimpan di area ini. Oleh karenanya, Storage Area ini dibagi menjadi dua bagian yaitu Material Storage Area dan Finished Good Area. Material Storage Area adalah tempat dimana perusahaan menyimpan bahan baku proses produksi dan Finished Good Area adalah tempat penyimpanan produk-produk akhir yang sudah selesai dan siap dikirim ke konsumen.



Gambar 4.6 Storage Area

4.1.4 Fasilitas Perusahaan

Perusahaan memiliki beberapa fasilitas produksi berupa mesin-mesin produksi yang telah terotomasi untuk mempermudah dan mempercepat proses produksi serta beberapa fasilitas pendukung lain. Berikut ini adalah fasilitas-fasilitas yang dimiliki oleh perusahaan.

Tabel 4.1 Fasilitas-Fasilitas yang Dimiliki Perusahaan

No	Nama Fasilitas	Proses Produksi
1	Machine Type TRUMPF L 3030	<i>Cutting - Laser</i>
2	Machine Type TRUMPF TC 200 R	<i>Cutting - Punching</i>
3	TrumaBend V130 TRUMPF	<i>Bending</i>
4	TrumaBend V85S TRUMPF	<i>Bending</i>
5	TrumaBend 3120 - 5 Axis	<i>Bending</i>
6	TRUMPF Cad/Cam	<i>Engineering</i>
7	TRUMPF SolidDesign/SheetAdvisor	<i>Engineering</i>
8	TRUMPF ToPs 100/300/600	<i>Engineering</i>
9	Robot Welding Machine ABB IRB 1410 M 2004	<i>Welding</i>
10	Spot & Stud Welding	<i>Welding</i>
11	DEMMELEER 3D Welding & Working Table	<i>Welding</i>
12	OTC MIG/MAG Welding & TIG Welding	<i>Welding</i>
13	TCM Forklift 3.0 ton	<i>Material-Handling</i>
14	Junghenrich Electric Forklift 1.5 ton	<i>Material-Handling</i>

Berikut ini adalah gambar fasilitas-fasilitas yang dimiliki oleh perusahaan untuk mendukung proses produksi.



Gambar 4.7 Machine Type TRUMPF L 3030 *Cutting – Laser*



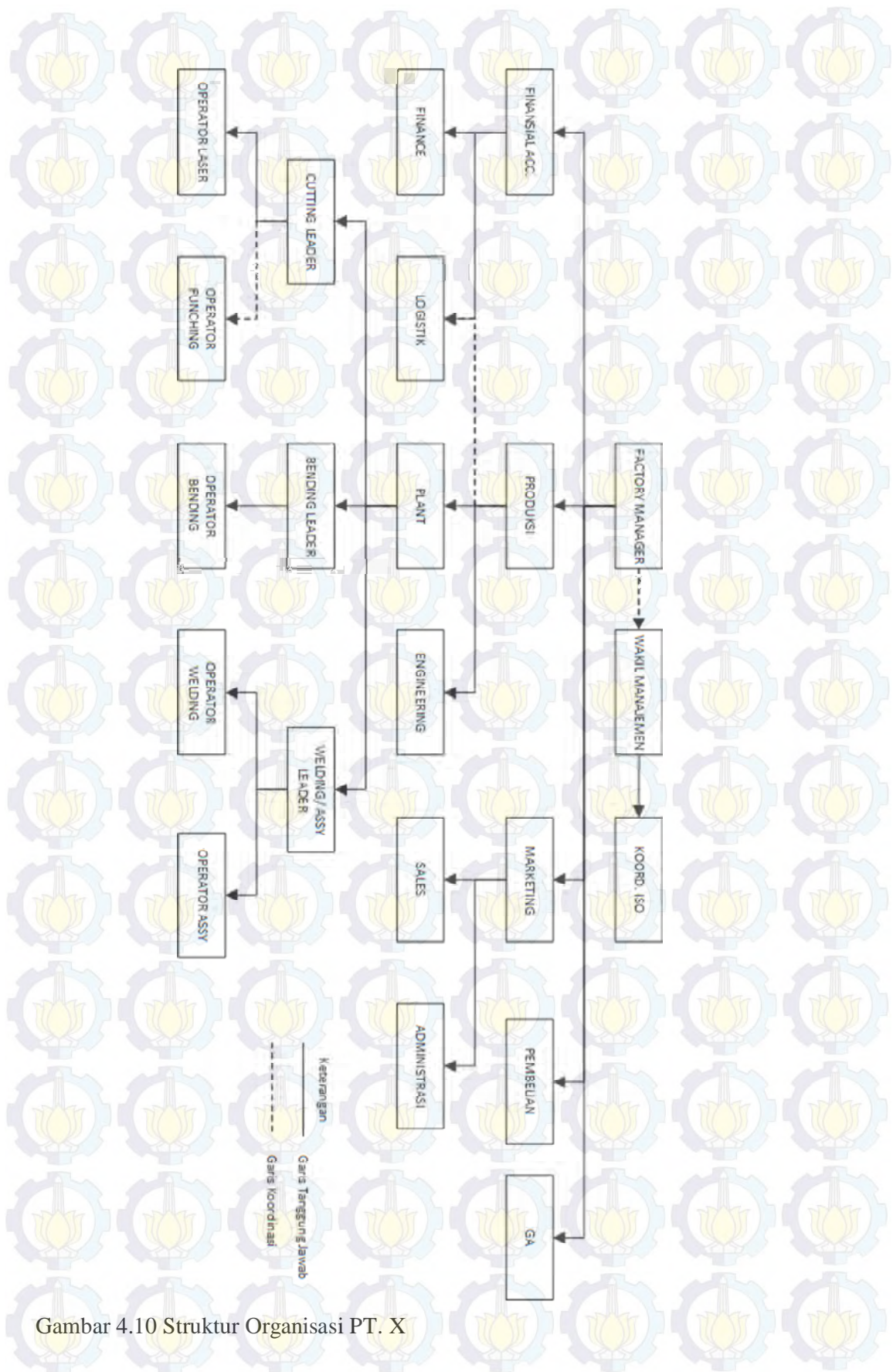
Gambar 4.8 TrumaBend V85S TRUMPF *Bending*



Gambar 4.9 DEMMELER 3D Welding and Working Table

4.1.5 Struktur Organisasi Perusahaan

Perusahaan memiliki struktur organisasi yang berfungsi sebagai kerangka organisasi dan alur informasi. Berikut ini adalah gambar struktur organisasi PT. X



Gambar 4.10 Struktur Organisasi PT. X

Berdasarkan struktur organisasi di atas, perusahaan dibagi ke dalam tiga departemen utama, yaitu Departemen Finansial, Departemen Produksi, dan Departemen Marketing. Departemen Finansial bertanggungjawab atas segala urusan keuangan dan logistik perusahaan. Departemen Produksi bertugas untuk melakukan segala kegiatan produksi dari awal proses sampai produk jadi. Dari kedua departemen ini dilakukan komunikasi antara bagian Logistik agar apabila bagian produksi memerlukan suatu bahan baku tertentu, maka melalui satu bagian Logistik ini dapat mempermudah komunikasi akan keperluan bahan baku tersebut ke Departemen Finansial. Di PT. X ini pengadaan bahan baku dilakukan oleh Departemen Finansial berdasarkan *order* dari Departemen Produksi. Departemen Marketing berfungsi sebagai jembatan antara konsumen dengan perusahaan. Ketika datang pesanan dari konsumen, maka Departemen Marketing akan menanganinya dan selanjutnya pesanan dari konsumen akan diproses ke Departemen Produksi untuk segera dimulai proses produksi.

Factory Manager melalui koordinasi dengan Wakil Manajemen melakukan pertanggungjawaban kepada Koordinator ISO. Koordinator ISO merupakan sebuah organisasi induk yang bertempat di Jakarta dan melakukan pengendalian kualitas pada perusahaan setiap periode tertentu. Hal ini diperlukan untuk tetap menjaga proses produksi perusahaan berada di kondisi terbaiknya.

4.2 *Customers Requirement*

Terdapat beberapa kriteria yang diperlukan agar sesuai dengan permintaan konsumen. Berikut ini adalah beberapa kriteria tersebut.

a. Kesesuaian dengan Spesifikasi

Dalam perancangan produk tentu konsumen mengharapkan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh konsumen sendiri. Spesifikasi yang ditentukan meliputi dimensi, bahan baku, dan lain-lain. Konsumen akan merasa terpuaskan apabila permintaannya sesuai dengan yang diharapkan.

b. Umur Produk

Kriteria ini merupakan hal yang sangat penting bagi konsumen. Konsumen tentunya menginginkan sebuah produk yang tahan lama dan tidak mudah

rusak, atau setidaknya umur produk sesuai dengan yang spesifikasi dari perusahaan.

c. **Produk Berjalan Sesuai Fungsi**

Kriteria ini dikhususkan untuk produk yang membutuhkan rangkaian listrik, komputer atau otomasi misal E-Kios, *barcode scanner*, mesin ATM, dan lain-lain. Konsumen membutuhkan sebuah produk yang dapat berjalan sebagaimana mestinya. Sebuah produk yang dapat berjalan sesuai dengan sistemnya maka akan memberikan kepuasan dan dampak positif terhadap konsumen.

4.3 Pendefinisian Objek Amatan

Dalam proses produksinya PT. X menggunakan tiga kategori bahan baku yaitu *mild steel*, *stainless steel*, dan aluminium. Dari ketiga bahan baku ini akan diolah menjadi sebuah *finished goods* sesuai dengan permintaan konsumen. Bahan baku *mild steel* biasa digunakan untuk perangkat keras yang memerlukan daya tahan tinggi. Contoh dari produk berbahan baku *mild steel* adalah *hinge*, *valve*, *gear*, dan lain-lain. Bahan baku *stainless steel* digunakan pada perangkat keras yang pada penggunaannya berhadapan langsung dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah misal hujan. Contoh produk dari bahan baku *stainless steel* adalah pagar, teralis, dan lain-lain. Aluminium adalah bahan baku yang digunakan pada produk-produk perangkat keras yang bersifat ringan dan kokoh. Contoh produk yang menggunakan bahan baku aluminium adalah *frame*, kunci, *box*, dan lain-lain.

Berikut ini adalah tabel jumlah *order* yang diproduksi perusahaan berdasarkan bahan baku yang digunakan dengan periode bulan Oktober-Desember 2014.

Tabel 4.2 Jumlah Unit yang Diproduksi pada Periode 1 sampai Periode 6

Bahan Baku yang Digunakan	Jumlah Produksi (Periode)						Total Produksi
	1	2	3	4	5	6	
Mild Steel	587	1.586	927	1.036	821	791	5.748
Aluminium	309	820	481	537	424	454	3.025
Stainless Steel	932	2.458	1.441	1.610	1.269	963	8.673

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa jumlah produksi tertinggi adalah produk dengan bahan baku *stainless steel*. Hal ini disebabkan karena banyaknya unit yang diproduksi sebesar 8.673 unit selama enam periode tersebut. Oleh karena itu pada penelitian tugas akhir ini akan difokuskan pada proses produksi yang menggunakan bahan baku *stainless steel*.

4.4 Proses Produksi Pengolahan Bahan Baku *Stainless Steel*

Proses produksi yang dijalankan di Production Area dimulai dari pengolahan bahan baku sampai menjadi produk akhir sesuai dengan spesifikasi dari konsumen. Sebelum dilakukan pengolahan bahan baku, pesanan dari konsumen diterima oleh Departemen Marketing. Setelah dilakukan proses *record data* untuk keperluan dokumentasi, kemudian pesanan dilanjutkan ke Departemen Produksi untuk segera dimulai proses pengerjaannya. Selama proses produksi berlangsung digunakan sebuah PDO (*Production Order*) yaitu berupa lembaran *checklist* yang berfungsi untuk melakukan *tracing* proses produksi yang sedang berlangsung.



Gambar 4.11 *Production Order* (PDO)

Pesanan yang masuk ke Departemen Produksi akan dijalankan tahap awal proses produksi yaitu proses *engineering*. Pada tahap ini pesanan tersebut akan dikonversi ke dalam bentuk perintah yang dapat dibaca oleh mesin dan operator, dalam hal ini adalah CAD 3D. Ketika proses *engineering* berlangsung, bagian logistik dari Departemen Produksi melakukan pengecekan pada Storage Area apakah bahan baku yang tersedia mencukupi atau tidak untuk dilakukan proses produksi. Apabila bahan baku tidak tersedia atau kurang, maka bagian logistik melalui perantara Departemen Finansial akan menghubungi *supplier* untuk segera

mengirimkan bahan baku yang diperlukan. Kelemahannya adalah apabila bahan baku tidak tersedia, maka proses produksi tidak dapat dilanjutkan walaupun CAD 3D sudah selesai. Sedangkan apabila bahan baku yang diperlukan tersedia maka proses produksi dapat dimulai. Alternatif lain adalah bahan baku disediakan dari konsumen sendiri sehingga memudahkan pekerjaan Departemen Produksi dan mempercepat dimulainya proses produksi tanpa mengkhawatirkan tersedia atau tidaknya bahan baku.

Setelah pengerjaan CAD 3D selesai dan bahan baku tersedia, maka proses produksi selanjutnya adalah proses *cutting*. Pada proses ini dilakukan dua kategori proses *cutting* yaitu dengan laser dan dengan *punching*. Kedua proses tersebut memerlukan *input* CAD 3D namun yang membedakan adalah, proses *cutting* dengan laser mampu menangani desain yang lebih rumit daripada proses *cutting* dengan *punching*. Kedua proses ini bersifat *optional* (tidak harus melalui proses *cutting* dengan laser dan *punching* bersamaan) tergantung dari pesanan konsumen. Proses *cutting* dengan laser menggunakan mesin TRUMPF L 3030 dan proses *cutting* dengan *punching* menggunakan mesin TRUMPF TC 200. Ketika proses *cutting* selesai, maka PIC (*Person-In-Charge*) dari proses tersebut melakukan pengecekan pada PDO dan menandai bahwa pesanan tersebut telah melalui proses *cutting* dan siap dilanjutkan ke proses berikutnya.

Proses selanjutnya adalah proses *forming* atau *bending*. Pada proses ini dilakukan pembentukan pada produk hasil *cutting* agar sesuai dengan spesifikasi dan CAD 3D. Pada proses ini produk dari hasil *cutting* dimasukkan ke dalam *tray* di dalam mesin yang selanjutnya akan dilakukan *bending* oleh mesin tersebut. *Input* dari proses *bending* ini adalah CAD 3D. Kemudian operator mengoperasikan mesin tersebut melalui komputer. Mesin yang digunakan untuk proses *bending* adalah mesin TrumaBend. Ketika proses *bending* selesai maka PIC kembali mengecek dan menandai PDO agar produk WIP dapat dilanjutkan ke proses berikutnya.

Proses berikutnya yaitu proses *welding*. Pada proses ini sudah tidak ada campur tangan komputer atau mesin berat dalam proses produksi. Proses *welding* ini hanya menggunakan *tools* dan *working table* yang sesuai dengan spesifikasi produk. Produk WIP setelah melalui proses *bending* dimasukkan ke area *welding* dimana area ini dibagi dua yaitu untuk produk berbahan baku *stainless steel* dan

produk berbahan baku lain non *stainless steel* (*mild steel* dan *aluminium*). *Tools* yang digunakan untuk proses *welding* adalah Robot Welding Machine ABB IRB 1410 M 2004, *working table*, dan peralatan-peralatan lain. Sama seperti proses-proses sebelumnya, setelah proses *welding* selesai PIC mengecek dan menandai PDO produk WIP untuk dilanjutkan ke proses berikutnya.

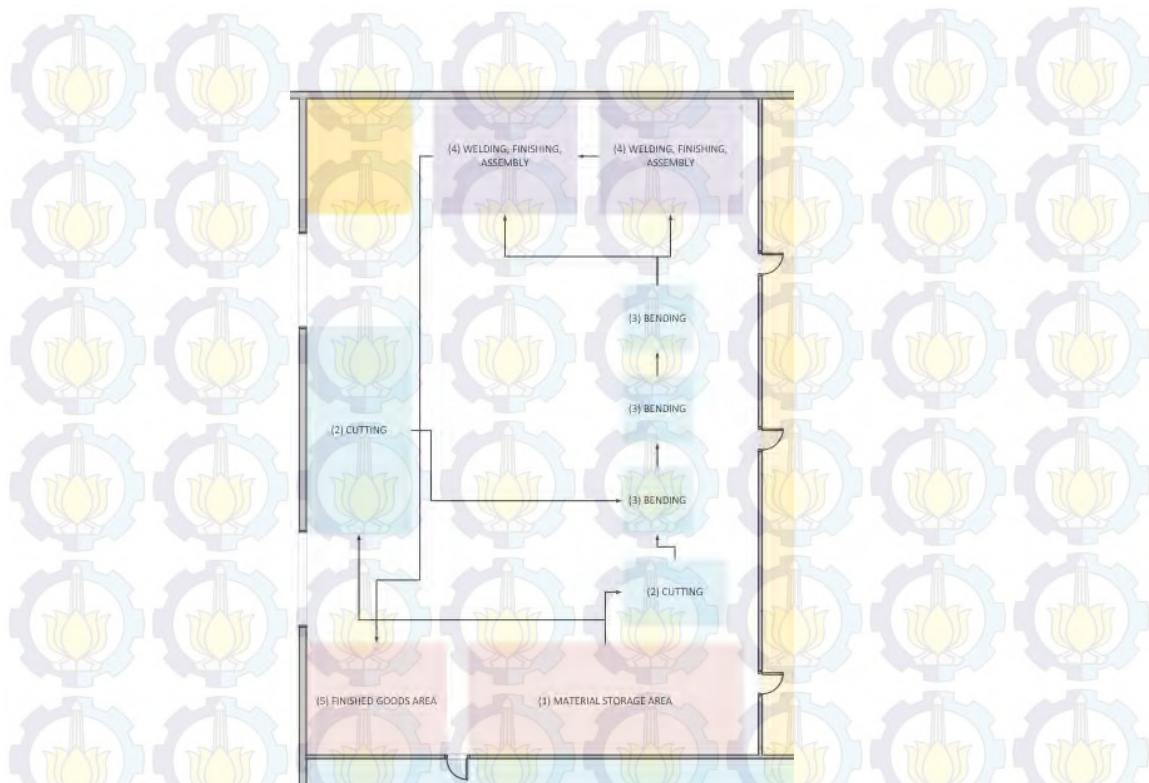


Gambar 4.12 Contoh Produk WIP

Proses *finishing* dilakukan setelah produk WIP telah melalui proses-proses produksi yang diperlukan. Proses *finishing* ini dikerjakan di area yang sama dengan area pengerjaan proses *welding*. Pada proses ini dilakukan berbagai macam aktivitas seperti *painting*, *grinding*, dan lain-lain tergantung dari spesifikasi produk yang sedang dikerjakan. Setelah produk selesai melalui proses *finishing* maka selanjutnya adalah proses *assembly* yaitu proses perakitan produk menjadi produk akhir. Proses ini diperlukan apabila produk WIP adalah produk sub-komponen dari produk lain. PIC kemudian mengecek dan menandai PDO agar produk dimasukkan ke Storage Area dan siap untuk dikirim ke konsumen.

