

**IMPLEMENTASI METODE *LEAN SIX SIGMA* SEBAGAI UPAYA
MEMINIMASI WASTE PADA PRODUKSI *LINK BELT* DI PT
PINDAD (PERSERO)**

SKRIPSI
Konsentrasi Rekayasa Sistem Industri

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

SINDY PUTRI UTAMI
NIM. 105060700111023-67

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
MALANG
2014

LEMBAR PERSETUJUAN

IMPLEMENTASI METODE *LEAN SIX SIGMA* SEBAGAI UPAYA MEMINIMASI WASTE PADA PRODUKSI *LINK BELT* DI PT PINDAD (PERSERO)

SKRIPSI
Konsentrasi Rekayasa Sistem Industri

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

SINDY PUTRI UTAMI
NIM. 105060700111023-67

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Nasir Widha Setyanto, ST., MT.
NIP. 19700914 200501 1 001

Dosen Pembimbing II

Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.
NIP. 19840426 200812 2002

LEMBAR PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI METODE *LEAN SIX SIGMA* SEBAGAI UPAYA
MEMINIMASI *WASTE* PADA PRODUKSI *LINK BELT* DI PT
PINDAD (PERSERO)**

SKRIPSI
Konsentrasi Rekayasa Sistem Industri

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

SINDY PUTRI UTAMI
NIM. 105060700111023-67

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 12 Agustus 2014

Skripsi I


Yeni Sumantri, S.Si., MT., Ph.D.
NIP. 19720219 200604 2 001

Skripsi II


Arif Rahman, ST., MT.
NIP. 19740528 200801 1 010

Komprehensif


Ir. Mochammad Choiri, MT.
NIP. 19540104 198602 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Industri


Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan unsur – unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 12 Agustus 2014
Mahasiswa



Sindy Putri Utami
NIM. 105060700111023

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanya kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Implementasi Metode Lean Six Sigma sebagai Upaya Meminimasi Waste pada Produksi Link Belt di PT Pindad (Persero)”**. Tidak lupa shalawat dan salam kami haturkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini disusun sebagai bagian dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Setelah melewati berbagai kesulitan yang dihadapi, terutama keterbatasan kemampuan penulis, tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat adanya bantuan dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, yang telah memberi motivasi kepada penulis.
2. Ibu Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian (KKDK) Rekayasa Sistem Industri sekaligus dosen Pembimbing II atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
3. Bapak Nasir Widha Setyanto, ST., MT. selaku dosen Pembimbing I atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
4. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Kedua orang tua tercinta, Bapak Sigit Utomo dan Ibu Sri Subaningsih yang selalu mendoakan demi kebaikan penulis di dunia maupun akhirat.
6. Kedua saudara kandungku yang tercinta dan tersayang Natarina Utami dan Nandito Wibisana Utama yang selalu memberi motivasi bagi penulis dalam menjalani kuliah yang berat, dan khususnya saat penulis menyusun skripsi ini.

7. Sahabat seperjuanganku Sarfina, Lina, Dewi, Nurus, dan Mentari yang selalu setia menemani dan mendukung penulis.
8. Kekasih tercinta Zian atas motivasi, dukungan, kasih sayang serta doa yang telah diberikan kepada penulis.
9. Teman-teman asisten di Laboratorium Simulasi dan Aplikasi Industri, Astari, Nella, Ega, Ririd, Shabrina, Rochsi, Irawan, Randy, Ridha, Ajib, dan Adam atas semua dukungan dan kasih sayangnya.
10. Seluruh teman-teman Teknik Industri 2010 yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan skripsi ini.

Dalam setiap usaha tidak lepas dari kesalahan. Oleh sebab itu, segala kritik dan saran sangat diharapkan. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memenuhi sebagian kebutuhan referensi yang ada dan dapat memberikan manfaat. Kepada semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung semoga mendapat imbalan sepiantasnya dari Allah SWT. Amin.

Malang, Juli 2014

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Konsep <i>Lean Manufacturing</i>	8
2.3 <i>Six Sigma</i>	8
2.4 <i>Lean Six sigma</i>	9
2.4.1 Model Pemecahan Masalah DMAIC	10
2.5 <i>Waste</i>	11
2.5.1 Jenis-jenis <i>Waste</i>	12
2.5.2 Konsep <i>Seven Waste</i>	13
2.6 <i>Value Stream Mapping</i>	14
2.7 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan.....	17
2.8 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	19
2.9 Diagram Pareto	21
2.10 Diagram Sebab Akibat.....	21

2.11	<i>Kanban</i>	22
2.11.1	Cara Kerja <i>Kanban</i>	24
2.11.2	Aturan-aturan dalam <i>Kanban</i>	24

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian	26
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
3.3	Sumber Data	26
3.4	Langkah-langkah Penelitian	27
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	29

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Gambaran Umum Perusahaan	30
4.1.1	Sejarah Perusahaan	30
4.1.2	Visi dan Misi Perusahaan	31
4.1.3	Organisasi dan Manajemen.....	31
4.1.4	Proses Produksi.....	31
4.1.5	Data Jenis Produk Pendukung	33
4.2	Identifikasi Proses Produksi.....	34
4.3	<i>Define</i>	35
4.3.1	<i>Current State Value Stream Mapping</i>	35
4.3.2	Identifikasi Aktivitas Sepanjang <i>Value Stream</i>	35
4.3.3	Identifikasi <i>Waste</i> Sepanjang <i>Value Stream</i>	43
4.4	<i>Measure</i>	46
4.4.1	Identifikasi <i>Waste</i> Berpengaruh.....	46
4.4.2	Identifikasi <i>Critical Waste</i>	49
4.5	<i>Analyze</i>	51
4.5.1	Analisis Faktor Penyebab	51
4.5.2	Pemilihan Prioritas Rekomendasi	58
4.6	<i>Improve</i>	66
4.6.1	Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Pertama.....	66
4.6.1.1	Desain Kartu <i>Kanban</i>	67
4.6.1.2	Aliran <i>Kanban</i>	69
4.6.2	Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Kedua.....	71

4.6.3	Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Ketiga	72
4.7	Analisis Tindakan Perbaikan	73
4.7.1	Analisis Tindakan Perbaikan Pertama	73
4.7.2	Analisis Tindakan Perbaikan Kedua	74
4.7.3	Analisis Tindakan Perbaikan Ketiga	76

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	82

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Value stream mapping</i>	15
Gambar 2.2 <i>Contoh kanban penarikan</i>	23
Gambar 2.3 <i>Contoh kanban produksi</i>	23
Gambar 3.1 <i>Diagram alir penelitian</i>	29
Gambar 4.1 <i>Struktur organisasi PT PINDAD (Persero) divisi munisi</i>	31
Gambar 4.2 <i>Link Belt</i>	33
Gambar 4.3 <i>Current state value stream mapping produksi link belt</i>	39
Gambar 4.4 <i>Perbandingan waktu aktivitas VA, NNVA, dan NVA</i>	38
Gambar 4.5 <i>Diagram pareto waste yang paling berpengaruh</i>	49
Gambar 4.6 <i>Diagram pareto waiting</i>	50
Gambar 4.7 <i>Diagram sebab akibat keterlambatan bahan baku</i>	52
Gambar 4.8 <i>Diagram sebab akibat perbaikan mesin produksi</i>	53
Gambar 4.9 <i>Diagram sebab akibat non value added activity</i>	55
Gambar 4.10 <i>Diagram sebab akibat ketidaksesuaian dimensi produk</i>	57
Gambar 4.11 <i>Format kanban permintaan bahan</i>	67
Gambar 4.12 <i>Contoh penggunaan kanban permintaan</i>	67
Gambar 4.13 <i>Format kanban perintah produksi</i>	68
Gambar 4.14 <i>Contoh penggunaan kanban perintah produksi</i>	69
Gambar 4.15 <i>Aliran kanban dari departemen produksi ke departemen PPC</i>	69
Gambar 4.16 <i>Aliran kanban dari departemen produksi ke departemen perkakas</i>	70
Gambar 4.17 <i>Alat bantu angkut link belt</i>	72
Gambar 4.18 <i>Usulan penggantian pisau profil pada mesin dop</i>	72
Gambar 4.19 <i>Poster peringatan penggantian bentangan</i>	73
Gambar 4.20 <i>Future state value stream mapping produksi link belt</i>	78

