



TUGAS AKHIR – TI 184833

**REDUKSI WASTE UNTUK PERBAIKAN PROSES PRODUKSI
SPARE PART MENGGUNAKAN PENDEKATAN *LEAN*
*THINKING***

LATIFAH SALSABILA
NRP. 0241164000077

Dosen Pembimbing

Yudha Prasetyawan ST, M.Eng.
NIP. 1977 0523 2000 03 1002

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT – TI 184833

**WASTE REDUCTION FOR THE IMPROVEMENT OF SPARE
PART PRODUCTION PROCESS USING LEAN THINKING**

LATIFAH SALSABILA

NRP 0241164000077

Supervisor

Yudha Prasetyawan ST, M.Eng.

NIP. 1977 0523 2000 03 1002

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEM ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology and System Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN
REDUKSI WASTE UNTUK PERBAIKAN PROSES PRODUKSI
SPARE PART MENGGUNAKAN PENDEKATAN LEAN
THINKING

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

Penulis:

LATIFAH SALSABILA

NRP 02411640000077

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Yudha Prasetyawan ST, M.Eng.

NIP. 1977 0523 2000 03 1002

SURABAYA, AGUSTUS 2020



REDUKSI WASTE UNTUK PERBAIKAN PROSES PRODUKSI SPARE PART MENGGUNAKAN PENDEKATAN *LEAN* *THINKING*

Nama : Latifah Salsabila
NRP : 024116400077
Departemen : Teknik Sistem dan Industri – ITS
Pembimbing : Yudha Prasetyawan ST, M.Eng.

ABSTRAK

PT. Pindad (Persero) merupakan perusahaan yang memproduksi *spare part* untuk internal pabrik dengan sistem *make-to-order* (MTO). Pada proses produksi ditemukan berbagai indikasi *waste* yang menyebabkan aktivitas produksi terhambat. Salah satunya yaitu terjadinya *waiting* antar stasiun produksi karena waktu proses antar jenis *spare part* yang berbeda-beda dan juga *breakdown* pada mesin. Indikasi pemborosan lain yaitu produk *defect* dengan persentase diatas 20% jauh dari target perusahaan sebesar maksimal 1,25%. Selain itu ditemukan indikasi *waste* inspeksi berulang kali (*inappropriate processing*) dan *routing* yang kurang efektif (*transportation* dan *motion*). Adanya berbagai *waste* menyebabkan timbulnya *lead time* proses produksi yang lebih lama dari seharusnya dan menyebabkan kerugian finansial bagi perusahaan. Penelitian ini dilakukan dengan mengelompokkan *spare part* berdasarkan kesamaan proses produksi kemudian dilakukan penyelesaian permasalahan menggunakan konsep *Lean Thinking*. Langkah awal penelitian dilakukan dengan pemetaan proses produksi menggunakan *Operation Process Chart*, *Value Stream Mapping*, dan *Process Activity Mapping*. Selanjutnya dilakukan *Root Cause Analysis* menggunakan *5why's* untuk mencari akar permasalahan. Rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan *action taken* yang dikembangkan dari analisis risiko menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* dengan nilai *Risk Priority Number* ≥ 200 . Terdapat 3 alternatif perbaikan yaitu perbaikan sistem dan manajemen produksi, perbaikan sistem inspeksi dan pemeliharaan, serta perbaikan sistem pengelolaan bahan baku pada rantai produksi. Pemilihan alternatif dilakukan dengan menggunakan *Value Management* dan didapatkan bahwa keseluruhan alternatif perbaikan merupakan kombinasi alternatif terpilih. Hasil estimasi dari penerapan rekomendasi perbaikan yaitu menurunnya persentase *defect*, menurunnya *cycle time* dan *production lead time*, serta meningkatnya efisiensi proses.

Kata Kunci: *Spare Part*, *Lean Thinking*, *Value Stream Mapping* (VSM), *Root Cause Analysis* (RCA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

WASTE REDUCTION FOR THE IMPROVEMENT OF SPARE PART PRODUCTION PROCESS USING LEAN THINKING

Nama : Latifah Salsabila
NRP : 024116400077
Department : Industrial and System Engineering – ITS
Supervisor : Yudha Prasetyawan ST, M.Eng.

ABSTRACT

PT. Pindad (Persero) is a company that produces spare parts for internal company with a make-to-order (MTO) system. In the production process, there are various indications of waste that causing the production activities hampered. One of them is waiting between production stations because of the different process time between various types of spare parts and machine breakdown. Another indication of waste is production defect with a percentage above 20%, while the company has a maximum target of 1,25%. There are another waste indication that has been found in the company such as repeated inspection (inappropriate processing) and ineffective routing (transportation and motion). The various waste causes production lead time longer than it should be and causes financial losses. This research was conducted by classifying spare parts based on the similarity of the production process and then solving the problem using the concept of Lean Thinking. The research started by mapping the production process using Operation Process Chart, Value Stream Mapping, and Process Activity Mapping. Then Root Cause Analysis is carried out by using 5why's to find the root cause of waste. Recommendations for improvement are arranged based on action taken which developed from risk analysis using Failure Mode and Effect Analysis with a Risk Priority Number ≥ 200 . There are 3 alternatives of improvement i.e. improvement of system and production management, improvement of inspection system and maintenance, and improvement of raw material management system. The alternative selection is done by using Value Management and the best combination of alternatives of improvement are alternative 1, 2, and 3. The estimation results from the application of improvement recommendations are decreasing the percentage of defect, decreasing cycle time and production lead time, and increasing the efficiency process.

Keywords: Spare Part, Lean Thinking, Value Stream Mapping (VSM), Root Cause Analysis (RCA), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Reduksi *Waste* untuk Perbaikan Proses Produksi *Spare Part* Menggunakan Pendekatan *Lean Thinking*” dengan lancar. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program studi S1 Jurusan Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penyelesaian pengerjaan laporan ini tidak lepas dari bantuan, masukan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada seluruh pihak yang membantu dalam penyelesaian laporan ini, yaitu:

1. Bapak Yudha Prasetyawan ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberi arahan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Wijiono selaku Manajer Departemen Perkakas dan Pendukung serta seluruh karyawan PT. Pindad (Persero) yang membantu penulis dalam melakukan pengambilan data dan menjadi mentor selama berada perusahaan untuk melakukan penelitian.
3. Bapak Dr. Ir. Mokh Suef, M.Sc., Ibu Dewanti Anggrahini, ST., MT., dan Bapak Dody Hartanto, ST., MT. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah banyak memberi kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E, Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS yang telah banyak memberi pengalaman dan pelajaran bagi penulis selama menempuh perkuliahan.
6. Orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi dan juga doa tak terhingga.
7. Keluarga besar angkatan 2016 Adhigana TI-32 atas pengalaman dan momen kebersamaan dalam menempuh perkuliahan di Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS.

8. Seluruh pihak yang terlibat dalam membantu serta memberi dukungan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki penulisan selanjutnya. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak. Sekian yang dapat penulis sampaikan, akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juli 2020

Latifah Salsabila

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan.....	6
1.4 Manfaat.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi.....	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 <i>Group Technology</i>	9
2.2 <i>Lean Thinking</i>	11
2.2.1 The Five Lean Principles	12
2.2.2 Implementasi Lean Thinking	13
2.3 <i>Operation Process Chart</i>	24
2.4 <i>Root Cause Analysis</i>	25
2.5 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	29
2.6 <i>Value Management</i>	30

2.7	Penelitian Terdahulu	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		35
3.1	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	36
3.1.1	Identifikasi Proses Produksi Spare Part.....	37
3.1.2	Pengelompokan Jenis Spare Part.....	37
3.1.3	Identifikasi Konsep Lean Thinking Tahap Awal	37
3.2	Tahap Analisis dan Interpretasi Data.....	40
3.2.1	Analisis Tingkat Pencapaian Key Performance Indicator Perusahaan 40	
3.2.2	Analisis Operation Process Chart, Value Stream Mapping, dan Process Activity Mapping	41
3.2.3	Analisis Akar Penyebab Waste.....	41
3.2.4	Analisis Prioritas Akar Penyebab Waste yang Harus Diselesaikan	41
3.3	Tahap Perancangan Rekomendasi Perbaikan	42
3.3.1	Penyusunan Rekomendasi Perbaikan	42
3.3.2	Pemilihan Kombinasi Alternatif Perbaikan	42
3.3.3	Implementasi Penerapan Lean Thinking Tahap Akhir	43
3.3.4	Pembuatan Future VSM	43
3.4	Tahap Penutup	43
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		45
4.1	Identifikasi Proses Produksi Aktual.....	45
4.2	Pengelompokan Jenis <i>Spare Part</i>	47
4.3	Identifikasi Implementasi <i>Lean Thinking</i> Tahap Awal.....	47
4.3.1	Setting the Direction.....	47
4.3.2	Pembuatan Big Picture	48
4.3.3	Detailed Mapping	57

4.3.4	Identifikasi Waste.....	59
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA		61
5.1	Analisis Tingkat Pencapaian <i>Key Performance Indicator</i> Perusahaan..	61
5.2	Analisis OPC, VSM, dan PAM	63
5.3	Analisis Akar Penyebab <i>Waste</i>	66
5.3.1	Analisis Akar Penyebab Waste Defect	66
5.3.2	Analisis Akar Penyebab Waste Inventory.....	71
5.3.3	Analisis Akar Penyebab Waste Inappropriate Processing	73
5.3.4	Analisis Akar Penyebab Waste Transportation.....	76
5.3.5	Analisis Akar Penyebab Waste Waiting	78
5.3.6	Analisis Akar Penyebab Waste Motion	81
5.4	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	84
5.4.1	FMEA Waste Defect.....	84
5.4.2	FMEA Waste Inventory	89
5.4.3	FMEA Waste Inappropriate Processing.....	91
5.4.4	FMEA Waste Transportation	93
5.4.5	FMEA Waste Waiting.....	95
5.4.6	FMEA Waste Motion.....	99
5.5	Usulan Rekomendasi Perbaikan	101
5.5.1	Penyusunan Alternatif Perbaikan.....	101
5.5.2	Hubungan Akar Penyebab Waste dengan Alternatif Perbaikan ...	103
BAB 6 PERANCANGAN REKOMENDASI PERBAIKAN		107
6.1	Penyusunan Rekomendasi Perbaikan	107
6.1.1	Perbaikan Sistem dan Manajemen Produksi	107
6.1.2	Perbaikan Sistem Inspeksi dan Pemeliharaan	111
6.1.3	Perbaikan Sistem Pengelolaan Bahan Baku.....	114

6.2	Penentuan Kombinasi Alternatif Perbaikan.....	116
6.2.1	Kombinasi Alternatif.....	116
6.2.2	Nilai Performance Alternatif.....	117
6.2.3	Value Management.....	118
6.3	Implementasi Penerapan <i>Lean Thinking</i> Tahap Akhir.....	119
6.4	Pembuatan <i>Future Value Stream Mapping</i>	121
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN.....		125
7.1	Kesimpulan.....	125
7.2	Saran.....	127
7.2.1	Saran untuk Perusahaan.....	127
7.2.2	Saran untuk Penelitian Selanjutnya.....	127
DAFTAR PUSTAKA.....		129
LAMPIRAN.....		xv
BIOGRAFI PENULIS.....		xvii

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Detailed Value Stream Mapping Toolkit</i>	21
Tabel 2. 2 Lambang <i>Operation Process Chart</i>	25
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu Terkait <i>Lean Manufacturing</i>	32
Tabel 4. 1 <i>Operation Process Chart</i> Proses Produksi <i>Spare Part</i>	46
Tabel 4. 2 Perbedaan Proses Produksi <i>Spare Part</i>	47
Tabel 4. 3 Rekapitulasi <i>Process Activity Mapping Part Family 1</i>	58
Tabel 4. 4 Rekapitulasi <i>Process Activity Mapping Part Family 2</i>	58
Tabel 4. 5 Rekapitulasi <i>Process Activity Mapping Part Family 3</i>	58
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Identifikasi <i>Waste</i> Proses Produksi <i>Spare Part</i>	59
Tabel 5. 1 Akar Penyebab Terjadinya <i>Waste Defect</i>	67
Tabel 5. 2 Akar Penyebab Terjadinya <i>Waste Inventory</i>	72
Tabel 5. 3 Akar Penyebab Terjadinya <i>Waste Inappropriate Processing</i>	74
Tabel 5. 4 Akar Penyebab Terjadinya <i>Waste Transportation</i>	77
Tabel 5. 5 Akar Penyebab Terjadinya <i>Waste Waiting</i>	79
Tabel 5. 6 Akar Penyebab Terjadinya <i>Waste Motion</i>	82
Tabel 5. 7 FMEA <i>Waste Defect</i>	85
Tabel 5. 8 FMEA <i>Waste Inventory</i>	90
Tabel 5. 9 FMEA <i>Waste Inappropriate Processing</i>	92
Tabel 5. 10 FMEA <i>Waste Transportation</i>	94
Tabel 5. 11 FMEA <i>Waste Waiting</i>	96
Tabel 5. 12 FMEA <i>Waste Motion</i>	100
Tabel 5. 13 Hubungan Akar Penyebab <i>Waste Defect</i> dengan Alternatif Perbaikan	103
Tabel 5. 14 Hubungan Akar Penyebab <i>Waste Inventory</i> dengan Alternatif Perbaikan	104
Tabel 5. 15 Hubungan Akar Penyebab <i>Waste Inappropriate Processing</i> dengan Alternatif Perbaikan	104
Tabel 5. 16 Hubungan Akar Penyebab <i>Waste Transportation</i> dengan Alternatif Perbaikan.....	105

Tabel 5. 17 Hubungan Akar Penyebab <i>Waste Waiting</i> dengan Alternatif Perbaikan	105
Tabel 5. 18 Hubungan Akar Penyebab <i>Waste Motion</i> dengan Alternatif Perbaikan	106
Tabel 6. 1 <i>Checklist</i> Pemeliharaan dan Pembersihan Mesin	113
Tabel 6. 2 <i>Checklist</i> Inspeksi Bahan Baku	115
Tabel 6. 3 Kombinasi Alternatif Perbaikan	117
Tabel 6. 4 Bobot Kriteria Penilaian	117
Tabel 6. 5 Perhitungan Nilai <i>Performance</i>	118
Tabel 6. 6 Perhitungan Nilai <i>Value</i> Setiap Kombinasi Alternatif	119
Tabel 6. 7 Persentase Tingkat <i>Defect Rate</i> 2019	119
Tabel 6. 8 Rekapitulasi Prediksi Perbandingan <i>Defect Rate</i>	120
Tabel 6. 9 Perbandingan Nilai Efisiensi Proses Aktual dan Perbaikan	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Manufaktur dengan 3 <i>Part Family</i> dan 3 <i>Machine Cell</i>	10
Gambar 2. 2 Contoh <i>Current State Mapping</i>	18
Gambar 2. 3 <i>Icon</i> pada <i>Value Stream Mapping</i>	19
Gambar 2. 4 Contoh <i>Process Activity Mapping</i>	22
Gambar 2. 5 <i>Five Whys Worksheet</i>	27
Gambar 2. 6 Ishikawa Diagram	28
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	35
Gambar 4. 1 <i>Standard VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 1</i>	49
Gambar 4. 2 <i>Current VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 1</i>	50
Gambar 4. 3 <i>Standard VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 2</i>	52
Gambar 4. 4 <i>Current VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 2</i>	53
Gambar 4. 5 <i>Standard VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 3</i>	55
Gambar 4. 6 <i>Current VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 3</i>	56
Gambar 6. 1 Model Proses Pelatihan untuk Sistem Kinerja	110
Gambar 6. 2 <i>Hand Trolley</i>	111
Gambar 6. 3 Rak Penyimpanan Bahan Baku	116
Gambar 6. 4 Kontainer Penyimpanan Bahan Baku	116
Gambar 6. 5 <i>Future VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 1</i>	122
Gambar 6. 6 <i>Future VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 2</i>	123
Gambar 6. 7 <i>Future VSM Spare Part</i> untuk <i>Part Family 3</i>	124

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah, rumusan dari permasalahan, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan dari pengerjaan penelitian Tugas Akhir.

1.1 Latar Belakang

PT. Pindad (Persero) merupakan salah satu industri manufaktur yang berada dibawah lingkup BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak pada bidang produksi peralatan pertahanan keamanan dan peralatan industri non pertahanan (non komersial) dalam memenuhi kebutuhan amunisi tentara negara Indonesia. Secara umum, aktivitas yang dilakukan pada PT. Pindad mencakup desain dan pengembangan, rekayasa, perakitan dan proses manufaktur, serta *maintenance* untuk semua produk yang dibuat. Salah satu bagian yang terdapat di PT. Pindad (Persero) yaitu divisi munisi departemen pendukung sub departemen perkakas yang memproduksi pengganti *spare part* sebagai pendukung keberhasilan pada sistem produksi. Tujuan dari produksi *spare part* yaitu mengantisipasi adanya kerusakan mesin pada proses produksi utama sehingga kerusakan dapat segera diatasi. Jika kebutuhan *spare part* tidak dipenuhi maka proses produksi utama tidak dapat berjalan dengan baik. *Spare part* tersebut digunakan secara internal oleh PT. Pindad (Persero) dan tidak diperjualbelikan untuk umum. Dengan memproduksi komponen *spare part* sendiri, PT. Pindad (Persero) dapat menjamin kualitas produk *spare part* sesuai dengan yang diinginkan dan dapat menekan biaya produksi. Terdapat beberapa jenis produk *spare part* yang diproduksi dan disesuaikan dengan permintaan perusahaan, oleh karena itu bentuk *spare part* yang dihasilkan dan proses produksi yang dilakukan dapat berbeda untuk setiap jenisnya. Karena proses produksi dan bentuk *spare part* yang berbeda-beda, terdapat panduan proses produksi untuk masing-masing produk dengan menggunakan gambar teknik dan keterangan yang dibutuhkan. Keterangan tersebut berupa dimensi, bentuk, jenis bahan baku yang digunakan, jumlah produk yang harus diproduksi, dan urutan proses beserta standar waktu yang ditetapkan untuk memproduksi satu buah

produk. Semua kebutuhan jenis *spare part* harus dipenuhi sesuai dengan panduan dan jumlah produk yang tertera.

Perusahaan memenuhi kebutuhan *spare part* untuk pabrik Bandung dan pabrik Turen Malang dengan sistem *make to order* (MTO) karena proses produksi hanya akan dilakukan ketika mendapatkan *order* dari pihak bersangkutan, sehingga tidak terdapat *order* dengan jenis dan jumlah produk yang tetap di setiap bulannya. Semua *order* diproduksi dengan tepat jumlah sesuai dengan yang dipesan, tidak kurang dan tidak lebih. Proses produksi yang dilakukan diprioritaskan berdasarkan target penyelesaian produk yang paling cepat. Target penyelesaian produk dapat dilihat pada keterangan pada lembar yang tertera bersama gambar teknik.

Setiap bulan terdapat fluktuasi *order* yang naik-turun. Setiap *order* memiliki spesifikasi berbeda, proses produksi yang berbeda, tingkat kerumitan pembuatan produk berbeda, serta bahan baku yang berbeda. Adanya fluktuasi *order* dengan variasi jumlah *order spare part* yang selalu berbeda menimbulkan siklus waktu pembuatan produk tidak sama, terdapat proses produksi yang cepat maupun proses tertentu yang cenderung lama. Hal tersebut mengakibatkan timbulnya indikasi pemborosan yaitu terdapat waktu tenggang antar stasiun produksi sehingga menyebabkan *lead time* lebih lama. Pemborosan tersebut terjadi karena waktu proses antar jenis *spare part* yang berbeda-beda dan variasi banyaknya jumlah setiap jenis *spare part* yang harus diproduksi sehingga menimbulkan *bottleneck* karena produk *work in process* (WIP) yang harus menunggu untuk diolah di stasiun produksi berikutnya. Hal tersebut dapat mengakibatkan *lead time* produksi menjadi lebih lama dari seharusnya karena produk harus menunggu untuk segera diproses. Waktu tenggang yang timbul dalam setiap produk *spare part* sangat bervariasi tergantung dari jenis *spare part* yang sedang diproses di stasiun produksi selanjutnya. Selain diakibatkan oleh produk WIP yang harus menunggu untuk diproses di stasiun berikutnya karena lama waktu proses yang berbeda-beda, secara umum waktu tenggang yang timbul untuk setiap proses produksi disebabkan oleh inspeksi berulang kali berupa pengukuran dimensi sehingga kurang efisien. Proses *setup* mesin yang memakan waktu cukup lama untuk setiap proses juga merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan waktu tenggang. Saat melakukan pergantian proses untuk membuat jenis *spare part* baru, diperlukan *setup* mesin ulang untuk

menyesuaikan spesifikasi produk. Timbulnya waktu tenggang yang lama dapat mengakibatkan *lead time* proses produksi menjadi lebih lama sehingga jika terjadi keterlambatan pengiriman dapat mengakibatkan turunnya kepuasan konsumen.

Waktu tenggang yang cukup lama tersebut ditimbulkan oleh sering terjadinya kerusakan ringan pada mesin sehingga diperlukan proses *maintenance*. Perusahaan melakukan *maintenance* pada mesin secara ringan dengan melakukan pelumasan, pengasahan jarum, dan pembersihan mesin setiap pergantian jenis produk yang di bubut karena jika tidak dilakukan *maintenance* setiap saat mesin akan cepat rusak. Jika mesin mengalami *breakdown* sehingga harus dilakukan *maintenance* untuk sementara, maka proses produksi harus dihentikan sementara hingga perbaikan selesai dilakukan. Kerusakan pada mesin sekecil apapun dapat menimbulkan aliran proses produksi *spare part* menjadi terganggu. Setiap kerusakan mesin yang terjadi mengakibatkan perusahaan harus mengeluarkan biaya lebih untuk melakukan *maintenance*.

Indikasi pemborosan lain yang kerap kali terjadi dalam proses produksi *spare part* yaitu ketidak sesuaian hasil produksi. Terdapat dua kategori ketidak sesuaian produk yaitu produk *rework* dan produk *reject*. *Spare part* yang masuk dalam kategori *rework* merupakan *spare part* yang memiliki tingkat kecacatan rendah pada bagian tertentu sehingga masih dapat diperbaiki dengan melakukan proses ulang menggunakan mesin produksi yang ada. Terdapat tiga jenis ketidak sesuaian yang terdapat pada kategori *rework* yaitu gelombang pada permukaan, terdapat goresan, dan tingkat kekerasan yang belum sesuai. Sedangkan *spare part* yang masuk dalam kategori *reject* merupakan *spare part* yang ditolak karena memiliki tingkat ketidak sesuaian yang cukup tinggi sehingga tidak dapat diperbaiki lagi. *Spare part* dengan tingkat ketidak sesuaian yang cukup tinggi tidak dikirimkan ke konsumen sehingga harus dilakukan proses produksi kembali dari awal. Terdapat dua jenis ketidak sesuaian yang terjadi pada *spare part reject* yaitu keretakan pada *spare part* dan juga dimensi yang kurang dari spesifikasi.

Permasalahan lain yang muncul yaitu terdapat pemborosan pada penataan *raw material*, WIP, produk jadi, dan barang lain yang disusun secara tidak terstruktur dan berantakan sehingga menyebabkan pekerjaan terhambat sehingga timbullah permasalahan transportasi di dalam pabrik. Masalah transportasi juga

terletak pada *routing* yang kurang efektif karena terdapat beberapa jenis *spare part* yang diproduksi dengan urutan proses yang berbeda, hal tersebut mengakibatkan produk harus melewati beberapa titik yang sama kembali. Tata letak produksi juga masih kurang mempertimbangkan penyesuaian urutan proses produksi sehingga memerlukan gerakan yang lebih banyak untuk melakukan transportasi produk dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja selanjutnya. Selain itu kegiatan *material handling* masih dilakukan secara manual oleh operator dan seringkali operator mondar-mandir di satu area. Pengelolaan *material handling* yang kurang baik dapat memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap biaya produksi yang harus dikeluarkan karena berpengaruh 20-70% terhadap biaya produksi (Heragu, 2008).

Berdasarkan permasalahan pada proses produksi *spare part* berupa adanya waktu tenggang (*waiting*) yang juga diakibatkan karena inspeksi berulang kali (*inappropriate processing*), ketidak sesuaian proses produksi (*defect*), *routing* yang kurang efektif dan tidak terdapatnya *material handling* (*transportation* dan *motion*), terdapat indikasi pemborosan yang menyebabkan timbulnya *lead time* pada proses produksi yang lebih lama dari seharusnya dan juga menyebabkan kerugian finansial bagi perusahaan. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan identifikasi *waste* sehingga dapat mereduksi terjadinya pemborosan yang ada. Salah pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan *lean manufacturing*.

Lean manufacturing merupakan metode sistematis yang terdapat pada *Toyota Production System* (TPS) untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* melalui *continuous improvement* dan mengirimkan produk sesuai dengan permintaan konsumen. Tujuan dari implementasi *lean* yaitu meningkatkan *customer value* secara berkelanjutan dengan memaksimalkan nilai rasio terhadap aktivitas *value added* terhadap nilai *waste* atau yang biasa disebut dengan *value-to-waste ratio* (Gaspersz, 2007). Penerapan *lean manufacturing* pada proses produksi *spare part* telah dilakukan oleh beberapa penelitian. Adriansyah & Noviyarsi (2016) melakukan penelitian pada proses produksi *spare part* berupa mur dan baut dengan penerapan *lean manufacturing* dengan menggunakan *six sigma frame work* dengan rekomendasi perbaikan berupa penerapan *tool 5S* sehingga dapat meningkatkan efisiensi siklus proses dari 74,57% menjadi 78,04% untuk baut dan

untuk mur efisiensi proses meningkat dari 64,6% menjadi 70,21%. Azmi (2019) juga melakukan implementasi *lean manufacturing* pada proses produksi mur dan baut dengan menghilangkan aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah dan juga melakukan penggabungan aktivitas yang dapat dilakukan secara bersamaan sehingga diperoleh efisiensi proses meningkat dari 60% menjadi 80%. Selain itu penerapan *lean manufacturing* pada proses produksi *spare part* dilakukan oleh Widyaningsih (2017) dengan menggunakan metode *lean six sigma*. Dalam penelitian tersebut dilakukan analisis *waste* menggunakan *seven waste* dan perhitungan nilai DPMO untuk setiap *waste*. Nilai DPMO dikonversi ke nilai sigma, *waste* dengan nilai sigma terendah dikategorikan ke dalam *waste* kritis untuk kemudian dicari akar permasalahannya menggunakan *fishbone diagram*. Selanjutnya dilakukan pencarian tingkat risiko menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan dicari akar permasalahan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi untuk diberikan rekomendasi perbaikan. Rekomendasi perbaikan yang diberikan yaitu memperbaiki *layout* produksi untuk mengurangi *lead time* produksi.

Berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan tersebut dapat dibuktikan bahwa *waste* pada perusahaan dapat direduksi untuk meningkatkan efisiensi proses pada proses produksi *spare part*. Oleh karena itu pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan penerapan *lean manufacturing* dengan pendekatan *lean thinking*. *Lean thinking* merupakan suatu kerangka berfikir untuk melakukan hal yang lebih dengan tenaga se-minimal mungkin, sedikit peralatan, waktu se-singkat mungkin, dan juga ruang yang minimum namun tetap memenuhi kebutuhan *customer* (Womack & Jones, 2013). Terdapat beberapa tahap yang dilakukan untuk implementasi *lean thinking* yaitu *understanding waste*, *setting the direction*, pembuatan *big picture*, *detailed mapping*, *getting suppliers and customers involved*, dan *checking the plan fits the direction & ensuring buy-in* (Hines & Taylor, 2000).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya dan analisis kondisi aktual, rumusan masalah yang akan diselesaikan dari penelitian ini yaitu bagaimana cara mereduksi pemborosan / *waste* dengan memberikan

rekomendasi perbaikan pada proses produksi *spare part* dengan pendekatan *lean thinking*.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, berikut merupakan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian Tugas Akhir:

1. Memberikan gambaran sistem produksi aktual pembuatan *spare part* pada PT. Pindad (Persero).
2. Mengidentifikasi *waste* yang terjadi dan akar penyebab *waste* yang terdapat pada proses produksi *spare part*.
3. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk mereduksi *waste* pada proses produksi *spare part*.
4. Mengetahui estimasi besar pengaruh rekomendasi perbaikan terhadap *Key Performance Indicator* (KPI) yang ditetapkan perusahaan.

1.4 Manfaat

Berikut merupakan manfaat yang dapat diperoleh dari adanya penelitian Tugas Akhir:

1. Perusahaan dapat mengetahui *waste* serta penyebab terjadinya permasalahan pada proses produksi *spare part*.
2. Perusahaan dapat mereduksi *lead time* produksi *spare part*.
3. Perusahaan dapat melakukan efisiensi biaya produksi berdasarkan rekomendasi perbaikan yang telah diusulkan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut merupakan ruang lingkup penelitian berupa batasan dan asumsi yang digunakan pada penyusunan Tugas Akhir yaitu sebagai berikut:

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam melakukan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada produksi *spare part* di departemen perkakas dan pendukung PT. Pindad (Persero).

2. *Waste* yang diidentifikasi merupakan 7 *waste* yang merupakan bagian dari *Toyota Production System* (TPS).
3. Data sekunder yang digunakan merupakan data pada tahun 2019 dan waktu pengamatan dilakukan pada Maret 2020.
4. Penelitian ini dilakukan hingga tahap penyusunan rekomendasi perbaikan dan tidak termasuk tahap implementasi pada perusahaan.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam melakukan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Proses produksi *spare part* berjalan dengan normal serta tidak terjadi perubahan pada konfigurasi mesin dan urutan proses produksi.
2. Tidak terdapat perubahan proses bisnis perusahaan selama penelitian Tugas Akhir dilaksanakan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan terdiri dari beberapa bab yaitu sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hal yang menjadi dasar dilakukan penelitian Tugas Akhir beserta identifikasi permasalahan yang terjadi yang terdiri dari latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi, serta sistematika penulisan laporan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai landasan teori, konsep dan juga metode yang digunakan sebagai dasar dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir. Tinjauan pustaka yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *group technology*, *lean thinking*, OPC, RCA, FMEA, dan *value management*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini akan ditunjukkan mengenai langkah-langkah pengerjaan serta metode yang digunakan untuk penulisan Tugas Akhir

secara sistematis. Metodologi yang digunakan menggambarkan alur dan kerangka berpikir yang digunakan dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan ditunjukkan mengenai proses pengumpulan dan pengolahan data yang akan digunakan dalam melakukan penyelesaian penelitian Tugas Akhir. Tahapan yang dilakukan pada bagian ini yaitu identifikasi proses produksi *spare part*, pengelompokan jenis *spare part* berdasarkan kesamaan proses, dan identifikasi implementasi *lean thinking* tahap awal yang terdiri dari *setting the direction*, pembuatan *big picture*, *detailed mapping*, dan identifikasi *waste*.

BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis dari hasil pengumpulan dan pengolahan data. Analisis dilakukan dengan melakukan identifikasi akar penyebab *waste* dengan metode *5why's*. Selanjutnya dilakukan analisis prioritas akar penyebab *waste* yang harus diselesaikan dengan mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) paling tinggi dengan metode FMEA.

BAB 6 PERANCANGAN REKOMENDASI PERBAIKAN

Pada bab ini akan dilakukan pemberian usulan rekomendasi perbaikan berdasarkan RCA dan FMEA yang telah dianalisis pada bab sebelumnya. Perbaikan dilakukan untuk memberikan *improvement* pada proses produksi *spare part*. Bagian ini terdiri dari penyusunan rekomendasi perbaikan, pemilihan kombinasi perbaikan, implementasi *lean thinking* tahap akhir, serta pembuatan *future VSM*.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan ditunjukkan mengenai kesimpulan dan saran yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Pemberian kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data serta analisis dan interpretasi hasil akhir penelitian. Pemberian saran dilakukan terhadap perusahaan serta penelitian Tugas Akhir selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang merupakan landasan teori yang digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan pada penelitian Tugas Akhir. Tinjauan pustaka pada penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari *group technology*, *lean thinking*, *operation process chart*, *failure mode and effect analysis*, dan juga *value management*.

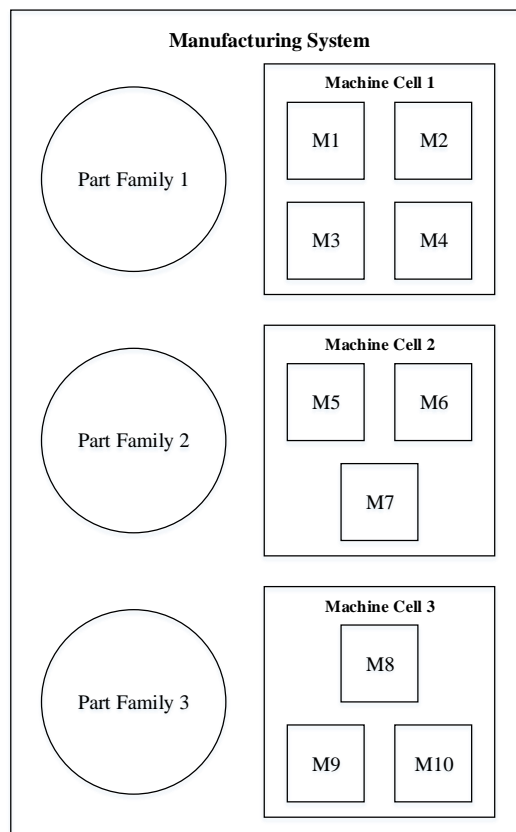
2.1 *Group Technology*

Saat ini industri manufaktur sedang berada dalam persaingan global sehingga menyebabkan siklus hidup produk menjadi lebih pendek, *time-to-market* yang pendek, dan juga permintaan konsumen yang bervariasi. Hal tersebut memicu perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dari kegiatan produksinya dengan menerapkan konsep *group technology*. *Group technology* merupakan filosofi manajemen yang berupaya mengelompokkan suatu produk dengan desain dan atau karakteristik manufaktur yang serupa (Mitrofanov, 1983). Dalam hal ini pengelompokan tidak didasarkan pada kesamaan jenis produk akhir namun produk-produk yang identik dikelompokkan sesuai dengan urutan proses, bentuk, mesin atau peralatan yang dipakai. *Group Technology* dapat diterapkan kedalam dua hal yaitu desain (berdasarkan kesamaan bentuk) dan manufaktur (kesamaan proses). Dengan mengelompokkan bagian yang serupa kedalam *part family* berdasarkan desain atau proses yang serupa, hal tersebut memungkinkan untuk meningkatkan produktivitas melalui rasionalisasi desain dan pengambilan data yang lebih efektif serta melakukan standarisasi dalam melakukan proses manufaktur (Ham et al., 1985).

Aplikasi dari *group technology* biasanya diidentifikasi dengan nama yang berbeda dalam berbagai fungsi teknik dan manufaktur. Menurut Ham et.al. (1985), secara tradisional praktik *group technology* hanya terbatas pada manufaktur yang bersifat *batch-type* untuk meningkatkan produktivitas dengan tingkat keberhasilan yang berbeda baik dalam bidang desain maupun proses manufaktur. Namun saat ini pengembangan dan penerapan *Computer Integrated Manufacturing* (CIM)

mengarah pada minat baru dalam *group technology* karena menyediakan sarana penting untuk meningkatkan produktivitas sistem manufaktur dalam keberhasilan integrasi CAD atau CAM melalui aplikasi dari konsep *part family*. *Group technology* mereduksi kerugian perusahaan dengan mengelompokkan hal yang memiliki kesamaan meskipun terdapat bagian berbeda.