Untuk perpindahan material produk digunakan dua kategori *material-handling* yaitu TCM Forklift yang berkapasitas 3 ton dan Junghenrich Electric Forklift yang berkapasitas 1,5 ton. Untuk produk yang lebih ringan, proses perpindahan material dilakukan dengan tenaga manual.

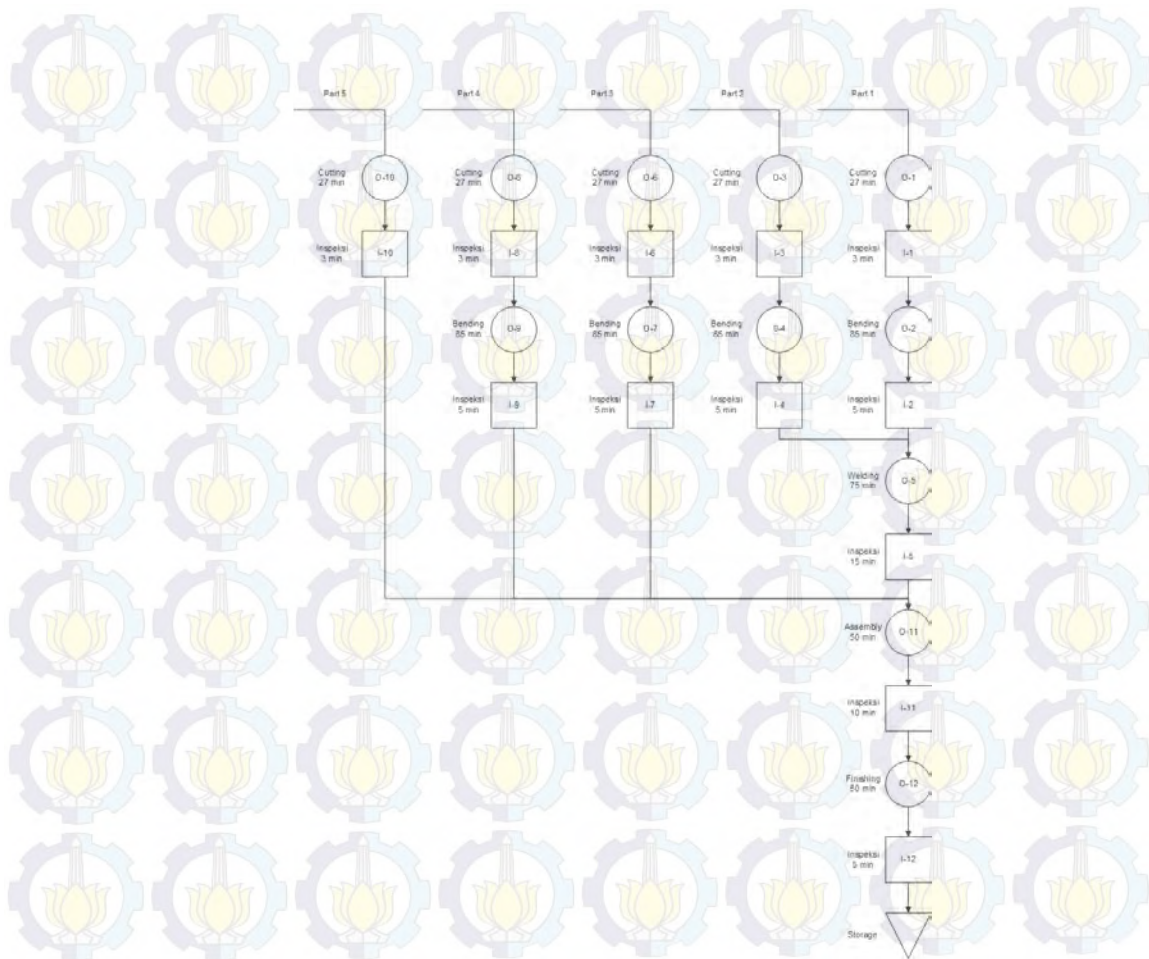
Berikut ini adalah gambar peta alur proses produksi pada PT. X yang dimulai dari proses *cutting* hingga *finishing* dan kembali ke Storage Area.



Gambar 4.13 Peta Alur Proses Produksi

4.5 *Operation Process Chart (OPC)*

OPC merupakan peta kerja yang menggambarkan urutan kerja proses produksi secara keseluruhan. Dengan dibuatnya OPC maka dapat mempermudah penggambaran peta proses produksi secara sistematis. Pada OPC terdapat beberapa data yang diperlukan misalnya durasi pengerjaan suatu proses. Berikut ini adalah gambar OPC dari salah satu produk *hinge* tanpa melalui proses *painting* pada proses produksi PT. X.



Gambar 4.14 *Operation Process Chart* Produk *Hinge*

Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa total waktu rata-rata yang diperlukan untuk proses pembuatan produk *hinge* adalah sebesar 5,5 jam.

4.6 Current Value Stream Mapping (VSM)

VSM merupakan suatu penggambaran yang digunakan untuk memahami dan memperlihatkan aliran proses produksi baik itu aliran material atau aliran informasi yang dijalankan oleh suatu perusahaan secara keseluruhan. *Current* VSM merupakan gambaran dari proses produksi yang dijalankan oleh Departemen Produksi PT. X. Aliran proses dimulai ketika pesanan datang melalui Departemen Marketing yang selanjutnya informasi pesanan dikirim ke Departemen Produksi. Aliran informasi dari Departemen Produksi dilanjutkan ke bagian *engineering* untuk dibuat CAD 3D dan bagian *logistik* untuk melakukan pengecekan bahan

Berdasarkan *current* VSM yang diperoleh, diketahui bahwa rata-rata *lead time* proses produksi PT. X keseluruhan adalah 41 jam atau sekitar dua hari dengan total waktu proses rata-rata selama 7 jam. Data-data waktu tersebut merupakan rata-rata waktu pengerjaan per proses, didapat melalui pengamatan dan wawancara langsung serta dikonfirmasi oleh manajer bagian Produksi PT. X. Apabila diamati *lead time* dari masing-masing proses, diketahui bahwa proses *welding* merupakan proses terlama. Proses ini membutuhkan waktu selama 2,5 jam. Hal ini dapat menjadi indikasi bahwa ada kemungkinan terjadi *non-value added activity* (NVAA) pada proses tersebut. Terjadinya NVAA pada suatu proses dapat menyebabkan *lead time* yang semakin lama dan biaya yang hilang.

4.7 Activity Classification

Lean Manufacturing merupakan sebuah konsep berpikir dalam proses manufaktur untuk mengurangi aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value-added activity*) yang berimbas pada terjadinya *waste*. Aktivitas-aktivitas pada proses produksi dibagi menjadi tiga bagian yaitu *value-added activity*, *necessary non value-added activity*, dan *non value-added activity*. *Value-added activity* (VA) adalah segala aktivitas produksi yang melakukan proses penambahan nilai produk. *Necessary Non Value-Added Activity* (NNVA) adalah segala aktivitas yang tidak ada proses penambahan nilai namun masih diperlukan agar berjalannya proses produksi. *Non Value-Added Activity* adalah segala aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada produk. Untuk mengetahui aktivitas pada proses produksi tergolong bagian yang mana maka dilakukan pengamatan langsung terhadap proses produksi dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan untuk melakukan validasi hasil klasifikasi aktivitas tersebut. Berikut ini adalah tabel klasifikasi aktivitas yang ada pada Production Area PT. X.

Tabel 4.3 *Activitiy Classification* Proses *Cutting*

<i>Cutting</i>			
Aktivitas	VA	NNVA	NVA
Melakukan <i>setup</i> mesin		v	
Melakukan <i>software setup</i> pada PC		v	
Memeriksa PDO produk		v	
Mengambil <i>sheet metal</i>		v	

<i>Cutting</i>			
Aktivitas	VA	NNVA	NVA
Meletakkan <i>sheet metal</i> pada <i>tray</i> mesin		v	
Memasukkan desain CAD 3D pada PC	v		
Memeriksa desain CAD 3D		v	
Memasukkan <i>input</i> CAD berupa dimensi	v		
Melakukan <i>software setup</i> sesuai desain		v	
Eksekusi perintah <i>cutting</i> pada PC	v		
Menunggu dan mengawasi proses <i>cutting</i>			v
Mengambil unit produk hasil <i>cutting</i>		v	
Menginspeksi hasil <i>cutting</i>		v	
Meletakkan sisa produksi ke bagian <i>scrap</i>		v	
Melakukan <i>update</i> PDO	v		
Meletakkan unit produk ke <i>pallet</i>		v	
Melakukan <i>software setup</i> untuk PDO selanjutnya		v	
	24%	71%	6%

Tabel 4.4 *Activity Classification* Proses *Bending*

<i>Bending</i>			
Aktivitas	VA	NNVA	NVA
Melakukan <i>setup</i> mesin		v	
Melakukan <i>software setup</i> pada PC		v	
Mengambil dan memeriksa PDO produk		v	
Mengambil material dari <i>working table</i>		v	
Meletakkan material pada <i>tray</i> mesin		v	
Mengatur posisi material pada <i>tray</i> mesin		v	
Mengatur tekanan <i>hydraulic</i>		v	
Memasukkan desain CAD 3D pada PC	v		
Memeriksa desain CAD 3D		v	
Melakukan <i>software setup</i> sesuai desain	v		
Eksekusi perintah <i>bending</i> pada PC	v		
Menunggu dan mengawasi proses <i>bending</i>			v
Mengambil material dari <i>tray</i>		v	
Menginspeksi hasil <i>bending</i>		v	
Meletakkan sisa produksi ke bagian <i>scrap</i>		v	
Melakukan <i>update</i> PDO	v		
Meletakkan material ke <i>pallet</i>		v	
Melakukan <i>software setup</i> untuk PDO selanjutnya		v	
	22%	72%	6%

Tabel 4.5 Activity Classification Proses Welding

<i>Welding</i>			
Aktivitas	VA	NNVA	NVA
Mengenakan Alat Perlindungan Diri		v	
Melakukan persiapan <i>welding tools</i>		v	
Melakukan persiapan mesin <i>welding</i>		v	
Mengatur posisi <i>working table</i>		v	
Mengambil dan memeriksa PDO produk		v	
Mengambil material ke <i>working table</i>		v	
Mengatur posisi material di <i>working table</i>		v	
Menyesuaikan <i>welding tools</i> dengan spesifikasi	v		
Melakukan proses <i>welding</i>	v		
Memeriksa hasil <i>welding</i>		v	
Meletakkan sisa proses ke bagian <i>scrap</i>		v	
Melakukan <i>update</i> PDO	v		
Meletakkan material ke <i>pallet</i>		v	
Melakukan <i>setup</i> untuk PDO selanjutnya		v	
	21%	79%	0%

Tabel 4.6 Activity Classification Proses Painting

<i>Painting</i>			
Aktivitas	VA	NNVA	NVA
Melakukan persiapan <i>painting tools</i>		v	
Memeriksa kondisi tangki bahan cat		v	
Mengenakan Alat Perlindungan Diri		v	
Mengambil dan memeriksa PDO produk		v	
Mengambil material dari <i>pallet</i>		v	
Meletakkan material ke <i>painting tray</i>		v	
Menyesuaikan <i>painting tools</i> dengan spesifikasi	v		
Melakukan proses <i>painting</i> sesuai spesifikasi	v		
Melakukan pergantian saluran tangki		v	
Memeriksa hasil <i>painting</i>		v	
Meletakkan material ke bagian pengeringan	v		
Melakukan <i>setup</i> untuk PDO selanjutnya	v		
Menunggu hasil pengeringan			v
Memeriksa hasil pengeringan		v	
Melakukan <i>update</i> PDO	v		
Meletakkan material ke <i>pallet</i>		v	
	33%	67%	7%

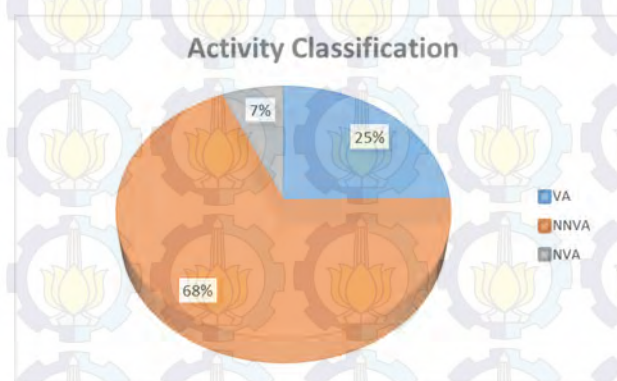
Tabel 4.7 *Activity Classification* Proses *Assembly*

Assembly			
Aktivitas	VA	NNVA	NVA
Melakukan persiapan <i>assembly tools</i>		v	
Mengenakan Alat Perlindungan Diri		v	
Mengambil dan memeriksa PDO		v	
Mengambil material ke <i>working table</i>		v	
Mengambil <i>tools</i> untuk proses <i>assembly</i>		v	
Menyesuaikan <i>tools</i> sesuai spesifikasi	v		
Melakukan proses <i>assembly</i>	v		
Memeriksa hasil <i>assembly</i>		v	
Mengembalikan <i>tools</i> pada <i>tools tray</i>			v
Melakukan <i>update</i> PDO	v		
Meletakkan material ke <i>pallet</i>		v	
Menyimpan produk ke bagian <i>storage</i>		v	
	25%	67%	8%

Tabel 4.8 *Activity Classification* Total

Total			
Aktivitas	VA	NNVA	NVA
<i>Cutting</i>	24%	71%	6%
<i>Bending</i>	22%	72%	6%
<i>Welding</i>	21%	79%	0%
<i>Painting</i>	33%	67%	7%
<i>Assembly</i>	25%	67%	8%
Rata-rata	25%	71%	5%

Berdasarkan Tabel 4.8, keseluruhan aktivitas produksi dari setiap proses produksi yang didapat adalah sebesar 25% untuk *value-added activity* (VA), 71% untuk *necessary non value-added activity* (NNVA), dan 5% untuk *non value-added activity* (NVA). Berikut ini adalah gambar persentase dari segala aktivitas pada proses produksi.



Gambar 4.16 Pie Chart dari *Activity Classification*

4.8 Identifikasi Waste

Dari hasil klasifikasi aktivitas di bagian sebelumnya dapat diidentifikasi beberapa faktor yang dapat menyebabkan *waste*. Pada penelitian tugas akhir ini *waste* yang akan diidentifikasi adalah 9-*Wastes* (E-DOWNTIME). Sembilan kategori *waste* tersebut adalah EHS, *Defect*, *Over Production*, *Waiting*, *Non-Utilized Employee*, *Transportation*, *Inventory*, *Motion*, dan *Excess Processing*. Berikut adalah uraian dari kejadian dan peluang timbulnya *waste* dari berbagai aktivitas dalam proses produksi.

4.8.1 *Environmental, Healthy, and Safety*

Environmental, Healthy, and Safety (EHS) adalah kategori *waste* yang berkaitan dengan kondisi lingkungan sehingga mempengaruhi kondisi kesehatan dan keamanan tenaga kerja operator dalam mengoperasikan mesin pada proses produksi. Pada Production Area PT. X tidak ditemui permasalahan mengenai *waste* EHS karena lingkungan kerja yang cukup baik dengan suhu antara 26-27°C. Pada suhu tersebut lingkungan kerja terasa sedikit panas namun masih dalam batas kewajaran. Selain itu disediakan pula fasilitas-fasilitas untuk menurunkan suhu ruangan seperti kipas angin *blower*, ventilasi, jendela, dan pintu masuk yang berukuran besar sehingga lebih memudahkan udara luar untuk bersirkulasi dalam area produksi. Dari segi operator pun sudah cukup baik. Hal ini dapat diketahui dari operator yang sudah menggunakan Alat Perlindungan Diri (APD) yang sudah sesuai dengan SOP seperti mengenakan masker, sarung tangan, dan *safety shoes*.



Gambar 4.17 Operator yang Menggunakan APD

4.8.2 Defect

Defect merupakan cacat atau kerusakan pada suatu produk yang terjadi selama proses produksi berlangsung sehingga tidak sesuai dengan spesifikasi. Berikut ini adalah data terjadinya *defect* pada proses produksi yang menggunakan bahan baku *stainless steel* pada masing-masing proses.

Tabel 4.9 Jumlah *Defect* Tiap Proses

Proses Produksi	Jumlah <i>Defect</i> (Periode)						Total <i>Defect</i>
	1	2	3	4	5	6	
<i>Cutting (Laser)</i>	80	157	48	93	52	101	531
<i>Cutting (Punching)</i>	74	139	43	81	51	88	476
<i>Bending</i>	141	273	85	162	104	175	940
<i>Welding</i>	189	367	114	215	135	240	1.260
<i>Painting</i>	19	34	12	21	13	24	123
Total <i>Defect</i>							3.330

Dari keseluruhan *defect* yang terjadi, jumlah *defect* terbesar terjadi pada proses *welding* dengan total jumlah *defect* sebesar 1.260 unit dan proses *bending* dengan total jumlah *defect* sebesar 940 unit. Menurut pihak perusahaan, hasil proses produksi yang mengalami *defect* akan dilakukan *rework* atau dibuang. Perusahaan tidak memiliki fasilitas untuk mengubah produk yang *reject* menjadi bahan baku (*sheet metal*). Jumlah *defect* terkecil dihasilkan pada proses *painting*. Hal ini disebabkan karena pada proses *painting*, sebagian besar unit produk WIP sudah tidak ditemui *defect* lagi karena sudah melalui *rework* pada proses sebelumnya.