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 2.2 Contoh Sistem Operasi Jasa dan Produksi Manufaktur.....	11
Tabel 2.3 Simbol dalam VSM.....	15
Tabel 4.1 Data Produk Pendukung Munisi Kaliber	33
Tabel 4.2 Waktu Proses Aktivitas Produksi <i>Link Belt</i>	34
Tabel 4.3 Identifikasi Aktivitas Proses Produksi	40
Tabel 4.4 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pembentukan <i>Link Belt</i>	41
Tabel 4.5 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Penyepuhan <i>Link Belt</i>	41
Tabel 4.6 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pengerasan <i>Link Belt</i>	41
Tabel 4.7 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pancar Pasir <i>Link Belt</i>	42
Tabel 4.8 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pelapisan Fosfat <i>Link Belt</i> ..	42
Tabel 4.9 <i>Idle Time</i>	43
Tabel 4.10 Perhitungan <i>Lost Product Excessive Transportation</i>	46
Tabel 4.11 Perhitungan <i>Lost Product Waiting</i>	47
Tabel 4.12 Perhitungan <i>Lost Product Inappropriate Processing</i>	47
Tabel 4.13 Perhitungan <i>Lost Product Unnecessary Motion</i>	48
Tabel 4.14 Perhitungan <i>Level Sigma Waste Defect</i>	48
Tabel 4.15 Perhitungan <i>Waste Waiting</i> yang Paling Berpengaruh	50
Tabel 4.16 Kriteria <i>Severity Waiting</i>	58
Tabel 4.17 Kriteria <i>Severity Unnecessary Inventory</i>	58
Tabel 4.18 Kriteria <i>Severity Unnecessary Motion</i>	59
Tabel 4.19 Kriteria <i>Occurance Waiting</i>	60
Tabel 4.20 Kriteria <i>Occurance Unnecessary Inventory</i>	60
Tabel 4.21 Kriteria <i>Occurance Unnecessary Motion</i>	60
Tabel 4.22 Kriteria <i>Detection</i>	61
Tabel 4.23 FMEA Proses Produksi.....	63
Tabel 4.24 Prediksi Perbandingan <i>Downtime</i> Sebelum Dan Sesudah Perbaikan.....	74
Tabel 4.25 Prediksi Perbandingan NVA Sebelum Dan Sesudah Perbaikan.....	75

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Jumlah Produksi <i>Link Belt</i> PT Pindad (Persero)	83
Lampiran 2. <i>Downtime</i> Mesin Produksi <i>Link Belt</i> PT Pindad (Persero)	84



RINGKASAN

SINDY PUTRI UTAMI, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2014, Implementasi Metode *Lean Six Sigma* sebagai Upaya Meminimasi *Waste* pada Produksi *Link Belt* di PT Pindad Persero, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto dan Ceria Farela Mada Tantrika.

Lean six sigma merupakan kombinasi antara konsep *lean* dan *six sigma* untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* melalui peningkatan terus-menerus untuk mencapai tingkat kinerja enam *sigma*. PT Pindad (Persero) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi peralatan pertahanan keamanan (produk militer). Penelitian yang dilakukan, difokuskan pada proses produksi *link belt* dikarenakan produk ini merupakan salah satu produk pendukung krusial selain munisi sebagai produk utama yang tidak dapat dijabarkan karena bersifat rahasia. Pada proses produksinya, masih terdapat beberapa permasalahan sehingga dapat dikategorikan sebagai *waste*. *Waste* akan lebih mudah diidentifikasi dan diminimasi dengan menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma*.

Dalam penelitian ini, langkah yang dilakukan adalah berdasarkan siklus *define, measure, analyze* dan *improve* (DMAI). Pada tahap *define* dilakukan identifikasi *seven waste* dengan tools *Value Stream Mapping*. *Waste* yang berhasil diidentifikasi antara lain *defect, unnecessary motion, unnecessary inventory, waiting, excessive transportation*, dan *inappropriate processing*. Pada tahap *measure* dibuat diagram Pareto untuk mengetahui *critical waste* serta dilakukan perhitungan DPMO dan level *sigma* untuk *waste defect*. Kemudian pada tahap *analyze* dibuat *fishbone diagram* untuk menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya *waste* kemudian melakukan pemilihan prioritas *critical waste* menggunakan FMEA. Pada tahap *improve* diberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *waste* yang terjadi pada proses produksi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *waste* dengan nilai RPN tertinggi dan dianggap kritis untuk segera dilakukan perbaikan adalah *waiting* dengan nilai RPN sebesar 540, *unnecessary motion* dengan nilai RPN sebesar 267, dan *defect* dengan nilai RPN sebesar 160. Usulan rekomendasi perbaikan yang diberikan pada penelitian ini berdasarkan analisis FMEA faktor penyebab *critical waste*. Rekomendasi perbaikan pertama adalah perancangan kartu *kanban* di lini produksi *link belt* terkait *waiting*. Rekomendasi perbaikan kedua adalah dengan melakukan modifikasi fasilitas *material handling* berupa alat bantu angkut terkait *unnecessary motion*. Rekomendasi perbaikan ketiga terkait *defect* dengan perancangan *check list* serta poster peringatan pergantian komponen mesin. Setelah diberikan usulan rekomendasi perbaikan terhadap *waste* yang ada, maka dapat digambarkan prediksi *future state map* yang meliputi minimasi waktu tunggu pemesanan bahan baku pendukung serta komponen mesin terkait munculnya pos *kanban* serta minimasi waktu transportasi di proses produksinya.

Kata Kunci: *lean six sigma, value stream mapping, FMEA, kanban*.

SUMMARY

SINDY PUTRI UTAMI, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, July 2014, The Implementation of Lean Six Sigma Method to Minimize Waste on Link Belt Production Process in PT Pindad (Persero), Supervisors: Nasir Widha Setyanto and Ceria Farela Mada Tantrika.

Lean Six Sigma is a combination of Lean and Six Sigma Concepts to identify and eliminate waste through continuous improvement thus achieving the performance level of six sigma. PT Pindad (Persero) is a manufacturing company who produced security defense equipments (military products). This study focused on Link Belt production process which was the second most crucial product beside munitions which are restricted by the company and cannot be elaborated. In Link Belt production process, there were some problems that could be categorized as waste. Waste would be easily identified and minimized by using Lean Six Sigma approach. The purpose of this paper was to develop and implement an integrated Lean Six Sigma concept for manufacturing industry.

This study proposes the Define, Measure, Analyze, and Improve of six sigma's DMAI concept to improve Link Belt production design process in PT Pindad (Persero). In the Define phase, seven wastes were identified from the production process using Value Mapping Stream. Successfully identified waste were defect, unnecessary motion, unnecessary inventory, waiting, excessive transportation, and inappropriate processing. Measure phase was conducted by creating Pareto chart to determine the critical waste then calculating defect's DPMO and sigma level. In the Analyze phase, a Fishbone Diagram was created to analyze the root causes of waste, then FMEA was used to prioritize critical waste. Finally, in Improvement phase recommendations were given to reduce prioritized critical waste that occurred in Link Belt production process.

The result of this study shows which wastes had critical status and highest RPN value that waiting status about 540 on RPN's value, unnecessary motion with RPN's value amounted to 267, and defect with RPN's value about 160. In this study, improvement recommendations were given based on FMEA critical waste analysis. The first improvement recommendation was to design kanban cards in Link Belt production related to waiting. The second improvement recommendation was to modify material handling facilities (conveyance tools) related to unnecessary motion. The last Improvement Recommendations related to defect was to plan Check List and Warning Poster to change machine spare parts. Then Future State Map Predictions can be described including to minimize Lead Time of Supporting Raw Materials and Machine spare parts over Kanban and minimize conveyance time on Production Process.

Keywords: *lean six sigma, value stream mapping, FMEA, kanban.*

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hal yang menjadi latar belakang penelitian, identifikasi dan perumusan permasalahan, penentuan tujuan, dan manfaat penelitian, serta batasan yang digunakan selama melakukan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Sistem industri merupakan salah satu fokus negara saat ini. Hal ini dikarenakan di era global dan modern sekarang, persaingan di sektor industri sudah menjadi hal yang kritis dengan muncul dan berkembangnya industri-industri di Indonesia. Untuk dapat bertahan di ketatnya persaingan, maka sebuah perusahaan harus mampu memberikan produk sesuai keinginan konsumennya, dengan kategori yang harga sesuai, tepat waktu, dan berkualitas. Untuk itu diperlukan sebuah upaya untuk meningkatkan kualitas produk dengan mengetahui permasalahan yang terjadi di rantai produksi untuk kemudian mencari penyebab terjadinya. Pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah ketidakefisienan atau pemborosan yang terjadi dalam sistem produksi suatu perusahaan adalah *lean manufacturing*. *Lean manufacturing* merupakan metode untuk meningkatkan *responsiveness* melalui usaha pengurangan *waste*, *continuous improvement*, dan *cost reduction* (Gazpersz, 2006).