Gagasan dibalik *group technology* yaitu menguraikan sebuah sistem manufaktur menjadi suatu subsistem. Untuk mengatasi hal tersebut, sejumlah sistem klasifikasi dan pemberian kode telah dikembangkan. Hal pertama yang dilakukan yaitu memberikan kode kedalam beberapa bagian. Berdasarkan kode yang telah dibuat, bagian-bagian tersebut dapat dikelompokkan kembali menjadi *part family*. Setiap *part family* berhubungan dengan sekelompok mesin yang disebut dengan *machine cell*. Menurut Kusiak (1987), Gambar 2.1 merupakan contoh pengelompokan yang dilakukan.



Gambar 2. 1 Sistem Manufaktur dengan 3 *Part Family* dan 3 *Machine Cell*
(Sumber: Kusiak, 1987)

2.2 *Lean Thinking*

Secara terminologi, *lean* merupakan serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk melakukan eliminasi *waste*, mereduksi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, serta meningkatkan aktivitas yang memberikan nilai tambah. Menurut Liker & Morgan (2006), *lean manufacturing* merupakan suatu pendekatan yang berasal dari *Toyota Production System* (TPS) dan menitikberatkan pada eliminasi *seven waste* dengan tujuan meningkatkan kepuasan konsumen secara keseluruhan. Tujuan dari implementasi *lean* yaitu meningkatkan *customer value* secara berkelanjutan dengan memaksimalkan nilai rasio terhadap aktivitas *value added* terhadap nilai *waste* atau yang biasa disebut dengan *value-to-waste ratio* (Gaspersz, 2007).

Asal-usul dasar pemikiran *lean thinking* dapat ditemukan pada rantai produksi perusahaan manufaktur di Jepang, khususnya inovasi yang diterapkan pada *Toyota Motor Corporation* (Shingo, 2019 ; Monden, 1983). Inovasi yang dibuat bertujuan untuk mengatasi masalah yang seringkali ditemui pada saat itu. Masalah tersebut berupa kelangkaan sumber daya dan kompetisi yang ketat untuk memenangkan persaingan pasar di Jepang untuk produk mobil. Contoh inovasi yang diterapkan berupa penerapan *Just In Time* (JIT), metode kanban untuk melakukan sistem *pull* produksi, menghargai pekerja dan penyelesaian masalah yang timbul akibat kesalahan pekerja menggunakan sistem yang otomatis (Hines, et.al., 2004).

Menurut (Womack & Jones, 2013), prinsip pertama dan titik kritis yang terdapat pada *lean thinking* berfokus pada *value*. Oleh karena itu fokus dari *lean* telah beralih yang mulanya hanya sekadar berfokus pada *waste* dan *cost reduction* yang muncul pada rantai produksi, menjadi pendekatan yang secara kontingen berusaha meningkatkan *value* kepada konsumen. Peningkatan *value* dapat dilakukan dengan cara menambahkan fitur terhadap produk, menambahkan fitur pada proses pelayanan, dan juga menghilangkan aktivitas yang mengakibatkan timbulnya *waste*.

Lean thinking sendiri merupakan suatu kerangka berfikir untuk melakukan hal yang lebih dengan tenaga manusia se-minimal mungkin, sedikit peralatan, waktu se-singkat mungkin, dan juga ruang yang minimum namun tetap memenuhi kebutuhan konsumen (Womack & Jones, 2013). Tujuan dari adanya konsep *lean*

thinking yaitu menghilangkan *waste* yang terdapat pada proses produksi sehingga proses yang dijalankan lebih efisien dan tetap mengutamakan efektifitas. Dalam mengaplikasikan konsep *lean thinking*, langkah utama yang harus dilakukan perusahaan yaitu mengidentifikasi kebutuhan konsumen dan memenuhi apa yang mereka inginkan dengan meminimalkan biaya produksi. Hal tersebut merupakan suatu filosofi yang harus diterapkan agar *performance* sistem manufaktur meningkat. Terdapat dua hal penting yang harus dipahami untuk menerapkan aplikasi *lean thinking*, yang pertama yaitu memahami lima prinsip *lean* dan yang kedua yaitu memahami tahapan implementasi *lean thinking*.

2.2.1 *The Five Lean Principles*

Dalam upaya menerapkan konsep *lean* pada proses produksi, terdapat lima prinsip dasar yang digunakan sebagai acuan dalam implementasi *lean* (Hines & Taylor, 2000). Prinsip tersebut sangat mendasar sebagai sarana untuk mengeliminasi *waste* dan harus menjadi panduan bagi semua orang di dalam perusahaan yang terlibat dalam transformasi *lean*. Berikut merupakan lima prinsip dasar *lean*:

1. *Specify Value*

Mengidentifikasi yang dapat atau tidak dapat memberikan *value* pada suatu produk yang dilihat dari sudut pandang konsumen. Hal tersebut dilakukan dalam upaya memenuhi *customer needs* dimana konsumen menginginkan produk dengan kualitas yang kualitasnya baik, harga yang kompetitif, serta sampai di tangan konsumen dengan tepat guna dan tepat waktu.

2. *Identify Whole Value Stream*

Mengidentifikasi aliran proses produk secara rinci berdasarkan keseluruhan *value stream* guna menemukan *waste* atau *non-value added activity*. *Value Stream* menggabungkan semua tindakan yang diperlukan untuk membawa produk ke pelanggan, beberapa diantaranya yaitu: desain rinci, teknik, produksi, pengambilan pesanan, penjadwalan, dan pengiriman produksi (Womack & Jones, 2013). Secara umum perusahaan hanya membuat aliran proses bisnis atau aliran proses kerja namun tidak membuat aliran proses produk sehingga dapat menyulitkan perusahaan.

3. *Flow*

Melakukan aktivitas yang dapat menciptakan suatu *value* dengan menghilangkan pemborosan yang tidak memiliki nilai tambah dari seluruh aktivitas tanpa ada gangguan, proses *rework*, *backflow*, *waiting*, maupun *scrap* (sisa produksi). Womack & Jones (2013) mengharapkan suatu perubahan untuk mereduksi waktu pengembangan produk sebesar 50%, waktu pemrosesan pesanan sebesar 75%, dan waktu produksi fisik sebesar 90%.

4. *Pulled*

Mengetahui aktivitas penting yang harus dilakukan untuk membuat apa yang diinginkan oleh konsumen. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengorganisasikan *material*, informasi, dan produk agar dapat mengalir secara efisien pada *value stream* dengan menggunakan *pull system*. *Pull system* merupakan sistem dimana suatu pekerjaan akan dipenuhi ketika dipicu oleh adanya *purchase order* oleh konsumen (Spearman, et.al., 1990). Manfaat dari *pull system* adalah menghindari terjadinya kelebihan *inventory* pada perusahaan.

5. *Perfection*

Melakukan *improvement* dan perbaikan berkelanjutan dengan cara menghilangkan *waste* yang terdapat pada proses secara terus-menerus, sehingga *waste* yang terjadi dapat dihilangkan secara keseluruhan.

2.2.2 *Implementasi Lean Thinking*

Dalam menerapkan aplikasi *lean thinking*, Hines & Taylor (2000) membaginya kedalam enam tahapan yaitu *understanding waste*, *setting the direction*, *understanding the big picture*, *detailed mapping*, *getting suppliers and customers involved*, dan *checking the plan fits the direction & ensuring buy-in*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing tahapan.

2.2.2.1 *Understanding Waste*

Tahapan pertama yang dilakukan yaitu memahami *waste* yang terjadi dalam proses produksi. *Waste* atau dalam *Toyota Production System* disebut dengan Muda merupakan segala sesuatu yang tidak menambah *value added* pada seluruh proses

yang terdapat di perusahaan dan tidak akan dibayar oleh konsumen (Domingo, 2003). Untuk menerapkan proses bisnis berbasis *lean*, *waste* merupakan hal utama yang harus diperhatikan dan direduksi agar proses dapat berjalan secara efektif dan efisien. Dalam melakukan proses identifikasi *waste*, perlu dilakukan proses pemilahan terhadap seluruh aktivitas yang terjadi di perusahaan. Aktivitas tersebut dapat dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu: *Value Added Activity* yang merupakan aktivitas yang memberikan nilai tambah terhadap produk atau jasa di mata konsumen, *Non-Value Added Activity* yang merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk atau jasa di mata konsumen, dan juga *Non-Value Added but necessary Activity* yang merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk atau jasa di mata konsumen namun aktivitas tersebut tetap diperlukan dalam menjalankan proses seperti proses inspeksi, *setup* mesin, dll.

Menurut Domingo (2003), *waste* dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *obvious waste* dan *hidden waste*. *Obvious waste* merupakan *waste* yang jelas terlihat dan kebanyakan mudah untuk di eliminasi. Sedangkan *hidden waste* merupakan *waste* yang tidak terlihat dan sulit untuk dikenali serta di eliminasi. Perusahaan harus mengerahkan kemampuan serta sumber daya mereka untuk mengungkap dan mengidentifikasi *hidden waste* daripada membuang waktu untuk mengeliminasi *obvious waste*. Sedangkan Shigeo Shingo (2019) mendefinisikan bahwa terdapat 7 jenis *waste* yang diidentifikasi pada *Toyota Production System* dan dikenal sebagai *seven waste*, yaitu:

1. *Overproduction*

Overproduction merupakan *waste* yang terjadi akibat produksi berlebih atau produksi terlalu cepat dari yang seharusnya diperlukan baik yang berbentuk *finished goods* maupun barang setengah jadi. *Overproduction* terjadi ketika lebih banyak produk yang diproduksi daripada yang biasa dijual, sehingga dapat terjadi penumpukan pada *inventory* dan terganggunya informasi serta aliran fisik. Seringkali *overproduction* termasuk kedalam *hidden waste* karena banyak yang menganggap produk berlebih tersebut sebagai aset bernilai, padahal sebagian dari produk tersebut mungkin sudah tidak dalam kondisi baik atau

membebani perusahaan dengan biaya yang tidak diperlukan hanya untuk mempertahankan produk tersebut sampai terjual.

2. *Defects*

Waste yang terjadi karena terjadinya kesalahan pada proses pengerjaan, *output* produk yang berkualitas buruk, dan performa pengiriman yang tidak baik. *Defect* tidak hanya mengakibatkan ketidakpuasan konsumen serta merusak citra perusahaan, namun hal tersebut juga berdampak pada waktu, biaya, serta usaha tambahan yang diperlukan untuk memperbaiki, mengerjakan ulang, dan penggantian produk rusak. *Continuous improvement* merupakan salah satu cara paling efektif untuk mengeliminasi *waste* ini.

3. *Unnecessary Inventory*

Unnecessary inventory merupakan *waste* yang terjadi karena kuantitas penyimpanan yang berlebih serta *delay* informasi atau produk sehingga berdampak pada peningkatan biaya dan penurunan kualitas pelayanan terhadap konsumen. *Waste* ini juga dapat disebabkan oleh *overproduction*, kelebihan material, dan produk *work in process* yang di akumulasi.

4. *Inappropriate Processing*

Tidak setiap proses yang dilakukan dapat memberi nilai tambah (*value added*) dan biasanya terjadi pada proses yang berlebihan. *Waste* ini terjadi karena proses yang dilakukan berulang melebihi yang diinginkan konsumen atau melebihi standar yang ditetapkan perusahaan, contohnya yaitu proses inspeksi yang dilakukan berulang kali dan memproduksi produk dengan kualitas yang lebih tinggi dari yang diperlukan. Hal ini juga dapat terjadi karena belum terdapat standar pada proses sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya *defect*.

5. *Excessive Transportation*

Layout produksi yang buruk dan pengelolaan tempat kerja yang kurang baik sehingga memerlukan kegiatan transportasi atau pemindahan barang dari satu tempat ke tempat lain. Hal tersebut menyebabkan gerakan berlebihan yang dilakukan pekerja, perpindahan yang tidak perlu (*unnecessary movement*), informasi, maupun produk sehingga membuang waktu, tenaga, serta biaya.

6. *Waiting*

Merupakan *waste* yang terjadi saat terdapat aktivitas menunggu dalam proses produksi seperti menunggu material, informasi, peralatan, serta *maintenance* sehingga mengakibatkan seseorang atau mesin tidak melakukan pekerjaan. Waktu yang terbuang karena menunggu berdampak pada *lead time* yang panjang dan biaya produksi.

7. *Unnecessary Motion*

Waste yang terjadi karena gerakan yang tidak diperlukan seperti gerakan pekerja ataupun mesin yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk, pekerja juga hanya mondar-mandir di satu area. Hal ini disebabkan oleh perencanaan yang kurang sesuai dengan standar kerja, serta *layout* ruangan yang kurang baik. Contohnya yaitu peletakan letak alat yang jauh dari letak operator berada sehingga memerlukan gerakan.

2.2.2.2 *Setting the Direction*

Salah satu kesulitan utama ketika perusahaan mencoba melakukan penerapan *lean thinking* yaitu kurangnya arah, kurangnya perencanaan, dan kurangnya penentuan urutan pengerjaan proyek yang memadai. Tahapan ini merupakan proses menentukan arah dan tujuan dari perbaikan terhadap *waste* yang terjadi, menurut Hines & Taylor (2000) langkah yang harus dilakukan yaitu:

1. Mengembangkan faktor penentu keberhasilan
2. Melakukan pengkajian dan menentukan langkah bisnis yang sesuai
3. Menetapkan target peningkatan dari waktu ke waktu untuk setiap langkah bisnis
4. Mendefinisikan *key business process*
5. Menentukan *key business process* pada daerah yang telah ditargetkan
6. Memahami proses yang memerlukan pemetaan secara rinci (*detailed mapping*)

2.2.2.3 *Understanding the Big Picture*

Pada proses ini dipetakan seluruh aliran proses bisnis perusahaan mulai dari *raw material* datang dari *supplier*, kemudian diolah di perusahaan, hingga menjadi *finished goods* dan dikirimkan ke konsumen. Dalam melakukan proses pembuatan produk, *value stream* mencakup pemasok *raw material*, proses manufaktur dan

perakitan, serta jaringan distribusi produk ke konsumen (Gaspersz, 2007). Pemetaan ini dilakukan agar dapat diketahui secara jelas aliran fisik serta aliran informasi yang berguna dalam melakukan pengidentifikasian *waste*. *Big Picture Mapping* atau seringkali disebut sebagai *Value Stream Mapping* (VSM) merupakan salah satu *tools* yang digunakan pada *Toyota Production System* yang berfungsi untuk menggambarkan sistem perusahaan secara keseluruhan dan juga mengidentifikasi aliran material serta informasi pada proses produksi mulai dari bahan baku hingga menjadi produk jadi (Nash, 2011). Menurut Womack & Jones (2013), VSM merupakan seluruh kegiatan *value added* dan *non-value* yang dibutuhkan untuk membuat produk melalui aliran proses produksi utama.

Tujuan utama dari dilakukannya pemetaan yaitu mengidentifikasi seluruh jenis *waste* yang terjadi di sepanjang *value stream* sehingga dapat dilakukan pengambilan langkah untuk mengeliminasi *waste* tersebut. Pengambilan langkah yang ditinjau dari segi *value stream* harus dikerjakan dari suatu lingkup gambaran besar dan memperbaiki keseluruhan aliran proses, bukan hanya mengoptimalkan sebagian aliran saja. VSM dapat menyediakan suatu titik balik yang optimal bagi perusahaan yang ingin menjadi *lean* (Rother & Shook, 2003).

Berikut merupakan langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk membuat VSM (Hines et al., 1998).

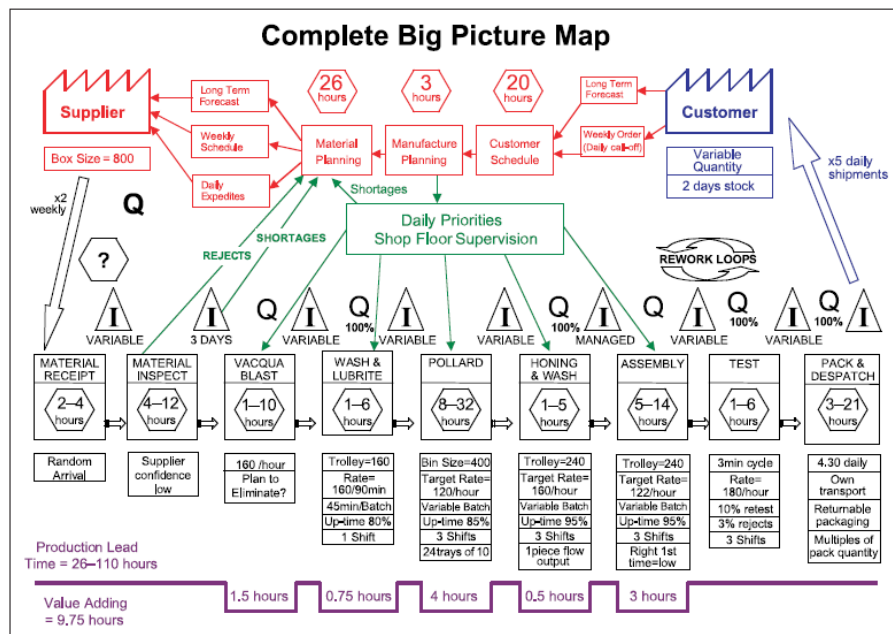
1. Menentukan *family product* yang akan dipetakan

Tujuan dari penentuan *family product* yaitu agar proses yang dipetakan fokus pada produk yang memiliki proses yang kurang efisien dan menyederhanakannya, sehingga langkah yang dilakukan untuk mengumpulkan data lebih cepat. Jika terdapat beberapa pilihan dalam menentukan *family product*, pilih produk yang memenuhi kriteria. Produk harus memiliki segmentasi kriteria yang penting untuk perusahaan.

2. Membuat *Current State Mapping*

Dalam membuat *current state mapping* digambarkan kondisi aktual perusahaan mulai dari *order* masuk, proses produksi, hingga produk sampai ke tangan konsumen. Oleh karena itu diperlukan pengambilan data dan informasi pada aliran proses serta melakukan wawancara dengan operator yang berkaitan. Menurut Hines & Taylor (2000) terdapat beberapa tahapan yang harus

dilakukan secara berurutan untuk membuat *current state mapping* yaitu menggambarkan keperluan *customer*, menambahkan aliran informasi, menambahkan aliran fisik, menghubungkan aliran fisik dan aliran informasi yang telah dibuat, dan melengkapi *map* dengan menambahkan *time line* di bagian paling bawah untuk mencatat *lead time* produksi dan waktu yang *value added*. Gambar 2.2 merupakan contoh dari *map* yang telah selesai dibuat.



Gambar 2. 2 Contoh *Current State Mapping*
(Sumber: Hines & Taylor, 2000)

3. Identifikasi Kondisi Terkini dan Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap aktivitas yang terdapat pada aliran proses yaitu *value added activity*, *non-value added but necessary activity*, dan juga *non-value added activity*. Dengan pengategorian proses terhadap 3 jenis aktivitas tersebut, diketahui proses mana saja yang tidak menimbulkan nilai tambah pada produk berdasarkan sudut pandang konsumen.

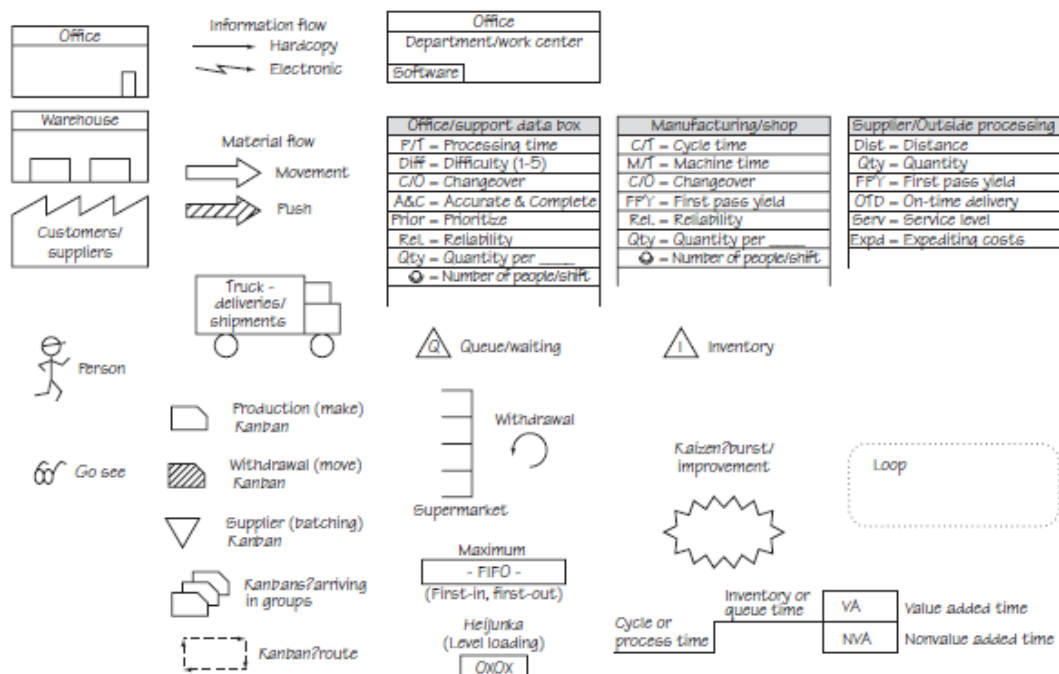
4. Membuat *Future State VSM*

Setelah menganalisa permasalahan yang terdapat pada kondisi terkini, selanjutnya dilakukan pembuatan *future state mapping*. *Future state mapping* merupakan pemetaan kondisi perusahaan di masa mendatang ketika telah dilakukan proses perbaikan dengan mengeliminasi *waste*.

5. Implementasi Rencana Akhir

Tahapan akhir dari proses pembuatan VSM yaitu mengimplementasikan rencana perbaikan dari kondisi perusahaan sehingga menciptakan proses produksi secara lebih efektif dan efisien.

Menurut Manos (2006), terdapat beberapa *key area* dalam penggambaran VSM yaitu bagian kanan atas berisi informasi mengenai *customer*, bagian kiri atas berisi informasi mengenai *supplier*, setengah bagian ke-atas untuk aliran informasi, setengah bagian ke-bawah berisikan aliran material atau proses, dan bagian ujung atas maupun bawah merupakan perhitungan waktu *value added* dan *non-value added*. Dalam pembuatan VSM, terdapat beberapa *icon* yang digunakan untuk menggambarkan aliran proses produksi. *Icon* yang digunakan dalam VSM dikombinasikan dengan simbol pada *flowchart* untuk membentuk visualisasi berbagai fungsi dalam sebuah pemetaan (Nash, 2011). Gambar 2.3 merupakan *icon* yang seringkali digunakan pada VSM.



Gambar 2. 3 *Icon* pada *Value Stream Mapping*

(Sumber: Manos, 2006)

Selain itu terdapat beberapa perhitungan yang dilakukan dalam proses pembuatan VSM. Berikut merupakan persamaan yang digunakan.

1. *Availability*

$$Availability = \frac{Total\ waktu\ yang\ tersedia - (Waktu\ setup + Breakdown)}{Total\ waktu\ yang\ tersedia} \quad (2.1)$$

2. *Takt Time* (menit)

$$Takt\ Time = \frac{Waktu\ kerja\ efektif}{Jumlah\ permintaan\ konsumen} \quad (2.2)$$

3. *Total Cycle Time* (menit)

$$Total\ C/T\ (menit) = C/T_{(1)} + C/T_{(2)} + C/T_{(3)} + \dots + C/T_{(n)} \quad (2.3)$$

4. *Total Lead Time* (menit)

$$Lead\ Time = (C/T_{(1)} + Queue\ Time_{(1)}) + (C/T_{(2)} + Queue\ Time_{(2)}) + \dots + (C/T_{(n)} + Queue\ Time_{(n)}) \quad (2.4)$$

2.2.2.4 *Detailed Mapping*

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pemetaan secara lebih *detail* menggunakan salah satu *value stream analysis tools*. *Value stream analysis tools* merupakan *tools* yang digunakan untuk memetakan aliran secara lebih detail yang berfokus pada aktivitas *value added*. Pemetaan secara lebih detail ini dapat digunakan untuk menentukan sumber penyebab *waste* yang terjadi. Terdapat tujuh *detailed mapping tools* yang bermanfaat untuk memetakan *waste* yaitu *Process Activity Mapping*, *Supply Chain Response Matrix*, *Production Variety Funnel*, *Quality Filter Mapping*, *Demand Amplification Mapping*, *Decision Point Analysis*, Dan *Physical Structure Mapping*. Tabel 2.1 menunjukkan tinjauan secara umum mengenai *tools* mana yang bagus digunakan untuk setiap *waste* yang ditunjukkan dengan *yes*, *maybe*, dan juga *no* (Hines & Taylor, 2000).

Tabel 2. 1 *Detailed Value Stream Mapping Toolkit*

	<i>Process Activity Mapping</i>	<i>Supply Chain Response Matrix</i>	<i>Production Variety Funnel</i>	<i>Quality Filter Mapping</i>	<i>Demand Amplification Mapping</i>	<i>Value Analysis Time Profile</i>
<i>Overproduction</i>	maybe	maybe	no	maybe	maybe	yes
<i>Waiting</i>	yes	yes	maybe	no	maybe	maybe
<i>Excessive Transportation</i>	yes	no	no	no	no	maybe
<i>Inappropriate Processing</i>	yes	no	maybe	maybe	no	maybe
<i>Unnecessary Inventory</i>	maybe	yes	maybe	no	yes	maybe
<i>Unnecessary Motion</i>	yes	maybe	no	no	no	no
<i>Defects</i>	maybe	no	no	yes	no	maybe

(Sumber: Hines & Taylor, 2000)

Salah satu *detailed mapping tools* yang umum digunakan dan diimplementasikan pada penelitian ini yaitu *Process Activity Mapping* (PAM). PAM dipilih karena dapat menganalisa dan menggambarkan hampir keseluruhan jenis *waste* yang terdapat pada proses produksi, hal tersebut dapat dilihat berdasarkan Tabel 2.1.

PAM merupakan suatu *tools* yang digunakan untuk mengidentifikasi *lead time* dan produktivitas dengan menjelaskan setiap aktivitas yang terjadi yang meliputi aliran produk maupun aliran informasi, bukan hanya dalam lingkup perusahaan namun juga dalam lingkup *supply chain*. Konsep yang digunakan dalam *tools* ini yaitu melakukan pemetaan setiap tahapan aktivitas mulai dari proses operasi, transportasi, inspeksi, *delay*, dan *storage* yang selanjutnya dapat dikelompokkan kedalam aktivitas *value added*, *non-value added but necessary*, dan *non-value added*. Dengan melakukan pengelompokan terhadap ketiga kategori aktivitas tersebut diharapkan dapat diidentifikasi persentase nilai aktivitas yang memberi nilai tambah dan tidak memberi nilai tambah terhadap proses (Singgih & Kristian, 2015). Pemetaan aktivitas dilakukan dengan teknik yang mirip dengan 5W+1H yang menggambarkan apa proses yang dilakukan, siapa yang melakukan, kapan proses terjadi, dimana proses dilakukan, mengapa proses dilakukan, dan bagaimana proses produksi terjadi, Metode ini juga berfungsi untuk menghilangkan

serta menyederhanakan aktivitas yang terdapat pada proses produksi sehingga dapat mengurangi *waste* dan proses lebih efisien. Aktivitas *non-value added* lebih diprioritaskan untuk dihilangkan dibanding aktivitas *non-value added but necessary*, namun juga penting untuk dihilangkan (Gaspersz, 2007).

Menurut Hines & Rich (1997) terdapat lima langkah dalam melakukan pendekatan PAM, yaitu:

1. Mempelajari aliran proses.
2. Mengidentifikasi jenis *waste* yang terdapat pada proses.
3. Mempertimbangkan apakah proses dapat disusun kembali menjadi suatu aktivitas yang lebih efisien.
4. Mempertimbangkan aliran proses yang lebih baik dengan melibatkan *layout* dan rute transportasi yang berbeda.
5. Mempertimbangkan apakah seluruh aktivitas yang telah dilakukan pada setiap *stage* benar-benar diperlukan dan dampak yang terjadi jika terdapat aktivitas yang dihilangkan.

Gambar 2.4 merupakan contoh diagram dari PAM. Simbol lingkaran menunjukkan proses *operation*, simbol anak panah ke arah kanan menunjukkan proses transportasi, simbol persegi menunjukkan proses inspeksi, simbol setengah lingkaran menunjukkan *delay* aktivitas produksi dan simbol segitiga menunjukkan proses penyimpanan (*storage*).

Step	Flow	Machine/ tool	Distance (metres)	Time (minutes)	People	Chart symbol
						● → ■ ▼
1	Cut and chamfer pins	● Cutter		60	1	●
2	Transportation	→ Crane	20	5	2	→
3	Measure length inspect chamfering	■ Calipers		10	2	■
4	Set aside	▼ Bag		70	2	▼
5	Transportation	→ Crane	10	3	2	→
6	Polish exterior surface	● Polisher		15	1	●
7	Transportation	→ Crane	20	5	2	→
8	Measure outer diameter	■ Calipers		5	2	■
9	Transportation	→ Crane	20	5	2	→
10	Inspect pin insertion into socket	■		10	2	■
11	Transportation	→ Crane	15	4	2	→
12	Set aside	▼		10	2	▼
13	Storage	▼		50		▼
Total	13 steps		85 metres	252 minutes	22	2 times 75 min 5 times 22 min 3 times 25 min 3 times 130 min

Gambar 2. 4 Contoh *Process Activity Mapping*
(Sumber: Hines & Taylor, 2000)

2.2.2.5 *Getting Suppliers and Customers Involved*

Setiap perusahaan membutuhkan *input* untuk mengubah material dan informasi menjadi produk bagi konsumen. Oleh karena itu sangat bermanfaat bagi perusahaan untuk memperluas *order fulfilment mapping* kepada *customer* dan *supplier* (Hines & Taylor, 2000). Implementasi penerapan *lean thinking* diharapkan dapat memberi *improvement* terhadap kondisi perusahaan saat ini, sehingga harus melibatkan *supplier* dan *customer* agar *lean* dapat tercipta pada setiap proses di sepanjang *value chain*.

Secara tradisional, suatu bisnis berusaha untuk mengendalikan *supply chain* melalui integrasi secara vertikal (kepemilikan). Namun saat ini tren telah berubah dan perusahaan kebanyakan terlibat dalam *outsourcing* tingkat tinggi yaitu menggunakan tenaga kerja dari pihak ketiga untuk menyelesaikan pekerjaan. Oleh karena itu perusahaan memerlukan keterlibatan tim yang lebih luas dengan bekerja sama dengan perusahaan eksternal, salah satunya dengan perusahaan *supplier*. Jenis pengembangan ini mencakup penyebaran strategi pelanggan, sehingga *supplier* dapat merencanakan proses mereka dengan lebih efektif, serta menawarkan bantuan khusus kepada perusahaan seperti penyusunan tata letak pabrik, pengurangan waktu pengaturan dan operasi sistem kanban internal.

Perusahaan harus memilih *tools* yang tepat dan bermanfaat untuk digunakan saat melakukan analisis yang lebih *detail*. Sangat penting untuk menggunakan *map* yang menggambarkan permasalahan serta gambaran peluang untuk melakukan perbaikan, baik dalam manufaktur perusahaan maupun di sepanjang *supply chain*. Dengan menggunakan *detailed tools* berupa PAM, perusahaan dapat menentukan prioritas target yang relatif mudah dijangkau dan menggerakkan perusahaan untuk selalu menggali pertanyaan dengan kata “mengapa?” (Hines & Taylor, 2000).

2.2.2.6 *Checking the Plan Fits the Direction and Ensuring Buy-in*

Pada tahap ini dilakukan penyesuaian antara target awal dan juga arah yang dituju. Perusahaan harus mengumpulkan banyak informasi dan mengubah perbaikan menjadi rencana yang dapat diterapkan dalam kerangka waktu yang masuk akal. Dengan kata lain, solusi perbaikan harus memenuhi target yang telah ditetapkan. Pemenuhan *order* tetap menjadi fokus utama dalam merealisasikan

tahapan ini. Tim *mapping* akan berkonsultasi dengan ahli proses lainnya jika diperlukan, serta harus menilai seberapa besar masing-masing langkah perbaikan yang cenderung berkontribusi terhadap *key business measures* (Hines & Taylor, 2000)

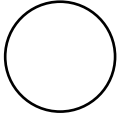


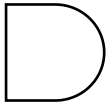


2.3 Operation Process Chart

Operation Process Chart (OPC) merupakan suatu peta yang menggambarkan langkah-langkah proses kerja yang dialami bahan baku dengan membagi urutan kerja menjadi elemen-elemen operasi secara detail yang diuraikan secara sistematis. Pada OPC dapat dilihat semua urutan proses kerja mulai dari tahap awal (*raw material*) sampai menjadi produk jadi (*finished goods*) dan memuat informasi yang diperlukan untuk melakukan analisis seperti waktu, material, tempat, alat, serta mesin yang digunakan untuk masing-masing proses (Wignjosoebroto, 1995). Selain untuk mendapatkan informasi tersebut, terdapat beberapa kegunaan dari OPC yaitu:

1. Sebagai suatu *tools* untuk mengetahui kebutuhan mesin dan penganggarnya.
2. Sebagai *tools* untuk melakukan perkiraan kebutuhan material dengan memperhitungkan efisiensi untuk masing-masing proses.
3. Sebagai *tools* dalam menentukan tata letak pabrik.
4. Sebagai *tools* untuk melatih cara kerja.
5. Sebagai *tools* untuk menentukan apakah diperlukan perbaikan cara kerja yang sedang digunakan.

Dalam penggunaan OPC, terdapat beberapa proses kerja yang digambarkan yaitu transportasi, operasi, inspeksi, *delay*, dan penyimpanan yang digambarkan dengan lambang-lambang khusus (Wignjosoebroto, 1995). Pada tahun 1947, American Society of Mechanical Engineers (ASME) membuat standar yang digunakan dalam pembuatan OPC dengan menggunakan beberapa lambang yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Lambang *Operation Process Chart*

Lambang	Proses	Keterangan
	<i>Operation</i>	Terjadi ketika suatu objek mengalami perubahan karakteristik baik fisik maupun kimiawi serta terjadi ketika mengambil dan memberi informasi terhadap suatu keadaan.
	<i>Transportation</i>	Terjadi ketika objek mengalami perpindahan dari satu tempat ke tempat lain yang bukan merupakan bagian dari proses <i>operation</i> .
	<i>Inspection</i>	Terjadi ketika objek dilakukan pemeriksaan karakteristiknya baik dalam segi kualitas maupun kuantitas
	<i>Delay</i>	Terjadi ketika objek tidak mengalami kegiatan apa-apa selain menunggu. Kejadian ini menunjukkan bahwa objek ditinggalkan untuk sementara waktu sampai diperlukan kembali.
	<i>Storage</i>	Terjadi ketika produk dilakukan penyimpanan dalam jangka waktu tertentu.
	<i>Combined Activity</i>	Kegiatan ini terjadi ketika aktivitas <i>operation</i> dan <i>inspection</i> dilakukan secara bersamaan atau dalam satu <i>workstation</i> .