Defect pada proses ini terjadi karena operator melakukan kesalahan dalam mengecat produk dan hal tersebut jarang terjadi. Apabila dibandingkan dengan kapasitas produksi, maka persentase *waste* kategori *defect* ini terhadap jumlah produksi adalah sebesar 19,09%. Melalui pendekatan Six Sigma, maka diketahui *yield* sebesar 80,91% dan nilai sigma berada di interval 2 sampai dengan 3 sigma.

4.8.3 *Over Production*

Waste kategori *over production* merupakan salah satu kategori *waste* dimana produk yang dihasilkan melebihi dari yang direncanakan di awal. Berdasarkan hasil pengamatan dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan, *over production* merupakan salah satu *waste* yang sering terjadi di proses produksi. *Waste* ini disebabkan karena adanya kesalahan membaca informasi dari operator dan pengoperasian mesin produksi yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Berikut ini adalah tabel data *over production* yang terjadi pada proses produksi PT. X.

Tabel 4.10 Jumlah Unit *Over Production* Tiap Proses

Proses Produksi	Jumlah <i>Over Production</i> (Periode)						Total <i>Over Production</i>
	1	2	3	4	5	6	
<i>Cutting (Laser)</i>	34	65	21	37	24	43	224
<i>Cutting (Punching)</i>	29	56	18	36	18	37	194
<i>Bending</i>	57	115	36	68	44	76	396
<i>Welding</i>	23	44	14	27	17	28	153
Total Defect							967

Untuk data *waste* kategori *over production* hampir tidak jauh berbeda dengan *waste* kategori *defect* karena *over production* ini sendiri terjadi karena efek domino dari *waste* kategori *defect*. Beberapa terjadi karena kesalahan operator dalam membaca atau melakukan *input* pada mesin produksi. *Over production* hanya terjadi pada proses produksi yang membutuhkan mesin yaitu pada proses *cutting* dan proses *bending*.

4.8.4 *Waiting*

Waiting merupakan *waste* yang terjadi ketika proses produksi terhenti atau tertunda karena tidak berfungsinya mesin produksi. Karena mesin produksi yang sedang tidak berfungsi atau non-aktif, maka *waste* ini secara langsung berhubungan dengan *downtime*. *Downtime* yang terjadi selama proses produksi dibagi menjadi dua bagian yaitu *planned downtime* dan *unplanned downtime*. *Planned downtime* merupakan *downtime* yang sudah terencana sebelumnya. Sebagai contoh adalah *preventive maintenance*, hari libur, cuti, dan lain-lain. Sedangkan *unplanned downtime* adalah *downtime* yang tidak terencana dan terjadi tiba-tiba. Beberapa contoh dari *unplanned downtime* adalah *corrective maintenance*, mesin mengalami *breakdown*, tidak adanya bahan baku pada *inventory* sehingga proses produksi terhambat, dan lain-lain. Berikut ini adalah tabel *downtime* selama proses produksi berlangsung

Tabel 4.11 Data *Downtime* Periode 1 sampai Periode 6

Periode	<i>Downtime</i> (jam)	Waktu Operasi (Jam)	Persentase (%)	Produk yang seharusnya dapat dibuat
1	85	12.796	0.66%	12
2	197	34.048	0.58%	28
3	122	19.943	0.61%	17
4	152	22.281	0.68%	22
5	104	17.598	0.59%	15
6	97	15.456	0.63%	14

Tabel 4.11 menunjukkan jumlah *downtime* per bulan, baik itu *planned downtime* ataupun *unplanned downtime*. Apabila dikonversi waktu per minggu, perusahaan melakukan *downtime* selama kurang lebih 6-7 jam per minggu.

4.8.5 *Non Utilizing Employee*

Waste ini terjadi apabila ditemui tenaga kerja manusia atau operator yang tidak sedang melakukan pekerjaannya sesuai dengan SOP atau melakukan pekerjaan yang tidak *added value*. Berdasarkan pengamatan langsung dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan, operator pada Production Area sudah

terutilisasi dengan baik sesuai dengan pengetahuannya dan kemampuannya masing-masing namun masih terjadi kesalahan komunikasi antar operator sehingga menyebabkan kesalahan pengoperasian mesin dan berujung pada produk yang *defect* atau tidak sesuai spesifikasi.

Shift kerja dibagi menjadi dua *shift* dan masing-masing *shift* memiliki dua jam kerja dengan tenaga operator sebanyak 57 orang. Dari pembagian *shift* ini dinilai sudah cukup baik dan tidak menyebabkan *waste* yang mengganggu jalannya proses produksi.

4.8.6 Transportation

Pada kategori *waste* ini tidak terlalu banyak ditemui di Production Area yang mempengaruhi jalannya proses produksi. Dengan dua unit transportasi yang dimiliki perusahaan dinilai cukup memenuhi kebutuhan *material-handling*. Namun yang perlu diperhatikan adalah terkadang terjadi suatu kasus dimana operator tidak mengoperasikan unit transportasi *material-handling* dengan baik sehingga justru merusak material yang sedang dipindahkan. Namun permasalahan tersebut tidak terlalu mengganggu jalannya proses produksi.

4.8.7 Inventory

Inventory merupakan kategori *waste* berupa penumpukan dan penyimpanan material selama proses produksi berlangsung. Bentuk *inventory* yang disimpan dapat berupa produk WIP, atau *finished goods*. *Inventory* untuk produk WIP terjadi hampir di semua bagian proses produksi namun yang paling sering terjadi terdapat pada proses yang menggunakan tenaga manual operator seperti misalnya pada proses *welding*.

Produk WIP yang melalui proses produksi *cutting* dan *bending* akan diletakkan pada sebuah pallet beserta PDO masing-masing produk untuk segera dilanjutkan ke proses berikutnya yaitu *welding* dan *finishing*. Namun karena masih ada pekerjaan yang belum terselesaikan di bagian *welding* maka produk WIP tidak dapat langsung segera diproses dan pallet yang berisi produk WIP diletakkan di sekitar area *welding*. Setelah operator menyelesaikan PDO sebelumnya maka produk WIP seharusnya dapat langsung dikerjakan. Berdasarkan pengamatan dari

pihak perusahaan, operator tidak langsung segera mengerjakan produk WIP. Hal ini karena pengerjaan produk WIP mendekati jam istirahat sehingga operator baru akan mengerjakan produk WIP tersebut setelah selesai jam istirahat.

Waste kategori *defect* juga ikut mempengaruhi *inventory* karena dengan produk yang cacat tersebut produk tidak dapat dikirim ke konsumen dan akan disimpan di *inventory* produk WIP untuk dilakukan *rework* atau dibuang.

Inventory juga dipengaruhi oleh *over production* dimana pada pembahasan sebelumnya *waste* tersebut merupakan *waste* yang sering terjadi di proses produksi perusahaan. Dengan jumlah persentase dari *over production* sedemikian rupa maka dapat menambah jumlah *inventory* yang tidak dapat dijual atau memberi nilai tambah. Berikut ini adalah tabel dari *waste* kategori *inventory*.

Tabel 4.12 Data *Waste* Kategori *Inventory*

Proses Produksi	Jumlah <i>Inventory</i> (Periode)						Total <i>Inventory</i>
	1	2	3	4	5	6	
<i>Cutting (Laser)</i>	52	101	32	59	37	64	345
<i>Cutting (Punching)</i>	46	91	28	52	34	58	309
<i>Bending</i>	91	177	56	104	68	115	611
<i>Welding</i>	123	237	74	140	91	154	819
<i>Painting</i>	11	23	8	14	9	15	80
<i>Assembly</i>	4	7	3	4	2	5	25
Total <i>Inventory</i>							2.189

Dari Tabel 4.12 diketahui bahwa *waste* kategori *inventory* tertinggi berada di proses *welding* dengan nilai sebesar 819 unit sehingga dapat ditemui bahwa pada proses ini terdapat banyak *waste* seperti penyimpanan produk WIP, produk *rework*, dan lain-lain.

4.8.8 Motion

Motion merupakan kategori *waste* dimana terjadi pergerakan-pergerakan operator yang seharusnya tidak perlu dilakukan dan tidak memberikan nilai tambah bagi produk itu sendiri. Pada proses produksi PT. X, *waste* kategori ini muncul karena disebabkan oleh beberapa *waste* yang sebelumnya seringkali terjadi seperti *defect*, *overproduction*, dan *inventory*. Di samping ketiga *waste* penyebab tersebut,

waste kategori *motion* jarang ditemui selama proses produksi berlangsung sehingga *waste* tidak terlalu mempengaruhi proses.

4.8.9 *Excess Processing*

Pada *waste* ini dilakukan proses berlebihan yang seharusnya tidak perlu dilakukan. Karena proses yang berlebihan tersebut maka akan menambah *lead time*.

Waste kategori ini juga merupakan akibat dari beberapa *waste* sebelumnya, salah satunya adalah *over production*. Ketika *over production* terjadi, maka diperlukan proses produksi tambahan baik itu untuk melakukan *rework* atau membuat produk baru lagi.

Selain *excess processing* pada proses produksi, *waste* kategori ini juga terjadi pada *inventory* khususnya pada bahan baku yang merupakan kiriman dari konsumen itu sendiri. Karena konsumen yang dimana bukan merupakan *supplier* klien bahan baku maka konsumen tidak memiliki fasilitas yang memadai untuk mengirimkan bahan bakunya. Oleh karena itu ketika bahan baku datang, sering kali berada dalam kondisi yang sudah ada cacat misalkan muncul retakan di tepian logam bahan baku.

Sehingga untuk pengumpulan data diambil *waste* yang meliputi proses *rework*, *grinding*, dan lain-lain dimana seharusnya tidak perlu dilakukan. Berikut ini adalah tabel data *waste* kategori *excess processing*.

Tabel 4.13 Data *Waste* Kategori *Excess Processing*

Proses Produksi	Jumlah <i>Excess Processing</i> (Periode)						Total <i>Excess Processing</i>
	1	2	3	4	5	6	
<i>Cutting (Laser)</i>	75	144	45	84	52	94	494
<i>Cutting (Punching)</i>	64	129	40	76	49	85	443
<i>Bending</i>	132	254	77	149	97	165	874
<i>Welding</i>	176	339	106	200	128	223	1.172
<i>Painting</i>	17	34	11	19	12	21	114
<i>Assembly</i>	5	11	4	6	3	7	36
Total <i>Inventory</i>							3.133

Dari Tabel 4.13 diketahui bahwa *waste* tertinggi terjadi pada proses *welding* dengan nilai sebesar 1.172 unit yang mengalami *excess processing*.

4.9 Identifikasi *Cost of Poor Quality*

Cost of Poor Quality (COPQ) digunakan untuk mengetahui seberapa besar biaya kerugian yang ditanggung oleh perusahaan karena dampak yang disebabkan oleh *waste* yang ditimbulkan. Identifikasi dengan menggunakan COPQ dilakukan dengan cara melakukan konversi dari *waste* yang terjadi ke dalam bentuk *cost*. *Cost* dihitung dari *waste* yang menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Proses produksi perusahaan yang bersifat *job shop* menyebabkan harga produk yang berbeda-beda. Untuk memudahkan perhitungan COPQ diperlukan harga satuan per produk. Penentuan harga tersebut diambil berdasarkan harga yang paling sering digunakan untuk produk perusahaan. Untuk mengetahui harga yang memiliki frekuensi terbanyak maka digunakan perhitungan modus data. Berikut ini adalah perhitungan modus data harga.

Tabel 4.14 Interval dan Frekuensi Harga

Interval Harga (x Rp 1.000,00)	Frekuensi
≤ 30	1.258
31 - 40	1.373
41 - 50	1.498
51 - 60	4.833
61 - 70	3.410
71 - 80	1.376
81 - 90	1.562
91 - 100	872
≥ 101	564
Total	16.746

Dari Tabel 4.14 diketahui bahwa frekuensi tertinggi berada di interval 51 sampai dengan 60 dengan nilai sebesar 4.833. Selanjutnya adalah menentukan harga yang paling sering digunakan menggunakan modus data. Berikut ini adalah perhitungan modus data.

$$Mo = b + \left(\frac{b_1}{b_1 + b_2} \right) p$$

Mo = modus

b = batas bawah kelas interval dengan frekuensi terbanyak

p = panjang kelas interval

b_1 = frekuensi terbanyak dikurangi frekuensi kelas sebelumnya

b_2 = frekuensi terbanyak dikurangi frekuensi kelas sesudahnya

$$Mo = Rp\ 50.500,00 + \left(\frac{3.335}{3.335 + 1.423} \right) \times 10.000 = Rp\ 57.510,00$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka diketahui harga yang paling sering digunakan adalah Rp 57.510,00. Selanjutnya untuk perhitungan COPQ harga per unit ditentukan sebesar Rp 57.510,00. Berikut adalah uraian COPQ dari masing-masing *waste* yang diamati.

4.9.1 COPQ Kategori *Defect*

Identifikasi COPQ pada *waste* ini dihitung dari jumlah *defect* yang terjadi dikalikan dengan harga jual produk. Berikut ini adalah tabel perhitungan COPQ dari *waste* kategori *defect*.

Tabel 4.15 COPQ Kategori *Defect*

<i>Defect</i>		
Periode	Jumlah <i>Defect</i>	COPQ
1	503	Rp 28.927.530,00
2	970	Rp 55.784.700,00
3	302	Rp 17.368.020,00
4	572	Rp 32.895.720,00
5	355	Rp 20.416.050,00
6	628	Rp 36.116.280,00
Total COPQ		Rp 191.508.300,00

Dari Tabel 4.15 menunjukkan jumlah COPQ selama enam bulan dengan nilai total sebesar Rp 191.508.300,00.

4.9.2 COPQ Kategori *Over Production*

Identifikasi COPQ pada *waste* kategori *over production* dihitung dari jumlah total produk *over production* yang tidak ditimbulkan selama proses produksi berlangsung dikalikan dengan harga jual produk. Berikut ini adalah tabel perhitungan COPQ untuk *waste* kategori *over production*.

Tabel 4.16 COPQ Kategori *Over Production*

<i>Over Production (O.P)</i>		
Periode	Jumlah O.P.	COPQ
1	143	Rp 8.223.930,00
2	280	Rp 16.102.800,00
3	89	Rp 5.118.390,00
4	168	Rp 9.661.680,00
5	103	Rp 5.923.530,00
6	184	Rp 10.581.840,00
Total COPQ		Rp 55.612.170,00

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa nilai COPQ untuk *waste* kategori *over production* selama enam bulan sebesar Rp 55.612.170,00. Jumlah *over production* didapat dari unit produk yang melebihi pesanan disebabkan oleh *defect*, kesalahan membaca operator, dan lain-lain.

4.9.3 COPQ Kategori *Waiting*

Identifikasi COPQ pada *waste* kategori *waiting* dihitung dari jumlah total lama *waiting time* yang terjadi karena adanya *unplanned downtime* pada mesin produksi. Dari total *waiting time* dalam bentuk waktu kemudian dikonversi menjadi *opportunity lost product* dalam bentuk satuan jumlah unit produk dengan cara mengetahui jumlah unit produk yang seharusnya dapat dihasilkan apabila waktu yang dihabiskan pada *unplanned downtime* digunakan untuk memproduksi. Setelah diketahui jumlah unit yang seharusnya dapat dihasilkan selama *unplanned downtime* maka selanjutnya dikonversi ke dalam bentuk *cost*. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan COPQ dengan *waste* kategori *waiting*.

Tabel 4.17 COPQ Kategori *Waiting*

<i>Waiting</i>			
Periode	<i>Downtime</i>	Produk yang seharusnya dapat dibuat	COPQ
1	85	12	Rp 3.926.465,00
2	197	28	Rp 9.168.640,00
3	122	17	Rp 5.648.143,00
4	152	22	Rp 7.034.430,00
5	104	15	Rp 4.820.595,00
6	97	14	Rp 4.520.880,00
Total COPQ			Rp 35.119.153,00

Downtime diketahui dari Tabel 4.5. Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai COPQ untuk *waste* kategori *waiting* sebesar Rp 35.119.153,00.

4.9.4 COPQ Kategori *Inventory*

Pada *waste* kategori *inventory*, identifikasi COPQ dilakukan dengan menghitung banyaknya jumlah unit produk jadi yang disimpan sementara di *finished goods area* yang tidak segera dikirimkan ke konsumen atau dilepas ke pasar selama lebih dari 3 hari dan jumlah unit produk WIP yang tidak segera diproses selama lebih dari satu *shift* kerja. Dari jumlah unit tersebut kemudian dikonversi ke dalam bentuk *cost* untuk mengetahui *cost* yang hilang. Berikut ini adalah contoh perhitungan dan tabel hasil perhitungan COPQ berdasarkan *waste* kategori *inventory*.

Tabel 4.18 COPQ Kategori *Inventory*

<i>Inventory</i>		
Periode	Jumlah <i>Inventory</i>	COPQ
1	327	Rp 18.805.770,00
2	636	Rp 36.576.360,00
3	201	Rp 11.559.510,00
4	373	Rp 21.451.230,00
5	241	Rp 13.859.910,00
6	411	Rp 23.636.610,00
Total COPQ		Rp 125.889.390,00

Dari Tabel 4.18 diketahui bahwa nilai COPQ untuk *waste* kategori *inventory* sebesar Rp 125.889.390,00.