Menurut Hines & Taylor (2000), tipe aktivitas dalam konsep *lean manufacturing* dibedakan menjadi aktifitas yang meningkatkan nilai tambah (*value added*), tidak meningkatkan nilai tambah (*non value added*), dan aktifitas yang penting akan tetapi tidak meningkatkan nilai produk (*necessary but non value added*). Pemahaman terhadap aktivitas-aktivitas tersebut sangat penting sekali untuk dapat menciptakan proses produksi yang efektif dan efisien sehingga dapat memberikan apa yang diinginkan pelanggan tepat waktu dengan kualitas yang terbaik dan biaya yang terjangkau. Aktivitas yang tidak atau kurang memberikan nilai tambah merupakan suatu *waste*, sehingga perlu diminimalisir. Dalam proses produksi, *waste* yang terjadi antara lain *overproduction*, *waiting*, *transportation*, *over processing*, *inventory*, *motion*, *defect*. (Hines & Taylor, 2000)

PT Pindad (Persero) adalah Perusahaan Industri Manufaktur Indonesia yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi peralatan pertahanan keamanan (produk militer) dan peralatan industri non-pertahanan (produk komersial). Kegiatan PT Pindad mencakup desain dan pengembangan, rekayasa, perakitan dan pabrikan serta

perawatan. PT Pindad merupakan perusahaan yang berada di bawah naungan kementerian BUMN yang berbentuk persero. Produksi di PT Pindad (Persero) ini mencakup produk-produk militer seperti munisi, kendaraan *tank*, pistol, dan lain-lain. Selain produk utama PT Pindad (Persero) juga membuat produk pendukung seperti dus, kantong PVC, peti, *link belt*, *metallic box*, *pallet*, dan *container*. Penelitian yang dilakukan di PT Pindad (Persero) hanya difokuskan pada proses produksi *link belt* dikarenakan produk ini merupakan salah satu produk pendukung krusial selain munisi sebagai produk utamanya. Jumlah *link belt* yang dihasilkan harus sesuai dengan jumlah produk munisi yang dihasilkan.

Dalam proses produksi pembuatan *link belt*, PT Pindad (Persero) masih terdapat beberapa permasalahan terkait *waste* yang muncul. Beberapa permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan ini yaitu *waiting*, sering terjadi keterlambatan terkait pengiriman bahan baku pendukung dan perkakas atau *spare part* mesin produksinya. Pada tahun 2013, di bagian mesin pancar pasir untuk proses pelapisan *pickling*, harus berhenti berproduksi sekitar 3 bulan disebabkan belum datangnya cairan sulfat yang menjadi bahan pendukung dikarenakan pihak manajemen pengadaan PT Pindad (Persero) yang terlambat untuk memesan bahan baku pendukung. Selanjutnya, seringnya terjadi perbaikan mesin produksi pembuatan *link belt* yang rusak juga merupakan salah satu kendala waktu tunggu di proses produksinya. Durasi pembuatan komponen yang lama juga menjadi permasalahan dalam *waste* ini.

Selanjutnya masih berhubungan dengan *waste waiting* yang ditemukan di atas terkait adanya keterlambatan pengiriman bahan baku *spare part* atau perkakas mesin produksi *link belt*, akan muncul *waste* lain yaitu *unnecessary inventory*. Ini berkaitan dengan penumpukan produk dalam proses yang menunggu perbaikan perkakas mesin yang menyebabkan *lead time* yang panjang. Terlebih produk dalam proses ini tergolong produk yang rentan terhadap suhu sebab berbahan dasar besi sehingga dapat rusak (berkarat) yang mempengaruhi proses pengerjaan ulang kembali berimbas pada waktu dan biaya. Di dalam rantai produksi terdapat sekitar 147 peti produk dalam proses yang berarti sekitar 735.000 buah *link belt* yang menunggu untuk diproses dan beresiko dapat rusak. Ini berimbas pada munculnya *waste* lain yaitu *inappropriate processing*. *Link belt* yang rusak, akan dilakukan proses pengerjaan ulang (*rework*) berimbas pada waktu dan biaya.

Permasalahan yang lain adalah *waste* berupa *defect* produk dengan penyebab utama karena kesalahan pekerjanya. Pada tahun 2013 tercatat dari total produksi sebesar 4.450.000 buah *link belt*, terdapat sebanyak 93.000 buah *link belt* yang cacat. Ini berarti terdapat kemungkinan gagal per sejuta kesempatan adalah 10.445 dengan nilai level sigma sebesar 3,81 yang berarti masih dianggap cukup jauh dari level *six sigma*. Selain rugi di aspek biaya yang dikeluarkan akibat barang cacat tersebut, perusahaan juga akan mengalami kerugian di aspek waktu dan tenaga kerja yang akan dikeluarkan kembali untuk proses pengerjaan ulang atau *rework*. Selain ketiga tipe *waste* di atas, *waste* lain yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah *overproduction*, *inappropriate processes*, *unnecessary motion* dan *excess transportation*.

Berbagai permasalahan yang terjadi di PT Pindad (Persero) baik berupa aktivitas yang tidak efisien atau tidak mempunyai nilai tambah (*non value added*) dalam berbagai hal termasuk penyediaan bahan baku dan perkakas, aliran bahan, *waiting*, *rework*, *unnecessary inventory*, dan *defect*. Aktivitas-aktivitas ini merupakan bentuk pemborosan yang harus dihilangkan dengan perlu adanya perbaikan sehingga dapat meminimasi permasalahan yang terjadi sepanjang rantai produksi. Selama ini, pihak perusahaan belum memiliki metode evaluasi yang tepat terkait *waste* di rantai produksinya. Baik metode untuk mengidentifikasi permasalahan maupun metode untuk menemukan solusi dari permasalahan yang muncul. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan pendekatan konsep *Lean six sigma*. *Lean six sigma* merupakan kombinasi antara *lean* dan *six sigma* didefinisikan sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* atau *non value added activities* melalui peningkatan terus-menerus untuk mencapai tingkat kinerja enam *sigma* (Gaspersz, 2006).

Oleh sebab itu pendekatan *Lean six sigma* diharapkan dapat membantu menyelesaikan permasalahan dengan melakukan analisis terkait *waste* yang ada sehingga diharap dapat meningkatkan jumlah produksi, dan meminimasi biaya dan waktu yang harus dikeluarkan oleh di PT Pindad (Persero). *Output* dari penelitian ini adalah diberikannya rekomendasi kepada perusahaan berdasarkan *waste* yang dianggap paling kritis dan menjadi prioritas untuk ditangani terlebih dulu untuk kemudian diberikan rekomendasi perbaikan dengan harapan dapat mereduksi sejumlah *waste* yang ditemukan dan produk yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan konsumen dengan baik dan tepat pada waktunya.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi permasalahan yaitu

1. Terdapat *waste* berupa *waiting* yang ditemukan di produksi *link belt* PT Pindad (Persero) terkait keterlambatan bahan baku dan perbaikan mesin.
2. Terdapat *waste* berupa *defect* produk sebanyak 93.000 buah *link belt* pada tahun 2013 di PT Pindad (Persero).
3. Terdapat *waste* berupa *unnecessary inventory* berupa WIP di rantai produksi *link belt* di PT Pindad (Persero).

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi permasalahan yang ada, maka permasalahan dalam penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apa saja *waste* yang teridentifikasi pada proses produksi *link belt* di PT Pindad (Persero) Malang?
2. *Waste* manakah yang paling berpengaruh dan kritis untuk dapat segera dilakukan perbaikan?
3. Apa saja faktor-faktor yang menyebabkan *waste* pada aktivitas produksi *link belt* di PT Pindad (Persero) Malang?
4. Rekomendasi perbaikan apa yang harus dilakukan untuk mengurangi jumlah *waste* yang ditemukan?

1.4 Batasan Masalah

Dalam mencapai tujuan dan pembahasan penelitian yang lebih terarah, maka penulis membatasi pembahasan sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan di PT Pindad (Persero) hanya difokuskan pada proses produksi *link belt*.
2. Penelitian ini tidak melakukan pembahasan mengenai perhitungan biaya.
3. Tahap *lean six sigma* yang dilakukan adalah *define, measure, analyze, dan improve* (memberikan rekomendasi perbaikan terhadap pemborosan yang paling dominan) tanpa menggunakan tahap *control*.
4. Data penelitian berupa data historis bulan Januari-Desember 2013.