(Sumber: ASME, 1947)

2.4 *Root Cause Analysis*

Root Cause Analysis (RCA) merupakan suatu *tools* yang membantu suatu kelompok atau individu untuk mengidentifikasi akar potensial penyebab permasalahan yang terjadi (Doggett, 2005). RCA digunakan untuk membantu perusahaan mengidentifikasi kemungkinan risiko yang terjadi pada proses serta mengetahui ketidak sesuaian yang ditimbulkan oleh permasalahan. Diagram yang terdapat pada RCA menunjukkan penyebab dan akibat dari tingkat *failure* mulai dari yang rendah hingga tinggi Prinsip dasar dari RCA yaitu dengan menggunakan permasalahan sebagai petunjuk untuk menemukan sumber masalah (Menon et al., 2016). Berikut merupakan beberapa kelebihan jika menggunakan pendekatan RCA (Moore, 2007).

1. Menghemat waktu dengan mengatasi penyebab utama (*root cause*) terlebih dahulu, bukan gejala yang timbul.

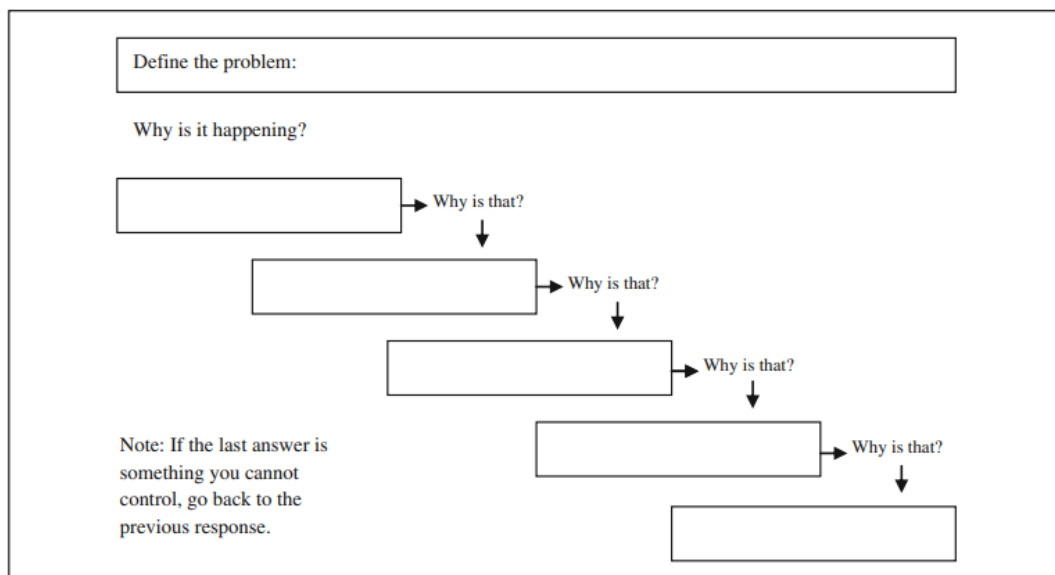
2. Pendekatan logis yang membahas data dan fakta, bukan pendapat yang cenderung bias dan berubah.
3. Menyediakan sarana untuk mengumpulkan dan mengomunikasikan fakta dan ide.
4. Memfasilitasi untuk menemukan suatu akar permasalahan, sehingga tindakan dapat diambil untuk menghindari pengulangan masalah sehingga tidak terjadi kembali.

Menurut Moore (2007) terdapat beberapa pendekatan yang digunakan untuk membuat RCA, tiga pendekatan yang seringkali digunakan yaitu *5 Whys*, *Cause and Effect Diagram with the Addition of Cards* (CEDAC), dan *Apollo RCA Methodology*. Salah satu metode RCA yang diterapkan pada *Total Productive Maintenance* (TPM) yaitu metode *5 whys* yang merupakan *tools* utama untuk mengurangi *waste* dalam lingkup *lean manufacturing* (Benjamin et al., 2015). Metode ini merupakan metode paling sederhana untuk melakukan analisis akar penyebab masalah secara terstruktur. *5 whys* dilakukan dengan bertanya “mengapa” beberapa kali untuk menemukan akar permasalahan sehingga tindakan yang dilakukan tepat dan menghilangkan masalah (Chandler, 2004). Pertanyaan dari *5 whys* tidak harus berhenti pada tahap kelima, dalam penerapannya akar permasalahan bisa didapatkan pada tahap ketiga atau bahkan memerlukan tahap keenam atau lebih. *5 whys* jauh lebih baik jika diterapkan oleh sebuah tim dan terdapat lima langkah dasar untuk melakukannya (Serrat, 2017).

1. Mengumpulkan tim dan mengembangkan pernyataan permasalahan. Setelah dilakukan, tim harus memutuskan apakah diperlukan individu tambahan untuk menyelesaikan permasalahan.
2. Bertanya “mengapa” dan akan ada beberapa jawaban yang masuk akal. Catat jawaban tersebut.
3. Tanyakan kembali “mengapa” empat kali berturut-turut dan ulangi proses untuk mencatat semua jawaban tersebut di dekat “mengapa” sebelumnya yang terkait. Akar penyebab permasalahan akan muncul ketika pertanyaan “mengapa” tidak menghasilkan informasi berguna lebih lanjut.
4. Diantara semua jawaban untuk pertanyaan terakhir dari “mengapa”, cari akar penyebab yang paling sistematis. Diskusikan dan tentukan penyebab sistematis

paling mungkin. Buat sesi tanya jawab dengan tim dan tunjukkan kepada orang lain untuk mengonfirmasi apakah analisis logis atau tidak.

5. Setelah menyelesaikan akar penyebab paling mungkin dari permasalahan serta mendapat konfirmasi logis dibalik analisis, dapat dilakukan pengembangan tindakan korektif yang tepat untuk menghilangkan akar penyebab masalah dari sistem.



Gambar 2. 5 *Five Whys Worksheet*
(Sumber: Serrat, 2017)

Selain itu terdapat metode lain dalam RCA yang dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1943 yang biasa disebut dengan Ishikawa *Diagram* atau *Fishbone Diagram*. Ishikawa *Diagram* merupakan suatu pendekatan terstruktur untuk mengidentifikasi dan menampilkan penyebab dari permasalahan maupun karakteristik kualitas tertentu (Gaspersz, 2007). Diagram ini dibuat dengan melakukan *brainstorming* untuk mengidentifikasi penyebab untuk setiap faktor utama yang disebut dengan 4M+1E yang merupakan singkatan dari *man*, *machine*, *method*, *material*, dan juga *environment* (Ishikawa, 1984). Berikut merupakan penjelasan untuk setiap faktor.

1. Faktor Manusia (*Man*)

Faktor ini berkaitan dengan keterampilan, pengetahuan, keahlian, perilaku, serta kemampuan tenaga kerja dalam melakukan proses operasi di perusahaan.

Permasalahan dapat timbul karena kurangnya pengetahuan yang dimiliki oleh tenaga kerja mengenai pekerjaan yang dilakukan, kurangnya pelatihan yang diberikan oleh perusahaan terkait keterampilan teknis, dan kurangnya pelatihan terkait perilaku kerja.

2. Faktor Mesin (*Machine*)

Faktor mesin berhubungan dengan mesin serta peralatan yang digunakan dalam melakukan proses produksi. Mesin sangat berpengaruh untuk mendapatkan hasil produk yang sesuai dengan standar yang diharapkan. Permasalahan dapat terjadi karena sistem *maintenance* yang tidak baik dan juga aliran proses produksi yang rumit.

3. Faktor Metode (*Method*)

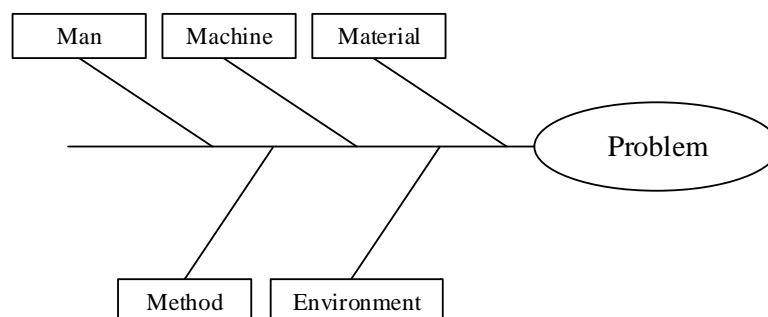
Metode merupakan cara yang digunakan untuk menghasilkan *output* produksi sesuai yang diinginkan. Permasalahan biasanya terjadi karena metode dan tidak terdapat standar yang ditetapkan.

4. Faktor Material (*Material*)

Faktor material berhubungan dengan manajemen pengelolaan bahan baku. Permasalahan dapat timbul karena kualitas bahan baku yang tidak sesuai standar dan juga tidak adanya sistem pengelolaan bahan baku.

5. Faktor Lingkungan (*Environment*)

Faktor ini berkaitan dengan kondisi lingkungan kerja. Permasalahan dapat timbul karena perusahaan mengabaikan kebersihan, keselamatan kerja, kesehatan lingkungan, sirkulasi udara yang buruk, suara yang mengganggu, dan lain-lain.



Gambar 2. 6 Ishikawa Diagram

(Sumber: Gaspersz, 2007)

2.5 *Failure Mode and Effect Analysis*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi sistem, desain, proses, maupun layanan untuk kemungkinan terjadinya suatu kegagalan (Schneider & Stamatis, 1996). FMEA memiliki fokus untuk mencegah *defect*, meningkatkan keselamatan, serta meningkatkan kepuasan konsumen (McDermott, et.al., 2009). Identifikasi potensi terjadinya kegagalan dilakukan dengan memberi nilai atau skor untuk masing-masing kegagalan berdasarkan *occurrence* (tingkat kejadian), *severity* (tingkat keparah-an), serta *detection* (tingkat deteksi). Berdasarkan aktivitas yang dilakukan tim pada FMEA, perusahaan dapat fokus terhadap energi serta sumber daya untuk pencegahan, *monitoring*, serta rencana tanggapan yang paling potensial untuk memberikan hasil (Pande et al., 2000). Menurut Carlson (2016), terdapat beberapa tujuan jika menggunakan metode FMEA yaitu mengidentifikasi dan memahami potensi kegagalan dan penyebabnya serta efek timbulnya kegagalan pada sistem untuk produk maupun proses tertentu, menilai risiko yang terkait dengan potensi kegagalan, efek dan penyebab kegagalan, serta memprioritaskan masalah untuk tindakan korektif, yang terakhir yaitu mengidentifikasi dan melakukan tindakan korektif untuk mengatasi permasalahan yang paling serius.

Menurut Pyzdek (2000), terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan untuk menerapkan FMEA.

1. Menetapkan batasan proses yang akan dianalisis.
2. Melakukan pengamatan dan terhadap proses yang akan dianalisis.
3. Mengidentifikasi dan *brainstorming* terhadap *potential cause* kegagalan berdasarkan hasil pengamatan.
4. Mengidentifikasi efek yang ditimbulkan untuk setiap potensi kegagalan.
5. Menetapkan nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan juga *detection* (D).
6. Memasukkan kriteria nilai untuk setiap efek kegagalan yang ditimbulkan sesuai dengan ketiga kriteria yang telah dibuat sebelumnya.
7. Melakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan melakukan perkalian untuk setiap nilai *severity*, *occurrence* dan *detection*.

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.5)$$

8. Mengambil tindakan untuk melakukan perbaikan dan mengurangi kegagalan terhadap *potential cause* dengan nilai RPN paling tinggi.

2.6 Value Management

Value management merupakan suatu filosofi dan manajemen untuk meningkatkan pengambilan keputusan oleh *stakeholder* yang dioperasikan melalui serangkaian studi selama siklus hidup proyek berlangsung (Kelly et al., 2015). Tujuan dari adanya metode ini yaitu melakukan penilaian terhadap suatu alternatif perbaikan yang telah disusun untuk menghasilkan kombinasi alternatif yang paling optimal dengan memperhatikan *performance* yang dihasilkan serta biaya yang dialokasikan perusahaan. Persamaan 2.6 merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungan *value* untuk setiap alternatif perbaikan (Alfiansyah & Kurniati, 2018).

$$Value = \frac{Performance}{Cost} \quad (2.6)$$

Hasil dari *value* merupakan besaran yang tidak memiliki satuan. Oleh karena itu jika *cost* memiliki satuan nilai rupiah, maka *performance* harus memiliki satuan nilai rupiah. Maka diperlukan konversi dari *performance* nilai skor menjadi *performance* yang memiliki satuan rupiah yaitu sebagai berikut.

$$C'n = \frac{Pn}{Po} \times Co \quad (2.7)$$

Dimana:

Po = *Performance* kondisi awal.

Pn = *Performance* alternatif ke-n.

Co = *Cost* kondisi awal.

C'n = *Performance* alternatif ke-n dalam bentuk rupiah.

Sehingga, jika Persamaan 2.7 dimasukkan kedalam Persamaan 2.6 didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$V_n = \frac{C'_n}{C_n} \quad (2.8)$$

Dimana:

V_n = *Value* alternatif ke-n.

C'_n = *Performance* alternatif ke-n dalam bentuk rupiah.

C_n = *Cost* alternatif ke-n.

2.7 Penelitian Terdahulu

Salah satu metode yang umum digunakan dalam mereduksi *waste* yaitu *lean manufacturing*. Dalam melakukan pengimplementasian *lean manufacturing* terdapat beberapa *tools* yang digunakan. Penggunaan *tools* berbeda-beda sesuai dengan permasalahan dan proses produksi perusahaan. Berikut merupakan beberapa penelitian pada Departemen Teknik dan Sistem Industri ITS (DTSI ITS) yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini. Pada tabel 2.7 ditunjukkan mengenai penelitian terdahulu yang telah dilakukan terkait *lean manufacturing*

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu Terkait *Lean Manufacturing*

No.	Judul Penelitian	Objek	Masalah	Metode	Rekomendasi Perbaikan
1	Penerapan Metode Six Sigma untuk Mengurangi Cacat dan Mendukung Ketercapaian <i>Key Performance Indicator</i> (KPI) di PT. X (Budi, 2015)	Industri Pengolahan Makanan	<i>Defect</i>	<i>Six Sigma</i> , VSM, FMEA, AHP	Perhitungan waktu optimal <i>preventive maintenance</i> , Penggantian terhadap alat ukur panas, Pembuatan SOP
2	Efektivitas Proses Produksi Ikan Kaleng MSK Dan MSB Dengan Reduksi <i>Waste</i> Melalui <i>Framework</i> DMAIC Metode <i>Lean Six Sigma</i> (Studi Kasus: PT Maya Muncar) (Wahyuningrum 2016)	Perusahaan Pengalengan Ikan	<i>Defect</i> , <i>transportation</i> , <i>waiting</i> , dan inventori WIP	<i>7-Waste</i> , <i>Lean Six Sigma</i> , RCA, FMEA, <i>Value Management</i>	Peningkatan kualitas raw material, Pengurangan defect proses, Pengurangan defect produk jadi.
3	Evaluasi Performansi Dan Strategi Perbaikan Pada Lini Produksi <i>Press Forming</i> di PT Dirgantara Indonesia dengan Menggunakan <i>Lean Assessment</i> dan <i>Lean Manufacturing</i> (Wicaksono, 2017)	Perusahaan Pesawat Terbang	Implementasi <i>lean manufacturing</i> belum sesuai dengan rencana, Keterlambatan Produk	<i>9-Waste</i> , <i>Borda Count Method</i> , VSM, <i>Lean Assessment</i> , <i>Net Present Value</i> , RCA, VSM	Penentuan jumlah mesin, Operator, dan <i>Material handling</i>
4	Implementasi Metode <i>Lean Six Sigma</i> Untuk Mereduksi <i>Waste</i> Pada Produk Filma 2L Di PT Sinar Mas Agro Resources and Technology (Putra, 2017)	Perusahaan Pengelola Kelapa Sawit	<i>Reject</i> karena kebocoran, Ketidak sesuaian produk	<i>9-Waste</i> , <i>Lean Six Sigma</i> , OEE, VSM, RCA, FMEA	Pengadaan alat pengatur suhu, Menambah pekerja untuk melakukan pengawasan, Pengadaan konveyor, Spesialisasi mesin, Menambah pekerja <i>maintenance</i> .

Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu Terkait *Lean Manufacturing* (Lanjutan)

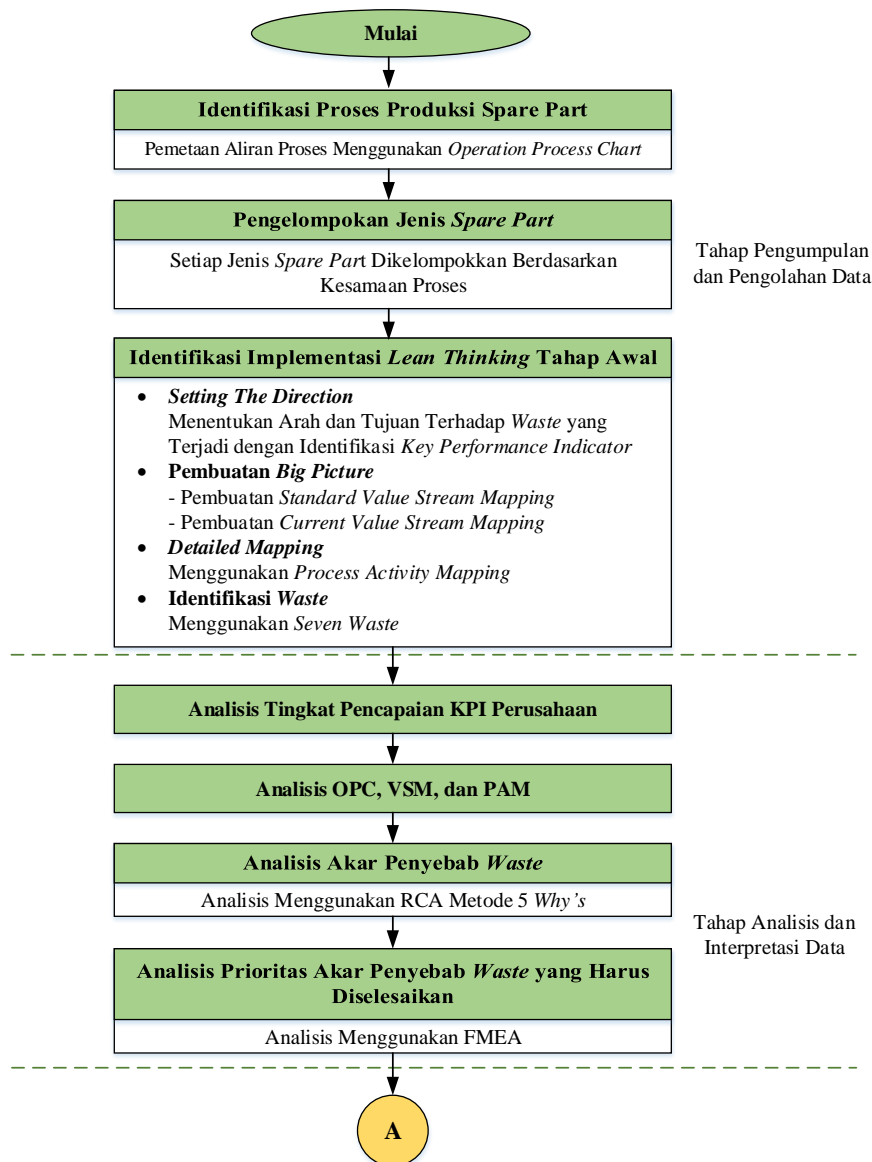
No.	Judul Penelitian	Objek	Masalah	Metode	Rekomendasi Perbaikan
5	Identifikasi <i>Waste</i> dengan Metode <i>Waste Assessment</i> Model Dalam Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> untuk Perbaikan Proses Produksi (Studi Kasus pada Proses Produksi Sarung Tangan) (Alfiansyah 2018)	Perusahaan Sarung Tangan	<i>Defect, waiting, transportation, motion</i>	7- <i>Waste</i> , OPC, VSM, RCA, WAM, FMEA, Value Management	Peningkatan kualitas bahan baku, Sistem <i>maintenance</i> dengan pembuatan form <i>maintenance</i> dan penjadwalan teknisi, Pembuatan SOP klasifikasi <i>defect</i> , Penerapan 5S, Penentuan <i>material handling</i> optimal
6	Penerapan <i>Lean Thinking</i> untuk Mereduksi <i>Waste</i> pada Proses Produksi Gula di PT. PG Rajawali I Unit PG Krebet Baru (Putri, 2018)	Perusahaan Gula	Kelebihan produksi, <i>Defect, Delay</i> tebu berupa kuantitas <i>storage</i>	7- <i>Waste</i> , WRM, WAQ, VSM, VALSAT, PAM, RCA, FMEA	Menyusun <i>checklist</i> dan form aktivitas <i>maintenance</i> , Menyusun <i>checklist</i> untuk aktivitas pembersihan komponen mesin, Menambahkan 5S <i>Red Tag</i>
7	Implementasi <i>Lean Manufacturing</i> pada Produksi Obat Anti Mabuk di PT.X (Kusanggita, 2019)	Industri Farmasi	Keterlambatan pemenuhan <i>order</i>	9- <i>Waste</i> , VSM, PAM, RCA <i>Lean Assessment Matrix</i>	<i>Research</i> untuk membuat formulasi tablet obat anti mabuk supaya tidak rapuh.
8	Perbaikan Proses Produksi Dengan Eliminasi <i>Waste</i> Menggunakan Pendekatan <i>Lean Manufacturing</i> Pada PT Varia Usaha Beton (Adelina, 2019)	Perusahaan Konstruksi	Kurangnya ketersediaan lahan penyimpanan, Waktu tunggu, Penataan <i>raw material</i> , WIP, dan <i>finished good</i> yang tidak tersusun rapi.	9- <i>Waste</i> , VSM, PAM, RCA, <i>Lean Assessment Matrix</i>	Membangun kemitraan dalam jangka panjang dengan vendor, Perbaikan sistem penjadwalan <i>preventive maintenance</i> .

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

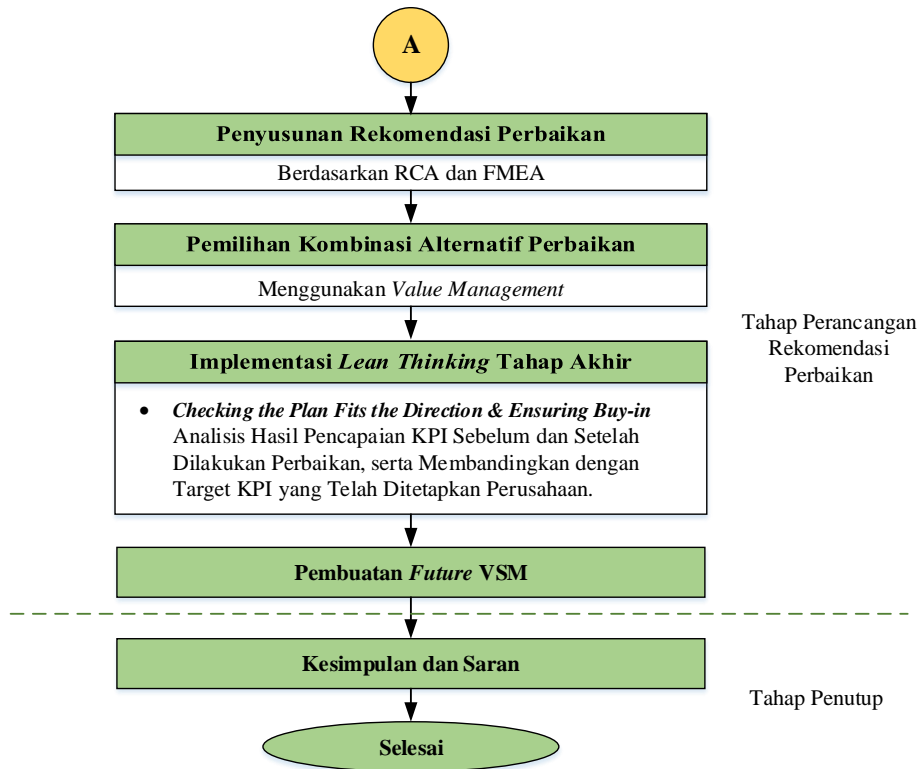
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang akan menjadi dasar dalam melakukan penelitian Tugas Akhir. Metodologi penelitian digunakan sebagai kerangka alur pengerjaan penelitian yang dimulai dari tahap pengumpulan dan pengolahan data, analisis dan interpretasi data, penyusunan rancangan perbaikan, dan pengambilan kesimpulan dan saran. Berikut *flowchart* dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir yang digambarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data terkait permasalahan yang diselesaikan. Pada pengumpulan data, dilakukan pengambilan data-data terkait yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian. Terdapat dua jenis data yang diambil untuk menunjang penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dengan melakukan diskusi maupun wawancara terhadap pihak terkait mengenai objek amatan, sedangkan data sekunder merupakan data yang diambil dari rekapitulasi laporan yang terdapat pada perusahaan. Data yang diperoleh kemudian dijadikan input dalam melakukan pengolahan data, analisis dan juga pemberian rancangan perbaikan pada proses produksi perusahaan. Berikut merupakan pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan yang terdiri dari identifikasi proses produksi *spare part*, pengelompokan jenis *spare part*, dan identifikasi implementasi *lean thinking* tahap awal.

3.1.1 Identifikasi Proses Produksi Spare Part

Proses produksi menjelaskan alur bagaimana produk diproses mulai dari masuknya *raw material* hingga menjadi produk jadi. Identifikasi proses produksi dilakukan dengan menggunakan *Operation Process Chart* (OPC) yang merupakan *tools* yang digunakan untuk memetakan aliran proses dengan detail berupa jenis elemen aktivitas, aliran material proses, dan waktu setiap elemen operasi. Secara umum, tujuan dilakukan pembuatan OPC yaitu untuk menggambarkan proses produksi secara sistematis dengan menggambarkan urutan kerja dari proses yang terdapat pada perusahaan secara detail. Aktivitas produksi *spare part* dilakukan mulai dari pemotongan *raw material* hingga proses pengecekan kualitas yang selanjutnya produk dapat disimpan di gudang untuk dikirim ke konsumen.

Dalam pengambilan data untuk pembuatan OPC, dilakukan pengamatan secara langsung di lapangan serta dilakukan wawancara dengan perusahaan. Jenis *spare part* yang diproduksi beragam sehingga dilakukan penyusunan beberapa OPC sesuai dengan alur proses produksinya. Identifikasi proses produksi aktual digunakan sebagai dasar untuk melakukan pengelompokan produk sesuai dengan konsep *group technology*.

3.1.2 Pengelompokan Jenis Spare Part

Pengelompokan jenis *spare part* dilakukan untuk memudahkan pengelolaan data yang terdapat di perusahaan. Pengelompokan dilakukan berdasarkan konsep *group technology* yaitu dengan mengelompokkan produk yang serupa berdasarkan proses yang sama dan dikelompokkan menjadi beberapa *part family*, hal tersebut memungkinkan untuk meningkatkan produktivitas melalui rasionalisasi desain dan pengambilan data yang lebih efektif serta melakukan standarisasi dalam melakukan proses manufaktur. Data jenis *spare part* yang diproduksi didapatkan dari data sekunder perusahaan dan pengelompokan jenis *spare part* dilakukan berdasarkan aliran proses produksi menggunakan OPC yang telah dibuat.

3.1.3 Identifikasi Konsep Lean Thinking Tahap Awal

Pada tahapan ini dilakukan pengimplementasian konsep *lean thinking* yang terhadap pada proses produksi *spare part*. Tujuan dari penerapan konsep *lean*

thinking yaitu untuk menerapkan kerangka berfikir untuk menghilangkan *waste* yang terdapat pada proses produksi dengan tenaga se-minimal mungkin, sedikit peralatan, waktu se-singkat mungkin, dan ruang yang minimum sehingga proses yang dijalankan lebih efisien dan tetap mengutamakan efektifitas. Aplikasi konsep *lean thinking* dilakukan sesuai dengan tahapan yang dikemukakan oleh Hines & Taylor (2000). Berikut merupakan langkah identifikasi yang dilakukan dalam menerapkan konsep *lean thinking* pada tahap awal yang terdiri dari *setting the direction*, pembuatan *big picture*, *detailed mapping*, dan identifikasi *waste*.

3.1.3.1 *Setting the Direction*

Tahapan ini merupakan proses menentukan arah dan tujuan sebagai target peningkatan dari waktu ke waktu untuk setiap langkah bisnis. Perusahaan dapat mendefinisikan *key business process* terhadap tujuan yang ingin dicapai. Hal tersebut dapat diukur dengan *Key Performance Indicator* (KPI) perusahaan. KPI merupakan nilai terukur untuk menunjukkan seberapa efektif perusahaan dalam mencapai *key business* utama. Secara terminologi, KPI adalah indikator finansial maupun non-finansial yang digunakan organisasi atau perusahaan untuk mengestimasi dan membangun kesuksesan perusahaan berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya, pemilihan indikator yang tepat harus digunakan agar proses bisnis berjalan secara efektif dan efisien (Velimirović, 2011)

Pada tahap ini dilakukan analisis kondisi aktual perusahaan berdasarkan *value* dari masing-masing proses untuk kemudian dibandingkan dengan KPI yang sudah dibuat oleh perusahaan. Data yang diambil pada tahap ini merupakan data sekunder berupa KPI yang digunakan departemen perkakas dan pendukung yang berhubungan dengan *value* masing-masing proses pada penerapan *lean thinking*.

3.1.3.2 *Pembuatan Big Picture*

Pada tahap ini dilakukan pemetaan proses produksi *spare part* dengan menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM) yang bertujuan untuk memberikan gambaran proses dengan memperhatikan aliran fisik dan aliran informasi produk dari masuknya *order* hingga produk jadi dikirimkan. Terdapat dua jenis VSM yang akan dibuat yaitu *standard VSM* dan *current VSM*. *Standard VSM* merupakan

VSM yang mendefinisikan aliran proses produksi dalam satu lini produksi dan informasi sesuai dengan waktu standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan sehingga nanti dapat dibandingkan dengan kondisi aktual perusahaan, sedangkan *current* VSM merupakan aliran proses dan informasi terhadap keseluruhan proses yang terdapat pada satu lini produksi sesuai dengan kondisi aktual perusahaan. Data terkait proses penyusunan *standard* VSM dilakukan dengan pengambilan data sekunder perusahaan, sedangkan pengambilan data untuk *current* VSM dilakukan dengan melakukan observasi lapangan, melakukan perhitungan terhadap data hasil pengamatan, dan juga wawancara terhadap operator yang berhubungan dengan proses produksi.

Karena keterbatasan pengambilan data primer, data waktu proses produksi diambil dengan melakukan pengamatan satu siklus produksi untuk setiap *part family*. Dalam satu siklus produksi terdapat sejumlah *spare part* yang diproduksi, sejumlah *spare part* tersebut kemudian di rata-rata waktu prosesnya.

3.1.3.3 *Detailed Mapping*

Detailed mapping digunakan untuk memetakan aliran proses secara lebih rinci. *Tools* yang digunakan untuk melakukan *detailed mapping* pada penelitian yaitu *Process Activity Mapping* (PAM). PAM dipilih karena dapat menganalisa dan menggambarkan hampir keseluruhan jenis *waste* yang terdapat pada proses produksi. Pemetaan aliran proses pembuatan *spare part* dengan menggunakan PAM bermanfaat untuk menggolongkan aktivitas menjadi beberapa aktivitas yaitu proses utama yang dilakukan saat melakukan produksi (*operation*), aktivitas pemindahan aliran material, produk, dan peralatan (*transportation*), aktivitas pemeriksaan kualitas produk (*inspection*), aktivitas penyimpanan WIP atau produk (*storage*), dan aktivitas yang menyebabkan proses produksi terhenti (*delay*). Berdasarkan pemetaan yang dilakukan dapat diketahui persentase aktivitas *value added*, *non-value added*, dan juga *non-value added but necessary*.

Informasi terkait proses penyusunan PAM dilakukan dengan melakukan observasi secara langsung dan melakukan wawancara dengan operator yang berhubungan dengan aktivitas proses produksi. Dalam penelitian ini data aktivitas untuk setiap proses dilakukan dengan melakukan pengamatan satu siklus produksi

untuk setiap *part family*. Dalam satu siklus produksi terdapat sejumlah *spare part* yang diproduksi, waktu proses untuk setiap aktivitas sejumlah *spare part* tersebut kemudian di rata-rata. *Output* dari klasifikasi aktivitas dapat digunakan untuk mengeliminasi aktivitas *non-value added* yang merupakan salah satu indikasi terjadinya *waste*.

3.1.3.4 Identifikasi *Waste*

Identifikasi *waste* pada proses produksi *spare part* digunakan untuk mengetahui permasalahan dan pemborosan yang terjadi saat melakukan proses produksi di perusahaan. Proses identifikasi dilakukan dengan mengelompokkan dalam *seven waste* yaitu *overproduction*, *defect*, *unnecessary inventory*, *inappropriate processing*, *excessive transportation*, *waiting*, dan *unnecessary motion*. Pengelompokan menggunakan *seven waste* dilakukan karena pemborosan yang terjadi masuk kedalam tujuh kategori *waste* dan tidak terdapat *waste* lain. Identifikasi *waste* dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung, melakukan wawancara serta *brainstorming* dengan perusahaan. Hasil dari identifikasi *waste* digunakan sebagai *input* untuk menganalisis akar penyebabnya menggunakan *root cause analysis*.

3.2 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

Setelah melakukan pengumpulan dan pengolahan data, langkah selanjutnya yang dilakukan yaitu melakukan analisis dan interpretasi data. Berikut merupakan analisis dan interpretasi data yang dilakukan berupa analisis akar penyebab *waste* dan analisis prioritas akar penyebab *waste* yang harus diselesaikan.

3.2.1 Analisis Tingkat Pencapaian *Key Performance Indicator* Perusahaan

Pada tahap ini dilakukan pengukuran dan analisis tingkat pencapaian *Key Performance Indicator* (KPI) secara kuantitatif berdasarkan indikator KPI yang ditetapkan perusahaan pada tahap *setting the direction*. Tahap ini dilakukan untuk melihat seberapa besar tingkat pencapaian KPI dibandingkan dengan indikator yang telah ditetapkan. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dan analisis pencapaian KPI dilakukan berdasarkan observasi dan data historis perusahaan.

3.2.2 *Analisis Operation Process Chart, Value Stream Mapping, dan Process Activity Mapping*

Berdasarkan *Operation Process Chart* (OPC), *Value Stream Mapping* (VSM), dan *Process Activity Mapping* (PAM) yang telah dibuat pada tahap sebelumnya, dilakukan analisis untuk mengetahui besarnya *waste* yang muncul pada proses bisnis perusahaan.