4.9.5 COPQ Kategori *Excess Processing*

Pada *waste* kategori *excess processing*, perhitungan identifikasi COPQ dilakukan dengan cara mengetahui jumlah kejadian dilakukannya *rework* dan *excess processing* yang lain yang tidak memberikan nilai tambah. Selanjutnya jumlah kejadian tersebut dikonversi ke dalam bentuk *cost* untuk mengetahui biaya yang hilang karena *waste* kategori *excess processing*. Berikut ini adalah contoh perhitungan dan tabel hasil perhitungan COPQ berdasarkan *waste* kategori *excess processing*.

Tabel 4.19 COPQ Kategori *Excess Processing*

<i>Excess Processing</i>		
Periode	Jumlah <i>Excess Processing</i>	COPQ
1	469	Rp 26.972.190,00
2	911	Rp 52.391.610,00
3	283	Rp 16.275.330,00
4	534	Rp 30.710.340,00
5	341	Rp 19.610.910,00
6	595	Rp 34.218.450,00
Total COPQ		Rp 180.178.830,00

Berdasarkan Tabel 4.19 maka dapat diketahui bahwa nilai COPQ untuk *waste* kategori *excess processing* sebesar Rp 180.178.830,00.

4.10 Identifikasi *Waste* yang Paling Berpengaruh

Pada bagian ini akan dilakukan identifikasi *waste* yang paling berpengaruh menggunakan *cost of poor quality* dan *pareto chart*. Berikut ini adalah pembahasannya.

4.10.1 Identifikasi Waste yang Paling Berpengaruh Menggunakan COPQ

Pada bagian ini akan dijelaskan penentuan *waste* yang paling berpengaruh dengan cara membandingkan *cost of poor quality* dari masing-masing *waste* yang terjadi di Production Area. Berdasarkan hasil rekap data *cost of poor quality* maka dipilih dua nilai terbesar dimana kedua nilai tersebut merupakan *waste* yang paling berpengaruh pada proses produksi di Production Area. Berikut ini adalah hasil rekap data *cost of poor quality* dari masing-masing *waste*.

Tabel 4.20 Nilai COPQ dari Tiap Waste

No	Waste	Jumlah	COPQ
1	<i>Defect</i>	3.330	Rp 191.508.300,00
2	<i>Over Production</i>	967	Rp 55.612.170,00
3	<i>Waiting</i>	108	Rp 35.119.153,00
4	<i>Inventory</i>	2.189	Rp 125.889.390,00
5	<i>Excess Processing</i>	3.133	Rp 180.178.830,00
Total Waste			Rp 588.307.843,00

Dari Tabel 4.20 diketahui tiga teratas *waste* yang mempengaruhi proses produksi. Berikut ini adalah hasil rekap *waste* yang berpengaruh.

Defect : Rp 191.508.300,00

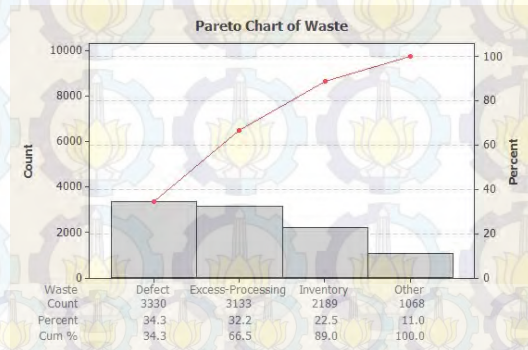
Excess Processing : Rp 180.178.830,00

Inventory : Rp 125.889.390,00

Dengan nilai COPQ yang sedemikian rupa maka ada kemungkinan ketiga *waste* di atas memberikan dampak finansial yang sangat berpengaruh bagi proses bisnis perusahaan.

4.10.2 Identifikasi Waste yang Paling Berpengaruh Menggunakan Pareto Chart

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penentuan *waste* yang paling berpengaruh dengan menggunakan metode *pareto chart*. Berikut ini adalah gambar *pareto chart* berdasarkan jumlah *waste* yang terjadi pada tiap proses.



Gambar 4.18 *Pareto Chart* dari Tiap *Waste*

Dengan menggunakan metode 80:20 maka dapat diketahui bahwa *waste* yang paling kritis adalah *waste* kategori *defect*, *excess processing*, dan *inventory*. Berikut ini adalah rekap data *pareto chart* dari tiap *waste*.

- Defect* : 3.330 unit
- Excess Processing* : 3.133 unit
- Inventory* : 2.189 unit

Selanjutnya adalah ditentukannya penyebab *waste* yang paling berpengaruh dengan menggunakan *root cause analysis*.

4.11 Identifikasi Penyebab *Waste* yang Paling Berpengaruh

Setelah diketahui tiga kategori *waste* yang paling berpengaruh, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi penyebab *waste* yang paling berpengaruh pada proses produksi. Berikut ini adalah identifikasi dari tiga kategori *waste* yang paling berpengaruh yaitu *defect*, *excess processing*, dan *inventory*.

4.11.1 Identifikasi Penyebab *Defect*

Pada *waste* kategori *defect* ini tidak hanya ditemui di satu proses saja namun juga ditemui di hampir semua proses produksi perusahaan. Di setiap kategori proses memiliki jumlah *defect* masing-masing. Berikut ini adalah tabel jumlah *defect* per proses yang ada pada Production Area.

Tabel 4.21 Jumlah *Waste* Kategori *Defect* di Tiap Proses

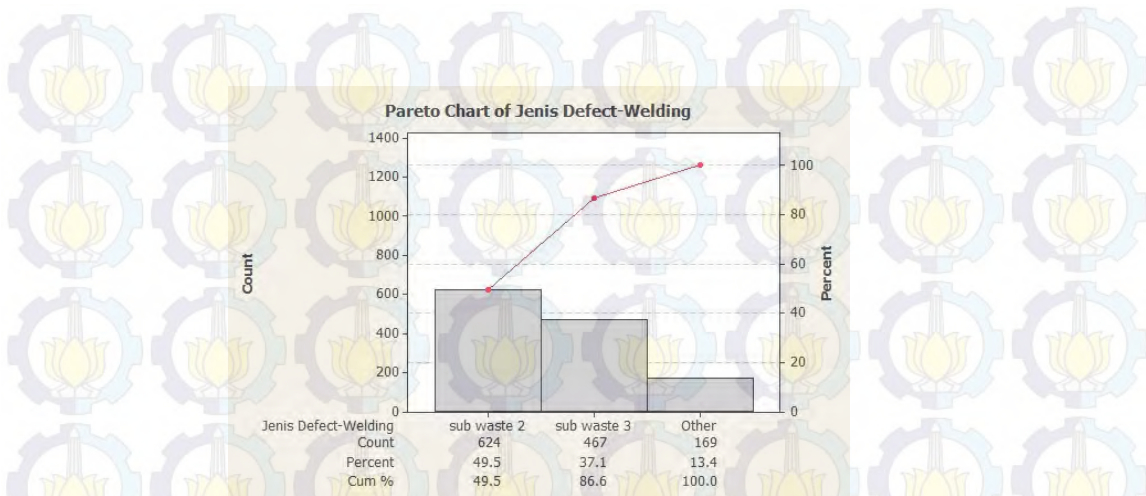
Proses Produksi	Jumlah <i>Defect</i> (Periode)						Total <i>Defect</i>
	1	2	3	4	5	6	
<i>Cutting (Laser)</i>	80	157	48	93	52	101	531
<i>Cutting (Punching)</i>	74	139	43	81	51	88	476
<i>Bending</i>	141	273	85	162	104	175	940
<i>Welding</i>	189	367	114	215	135	240	1.260
<i>Painting</i>	19	34	12	21	13	24	123
Total <i>Defect</i>							3.330

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.21 diketahui bahwa proses *welding* merupakan proses produksi dengan jumlah *waste* yang paling banyak dan menyebabkan banyaknya muncul *waste* kategori *defect* sebesar 1260 unit. Maka selanjutnya adalah dilakukan identifikasi lagi pada proses *welding* tersebut untuk mengetahui *sub-waste defect* apa saja yang terjadi pada proses tersebut. Berikut ini adalah tabel *sub-waste defect* pada proses *welding*.

Tabel 4.22 Kategori *Sub-Waste Defect* pada Proses *Welding*

Sub Waste	Kategori <i>Defect-Welding</i>	Jumlah <i>Defect</i> (Periode)						Total <i>Defect</i>
		1	2	3	4	5	6	
1	Lembar logam retak	10	20	7	11	8	12	68
2	Sambungan tidak kuat	93	181	57	107	67	119	624
3	Posisi <i>welding</i> terlalu lebar	71	134	41	80	52	89	467
4	Salah dimensi	5	8	3	5	4	7	32
5	Pengelasan kurang	9	19	7	12	8	14	69
Total <i>Defect</i>							1.260	

Berdasarkan Tabel 4.22 diketahui bahwa untuk *sub-waste* 2 memiliki total *defect* tertinggi yaitu 624 unit *defect*. Berikut ini adalah pengolahan data menggunakan *pareto chart*.



Gambar 4.19 Pareto Chart pada Waste Kategori Defect pada Proses Welding

Dengan menggunakan metode 80:20, hasil *pareto chart* pada Gambar 4.18 menunjukkan bahwa *sub-waste 2* dan *sub-waste 3* merupakan waste yang paling berpengaruh yang terjadi pada proses *welding*. Untuk *sub waste 2* sejumlah 624 unit dan *sub waste 3* sejumlah 467 unit. Setelah terpilih *sub waste* yang kritis maka selanjutnya dicari akar penyebab dari masing-masing *sub waste* dengan metode *root cause analysis*. Berikut ini adalah tabel *root cause analysis* untuk waste kategori *defect*.

Tabel 4.23 Root Cause Analysis untuk Sub-Waste Defect

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Defect	2	Sambungan tidak kuat	Suhu < 200°C	Salah pengaturan suhu	Operator tidak mengatur suhu	Operator tidak memperdulikan faktor suhu	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar
			Pengerjaan <i>welding</i> tidak merata	Kecepatan pengelasan terlalu lambat/cepat	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar	Operator tidak melakukan sesuai SOP	Operator terkesan bekeja "asal jadi"
			Root faces terlalu besar/kecil	Dimensi produk kurang sesuai	Desain dari konsumen kurang jelas		
				Adanya kesalahan pada proses <i>cutting</i>	Bagian <i>engineering</i> kurang jelas dalam mendesain 3D		

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
					Operator melakukan kesalahan <i>input</i> pada mesin	Operator tidak memperhatikan PDO	
			Arus terlalu tinggi	Tidak dilakukan pengaturan arus	Operator tidak mengatur arus	Operator tidak memeriksa arus	Operator tidak mengecek kondisi fasilitas mesin/ <i>tools</i> produksi
	3	Posisi <i>welding</i> terlalu lebar	Kecepatan <i>welding</i> terlalu lambat/cepat	Operator tidak memperhatikan kecepatan <i>welding</i>	Operator tidak mengetahui kecepatan yang tepat	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar	
			Posisi elektroda saat <i>welding</i> tidak tepat	Operator tidak mengetahui sudut elektroda yang tepat	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar		

Dari hasil *root cause analysis* pada Tabel 4.23 maka diketahui akar penyebab dari *waste* kategori *defect*. Berikut ini adalah akar penyebab *waste* kategori *defect*.

Tabel 4.24 Akar Penyebab *Waste* Kategori *Defect*

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Akar Penyebab
<i>Defect</i>	2	Sambungan tidak kuat	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar dan terkesan asal jadi
			SOP tidak dibaca
			Desain dari konsumen kurang jelas
			Bagian <i>engineering</i> kurang jelas dalam mendesain
			Operator tidak memperhatikan PDO
	3	Posisi <i>welding</i> terlalu lebar	Operator tidak mengecek kondisi fasilitas mesin/ <i>tools</i> produksi
Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar			

Berdasarkan Tabel 4.24 dapat diketahui bahwa penyebab *sub waste* 2 disebabkan salah satunya karena operator kurang memahami teknik *welding* yang

benar dan *sub waste* 3 disebabkan salah satunya karena operator tidak mengecek kondisi fasilitas mesin atau *tools* produksi.

4.11.2 Identifikasi Penyebab *Excess Processing*

Pada *waste* kategori *excess processing* ini dilakukan identifikasi pada tiap proses produksi yang memiliki *waste* tersebut. Proses produksi yang diidentifikasi sama dengan proses yang diamati pada *waste* kategori *defect* namun ditambahkan proses *assembly* karena pada proses ini ditemui *waste* pula. Berikut ini adalah tabel jumlah *excess processing* pada masing-masing proses.

Tabel 4.25 Jumlah *Waste* Kategori *Excess Processing* di Tiap Proses

Proses Produksi	Jumlah <i>Excess Processing</i> (E.P.) (Periode)						Total E.P.
	1	2	3	4	5	6	
<i>Cutting (Laser)</i>	75	144	45	84	52	94	494
<i>Cutting (Punching)</i>	64	129	40	76	49	85	443
<i>Bending</i>	132	254	77	149	97	165	874
<i>Welding</i>	176	339	106	200	128	223	1.172
<i>Painting</i>	17	34	11	19	12	21	114
<i>Assembly</i>	5	11	4	6	3	7	36
Total <i>Excess Processing</i>							3.133

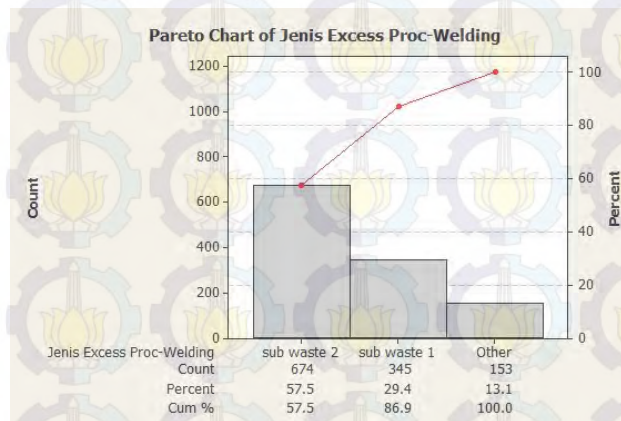
Berdasarkan data pada Tabel 4.25 diketahui proses *welding* merupakan proses dimana terjadi jumlah *waste* yang paling banyak sebanyak 1.172 unit. Selanjutnya adalah dilakukan identifikasi pada proses *welding* tersebut untuk mengetahui *sub-waste excess processing* apa saja yang terjadi. Berikut ini adalah tabel *sub-waste excess processing* pada proses *welding*.

Tabel 4.26 Kategori *Sub-Waste Excess Processing* pada Proses *Welding*

<i>Sub Waste</i>	Kategori <i>E.P. Welding</i>	Jumlah <i>Excess Processing</i> (E.P.) (Periode)						Total E.P.
		1	2	3	4	5	6	
1	Pengulangan produk WIP	51	101	32	57	38	66	345
2	Produksi melebihi <i>order</i>	10	194	61	115	75	126	674
3	Penghalusan material	8	16	5	10	6	11	56
4	<i>Rework</i> karena <i>defect</i>	15	28	8	17	11	18	97

Sub Waste	Kategori E.P. Welding	Jumlah Excess Processing (E.P) (Periode)						Total E.P.
		1	2	3	4	5	6	
Total Excess Processing								1.172

Berdasarkan Tabel 4.26 diketahui untuk *sub waste 2* memiliki total *excess processing* tertinggi yaitu sebesar 674 unit. Berikut ini adalah pengolahan data menggunakan *pareto chart*.



Gambar 4.20 *Pareto Chart* pada Waste Kategori *Excess Processing* pada Proses *Welding*

Apabila mengaplikasikan metode 80:20, hasil *pareto chart* di pada Gambar 4.19 akan menunjukkan bahwa *sub waste 2* dan *sub waste 1* merupakan waste yang paling berpengaruh yang terjadi pada proses *welding*. *Sub waste 2* menimbulkan waste sejumlah 674 unit dan *sub waste 1* sejumlah 345 unit. Setelah diketahui *sub waste* kritis maka selanjutnya dilakukan identifikasi akar penyebab permasalahan dari masing-masing *sub waste* dengan metode *root cause analysis*. Berikut ini adalah tabel *root cause analysis* untuk waste kategori *excess processing*.

Tabel 4.27 *Root Cause Analysis* untuk Sub-Waste *Excess Processing*

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Excess Processing	2	Produksi melebihi order	Mesin memproduksi melebihi order	Operator salah melakukan input pada mesin	Operator tidak membaca PDO dengan baik		

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
			Produk WIP masih belum sesuai dengan PDO	Masih ada pengerjaan yang terlewatkan pada proses sebelumnya	Operator tidak mengerjakan produk WIP sesuai dengan PDO	Pengecekan spesifikasi pada PDO masih kurang jelas	Tidak ada tanda Yes/No yang menunjukkan produk WIP telah sesuai PDO
	1	Pengulangan proses produk WIP	Masih ditemui <i>defect</i> pada produk WIP	Proses produksi sebelumnya meloloskan produk <i>defect</i>	Proses produksi sebelumnya masih memiliki banyak beban PDO	Sempitnya waktu pengerjaan karena masih ada produk WIP lain	Pembagian kerja kurang merata
				Proses produksi sebelumnya tidak menemui adanya <i>defect</i>	Proses inspeksi produk WIP masih belum sesuai	Tidak ada mekanisme pencatatan <i>defect</i> pada PDO	
			Ditemui <i>defect</i> pada bahan baku dari <i>supplier</i>	Tidak ada fasilitas penjamin keamanan bahan baku dari <i>supplier</i>	<i>Supplier</i> berasal dari konsumen bukan dari <i>supplier</i> klien		

Dari hasil *root cause analysis* di atas maka diketahui akar penyebab dari *waste* kategori *excess processing*. Berikut ini adalah akar penyebab *waste* kategori *excess processing*.

Tabel 4.28 Akar Penyebab Waste Kategori *Excess Processing*

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Akar Penyebab
	2	Proses produksi melebihi <i>order</i>	Operator tidak membaca PDO dengan baik
<i>Excess Processing</i>	1	Pengulangan proses produk WIP	Tidak ada tanda Yes/No yang menunjukkan produk WIP sudah sesuai PDO
			Pembagian kerja kurang merata
			Tidak ada mekanisme pencatatan <i>defect</i> pada PDO
			<i>Supplier</i> berasal dari konsumen bukan dari <i>supplier</i> klien

Berdasarkan Tabel 4.28 diketahui bahwa akar penyebab *sub-waste* 2 adalah operator tidak membaca PDO dengan baik dan *sub-waste* 1 salah satunya disebabkan karena pembagian kerja kurang merata.