5. Jenis *waste* yang diteliti ada *seven waste* yaitu *waiting*, *unnecessary inventory*, *defect*, *unnecessary processes*, *unnecessary motions*, *excess transportations*, dan *overproduction*.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini antara lain:

1. Mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi *link belt* di PT Pindad (Persero).
2. Menentukan *waste* yang paling berpengaruh dan kritis untuk dapat segera dilakukan perbaikan.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan *waste* pada aktivitas produksi *link belt* di PT Pindad (Persero).
4. Memberikan rekomendasi dan rancangan yang harus dilakukan untuk mengurangi jumlah *waste* yang ditemukan.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini antara lain meliputi:

1. Mengetahui permasalahan terkait *waste* di PT Pindad (Persero) serta penyebab terjadinya *waste* sehingga dapat segera dikendalikan.
2. Memberikan rekomendasi perbaikan terkait *waste* yang menjadi prioritas untuk ditangani terlebih dahulu sebagai upaya mereduksi *waste* pada proses produksi *link belt* di PT Pindad (Persero).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai penelitian terdahulu serta landasan teori yang mendukung pembahasan dan berguna dalam menganalisis dan mengolah data selama penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Sebelumnya terdapat beberapa penelitian yang membahas masalah eliminasi *waste* dengan konsep pendekatan *Lean six sigma* sehingga dapat dijadikan sebagai referensi penelitian ini dan juga dapat digunakan untuk mengetahui posisi dan perbedaan penelitian yang dilakukan saat ini. Perbedaan penelitian terdahulu dengan saat ini dapat dilihat pada Tabel 2.1. Sedangkan deskripsi penelitian terdahulu yang berkaitan dengan metode *lean six sigma*, adalah sebagai berikut:

1. Marlyana (2011), dalam penelitiannya membahas mengenai upaya peningkatan kinerja dengan menghilangkan pemborosan atau aktifitas-aktifitas yang tidak bernilai tambah. Salah satunya *waste* yang ada adalah cacat produk. Cacat produk tersebut menjadi salah satu bagian dari *waste* proses produksi yang relatif tinggi sebagai indikator adanya ketidakefisienan mesin. Besaran cacat mencapai 41,46% dari total produksi. Maka dalam hal ini dilakukan upaya peningkatan kinerja proses dan kualitas produk melalui pengurangan atau penghilangan *waste* yang ada. Dengan menggunakan metode *Lean six sigma* diperoleh peningkatan kinerja menjadi 52,88% dan tingkat *sigma* yang dicapai oleh perusahaan adalah 4,98. Dengan adanya peningkatan kinerja maka diharapkan kegiatan proses produksi dapat berjalan dengan efektif, biaya menjadi lebih efisien, serta energi pun dapat digunakan secara optimal.
2. Widiatmoko (2012), dalam penelitiannya membahas mengenai perbaikan untuk lebih meningkatkan pelayanan baik berupa bangunan baru maupun reparasi kapal. Berdasarkan hal tersebut galangan harus mampu mengelola proses produksi dengan baik sehingga menghasilkan keuntungan yang maksimum. Salah satunya adalah proses *inventory* dan *transport of materials* yang efektif. Tugas akhir bertujuan untuk mengetahui sistem inventori yang diterapkan oleh perusahaan yang dijadikan sampel serta *idle time* material pelat dan profil yang ada di gudang bahan baku dengan menggunakan metode *lean six sigma* dengan pendekatan *value stream*

mapping. Dari hasil perhitungan menggunakan diperoleh nilai sigma perhitungan *idle time* sebesar 0.1976 sehingga perlu dilakukan upaya peningkatan nilai sigma pengadaan material itu sendiri. Berdasarkan hasil analisa penyebab adanya *idle time* dengan menggunakan RCA diperoleh beberapa faktor penyebabnya sehingga dapat diberikan usulan perbaikannya.

3. Arifin (2012) dalam penelitiannya di PT Philips Lighting Surabaya menemui beberapa kendala yang terkait dengan *waste*. Analisis *lean six sigma* dengan terjadi *defect* di mesin *finishing* dan *waiting* di mesin *mounting*. EHS *waste* juga muncul yang mengindikasikan adanya dampak terhadap lingkungan dan kesehatan serta keselamatan pekerja. Pencarian akar permasalahan dilakukan dengan menggunakan *tools* RCA (5 whys) dan FMEA hingga memunculkan 15 penyebab utama terjadinya ketiga *waste* tersebut. Pembentukan tim *Total productive maintenance*, penelitian perbaikan kualitas bulb dan flare, serta eksperimen pengurangan jumlah jenis *coil* menjadi usulan alternatif yang bisa dilakukan perusahaan. Dengan menggunakan konsep *value management* didapatkan alternatif terbaik dengan melakukan pembentukan dan pelatihan tim *Total productive maintenance*. Alternatif ini meningkatkan nilai sigma *defect* dari 2,92 menjadi 3,08 dan sigma *waiting* dari 2,83 menjadi 2,89.

2.2 Konsep Lean Manufacturing

Merupakan sekumpulan peralatan dan metode yang dirancang untuk mengeliminasi *waste*, mengurangi waktu tunggu, memperbaiki *performance*, dan mengurangi biaya. *Lean* adalah suatu upaya terus-menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang dan/atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*) (Gaspersz, 2006). *Lean* berfokus pada peningkatan terus-menerus *customer value* melalui identifikasi dan eliminasi aktivitas-aktivitas tidak bernilai tambah yang merupakan pemborosan (*waste*). Dimana *waste* adalah segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi *input* menjadi *output* sepanjang *value stream*.

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

	Novi Marlyana	Wawan W. dkk	Miftachul Arifin, dkk	Penelitian Ini
Judul	Upaya Peningkatan Kinerja Melalui Penerapan Metode <i>Lean six sigma</i> guna Mengurangi <i>Non Value Activities</i>	Studi Implementasi <i>Lean six sigma</i> dengan Pendekatan <i>Value Stream Mapping</i> untuk Mereduksi <i>Idle Time Material</i> pada Gudang Pelat dan Profil	Aplikasi Metode <i>Lean six sigma</i> Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan	Implementasi Metode <i>Lean six sigma</i> Sebagai Upaya Meminimasi <i>Waste</i> Pada PT Pindad (Persero)
Obyek	PT X produksi minuman dalam kemasan	PT Dok dan Perkapalan	PT Philips Lighting	PT Pindad (Persero)
Waste	3 waste	<i>Idle time</i>	3 waste	7 waste
Define	Identifikasi 3 aktivitas	Identifikasi <i>value adding time</i> dan <i>production lead time</i>	VSM, Identifikasi 3 aktivitas	VSM, Identifikasi 3 aktivitas
Measure	DPMO dan nilai sigma	DPMO dan nilai sigma	DPMO dan nilai sigma	DPMO dan nilai sigma
Analyze	Fishbone dan FMEA	VSM dan RCA	RCA, FMEA	Fishbone dan FMEA
Improve	Rekomendasi perbaikan	Rekomendasi perbaikan	<i>Value Management</i>	<i>Kanban</i> , desain alat bantu

2.3 *Six sigma*

Six sigma adalah suatu besaran (*metric*) yang dapat kita terjemahkan sebagai suatu proses pengukuran dengan menggunakan *tools-tools statistic* dan teknik untuk mengurangi cacat hingga tidak lebih dari 3,4 DPMO (*Defect per Million Opportunities*) atau 99,99966 persen difokuskan untuk mencapai kepuasan pelanggan. *Six sigma* adalah pendekatan disiplin yang berdasarkan pada lima tahap, yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control*. *Six sigma* mempunyai beberapa definisi yaitu sebagai berikut.

- Six sigma* adalah konsep bekerja dengan lebih efisien sehingga perusahaan dapat menekan kemungkinan terjadinya kesalahan terhadap proses atau pelayanan yang dihasilkannya (Pande, et.al., 2000).
- Six sigma* adalah strategi bisnis yang di dalamnya disediakan peralatan untuk memperbaiki kemampuan dari bisnis prosesnya (Yang, 2005).

Berdasarkan definisi *Six sigma* di atas, maka dapat disimpulkan bahwa *Six sigma* adalah sebuah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai.

mempertahankan, dan memaksimalkan kesuksesan bisnis. *Six sigma* secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, pemakaian yang disiplin terhadap fakta, data, dan analisis statistik, dan perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki, dan menanamkan kembali proses bisnis. *Six sigma* didasarkan pada beberapa konsep kunci (Brue, 2002) antara lain (a) cacat (*defect*), (b) variasi (*variation*), (c) krisis terhadap kualitas (*critical-to-quality, CTQ*), (c) kemampuan proses (*process capability*), dan (d) desain untuk *Six sigma* (*design for six sigma, DFSS*).