3.2.3 *Analisis Akar Penyebab Waste*

Berdasarkan *waste* yang diidentifikasi pada pengolahan data, dilakukan analisis akar permasalahan dari *waste* yang muncul dalam proses produksi perusahaan. Analisis dilakukan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) metode *5 Why's* yang dilakukan berdasarkan faktor 4M+1E yang merupakan singkatan dari *man* (manusia), *machine* (mesin), *method* (metode), *material* (bahan baku), dan *environment* (lingkungan). Penentuan akar penyebab *waste* dilakukan dengan observasi secara langsung dan melakukan wawancara bersama operator setiap stasiun kerja yang berhubungan dengan proses produksi *spare part*.. Hasil penyusunan RCA dijadikan *input* dalam tahapan analisis prioritas akar penyebab *waste* yang harus diselesaikan menggunakan FMEA.

3.2.4 *Analisis Prioritas Akar Penyebab Waste yang Harus Diselesaikan*

Tahapan ini dilakukan untuk menganalisis prioritas akar penyebab *waste* yang harus diselesaikan menggunakan FMEA. FMEA merupakan suatu metode analisis yang dibuat berdasarkan akar penyebab masalah yang telah diidentifikasi menggunakan RCA. Akar permasalahan tersebut dianalisis dampak serta besarnya nilai *severity* (tingkat ke-parah-an), nilai *occurrence* (tingkat kejadian), serta nilai *detection* (tingkat deteksi) untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Penentuan prioritas akar penyebab *waste* untuk dilakukan perbaikan dilakukan dengan akar masalah yang memiliki RPN tertinggi.

3.3 Tahap Perancangan Rekomendasi Perbaikan

Pada bagian ini dilakukan perancangan rekomendasi perbaikan berdasarkan prioritas akar permasalahan yang harus diselesaikan. Perancangan rekomendasi perbaikan dilakukan untuk memberikan *improvement* pada proses produksi *spare part*. Berikut merupakan perancangan rekomendasi perbaikan yang terdiri dari penyusunan rekomendasi perbaikan, pemilihan kombinasi perbaikan, implementasi *lean thinking* tahap akhir, serta pembuatan *future VSM*.

3.3.1 Penyusunan Rekomendasi Perbaikan

Penyusunan rekomendasi perbaikan didasarkan terhadap prioritas akar permasalahan yang harus diselesaikan dan juga dampak yang timbul berdasarkan RCA dan FMEA. Hasil dari rekomendasi perbaikan digunakan untuk mengeliminasi *waste* yang terdapat pada proses produksi. Alternatif rekomendasi perbaikan digunakan sebagai *input* untuk melakukan pemilihan kombinasi rekomendasi perbaikan pada *value management*.

3.3.2 Pemilihan Kombinasi Alternatif Perbaikan

Pemilihan alternatif perbaikan yang diprioritaskan untuk dilakukan perusahaan dipilih dengan menyusun kombinasi rekomendasi perbaikan. Dari beberapa kombinasi tersebut dilakukan perhitungan menggunakan konsep *value management* dengan nilai *value* terbesar. Langkah yang dilaksanakan dalam melakukan perhitungan nilai *value* yaitu.

1. Menentukan kriteria penilaian perusahaan berdasarkan KPI. Setiap alternatif perbaikan berpengaruh terhadap kriteria penilaian perusahaan. Kemudian dilakukan penentuan bobot untuk masing-masing kriteria dengan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* menggunakan *software expert choice*. Data untuk menghitung bobot kriteria diambil dengan melakukan penyebaran kuesioner terhadap perusahaan.
2. Melakukan penilaian untuk setiap kombinasi alternatif perbaikan terhadap setiap kriteria. Penilaian dilakukan dengan penyebaran kuesioner terhadap perusahaan dengan skala. *Output* dari penilaian tersebut digunakan sebagai *input* untuk melakukan perhitungan nilai *performance*.

3. Perhitungan nilai *performance* dengan melakukan perkalian bobot setiap kriteria dengan hasil penilaian untuk setiap kombinasi alternatif perbaikan terhadap setiap kriteria, kemudian dijumlah untuk setiap kombinasi alternatif.
4. Perhitungan estimasi *cost* yang dikeluarkan perusahaan untuk melakukan masing-masing alternatif rekomendasi perbaikan.
5. Melakukan Perhitungan *value* sesuai dengan persamaan 2.8.

3.3.3 Implementasi Penerapan Lean Thinking Tahap Akhir

Tahap akhir yang dilakukan dalam melaksanakan implementasi *lean thinking* yaitu *checking the plan fits the direction and ensuring buy-in*. Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara KPI yang dicapai sebelum dilakukan perbaikan dan setelah dilakukan penerapan rekomendasi perbaikan, serta membandingkan dengan target KPI yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Pengukuran peningkatan KPI yang tercapai jika dilakukan penerapan rekomendasi perbaikan diukur berdasarkan prediksi. Data waktu pada pencapaian KPI setelah dilakukan perbaikan digunakan sebagai *input* dalam pembuatan *future VSM*.

3.3.4 Pembuatan Future VSM

Setelah alternatif rekomendasi perbaikan disusun, dilakukan pembuatan *future VSM* yang berguna untuk mengetahui aliran proses setelah dilakukan adanya rekomendasi perbaikan. Kemudian dapat dilihat apakah perubahan kecil yang diberikan dengan melakukan rekomendasi perbaikan dapat berdampak besar pada sistem produksi perusahaan. Data yang digunakan untuk pembuatan *future VSM* diambil berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada KPI setelah dilakukan perbaikan.

3.4 Tahap Penutup

Tahap penutup merupakan tahapan akhir yang dilakukan dalam penelitian Tugas Akhir yaitu berupa penarikan kesimpulan dan saran. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditentukan, sedangkan saran diberikan kepada perusahaan serta untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

BAB 4

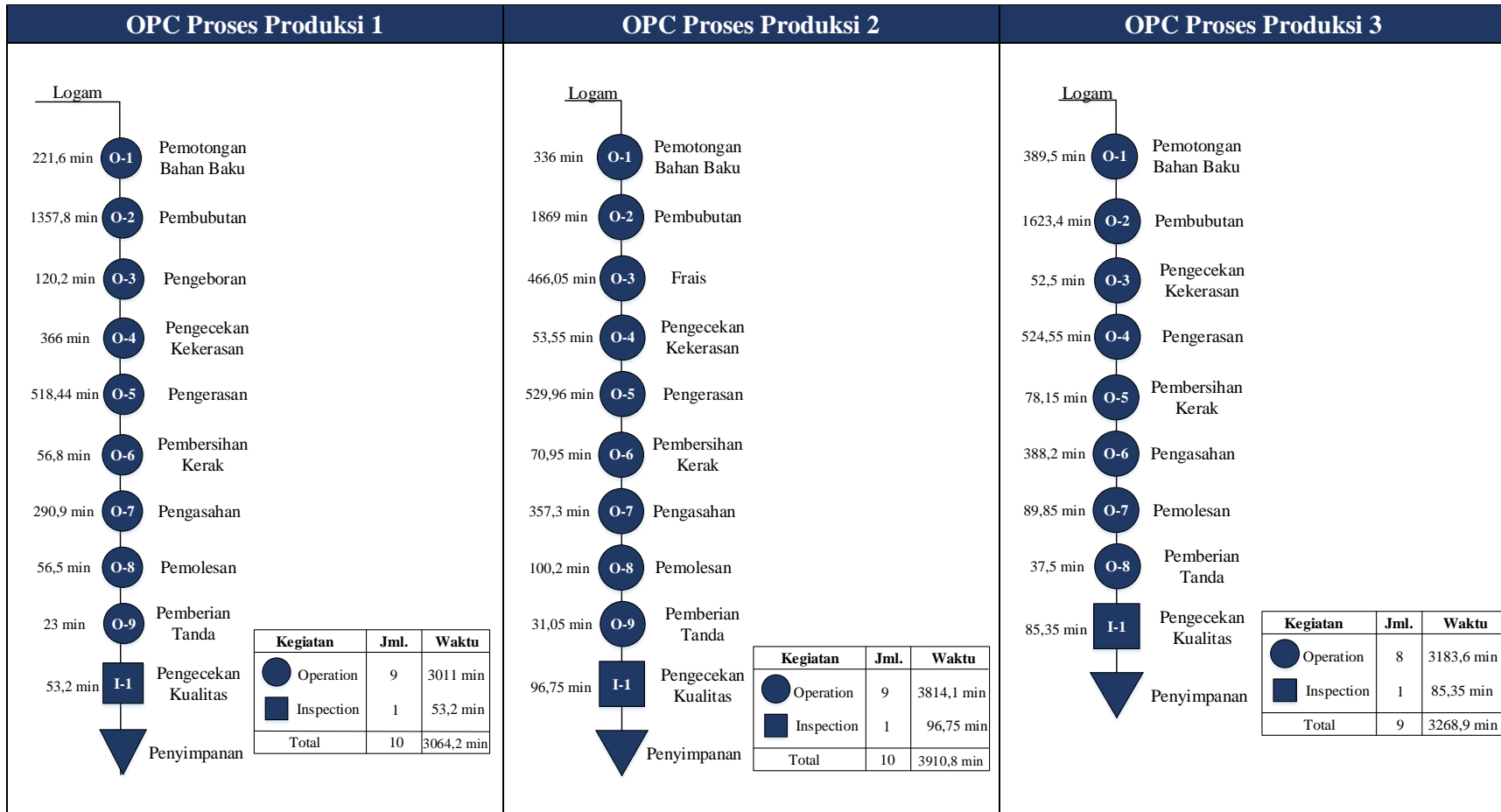
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir berupa identifikasi proses produksi *spare part*, pengelompokan jenis *spare part* berdasarkan konsep *group technology*, dan identifikasi implementasi *lean thinking* tahap awal yang terdiri dari *setting the direction*, pembuatan *big picture*, *detailed mapping*, dan identifikasi *waste*. Pengumpulan dan pengolahan data ditunjukkan secara sistematis berdasarkan hasil pengamatan serta data yang diperoleh selama melakukan penelitian.

4.1 Identifikasi Proses Produksi Aktual

Pada bagian ini ditunjukkan mengenai *Operation Process Chart* (OPC) yang menggambarkan langkah-langkah proses kerja yang dialami material dengan membagi urutan kerja menjadi elemen-elemen operasi secara detail berupa aktivitas transportasi, operasi, inspeksi, *delay*, dan penyimpanan. Tabel 4.1 menunjukkan OPC untuk satu siklus produksi *spare part* untuk masing-masing jenis proses produksi. Pada proses produksi 1 ditunjukkan terdapat 8 buah proses yaitu pemotongan bahan baku, pembubutan, pengeboran, pengecekan kekerasan, pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, dan pemberian tanda, selanjutnya dilakukan inspeksi dan penyimpanan. Selanjutnya pada proses produksi 2 ditunjukkan terdapat 8 buah proses yaitu pemotongan bahan baku, pembubutan, proses frais, pengecekan kekerasan, pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, dan pemberian tanda, selanjutnya dilakukan inspeksi dan penyimpanan. Yang terakhir yaitu pada proses produksi 3 ditunjukkan terdapat 7 buah proses yaitu pemotongan bahan baku, pembubutan, pengecekan kekerasan, pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, dan pemberian tanda, selanjutnya dilakukan inspeksi dan penyimpanan.

Tabel 4. 1 Operation Process Chart Proses Produksi Spare Part



4.2 Pengelompokan Jenis Spare Part

Pada bagian ini ditunjukkan mengenai pengelompokan jenis *spare part* menjadi beberapa *part family*. Pengelompokan jenis *spare part* dilakukan untuk mempermudah identifikasi *waste* karena setiap jenis *spare part* memiliki urutan proses produksi yang berbeda-beda. Pengelompokan jenis *spare part* menjadi beberapa *part family* dilakukan dengan mengidentifikasi kesamaan proses produksi. Terdapat tiga jenis proses produksi *spare part* dengan perbedaan sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Perbedaan Proses Produksi *Spare Part*

Urutan	Proses Produksi 1	Proses Produksi 2	Proses Produksi 3
1	Pemotongan Bahan Baku	Pemotongan Bahan Baku	Pemotongan Bahan Baku
2	Pembubutan	Pembubutan	Proses Bubut
3	Bor	Proses Frais	Pengecekan Kekerasan
4	Pengecekan Kekerasan	Pengecekan Kekerasan	Pengerasan
5	Pengerasan	Pengerasan	Pembersihan Kerak
6	Pembersihan Kerak	Pembersihan Kerak	Pengasahan
7	Pengasahan	Pengasahan	Pemolesan
8	Pemolesan	Pemolesan	Pemberian Kode Produk
9	Pemberian Tanda	Pemberian Tanda	Pengecekan Kualitas
10	Pengecekan Kualitas	Pengecekan Kualitas	-

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat tiga jenis proses produksi pada rantai produksi. Karena terdapat tiga macam proses produksi, dilakukan pengelompokan *spare part* kedalam tiga *part family*.

4.3 Identifikasi Implementasi *Lean Thinking* Tahap Awal

Pada bagian ini ditunjukkan mengenai identifikasi implementasi *lean thinking* tahap awal berupa *setting the direction*, pembuatan *big picture*, *detailed mapping*, dan identifikasi *waste*.

4.3.1 *Setting the Direction*

Tahap awal yang dilakukan dalam melakukan implementasi *lean thinking* yaitu menentukan arah dan tujuan perusahaan sebagai target peningkatan dari waktu ke waktu untuk setiap langkah bisnis. Langkah awal yang harus dilakukan

perusahaan yaitu mengidentifikasi *value* pada suatu produk yang dilihat dari sudut pandang konsumen dan bertujuan untuk memenuhi *customer needs*. *Value* yang diinginkan oleh konsumen yaitu dimensi produk, tingkat kekerasan produk, jumlah produk, bahan baku produk, dan *durability*.

Setelah perusahaan mengidentifikasi *customer value* dilakukan penentuan target yang ingin dicapai perusahaan dalam jangka panjang yang digambarkan dalam visi dan misi perusahaan. Berikut merupakan visi dan misi perusahaan yang menunjukkan tujuan jangka panjang yang ingin dicapai perusahaan.

a. Visi PT. Pindad (Persero)

Menjadi perusahaan global terkemuka di bidang pertahanan & keamanan serta produk industrial pada tahun 2026.

b. Misi PT. Pindad (Persero)

Melaksanakan usaha terpadu di bidang peralatan pertahanan & keamanan untuk mendukung pembangunan nasional serta secara khusus untuk mendukung pertahanan & keamanan negara.

Dalam rangka mendukung tercapainya visi dan misi perusahaan, setiap departemen yang terdapat dalam perusahaan memiliki target masing-masing yang diukur dengan *Key Performance Indicator* (KPI). Pada divisi munisi departemen perkakas dan pendukung terdapat beberapa KPI yang harus dicapai khususnya dalam proses produksi pembuatan *spare part* yaitu sebagai berikut.

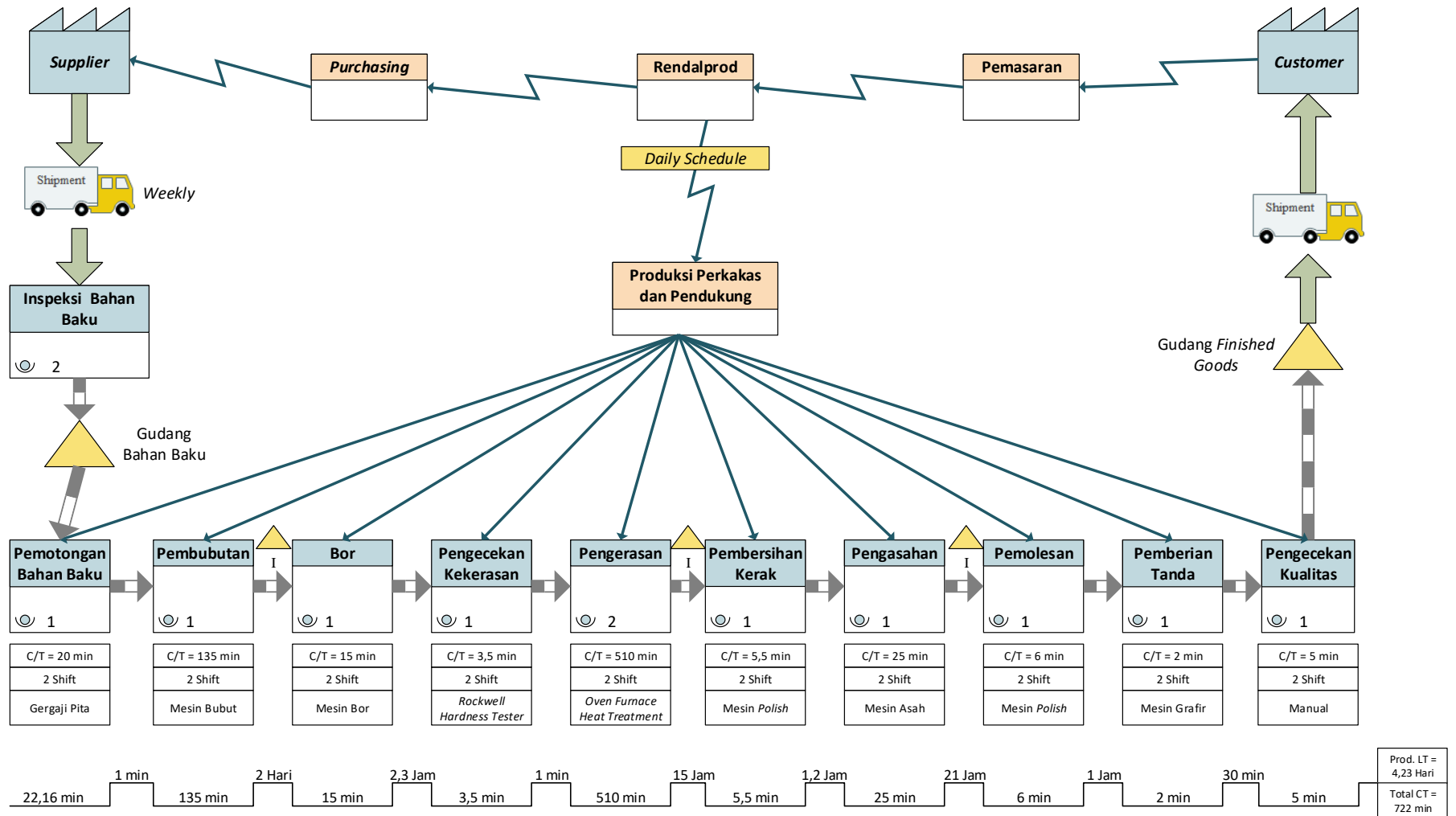
1. Menargetkan tingkat kegagalan (*defect rate*) produksi sebesar 1,25%.
2. Proses produksi untuk setiap proses tidak melebihi waktu standar.
3. Pencapaian tingkat efisiensi proses hingga 60%.

4.3.2 Pembuatan Big Picture

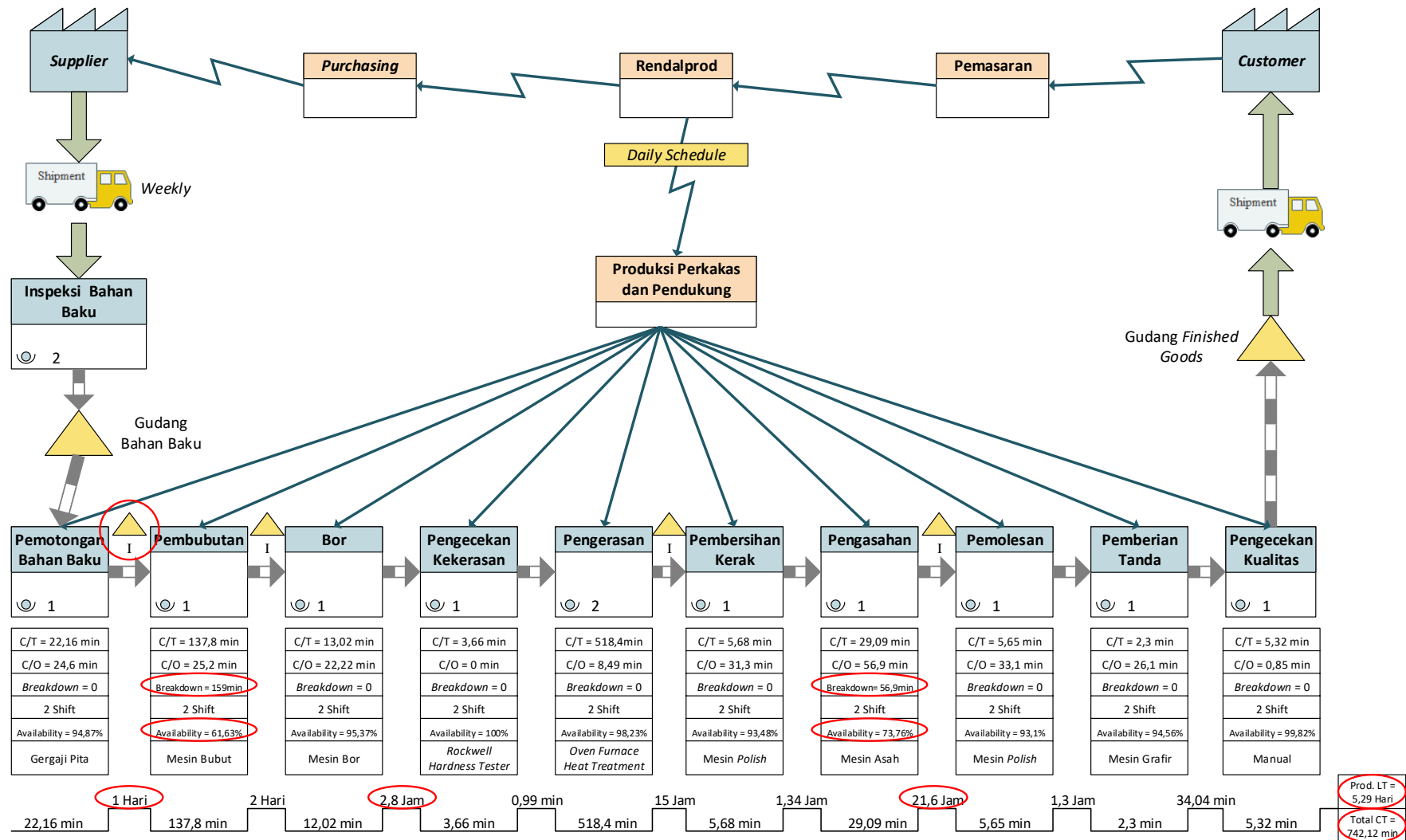
Pada bagian ini ditunjukkan mengenai pembuatan *Big Picture Mapping* atau seringkali disebut sebagai *Value Stream Mapping* (VSM).

a. *Value Stream Mapping Part Family 1*

Pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 ditunjukkan VSM yang menggambarkan aliran proses untuk *part family 1* berupa *standard VSM* dan *current VSM*.



Gambar 4. 1 Standard VSM Spare Part untuk Part Family 1



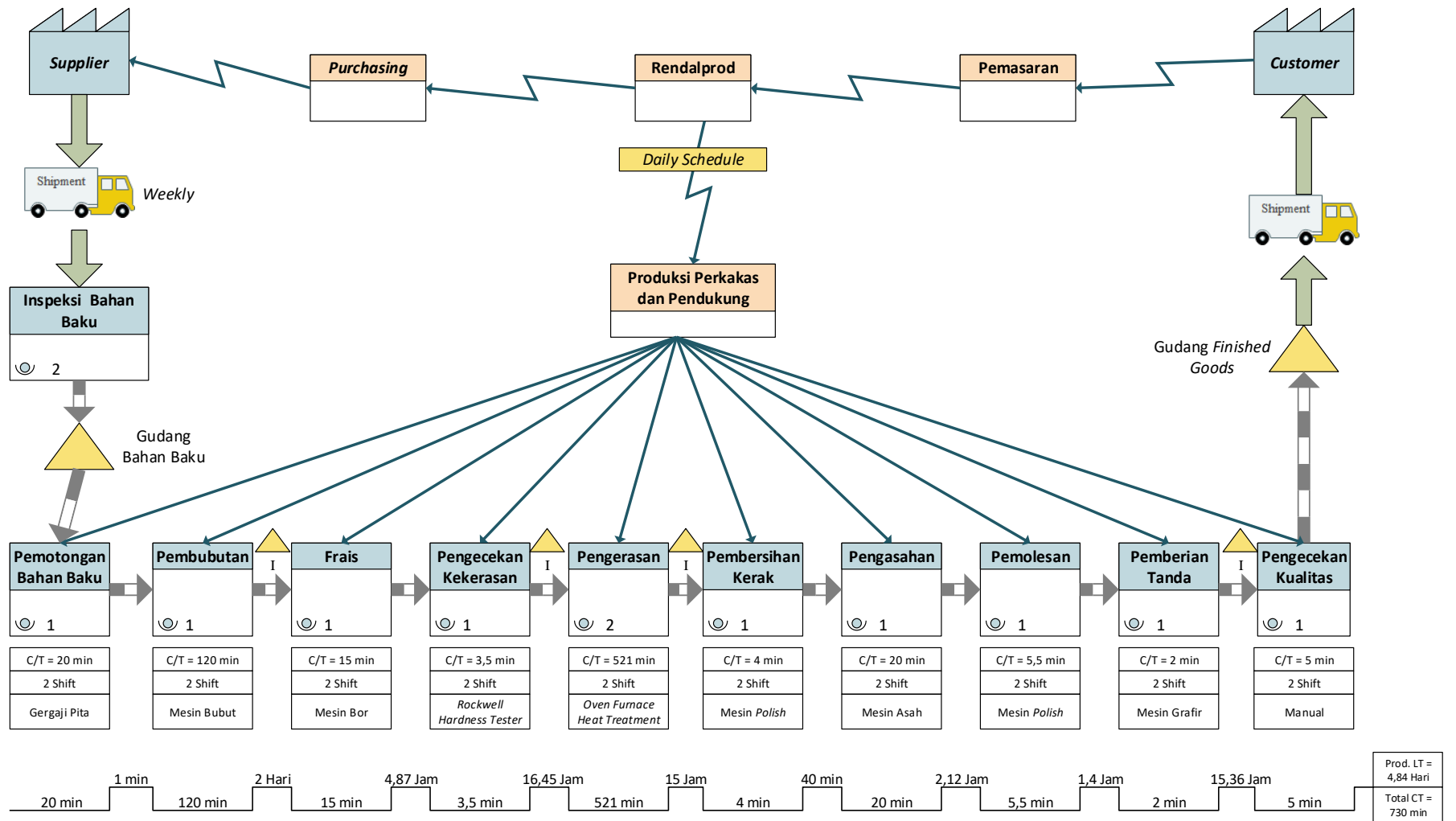
Gambar 4. 2 Current VSM Spare Part untuk Part Family 1

Berikut merupakan perbandingan antara *standard VSM* sesuai dengan standar waktu yang ditetapkan perusahaan dengan *current VSM* untuk *part family 1* yang menggambarkan kondisi aktual perusahaan:

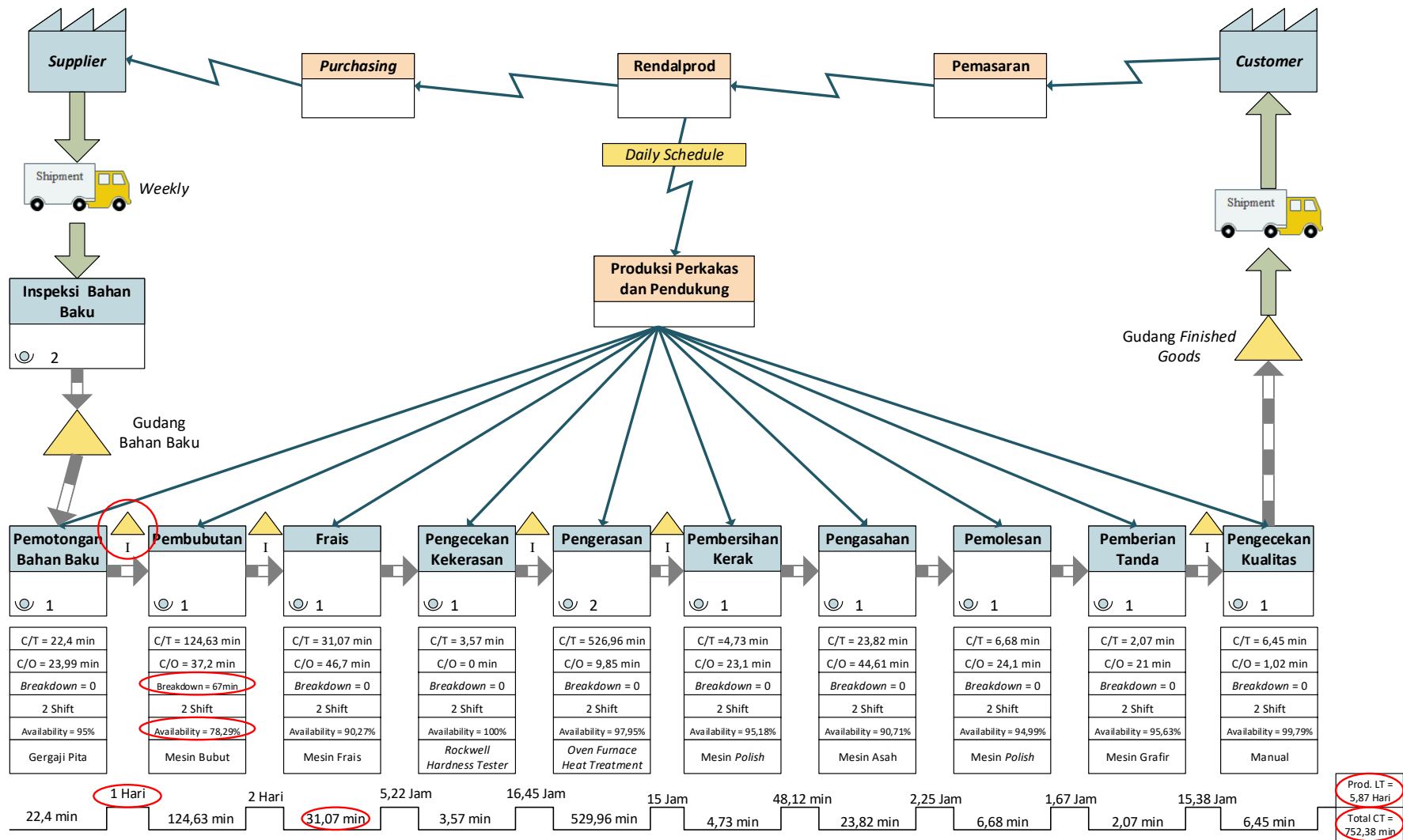
1. Setelah dilakukan proses pemotongan bahan baku, dilakukan penyimpanan material selama satu hari yang seharusnya langsung dilakukan proses pembubutan (indikasi *waste inventory*).
2. Mesin bubut mengalami *breakdown* selama 159 menit yang menunjukkan terdapat aktivitas menunggu karena kerusakan mesin sehingga mengakibatkan nilai *availability* mesin sebesar 61,63% (indikasi *waste waiting*).
3. Mesin asah mengalami *breakdown* selama 69 menit yang menunjukkan terdapat aktivitas menunggu karena adanya kerusakan mesin sehingga mengakibatkan *availability* mesin sebesar 73,76% (indikasi *waste waiting*).
4. Waktu untuk melakukan perpindahan proses melebihi waktu standar yang telah ditetapkan. Hal tersebut terlihat sangat signifikan pada saat perpindahan proses pengeboran ke proses pengecekan kekerasan yaitu sebesar 2,8 jam dengan waktu standar yang ditetapkan 2,5 jam (perbedaan 30 menit). Saat perpindahan dari proses pengasahan ke pemolesan juga terdapat selisih waktu yang signifikan, waktu proses aktual memakan waktu 21,6 jam sedangkan standar waktu yang ditetapkan sebesar 21 jam yang memakan perbedaan waktu selama 36 menit (indikasi *waste waiting* dan *transportation*).
5. Hampir semua *cycle time* untuk masing-masing proses melebihi waktu standar.
6. Semua waktu proses yang tidak sesuai waktu standar mengakibatkan waktu tunggu sehingga mengakibatkan *production lead time* yang lebih lama dan juga *cycle time* yang lebih lama dari seharusnya.

b. *Value Stream Mapping Part Family 2*

Pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 ditunjukkan VSM yang menggambarkan aliran proses untuk *part family 1* berupa *standard VSM* dan *current VSM*.