4.11.3 Identifikasi Penyebab *Inventory*

Pada *waste* kategori *inventory* ini dilakukan identifikasi pada tiap proses produksi yang memiliki *waste* tersebut. Proses produksi yang diamati dimulai dari proses *cutting* hingga proses *assembly*. Berikut ini adalah tabel jumlah *inventory* pada masing-masing proses.

Tabel 4.29 Jumlah *Waste* Kategori *Inventory* di Tiap Proses

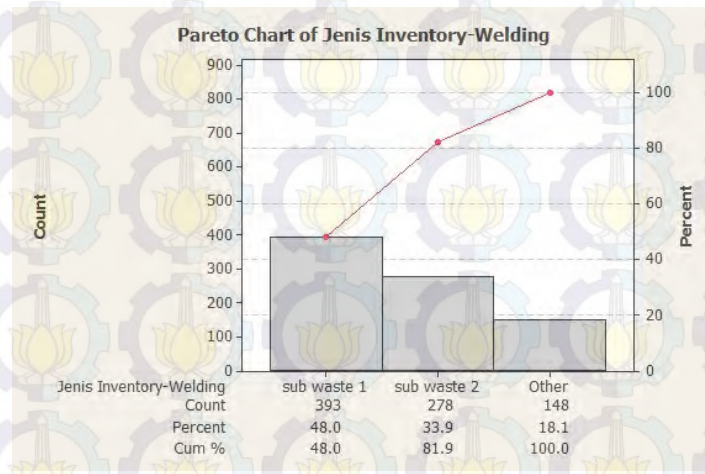
Proses Produksi	Jumlah <i>Inventory</i> (Periode)						Total <i>Inventory</i>
	1	2	3	4	5	6	
<i>Cutting (Laser)</i>	52	101	32	59	37	64	345
<i>Cutting (Punching)</i>	46	91	28	52	34	58	309
<i>Bending</i>	91	177	56	104	68	115	611
<i>Welding</i>	123	237	74	140	91	154	819
<i>Painting</i>	11	23	8	14	9	15	80
<i>Assembly</i>	4	7	3	4	2	5	25
Total <i>Inventory</i>							2.189

Berdasarkan data pada Tabel 2.49 diketahui proses *welding* merupakan proses yang paling banyak menimbulkan unit *waste* sebanyak 819 unit. Selanjutnya dilakukan identifikasi pada proses *welding* tersebut untuk mengetahui *sub-waste inventory* apa saja yang terjadi. Berikut ini adalah tabel *sub-waste inventory* pada proses *welding*.

Tabel 4.30 Kategori *Sub-Waste Inventory* pada Proses *Welding*

<i>Sub Waste</i>	Kategori <i>Inventory-Welding</i>	Jumlah <i>Inventory</i> (Periode)						Total <i>Inventory</i>
		1	2	3	4	5	6	
1	Produk WIP ditunda	59	114	36	67	45	72	393
2	Produk menunggu <i>rework</i>	42	80	26	47	31	52	278
3	Bahan baku berlebih	6	15	5	9	6	10	51
4	Penyimpanan <i>Scrap</i>	15	27	9	16	11	19	97
Total <i>Inventory</i>								819

Berdasarkan Tabel 4.30 diketahui *sub waste* tertinggi yaitu *sub waste 1* dengan jumlah 393 unit. Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan *pareto chart* untuk menentukan *sub waste* kritis. Berikut ini adalah pengolahan data menggunakan *pareto chart*.



Gambar 4.21 *Pareto Chart* pada *Waste Kategori Inventory* pada Proses *Welding*

Berdasarkan Gambar 4.20, dengan menggunakan metode 80:20 maka diketahui bahwa *sub waste* kritis adalah *sub waste 1* dan *sub waste 2* dimana kedua *sub waste* tersebut merupakan *sub waste* yang paling berpengaruh selama proses *welding* berlangsung. Setelah diketahui *sub waste* kritis maka langkah selanjutnya adalah dilakukan identifikasi akar penyebab permasalahan dari masing-masing *sub waste* dengan metode *root cause analysis*. Berikut ini adalah tabel *root cause analysis* untuk *waste kategori inventory*.

Tabel 4.31 *Root Cause Analysis* untuk *Sub-Waste Inventory*

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Inventory	1	Produk WIP ditunda	Mesin/peralatan belum siap	Mesin produksi mengalami <i>breakdown</i>	Mesin sedang dilakukan <i>maintenance</i>		
				Mesin produksi masih mengerjakan PDO lain			
			Operator masih mengerjakan PDO lain	Tidak ada operator yang <i>available</i> untuk mengerjakan PDO	Pembagian kerja operator yang tidak merata		

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
				Operator menunda-nunda pekerjaan sehingga beban kerja masih banyak	Operator kurang memahami tata tertib kerja		
	2	Produk menunggu <i>rework</i>	Adanya produk <i>defect</i> yang tidak dilakukan <i>rework</i>	Tidak ada bagian produksi yang <i>available</i> untuk melakukan <i>rework</i>	Produk yang memerlukan proses <i>rework</i> terlalu banyak	Masih banyak produk yang tidak sesuai spesifikasi di proses sebelumnya	

Dari hasil *root cause analysis* pada Tabel 4.31 maka diketahui akar penyebab dari *waste* kategori *inventory*. Berikut ini adalah akar penyebab *waste* kategori *inventory*.

Tabel 4.32 Akar Penyebab Waste Kategori *Inventory*

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Akar Penyebab
<i>Inventory</i>	1	Produk WIP ditunda	Mesin produksi sedang dilakukan <i>maintenance</i>
			Mesin produksi masih mengerjakan PDO lain
			Pembagian kerja operator yang tidak merata
	Operator kurang memahami tata tertib kerja		
	2	Produk menunggu <i>rework</i>	Masih banyak produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi pada proses sebelumnya

Berdasarkan Tabel 4.32, maka diketahui bahwa untuk *sub-waste* 1 disebabkan salah satunya karena mesin produksi masih mengerjakan PDO yang lain dan *sub-waste* 2 yang disebabkan karena masih banyak produk yang tidak sesuai pada proses sebelumnya.

4.12 Identifikasi Moda Kegagalan dan Efeknya dengan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Identifikasi moda kegagalan dan efeknya digunakan untuk memperoleh alternatif perbaikan terhadap kegagalan tersebut. FMEA merupakan *tool* yang

digunakan untuk menentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* dari setiap *waste* dimana selanjutnya akan diperoleh nilai RPN tertinggi. Nilai tersebut akan digunakan untuk menentukan alternatif perbaikan untuk perusahaan dalam meningkatkan kualitas proses produksinya.

4.12.1 Severity

Severity merupakan suatu penilaian tingkat keparahan dari keseriusan efek yang ditimbulkan dari moda-moda kegagalan (*failure mode*) yang berdampak pada pengguna akhir baik dari segi pelanggan maupun proses selanjutnya. Efek dari tingkat keparahan dan rating dari tiap *waste* ditentukan melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan. Kemudian penilaian diberikan kepada pihak perusahaan untuk setiap *waste* yang sudah ditetapkan.

Tabel 4.33 Kriteria *Severity* untuk Setiap *Waste*

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak berpengaruh terhadap proses produksi	1
Sangat minor	Sedikit berpengaruh terhadap proses produksi namun dapat diabaikan	2
Minor	Berpengaruh terhadap proses produksi namun dapat diabaikan	3
Sangat rendah	Berpengaruh terhadap proses produksi, tidak menyebabkan kerusakan produk	4
Rendah	Berpengaruh terhadap proses produksi, terdapat peluar kerusakan produk	5
Sedang	Berpengaruh terhadap proses produksi, kerusakan produk pasti terjadi, produk tidak dapat diperbaiki	6
	Membutuhkan <i>adjustment</i>	
Tinggi	Berpenaruh terhadap proses produksi, kerusakan produk pasti terjadi, produk tidak dapat diperbaiki	7
	Menghentikan proses produksi	
Sangat tinggi	Berpengaruh terhadap proses produksi, kerusakan produk pasti terjadi, produk tidak dapat diperbaiki	8
	Berpeluang membahayakan operator	
	Menghentikan proses produksi	
Berbahaya	Membahayakan operator	9

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
	Menghentikan proses produksi	
	Terdapat peluang kerusakan fasilitas	
Sangat berbahaya	Membahayakan operator	10
	Menghentikan seluruh proses produksi	
	Terdapat peluang kerusakan fasilitas	

4.12.2 Occurrence

Occurrence merupakan sistem penilaian mengenai peluang (*probability*) frekuensi penyebab kegagalan yang akan terjadi sehingga dapat menghasilkan mode kegagalan yang memberikan akibat tertentu. Penetapan nilai *occurrence*, *probability*, dan *rating* didapatkan melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan. Berikut ini adalah tabel *occurrence* untuk setiap *waste*.

Tabel 4.34 Kriteria *Occurrence* untuk Setiap *Waste*

<i>Occurrence</i>	Probabilitas Kejadian	<i>Rating</i>
Tidak Pernah	0%	1
Jarang	0.0% - 2.5%	2
	2.6% - 5.0%	3
Kadang-kadang	5.1% - 7.5%	4
	7.6% - 10.0%	5
Cukup sering	10.1% - 12.5%	6
	12.6% - 15.0%	7
Sering	15.1% - 17.5%	8
	17.6% - 20.0%	9
Sangat sering	>20%	10

Untuk menghitung jumlah probabilitas yang muncul, maka dilakukan perhitungan dengan cara membagi jumlah kejadian di tiap *waste* dengan total produksi. Berikut ini adalah hasil perhitungan probabilitas dari tiap *waste*.

$$\text{Probabilitas defect} = \frac{\text{total defect}}{\text{total produksi}} = \frac{3.330}{17.446} = 19,09\%$$

$$\text{Probabilitas excess processing} = \frac{3.133}{17.446} = 17,96\%$$

$$\text{Probabilitas inventory} = \frac{2.189}{17.446} = 12,55\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka diketahui bahwa probabilitas munculnya *waste* kategori *defect* adalah 19,09% dengan tingkat kejadian sangat sering, *waste* kategori *excess processing* sebesar 17,96% dengan tingkat kejadian sangat sering, dan *waste* kategori *inventory* sebesar 12,55% dengan tingkat kejadian cukup sering.

4.12.3 Detection

Detection merupakan suatu penilaian mengenai kemampuan dari alat atau proses kontrol dalam mendeteksi kesalahan maupun moda kegagalan (*failure mode*) yang menyebabkan terjadinya kegagalan. *Detection*, keterangan, dan *rating* diperoleh melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan. Berikut ini adalah tabel *detection* untuk semua *waste*.

Tabel 4.35 Kriteria *Detection* untuk Setiap *Waste*

<i>Detection</i>	Keterangan	<i>Rating</i>
Hampir Pasti	Pemborosan dapat langsung dideteksi	1
	Tidak membutuhkan alat bantu deteksi	
	Hasil deteksi sangat akurat	
Sangat Mudah	Pemborosan dapat dideteksi dengan inspeksi visual	2
	Tidak membutuhkan alat bantu deteksi	
	Hasil deteksi akurat	
Mudah	Membutuhkan alat bantu untuk mendeteksi pemborosan	3
	Pemborosan baru dapat diketahui setelah terjadi	
Sedikit Mudah	Membutuhkan alat bantu untuk mendeteksi pemborosan	4
	Pemborosan dapat diketahui saat proses telah selesai	
Sedang	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	5
	Pemborosan baru terdeteksi saat dilakukan analisa lebih lanjut	
Sedikit Susah	Membutuhkan alat bantu yang lebih canggih	6
	Dibutuhkan metode untuk mengetahui pemborosan yang terjadi	
Susah	Membutuhkan alat bantu yang canggih	7
	Pemborosan mulai sulit dideteksi	

<i>Detection</i>	Keterangan	<i>Rating</i>
Sangat Susah	Mebutuhkan alat bantu yang canggih	8
	Hasil deteksi tidak akurat	
Amat Sangat Susah	Alat bantu mulai tidak dapat digunakan untuk mendeteksi	9
	Hasil deteksi buruk	
	Pemborosan baru diketahui setelah dilakukan evaluasi	
Hampir Tidak Mungkin	Pemborosan tidak dapat terdeteksi sama sekali	10

Setelah ditentukan kriteria dari setiap *waste*, selanjutnya adalah dilakukan penentuan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari masing-masing *waste* kritis.

Berikut ini adalah tabel nilai RPN.

Tabel 4.36 Hasil Nilai RPN

<i>Waste</i>	<i>Sub-Waste</i>	<i>Potential Effect</i>	S	<i>Cause</i>	O	<i>Control</i>	D	RPN
<i>Defect</i>	(2) Sambungan tidak kuat	Produk rusak, sulit diperbaiki, <i>reject</i>	7	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar	6	Inspeksi produk, upgrading	4	168
			7	SOP tidak dibaca	7	Sosialisasi tata tertib kerja	5	245
			6	Desain dari konsumen kurang jelas	5	Komunikasi dengan konsumen	3	90
			5	Bagian <i>engineering</i> kurang jelas dalam mendesain	4	Inspeksi produk, upgrading	4	80
			5	Operator tidak memperhatikan PDO	6	Sosialisasi tata tertib kerja	3	90
	(3) Posisi <i>welding</i> terlalu lebar	Menumpuknya produk <i>reject</i> di proses <i>welding</i> , produk belum jadi sesuai spesifikasi	4	Operator tidak mengecek kondisi fasilitas mesin/ <i>tools</i> produksi	4	Sosialisasi tata tertib kerja	5	80
			7	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar	6	Inspeksi produk, upgrading	4	168
<i>Excess Processing</i>	(2) Proses produksi melebihi order	Meningkatnya <i>product loss</i> , kerugian biaya, dan proses yang tidak perlu	7	Operator tidak membaca PDO dengan baik	7	Sosialisasi tata tertib kerja	5	245
	(1) Pengulangan proses produk WIP	Menumpuknya produk WIP di <i>inventory</i> , bertambahnya <i>lead</i>	6	Tidak ada tanda Yes/No yang menunjukkan produk WIP sudah sesuai PDO	5	Pembaharuan PDO	3	90

Waste	Sub-Waste	Potential Effect	S	Cause	O	Control	D	RPN
		time, dan proses yang tidak perlu	4	Pembagian kerja kurang merata	5	Pembagian shift kerja	4	80
			4	Tidak ada mekanisme pencatatan defect pada PDO	7	Sosialisasi tata tertib kerja	5	140
			5	Supplier berasal dari konsumen bukan dari supplier klien	5	Kebijakan perusahaan	3	75
Inventory	(1) Produk WIP ditunda	Menumpuknya produk WIP di inventory, bertambahnya lead time, dan semakin banyak produk WIP yang harus dikerjakan	5	Mesin produksi sedang dilakukan maintenance	5	Preventive maintenance	3	75
			6	Mesin produksi masih mengerjakan PDO lain	6	Pemerataan PDO	4	144
			4	Pembagian kerja operator yang tidak merata	6	Pembagian shift kerja	3	72
			6	Operator kurang memahami tata tertib kerja	7	Sosialisasi tata tertib kerja	4	168
	(2) Produk menunggu rework	Proses produksi terhambat dan bertambahnya lead time	5	Masih banyak produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi pada proses sebelumnya	6	Pembagian shift kerja	3	90

Perhitungan nilai RPN diperoleh dengan cara perkalian antara nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D). Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai RPN dari salah satu *sub-waste* yaitu (1) produk WIP ditunda.

$$RPN \text{ Produk WIP ditunda} = \text{severity} \times \text{occurrence} \times \text{detection}$$

$$RPN = 6 \times 7 \times 4 = 168$$

Alternatif perbaikan disusun berdasarkan nilai RPN yang melebihi *cut-off points* sebesar 100. Berdasarkan tabel di atas, maka *waste* yang akan dijadikan fokus untuk penyusunan alternatif perbaikan adalah *waste* kategori *defect sub-waste* 2 dengan nilai RPN tertinggi sebesar 245, *waste* kategori *excess processing sub-waste* 2 dengan nilai RPN tertinggi sebesar 245, dan *waste* kategori *inventory sub-waste* 1 dengan nilai RPN tertinggi sebesar 168.

BAB 5

ANALISA DAN INTEPRETASI DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisa terhadap *non value-added activity*, nilai dari *cost of poor quality*, dan *waste* kritis yang paling berpengaruh terhadap proses produksi. Kemudian dilakukan analisa terhadap *root cause analysis* dari *waste* kritis dan juga analisa nilai RPN dari *waste* tersebut. Selanjutnya dilakukan pembuatan alternatif-alternatif perbaikan berdasarkan hasil dari analisa FMEA dan dihitung biaya dari alternatif tersebut serta dipilih alternatif terbaik yang dapat diterapkan.

5.1 Analisa Non Value-Added Activity

Berdasarkan data *activity classification* yang dilakukan pada proses produksi, diperoleh 25% *value-added activity*, 71% *necessary non value-added activity*, dan 5% *non-value added activity*. Dari aktivitas *non value-added* ini mengindikasikan bahwa terdapat *waste* yang mempengaruhi efisiensi proses produksi perusahaan. 5% pada aktivitas *non value-added* menandakan bahwa PT. X sudah menerapkan *lean manufacturing* cukup baik karena apabila dibandingkan dengan persentase aktivitas *value-added* sebesar 25%, maka persentase aktivitas *non value added* lebih kecil dibandingkan persentase aktivitas *value-added*. Hal ini menunjukkan bahwa aktifitas yang *value-added* lebih banyak dilakukan daripada aktivitas *non value-added*. Salah satu contoh aktivitas *non value-added* adalah menunggu selesainya proses *bending*.