2.4 *Lean Six Sigma*

Prinsip *lean six sigma* adalah segala aktivitas yang menyebabkan *critical critical-to-quality* pada konsumen dan hal-hal yang menyebabkan *waste delay* yang lama pada setiap proses merupakan peluang/ kesempatan yang sangat baik untuk melakukan perbaikan dan peningkatan dalam hal biaya, kualitas, modal, dan *lead time*. *Lean six sigma* merupakan kombinasi antara *lean* dan *six sigma* didefinisikan sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value added activities*) melalui peningkatan terus-menerus secara radikal untuk mencapai tingkat kinerja enam *sigma*, dengan cara mengalirkan produk (*material, work-in-process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan berupa hanya memproduksi 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi (Gaspersz, 2006).

Dengan *six sigma* output dari suatu organisasi bernilai tidak hanya pada kualitas saja, tetapi juga ketersediaan, keandalan, kinerja dari penyampaian dan purna jual. Kinerja dalam setiap komponen harus superior. *Lean* mengeliminasi *waste*, jadi semua aktivitas selama dalam *value stream* menciptakan nilai atau disebut dengan kesempurnaan. Usahanya fokus pada pengurangan *waste* dan perbaikan secara terus-menerus dan radikal. Suatu organisasi yang mengimplementasikan *lean six sigma* akan memaksimalkan *value added* dan meminimalkan variasi.

2.4.1 Model Pemecahan Masalah DMAIC

Lean six sigma dalam pengimplementasiannya dapat menggunakan langkah-langkah berdasarkan proses DMAIC yang dapat dilihat faktor yang paling menentukan untuk memperbaiki kualitas proses dan menghasilkan laba terdiri dari 5

tahap yang disebut DMAIC, (Gazpersz, 2002) yaitu:

1. *Define*

Define adalah penetapan sasaran dari aktivitas peningkatan kualitas. Langkah ini untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci. Tanggung jawab dari definisi proses bisnis kunci berada pada manajemen.

Tahap *define* dimulai dengan melakukan kegiatan identifikasi proses produksi serta aliran yang terjadi di sepanjang rantai produksi. Identifikasi aktivitas pada proses produksi dibedakan berdasar jenis aktivitasnya. Untuk mengidentifikasi terjadinya *waste* pada proses produksi, menggunakan VSM sebagai visualisasi secara menyeluruh, dan merepresentasikan baik aliran material juga aliran informasi.

2. *Measure*

Measure merupakan tindak lanjut logis terhadap langkah *define* dan merupakan sebuah jembatan untuk langkah berikutnya. Tahap *measure* bertujuan untuk mengumpulkan data mengenai kecepatan proses sebelum dilakukan upaya perbaikan. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan, yaitu:

- a) Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (*Critical to Quality*)
- b) Mengembangkan rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, output, dan outcome.
- c) Mengukur kinerja sekarang pada tingkat proses, output, dan outcome untuk ditetapkan sebagai baseline kinerja pada awal proyek.

3. *Analyze*

Merupakan langkah operasional yang ketiga dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. *Analyze* bertujuan untuk menganalisa hubungan sebab akibat berbagai faktor yang dipelajari untuk mengetahui faktor dominan yang perlu dikendalikan. Ada beberapa hal yang harus dilakukan pada tahap ini yaitu:

- a) Menetapkan target kinerja dari karakteristik kualitas.
- b) Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab masalah kualitas.
- c) Menentukan prioritas rekomendasi perbaikan.

4. *Improve*

Pada langkah ini diterapkan suatu rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six sigma*. Pada tahap *improve* diharapkan ada tindakan

perubahan pada proses yang dapat meminimasi *waste*, biaya, dan lain-lain. Berbagai rekomendasi sebagai rencana perbaikan dapat diberikan sesuai dengan permasalahan yang berhasil dianalisis pada tahap sebelumnya. Tujuan dari tahap *improve* adalah untuk menemukan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah yang ada, yaitu dengan memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengeliminasi *waste* yang terjadi dan pembuatan rancangan perbaikan dari rekomendasi.

5. Control

Control merupakan tahap operasional terakhir dalam upaya peningkatan kualitas berdasarkan *Six sigma*. Pada tahap ini hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam peningkatan proses distandarisasi dan disebarluaskan, prosedur didokumentasikan dan dijadikan sebagai pedoman standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim kepada pemilik atau penanggung jawab proses. Tahap *control* bertujuan untuk memelihara suatu level kualitas dan produktivitas yang lebih tinggi.

2.5 Waste

Waste dapat didefinisikan sebagai segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi *input* menjadi *output* sepanjang *value stream*. Proses transformasi *input* menjadi *output* dari beberapa industri manufaktur dan jasa ditunjukkan dalam Tabel 2.2 (Gaspersz, 2007).

Tabel 2.2 Contoh Sistem Operasi Jasa dan Produksi Manufaktur

No.	Sistem	<i>Input</i>	<i>Output</i>
1.	Bank	Karyawan, fasilitas gedung dan peralatan kantor, modal, energi, informasi, manajerial, dll.	Pelayanan finansial bagi nasabah (deposito, pinjaman, dll)
2.	Rumah Sakit	Dokter, perawat, karyawan, fasilitas gedung dan peralatan medik, laboratorium, modal, energi, informasi, manajerial, dll.	Pelayanan medik bagi pasien, dll.
3.	Rumah Makan	Tukang masak, pelayan, bahan, peralatan, ruangan, bumbu, modal, energi, informasi, manajerial	Pelayanan makanan, hiburan, kenyamanan, dll.

Tabel 2.2 Beberapa Contoh Sistem Operasi Jasa dan Produksi Manufaktur

No.	Sistem	Input	Output
4.	Universitas	Dosen, asisten, mahasiswa, karyawan, fasilitas gedung dan peralatan kuliah, perpustakaan, laboratorium, modal, energi, informasi, manajerial, dll.	Pelayanan akademik bagi mahasiswa untuk menghasilkan Sarjana (S1), Magister (S2), Doktor (S3), penelitian
5.	Transportasi Udara	Pilot, pramugari, tenaga mekanik, karyawan, pesawat terbang, fasilitas gedung dan peralatan kantor, energi, informasi,	Transportasi udara bagi orang dan barang dari satu lokasi ke lokasi lain.
6.	Manufaktur	Karyawan, fasilitas gedung dan peralatan pabrik, material, modal, energi, informasi, manajerial,	Barang jadi, dll.

Sumber: Gazpersz, 2007

Berdasarkan perspektif *Lean*, semua jenis pemborosan yang terdapat sepanjang proses *value stream*, yang mentransformasikan *input* menjadi *output* harus dihilangkan guna meningkatkan nilai produk (barang dan/atau jasa) dan selanjutnya meningkatkan *customer value*.

2.5.1 Jenis-jenis Waste

Waste yang hendak dihilangkan dalam perspektif *Lean* terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu *Type One Waste* dan *Type Two Waste* (Gaspersz, 2007):

Type One Waste adalah aktivitas kerja yang tidak menciptakan nilai tambah dalam proses transformasi *input* menjadi *output* sepanjang *value stream*, namun aktivitas tersebut pada saat sekarang tidak dapat dihilangkan dikarenakan beberapa alasan. Misalnya, pengawasan, merupakan aktivitas yang tidak bernilai tambah, namun hal tersebut masih dibutuhkan dikarenakan orang baru tersebut direkrut untuk mengerjakan hal tersebut. Dalam jangka panjang, aktivitas *Type One Waste* tersebut harus dihilangkan atau minimal dikurangi. *Type One Waste* ini sering disebut sebagai *Incidental Activity* atau *Incidental Work* yang termasuk aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value adding work or activity*).

Jenis *waste* yang berikutnya adalah *Type Two Waste*, merupakan aktivitas yang tidak menciptakan nilai tambah dan dapat dihilangkan dengan segera. Misalnya, menghasilkan cacat produk (*defect*) atau melakukan kesalahan (*error*). *Type Two Waste* ini sering disebut sebagai *waste* saja, karena merupakan pemborosan dan harus diidentifikasi dan dihilangkan dengan segera.