Gambar 4. 3 Standard VSM Spare Part untuk Part Family 2



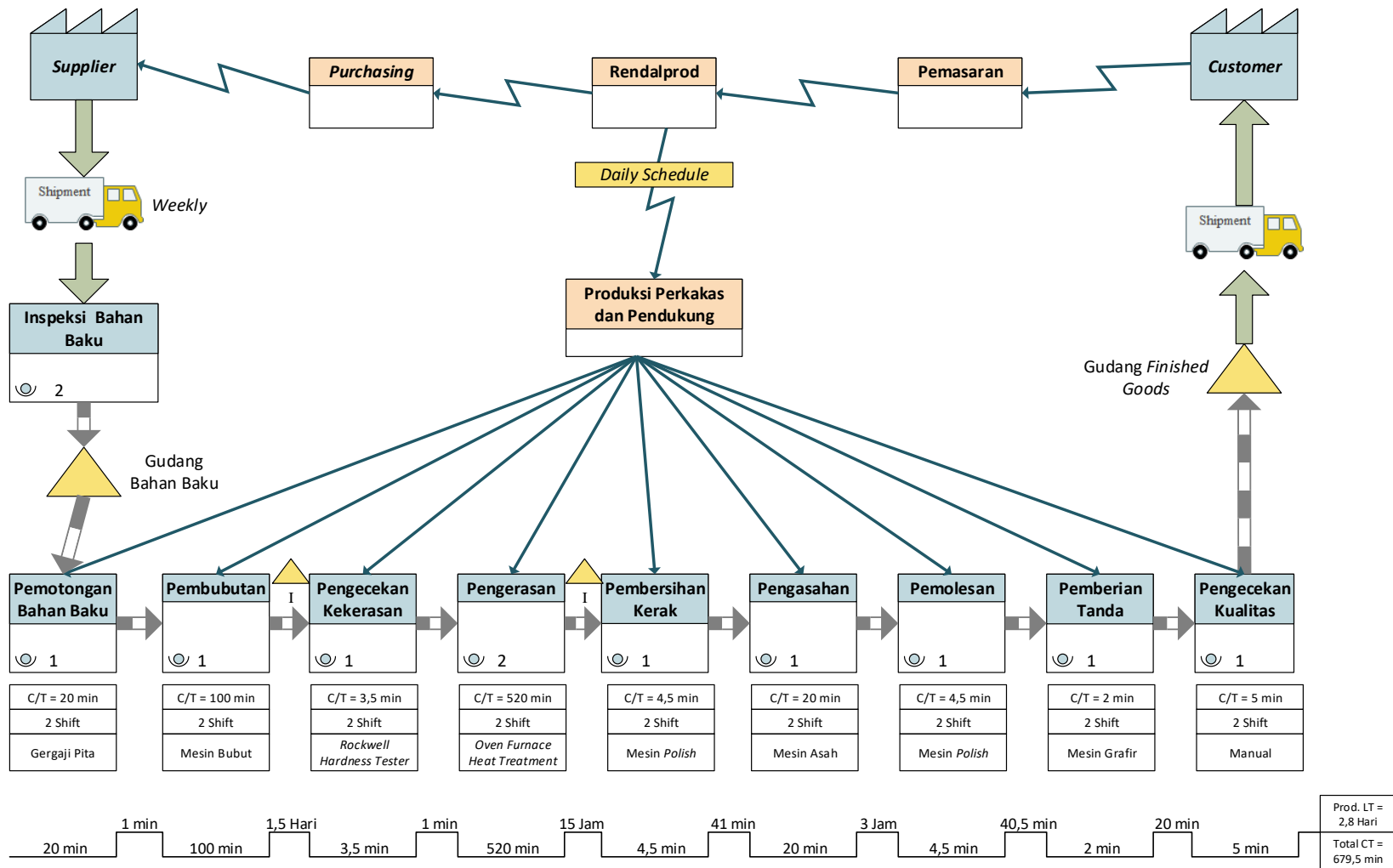
Gambar 4. 4 Current VSM Spare Part untuk Part Family 2

Berikut merupakan perbandingan antara *standard* VSM sesuai dengan standar waktu yang ditetapkan perusahaan dengan *current* VSM untuk *part family* 2 yang menggambarkan kondisi aktual perusahaan:

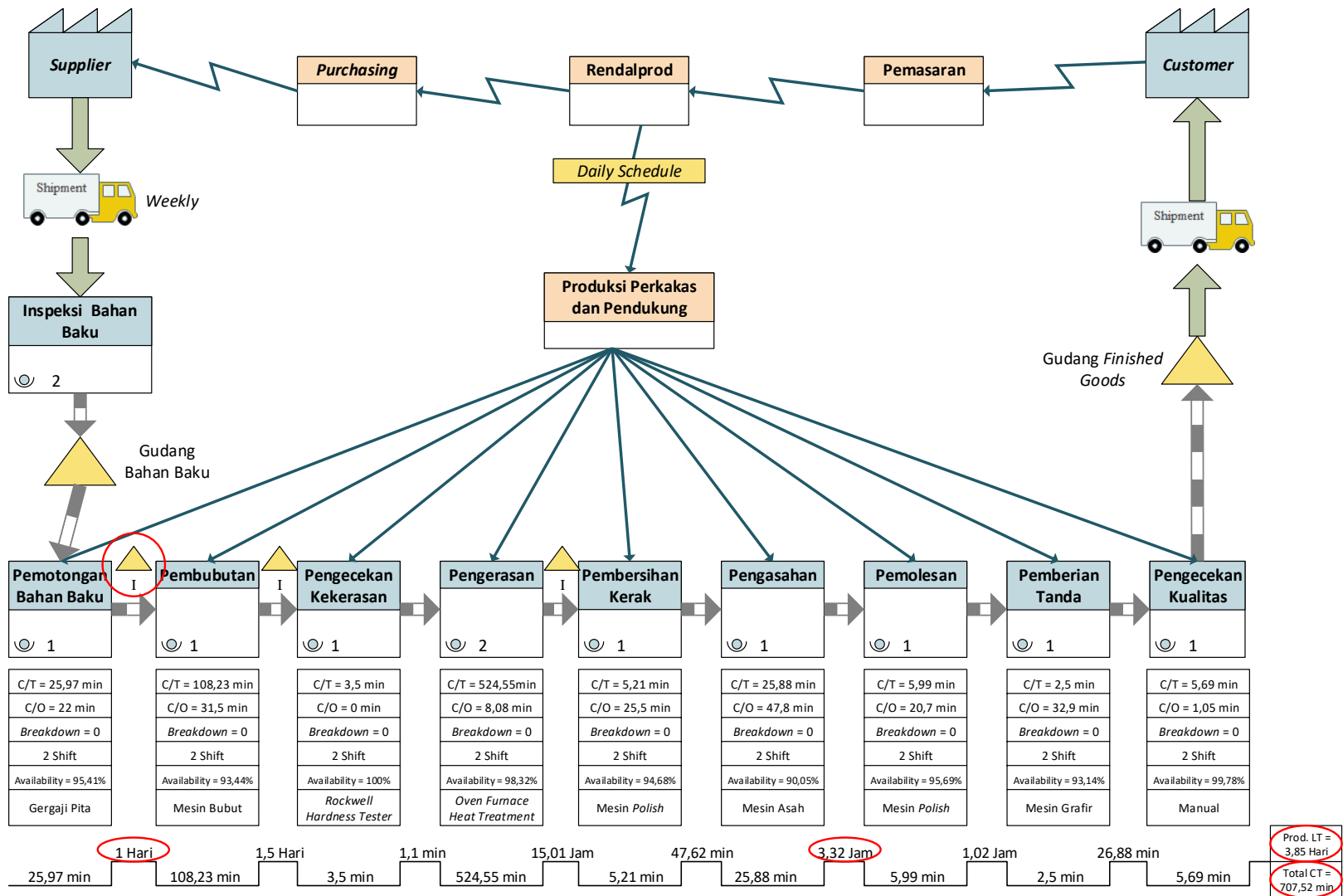
1. Setelah dilakukan proses pemotongan bahan baku, dilakukan penyimpanan material selama satu hari yang seharusnya langsung dilakukan proses pembubutan (indikasi *waste inventory*)
2. Nilai *availability time* mesin saat melakukan proses bubut sebesar 78,29%. Hal tersebut diakibatkan karena mesin bubut mengalami *breakdown* selama 67 menit yang menunjukkan terdapat aktivitas menunggu karena adanya kerusakan mesin (indikasi *waste waiting*).
3. *Cycle time* pada saat melakukan proses frais pada rantai produksi sebesar 31,07 menit dan waktu standar yang ditetapkan sebesar 15 menit sehingga memiliki perbedaan waktu sebesar 16,07 menit.
4. Hampir semua waktu perpindahan dan *cycle time* aktual melebihi standar waktu yang ditetapkan (indikasi *waste waiting* dan *transportation*).
5. Semua waktu proses yang tidak sesuai waktu standar mengakibatkan waktu tunggu sehingga mengakibatkan *production lead time* yang lebih lama dan juga *cycle time* yang lebih lama dari seharusnya.

c. *Value Stream Mapping Part Family 3*

Pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 ditunjukkan VSM yang menggambarkan aliran proses untuk *part family* 1 berupa *standard* VSM dan *current* VSM.



Gambar 4. 5 Standard VSM Spare Part untuk Part Family 3



Gambar 4. 6 Current VSM Spare Part untuk Part Family 3

Berikut merupakan perbandingan antara *standard VSM* sesuai dengan standar waktu yang ditetapkan perusahaan dengan *current VSM* untuk *part family* 2 yang menggambarkan kondisi aktual perusahaan:

1. Setelah dilakukan proses pemotongan bahan baku, dilakukan penyimpanan material selama satu hari yang seharusnya langsung dilakukan proses pembubutan (indikasi *waste inventory*).
2. Perpindahan dari proses pengasahan ke pemolesan memakan waktu sebesar 3,32 jam, sedangkan waktu standar yang ditetapkan yaitu 3 jam. Hal tersebut menunjukkan terdapat perbedaan waktu 19,2 menit (indikasi *waste waiting* dan *transportation*).
3. Hampir semua waktu perpindahan dan *cycle time* aktual memiliki waktu yang lebih lama dibanding waktu standar (indikasi *waste waiting* dan *transportation*).
4. Semua waktu proses yang tidak sesuai waktu standar mengakibatkan waktu tunggu sehingga mengakibatkan *production lead time* yang lebih lama dan juga *cycle time* yang lebih lama dari seharusnya. P

4.3.3 Detailed Mapping

Pada bagian ini ditunjukkan mengenai *detailed mapping* dengan menggunakan *tools Process Activity Mapping* (PAM) untuk setiap *part family*. PAM digunakan untuk melakukan pemetaan proses produksi secara detail untuk setiap tahapan aktivitas mulai dari proses operasi (O), transportasi (T), inspeksi (I), *delay* (D), dan *storage* (S) yang selanjutnya dapat dikelompokkan kedalam aktivitas *value added* (VA), *non-value added but necessary* (NNVA), dan *non-value added* (NVA). Data penyusunan PAM produksi *spare part* dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan yang di validasi oleh *expert* perusahaan.

Berdasarkan PAM yang telah dibuat untuk setiap *part family* terdapat beberapa informasi terkait detail aktivitas pada setiap stasiun kerja, jarak perpindahan antar aktivitas, nama peralatan / mesin yang digunakan untuk setiap aktivitas kerja, dan juga waktu yang diperlukan untuk melakukan aktivitas. Kemudian dilakukan pengelompokan berdasarkan aktivitas operasi, transportasi, inspeksi, *storage* maupun *delay*, dan pengelompokan berdasarkan kategori VA,

NNVA, serta NVA. Berikut merupakan rekapitulasi hasil PAM produksi *spare part* untuk setiap *part family* yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 hingga 4.5.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi *Process Activity Mapping Part Family 1*

Aktivitas	Jumlah Aktivitas					Waktu (Menit)			
	VA	NNVA	NVA	Total	(%)	VA	NNVA	NVA	Total
O	20	51	2	73	58,4%	673,84	287,35	1,58	962,77
T	0	21	0	20	16,0%	0	24,32	0	24,32
I	4	16	0	21	16,8%	6,11	24,65	0	30,76
S	0	3	1	4	3,2%	0	5073,97	1440	6513,97
D	0	0	7	7	5,6%	0	0	482,31	482,31
Total						679,95	5410,29	1923,89	8014,13
Persentase						8,48%	67,51%	24,01%	

Tabel 4. 4 Rekapitulasi *Process Activity Mapping Part Family 2*

Aktivitas	Jumlah Aktivitas					Waktu (Menit)			
	VA	NNVA	NVA	Total	(%)	VA	NNVA	NVA	Total
O	19	50	2	71	56,3%	680,47	287,2	1,81	969,48
T	0	22	0	20	15,9%	0	25,61	0	25,61
I	4	16	0	22	17,5%	7,02	25,72	0	32,74
S	0	4	1	5	4,0%	0	5666	1440	7106
D	0	0	8	8	6,3%	0	0	742,29	742,29
Total						687,49	6004,53	2184,1	8876,12
Persentase						7,75%	67,65%	24,61%	

Tabel 4. 5 Rekapitulasi *Process Activity Mapping Part Family 3*

Aktivitas	Jumlah Aktivitas					Waktu (Menit)			
	VA	NNVA	NVA	Total	(%)	VA	NNVA	NVA	Total
O	18	47	2	67	57,8%	643,06	244,51	1,52	889,09
T	0	21	0	18	15,5%	0	24,08	0	24,08
I	4	14	0	21	18,1%	6,24	24,78	0	31,02
S	0	2	1	3	2,6%	0	3060	1440	4500
D	0	0	7	7	6,0%	0	0	451,32	451,32
Total						649,3	3353,37	1892,84	5895,51
Persentase						11,01%	56,88%	32,11%	

4.3.4 Identifikasi Waste

Setelah dilakukan pemetaan aliran proses dengan menggunakan VSM dan PAM dapat diketahui beberapa aktivitas yang masuk ke dalam jenis *waste*. Selain itu pemetaan *waste* juga dilakukan berdasarkan observasi lapangan, wawancara, serta *brainstorming* dengan perusahaan. Identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan *seven waste* yaitu *defect*, *overproduction*, *unnecessary inventory*, *inappropriate processing*, *excessive transportation*, *waiting*, dan *unnecessary motion*. Berikut merupakan rekapitulasi dari identifikasi *waste* pada proses produksi *spare part* dan sumber informasi yang didapat yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Identifikasi Waste Proses Produksi Spare Part

No.	Waste	Identifikasi Waste Perusahaan	Sumber
1	<i>Defect</i>	Karat pada <i>raw material</i>	Observasi, wawancara, dan <i>brainstorming</i>
		Gelombang pada permukaan	
		Goresan pada permukaan	
		Tingkat kekerasan belum sesuai	
		Keretakan permukaan <i>spare part</i>	
		Dimensi kurang dari spesifikasi yang ditetapkan	
2	<i>Overproduction</i>	Tidak terdapat <i>waste overproduction</i>	-
3	<i>Inventory</i>	Penumpukan bahan baku setelah dilakukan proses pemotongan bahan baku	Observasi, Hasil VSM dan PAM
		Penumpukan produk WIP pada lorong lantai produksi	Observasi
4	<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Rework</i> karena ketidaksempurnaan hasil produksi	Observasi, wawancara, dan <i>brainstorming</i>
		Inspeksi berulang berupa pengecekan dimensi	PAM
5	<i>Transportation</i>	Perpindahan yang kurang efisien untuk menuju proses produksi selanjutnya	Observasi, wawancara, dan <i>brainstorming</i>
		Pengangkutan bahan baku ke lantai produksi yang lama	
6	<i>Waiting</i>	Menunggu untuk memperbaiki mesin atau alat yang rusak	Wawancara, <i>brainstorming</i> , dan VSM
		<i>Bottleneck</i> pada proses produksi	Observasi, wawancara, dan <i>brainstorming</i>
		Menunggu perbaikan produk <i>defect</i>	
7	<i>Motion</i>	Operator mondar-mandir melewati satu area yang sama	Observasi
		Proses pengecekan mesin ulang secara manual karena masih terjadi sedikit kemacetan setelah dilakukan perbaikan	Wawancara, dan <i>brainstorming</i>

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini ditunjukkan mengenai analisis dan interpretasi data dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir berupa analisis tingkat pencapaian *key performance indicator* perusahaan, analisis *operation process chart*, *value stream mapping*, dan *process activity mapping*, analisis akar penyebab *waste* dengan menggunakan *root cause analysis*, serta analisis akar penyebab *waste* yang harus diselesaikan menggunakan *failure mode and effect analysis*.

5.1 Analisis Tingkat Pencapaian Key Performance Indicator Perusahaan

Berdasarkan tahap implementasi *lean thinking* yaitu *setting the direction*, perusahaan memiliki tiga indikator yang harus dicapai yaitu tingkat kegagalan (*defect rate*) produksi sebesar 1,25%, pencapaian tingkat efisiensi proses hingga 60%, dan proses produksi untuk setiap proses tidak melebihi waktu standar. Berikut merupakan tingkat pencapaian KPI berdasarkan kondisi aktual proses produksi *spare part*.

a. Pencapaian Defect Rate Produksi

Defect rate produksi berkaitan dengan *defect* yang terdapat pada rantai produksi. Semakin kecil jumlah *defect* menunjukkan bahwa tingkat produk yang memiliki kualitas bagus lebih banyak (*smaller the better*). Pada rantai produksi, perusahaan menetapkan target maksimal terjadi *defect rate* sebesar 1,25% setiap bulan. Pada kondisi aktual didapatkan bahwa jumlah *defect* aktual memiliki total persentase lebih dari 20% dan berada sangat jauh diatas standar yang ditetapkan yaitu sebesar 1,25%.

b. Pencapaian Target Waktu Produksi

Perusahaan menetapkan bahwa proses produksi untuk setiap proses tidak boleh melebihi waktu standar yang telah ditetapkan. Semakin kecil waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses produksi dibanding waktu standar akan semakin baik (*smaller the better*). Berdasarkan VSM ditunjukkan bahwa hampir

semua proses untuk melakukan produksi pada keseluruhan *part family*³ melebihi waktu standar yang ditetapkan. Sehingga perusahaan harus melakukan *improvement* untuk mengurangi *lead time* pada proses produksi *spare part* agar waktu proses tidak melebihi waktu standar.

c. Pencapaian Tingkat Efisiensi Proses

Pengukuran tingkat efisiensi dilakukan untuk mengukur seberapa besar persentase waktu yang memiliki nilai tambah dari keseluruhan proses. Perusahaan menetapkan tingkat efisiensi yang harus dicapai untuk setiap mesin minimal sebesar 60%, semakin tinggi nilai efisiensi yang dicapai perusahaan menunjukkan bahwa tingkat efisiensi proses semakin baik (*higher the better*). Persamaan 5.2 menunjukkan rumus perhitungan dalam menentukan nilai efisiensi.

$$\text{Process Cycle Efficiency} = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Production Lead Time}} \times 100\% \quad (5.1)$$

Data yang digunakan dalam melakukan perhitungan nilai efisiensi proses diambil berdasarkan VSM yang telah dibuat. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai efisiensi pada proses produksi *spare part* untuk setiap *part family*.

1. Efisiensi Proses untuk *Part Family 1*

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai efisiensi untuk satu siklus produksi pada *part family 1* yang memproduksi sebanyak 10 buah *spare part*.

$$\text{Process Cycle Efficiency}_{\text{Part Family 1}} = \frac{2755,3 \text{ min}}{7626,7 \text{ min}} \times 100\% = 36,13\%$$

2. Efisiensi Proses untuk *Part Family 2*

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai efisiensi untuk satu siklus produksi pada *part family 2* yang memproduksi sebanyak 15 buah *spare part*.

$$\text{Process Cycle Efficiency}_{\text{Part Family 2}} = \frac{3908,3 \text{ min}}{8484,2 \text{ min}} \times 100\% = 46,07\%$$

3. Efisiensi Proses untuk *Part Family 3*

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai efisiensi untuk satu siklus produksi pada *part family 2* yang memproduksi sebanyak 15 buah *spare part*.

$$\text{Process Cycle Efficiency}_{\text{Part Family 3}} = \frac{3269,1 \text{ min}}{5548,1 \text{ min}} \times 100\% = 58,92\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan bahwa pencapaian tingkat efisiensi proses untuk *part family 1* yaitu sebesar 36,13%, *part family 2* sebesar 46,07%, dan *part family 3* sebesar 58,92%. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai efisiensi masih berada dibawah target yang ditetapkan yaitu sebesar 60%. Untuk meningkatkan nilai efisiensi perusahaan harus melakukan *improvement* pada sistem produksi agar *lead time* produksi menjadi lebih pendek dari yang sebelumnya.

5.2 Analisis OPC, VSM, dan PAM

Pada bab 4 telah ditunjukkan mengenai kondisi aktual perusahaan mengenai proses produksi *spare part* yang digambarkan dengan *Operation Process Chart* (OPC), *Value Stream Mapping* (VSM), dan *Process Activity Mapping* (PAM) untuk setiap *part family*. Dengan menggunakan OPC dapat digambarkan alur proses produksi untuk satu siklus produksi secara diskret sehingga waktu operasi dari setiap proses dapat diketahui. Selain itu juga dapat diketahui material yang digunakan dalam proses produksi *spare part* hanya berupa logam. Terdapat sepuluh proses utama yang terdapat pada lini produksi untuk proses produksi 1 yaitu pemotongan bahan baku, pembubutan, pengeboran, pengecekan kekerasan, pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, pemberian tanda, dan pengecekan kualitas. Untuk proses produksi 2 terdapat sepuluh proses utama berupa pemotongan bahan baku, pembubutan, proses frais, pengecekan kekerasan, pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, pemberian tanda, dan pengecekan kualitas. Sedangkan terdapat sembilan proses utama untuk proses produksi 3 yaitu pemotongan bahan baku, pembubutan, pengecekan kekerasan, pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, pemberian tanda, dan

pengecekan kualitas. Berdasarkan OPC yang telah dibuat dapat diketahui bahwa proses yang paling lama untuk dilakukan untuk setiap *part family* yaitu proses bubut. Pada OPC proses produksi 1 didapatkan bahwa proses bubut dilakukan selama 1357,8 menit untuk satu siklus produksi yang memproduksi 10 buah *spare part*, untuk proses produksi 2 didapatkan bahwa proses bubut dilakukan selama 1869 menit untuk satu siklus produksi yang memproduksi 15 buah *spare part*, sedangkan untuk *part family* 3 didapatkan bahwa proses bubut dilakukan selama 1623,4 menit untuk satu siklus produksi yang memproduksi 15 buah *spare part*. Karena proses bubut yang lama dibutuhkan banyak mesin bubut yang digunakan untuk menghindari *bottleneck* pada proses produksi *spare part*. Oleh karena itu untuk mengurangi adanya *bottleneck* pada proses produksi *spare part*, perusahaan telah mengalokasikan 6 buah mesin bubut yang merupakan jenis mesin paling banyak jumlahnya dibanding mesin lain. Secara keseluruhan perusahaan telah menetapkan perkiraan terhadap waktu standar untuk setiap proses dan sudah dilakukan investasi jumlah yang menyesuaikan waktu proses namun pada rantai produksi masih terjadi adanya *waiting* dan juga *bottleneck*.

Penggambaran VSM digunakan untuk melakukan pemetaan aliran informasi dan aliran material proses produksi. Aliran fisik yang menjadi objek penelitian yaitu proses produksi *spare part*, sedangkan aliran informasi yang terdapat pada VSM proses produksi *spare part* untuk setiap *part family* dimulai dari masuknya *order* hingga *order* dikirimkan ke konsumen. Terdapat dua jenis VSM yang dibuat untuk masing-masing *part family* yaitu *standard VSM* yang menggambarkan aliran produksi sesuai dengan waktu standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan dan *current VSM* yang menggambarkan aliran proses sesuai dengan kondisi aktual perusahaan. Setelah digambarkan *standard VSM* dan *current VSM* dilakukan perbandingan untuk masing-masing waktu proses, waktu siklus, dan *lead time* dari proses produksi. Waktu siklus untuk masing-masing proses yang terdapat pada *current VSM* merupakan waktu yang ditetapkan untuk memproduksi satu buah *spare part*, hal tersebut dilakukan karena waktu standar yang ditetapkan perusahaan digunakan untuk waktu siklus satu buah *spare part*. Berdasarkan VSM kondisi aktual perusahaan didapatkan bahwa untuk *part family* 1 memiliki *cycle time* aktual sebesar 742,12 menit dengan waktu standar yang ditetapkan sebesar 722

menit, *part family* 2 memiliki *cycle time* aktual sebesar 752,38 menit dengan waktu standar yang ditetapkan sebesar 730 menit, dan *part family* 3 memiliki *cycle time* aktual sebesar 707,52 menit dengan waktu standar yang ditetapkan sebesar 679,5 menit. Sedangkan untuk *lead time* aktual produksi *spare part* untuk *part family* 1 sebesar 5,29 hari dengan waktu standar yang ditetapkan sebesar 4,23 hari, *part family* 2 memiliki *lead time* aktual sebesar 5,87 hari dengan waktu standar yang ditetapkan sebesar 4,84 hari, dan *part family* 3 dengan *lead time* aktual sebesar 3,85 hari dengan waktu standar 2,8 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa waktu siklus dan *lead time* produksi untuk setiap *part family* melebihi waktu standar yang telah ditetapkan. Setelah dilakukan identifikasi hal tersebut terjadi karena adanya indikasi *waste waiting* akibat timbulnya waktu tunggu pada proses, *transportation* karena membutuhkan waktu lebih untuk melakukan perpindahan proses, dan juga *inventory* yang diakibatkan karena bahan baku yang telah dipotong harus disimpan selama satu hari sebelum masuk ke proses bubut.

Setelah dilakukan penggambaran VSM dilakukan pembuatan PAM untuk mengetahui detail aktivitas setiap proses untuk setiap *part family*. Berdasarkan hasil rekapitulasi PAM pada proses produksi *spare part* diketahui bahwa pada *part family* 1 terdapat 8,84% aktivitas VA, 67,51% aktivitas NNVA, dan 24,01%, sedangkan pada *part family* 2 terdapat 7,74% aktivitas VA, 67,65% aktivitas NNVA, dan 24,6% aktivitas NVA, serta pada *part family* 3 ditunjukkan bahwa terdapat 11,01% aktivitas VA, 56,88% aktivitas NNVA, dan 32,11% aktivitas NVA. Dari pengklasifikasian aktivitas tersebut dapat disimpulkan bahwa pada keseluruhan proses untuk setiap *part family*, aktivitas yang banyak terjadi yaitu aktivitas NNVA yang merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk namun aktivitas tersebut tetap diperlukan dalam menjalankan proses, aktivitas NNVA juga dapat menyebabkan *waste* pada proses produksi yang perlu untuk ditinjau kembali contohnya yaitu dilakukan aktivitas inspeksi berulang kali oleh operator. Selain itu secara keseluruhan aktivitas NVA yang terjadi banyak pada proses *storage* berupa penyimpanan sementara untuk menunggu *spare part* lain dilakukan proses produksi dan *delay* untuk menunggu *spare part* lain selesai diproduksi.

5.3 Analisis Akar Penyebab Waste

Pada sub-bab ini dilakukan penentuan akar penyebab *waste* yang dilakukan berdasarkan hasil identifikasi *waste* pada proses produksi *spare part*. Analisis akar penyebab *waste* dilakukan dengan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) metode 5 *why's* yang bertujuan mengidentifikasi akar permasalahan yang diidentifikasi ke dalam lima kelas. Selain itu RCA juga dilakukan berdasarkan faktor 4M+1E yang merupakan singkatan dari *man* (manusia), *machine* (mesin), *method* (metode), *material* (bahan baku), dan *environment* (lingkungan).

5.3.1 Analisis Akar Penyebab Waste Defect

Pada Tabel 5.1 ditunjukkan mengenai akar penyebab *waste defect* proses produksi *spare part* dengan enam *waste* utama berupa karat pada *raw material*, gelombang pada permukaan, goresan pada permukaan, tingkat kekerasan belum sesuai, keretakan permukaan *spare part*, dan dimensi yang kurang dari spesifikasi.

Tabel 5. 1 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Defect*

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Defect	Karat pada bahan baku	Man	Manajemen penyimpanan bahan baku yang kurang baik	Logam tergeletak di lantai produksi sehingga mudah terkena udara dan cepat berkarat	Penataan bahan baku berantakan tidak ditata dengan baik pada tempat penyimpanan oleh operator	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	
		Method	Material yang digunakan bukan material baru dan berumur cukup lama	Material disimpan terlalu lama pada gudang bahan baku	Belum menerapkan sistem FIFO sepenuhnya ketika material akan digunakan		
		Material	Input bahan baku sudah berkarat dari <i>supplier</i>	Kualitas bahan baku yang tidak baik	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku		
		Environment	Manajemen penyimpanan bahan baku yang kurang baik	Bahan baku disimpan di tempat terbuka	Tidak terdapat tempat penyimpanan material yang tertutup pada lantai produksi		
	Gelombang pada permukaan	Man	Kesalahan operator dalam meletakkan benda kerja dan mengoperasikan mesin	Mata pahat tidak tepat sehingga membuat goresan pada permukaan	Setup mesin kurang sesuai prosedur	Operator meletakkan produk WIP di sembarang tempat dan tidak rapi	
			Gompal pada ujung <i>spare part</i>	<i>Spare part</i> jatuh dan terbentur ke permukaan lantai atau terbentur ujung meja	Kelalaian operator dalam meletakkan <i>spare part</i>		
			Badan <i>spare part</i> penyok	Posisi pemasangan benda kerja pada mesin tidak simetris	Operator kurang teliti dalam melakukan pemasangan benda kerja		

Tabel 5. 1 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Defect* (Lanjutan)

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Defect	Gelombang pada permukaan	Man	Badan <i>spare part</i> penyok	Proses bubut yang kurang sempurna	Operator terburu-buru dalam melakukan proses bubut	Operator kurang fokus dalam bekerja	
		Machine			Kesalahan pengoperasian mesin oleh operator	Mata pahat tidak mampu melakukan pembubutan dengan baik dan mengalami kerusakan	Tidak dilakukan pengecekan dan perawatan (<i>maintenance</i>) pada mesin secara berkala
					Mesin bubut macet di tengah jalan	Mesin produksi kotor sehingga menghambat aktivitas proses produksi	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin
		Method		Produk WIP jatuh ketika diantar ke stasiun produksi berikutnya	Jumlah <i>spare part</i> yang harus diantar ke stasiun produksi berikutnya cukup banyak	<i>Material handling</i> dilakukan secara manual	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses
	Material	Input bahan baku sudah bergelombang dari <i>supplier</i>	Kualitas bahan baku yang tidak baik	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku			
	Goresan pada permukaan	Man	Kesalahan dalam mengoperasikan mesin	Mata pahat tidak tepat sehingga membuat goresan pada permukaan	<i>Setup</i> mesin kurang sesuai prosedur		
		Machine	Mata pahat menggores permukaan <i>spare part</i>	Mesin tiba-tiba mengalami kerusakan dan berhenti di tengah jalan	Mesin tersumbat oleh <i>scrap</i> logam saat melakukan proses produksi	Operator tidak langsung membuang <i>scrap</i> pada tempat yang disediakan	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator

Tabel 5. 1 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Defect* (Lanjutan)

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Defect	Goresan pada permukaan	Machine	Mata pahat menggores permukaan <i>spare part</i>	Mesin tiba-tiba mengalami kerusakan dan berhenti di tengah jalan	Mesin produksi kotor sehingga menghambat aktivitas proses produksi	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin	
		Material	Input bahan baku sudah tergores dari <i>supplier</i>	Kualitas bahan baku yang tidak baik	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku		
	Tingkat kekerasan belum sesuai	Man	Proses <i>tempering</i> yang dilakukan kurang lama atau terlalu lama	Durasi proses <i>tempering</i> dilakukan sesuai dengan <i>feeling</i> operator	Pekerja kurang memahami prosedur pengoperasian proses <i>tempering</i>	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	
		Machine	Suhu yang diatur untuk melakukan proses <i>heat treatment</i> tidak sesuai dengan <i>output</i> suhu yang dihasilkan mesin	Umur mesin untuk melakukan proses <i>heat treatment</i> cukup tua	Tidak dilakukan pengecekan dan perawatan (<i>maintenance</i>) pada <i>oven furnace heat treatment</i>		
		Method	Jumlah arang yang digunakan dalam proses <i>heat treatment</i> terlalu banyak atau terlalu sedikit	Operator kurang memahami prosedur pelaksanaan <i>heat treatment</i>			
	Keretakan permukaan <i>spare part</i>	Man	<i>Spare part</i> jatuh dan terbentur ke permukaan lantai atau terbentur ujung meja	Kelalaian operator dalam meletakkan <i>spare part</i>	Operator meletakkan produk WIP di sembarang tempat dan tidak rapi		

Tabel 5. 1 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Defect* (Lanjutan)

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Defect		Method	Kerusakan saat melakukan perpindahan (<i>material handling</i>) dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja lain	<i>Spare part</i> jatuh dan terbentur ke permukaan lantai	Operator membawa produk WIP terlalu banyak dan cukup berat	<i>Material handling</i> dilakukan secara manual (tidak menggunakan alat <i>material handling</i>) <i>Routing</i> yang kurang efektif sehingga menyebabkan operator harus melakukan <i>material handling</i> cukup jauh	
		Material	Input bahan baku sudah retak dari <i>supplier</i>	Kualitas bahan baku yang tidak baik	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku		
	Man	Kesalahan dalam pemilihan mata pahat	Operator kurang fokus dalam membedakan ukuran mata pahat	Mata pahat tidak disusun dengan rapi dan tidak berurutan			
		Kesalahan operator dalam membaca keterangan dimensi gambar	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja				
Defect	Dimensi kurang dari spesifikasi yang ditetapkan	Machine	Proses pemakanan benda kerja terlalu banyak	Setup mesin kurang sesuai prosedur	Operator kurang memahami dan kurang ahli dalam melakukan prosedur <i>setup</i> mesin		

5.3.2 Analisis Akar Penyebab Waste Inventory

Pada Tabel 5.2 ditunjukkan mengenai akar penyebab *waste inventory* proses produksi *spare part* dengan dua *waste* utama berupa penumpukan bahan baku setelah dilakukan proses pemotongan bahan baku dan penumpukan produk WIP pada lorong lantai produksi

Tabel 5. 2 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Inventory*

<i>Waste</i>	<i>Waste pada Perusahaan</i>	<i>Faktor</i>	<i>Root Cause Analysis</i>			
			<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>
<i>Inventory</i>	Penumpukan bahan baku setelah dilakukan proses pemotongan bahan baku	<i>Machine</i>	Produk menunggu untuk diproses di stasiun bubut sehingga dilakukan penyimpanan	<i>Lead time</i> produksi untuk setiap <i>spare part</i> di stasiun bubut yang berbeda-beda	Waktu <i>setup</i> mesin yang terlalu lama	Butuh waktu untuk penyesuaian mesin dengan spesifikasi jenis <i>spare part</i> yang akan diproduksi
		<i>Method</i>	Bahan baku yang harus diletakkan pada lantai produksi terlalu banyak	Bahan baku yang disimpan pada lantai produksi merupakan stok untuk jadwal produksi selama satu minggu	Agar perusahaan tidak mendadak mengambil bahan baku ke gudang bahan baku jika akan melakukan proses produksi	Perusahaan ingin menghemat tenaga dalam melakukan perpindahan bahan baku ke lantai produksi karena jarak antara gudang bahan baku dan lantai produksi cukup jauh
		<i>Environment</i>	Penempatan dan penggunaan rak penyimpanan hasil pemotongan kurang optimal	Penyimpanan bahan baku tidak ditata dengan rapi sehingga rak lebih penuh dari seharusnya	Tidak adanya penataan hasil pemotongan dengan baik	
	Penumpukan produk WIP pada lorong lantai produksi	<i>Man</i>	Operator meletakkan produk WIP tidak pada tempat yang di sediakan	Penataan produk WIP tidak ditata dengan baik pada rak penyimpanan oleh operator	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	
		<i>Machine</i>	Setiap <i>spare part</i> harus menunggu <i>spare part</i> yang sejenis untuk selesai diproduksi	Waktu <i>setup</i> mesin yang terlalu lama	Operator kurang memahami dan kurang ahli dalam melakukan prosedur <i>setup</i> mesin	
		<i>Method</i>	Saat benda kerja selesai diproduksi tidak langsung dipindahkan ke stasiun produksi berikutnya	Benda kerja yang diproduksi di stasiun produksi berikutnya belum selesai diproses	<i>Lead time</i> produksi untuk setiap <i>spare part</i> berbeda-beda	Tidak dilakukan pengelompokan <i>work station</i> sesuai dengan jenis <i>spare part</i> yang serupa
		<i>Environment</i>	Penempatan dan penggunaan ruang penyimpanan bahan baku kurang optimal	Penyimpanan bahan baku tidak ditata dengan rapi sehingga rak lebih penuh dari seharusnya	Kesalahan penataan oleh operator sehingga penataan bahan baku tidak terstruktur	

5.3.3 Analisis Akar Penyebab Waste Inappropriate Processing

Pada Tabel 5.3 ditunjukkan mengenai akar penyebab *waste inappropriate processing* proses produksi *spare part*.