5.2 Analisa Waste Menggunakan Cost of Poor Quality

Berdasarkan data dari hasil perhitungan nilai *cost of poor quality* dari lima kategori *waste* yang terjadi pada proses produksi PT. X, didapat *cost of poor quality* untuk *waste* kategori *defect* sebesar Rp 191.508.300,00, *waste* kategori *over production* sebesar Rp 55.612.170,00, *waste* kategori *waiting* sebesar Rp 35.119.153,00, *waste* kategori *inventory* sebesar Rp 125.889.390,00, dan *waste* kategori *excess processing* sebesar Rp 180.178.830,00. *Waste* yang paling banyak memakan biaya adalah *waste* kategori *defect* dimana disebabkan oleh banyaknya

defect yang terjadi selama proses produksi berlangsung sehingga *cost of poor quality* pada kategori ini lebih tinggi daripada *waste* lain. Berdasarkan nilai *cost of poor quality*, maka *waste* kategori *defect* merupakan *waste* yang paling berpengaruh.

5.3 Analisa Waste Menggunakan Pareto Chart

Selain menggunakan *cost of poor quality*, analisa *waste* juga dilakukan dengan menggunakan *pareto chart*. Dengan menggunakan metode 80:20, dari hasil pengolahan data menggunakan *pareto chart* diketahui bahwa terdapat tiga kategori *waste* kritis dan tertinggi dengan *cummulative percentage* sebesar 89% antara lain *waste* kategori *defect*, *excess processing*, dan *inventory*. Untuk persentase tingkat pengaruh *waste* kategori *defect* sebesar 34,3%, kategori *excess processing* sebesar 32,2%, dan kategori *inventory* sebesar 22,5%. Berdasarkan hasil *pareto chart* tersebut, maka 80% permasalahan disebabkan oleh *waste* kategori *defect*, *excess processing*, dan *inventory*.

5.4 Analisa Waste yang Berpengaruh

Dari 9-Wastes yang digunakan di antaranya EHS, *defect*, *over production*, *waiting*, *non-utilizing employee*, *transportation*, *inventory*, *motion*, dan *excess processing*, ditemukan bahwa terdapat tiga kategori yang dinilai paling berpengaruh terhadap proses produksi. Ketiga *waste* tersebut adalah kategori *defect*, *excess processing*, dan *inventory* yang diperoleh dengan menggunakan analisa *cost of poor quality* dan *pareto chart*. Nilai *cost of poor quality* tertinggi adalah *waste* kategori *defect* dengan nilai sebesar Rp 191.508.300,00. *Cummulative percentage* dengan nilai 89% ada pada tiga kategori *waste* berdasarkan *pareto chart* yaitu *waste* kategori *defect*, *excess processing*, dan *inventory*.

5.5 Analisa Penyebab Waste yang Berpengaruh dengan Menggunakan Root Cause Analysis

Berdasarkan pengolahan data dari *cost of poor quality* dan *pareto chart* didapat tiga kategori *waste* yang paling berpengaruh yaitu *defect*, *excess processing*, dan *inventory*. Untuk menemukan alternatif eliminasi ketiga *waste*

tersebut maka dilakukan analisa terhadap penyebab terjadinya. Berikut ini adalah akar penyebab dari *waste* kategori *defect*.

Tabel 5.1 Akar Penyebab *Waste* Kategori *Defect*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	Deskripsi <i>Waste</i>	Akar Penyebab
<i>Defect</i>	2	Sambungan tidak kuat	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar
			Operator terkesan bekerja asal jadi
			Desain dari konsumen kurang jelas
			Bagian <i>engineering</i> kurang jelas dalam mendesain
	3	Posisi <i>welding</i> terlalu lebar	Operator tidak memperhatikan PDO
			Operator tidak mengecek kondisi fasilitas mesin/ <i>tools</i> produksi
			Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan selama penelitian, untuk *waste* kategori *defect* akar penyebab utama *sub-waste* sambungan tidak kuat dikarenakan operator kurang memahami teknik *welding* yang benar, operator tidak membaca SOP, desain dari konsumen kurang jelas, bagian *engineering* kurang jelas dalam mendesain CAD 3D, dan operator tidak memperhatikan PDO dengan baik. Dengan *sub-waste* tersebut dapat menyebabkan produk rusak dan menjadi produk *reject*. Untuk mengatasinya maka diperlukan inspeksi produk, publikasi tata tertib kerja, dan menjalin komunikasi yang lebih baik dengan konsumen. Untuk *sub-waste* posisi *welding* terlalu lebar disebabkan karena operator kurang memahami teknik *welding* yang benar dan tidak melakukan pengecekan pada fasilitas mesin atau. *Sub-waste* tersebut dapat menyebabkan produk WIP menumpuk pada proses *welding* dan produk tidak sesuai spesifikasi. Untuk mengatasinya diperlukan adanya *upgrading* kemampuan teknisi, inspeksi produk lebih mendalam, dan publikasi tata tertib kerja.

Untuk kategori *waste* selanjutnya adalah *excess processing*. Berikut adalah tabel penyebab utama terjadinya *excess processing*.

Tabel 5.2 Akar Penyebab Waste Kategori *Excess processing*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	Deskripsi Waste	Akar Penyebab
<i>Excess Processing</i>	2	Proses produksi melebihi <i>order</i>	Operator tidak membaca PDO dengan baik
	1	Pengulangan proses produk WIP	Tidak ada tanda Yes/No yang menunjukkan produk WIP sudah sesuai PDO
			Pembagian kerja kurang merata
			Tidak ada mekanisme pencatatan <i>defect</i> pada PDO
		<i>Supplier</i> berasal dari konsumen bukan <i>dari supplier</i> klien	

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan selama penelitian diperoleh, untuk kategori *excess processing*, akar penyebab *sub-waste* proses produksi melebihi *order* adalah operator tidak membaca PDO dengan baik. Hal ini dapat berakibat meningkatnya *product-loss* dan pelaksanaan proses-proses lain yang sebenarnya tidak diperlukan. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan tata tertib kerja agar teknisi maupun operator lebih memahami kewajiban-kewajiban dalam bekerja. Untuk *sub-waste* pengulangan proses produk WIP disebabkan karena pembagian kerja kurang merata, bahan baku masuk yang bukan dari *supplier* klien, dan masih kurangnya fitur-fitur pada PDO. Hal ini dapat menyebabkan bertambahnya produk WIP dan *lead time*, serta semakin banyak proses yang tidak diperlukan. Untuk mengatasinya maka diperlukan pembaharuan PDO, publikasi tata kerja, dan pembagian *shift* kerja yang lebih efisien.

Untuk kategori *waste* terakhir adalah *inventory*. Berikut adalah tabel akar penyebab terjadinya *waste* kategori *inventory*.

Tabel 5.3 Akar Penyebab Waste Kategori *Inventory*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	Deskripsi Waste	Akar Penyebab
<i>Inventory</i>	1	Produk WIP ditunda	Mesin produksi sedang dilakukan <i>maintenance</i> Mesin produksi masih mengerjakan PDO lain

Waste	Sub Waste	Deskripsi Waste	Akar Penyebab
			Pembagian kerja operator yang tidak merata
			Operator kurang memahami tata tertib kerja
	2	Produk menunggu <i>rework</i>	Masih banyak produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi pada proses sebelumnya

Berdasarkan pengamatan pada PT. X, untuk kategori *inventory*, penyebab utama *sub-waste* produk WIP ditunda adalah mesin produksi sedang dilakukan *maintenance* atau *breakdown*, mesin produksi masih mengerjakan PDO lain, pembagian kerja operator yang tidak merata, dan operator kurang memahami tata tertib kerja. Akar penyebab tersebut dapat mengakibatkan menumpuknya produk WIP pada *inventory* dan bertambahnya *lead time*. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka diperlukan *preventive maintenance*, pemerataan PDO, pembagian *shift* kerja yang lebih efisien, dan publikasi tata tertib kerja.

5.6 Analisa Failure Mode and Effect Analysis

Pada pengolahan data yang telah dilakukan terhadap tiap kategori *waste* untuk menghitung nilai RPN maka alternatif perbaikan dapat dibuat berdasarkan RPN dengan nilai lebih dari 100 dari setiap *sub-waste* tersebut. Berikut ini adalah masing-masing *sub-waste* yang memiliki nilai di atas 100.

Tabel 5.4 Nilai RPN Tertinggi dari Tiap Kategori Waste

Waste	Sub-Waste	Potential Effect	S	Cause	O	Control	D	RPN
Defect	(2) Sambungan tidak kuat	Produk rusak, sulit diperbaiki, <i>reject</i>	7	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar	6	Inspeksi produk, <i>upgrading</i>	4	168
			7	SOP tidak dibaca	7	Publikasi tata tertib kerja	5	245
	(3) Posisi <i>welding</i> terlalu lebar	Menumpuknya produk <i>reject</i> di proses <i>welding</i> , produk belum jadi sesuai spesifikasi	7	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar	6	Inspeksi produk, <i>upgrading</i>	4	168

Waste	Sub-Waste	Potential Effect	S	Cause	O	Control	D	RPN
Excess Processing	(2) Proses produksi melebihi <i>order</i>	Meningkatnya <i>product loss</i> , kerugian biaya, dan proses yang tidak perlu	7	Operator tidak membaca PDO dengan baik	7	Publikasi tata tertib kerja	5	245
	(1) Pengulangan proses produk WIP	Menumpuknya produk WIP di <i>inventory</i> , bertambahnya <i>lead time</i> , dan proses yang tidak perlu	4	Tidak ada mekanisme pencatatan <i>defect</i> pada PDO	7	Publikasi tata tertib kerja	5	140
Inventory	(1) Produk WIP ditunda	Menumpuknya produk WIP di <i>inventory</i> , bertambahnya <i>lead time</i> , dan semakin banyak produk WIP yang harus dikerjakan	6	Mesin produksi masih mengerjakan PDO lain	6	Pemerataan PDO	4	144
			6	Operator kurang memahami tata tertib kerja	7	Publikasi tata tertib kerja	4	168

Berdasarkan Tabel 5.4 diketahui bahwa terdapat tujuh *sub-waste* yang bernilai RPN di atas 100 antara lain *sub-waste* sambungan tidak kuat dengan nilai RPN 245, posisi *welding* yang terlalu lebar dengan nilai RPN 168, proses produksi melebihi *order* dengan nilai RPN 245, pengulangan proses produk WIP dengan nilai RPN 140, dan produk WIP yang ditunda dengan nilai RPN 168.

Salah contoh *sub-waste* adalah adanya produk WIP yang ditunda. Hal ini dapat disebabkan karena mesin produksi yang masih mengerjakan PDO lain dan operator yang kurang memahami tata tertib kerja. Dengan adanya *sub-waste* ini dapat mengakibatkan semakin meningkatnya penumpukan produk WIP yang seharusnya dapat diproses, bertambahnya *lead time*, dan semakin banyak *queue* produk WIP yang harus dikerjakan sehingga justru menambah beban kerja di akhir. Oleh karena itu perlu dilakukan pemerataan PDO dan publikasi tata tertib kerja.

5.7 Analisa Alternatif Perbaikan

Setelah dilakukan analisa dari nilai RPN dengan menggunakan FMEA, diperoleh kategori *waste*, *sub-waste*, dan akar penyebabnya yang memperoleh nilai RPN tertinggi. Dari hasil nilai RPN tertinggi itulah *root cause* dari setiap *sub-waste* tersebut akan diusulkan sebuah *improvement* untuk memperbaiki proses.

5.7.1 Alternatif Perbaikan

Berdasarkan analisa terhadap FMEA yang telah dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan alternatif soulsi yang akan dipilih untuk mengatasi masalah yang terjadi pada proses produksi. Adapun alternatif solusi yang digunakan untuk melakukan *improvement* dan menjadi masukan bagi perusahaan.

5.7.1.1 Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori *Defect Sub-Waste 2*

Dari hasil perhitungan *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) sebelumnya maka didapat akar penyebab pada *sub-waste 2* kategori *defect*. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan RPN.

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan RPN Kategori *Waste Sub-Waste 2*

<i>Waste</i>	<i>Sub-Waste</i>	<i>Potential Effect</i>	S	<i>Cause</i>	O	<i>Control</i>	D	RPN
<i>Defect</i>	(2) Sambungan tidak kuat	Produk rusak, sulit diperbaiki, <i>reject</i>	7	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar	6	Inspeksi produk, <i>upgrading</i>	4	168
			7	SOP tidak dibaca	7	Publikasi tata tertib kerja	5	245

Perbaikan yang bisa dilakukan untuk mengatasi akar penyebab tersebut adalah dengan lebih memperketat pengawasan selama proses produksi berlangsung mulai dari aktivitas awal sampai akhir. Selain itu diperlukan juga *upgrading* teknisi secara periodik agar *knowledge* dari operator atau teknisi tidak berkurang dan akan mengurangi munculnya *defect* yang disebabkan operator. Operator yang tidak membaca SOP disebabkan karena kurangnya publikasi SOP dan tata kerja di perusahaan. Hal ini penting karena apabila operator melakukan aktivitas sesuai dengan SOP dan tata tertib kerja maka kejadian munculnya *waste* dapat dikurangi. Selain itu diperlukan juga inspeksi pada setiap proses produksi untuk mengetahui kualitas dari hasil proses produksi.

5.7.1.2 Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori *Defect Sub-Waste 3*

Dari hasil perhitungan *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) sebelumnya maka didapat akar penyebab pada *sub-waste 3* kategori *defect*. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan RPN.

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan RPN Kategori Waste Sub-Waste 3

Waste	Sub-Waste	Potential Effect	S	Cause	O	Control	D	RPN
Defect	(3) Posisi <i>welding</i> terlalu lebar	Menumpuknya produk <i>reject</i> di proses <i>welding</i> , produk belum jadi sesuai spesifikasi	7	Operator kurang memahami teknik <i>welding</i> yang benar	6	Inspeksi produk, <i>upgrading</i>	4	168

Perbaikan yang dapat dilakukan hampir sama dengan *sub-waste* sebelumnya karena permasalahan tidak jauh berbeda. Untuk mengurangi *sub-waste* ini dapat dilakukan inspeksi produk yang lebih ketat bahkan jika perlu dapat dibuat *checklist* sebagai alat bantu inspeksi. Selain inspeksi bisa juga dilakukan *upgrading* pada operator agar tidak *knowledge* yang hilang.

5.7.1.3 Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori *Excess Processing Sub-Waste 2*

Dari hasil perhitungan *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) sebelumnya maka didapat akar penyebab pada *sub-waste 2* kategori *excess processing*. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan RPN.

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan RPN Kategori *Excess Processing Sub-Waste 2*

Waste	Sub-Waste	Potential Effect	S	Cause	O	Control	D	RPN
Excess Processing	(2) Proses produksi melebihi <i>order</i>	Meningkatnya <i>product loss</i> , kerugian biaya, dan proses yang tidak perlu	7	Operator tidak membaca PDO dengan baik	7	Publikasi tata tertib kerja	5	245

Untuk permasalahan pada Tabel 5.7 maka perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan publikasi tata tertib kerja yang lebih merata dan menyeluruh. Publikasi dapat berupa *meeting*, poster, atau pengarahan langsung dari pihak perusahaan. Dengan publikasi ini diharapkan operator dapat memahami pentingnya tata tertib kerja perusahaan.

5.7.1.4 Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori *Excess Processing Sub-Waste 1*

Dari hasil perhitungan *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) sebelumnya maka didapat akar penyebab pada *sub-waste 1* kategori *excess processing*. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan RPN.

Tabel 5.8 Hasil Perhitungan RPN Kategori *Excess Processing Sub-Waste 1*

Waste	Sub-Waste	Potential Effect	S	Cause	O	Control	D	RPN
<i>Excess Processing</i>	(1) Pengulangan proses produk WIP	Menumpuknya produk WIP di <i>inventory</i> , bertambahnya <i>lead time</i> , dan proses yang tidak perlu	4	Tidak ada mekanisme pencatatan <i>defect</i> pada PDO	7	Publikasi tata tertib kerja	5	140

Permasalahan yang dialami memang berbeda dengan kategori *excess processing sub-waste 2* namun perbaikan yang dapat diusulkan tidak jauh berbeda yaitu dengan cara publikasi tata tertib kerja yang lebih merata dan menyeluruh.

5.7.1 5 Usulan Alternatif Perbaikan untuk Kategori *Inventory Sub-Waste 1*

Dari hasil perhitungan *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) sebelumnya maka didapat akar penyebab pada *sub-waste 1* kategori *excess processing*. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan RPN.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan RPN Kategori *Inventory Sub-Waste 1*

Waste	Sub-Waste	Potential Effect	S	Cause	O	Control	D	RPN
Inventory	(1) Produk WIP ditunda	Menumpuknya produk WIP di <i>inventory</i> , bertambahnya <i>lead time</i> , dan semakin banyak produk WIP yang harus dikerjakan	6	Mesin produksi masih mengerjakan PDO lain	6	Pemerataan PDO	4	144
			6	Operator kurang memahami tata tertib kerja	7	Publikasi tata tertib kerja	4	168

Permasalahan yang muncul adalah adanya penumpukan produk WIP dan lain-lain. Hal ini disebabkan karena mesin produksi yang masih mengerjakan PDO lain dan operator yang kurang memahami tata tertib kerja. Untuk perbaikan mesin produksi tidak dapat dilakukan pembelian mesin baru karena biaya yang terlalu tinggi. Oleh karena itu untuk *sub-waste 1* menumpuknya produk WIP maka perbaikan yang diusulkan adalah pemerataan PDO agar dapat meminimalisir adanya penumpukan produk WIP dan melakukan publikasi operator tentang pentingnya tata tertib kerja yang lebih merata dan menyeluruh semua elemen perusahaan.

5.7.2 Kombinasi Alternatif Perbaikan

Setelah dilakukan identifikasi terhadap beberapa usulan alternatif perbaikan yang mungkin dilakukan, pada Tabel 5.10 berikut ini akan direkap hasil beberapa alternatif perbaikan.