2.5.2 Konsep *Seven Waste*

Prinsip utama dari pendekatan *lean* adalah pengurangan atau peniadaan pemborosan (*waste*). Dalam upaya menghilangkan *waste*, maka sangatlah penting untuk mengetahui apakah *waste* itu dan dimana ia berada. Ada 7 macam *waste* yang didefinisikan menurut Shigeo Shingo (Hines & Taylor, 2000) yaitu :

1. *Over production*

Merupakan *waste* yang berupa produksi yang terlalu banyak, lebih awal, dan terlalu cepat diproduksi yang mengakibatkan inventori yang berlebih dan terganggunya aliran informasi dan fisik.

2. *Defect*

Merupakan *waste* yang dapat berupa kesalahan yang terjadi saat proses pengerjaan, permasalahan pada kualitas produk yang dihasilkan, dan performansi pengiriman yang buruk.

3. *Unnecessary Inventory*

Merupakan *waste* yang berupa penyimpanan barang yang berlebih yang sebenarnya tidak perlu terjadi, serta *delay* informasi produk atau material yang mengakibatkan peningkatan biaya dan penurunan kualitas pelayanan terhadap *customer*.

4. *Inappropriate processing*

Merupakan *waste* yang disebabkan oleh proses produksi yang tidak tepat karena prosedur yang salah, penggunaan peralatan atau mesin yang tidak sesuai dengan kapasitas dan kemampuan dalam suatu operasi kerja.

5. *Excessive transportation*

Merupakan *waste* yang berupa pemborosan waktu, usaha dan biaya karena karena pergerakan yang berlebihan dari orang, informasi atau produk atau material. *Waste* ini bisa disebabkan karena *layout* lantai produksi yang kurang baik, kurang memahami aliran proses produksi.

6. *Waiting*

Merupakan *waste* yang berupa penggunaan waktu yang tidak efisien. Dapat berupa ketidakaktifan dari pekerja, informasi, material atau produk dalam periode waktu yang cukup panjang sehingga menyebabkan aliran yang terganggu dan memperpanjang *lead time* produksi.

7. *Unnecessary motion*

Merupakan *waste* yang berupa penggunaan waktu yang tidak memberikan nilai tambah untuk produk maupun proses. *Waste* jenis ini biasanya terjadi pada aktivitas tenaga kerja di pabrik, terjadi karena kondisi lingkungan kerja dan peralatan yang tidak ergonomis sehingga dapat menyebabkan rendahnya produktivitas pekerja dan berakibat pada terganggunya *lead time* produksi serta aliran informasi.

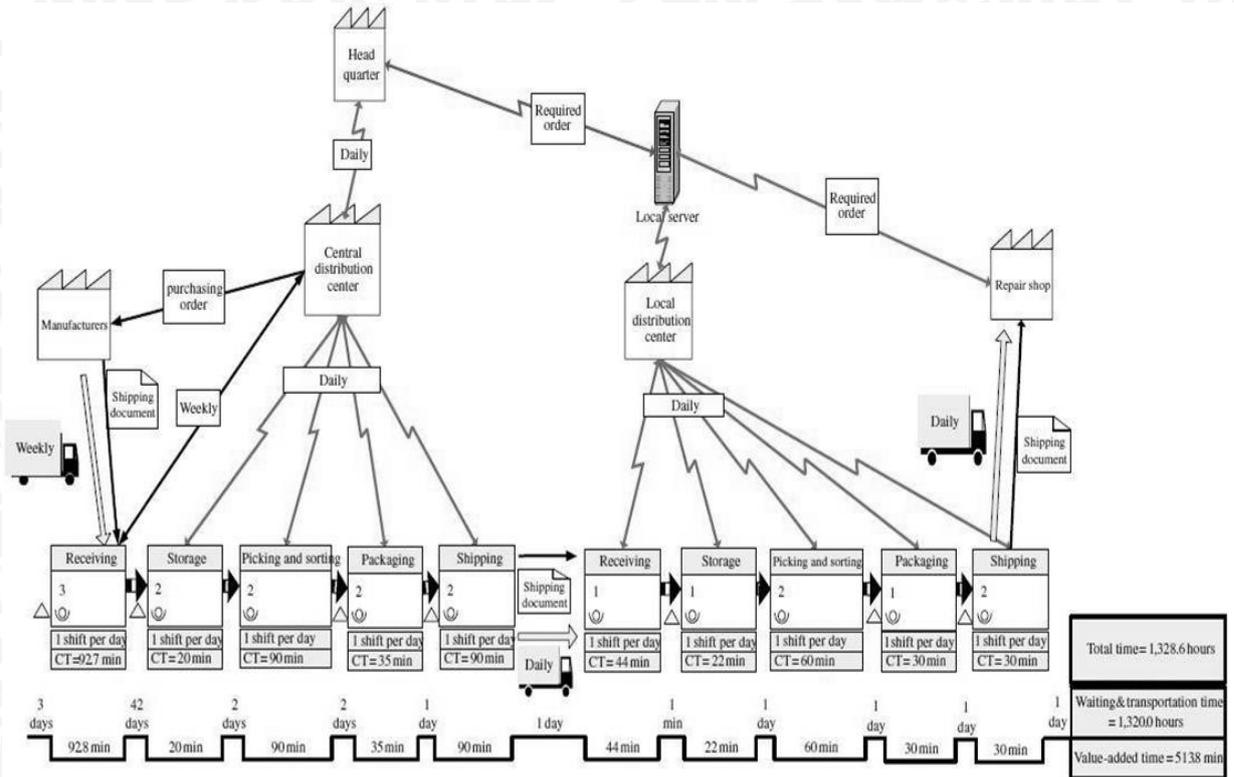
Untuk memahami ketujuh *waste* tersebut, perlu didefinisikan tiga tipe aktivitas yang terjadi dalam sistem produksi. Ketiga tipe aktivitas tersebut antara lain sebagai berikut :

1. *Value adding activity*, yaitu semua aktivitas perusahaan untuk menghasilkan produk atau jasa yang dapat memberikan nilai tambah di mata konsumen sehingga konsumen rela membayar atas aktivitas tersebut.
2. *Necessary but non-value adding activity*, yaitu semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah di mata *customer* pada suatu material atau produk yang diproses tapi perlu dilakukan. Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan, namun dapat dijadikan lebih efektif dan efisien.
3. *Non value adding activity*, yaitu semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah di mata *customer* pada suatu material atau produk yang diproses. Aktivitas ini bisa direduksi atau dihilangkan, karena aktivitas ini murni *waste* yang sangat merugikan.

2.6 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) merupakan suatu metode atau salah satu alat dalam konsep *Lean Manufacture* yang melakukan *mapping*/pemetaan berkaitan dengan aliran produk dan aliran informasi mulai dari *supplier*, produsen dan konsumen dalam satu gambar utuh meliputi semua proses dalam suatu sistem. (Hines & Taylor, 2000) Contoh gambar pembuatan *Value Stream Mapping* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Tujuan atau penggunaan dari pemetaan ini adalah untuk mendapatkan suatu gambaran utuh berkaitan dengan waktu proses, sehingga dapat diketahui *value adding* dan *non value adding activity*. *Value Stream Mapping* mampu memberikan gambaran nyata yang digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas tambahan yang tidak bernilai di dalam perusahaan. Dalam menggambarkan VSM sendiri, diperlukan beberapa simbol-simbol tertentu yang masing-masing memiliki makna sendiri. Simbol-simbol dan penggunaannya dalam VSM dapat dilihat pada Tabel 2.3



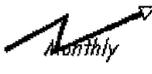
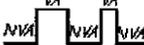
Gambar 2.1 Value stream mapping

Sumber: Hines and Taylor (2000). *Going Lean*, Lean Enterprise Research Center.pdf

Tabel 2.3 Simbol dalam VSM

No	Nama simbol	Gambar	Keterangan
1	Customer/supplier		Simbol tersebut menunjukkan titik awal dari aliran material bila terletak di sebelah kiri. Sedangkan jika terletak di sebelah kanan menunjukkan pengguna/akhir dari aliran material
2	Procees		Simbol tersebut menunjukkan sebuah proses, operasi, mesin yang berada di sepanjang aliran material
3	Data Box		Simbol tersebut terletak dibawah simbol lainnya yang memuat informasi cycle time, changeover time, jumlah batch, dan kapasitas yang tersedia
4	Inventory		Simbol tersebut menunjukkan adanya inventory di antara 2 proses
5	Shipments		Simbol tersebut merepresentasikan perpindahan bahan baku dari supplier ke pabrik atau simbol sebagai perpindahan barang jadi dari pabrik ke customer

Tabel 2.3 Simbol dalam VSM (Lanjutan)