Tabel 5. 3 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Inappropriate Processing*

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
<i>Inappropriate Processing</i>	Rework karena ketidaksempurnaan hasil produksi	<i>Man</i>	Badan <i>spare part</i> penyok	Posisi pemasangan benda kerja pada mesin tidak simetris	Operator kurang teliti dalam melakukan pemasangan benda kerja	Kesalahan dalam menjalankan prosedur pemasangan benda kerja	
				Proses bubut yang kurang sempurna	Operator terburu-buru dalam melakukan proses bubut	Operator kurang fokus dalam bekerja	
		<i>Machine</i>	Goresan pada permukaan	Kesalahan operator dalam meletakkan benda kerja dan mengoperasikan mesin	Mata pahat tidak tepat sehingga membuat goresan pada permukaan	Mata pahat tidak mampu melakukan pembubutan dengan baik dan mengalami kerusakan	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mata pahat secara berkala
						<i>Setup</i> mesin kurang sesuai prosedur	
		<i>Method</i>	Tingkat kekerasan belum sesuai	Proses <i>tempering</i> yang dilakukan kurang lama atau terlalu lama	Durasi proses <i>tempering</i> dilakukan sesuai dengan <i>feeling</i> operator	Pekerja kurang memahami prosedur pengoperasian proses <i>tempering</i>	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja
				Jumlah arang yang digunakan dalam proses <i>heat treatment</i> terlalu banyak atau terlalu sedikit	Operator kurang memahami prosedur pelaksanaan <i>heat treatment</i>		

Tabel 5. 3 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Inappropriate Processing* (Lanjutan)

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
<i>Inappropriate Processing</i>	<i>Rework</i> karena ketidaksempurnaan hasil produksi	<i>Material</i>	Bahan baku yang bergelombang dan tergores	Kualitas bahan baku yang tidak baik	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku		
	Inspeksi berulang berupa pengecekan dimensi	<i>Man</i>	Dilakukan proses pengasahan berkali-kali dilanjutkan pengukuran dimensi (inspeksi)	Operator harus menyesuaikan spesifikasi <i>spare part</i> sesuai standar yang ditetapkan	Operator kurang terlatih dalam melakukan pengasahan produk		
		<i>Machine</i>			Ketelitian mesin yang kurang efektif	Umur mesin yang digunakan sudah cukup tua dan kurang berfungsi dengan baik	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala

5.3.4 Analisis Akar Penyebab Waste Transportation

Pada Tabel 5.4 ditunjukkan mengenai akar penyebab *waste transportation* proses produksi *spare part* dengan dua *waste* utama berupa perpindahan yang kurang efisien untuk menuju proses produksi selanjutnya dan pengangkutan bahan baku ke lantai produksi yang lama.

Tabel 5. 4 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Transportation*

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
<i>Transportation</i>	Perpindahan yang kurang efisien untuk menuju proses produksi selanjutnya	<i>Man</i>	Pengangkutan produk WIP harus dilakukan berkali-kali sehingga operator harus mondar-mandir	<i>Material handling</i> dilakukan secara manual	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses		
		<i>Method</i>	Aliran proses produksi tidak searah	<i>Routing</i> yang kurang efektif sehingga operator harus melewati tempat yang sama kembali	Tata letak produksi yang kurang mempertimbangkan aliran proses		
		<i>Environment</i>	Proses perpindahan terganggu karena terhalang alat yang diletakkan sembarangan dan tidak sesuai dengan tempatnya	Penyimpanan alat tidak ditata dengan rapi sehingga menghalangi operator	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S		
			Jarak perpindahan antar stasiun produksi cukup jauh	Penempatan <i>layout</i> yang tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>			
	Pengangkutan bahan baku ke lantai produksi yang lama	<i>Material</i>	Semua bahan baku yang datang masuk ke gudang bahan baku	Bahan baku yang harus diletakkan pada lantai produksi terlalu banyak	Bahan baku yang disimpan pada lantai produksi merupakan stok untuk jadwal produksi selama satu minggu	Agar perusahaan tidak mendadak mengambil bahan baku ke gudang bahan baku jika akan melakukan proses produksi	Perusahaan ingin menghemat tenaga dalam melakukan perpindahan bahan baku ke lantai produksi karena jarak antara gudang bahan baku dan lantai produksi cukup jauh

5.3.5 Analisis Akar Penyebab Waste Waiting

Pada Tabel 5.5 ditunjukkan mengenai akar penyebab *waste defect* proses produksi *spare part* dengan tiga *waste* utama berupa karat pada *raw material*, gelombang pada permukaan, goresan pada permukaan, tingkat kekerasan belum sesuai, keretakan permukaan *spare part*, dan dimensi yang kurang dari spesifikasi.

Tabel 5. 5 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Waiting*

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Waiting	Menunggu untuk memperbaiki mesin atau alat yang rusak	Man	Mesin berhenti beroperasi	Breakdown pada mesin	Operator tidak segera mematikan mesin ketika terindikasi adanya macet pada mesin	Operator lalai dalam menggunakan mesin produksi	
		Machine			Banyak komponen yang mengalami kerusakan	Komponen pada mesin sudah lama tidak diganti	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala
					Mesin tersumbat oleh <i>scrap</i> logam saat melakukan proses produksi	Operator tidak langsung membuang <i>scrap</i> pada tempat yang disediakan	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator
					Mesin produksi kotor sehingga menghambat aktivitas proses produksi	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin	
		Machine	Operator butuh waktu cukup lama untuk melakukan perbaikan	Kerusakan mesin cukup kompleks	Umur mesin untuk melakukan proses produksi cukup tua		
					Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala		
		Machine	Mesin belum dapat beroperasi dengan normal setelah dilakukan perbaikan	Letak kerusakan pada mesin masih belum teridentifikasi			
Method		Masalah teknis baik mekanik maupun elektrik masih terjadi setelah dilakukan perbaikan	Pemasangan komponen yang tidak benar	Kesalahan pelaksanaan prosedur dalam melakukan proses perbaikan			

Tabel 5. 5 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Waiting* (Lanjutan)

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Waiting	Menunggu untuk memperbaiki mesin atau alat yang rusak	Environment	Operator butuh waktu untuk mengambil alat untuk memperbaiki mesin	Peletakan rak peralatan yang cukup jauh dari mesin produksi	Mesin kerja berantakan, sehingga jika rak peralatan diletakkan di samping mesin produksi ditakutkan peralatan akan ikut berantakan dan hilang	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	
			Bottleneck pada proses produksi	Man	Kecepatan operator dalam melakukan proses produksi berbeda-beda		
	Machine	Spare part yang akan masuk di stasiun produksi berikutnya harus menunggu spare part lain untuk selesai diproses		Waktu <i>setup</i> mesin yang terlalu lama	Butuh waktu untuk penyesuaian mesin dengan spesifikasi jenis <i>spare part</i> yang akan diproduksi		
				Lead time produksi untuk setiap <i>spare part</i> berbeda-beda	Tidak dilakukan pengelompokan <i>work station</i> sesuai dengan jenis <i>spare part</i> yang serupa		
	Method	Menunggu produk WIP datang dari stasiun produksi sebelumnya		Jarak perpindahan antar stasiun produksi cukup jauh	Penempatan <i>layout</i> yang tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>		
			Material handling dilakukan secara manual	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses			

5.3.6 Analisis Akar Penyebab Waste Motion

Pada Tabel 5.6 ditunjukkan mengenai akar penyebab *waste motion* proses produksi *spare part* dengan dua *waste* utama berupa operator mondar-mandir melewati satu area yang sama dan proses pengecekan mesin ulang secara manual karena masih terjadi sedikit kemacetan setelah dilakukan perbaikan.

Tabel 5. 6 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Motion*

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
<i>Motion</i>	Operator mondar-mandir melewati satu area yang sama	<i>Man</i>	Operator pergi ke stasiun kerja lain untuk bercengkrama dengan operator lain	Operator mengalami kebosanan	Pekerjaan yang dilakukan operator cenderung monoton setiap hari	Belum ada <i>rolling</i> tugas untuk operator dalam melakukan pengoperasian mesin lain	Operator tidak di- <i>training</i> untuk mengoperasikan keseluruhan jenis mesin
		<i>Machine</i>	Operator mengambil peralatan untuk melakukan perbaikan mesin	Mesin berhenti beroperasi sehingga harus dilakukan perbaikan	<i>Breakdown</i> pada mesin	Komponen pada mesin sudah lama tidak diganti	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala
						Mesin tersumbat oleh <i>scrap</i> logam saat melakukan proses produksi karena operator tidak langsung membuang <i>scrap</i> pada tempat yang disediakan	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator
		<i>Method</i>	<i>Routing</i> yang kurang efektif sehingga menimbulkan gerakan berlebih	Tata letak produksi yang kurang mempertimbangkan aliran proses			

Tabel 5. 10 Akar Penyebab Terjadinya *Waste Motion* (Lanjutan)

Waste	Waste pada Perusahaan	Faktor	Root Cause Analysis				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Motion	Operator mondar-mandir melewati satu area yang sama	Method	Operator harus berkali-kali mengantar produk WIP ke stasiun berikutnya sehingga menimbulkan gerakan berlebih	Jumlah <i>spare part</i> yang harus diantar ke stasiun produksi berikutnya cukup banyak	Material handling dilakukan secara manual	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	
		Environment	Operator mengambil peralatan untuk melakukan <i>setup</i> mesin	Peletakan alat yang jauh dari mesin dan tidak diletakkan di samping mesin	Penempatan <i>layout</i> tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>		
		Machine	Letak kerusakan pada mesin masih belum teridentifikasi				
	Proses pengecekan mesin ulang secara manual karena masih terjadi sedikit kemacetan setelah dilakukan perbaikan	Method	Masalah teknis baik mekanik maupun elektrik masih terjadi setelah dilakukan perbaikan	Pemasangan komponen yang tidak benar	Kesalahan pelaksanaan prosedur dalam melakukan proses perbaikan		

5.4 *Failure Mode and Effect Analysis*

Pada bagian ini ditunjukkan mengenai analisis akar penyebab *waste* yang harus diselesaikan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk setiap *waste* yang terdapat pada proses produksi *spare part* yaitu berupa *waste defect, inventory, inappropriate processing, transportation, waiting, dan motion*. Setelah diperoleh *root cause* untuk setiap *waste* dilakukan pemilihan penyebab permasalahan paling prioritas untuk diselesaikan berdasarkan kriteria *severity, occurrence, dan detection* untuk kemudian dikalikan dan dihasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

5.4.1 *FMEA Waste Defect*

Berikut merupakan penilaian FMEA untuk setiap *waste defect* yang ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 FMEA Waste Defect

Potential Failure Mode	Potential Effect	S	Potential Causes	O	Control	D	RPN	Recommended Action	Action Taken
Karat pada bahan baku	Kualitas produk tidak bagus sehingga harus dilakukan penggantian bahan baku	8	Pada rantai produksi belum diterapkan sistem 5S	9	Melakukan penataan bahan baku sesuai jenis dan ukuran bahan baku	2	144	Evaluasi secara teknis terkait penataan bahan baku pada rantai produksi	Penerapan 5S pada perusahaan
		8	Belum menerapkan sistem FIFO sepenuhnya ketika material akan digunakan	8	Pihak gudang melakukan pengecekan sebelum material dilakukan perpindahan ke rantai produksi	3	192	Evaluasi terkait proses pengeluaran bahan baku dari gudang sebelum dikirim ke rantai produksi	Perbaiki SOP penggunaan dan pengiriman bahan baku
		8	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku	7	Inspeksi visual sebelum dilakukan proses produksi	3	168	Inspeksi bahan baku secara lebih ketat	Pembuatan <i>checklist</i> inspeksi bahan baku
		8	Tidak terdapat tempat penyimpanan material yang tertutup pada rantai produksi	10	Inspeksi visual sebelum dilakukan proses produksi	3	240	Evaluasi kondisi lingkungan pada rantai produksi dan kebijakan investasi fasilitas penyimpanan bahan baku	Investasi penyimpanan bahan baku pada rantai produksi
Gelombang pada permukaan	Dimensi produk tidak sesuai spesifikasi sehingga harus dilakukan <i>rework</i>	5	Setup mesin kurang sesuai prosedur	8	Operator melakukan <i>setup</i> sesuai dengan kemampuan operator	4	160	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur <i>setup</i> mesin	Memberikan <i>training</i> kepada operator terkait prosedur pelaksanaan <i>setup</i> mesin
		5	Operator meletakkan produk WIP di sembarang tempat dan tidak rapi	9	Memberi peringatan ringan pada pekerja	3	135	Evaluasi secara teknis terkait penataan produk WIP	Penerapan 5S pada perusahaan
		5	Kesalahan dalam menjalankan prosedur pemasangan benda kerja	7	Pengecekan visual dalam melakukan pemasangan benda kerja	4	140	Evaluasi terkait prosedur pemasangan benda kerja	Memberikan <i>training</i> terkait prosedur pemasangan benda kerja

Tabel 5. 18 FMEA Waste Defect (Lanjutan)

Potential Failure Mode	Potential Effect	S	Potential Causes	O	Control	D	RPN	Recommended Action	Action Taken
Gelombang pada permukaan	Dimensi produk tidak sesuai spesifikasi sehingga harus dilakukan <i>rework</i>	5	Operator kurang fokus dalam bekerja	9	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	2	90	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan <i>training</i> secara berkala terkait proses produksi
		5	Tidak dilakukan pengecekan dan perawatan (<i>maintenance</i>) pada mesin secara berkala	8	Proses <i>maintenance</i> setelah terjadi kerusakan pada mesin	5	200	Evaluasi terhadap prosedur pelaksanaan <i>maintenance</i> mesin	Perbaikan sistem <i>maintenance</i> menggunakan <i>preventive maintenance</i>
		5	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin	8	Operator melakukan pembersihan mesin dan alat saat mesin dalam kondisi sangat kotor	3	120	Evaluasi terkait proses pembersihan dan pemeliharaan mesin	Pembuatan <i>checklist</i> pemeliharaan dan pembersihan mesin atau peralatan di setiap stasiun kerja
		5	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	10	Belum ada kontrol khusus yang dilakukan perusahaan	3	150	Menambahkan fasilitas untuk melakukan pengiriman bahan baku ke stasiun kerja lain	Perancangan fasilitas <i>material handling</i>
		5	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku	7	Inspeksi visual sebelum dilakukan proses produksi	3	105	Inspeksi bahan baku secara lebih ketat	Pembuatan <i>checklist</i> inspeksi bahan baku
Goresan pada permukaan		4	<i>Setup</i> mesin kurang sesuai prosedur	7	Operator melakukan <i>setup</i> sesuai dengan kemampuan operator	3	84	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur <i>setup</i> mesin	Memberikan <i>training</i> kepada operator terkait prosedur pelaksanaan <i>setup</i> mesin
		4	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator	10	Perusahaan menyediakan tempat khusus untuk membuang <i>scrap</i>	2	80	Evaluasi secara teknis terkait peletakan tempat pembuangan <i>scrap</i>	Penerapan 5S pada perusahaan

Tabel 5. 18 FMEA Waste Defect (Lanjutan)

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Control</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>	<i>Action Taken</i>
Goresan pada permukaan	Dimensi produk tidak sesuai spesifikasi sehingga harus dilakukan <i>rework</i>	4	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin	8	Operator melakukan pembersihan mesin dan alat saat mesin dalam kondisi sangat kotor	3	96	Evaluasi terkait proses pembersihan dan pemeliharaan mesin	Pembuatan <i>checklist</i> pemeliharaan dan pembersihan mesin di setiap stasiun kerja
		4	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku	7	Inspeksi visual sebelum dilakukan proses produksi	3	84	Inspeksi bahan baku secara lebih ketat	Pembuatan <i>checklist</i> inspeksi bahan baku
Tingkat kekerasan belum sesuai	<i>Spare part</i> ada yang terlalu keras maupun kurang keras sehingga harus dilakukan proses tempering	6	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	10	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	2	120	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan <i>training</i> secara berkala terkait proses produksi
		6	Tidak dilakukan pengecekan dan perawatan (<i>maintenance</i>) pada <i>oven furnace heat treatment</i>	10	Proses <i>maintenance</i> setelah terjadi kerusakan pada mesin	5	300	Evaluasi terhadap prosedur pelaksanaan <i>maintenance</i> mesin	Perbaikan sistem <i>maintenance</i> menggunakan <i>preventive maintenance</i>
		6	Operator kurang memahami prosedur pelaksanaan <i>heat treatment</i>	10	Perkiraan jumlah arang sesuai dengan jumlah <i>spare part</i> dan tingkat kekerasan yang ingin dicapai	4	240	Evaluasi kepada operator terkait pemahaman prosedur proses pengerasan	Memberikan <i>training</i> terkait prosedur proses pengerasan
Keretakan permukaan <i>spare part</i>	Permukaan produk rusak sehingga harus dilakukan proses produksi ulang dari	10	Operator meletakkan produk WIP di sembarang tempat dan tidak rapi	9	Memberi peringatan ringan pada pekerja	2	180	Evaluasi secara teknis terkait penataan produk WIP	Penerapan 5S pada perusahaan
		10	<i>Material handling</i> dilakukan secara manual (tidak menggunakan alat <i>material handling</i>)	10	Belum ada kontrol khusus yang dilakukan perusahaan	3	300	Menambahkan fasilitas untuk melakukan pengiriman bahan baku ke stasiun kerja lain	Perancangan fasilitas <i>material handling</i>

Tabel 5. 18 FMEA Waste Defect (Lanjutan)

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Control</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>	<i>Action Taken</i>
	awal proses	10	<i>Routing</i> yang kurang efektif sehingga menyebabkan operator harus melakukan <i>material handling</i> cukup jauh	10	Pemindahan produk WIP sesuai dengan rute terdekat	3	300	Evaluasi terkait penataan <i>layout</i> pada lantai produksi	Perbaiki <i>layout</i> lantai produksi
		10	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku	7	Inspeksi visual sebelum dilakukan proses produksi	3	210	Inspeksi bahan baku secara lebih ketat	Pembuatan <i>checklist</i> inspeksi bahan baku
Dimensi kurang dari spesifikasi yang ditetapkan	Produk harus di- <i>reject</i> sehingga harus dilakukan proses produksi ulang dari awal proses	10	Mata pahat tidak disusun dengan rapi dan tidak berurutan	9	Melakukan peletakan mata pahat pada rak	2	180	Evaluasi secara teknis terkait penataan mata pahat pada rak	Penerapan 5S pada perusahaan
		10	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	10	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	3	300	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan <i>training</i> secara berkala terkait proses produksi
		10	Operator kurang memahami dan kurang ahli dalam melakukan prosedur <i>setup</i> mesin	10	Operator melakukan <i>setup</i> sesuai dengan spesifikasi produk yang akan dikerjakan	3	300	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur <i>setup</i> mesin	Memberikan <i>training</i> kepada operator terkait prosedur pelaksanaan <i>setup</i> mesin

Berdasarkan Tabel 5.7 ditunjukkan bahwa terdapat delapan *root cause waste defect* yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu ≥ 200 dan merupakan prioritas *waste* yang harus segera diselesaikan. Prioritas *root cause* tersebut meliputi tidak terdapat tempat penyimpanan material yang tertutup pada rantai produksi, tidak dilakukan pengecekan dan perawatan (*maintenance*) pada mesin secara berkala, *material handling* dilakukan secara manual (tidak menggunakan alat *material handling*), *routing* yang kurang efektif sehingga menyebabkan operator harus melakukan *material handling* cukup jauh, pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku, belum terdapat *training* secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja, dan operator kurang memahami dan kurang ahli dalam melakukan prosedur *setup* mesin. Terdapat beberapa *action taken* yang direkomendasikan untuk melakukan penyelesaian prioritas permasalahan *waste defect* tersebut yaitu investasi rak penyimpanan bahan baku pada rantai produksi, perbaikan sistem *maintenance* menggunakan *preventive maintenance*, perancangan fasilitas *material handling*, perbaikan layout rantai produksi, pembuatan *checklist* inspeksi bahan baku, memberikan *training* secara berkala terkait proses produksi dan prosedur pelaksanaan *setup* mesin.

5.4.2 FMEA Waste Inventory

Berikut merupakan penilaian FMEA untuk setiap *waste defect* yang ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 FMEA Waste Inventory

Potential Failure Mode	Potential Effect	S	Potential Causes	O	Control	D	RPN	Recommended Action	Action Taken
Penumpukan bahan baku setelah dilakukan proses pemotongan bahan baku	Bahan baku yang menumpuk sehingga membuat lantai produksi terlihat penuh	4	Butuh waktu untuk penyesuaian mesin dengan spesifikasi jenis <i>spare part</i> yang akan diproduksi	10	Operator melakukan <i>setup</i> sesuai dengan spesifikasi produk yang akan dikerjakan	6	240	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur <i>setup</i> mesin	Memberikan <i>training</i> kepada operator terkait prosedur pelaksanaan <i>setup</i> mesin
		4	Perusahaan ingin menghemat tenaga dalam melakukan perpindahan bahan baku ke lantai produksi karena jarak antara gudang bahan baku dan lantai produksi cukup jauh	8	Melakukan pengangkutan bahan baku satu minggu sekali	3	96	Evaluasi terkait proses pengiriman bahan baku dari gudang ke lantai produksi	Perbaiki SOP penggunaan dan pengiriman bahan baku
		4	Tidak adanya penataan hasil pemotongan dengan baik	9	Memberi peringatan ringan pada pekerja	3	108	Evaluasi secara teknis terkait penataan bahan baku pada lantai produksi	Penerapan 5S pada perusahaan
9	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	9	2	162		Evaluasi secara teknis terkait penataan produk WIP pada lantai produksi			
Penumpukan produk WIP pada lorong lantai produksi	Lead time produksi <i>spare part</i> menjadi lebih lama	9	Operator kurang memahami dan kurang ahli dalam melakukan prosedur <i>setup</i> mesin	10	Operator melakukan <i>setup</i> sesuai dengan spesifikasi produk yang akan dikerjakan	3	270	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur <i>setup</i> mesin	Memberikan <i>training</i> kepada operator terkait prosedur pelaksanaan <i>setup</i> mesin
		9	Tidak dilakukan pengelompokan <i>work station</i> sesuai dengan jenis <i>spare part</i> yang serupa	10	Belum ada kontrol khusus yang dilakukan perusahaan	3	270	Evaluasi terkait tata letak lantai produksi yang sudah diterapkan	Perbaiki <i>layout</i> lantai produksi
		9	Kesalahan penataan oleh operator sehingga penataan bahan baku tidak terstruktur	9	Melakukan penataan bahan baku sesuai jenis dan ukuran bahan baku	2	162	Evaluasi secara teknis terkait penataan bahan baku pada lantai produksi	Penerapan 5S pada perusahaan

Berdasarkan Tabel 5.8 ditunjukkan bahwa terdapat tiga *root cause waste inventory* yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu ≥ 200 dan merupakan prioritas *waste* yang harus segera diselesaikan. Prioritas *root cause* tersebut meliputi butuh waktu untuk penyesuaian mesin dengan spesifikasi jenis *spare part* yang akan diproduksi, tidak ada standar yang baku dalam proses *setup* mesin, dan tidak dilakukan pengelompokan *work station* sesuai dengan jenis *spare part* yang serupa. Terdapat beberapa *action taken* yang direkomendasikan untuk melakukan penyelesaian prioritas permasalahan *waste inventory* tersebut yaitu memberikan *training* kepada operator terkait prosedur pelaksanaan *setup* mesin dan perbaikan *layout* rantai produksi.

5.4.3 FMEA Waste Inappropriate Processing

Berikut merupakan penilaian FMEA untuk setiap *waste inappropriate processing* yang ditunjukkan pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 9 FMEA *Waste Inappropriate Processing*

Potential Failure Mode	Potential Effect	S	Potential Causes	O	Control	D	RPN	Recommended Action	Action Taken
<i>Rework</i> karena ketidaksempurnaan hasil produksi	Produk cacat dan harus dilakukan perbaikan dengan melakukan <i>rework</i>	8	Kesalahan dalam menjalankan prosedur pemasangan benda kerja	7	Pengecekan visual dalam melakukan pemasangan benda kerja	4	224	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur <i>setup</i> mesin	Memberikan <i>training</i> kepada operator terkait prosedur pelaksanaan <i>setup</i> mesin
		8	Operator kurang fokus dalam bekerja	9	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	2	144	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan <i>training</i> secara berkala terkait proses produksi
		8	Tidak dilakukan perawatan dan pembersihan mata pahat secara berkala	8	Operator melakukan pembersihan peralatan saat kondisi sudah sangat kotor	3	192	Evaluasi terkait proses pembersihan dan pemeliharaan peralatan	Pembuatan <i>checklist</i> pemeliharaan dan pembersihan mesin atau peralatan di setiap stasiun kerja
		8	<i>Setup</i> mesin kurang sesuai prosedur	8	Operator melakukan <i>setup</i> sesuai dengan kemampuan operator	4	256	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur <i>setup</i> mesin	Memberikan <i>training</i> kepada operator terkait prosedur pelaksanaan <i>setup</i> mesin
		8	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	10	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	3	240	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan <i>training</i> secara berkala terkait proses produksi
		8	Operator kurang memahami prosedur pelaksanaan <i>heat treatment</i>	10	Perkiraan jumlah arang sesuai dengan jumlah <i>spare part</i> dan tingkat kekerasan yang ingin dicapai	4	320	Evaluasi kepada operator terkait pemahaman prosedur proses pengerasan	Memberikan <i>training</i> terkait prosedur proses pengerasan
		8	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku	7	Inspeksi visual sebelum dilakukan proses produksi	3	168	Inspeksi bahan baku secara lebih ketat	Pembuatan <i>checklist</i> inspeksi bahan baku

Berdasarkan Tabel 5.9 ditunjukkan bahwa terdapat lima *root cause waste inappropriate processing* yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu ≥ 200 dan merupakan prioritas *waste* yang harus segera diselesaikan. Prioritas *root cause* tersebut meliputi kesalahan dalam menjalankan prosedur pemasangan benda kerja, *setup* mesin kurang sesuai prosedur, belum terdapat *training* secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja, Operator kurang memahami prosedur pelaksanaan *heat treatment*, dan tidak dilakukan *maintenance* pada mesin secara berkala. Terdapat beberapa *action taken* yang direkomendasikan untuk melakukan penyelesaian prioritas permasalahan *waste inappropriate processing* tersebut yaitu pembuatan memberikan *training* kepada operator terkait prosedur pelaksanaan *setup* mesin, memberikan *training* secara berkala terkait proses produksi, Memberikan *training* terkait prosedur proses pengerasan, dan perbaikan sistem *maintenance* menggunakan *preventive maintenance*.

5.4.4 FMEA Waste Transportation

Berikut merupakan penilaian FMEA untuk setiap *waste transportation* yang ditunjukkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 FMEA Waste Transportation

Potential Failure Mode	Potential Effect	S	Potential Causes	O	Control	D	RPN	Recommended Action	Action Taken
Perpindahan yang kurang efisien untuk menuju proses produksi selanjutnya	Proses perpindahan produk WIP menjadi lama	4	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	10	Belum ada kontrol khusus yang dilakukan perusahaan	3	120	Menambahkan fasilitas untuk melakukan perpindahan produk WIP	Perancangan fasilitas <i>material handling</i>
		4	Tata letak produksi yang kurang mempertimbangkan aliran proses	10	Pemindahan produk WIP sesuai dengan rute terdekat	3	120	Evaluasi terkait penataan <i>layout</i> pada lantai produksi	Perbaikan <i>layout</i> lantai produksi
		4	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	9	Memberi peringatan ringan pada pekerja	2	72	Evaluasi secara teknis terkait penataan peralatan pada lantai produksi	Penerapan 5S pada perusahaan
		4	Penempatan <i>layout</i> yang tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>	10	Belum ada kontrol khusus yang dilakukan perusahaan	3	120	Evaluasi terkait penataan <i>layout</i> pada lantai produksi	Perbaikan <i>layout</i> lantai produksi
Pengangkutan bahan baku ke lantai produksi yang lama	Proses produksi harus menunggu bahan baku datang	10	Perusahaan ingin menghemat tenaga dalam melakukan perpindahan bahan baku ke lantai produksi karena jarak antara gudang bahan baku dan lantai produksi cukup jauh	8	Melakukan pengangkutan bahan baku satu minggu sekali	3	240	Evaluasi terkait proses pengiriman bahan baku dari gudang ke lantai produksi	Perbaikan SOP penggunaan dan pengiriman bahan baku
		10	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	9	Melakukan penataan bahan baku sesuai jenis dan ukuran bahan baku	2	180	Evaluasi secara teknis terkait penataan bahan baku pada lantai produksi	Penerapan 5S pada perusahaan

Berdasarkan Tabel 5.10 ditunjukkan bahwa terdapat satu buah *root cause waste transportation* yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu ≥ 200 dan merupakan prioritas *waste* yang harus segera diselesaikan. Prioritas *root cause* tersebut yaitu perbaikan SOP penggunaan dan pengiriman bahan baku. *Action taken* yang direkomendasikan untuk melakukan penyelesaian prioritas permasalahan *waste transportation* tersebut yaitu perbaikan SOP penggunaan dan pengiriman bahan baku.

5.4.5 FMEA Waste Waiting

Berikut merupakan penilaian FMEA untuk setiap *waste transportation* yang ditunjukkan pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 FMEA Waste Waiting

Potential Failure Mode	Potential Effect	S	Potential Causes	O	Control	D	RPN	Recommended Action	Action Taken
Menunggu untuk memperbaiki mesin atau alat yang rusak	Produksi spare part mengalami keterlambatan bahkan mengakibatkan proses produksi berhenti dalam jangka waktu tertentu	9	Operator lalai dalam menggunakan mesin produksi	9	Pengecekan visual dalam melakukan pengoperasian mesin	2	162	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan <i>training</i> secara berkala terkait proses produksi
		9	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala	8	Proses <i>maintenance</i> setelah terjadi kerusakan pada mesin	5	360	Evaluasi terhadap prosedur pelaksanaan <i>maintenance</i> mesin	Perbaiki sistem <i>maintenance</i> menggunakan <i>preventive maintenance</i>
		9	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator	9	Perusahaan menyediakan tempat khusus untuk membuang <i>scrap</i>	3	243	Evaluasi secara teknis terkait peletakan tempat pembuangan <i>scrap</i>	Penerapan 5S pada perusahaan
		9	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin	8	Operator melakukan pembersihan mesin dan alat saat mesin dalam kondisi sangat kotor	3	216	Evaluasi terkait proses pembersihan dan pemeliharaan mesin maupun peralatan	Pembuatan <i>checklist</i> pemeliharaan dan pembersihan mesin di setiap stasiun kerja
		9	Umur mesin untuk melakukan proses produksi cukup tua	3	Melakukan pengecekan dan pergantian komponen mesin ketika terjadi kerusakan	5	135	Evaluasi terhadap prosedur pelaksanaan <i>maintenance</i> mesin	Perbaiki sistem <i>maintenance</i> menggunakan <i>preventive maintenance</i>
		9	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala	8	Proses <i>maintenance</i> setelah terjadi kerusakan pada mesin	5	360		

Tabel 5. 11 FMEA Waste Waiting (Lanjutan)

Potential Failure Mode	Potential Effect	S	Potential Causes	O	Control	D	RPN	Recommended Action	Action Taken
Menunggu untuk memperbaiki mesin atau alat yang rusak	Produksi spare part mengalami keterlambatan bahkan mengakibatkan proses produksi berhenti dalam jangka waktu tertentu	9	Letak kerusakan pada mesin masih belum teridentifikasi	7	Inspeksi kerusakan mesin secara visual dibantu dengan alat khusus	6	378	Evaluasi proses maintenance mesin yang telah dilakukan	Pembuatan checklist pemeliharaan mesin di setiap stasiun kerja.
		9	Kesalahan pelaksanaan prosedur dalam melakukan proses perbaikan	10	Operator melakukan perbaikan mesin sesuai dengan kemampuan individu	3	270	Evaluasi terhadap pelaksanaan perbaikan mesin	Memberikan training secara berkala terkait maintenance mesin
		9	Pada rantai produksi belum diterapkan sistem 5S	9	Memberi peringatan ringan pada pekerja	2	162	Evaluasi secara teknis terkait penataan peralatan pada rantai produksi	Penerapan 5S pada perusahaan
Bottleneck pada proses produksi	Lead time produksi menjadi lebih lama	8	Belum terdapat training secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	10	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	3	240	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan training secara berkala terkait proses produksi
		8	Butuh waktu untuk penyesuaian mesin dengan spesifikasi jenis spare part yang akan diproduksi	10	Inspeksi visual untuk melakukan penyesuaian mesin	4	320	Evaluasi terhadap pelaksanaan prosedur setup mesin	Memberikan training kepada operator terkait prosedur pelaksanaan setup mesin
		8	Tidak dilakukan pengelompokan work station sesuai dengan jenis spare part yang serupa	10	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	3	240	Evaluasi terkait tata letak rantai produksi yang sudah diterapkan	Perbaiki layout rantai produksi

Tabel 5. 11 FMEA Waste Waiting (Lanjutan)

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Control</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>	<i>Action Taken</i>
<i>Bottleneck</i> pada proses produksi	<i>Lead time</i> produksi menjadi lebih lama	8	Penempatan <i>layout</i> yang tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>	10	Belum ada kontrol khusus yang dilakukan perusahaan	3	240	Evaluasi terkait penataan <i>layout</i> pada lantai produksi	Perbaiki <i>layout</i> lantai produksi
		8	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	10		3	240	Menambahkan fasilitas untuk melakukan perpindahan produk WIP	Perancangan fasilitas <i>material handling</i>
		8	Penyimpanan bahan baku tidak ditata dengan rapi sehingga menghalangi operator	9	Memberi peringatan ringan pada pekerja	2	144	Evaluasi secara teknis terkait penataan bahan baku pada lantai produksi	Penerapan 5S pada perusahaan
Menunggu perbaikan produk <i>defect</i>	Produksi jenis <i>spare part</i> lain harus menunggu lebih lama karena terdapat produk lain untuk di- <i>rework</i>	7	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	10	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	3	210	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan <i>training</i> secara berkala terkait proses produksi

Berdasarkan Tabel 5.11 ditunjukkan bahwa terdapat dua belas *root cause waste waiting* yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu ≥ 200 dan merupakan prioritas *waste* yang harus segera diselesaikan. Prioritas *root cause* tersebut meliputi tidak dilakukan *maintenance* pada mesin secara berkala, letak tempat pembuangan scrap tidak dekat dengan operator, tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin, kesalahan pelaksanaan prosedur dalam melakukan proses perbaikan, tidak dapat prosedur secara tertulis untuk operator dalam melakukan proses perbaikan, butuh waktu untuk penyesuaian mesin dengan spesifikasi jenis *spare part* yang akan diproduksi, tidak dilakukan pengelompokan *work station* sesuai dengan jenis *spare part* yang serupa, penempatan *layout* yang tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai *part family*, tidak terdapat alat *material handling* yang digunakan untuk perpindahan proses, belum terdapat *training* secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja, dan tidak terdapat SOP untuk menangani produk yang mengalami kecacatan. Terdapat beberapa *action taken* yang direkomendasikan untuk melakukan penyelesaian prioritas permasalahan *waste waiting* tersebut yaitu perbaikan sistem *maintenance* menggunakan *preventive maintenance*, penerapan 5S pada perusahaan, pembuatan *checklist* pemeliharaan dan pembersihan mesin di setiap stasiun kerja, memberikan *training* kepada operator terkait prosedur pelaksanaan *setup* dan *maintenance* mesin, Perbaikan *layout* rantai produksi, perancangan fasilitas *material handling*, memberikan *training* secara berkala terkait proses produksi, dan pembuatan SOP klasifikasi penanganan produk cacat.

5.4.6 FMEA Waste Motion

Berikut merupakan penilaian FMEA untuk setiap *waste motion* yang ditunjukkan pada Tabel 5.12.