Tabel 5.10 Hasil Alternatif Perbaikan yang Dibentuk

No	Alternatif Perbaikan
1	Melakukan <i>upgrading</i> untuk operator
2	Publikasi tata tertib kerja yang lebih menyeluruh
3	Membuat <i>checklist</i> untuk membantu proses inspeksi
4	Pemerataan pembagian kerja untuk mengantisipasi meningkatnya produk WIP
5	Pembaharuan lembar PDO agar sesuai dengan kondisi proses

Dari alternatif-alternatif di atas dapat disimpulkan menjadi tiga alternatif perbaikan utama. Hal ini diperlukan agar alternatif yang tersusun menjadi lebih fokus pada permasalahan perusahaan dan memudahkan perhitungan kombinasi alternatif pada *value engineering*. Berikut adalah uraian dari alternatif perbaikan yang didapat.

1. Pembentukan tim khusus untuk memberikan *upgrading* kepada operator berupa pelatihan operasional proses produksi dan pembekalan mengenai tata tertib kerja pada perusahaan. *Upgrading* berupa pelatihan operasional sangat penting karena dapat menambah wawasan operator tentang teknik operasional. Misalkan *upgrading* tentang teknik operasional proses *welding*. Dengan adanya *upgrading* maka operator lebih memahami bagaimana cara melakukan *welding* dengan benar. Pembekalan tentang tata tertib kerja juga sangat penting karena berhubungan dengan SOP dan peraturan internal perusahaan. Dengan pembekalan ini diharapkan operator dapat lebih memahami hak dan kewajibannya dan mampu menyelesaikan tugas dengan benar.
2. Salah satu permasalahan yang muncul adalah operator kurang memahami spesifikasi dari produk yang hendak diproses. Hal itu disebabkan karena PDO yang kurang jelas dan memuat informasi yang belum mencukupi. Oleh karena itu diperlukan perbaikan PDO. Dalam usulan perbaikan, PDO dibuat menjadi dua jenis yaitu PDO *hardcopy* dan *softcopy*. Pada PDO *hardcopy* ditambahkan lagi atribut-atribut lain untuk mendukung inspeksi dan proses produksi, misalnya *checklist*. Untuk PDO *softcopy* berisi atribut berupa data historis proses produksi yang dilalui produk, CAD 3D dari konsumen, dan lain-lain.
3. Dilakukan pembaharuan pembagian *shift* kerja dan pemerataan PDO pada setiap proses produksi. Hal ini diperlukan untuk mengurangi semakin bertambahnya produk WIP yang menunggu untuk diproses

Dari beberapa alternatif perbaikan yang ada tersebut, selanjutnya dibuat kombinasi dari ketiga alternatif tersebut. Hal ini dilakukan agar mendapat alternatif solusi yang terbaik dengan memperhatikan biaya yang dikeluarkan dan performansi

yang dihasilkan, sehingga dapat diperoleh *value* yang terbaik dengan pendekatan *value management*. Berikut ini adalah hasil kombinasi dari alternatif perbaikan.

Tabel 5.11 Kombinasi Alternatif yang Dimungkinkan

No	Kombinasi Alternatif
0	Kondisi awal
1	1
2	2
3	3
4	1,2
5	1,3
6	2,3
7	1,2,3

Dari hasil kombinasi alternatif perbaikan, maka pilihan alternatif perbaikan yang nantinya akan dipilih menjadi lebih banyak. Jumlah total kombinasi dari alternatif perbaikan yang ada sebanyak tujuh kombinasi, termasuk kondisi awal atau kondisi saat perusahaan belum menerapkan alternatif perbaikan apapun.

Pilihan alternatif perbaikan yang dilakukan dapat berupa satu jenis alternatif atau salah satu dari kombinasi alternatif. Dasar penentuan kombinasi alternatif didasarkan pada kombinasi yang memberikan *value* terbesar karena apabila pemilihan kombinasi melihat dari segi biaya saja maka belum tentu kombinasi alternatif perbaikan tertinggi dapat menghasilkan performansi yang tinggi pula. Di samping itu apabila pemilihan kombinasi hanya melihat dari segi performansi saja maka ada kemungkinan kombinasi alternatif perbaikan dengan performansi terbaik namun membutuhkan biaya yang sangat tinggi

5.7.3 Kriteria Performansi dan Pembobotan

Kriteria performansi yang akan digunakan untuk menilai alternatif perbaikan yang akan dipilih ada tiga yaitu jumlah *defect* proses, jumlah *excess processing*, dan jumlah *output* produksi.

Dari ketiga kriteria tersebut selanjutnya dibobotkan setiap kriteria melalui *brainstorming* dengan tiga orang dari pihak perusahaan yaitu satu orang manajer produksi dan dua operator pada Departemen Produksi mengenai keadaan terkini

perusahaan dan target dari perusahaan. Berikut ini adalah tabel perhitungan dengan menggunakan Teknik Borda.

Tabel 5.12 Perhitungan Bobot untuk Tiap Kriteria

Jenis Kriteria	Rating					Jumlah	Bobot
	1	2	3	4	5		
Jumlah <i>defect</i> proses			1	2		11	0.37
Jumlah <i>excess processing</i>			2	1		10	0.33
Jumlah <i>output</i> produksi		1	1	1		9	0.30

Defect proses merupakan kriteria utama yang ingin diperbaiki karena seringkali ditemui *waste* berupa *defect* di setiap proses produksi. Kriteria kedua adalah jumlah *excess processing* karena setiap muncul *defect* hampir selalu disertai dengan *excess processing* dan apabila *defect* terlalu parah maka produk dibuang. Kriteria ketiga adalah jumlah *output* produksi karena apabila jumlah *defect* besar maka *output* produksi akan menurun.

5.7.4 Biaya Setiap Alternatif

Pada bagian ini akan dibahas mengenai analisa biaya dari setiap usulan alternatif perbaikan yang telah dibuat. Alternatif-alternatif tersebut antara lain pembentukan tim khusus untuk *upgrading*, pembaharuan PDO, dan pembaharuan *shift* kerja.

5.7.4.1 Alternatif Pertama

Alternatif pertama adalah alternatif pembentukan tim khusus untuk melakukan *upgrading* dan pembekalan mengenai tata tertib kerja perusahaan. Adapun biaya yang digunakan pada alternatif pertama adalah sebagai berikut.

Pelatihan *upgrading* diasumsikan akan berjalan satu kali per bulan. Untuk biaya pembentukan tim khusus diasumsikan terdiri dari 4 orang yang terdiri dari 1 koordinator dan 3 staff dengan biaya per jam untuk *upgrading* diasumsikan sebesar Rp 900.000,00 untuk koordinator dan Rp 700.000,00 untuk staff. *Upgrading* direncanakan dilakukan selama 3 jam oleh 4 orang maka biaya total untuk tim tersebut adalah sebesar Rp 12.000.000,00.

Untuk sekali *upgrading* diasumsikan memakan biaya sebesar Rp 2.000.000,00. Karena *upgrading* dilaksanakan di hari sabtu dan minggu maka akan dikenakan biaya lembur. Diasumsikan biaya operator sama dengan UMR Surabaya tahun 2015 sebesar Rp 2.710.000,00 dan total jam kerja operator selama satu bulan adalah 160 jam, maka setiap satu jam operator mendapatkan upah Rp 16.937,00. Apabila *upgrading* dilakukan dua kali dalam satu bulan maka biaya lembur sebesar Rp 101.625,00. Jumlah operator yang mengikuti *upgrading* sebanyak 57 orang maka biaya total lembur sebesar Rp 5.792.625,00. Sehingga biaya total yang diperlukan untuk *upgrading* dua kali dalam sebulan adalah sebesar Rp 21.792.625,00.

5.7.4.2 Alternatif Kedua

Alternatif perbaikan kedua adalah pembaharuan PDO yang ada saat ini. Sama seperti sebelumnya, diperlukan tim khusus yang bertugas untuk merancang PDO yang lebih baik. Tim terdiri dari tiga orang yang terdiri dari 1 orang koordinator dan 2 orang staff yang bertugas merancang PDO yang baru. Kegiatan yang harus dilakukan adalah analisa kondisi lingkungan, perancangan PDO, dan realisasi PDO baik yang *software* maupun *hardware*. PDO *software* berupa aplikasi yang mencatat berjalannya proses produksi yang sudah selesai maupun yang sedang berjalan. PDO *hardware* berupa lembaran *checklist* yang dilampirkan pada produk selama produk tersebut berada di proses produksi.

Biaya untuk pembentukan tim sejumlah 3 orang yang terdiri dari 1 koordinator dan 2 staff adalah sebesar Rp 900.000,00 untuk koordinator dan Rp 700.000,00 untuk staff. Biaya per proyek perusahaan sebesar Rp 2.000.000,00. Maka biaya total sebesar Rp 4.300.000,00. Biaya perancangan dan instalasi PDO *software* diasumsikan memakan biaya sebesar Rp 2.250.000,00. Biaya perancangan dan percetakan PDO *hardware* diasumsikan memakan biaya sebesar Rp 1.800.000,00. Maka biaya total untuk alternatif perbaikan pembaharuan PDO adalah sebesar Rp 8.350.000,00

5.7.4.3 Alternatif Ketiga

Alternatif ketiga adalah pembaharuan sistem kerja yang meliputi *shift* kerja dan pemerataan *job desc.* Untuk penerapan alternatif ini diperlukan tim khusus yang terdiri dari empat orang yang bertugas melakukan analisa terhadap kondisi terkini perusahaan.

Biaya yang diperlukan meliputi biaya gaji tim khusus, biaya perancangan sistem baru, dan biaya penerapan. Biaya gaji untuk tim yang berjumlah empat orang sebesar Rp 900.000,00 untuk satu orang koordinator dan Rp 700.000,00 untuk tiga orang staff sehingga biaya total sebesar Rp 3.000.000,00. Untuk biaya proyek perancangan sistem baru dan biaya penerapan diasumsikan masing-masing memakan biaya sebesar Rp 1.500.000,00 dan Rp 850.000,00. Sehingga biaya total yang diperlukan untuk penerapan alternatif ketiga ini adalah Rp 5.350.000,00

5.7.5 Pemilihan Alternatif Perbaikan

Pemilihan alternatif perbaikan dilakukan dengan menggunakan *value engineering*. Alternatif yang sudah ditentukan pada sub bab sebelumnya akan dinilai dengan menggunakan kriteria pemilihan alternatif perbaikan yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu jumlah *defect* proses, jumlah *excess processing*, dan jumlah *output* produksi.

Setiap alternatif dinilai berdasarkan setiap kriteria. Penilaian dilakukan dengan *brainstorming* dengan pihak perusahaan. Penilaian pertama dilakukan terhadap kondisi *existing* didapatkan dari perhitungan biaya awal yang dilakukan pada saat pengukuran setiap *waste* yang terjadi. Biaya awal perusahaan adalah biaya yang ditimbulkan oleh berbagai *waste* yang muncul. Didapatkan perhitungan awal biaya yang ditanggung perusahaan adalah sebesar Rp 587.077.683,00

Nilai performansi didapatkan dengan melakukan penjumlahan dari perkalian antara bobot dengan nilai dari setiap alternatif. Penilaian alternatif dilakukan dengan *brainstorming* dengan pihak perusahaan. Berikut ini adalah perhitungan nilai performansi dan *value*.

$$PC_n = \frac{P_n}{P_0} \times PC_0$$

$$C_n = C_0 + \text{Biaya Perbaikan}$$

$$V_n = \frac{PC_n}{C_n}$$

Keterangan

V_n = *value* alternatif ke-n

P_0 = *performance* awal

P_n = *performance* alternatif ke-n

C_0 = *cost* awal

C_n = *cost* alternatif ke-n

PC_n = *performance cost* n (*biaya performansi* ke-n)

Berikut ini adalah contoh perhitungan alternatif kombinasi 1.

$$P_1 = (0,37 \times 6) + (0,33 \times 9) + (0,30 \times 6) = 7,00$$

$$PC_1 = \frac{P_1}{P_0} \times PC_0 = \frac{7,00}{5,70} \times 588.307.843 = 722.483.315,96$$

$$C_1 = C_0 + \text{Biaya Perbaikan} = \text{Rp } 588.307.843,00 + \text{Rp } 21.792.625,00$$

$$C_1 = \text{Rp } 610.100.468,00$$

$$V_1 = \frac{PC_1}{C_1} = \frac{722.483.315,96}{\text{Rp } 610.100.468,00} = 1,84$$

Berikut ini adalah tabel rekap perhitungan *value engineering* dari semua kombinasi alternatif.

Tabel 5.13 *Value* Setiap Alternatif

No	Alternatif	Bobot Kriteria			<i>Performance</i> (Pn)	<i>Performance</i> (PCn)	<i>Cost</i> (Cn)	<i>Value</i>
		<i>Jumlah Defect Proses</i>	<i>Jumlah Excess Processing</i>	<i>Jumlah Output Produksi</i>				
		0,37	0,33	0,30				
0	Kondisi awal	6	6	5	5,70	588.307.843	Rp 588.307.843,00	1,000
1	1	6	9	6	7,00	722.483.315,96	Rp 610.100.468,00	1,184
2	2	9	8	7	8,07	832.576.011,73	Rp 596.657.843,00	1,395
3	3	7	8	6	7,03	725.923.712,71	Rp 593.657.843,00	1,223
4	1,2	9	8	8	8,37	863.539.582,42	Rp 618.450.468,00	1,396
5	1,3	8	9	6	7,73	798.172.044,30	Rp 615.450.468,00	1,297
6	2,3	7	8	7	7,33	756.887.283,39	Rp 602.007.843,00	1,257

No	Alternatif	Bobot Kriteria			Performance (Pn)	Performance (PCn)	Cost (Cn)	Value
		Jumlah Defect Proses	Jumlah Excess Processing	Jumlah Output Produksi				
		0,37	0,33	0,30				
7	1,2,3	7	9	8	7,97	822.254.821,50	Rp 623.800.468,00	1,318

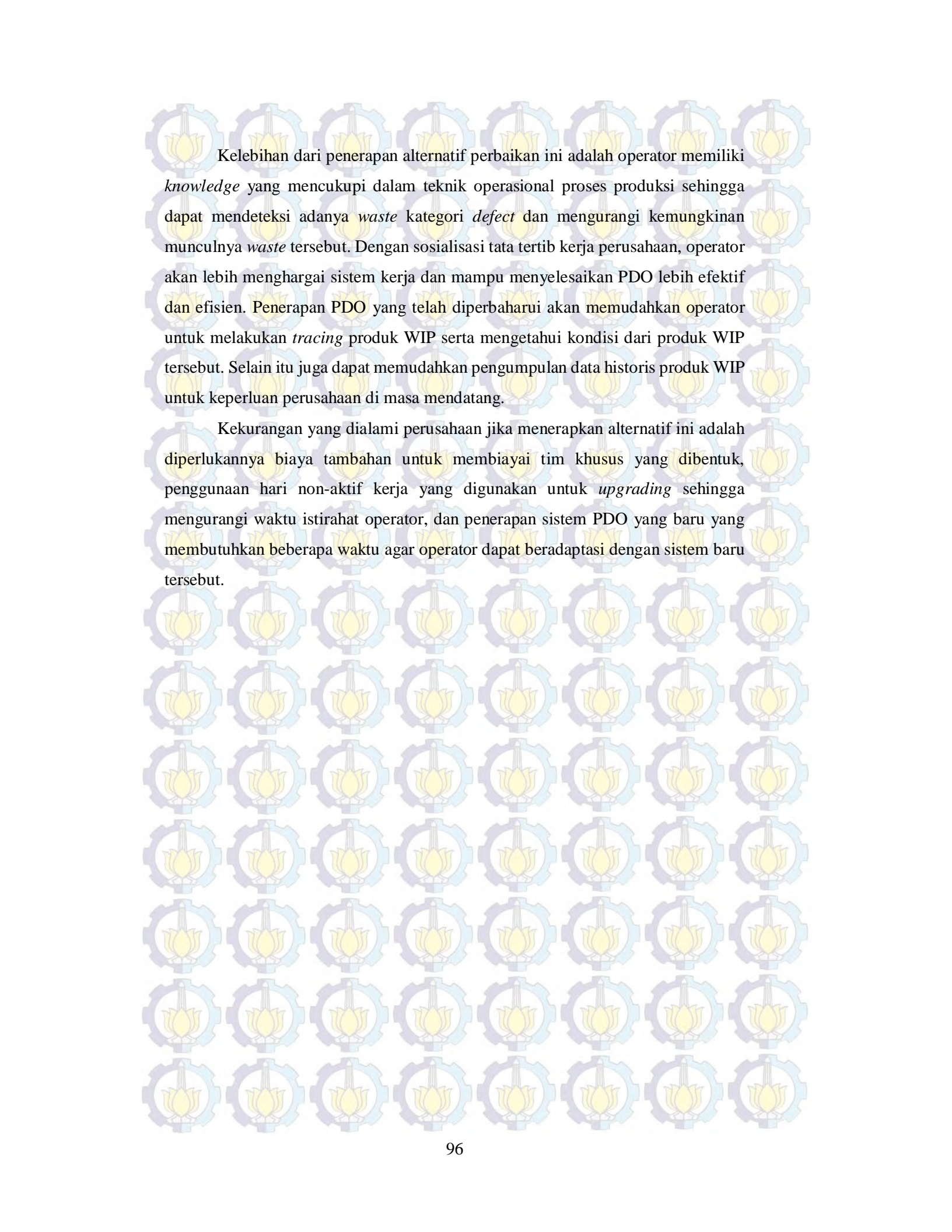
Berdasarkan perhitungan *value* pada Tabel 5.13 diketahui bahwa alternatif perbaikan dengan nilai *value tertinggi* adalah alternatif 4 dengan *value* sebesar 1,396. Alternatif 4 merupakan kombinasi dari alternatif perbaikan pertama dan kedua yaitu pembentukan tim khusus untuk melakukan *upgrading*, sosialisasi tata tertib kerja, dan pembaharuan PDO.

5.8 Analisa Alternatif Perbaikan Terpilih

Tabel 5.13 menunjukkan bahwa alternatif perbaikan berdasarkan konsep *value based management* didapat alternatif kombinasi 4 dengan *value* sebesar 1,396. Alternatif perbaikan yang dipilih merupakan alternatif yang memiliki *value* tertinggi dibandingkan dengan alternatif perbaikan yang lain.