No	Nama simbol	Gambar	Keterangan
6	<i>Push arrow</i>		Simbol ini merepresentasikan aliran material dari satu proses ke proses lainnya.
7	<i>External shipment</i>		Simbol yang menunjukkan pengiriman dari <i>supplier</i> atau ke <i>customer</i> menggunakan transportasi dari luar
8	<i>Production control</i>		Simbol yang menunjukkan pusat/departemen pengendalian kualitas
9	<i>Manual info</i>		Menunjukkan aliran informasi umum secara manual
10	<i>Electronic info</i>		Menunjukkan aliran data secara elektronik misalnya melalui internet, LAN, WAN.
11	<i>Kaizen burst</i>		Menunjukkan <i>improvement</i> apa yang telah dilakukan pada proses tertentu yang digambarkan dalam <i>future state mapping</i>
12	<i>Operator</i>		Simbol yang menunjukkan jumlah kebutuhan operator
13	<i>Timeline</i>		Simbol ini menunjukkan berapa jumlah VA time dan NVA time

Sumber: Hines and Taylor (2000). *Going Lean*, Lean Enterprise Research Center.pdf

Dalam mengaplikasikan *Value Stream Mapping*, maka diperlukan data-data antara lain data inputan jenis dan banyaknya produk, waktu tunggu, waktu proses, ukuran *batch*, *value-adding time*, dan barang sisa (*waste*). *Value Stream Mapping* sendiri mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, VSM dapat menghubungkan langkah-langkah dalam proses manufaktur kepada komponen lainnya, seperti komponen *supply chain* (distribusi, *supplier*, dan pengendalian produksi), mengintegrasikan dan menganalisa material serta aliran informasi dalam proses manufaktur, dan menghubungkan fungsi *Production Control and Scheduling* (PCS) kepada pekerja lapangan.

Selain itu, ada beberapa kekurangan dalam menerapkan *Value Stream Mapping* yaitu gagal dalam memetakan berbagai produk yang tidak mempunyai rute serupa, gagal untuk menghubungkan tata letak pabrik dan material handling untuk proses dan parameter peralatan, ketidakmampuan dalam menata ruang fasilitas di dalam pabrik, dan biasanya hanya untuk produk yang tinggi volume produksinya namun varietas rendah. Dalam menerapkan *Value Stream Mapping* ada beberapa langkah yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Identifikasi aliran nilai dari proses yang diteliti, untuk dikembangkan dan diatur batasan-batasannya.
2. Identifikasi pelayanan terhadap konsumen dengan menggunakan aliran nilai yang disebut sebagai *customer value*.
3. Lakukan pemetaan terhadap aliran tersebut, petakan setiap proses dan pesannya, berikan waktu untuk setiap operasi (*processing time*), dan tentukan waktu tunggu untuk setiap operasi (*waiting time*).
4. Amati hasil pemetaan aliran nilai tersebut dan analisa waktu mengganggu.
5. Melakukan analisa lebih dalam terhadap peta aliran nilai tersebut dengan mencari solusi yaitu mereduksi pemborosan (*waste*) dan menentukan berapa lama produk tersebut dapat dihasilkan dengan waktu yang minimum.
6. Mengimplementasikan hasil yang baru sehingga diharapkan mampu mengurangi *non value added activity* dalam suatu perusahaan.

2.7 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan (*Left and Right Hand Chart*)

Peta tangan kiri-tangan kanan adalah peta kerja setempat yang bermanfaat untuk menganalisis gerakan tangan operator dalam melakukan pekerjaan yang bersifat manual. Tujuan dari peta tangan kiri-tangan kanan adalah untuk menggambarkan gerakan-gerakan tangan (kiri kanan) ataupun *idle/delay* selama aktifitas kerja berlangsung (*motion study*), menganalisa *manual operation* yang bersifat berulang ulang (*repetitive, assembly*), mengeliminir gerakan yang tidak ekonomis (aplikasi prinsip ekonomi gerakan) dan menyeimbangkan gerakan tangan kiri dan tangan kanan. Analisa terutama difokuskan terhadap aktifitas tangan yang tidak banyak melakukan gerakan produktif (kondisi *delay* atau *hold*) (Nurmianto, 2004). Peta ini akan menggambarkan semua kegiatan ataupun delay yang terjadi yang dilakukan oleh tangan kanan maupun tangan kiri secara detail sesuai dengan elemen *therblig* yang membentuk gerakan tersebut. Aplikasi elemen-elemen gerakannya adalah elemen *therblig*. Elemen *therblig* adalah penggolongan elemen kerja ke dalam beberapa kelompok elemen, yang diperkenalkan pertama kali oleh Gilbreth. Elemen *therblig* ini berkaitan dengan pembuatan peta tangan kiri dan tangan kanan. Menurut. Berikut ini adalah macam-macam elemen *therblig* (Wignjosuebrot, 2003):

- a. Mencari (*search*) - simbol 'Sh'
Elemen gerakan mencari merupakan gerakan dasar pegawai untuk menemukan lokasi objek menggunakan mata.
- b. Menemukan (*find*) – simbol 'F'
Reaksi mental pada siklus akhir mencari.
- c. Memilih (*select*) - simbol 'SI'
Gerakan untuk menemukan suatu objek yang tercampur menggunakan tangan dan mata, baru berhenti bila objek sudah ditemukan.
- d. Memegang (*grasp*) - simbol 'G'
Gerakan untuk memegang objek, biasanya didahului dengan gerakan menjangkau dan dilanjutkan dengan gerakan membawa.
- e. Memegang untuk memakai (*hold*) - simbol 'H'
Memegang tanpa menggerakkan objek yang sedang dipegang.
- f. Membawa (*transport loaded*) - simbol 'TL'
Gerakan berpindah tempat, hanya dalam gerakan ini tangan dalam keadaan dibebani.
- g. Menjangkau (*transport empty*) - simbol 'TE'
Gerakan tangan berpindah tempat tanpa beban, baik gerakan mendekati maupun menjauhi objek.
- h. Mengarahkan (*position*) - simbol 'P'
Didahului oleh gerakan mengangkat dan diikuti oleh gerakan merakit (*assembling*).
- i. Merakit (*assamble*) - simbol 'A'
Gerakan untuk menghubungkan satu objek dengan objek lain sehingga menjadi satu kesatuan.
- j. Memakai (*use*) - simbol 'U'
Bila satu tangan atau kedua tangan digunakan untuk menggunakan alat.
- k. Mengurai rakitan (*disassamble*) - simbol 'DA'
Dua bagian objek dipisahkan dari satu kesatuan.
- l. Pemeriksaan (*inspect*) - simbol 'I'
Pekerjaan memeriksa objek untuk mengetahui apakah objek telah memenuhi syarat tertentu atau belum.

- m. Mengarahkan awal (*preposition*) - simbol 'PP'
Elemen gerak menuju pada tempat sementara. Tujuan mengarahkan sementara adalah memudahkan pemegangan apabila objek akan dipakai kembali.
- n. Melepas (*release load*) - simbol 'RL'
Terjadi ketika pegawai melepaskan objek yang dipegangnya. Berawal dari operator mulai melepaskan tangannya dari objek dan berakhir bila seluruh jarinya tidak menyentuh objek lagi.
- o. Keterlambatan yang tidak dapat dihindarkan (*unavoidable delay*) - simbol 'UD'
Keterlambatan disini maksudnya adalah kelambatan yang terjadi di luar kemampuan pengendalian pegawai.
- p. Keterlambatan yang dapat dihindarkan (*avoidable delay*) - simbol 'AD'
Disebabkan oleh hal-hal yang ditimbulkan sepanjang waktu kerja oleh pegawai baik disengaja maupun tidak.
- q. Merencanakan (*plan*) lambangnya 'Pn'
Merupakan proses mental dimana operator berfikir untuk menentukan tindakan yang akan diambil selanjutnya.
- r. Istirahat untuk menghilangkan lelah (*rest to overcome fatigue*) - simbol 'R'
Terjadi pada setiap siklus kerja tetapi secara periodic waktu untuk memulihkan kembali kondisi badan dari rasa fatigue sebagai akibat kerja berbeda-beda, tidak saja karena jenis pekerjaannya tetapi juga karena pegawainya.