Tabel 5. 12 FMEA Waste Motion

Potential Failure Mode	Potential Effect	S	Potential Causes	O	Control	D	RPN	Recommended Action	Action Taken
Operator mondar-mandir melewati satu area yang sama	Proses perpindahan menjadi lama	7	Operator tidak di- <i>training</i> untuk mengoperasikan keseluruhan jenis mesin	10	Pengawasan lapangan secara berkala oleh manajer perusahaan	2	140	Melakukan pengawasan lebih ketat kepada operator	Memberikan <i>training</i> secara berkala terkait proses produksi
		7	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala	10	Proses <i>maintenance</i> setelah terjadi kerusakan pada mesin	5	350	Evaluasi terhadap prosedur pelaksanaan <i>maintenance</i> mesin	Perbaiki sistem <i>maintenance</i> menggunakan <i>preventive maintenance</i>
		7	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator	10	Perusahaan menyediakan tempat khusus untuk membuang <i>scrap</i>	2	140	Evaluasi secara teknis terkait peletakan tempat pembuangan <i>scrap</i>	Penerapan 5S pada perusahaan
		7	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin	8	Operator melakukan pembersihan mesin dan alat saat mesin dalam kondisi sangat kotor	3	168	Evaluasi terkait proses pembersihan dan pemeliharaan mesin	Pembuatan <i>checklist</i> pemeliharaan dan pembersihan mesin di setiap stasiun kerja
		7	Tata letak produksi yang kurang mempertimbangkan aliran proses	10	Pemindahan produk WIP sesuai dengan rute terdekat	3	210	Evaluasi terkait penataan <i>layout</i> pada lantai produksi	Perbaiki <i>layout</i> lantai produksi
		7	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	10	Belum ada kontrol khusus yang dilakukan perusahaan	3	210	Menambahkan fasilitas untuk melakukan perpindahan produk WIP	Perancangan fasilitas <i>material handling</i>
		7	Penempatan <i>layout</i> tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>	10		3	210	Evaluasi terkait penataan <i>layout</i> pada lantai produksi	Perbaiki <i>layout</i> lantai produksi
		7	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	9	Melakukan penataan alat sesuai jenis dan ukuran alat	2	126	Evaluasi secara teknis terkait penataan peralatan pada lantai produksi	Penerapan 5S pada perusahaan

Berdasarkan Tabel 5.12 ditunjukkan bahwa terdapat lima *root cause waste motion* yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu ≥ 200 dan merupakan prioritas *waste* yang harus segera diselesaikan. Prioritas *root cause* tersebut meliputi tidak dilakukan *maintenance* pada mesin secara berkala, tata letak produksi yang kurang mempertimbangkan aliran proses, tidak terdapat alat *material handling* yang digunakan untuk perpindahan proses, penempatan *layout* tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai *part family*, dan letak kerusakan pada mesin masih belum teridentifikasi. Terdapat beberapa *action taken* yang direkomendasikan untuk melakukan penyelesaian prioritas permasalahan *waste motion* tersebut yaitu perbaikan sistem maintenance menggunakan *preventive maintenance*, perbaikan *layout* lantai produksi, perancangan fasilitas *material handling*, dan pembuatan *checklist* pemeliharaan mesin di setiap stasiun kerja.

5.5 Usulan Rekomendasi Perbaikan

Pada tahap ini dilakukan perancangan rekomendasi perbaikan berupa penyusunan alternatif perbaikan dan hubungan akar penyebab *waste* dengan alternatif perbaikan.

5.5.1 Penyusunan Alternatif Perbaikan

Pada bagian ini ditunjukkan mengenai perancangan alternatif rekomendasi perbaikan yang dibuat dengan mempertimbangkan akar permasalahan terpilih serta nilai RPN tertinggi yang memiliki nilai ≥ 200 pada FMEA. Berdasarkan FMEA telah didapatkan *action taken* untuk setiap pemborosan yang terdapat pada lantai produksi. *Action taken* tersebut digunakan sebagai dasar penyusunan alternatif perbaikan yang dapat diimplementasikan perusahaan. Berikut merupakan beberapa alternatif perbaikan yang disusun.

a. Alternatif 1: Perbaikan Sistem dan Manajemen Produksi

Alternatif perbaikan dalam sistem dan manajemen produksi dilakukan dengan tujuan meningkatkan efektivitas serta efisiensi sistem produksi *spare part*. Beberapa langkah perbaikan yang dilakukan dalam pelaksanaan alternatif ini yaitu:

1. Penerapan 5S pada perusahaan.
2. Perancangan fasilitas *material handling*.
3. Perbaikan *layout* rantai produksi.
4. Pelaksanaan *training* terkait prosedur kerja untuk meningkatkan kinerja operator.

b. Alternatif 2: Perbaikan Sistem Inspeksi dan Pemeliharaan

Permasalahan yang seringkali muncul dan menimbulkan terjadinya *waste* pada rantai produksi yaitu sering terjadinya *breakdown* pada mesin karena tidak dilakukan *maintenance* mesin secara berkala dan lamanya waktu proses *setup* mesin. Langkah perbaikan yang dilakukan dalam pelaksanaan alternatif ini yaitu:

1. Perbaikan sistem *maintenance* dengan *preventive maintenance*.
2. Pembuatan *checklist* pemeliharaan dan pembersihan mesin atau peralatan di setiap stasiun kerja.

c. Alternatif 3: Perbaikan Sistem Pengelolaan Bahan Baku

Beberapa akar permasalahan yang seringkali muncul yaitu sistem pengelolaan bahan baku yang kurang baik seperti pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku, tidak tempat penyimpanan material yang tertutup pada rantai produksi, sistem FIFO sepenuhnya ketika material akan digunakan, dan pihak gudang yang kurang merespons bagian produksi untuk segera mengirimkan bahan baku yang diperlukan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan sistem bahan baku agar akar permasalahan yang menimbulkan terjadinya *waste* dapat di eliminasi. Beberapa langkah perbaikan yang dilakukan dalam pelaksanaan alternatif ini yaitu:

1. Perbaikan SOP pengiriman bahan baku ke rantai produksi.
2. Pembuatan *checklist* inspeksi bahan baku.
3. Perbaikan rak penyimpanan bahan baku pada rantai produksi.

5.5.2 Hubungan Akar Penyebab Waste dengan Alternatif Perbaikan

Setelah dilakukan penyusunan alternatif rekomendasi perbaikan, perlu dilakukan identifikasi keterkaitan antara akar penyebab setiap *waste* dengan alternatif perbaikan untuk menunjukkan apakah alternatif perbaikan yang disusun dapat menyelesaikan semua akar permasalahan yang terdapat pada rantai produksi. Tabel 5.13 sampai Tabel 5.18 menunjukkan keterkaitan antara akar penyebab *waste* dan alternatif perbaikan untuk *waste defect, inventory, inappropriate processing, transportation, waiting, dan motion*.

Tabel 5. 13 Hubungan Akar Penyebab *Waste Defect* dengan Alternatif Perbaikan

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
Karat pada bahan baku	Pada rantai produksi belum diterapkan sistem 5S	✓		
	Belum menerapkan sistem FIFO sepenuhnya ketika material akan digunakan			✓
	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku			✓
	Tidak terdapat tempat penyimpanan material yang tertutup pada rantai produksi			✓
Gelombang pada permukaan	Setup mesin kurang sesuai prosedur	✓		
	Operator meletakkan produk WIP di sembarang tempat dan tidak rapi	✓		
	Kesalahan dalam menjalankan prosedur pemasangan benda kerja	✓		
	Operator kurang fokus dalam bekerja	✓		
	Tidak dilakukan pengecekan dan perawatan (<i>maintenance</i>) pada mesin secara berkala		✓	
	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin		✓	
	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	✓		
Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku			✓	
Goresan pada permukaan	Setup mesin kurang sesuai prosedur	✓		
	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator	✓		
	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin		✓	
	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku			✓
Tingkat kekerasan belum sesuai	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	✓		
	Tidak dilakukan pengecekan dan perawatan (<i>maintenance</i>) pada <i>oven furnace heat treatment</i>		✓	
	Tidak ada standar yang ditetapkan dalam penetapan jumlah arang untuk proses <i>heat treatment</i>	✓		

Tabel 5. 13 Hubungan Akar Penyebab *Waste Defect* dengan Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
Keretakan permukaan <i>spare part</i>	Operator meletakkan produk WIP di sembarang tempat dan tidak rapi	✓		
	<i>Material handling</i> dilakukan secara manual (tidak menggunakan alat <i>material handling</i>)	✓		
	<i>Routing</i> yang kurang efektif sehingga menyebabkan operator harus melakukan <i>material handling</i> cukup jauh	✓		
	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku			✓
Dimensi kurang dari spesifikasi yang ditetapkan	Mata pahat tidak disusun dengan rapi dan tidak berurutan	✓		
	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	✓		
	Operator kurang memahami dan kurang ahli dalam melakukan prosedur <i>setup</i> mesin	✓		

Tabel 5. 14 Hubungan Akar Penyebab *Waste Inventory* dengan Alternatif Perbaikan

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
Penumpukan bahan baku setelah dilakukan proses pemotongan bahan baku	Butuh waktu untuk penyesuaian mesin dengan spesifikasi jenis <i>spare part</i> yang akan diproduksi	✓		
	Perusahaan ingin menghemat tenaga dalam melakukan perpindahan bahan baku ke lantai produksi karena jarak antara gudang bahan baku dan lantai produksi cukup jauh			✓
	Tidak adanya penataan hasil pemotongan dengan baik	✓		
Penumpukan produk WIP pada lorong lantai produksi	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	✓		
	Operator kurang memahami dan kurang ahli dalam melakukan prosedur <i>setup</i> mesin	✓		
	Tidak dilakukan pengelompokan <i>work station</i> sesuai dengan jenis <i>spare part</i> yang serupa	✓		
	Kesalahan penataan oleh operator sehingga penataan bahan baku tidak terstruktur	✓		

Tabel 5. 15 Hubungan Akar Penyebab *Waste Inappropriate Processing* dengan Alternatif Perbaikan

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
<i>Rework</i> karena ketidaksempurnaan hasil produksi	Kesalahan dalam menjalankan prosedur pemasangan benda kerja		✓	
	Operator kurang fokus dalam bekerja	✓		
	Tidak dilakukan perawatan dan pembersihan mata pahat secara berkala		✓	
	<i>Setup</i> mesin kurang sesuai prosedur	✓		
	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	✓		
	Tidak ada standar yang ditetapkan dalam penetapan jumlah arang untuk proses <i>heat treatment</i>	✓		

Tabel 5. 15 Hubungan Akar Penyebab *Waste Inappropriate Processing* dengan Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
<i>Rework</i> karena ketidaksempurnaan hasil produksi	Pihak gudang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku			✓
Inspeksi berulang berupa pengecekan dimensi	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	✓		
	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala		✓	

Tabel 5. 16 Hubungan Akar Penyebab *Waste Transportation* dengan Alternatif Perbaikan

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
Perpindahan yang kurang efisien untuk menuju proses produksi selanjutnya	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	✓		
	Tata letak produksi yang kurang mempertimbangkan aliran proses	✓		
	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	✓		
	Penempatan <i>layout</i> yang tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>	✓		
Pengangkutan bahan baku ke lantai produksi yang lama	Perusahaan ingin menghemat tenaga dalam melakukan perpindahan bahan baku ke lantai produksi karena jarak antara gudang bahan baku dan lantai produksi cukup jauh			✓
	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	✓		

Tabel 5. 17 Hubungan Akar Penyebab *Waste Waiting* dengan Alternatif Perbaikan

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
Menunggu untuk memperbaiki mesin atau alat yang rusak	Operator lalai dalam menggunakan mesin produksi	✓		
	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala		✓	
	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator	✓		
	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin		✓	
	Umur mesin untuk melakukan proses produksi cukup tua		✓	
	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala		✓	
	Letak kerusakan pada mesin masih belum teridentifikasi		✓	
	Kesalahan pelaksanaan prosedur dalam melakukan proses perbaikan	✓		
	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	✓		
<i>Bottleneck</i> pada proses produksi	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	✓		
	Butuh waktu untuk penyesuaian mesin dengan spesifikasi jenis <i>spare part</i> yang akan diproduksi	✓		

Tabel 5. 17 Hubungan Akar Penyebab *Waste Waiting* dengan Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
Bottleneck pada proses produksi	Tidak dilakukan pengelompokan <i>work station</i> sesuai dengan jenis <i>spare part</i> yang serupa	✓		
	Penempatan <i>layout</i> yang tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>	✓		
	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	✓		
	Penyimpanan bahan baku tidak ditata dengan rapi sehingga menghalangi operator	✓		
Menunggu perbaikan produk <i>defect</i>	Belum terdapat <i>training</i> secara merata kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja	✓		

Tabel 5. 18 Hubungan Akar Penyebab *Waste Motion* dengan Alternatif Perbaikan

Waste	Akar Permasalahan	Alternatif		
		1	2	3
Operator mondar-mandir melewati satu area yang sama	Operator tidak di- <i>training</i> untuk mengoperasikan keseluruhan jenis mesin	✓		
	Tidak dilakukan <i>maintenance</i> pada mesin secara berkala		✓	
	Letak tempat pembuangan <i>scrap</i> tidak dekat dengan operator	✓		
	Tidak dilakukan pembersihan mesin dan alat secara rutin		✓	
	Tata letak produksi yang kurang mempertimbangkan aliran proses	✓		
	Tidak terdapat alat <i>material handling</i> yang digunakan untuk perpindahan proses	✓		
	Penempatan <i>layout</i> tidak mempertimbangkan aliran proses sesuai <i>part family</i>	✓		
	Pada lantai produksi belum diterapkan sistem 5S	✓		
Proses pengecekan mesin ulang secara manual karena masih terjadi sedikit kemacetan setelah dilakukan perbaikan	Letak kerusakan pada mesin masih belum teridentifikasi		✓	
	Kesalahan pelaksanaan prosedur dalam melakukan proses perbaikan	✓		

BAB 6

PERANCANGAN REKOMENDASI PERBAIKAN

Pada bab ini ditunjukkan mengenai perancangan rekomendasi perbaikan dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir berdasarkan *root cause analysis* dan *failure mode and effect analysis* yang telah dibuat untuk setiap *waste*. Bagian ini terdiri dari beberapa sub-bab yaitu penyusunan rekomendasi perbaikan, penentuan kombinasi alternatif perbaikan, implementasi *lean thinking* tahap akhir, dan pembuatan *future value stream mapping*.

6.1 Penyusunan Rekomendasi Perbaikan

Pada sub-bab ini dijelaskan mengenai penyusunan rekomendasi perbaikan dengan tiga alternatif yaitu perbaikan sistem dan manajemen produksi, perbaikan sistem inspeksi dan pemeliharaan, serta perbaikan sistem pengelolaan bahan baku.

6.1.1 Perbaikan Sistem dan Manajemen Produksi

Alternatif perbaikan pertama yaitu memberikan rekomendasi perbaikan sistem dan manajemen produksi berupa penerapan 5S pada perusahaan, perbaikan *layout* lantai produksi, pengadaan fasilitas *material handling*, dan pelaksanaan *training* terkait prosedur kerja untuk meningkatkan kinerja operator yaitu sebagai berikut.

6.1.1.1 Penerapan 5S pada Perusahaan

Berdasarkan beberapa akar penyebab masalah yang telah diidentifikasi diketahui bahwa operator seringkali meletakkan peralatan, bahan baku, serta produk WIP secara tidak beraturan dan tidak teratur. Hal tersebut terjadi karena pada lantai produksi belum diterapkan prosedur 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu*, dan *Shitsuke*) atau disebut juga sebagai 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, dan Rajin). Belum adanya penerapan 5S pada lantai produksi mengakibatkan pekerjaan yang dilakukan operator terhambat serta menurunkan efisiensi kerja. Metode 5S merupakan suatu upaya dalam pengorganisasian seluruh area kerja pada lantai produksi yang dilakukan dengan mengidentifikasi dan memilah peralatan yang

diperlukan, menjaga kebersihan serta kerapian, dan mempertahankan ketertiban dengan tujuan terciptanya area kerja yang bersih, aman, dan efisien sehingga dapat meningkatkan produktivitas (Antony et al., 2016). Berikut merupakan penjabaran untuk setiap perancangan metode 5S pada perusahaan.

a. *Seiri* (Ringkas)

Seiri merupakan suatu kegiatan untuk mengatur segala sesuatu dengan memilah sesuatu yang tidak perlu pada area kerja. Pihak perusahaan harus mengambil keputusan dalam melakukan manajemen pembuangan benda yang tidak perlu karena operator akan mengalami kebingungan dalam melakukan pengambilan barang jika terdapat benda yang tidak digunakan pada area kerja.

b. *Seiton* (Rapi)

Seiton merupakan aktivitas penyimpanan barang di tempat yang tepat pada lokasi tertentu sehingga dapat digunakan dalam keadaan mendadak. Hal tersebut memudahkan operator dalam melakukan pencarian benda kerja.

c. *Seiso* (Resik)

Seiso merupakan pembersihan barang dari kotoran maupun pembersihan area kerja dari barang-barang yang tidak diperlukan. Pada rantai produksi belum diterapkan sistem piket bagi pekerja dan perusahaan hanya memberi himbauan kepada operator untuk melakukan pembersihan ketika area kerja sudah sangat kotor. Di sekitar mesin produksi masih terdapat *scrap* yang berserakan sehingga mengganggu operator dalam melakukan proses produksi, selain itu area kerja juga terlihat sangat kotor karena tidak dilakukan pembersihan secara berkala. Oleh karena itu rekomendasi yang dapat diberikan bagi perusahaan yaitu membuat jadwal piket bagi pekerja agar rantai produksi selalu bersih.

d. *Seiketsu* (Rawat)

Seiketsu merupakan pemeliharaan barang dan tempat kerja agar teratur, bersih, dan dalam keadaan baik. Biasanya proses perawatan dilakukan dengan menciptakan dan memelihara kontrol visual.

e. *Shitsuke* (Rajin)

Shitsuke merupakan langkah terakhir dalam melakukan penerapan 5S agar sistem kerja dapat dilakukan secara berkelanjutan. *Shitsuke* dilakukan untuk

memberi motivasi kepada pekerja untuk secara terus menerus turut andil dalam kegiatan perawatan dan menaati aturan. Seluruh pekerja yang terdapat di perusahaan diharapkan dapat melakukan sesuatu dengan cara yang benar sesuai dengan kebiasaan.

6.1.1.2 Perbaiki *Layout* Lantai Produksi

Berdasarkan akar permasalahan yang telah dianalisis sebelumnya didapatkan bahwa pada lantai produksi masih belum dilakukan *routing* yang efektif karena tata letak yang kurang mempertimbangkan aliran proses sehingga menyebabkan operator harus melakukan perpindahan yang cukup jauh untuk mengantarkan produk WIP. Tata letak produksi yang kurang mempertimbangkan urutan aliran proses juga menyebabkan terjadinya *bottleneck* pada proses produksi sehingga *lead time* produksi menjadi lebih lama dibandingkan dengan yang seharusnya. Selain itu *layout* pada lantai produksi juga belum mempertimbangkan pengelompokan area kerja sesuai dengan jenis dengan urutan proses produksi yang serupa untuk setiap *part family*. Pada kondisi aktual, setiap *workstation* pada lantai produksi dikelompokkan sesuai dengan jenis mesinnya masing-masing.

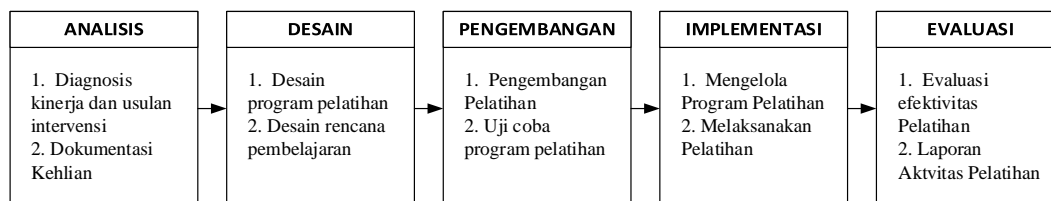
Salah satu bentuk perancangan fasilitas berdasarkan desain produk yang serupa atau urutan proses produksi yang serupa yaitu *product family layout* tau *group technology layout*. Pada *group technology layout* setiap mesin produksi akan dikelompokkan dan ditempatkan dalam suatu *manufacturing cell* untuk setiap kelompok produk (*part family*) dengan tujuan meningkatkan efisiensi dalam proses manufaktur. Semakin besar jarak perpindahan yang dilakukan maka waktu perpindahan semakin besar. Untuk mereduksi total jarak perpindahan diperlukan langkah perbaikan berupa perancangan *layout* ulang. Metode yang digunakan untuk melakukan perancangan tata letak fasilitas ulang yaitu *group technology* dengan algoritme *Rank Order Clustering* (ROC).

6.1.1.3 Pelaksanaan *Training* Terkait Prosedur Kerja untuk Meningkatkan Kinerja Operator

Beberapa penyebab terjadinya *defect* yang terjadi pada proses produksi *spare part* yaitu kesalahan dalam menjalankan prosedur pemasangan benda kerja

dan kesalahan operator dalam meletakkan jumlah arang dalam melakukan proses *heat treatment* karena operator kurang memahami prosedur pelaksanaan *heat treatment*. Selain itu operator juga seringkali mengalami kebosanan karena tidak adanya *rolling* tugas untuk operator dalam melakukan pengoperasian mesin lain sehingga menimbulkan *waste motion* karena operator yang mondar-mandir karena bosan. Dari beberapa permasalahan tersebut, diberikan rekomendasi perbaikan kepada perusahaan untuk melakukan *training* kepada operator terkait prosedur pelaksanaan kerja untuk setiap bagian pada stasiun kerja. Menurut Elfani et al. (2018) pelatihan pekerja dapat mempengaruhi kinerja pekerja sebesar 11,9%, memberi pengaruh motivasi kerja terhadap kinerja karyawan sebesar 30,1%, dan secara simultan memberi pengaruh motivasi dan kepuasan kinerja pekerja sebesar 39,3%. Tujuan diadakannya pelatihan ini yaitu agar operator dapat mengoperasikan setiap mesin sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.

Menurut Swanson & Holton III, 2009, terdapat model pelatihan untuk sistem kinerja (*Training for Performance System*) yang menggambarkan lima tahap dalam proses pelatihan yang saling berhubungan satu sama lain dan merupakan proses yang sistematis. Para ahli memberikan pelatihan untuk memenuhi pengetahuan dan keahlian yang dibutuhkan pekerja. Berikut merupakan model proses pelatihan untuk sistem kinerja yang ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Model Proses Pelatihan untuk Sistem Kinerja
(Sumber: Swanson & Holton III, 2009)

6.1.1.4 Pengadaan Fasilitas *Material Handling*

Salah satu akar permasalahan yang kerap kali terjadi pada rantai produksi yaitu *material handling* yang masih dilakukan secara manual sehingga operator sering mondar-mandir untuk mengantarkan produk WIP yang cukup banyak dan juga mengakibatkan *bottleneck* karena produk harus menunggu produk WIP datang

dari stasiun produksi sebelumnya. Selain itu jika operator melakukan proses *material handling* secara manual dan membawa sekaligus produk dalam jumlah banyak sehingga beban yang dibawa operator cukup berat yang menimbulkan produk terkadang jatuh dan terbentur ke permukaan lantai. Untuk mengatasi hal tersebut dan meningkatkan efisiensi dalam melakukan transportasi produk, perusahaan dapat melakukan investasi alat *material handling* berupa *hand trolley*. Alat *material handling* merupakan peralatan yang berguna untuk memindahkan barang yang berat dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak yang tidak jauh. Berikut merupakan alat *material handling* yang dapat digunakan perusahaan yang ditunjukkan pada Gambar 6.2.



Gambar 6. 2 *Hand Trolley*
(Sumber: monotaro.id)

6.1.2 *Perbaikan Sistem Inspeksi dan Pemeliharaan*

Alternatif perbaikan kedua yaitu perbaikan inspeksi dan pemeliharaan berupa perbaikan sistem *maintenance* menggunakan *preventive maintenance*, pembuatan *checklist* pemeliharaan dan pembersihan mesin atau peralatan di setiap stasiun kerja, dan pembuatan SOP pelaksanaan *setup* mesin di setiap stasiun kerja yaitu sebagai berikut.

6.1.2.1 *Perbaikan Sistem Maintenance dengan Preventive Maintenance*

Berdasarkan *value stream mapping* diketahui bahwa terjadi *breakdown* pada mesin bubut dan mesin asah yang menyebabkan adanya waktu tunggu pada proses produksi, mengakibatkan *lead time* produksi menjadi lebih lama, dan

membuat aktivitas produksi terhambat. Berdasarkan identifikasi *waste* juga didapatkan bahwa kerusakan mesin seringkali menyebabkan terjadinya *waste defect* karena mata pahat tidak mampu melakukan pembubutan dengan baik dan mengalami kerusakan serta umur mesin untuk melakukan proses *heat treatment* cukup tua dan juga *waste waiting* karena harus dilakukan proses perbaikan mesin ketika terjadi kerusakan. *Preventive maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal yang umumnya dilakukan secara periodik (Ebeling, 2019). Tujuan dari *preventive maintenance* yaitu mencegah terjadinya kerusakan mesin yang terjadi secara mendadak, mengurangi *downtime*, dan juga meningkatkan *reliability*.

Selain dilakukan penerapan penjadwalan *preventive maintenance*, perusahaan juga harus memastikan jika kegiatan *maintenance* sudah terlaksana dengan optimal. Perusahaan dapat membuat kartu kontrol *preventive maintenance* untuk diisi oleh operator yang telah melakukan *maintenance* sesuai jadwal yang ditentukan.

6.1.2.2 Pembuatan *Checklist* Pemeliharaan dan Pembersihan Mesin atau Peralatan di Setiap Stasiun Kerja

Berdasarkan akar penyebab permasalahan yang telah diidentifikasi ditemukan bahwa pada rantai produksi tidak dilakukan pembersihan mesin secara rutin sehingga menyebabkan mesin kotor dan mengakibatkan mesin macet di tengah jalan. Aktivitas pembersihan mesin dan peralatan produksi dapat dilakukan setiap hari setelah aktivitas proses produksi telah selesai dilakukan oleh setiap operator pada setiap stasiun kerja. Dalam mendukung hal tersebut perusahaan dapat membuat *checklist* pembersihan mesin dan peralatan agar penyelesaian tugas dapat lebih mudah, terarah, dan sesuai dengan yang ditentukan. Berikut merupakan ilustrasi *checklist* pemeliharaan dan pembersihan mesin dan peralatan yang ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6. 1 *Checklist* Pemeliharaan dan Pembersihan Mesin

CHECKLIST MONITORING KEBERSIHAN STASIUN KERJA																																	
Nama Stasiun Kerja:		Bulan:																		Tahun:													
No.	Jenis Kegiatan	Tanggal																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	Memeriksa Level / Ketinggian Oli Mesin																																
2	Memeriksa Level / Ketinggian Air Radiator																																
3	Memeriksa Level / Ketinggian Bahan Bakar																																
4	Memeriksa Apakah Ada Kebocoran yang Tampak pada Mesin																																
5	Memeriksa Sistem Pelumasan																																
6	Membersihkan Sisa Scrap																																
7	Mengosongkan Tempat Sampah																																
8	Membersihkan Bagian dalam Mesin dari Kotoran yang Menyumbat																																
9	Lap Permukaan Mesin																																
10	Pembersihan Peralatan Kerja																																
11	Penataan Peralatan Kerja																																
12	Penataan Produk WIP																																
13	Membersihkan dan Merapikan Rak																																
14	Membersihkan Lantai Produksi																																
Paraf Penanggung Jawab																																	

6.1.3 Perbaikan Sistem Pengelolaan Bahan Baku

Alternatif perbaikan ketiga yaitu perbaikan sistem pengelolaan bahan baku dengan beberapa rekomendasi berupa perbaikan SOP pengiriman bahan baku ke lantai produksi, pembuatan *checklist* inspeksi bahan baku, dan perbaikan rak penyimpanan bahan baku pada lantai produksi yaitu sebagai berikut.

6.1.3.1 Perbaikan SOP Pengiriman Bahan Baku ke Lantai Produksi

Berdasarkan identifikasi *waste* ditemukan bahwa pada gudang bahan baku belum menerapkan sistem *First-in First-out* (FIFO) sepenuhnya ketika material akan digunakan dan dikirimkan lantai produksi. Hal tersebut menyebabkan *defect* karat pada bahan baku karena bahan baku yang disimpan terlalu lama. Oleh karena itu rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk pihak gudang bahan baku yaitu perbaikan *Standard Operating Procedure* (SOP) pengiriman bahan baku ke lantai produksi. Perbaikan alur pengiriman bahan baku dilakukan agar pada gudang diterapkan sistem FIFO sepenuhnya. Perbaikan pertama yang dilakukan yaitu pihak gudang harus melakukan pemberian label sesuai dengan tanggal masuknya bahan baku dari *supplier* untuk memudahkan pihak gudang dalam melakukan proses identifikasi. Setelah dilakukan pemberian label, dapat dilakukan penyusunan bahan baku sesuai dengan klasifikasi jenis bahan baku dan disusun berdasarkan urutan tanggal masuknya bahan baku.

6.1.3.2 Pembuatan *Checklist* Inspeksi Bahan Baku

Pada lantai produksi ditemukan *waste* berupa adanya *defect* karat pada bahan baku, gelombang pada permukaan, dan goresan pada permukaan karena pihak gudang yang kurang teliti dalam melakukan inspeksi bahan baku. Kualitas bahan baku yang tidak baik tersebut dapat mempengaruhi *output* produk yang dihasilkan, jika *input* bahan baku kurang baik maka *output* yang dihasilkan juga kurang baik. Pada saat bahan baku datang, pihak gudang bahan baku melakukan inspeksi bahan baku dengan melakukan pengecekan secara visual dan tidak terdapat lembar kontrol untuk melakukan inspeksi. Untuk mengurangi terjadinya ketidak teliti-an dalam melakukan proses inspeksi, perusahaan dapat membuat lembar *checklist* inspeksi bahan baku yang berguna agar proses inspeksi dilakukan secara

lebih mudah, terarah, dan sesuai dengan yang ditentukan. Berikut merupakan ilustrasi *checklist* inspeksi bahan baku yang ditunjukkan pada Tabel 6.2.

Tabel 6. 2 *Checklist* Inspeksi Bahan Baku

FORM INSPEKSI BAHAN BAKU				
<i>Supplier:</i>		Serial No.		
Pemeriksa:		Tanggal:		
Jenis Material		Tipe	Qty.	
No.	Inspeksi	<i>Checklist</i>		
		<i>Accept</i>	<i>Reject</i>	<i>Hold</i>
1	Cek Sertifikat <i>Quality Control Supplier</i>			
2	Cek <i>Grade</i> Logam			
3	Cek Spesifikasi (Dimensi, Berat, dll)			
4	Cek <i>Defect</i> Bahan Baku (Keretakan, Karat, dll)			
5	Pengambilan <i>Sampel</i> dan Pengujian Bahan			
Catatan (Deskripsi Material)				
Kerusakan				
Pengirim			Pihak Gudang	
(.....)			(.....)	

6.1.3.3 Investasi Rak Penyimpanan Bahan Baku pada Lantai Produksi

Salah satu akar penyebab *waste defect* yang terdapat pada lantai produksi yaitu tidak terdapat tempat penyimpanan yang tertutup pada lantai produksi sehingga menimbulkan bahan baku yang lebih cepat berkarat karena disimpan pada tempat yang terbuka. Saat ini pada lantai produksi belum terdapat rak khusus untuk

menyimpan bahan baku yang dikirim dari gudang dan bahan baku yang datang hanya diletakkan pada lantai produksi di samping mesin gergaji pita atau diletakkan di atas meja kerja. Oleh karena itu rekomendasi perbaikan yang diberikan yaitu investasi rak bahan baku pada lantai produksi dengan menambahkan kontainer penyimpanan sehingga penyimpanan bahan baku lebih terstruktur dan tertutup. Berikut merupakan rak yang direkomendasikan sebagai tempat penyimpanan bahan baku di lantai produksi dan kontainer penyimpanannya yang ditunjukkan pada Gambar 6.3 dan Gambar 6.4.



Gambar 6. 3 Rak Penyimpanan Bahan Baku

(Sumber: Alibaba.com)



Gambar 6. 4 Kontainer Penyimpanan Bahan Baku

(Sumber: Alibaba.com)

6.2 Penentuan Kombinasi Alternatif Perbaikan

Selanjutnya alternatif perbaikan yang telah disusun dikombinasikan untuk mengetahui alternatif terbaik untuk dijadikan rekomendasi bagi perusahaan. Penentuan kombinasi alternatif perbaikan terbaik dilakukan dengan mempertimbangkan nilai *performance* dan biaya untuk setiap alternatif untuk kemudian dihitung masing-masing nilai *value*-nya.

6.2.1 Kombinasi Alternatif

Sebelum dilakukan pemilihan kombinasi alternatif perbaikan, dilakukan penyusunan kombinasi masing-masing alternatif. Dikarenakan pada tahap sebelumnya dilakukan perancangan tiga buah alternatif perbaikan, maka terdapat

delapan buah kombinasi alternatif perbaikan yang dapat diimplementasikan oleh perusahaan. Tabel 6.3 menunjukkan kombinasi alternatif perbaikan.

Tabel 6. 3 Kombinasi Alternatif Perbaikan

Kombinasi Alternatif	Keterangan
0	Kondisi aktual perusahaan
1	Perbaikan sistem dan manajemen produksi
2	Perbaikan sistem inspeksi dan pemeliharaan
3	Perbaikan sistem pengelolaan bahan baku
1, 2	Perbaikan sistem dan manajemen produksi dan perbaikan sistem inspeksi dan pemeliharaan
1, 3	Perbaikan sistem dan manajemen produksi dan perbaikan sistem pengelolaan bahan baku
2, 3	Perbaikan sistem inspeksi dan pemeliharaan dan perbaikan sistem pengelolaan bahan baku
1, 2, 3	Perbaikan sistem dan manajemen produksi, perbaikan sistem inspeksi dan pemeliharaan, dan perbaikan sistem pengelolaan bahan baku

6.2.2 Nilai Performance Alternatif

Setelah ditentukan kombinasi untuk setiap alternatif perbaikan, perlu dilakukan penetapan kriteria untuk menilai *performance* setiap kombinasi alternatif. Penentuan kriteria diperoleh berdasarkan KPI yang ditetapkan perusahaan pada tahap *setting the direction*. Kriteria tersebut yaitu persentase produk *defect*, tingkat efisiensi proses, dan target waktu produksi. Setiap alternatif perbaikan berpengaruh terhadap kriteria penilaian dalam perusahaan. Selanjutnya dilakukan pemberian bobot terhadap ketiga kriteria tersebut dengan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* menggunakan *software expert choice*. Penilaian kriteria tersebut dilakukan dengan ketentuan *larger the better*. Berikut merupakan hasil perhitungan bobot untuk setiap kriteria pemilihan alternatif yang ditunjukkan pada Tabel 6.4.