Alternatif 4 merupakan kombinasi dari alternatif perbaikan pertama dan kedua. Alternatif perbaikan pertama adalah pembentukan tim khusus untuk melakukan *upgrading* secara periodik kepada tenaga operator dan sosialisasi tata tertib kerja pada perusahaan. Alternatif perbaikan kedua adalah pembentuk tim khusus juga namun dengan tugas yang berbeda yaitu merancang *software* dan *hardware* PDO serta melakukan penerapan PDO yang telah diperbaharui tersebut. Biaya yang diperlukan untuk alternatif perbaikan pertama dan kedua masing-masing sebesar Rp 21.792.625,00 dan Rp 8.350.000,00. Biaya total penerapan kedua alternatif perbaikan tersebut adalah sebesar Rp 30.142.625,00.

Dari penerapan alternatif tersebut diharapkan perusahaan dapat melakukan *upgrading* untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas tenaga kerja operator, melakukan sosialisasi tentang tata tertib kerja yang lebih menyeluruh, serta merancang dan menerapkan PDO yang telah diperbaharui.



Kelebihan dari penerapan alternatif perbaikan ini adalah operator memiliki *knowledge* yang mencukupi dalam teknik operasional proses produksi sehingga dapat mendeteksi adanya *waste* kategori *defect* dan mengurangi kemungkinan munculnya *waste* tersebut. Dengan sosialisasi tata tertib kerja perusahaan, operator akan lebih menghargai sistem kerja dan mampu menyelesaikan PDO lebih efektif dan efisien. Penerapan PDO yang telah diperbaharui akan memudahkan operator untuk melakukan *tracing* produk WIP serta mengetahui kondisi dari produk WIP tersebut. Selain itu juga dapat memudahkan pengumpulan data historis produk WIP untuk keperluan perusahaan di masa mendatang.

Kekurangan yang dialami perusahaan jika menerapkan alternatif ini adalah diperlukannya biaya tambahan untuk membiayai tim khusus yang dibentuk, penggunaan hari non-aktif kerja yang digunakan untuk *upgrading* sehingga mengurangi waktu istirahat operator, dan penerapan sistem PDO yang baru yang membutuhkan beberapa waktu agar operator dapat beradaptasi dengan sistem baru tersebut.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan yang ditarik dari hasil analisis data pada bagian sebelumnya serta saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Secara umum penelitian tugas akhir ini telah berhasil mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan pada Bab I sebelumnya.

1. Identifikasi *waste* dilakukan dengan menerapkan metode 9-Wastes E-DOWNTIME dimana kesembilan *waste* tersebut antara lain EHS, *defect*, *over production*, *waiting*, *non-utilized employee*, *transportation*, *inventory*, *motion*, dan *excess processing*.
 - a. EHS : pada *waste* kategori ini jarang ditemui. Area kerja yang sedikit panas namun tidak terlalu mengganggu kinerja operator. Terdapat fasilitas untuk mengatur suhu area kerja misalnya kipas angin. Dari segi *health*, operator sudah menggunakan APD yang sesuai.
 - b. *Defect* : *waste* kategori ini terjadi hampir di semua proses produksi kecuali pada bagian *assembly*. Untuk *waste* kategori *defect* jumlah unit yang cacat terbanyak berada di proses *welding* dengan jumlah *defect* sebanyak 1.260 unit.
 - c. *Over Production* : *waste* kategori ini terjadi di bagian proses *cutting*, *bending*, dan *welding*. *Waste* tertinggi dihasilkan pada proses *bending* dengan jumlah *waste* sebanyak 396.
 - d. *Waiting* : untuk *waste* kategori ini, *downtime* paling lama terjadi pada Periode 2 dengan durasi 197 jam dan jumlah produk yang hilang sebanyak 28 unit.
 - e. *Non-Utilizing Employee* : tidak ditemui *waste* kategori ini yang mempengaruhi proses produksi secara signifikan. Semua operator melakukan pekerjaan yang telah dibagi sesuai dengan *job description*.

f. *Transportation* : tidak ditemui permasalahan berarti dalam *waste* kategori *transportation*. Dua unit transportasi *material handling* sudah cukup memenuhi kebutuhan perpindahan material perusahaan.

g. *Inventory* : pada *waste* kategori ini, *waste* yang sering ditemui ada pada proses *welding* sebanyak 819 unit *waste* kategori *inventory*.

h. *Motion* : tidak ditemui masalah berarti untuk *waste* kategori *motion* yang mempengaruhi proses produksi secara signifikan.

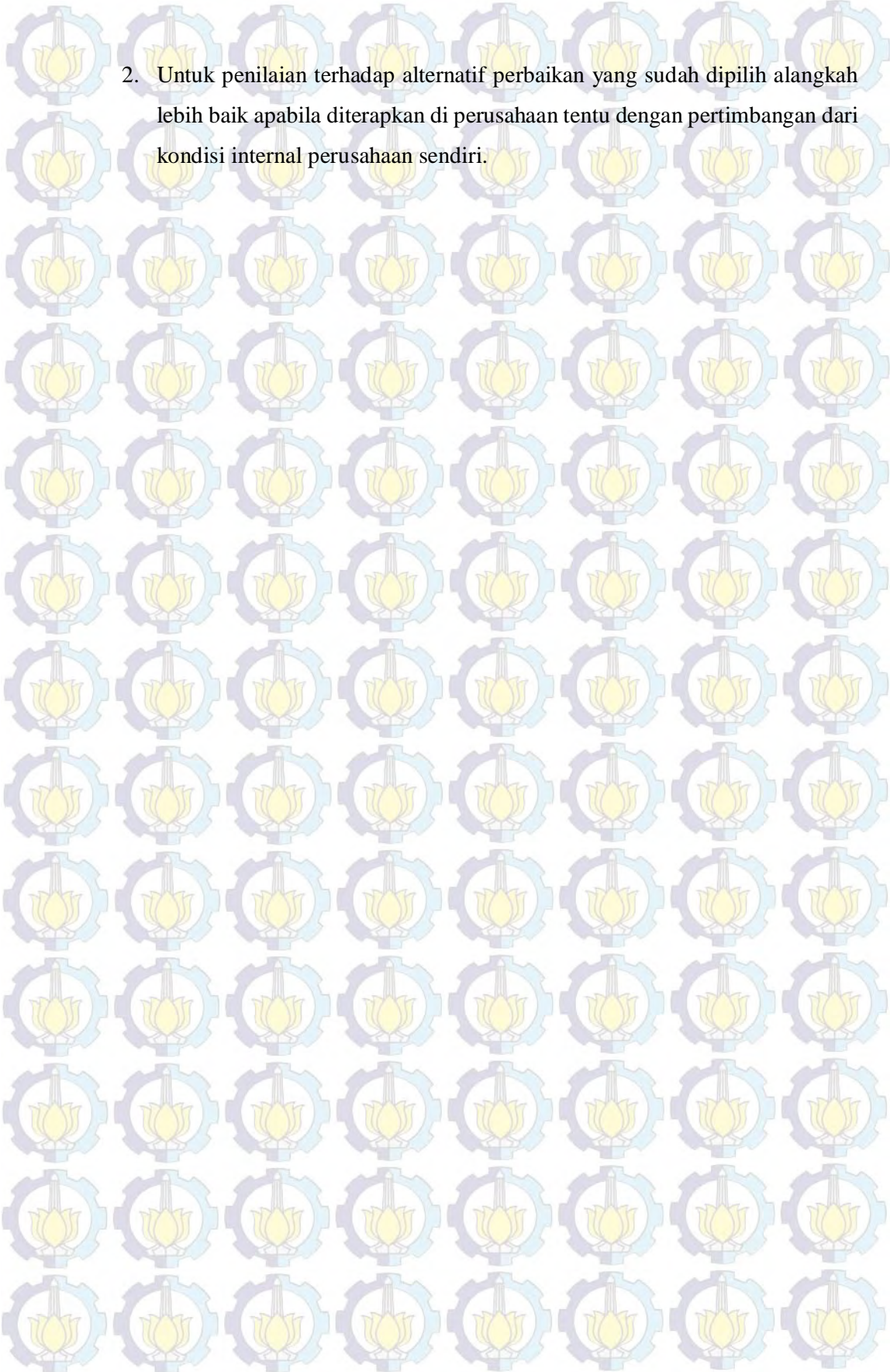
i. *Excess Processing* : ditemui sebanyak 1.172 unit *waste* kategori *excess processing* pada proses *welding*. Jumlah tersebut menunjukkan nilai tertinggi *waste* yang dihasilkan di antara semua proses produksi.

2. Analisa mendalam terhadap semua *waste* yang terjadi perlu dilakukan untuk mengetahui sumber permasalahan penyebab terjadinya *waste*. Dengan menggunakan metode *Cost of Poor Quality* dan *Pareto Chart* ditemukan bahwa beberapa *waste* kritis adalah *defect*, *excess processing*, dan *inventory*. Selanjutnya dilakukan analisa akar penyebab permasalahan dengan metode *Root Cause Analysis*. Salah satu contoh akar permasalahan adalah tidak ada tanda Yes/No yang menunjukkan produk WIP sudah sesuai PDO yang menyebabkan *waste* kategori *excess processing*.

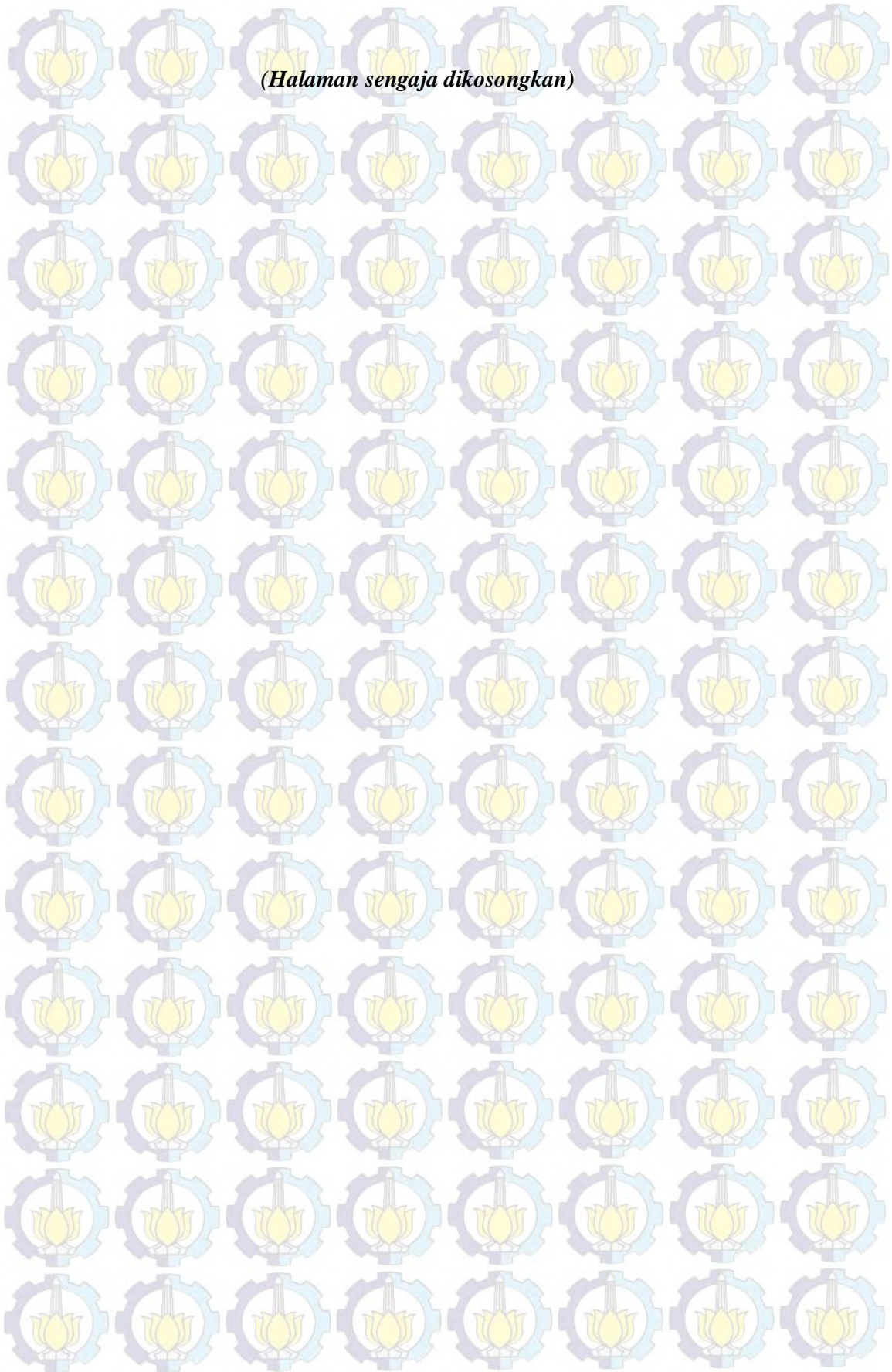
3. Alternatif perbaikan yang terpilih adalah alternatif ke-4 dengan *value* sebesar 1,396. Alternatif tersebut memiliki kombinasi alternatif pertama dan kedua yaitu pembentukan tim khusus untuk melakukan *upgrading*, sosialisasi tata tertib kerja, pembaharuan PDO, dan pemerataan bagian kerja. Biaya yang diperlukan untuk penerapan alternatif perbaikan tersebut sebesar Rp 30.142.625,00

6.2 Saran

1. Penelitian tugas akhir ini memiliki batasan objek amatan hanya pada proses produksi produk dengan bahan baku *stainless steel*. Untuk penelitian selanjutnya alangkah lebih baik apabila mengamati bagian non produksi seperti *marketing* misalnya karena ada indikasi *waste* sudah muncul ketika *order* masuk ke bagian *marketing*.

- 
2. Untuk penilaian terhadap alternatif perbaikan yang sudah dipilih alangkah lebih baik apabila diterapkan di perusahaan tentu dengan pertimbangan dari kondisi internal perusahaan sendiri.

(Halaman sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Apel, W. (2007). *Value Stream Mapping for Lean Manufacturing Implementation*. Huazhong: Huazhong University of Science and Technology.
- Badan Pusat Statistik. (2013). *Jumlah Perusahaan Industri Besar Sedang Menurut SubSektor, 2008-2013*. [Online] Available at : http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=2&tabel=1&daftar=1&id_subyek=09¬ab=2 [Accessed 14 Nov. 2014].
- Badan Pusat Statistik. (2013). *Nilai Tambah (Harga Pasar) Industri Besar Sedang Menurut SubSektor (Milyar Rupiah), 2008-2013I*. [Online] Available at : http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=2&tabel=1&daftar=1&id_subyek=09¬ab=3 [Accessed 14 Nov. 2014].
- Gaspersz, V. (2006). *Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Aproach : Strategi Dramatik Reduksi Biaya dan Pemborosan Menggunakan Pendekatan Lean Sigma*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hartantiyo, R. (2013). *Manajemen Kualitas*. [online] Production and Operation Management. Available at: <http://scm.aurino.com/manajemen-kualitas/> [Accessed 15 Nov. 2014].
- Hines, P. and Taylor, D. (2000). *Going Lean*. Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School, Abenconway Building, Colum Drive, Cardiff, UK.
- Kusmariyati, N., Sinuraya, C. and Carolina, V. (2011). Analisis Cost of Poor Quality Sebagai Alat Penilaian Kegiatan Perbaikan Kualitas (Studi Kasus pada PT. Garuda Budiono Putra Tegal). *Jurnal Riset Akuntansi*, 3(2).
- Liker, Jeffrey K. (2004). *Becoming Lean : Inside Stories of U.S. Manufacturers*. New York : Productivity Press, a division of Kraus Productivity Organization, Ltd.
- Mandal, S. and Maiti, J. (2013). Elsevier. *Risk Analysis Using FMEA : Fuzzy Similarity Value and Possibility Theory Based Approach*, pp.1-3.
- Ngantung, S. (2014). *Pengertian Modus, Median, Mean*. [online] Okewaya. Available at: <http://www.okewaya.com/2014/08/pengertian-modus-median-mean.html> [Accessed 27 Dec. 2014].

Sondalini, M., 2004. *Understanding How to Use The 5 Whys for Root Cause Analysis*. Lifetime Reliability Solution.

Anonim, Tanpa Tahun. *Learn Six Sigma – Process Improvement Approach*.

Tutorialspoint. [Online] Available at:

http://www.tutorialspoint.com/six_sigma/six_sigma_defect_metrics.htm

[Accessed 15 Nov. 2014].

Anonim, Tanpa Tahun. *Modus Data Berkelompok*. Rumus Statistik. [Online]

Available at: [http://www.rumusstatistik.com/2013/08/modus-data-](http://www.rumusstatistik.com/2013/08/modus-data-berkelompok.html)

[berkelompok.html](http://www.rumusstatistik.com/2013/08/modus-data-berkelompok.html) [Accessed 10 Jan. 2014]

Wignjosuebrotto, S. (2009). *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Barang*. 3rd ed.

Surabaya: Penerbit Guna Widya.

Womack, J. P. & Jones, D. T., 2007. *The Machine That Changed The World : The*

Story of Lean Production-Toyota's Secret Weapon in The Global Car

Wars That Is Now Revolutionizing World Industry. S.1.:Simon and

Schuster.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Tulungagung, pada tanggal 9 Maret 1992 dengan nama lengkap Faly Arnando sebagai anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN Kampungdalem 1 Tulungagung, SMPN 1 Tulungagung, SMAN 1 Boyolangu. Setelah menyelesaikan pendidikan SMA, pada tahun 2010 penulis melanjutkan studi ke Jurusan Teknik Industri ITS Surabaya.

Sejak menjadi mahasiswa, penulis aktif tergabung dalam organisasi mahasiswa tingkat jurusan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS mulai dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014. Jabatan yang diperoleh oleh penulis adalah Staff Departemen Kewirausahaan HMTI 2011/2012, Ketua Departemen Media dan Informasi HMTI ITS 2012/2013, dan Senator HMTI ITS 2013/2014. Selama kepemimpinan tersebut penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan salah satunya adalah Industrial Engineering Games 7th Edition pada tahun 2011. Penulis dapat dihubungi melalui email falyarnando@gmail.com.