Tabel 6. 4 Bobot Kriteria Penilaian

Kriteria Pemilihan Alternatif	Bobot
Persentase <i>Defect</i>	0,247
Efisiensi Proses	0,622
Target Waktu Produksi	0,131

Setelah dilakukan penentuan bobot untuk masing-masing kriteria pemilihan alternatif, dilakukan pengukuran nilai *performance* untuk setiap kombinasi alternatif dari ketiga parameter kriteria yang ditetapkan. Nilai *performance* didapatkan melalui pengisian kuesioner penilaian kombinasi alternatif dengan skala 1-10. Skala 1 berarti kombinasi alternatif akan menunjukkan hasil terburuk dan skala 10 berarti kombinasi alternatif menunjukkan hasil terbaik jika diaplikasikan di perusahaan. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai *performance* yang ditunjukkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6. 5 Perhitungan Nilai *Performance*

Kombinasi Alternatif	Kriteria			<i>Performance</i>
	Persentase Defect	Efisiensi Proses	Target Waktu Produksi	
	0,247	0,622	0,131	
0	6	6	5	6,502
1	7	8	7	10,189
2	7	7	8	9,340
3	8	6	6	8,928
1, 2	7	9	8	11,491
1, 3	8	8	8	11,000
2, 3	8	7	8	10,674
1, 2, 3	9	9	9	15,065

6.2.3 Value Management

Tahap terakhir yaitu menentukan pemilihan kombinasi alternatif perbaikan berdasarkan perhitungan *value* dari setiap kombinasi alternatif. Langkah pertama yaitu dilakukan perhitungan nilai $C'n$ terlebih dahulu sesuai dengan persamaan 2.7. $C'n$ merupakan nilai *performance* yang dikonversi dalam bentuk rupiah. Setelah itu dilakukan perhitungan nilai *value* yang didapatkan dari rasio antara nilai *performance* dengan *cost* sesuai dengan persamaan 2.8. Alternatif dengan nilai *value* paling besar merupakan kombinasi alternatif yang sebaiknya dipilih dan diimplementasikan oleh perusahaan. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan nilai *value* setiap kombinasi alternatif yang ditunjukkan pada Tabel 6.6.

Tabel 6. 6 Perhitungan Nilai *Value* Setiap Kombinasi Alternatif

Kombinasi Alternatif	<i>Performance</i>	C'n	<i>Cost (Cn)</i>	<i>Value</i>
0	6,502	Rp188.231.280,00	Rp188.231.280,00	1
1	10,189	Rp294.990.066,53	Rp277.847.280,00	1,061699
2	9,340	Rp270.411.732,46	Rp218.274.480,00	1,238861
3	8,928	Rp258.469.393,83	Rp190.126.680,00	1,359459
1, 2	11,491	Rp332.683.519,80	Rp307.890.480,00	1,080526
1, 3	11,000	Rp318.470.084,14	Rp279.742.680,00	1,138439
2, 3	10,674	Rp309.041.979,96	Rp220.169.880,00	1,403652
1, 2, 3	15,065	Rp436.167.102,08	Rp309.785.880,00	1,407963

Berdasarkan Tabel 6.45 didapatkan bahwa kombinasi alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3 menghasilkan nilai *value* tertinggi yaitu sebesar 1,407963. Hal tersebut menunjukkan bahwa perusahaan dapat menerapkan rekomendasi perbaikan 1 berupa perbaikan sistem dan manajemen produksi, alternatif 2 berupa perbaikan sistem inspeksi dan pemeliharaan, serta alternatif 3 berupa perbaikan sistem pengelolaan bahan baku.

6.3 Implementasi Penerapan *Lean Thinking* Tahap Akhir

Pada bagian ini ditunjukkan mengenai implementasi penerapan *lean thinking* tahap akhir yaitu dengan melakukan perhitungan KPI jika alternatif rekomendasi perbaikan diterapkan. Pengukuran peningkatan KPI yang tercapai diukur berdasarkan prediksi dan diskusi dengan pihak perusahaan.

a. Pencapaian Tingkat *Defect Rate* Produksi

Sebelum dilakukan perhitungan tingkat *defect rate* yang berhubungan dengan *waste defect* pada perusahaan, harus diketahui terlebih dahulu kondisi aktual dari *defect* yang terjadi. Data jumlah produk *defect* diambil berdasarkan data historis perusahaan tahun 2019. Berikut merupakan perhitungan *defect rate* kondisi aktual selama satu tahun yang ditunjukkan pada Tabel 6.7.

Tabel 6. 7 Persentase Tingkat *Defect Rate* 2019

Total Produksi	Total <i>Defect</i>	<i>Defect rate</i>
34546	11040	31,96%

Berikut merupakan rekapitulasi perbandingan persentase *defect* kondisi aktual, kondisi perbaikan, dan juga dengan KPI yang telah ditetapkan perusahaan yang ditunjukkan pada Tabel 6.8.

Tabel 6. 8 Rekapitulasi Prediksi Perbandingan *Defect Rate*

	Kondisi Aktual	Perbaikan	KPI	Selisih Aktual - Perbaikan
<i>Defect Rate</i>	31,96%	17,98%	1,25%	13,98%

Berdasarkan Tabel 6.49 didapatkan bahwa setelah dilakukan rekomendasi perbaikan, *defect rate* turun sebanyak 13,98% dari yang awalnya 31,96% menjadi 17,98%. Meskipun belum mencapai target KPI yang ditetapkan yaitu maksimal *defect rate* sebesar 1,25% namun terdapat penurunan 13,98% persentase *defect* dari kondisi aktual.

d. Pencapaian Target Waktu Produksi

KPI selanjutnya yaitu pencapaian proses produksi untuk setiap proses tidak melebihi waktu standar. Setelah dilakukan penentuan alternatif rekomendasi perbaikan yaitu pelaksanaan *training* untuk operator mengenai prosedur pelaksanaan kerja diharapkan dapat meningkatkan kinerja operator sehingga berdasarkan estimasi, diprediksi dapat mereduksi 10% waktu *cycle time* dari kondisi aktual karena *skill* operator dalam melakukan proses produksi meningkat dan lebih setara satu sama lain. Setelah rekomendasi perbaikan diterapkan, diprediksi bahwa *total cycle time* dan *production lead time* memenuhi waktu standar.

e. Pencapaian Tingkat Efisiensi Proses

Pengukuran tingkat efisiensi dilakukan untuk mengukur seberapa besar persentase waktu yang memiliki nilai tambah dari keseluruhan proses. Perusahaan menetapkan tingkat efisiensi yang harus dicapai untuk setiap mesin minimal sebesar 60%. Berikut merupakan rekapitulasi nilai efisiensi proses sebelum dan setelah diterapkan rekomendasi perbaikan yang ditunjukkan pada Tabel 6.9.

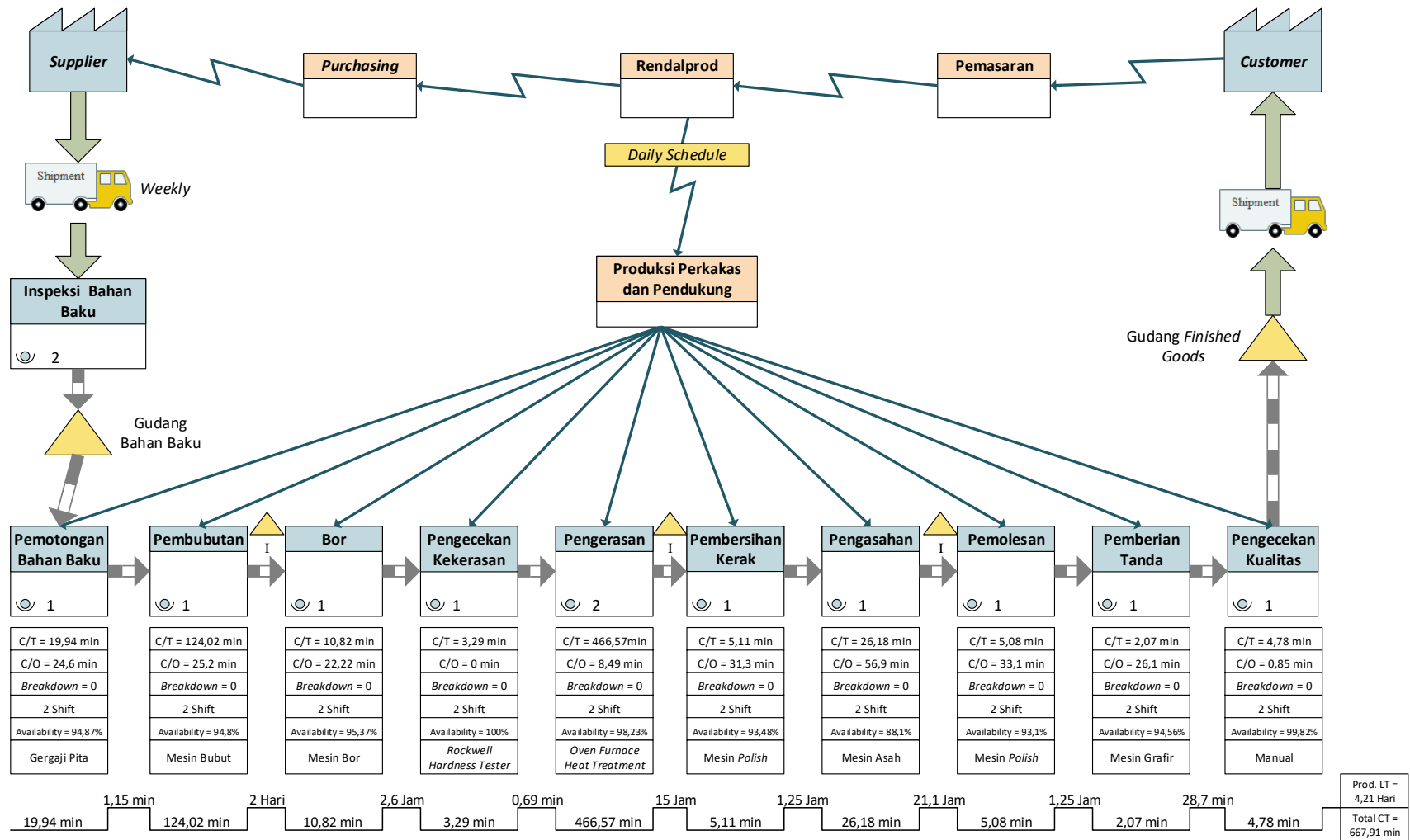
Tabel 6. 9 Perbandingan Nilai Efisiensi Proses Aktual dan Perbaikan

<i>Part Family</i>	Waktu Aktual (menit)		Waktu Perbaikan (menit)		<i>Process Cycle Efficiency (%)</i>		
	<i>VA Time</i>	<i>Prod. Lead Time</i>	<i>VA Time</i>	<i>Prod. Lead Time</i>	Aktual	Perbaikan	Selisih
1	2755,2	7626,72	2479,71	6055,71	36,13	40,95	4,82
2	3908,2	8484,2	3517,43	6693,21	46,07	52,55	6,49
3	3269,1	5548,06	2942,19	3789,99	58,92	77,63	18,71

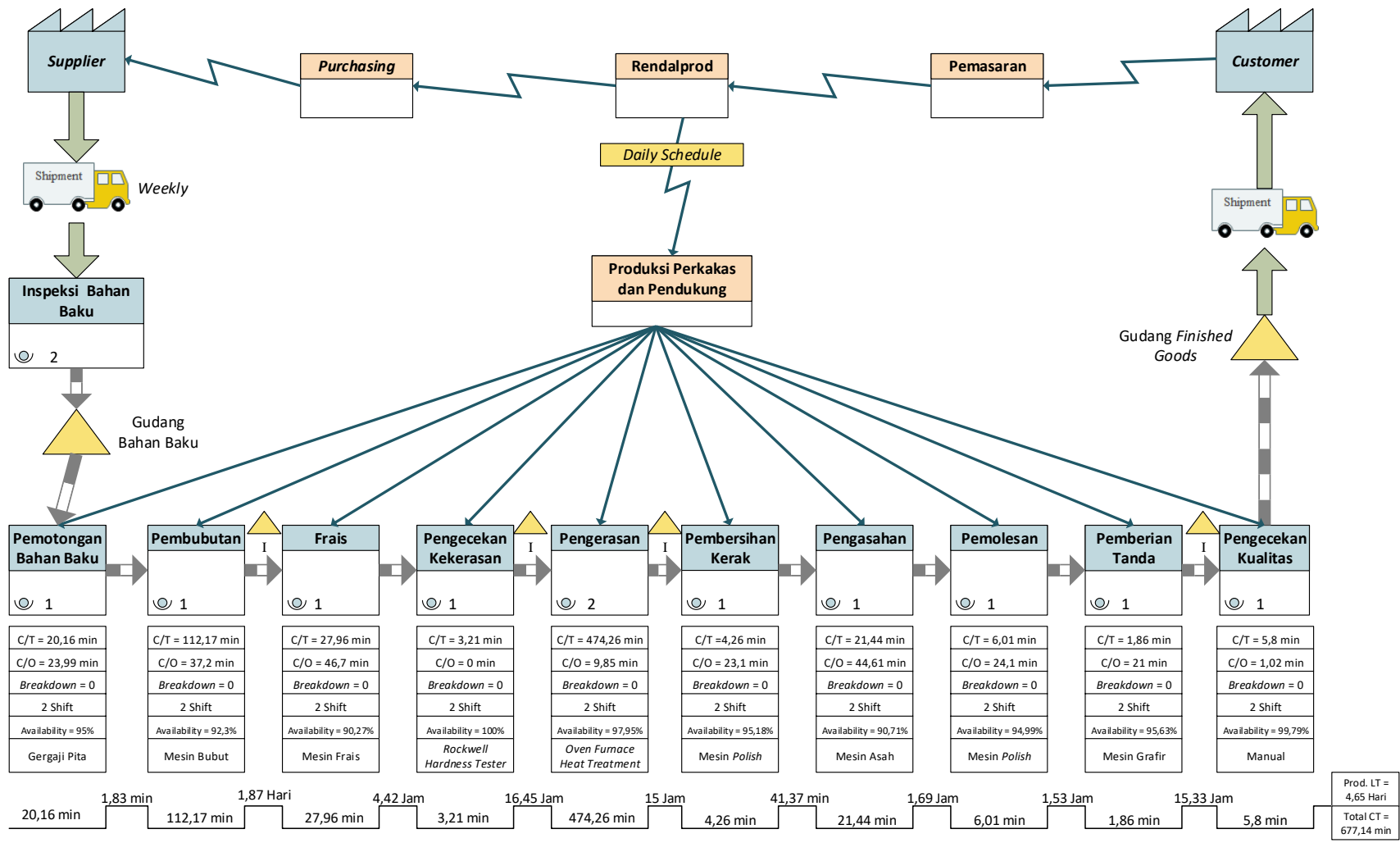
Berdasarkan Tabel 6.9 didapatkan bahwa efisiensi proses untuk masing-masing proses produksi setiap *part family* mengalami peningkatan.

6.4 Pembuatan *Future Value Stream Mapping*

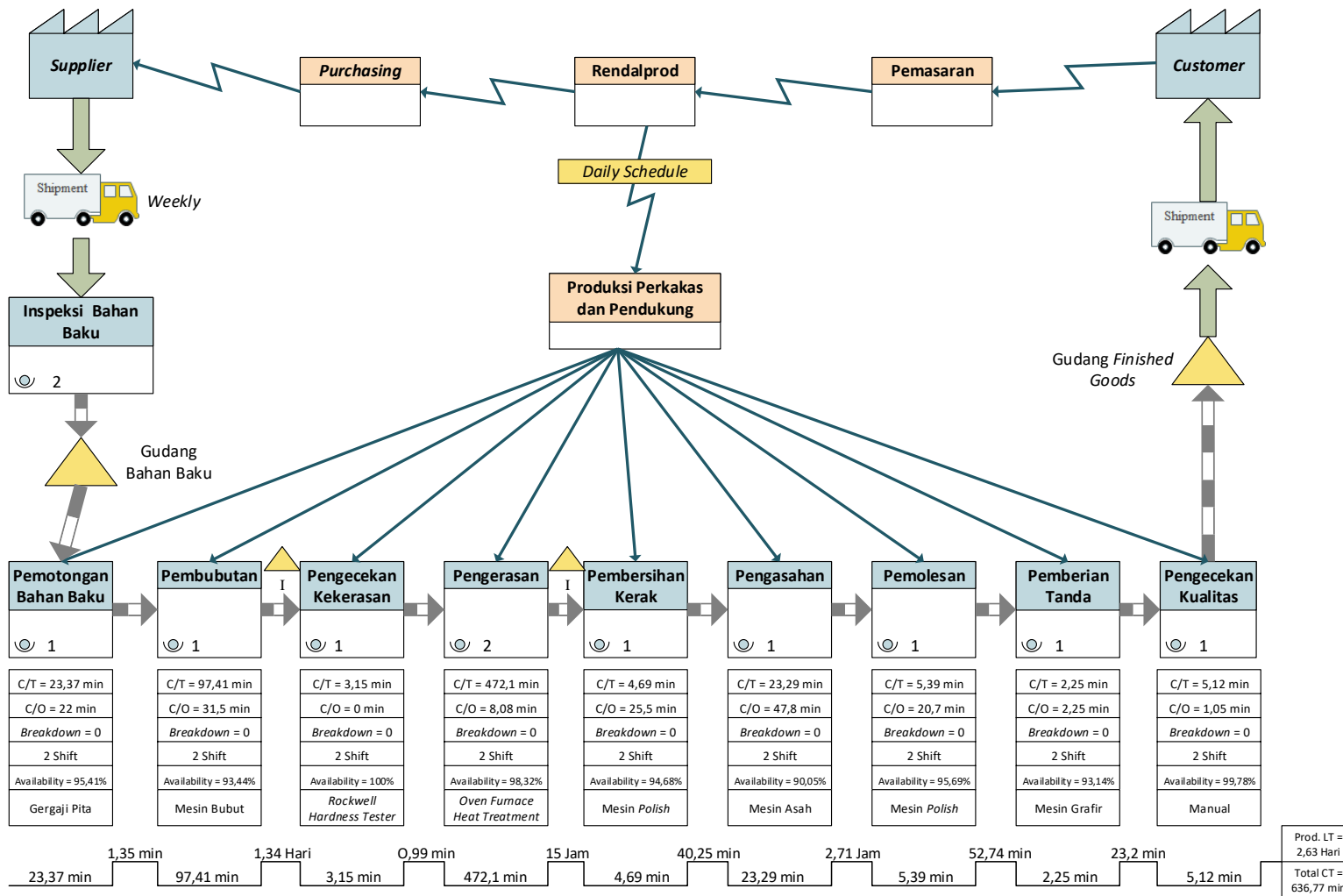
Setelah dilakukan alternatif rekomendasi perbaikan disusun dan dilakukan perbandingan nilai KPI sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan, dilakukan pembuatan *future VSM* untuk mengetahui aliran proses dan melihat apakah perubahan kecil yang diberikan dengan melakukan rekomendasi perbaikan dapat berdampak pada sistem produksi perusahaan. Pada perkiraan penerapan rekomendasi perbaikan, diasumsikan bahwa pelaksanaan *preventive maintenance* dan pembersihan mesin setiap hari dapat menghilangkan adanya *breakdown* pada proses produksi. Berikut merupakan *future VSM* untuk setiap *part family* yang ditunjukkan pada Gambar 6.5, Gambar 6.6, dan Gambar 6.7.



Gambar 6. 5 Future VSM Spare Part untuk Part Family 1



Gambar 6. 6 Future VSM Spare Part untuk Part Family 2



Gambar 6. 7 Future VSM Spare Part untuk Part Family 3

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai penarikan kesimpulan dari hasil penelitian Tugas Akhir berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan dan pemberian saran bagi perusahaan serta bagi penelitian selanjutnya.

7.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Tugas Akhir ini.

1. Terdapat banyak jenis *spare part* yang diproduksi, oleh karena itu dilakukan pengelompokan jenis *spare part* ke dalam tiga *part family* dengan mengidentifikasi kesamaan proses produksi. Pada *part family* 1 proses produksi dilakukan dengan urutan proses berupa pemotongan bahan baku, pembubutan, pengeboran, pengecekan tingkat kekerasan, proses pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, pemberian tanda, dan juga pengecekan kualitas. Pada *part family* 2 proses produksi dilakukan dengan urutan proses berupa pemotongan bahan baku, pembubutan, proses frais, pengecekan tingkat kekerasan, proses pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, pemberian tanda, dan juga pengecekan kualitas. Terakhir yaitu pada *part family* 3 proses produksi dilakukan dengan urutan proses berupa pemotongan bahan baku, pembubutan, pengecekan tingkat kekerasan, proses pengerasan, pembersihan kerak, pengasahan, pemolesan, pemberian tanda, dan juga pengecekan kualitas. Berdasarkan *value stream mapping* (VSM) didapatkan bahwa waktu siklus untuk memproduksi satu buah *spare part family* 1 yaitu 742,12 menit, *part family* 2 sebesar 752,38, dan *part family* yaitu sebesar 707,52 menit. Pada penggambaran *Process Activity Mapping* (PAM) didapatkan bahwa *part family* 1 memiliki 8,48% waktu *value added* (VA), 67,51% waktu *non value added but necessary* (NVA), dan 24,01% waktu *non-value added* (NVA). Pada *part family* 2 terdapat 7,75% waktu VA, 67,65% waktu NNVA, dan 24,61% waktu NVA. Sedangkan pada *part family* 3 terdapat 11,01% waktu VA, 56,88% waktu NNVA, 32,11% waktu NVA.

2. Identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan observasi, wawancara, *brainstorming* dengan pihak perusahaan, serta pemetaan menggunakan VSM dan PAM. Berdasarkan hasil identifikasi didapatkan bahwa terdapat beberapa *waste* yang terdapat pada perusahaan yang terdiri dari 7 buah *defect*, 2 buah *waste inventory*, 2 buah *waste inappropriate processing*, 2 buah *waste transportation*, 3 buah *waste waiting*, dan 2 buah *waste motion*. Selanjutnya *waste* yang telah diidentifikasi dicari akar permasalahannya menggunakan *root cause analysis* (RCA) metode 5 *why's* dengan pengklasifikasian ke dalam faktor 4M+1E (*man, machine, material, method, dan environment*) untuk mengetahui akar penyebab permasalahan terjadinya *waste* pada proses produksi.
3. Rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan *action taken* yang dikembangkan dari analisis risiko menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan nilai *risk priority number* (RPN) ≥ 200 . Terdapat tiga alternatif perbaikan yang dirancang yaitu perbaikan sistem dan manajemen produksi berupa penerapan 5S pada perusahaan, perbaikan *layout* lantai produksi, pelaksanaan *training* terkait prosedur kerja, dan pengadaan fasilitas material *handling*. Alternatif selanjutnya yaitu perbaikan sistem inspeksi dan pemeliharaan dengan melakukan *preventive maintenance* serta pembuatan *checklist* pemeliharaan dan pembersihan mesin. Alternatif terakhir yaitu perbaikan sistem pengelolaan bahan baku berupa perbaikan *standard operating procedure* (SOP) pemilihan bahan baku, pembualan *checklist* inspeksi bahan baku, dan investasi rak penyimpanan bahan baku pada lantai produksi. Ketiga alternatif tersebut dapat menyelesaikan semua akar permasalahan yang terdapat pada lantai produksi.
4. Pada pemilihan kombinasi alternatif perbaikan menggunakan *value management* didapatkan bahwa penerapan kombinasi alternatif perbaikan 1, 2, dan 3 menghasilkan *value* paling baik yaitu sebesar 1,407. Dengan menerapkan keseluruhan rekomendasi perbaikan pada perusahaan diprediksi persentase *defect* menurun sebesar 13,98%; pada *part family 1 total cycle time* turun dari 742,12 menit menjadi 667,91 menit serta *production lead time* turun dari 767,72 menit menjadi 6055,71 menit, pada *part family 2 total cycle time* turun dari 752,38 menit menjadi 6677,12 menit serta *production lead time* turun dari

8484,2 menit menjadi 6693,21 636,768 menit serta *production lead time* turun dari 5548,06 menit menjadi 3789,99 menit; dan juga efisiensi proses pada *part family* 1 meningkat sebanyak 4,82%, efisiensi proses *part family* 2 meningkat sebanyak 6,49%, dan efisiensi proses *part family* 3 meningkat sebanyak 18,71%.

7.2 Saran

Pada bagian ini dijelaskan mengenai saran yang diberikan kepada perusahaan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

7.2.1 Saran untuk Perusahaan

Berikut merupakan saran yang diberikan kepada perusahaan.

1. Perusahaan diharapkan dapat melakukan perbaikan dalam melakukan sistem pencatatan dalam berbagai aspek. Sistem pencatatan yang baik dapat membantu perusahaan dalam melakukan evaluasi kerja.
2. Kondisi lingkungan kerja perlu ditingkatkan agar lebih kondusif sehingga suasana kerja lebih nyaman serta berdampak positif terhadap pengembangan kinerja operator. Perusahaan juga dapat memberi *reward* (penghargaan) untuk pekerja yang berprestasi untuk memotivasi operator untuk meningkatkan kinerjanya agar lebih baik lagi
3. Perusahaan harus melakukan perbaikan secara *continuous* (terus menerus) dan membutuhkan dukungan serta komitmen tinggi dari seluruh pihak di perusahaan sehingga perbaikan dapat terlaksana dengan baik.

7.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Berikut merupakan saran yang diberikan kepada perusahaan.

1. Pada penelitian selanjutnya dapat diharapkan dapat menggunakan data yang lebih lengkap khususnya data keuangan sehingga permasalahan yang dianalisis lebih akurat dan memperhatikan aspek finansial.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan implementasi perbaikan dapat diterapkan secara langsung pada perusahaan sehingga hasil penerapan alternatif perbaikan dapat dihitung secara aktual dan tidak berdasarkan prediksi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, & Noviyarsi. (2016). Implementasi Metode 5S pada Lean Six Sigma dalam Proses Pembuatan Mur Baut Versing (Studi Kasus di CV. Desra Teknik Padang). *Jurnal Teknik Industri*, 9 No.1, 63–74.
- Alfiansyah, R., & Kurniati, N. (2018). Identifikasi Waste dengan Metode Waste Assessment Model dalam Penerapan Lean Manufacturing untuk Perbaikan Proses Produksi (Studi Kasus pada Proses Produksi Sarung Tangan). *Jurnal Teknik ITS*. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28858>
- Alibaba.com. (n.d.-a). Height Adjustable Boltless Storage Shelving 4 Layer Heavy Shelf. Retrieved July 12, 2020, from https://indonesian.alibaba.com/product-detail/height-adjustable-boltless-storage-shelving-4-layer-heavy-shelf-60735439890.html?spm=a2700.md_in_ID.deiletai6.10.567a7a12NRrnLL
- Alibaba.com. (n.d.-b). Logistic Moving Big Box Plastic Container. Retrieved July 12, 2020, from indonesian.alibaba.com/product-detail/logistic-moving-big-box-plastic-container-100-virgin-pp-60733630893.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.36455b55hBG0So
- Antony, J., Vinoth, S., & Gijo, E. V. (2016). *Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises: A Practical Guide* (1st Ed.). <https://doi.org/10.1201/9781315372174>
- ASME. (1947). *Operation and Flow Process Charts*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Azmi, U. (2019). Analisis Penerapan Sistem Lean Manufacturing Untuk Usulan Peningkatan Proses Produksi Mur Dan Baut Studi Kasus Pada PT. Desra Teknik Padang. *Universitas Putra Indonesia "YPTK."*
- Benjamin, S. J., Marathamuthu, M. S., & Murugaiah, U. (2015). The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0062>
- Carlson, C. S. (2016). Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs. *2016 Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*.
- Chandler, F. (2004). *Using Root Cause Analysis to Understand Failures and*

- Accident*. Washington DC.
- Doggett, A. M. (2005). Root Cause Analysis: A Framework for Tool Selection. *Quality Management Journal*.
<https://doi.org/10.1080/10686967.2005.11919269>
- Domingo, R. T. (2003). Identifying and Eliminating The Seven Wastes or Muda. *Business Management Articles Manufacturing Management of Asian Institute of Management*.
- Ebeling, C. E. (2019). *An Introduction to Reliability and Maintainability for Engineering* (3rd Ed). United States: Waveland Press, Inc.
- Elfani, U., Affandi, & Abdurrahman, D. (2018). Pengaruh Pelatihan Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan pada Divisi Tempa dan Cor PT. Pindad Bandung. *Prosiding Manajemen*, 4 No. 1.
- Gaspersz, V. (2007). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Services Industries*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ham, I., Hitomi, K., Yoshida, T., Ham, I., Hitomi, K., & Yoshida, T. (1985). Basic Principles of Group Technology. In *Group Technology*.
https://doi.org/10.1007/978-94-009-4976-8_2
- Heragu, S. S. (2008). *Facility Design: Third Edition*. New York: CRC Press.
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations and Production Management*.
<https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Hines, P., Rich, N., Bicheno, J., Brunt, D., Taylor, D., Butterworth, C., & Sullivan, J. (1998). Value Stream Management. *The International Journal of Logistics Management*. <https://doi.org/10.1108/09574099810805726>
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). Going lean: A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center. In *Lean Enterprise Research Centre*.
- Ishikawa, K. (1984). *Quality Control Circles at Work: Cases from Japan's Manufacturing and Service Sectors*. New York: Asian Productivity Organization.

- Kelly, J., Male, S., & Graham, D. (2015). Value Management of Construction Projects. In *Value Management of Construction Projects* (2nd edn). <https://doi.org/10.1002/9780470773642>
- Kusiak, A. (1987). The generalized group technology concept. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207548708919861>
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Manos, T. (2006). Value stream mapping - An introduction. *Quality Progress*.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beuregard, M. R. (2009). *The Basic of FMEA* (2nd Editio). New York: CRC Press.
- Menon, N., Krishnananda, K., & A. R., S. (2016). Conducting root cause analysis and its implementation : a perspective. *Manipal Journal of Phramaceutical Sciences*, 2(2), 21–25.
- Mitrofanov, S. P. (1983). *Group Technology in Industry* (Vol. 1). Leningrad, USSR (in Russian): Mashinostroenie.
- Monden, Y. (1983). Toyota production system: Practical approach to production management. *Atlanta, G.A.*
- Monotaro.id. (n.d.). Prestar Hand Truck NB (NB - 127) 4inch 1unit. Retrieved July 11, 2020, from https://www.monotaro.id/corp_id/s000054402.html
- Moore, R. (2007). Root cause analysis. In *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools* (pp. 285–305). <https://doi.org/10.1016/b978-075067916-9/50015-1>
- Nash, M. A. (2011). Mapping the Total Value Stream. In *Mapping the Total Value Stream*. <https://doi.org/10.1201/b11744>
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance. In *Quality Progress*. <https://doi.org/10.1036/0071376674>
- Pyzdek, T. (2000). *The Six Sigma Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. *Lean Enterprise Institute Brookline*.
- Schneider, H., & Stamatis, D. H. (1996). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA

- from Theory to Execution. *Technometrics*. <https://doi.org/10.2307/1268911>
- Serrat, O. (2017). The Five Whys Technique. In *Knowledge Solutions*. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_32
- Shingo, S. (2019). A study of the toyota production system: From an industrial engineering viewpoint. In *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. <https://doi.org/10.4324/9781315136509>
- Singgih, M. L., & Kristian. (2015). Peningkatan Produktivitas Divisi Produksi Peralatan Industri Proses Pada Pt . Barata Indonesia Dengan Value Stream Mapping. *Peningkatan Produktivitas*.
- Spearman, M. L., Woodruff, D. L., & Hopp, W. J. (1990). CONWIP: A pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207549008942761>
- Swanson, R. A., & Holton III, E. F. (2009). *Foundations of Human Resource Development* (2nd Ed.). San Fransisco: Berrett-Koehler Publishers.
- Velimirović, D., Velimirović, M., & Stanković, R. (2011). Role and importance of key performance indicators measurement. *Serbian Journal of Management*, 6(1), 63–72. <https://doi.org/10.5937/sjm1101063v>
- Widyaningsih, N. (2017). Usulan Penerapan Metode Lean Six Sigma Untuk Meminimasi Waste pada Proses Produksi Mainframe K 16R di PT. PAMINDO TIGA T. *Jurnal Teknik Industri*.
- Wignjosoebroto, S. (1995). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Jakarta: Guna Widya.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2013). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised*. New York: Simon & Schuster.

LAMPIRAN

KUISIONER PEMBOBOTAN KRITERIA *PERFORMANCE*

Skala Penilaian:

- 1 = Kedua kriteria dianggap sama penting
- 3 = Kriteria yang satu sedikit lebih penting dari kriteria yang lain.
- 5 = Kriteria yang satu lebih penting dari kriteria yang lain
- 7 = Satu kriteria jelas lebih mutlak penting dari kriteria yang lain
- 9 = Satu kriteria mutlak penting daripada kriteria yang lain
- 2,4,6,8 = Nilai diantara dua pertimbangan yang ada

Hasil Pengisian Kuesioner Bobot Kriteria

Kriteria	Tingkat Kepentingan																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Persentase Defect																		Efisiensi Proses
Persentase Defect																		Target Waktu Produksi
Efisiensi Proses																		Target Waktu Produksi

PERHITUNGAN BOBOT *PERFORMANCE*

a. *Input pada Software Expert Choice*

	Persentase	Efisiensi P	Target Wal
Persentase Defect		4.0	3.0
Efisiensi Proses			3.0
Target Waktu Produksi	Incon: 0.21		

b. *Output pada Software Expert Choice*

Kriteria Penilaian
■ Persentase Defect (L: .247)
■ Efisiensi Proses (L: .622)
■ Target Waktu Produksi (L: .131)

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Latifah Salsabila dan lahir di Malang pada 27 Maret 1999. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Blimbing 1 Malang (2005-2011), MTs Negeri Malang 1 (2011-2014), SMA Negeri 3 Malang (2014-2016), dan Departemen Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2016-2020).

Selama perkuliahan penulis aktif dalam beberapa organisasi dalam kampus serta luar kampus. Pada tahun pertama penulis mengembangkan diri menjadi Staff Departemen Komunikasi dan Informasi BEM FTI ITS 2017/2018. Pada tahun ketiga, penulis aktif dalam organisasi sosial luar kampus yang berfokus untuk meningkatkan kesejahteraan anak yaitu Swayanaka Region Surabaya sebagai Staff Departemen Media dan Hubungan Masyarakat 2018/2019. Selain itu penulis juga aktif dalam beberapa kepanitiaan, salah satunya yaitu panitia *Industrial Games 13th Edition* yang merupakan kompetisi berbasis keilmuan Teknik Industri Tingkat Nasional untuk Mahasiswa Sekolah Menengah Atas peminatan IPA.

Dalam rangka mengaplikasikan keilmuan yang dimiliki, penulis pernah melakukan kerja praktik pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk pada tahun 2019 di Departemen *Outbound Inventory*. Selain itu penulis juga melakukan magang di PG. Kebon Agung Malang pada tahun 2020 khususnya di Departemen Pabrikasi, serta pada tahun 2020 penulis juga melakukan praktik kerja industri pada Departemen Produksi Perkakas dan Pendukung Divisi Munisi PT. Pindad (Persero).

Apabila terdapat pertanyaan dan membutuhkan informasi lebih lanjut terkait penelitian ini, dapat menghubungi penulis melalui e-mail bila.latifah@gmail.com.