2.8 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah sebuah alat bantu untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failures modes*). Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/ kegagalan dalam desain, kondisi di luar batas spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan-perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. (Gazpersz, 2007)

Proses FMEA merupakan sebuah teknik analisis yang digunakan oleh tim *manufacturing* untuk meyakinkan bahwa untuk memperluas kemungkinan cara-cara kegagalan dan mencari penyebab yang berkaitan yang telah dipertimbangkan dan dituangkan kedalam bentuk *form* yang tepat, sebuah FMEA merupakan ringkasan dari pemikiran tim *engineering*. Proses FMEA antara lain:

1. Mengidentifikasi produk yang potensial yang berkaitan dengan cara-cara kegagalan proses.
2. Memperkirakan efek bagi konsumen yang potensial yang disebabkan oleh kegagalan.
3. Mengidentifikasi sebab-sebab yang potensial pada proses perakitan dan mengidentifikasi variabel-variabel pada proses yang berguna untuk memfokuskan pada pengendalian untuk mengurangi kegagalan atau mendeteksi keadaan-keadaan kegagalan.
4. Mengembangkan sebuah daftar peringkat dari cara-cara kegagalan yang potensial, ini menetapkan sebuah sistem prioritas sebagai pertimbangan untuk melakukan tindakan perbaikan.
5. Mendokumentasikan hasil-hasil dari proses produksi atau proses perakitan.

Metodologi *Risk Priority Number* (RPN) merupakan sebuah teknik untuk menganalisa resiko yang berkaitan dengan masalah-masalah yang potensial yang telah diidentifikasi selama pembuatan FMEA (Stamatis, DH, 1995). Sebuah FMEA dapat digunakan untuk mengidentifikasi cara-cara kegagalan yang potensial untuk sebuah produk atau proses. Metode RPN kemudian memerlukan analisa dari tim untuk menggunakan pengalaman masa lalu dan keputusan *engineering* untuk memberikan peringkat pada setiap potensial masalah menurut *rating* skala berikut:

- a. *Severity*, merupakan skala yang memeringkatkan *severity* dari efek-efek yang potensial dari kegagalan.
- b. *Occurance*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari kegagalan akan muncul.
- c. *Detection*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari masalah akan dideteksi sebelum sampai ke tangan pengguna akhir atau konsumen.

Setelah pemberian *rating* dilakukan, nilai RPN dari setiap penyebab kegagalan dihitung dengan rumus :

$$RPN = Severity \times Occurence \times Detection$$

Nilai RPN dari setiap masalah yang potensial dapat kemudian digunakan untuk membandingkan penyebab-penyebab yang teridentifikasi selama dilakukan analisis. Pada umumnya RPN jatuh diantara batas yang di tentukan, tindakan perbaikan dapat diusulkan atau di lakukan untuk mengurangi resiko. Ketika menggunakan teknik *risk*

assessment, sangat penting untuk mengingat bahwa tingkat RPN adalah relatif terhadap analisis tertentu (dilakukan dengan sebuah set skala peringkat yang umum dan analisis tim yang berusaha untuk membuat peringkat yang konsisten untuk semua penyebab masalah yang teridentifikasi selama melakukan analisis). Untuk itu, sebuah RPN di dalam sesuatu analisa dapat dibandingkan dengan RPN yang lainnya di dalam analisa yang sama, tapi dapat menjadi tidak dapat dibandingkan terhadap RPN di dalam satu analisa yang lain.

2.9 Diagram Pareto

Diagram pareto pertama kali diperkenalkan oleh Alfredo Pareto dan digunakan pertama kali oleh Joseph Juran. Fungsi diagram pareto adalah untuk mengidentifikasi atau menyeleksi masalah utama untuk peningkatan kualitas. Diagram ini menunjukkan seberapa besar frekuensi berbagai macam tipe permasalahan yang terjadi dengan daftar masalah pada sumbu x dan jumlah/frekuensi kejadian pada sumbu y. Kategori masalah diidentifikasi sebagai masalah utama dan masalah yang tidak penting. Prinsip Pareto adalah 80 % masalah (ketidaksesuaian atau cacat) disebabkan oleh 20 % penyebab. Prinsip Pareto ini sangat penting karena prinsip ini mengidentifikasi kontribusi terbesar dari variasi proses yang menyebabkan performansi yang jelek seperti cacat. Pada akhirnya, diagram pareto membantu pihak manajemen untuk secara cepat menemukan permasalahan yang kritis dan membutuhkan perhatian secepatnya sehingga dapat segera diambil kebijakan untuk mengatasinya.

Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang tertinggi serta ditempatkan pada sisi paling kiri, dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah serta ditempatkan pada sisi yang paling kanan. Pada dasarnya diagram Pareto dapat digunakan sebagai alat interpretasi untuk:

1. Menentukan frekuensi relatif dan urutan pentingnya masalah dan penyebab masalah yang ada.
2. Memfokuskan perhatian pada isu – isu penting melalui pembuatan *rangking* terhadap masalah atau penyebab dari masalah tersebut.

Selain itu, Diagram Pareto dapat juga digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses sebelum dan setelah diambil tindakan perbaikan terhadap proses.

2.10 Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat juga disebut *Ishikawa Diagram* karena diagram ini diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943. Diagram ini terdiri dari sebuah panah horizontal yang panjang dengan deskripsi masalah. Penyebab-penyebab masalah digambarkan dengan garis radial dari garis panah yang menunjukkan masalah. Diagram ini pada dasarnya digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan menunjukkan kumpulan dari kelompok sebab akibat yang disebut sebagai faktor serta akibat yang disebut sebagai karakteristik mutu. Prinsip yang dipakai dalam membuat diagram sebab akibat ini adalah sumbang saran.

Langkah-langkah dalam melakukan pembuatan *cause and effect diagram*:

1. Tentukan masalah/akibat yang akan dicari penyebabnya. Tuliskan dalam kotak yang menggambarkan kepala ikan yang berada di ujung tulang utama (garis horizontal).
2. Tentukan grup/kelompok faktor-faktor penyebab utama yang mungkin menjadi penyebab masalah ini dan tuliskan masing-masing pada kotak yang berada pada cabang. Pada umumnya, pengelompokan didasarkan atas unsur material, peralatan (mesin), metode kerja (manusia), dan pengukuran (inspeksi). Namun, pengelompokan dapat juga dilakukan atas dasar analisis proses.
3. Pada setiap cabang, tulis faktor-faktor penyebab yang lebih rinci yang dapat menjadi faktor penyebab masalah yang dianalisis. Faktor-faktor penyebab ini berupa ranting, yang bila diperlukan bisa dijabarkan lebih lanjut ke dalam anak ranting.
4. Lakukan analisis dengan membandingkan data/keadaan dengan persyaratan untuk setiap faktor dalam hubungannya dengan akibat, sehingga dapat diketahui penyebab utama yang mengakibatkan terjadinya masalah murni yang diamati.

2.11 Kanban

Kanban dalam bahasa Jepang berarti “*visual record or signal*”. Sistem produksi JIT menggunakan aliran informasi berupa *Kanban* yang berbentuk kartu atau peralatan lainnya seperti bendera, lampu, dan lain-lain. Sistem *Kanban* adalah suatu sistem informasi yang secara harmonis mengendalikan “produksi produk yang diperlukan dalam jumlah yang diperlukan pada waktu yang diperlukan” dalam tiap proses *manufacturing* dan juga diantara perusahaan. Tujuan sistem *kanban* ini adalah untuk

memberikan tanda tentang kebutuhan suku cadang yang lebih banyak dan untuk menjamin bahwa suku cadang tersebut dapat diproduksi tepat pada waktunya untuk mendukung pabrikasi atau perakitan selanjutnya. (Monden, 1995)

Kanban adalah sebuah alat untuk mencapai produksi *just in time* (Monden, 2000). *Kanban* adalah sebuah kertas berbentuk empat persegi panjang. Ada dua macam *kanban*, yaitu *kanban* penarikan dan *kanban* produksi. Kartu-kartu ini digunakan untuk memberikan otorisasi produksi dan untuk mengidentifikasi suku cadang pada setiap *container*. *Kanban* penarikan berisikan tentang jumlah dan jenis produk yang akan diambil dari proses sebelumnya (Monden, 2000). Contoh kartu *kanban* penarikan dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.

No. Rak Gudang SE 215 No. Belakang A 2-15		Proses Terdahulu PENEMPAAN
No. Barang 35670507		B-2
Nama Barang RODA GIGI PENGGERAK		Proses Berikut PENGERJAAN
Jenis Mobil SX50BC		MESIN
Kapasitas Kotak	Jenis Kotak	No. Keluaran
20	B	48
		M-6

Gambar 2.2 Contoh *kanban* penarikan

Pada gambar 2.2 menunjukkan bahwa proses terdahulu yang membuat suku cadang ini adalah proses penempaan dan pembawa dari proses berikutnya harus pergi ke posisi B-2 pada departemen penempaan untuk mengambil roda gigi. Proses berikutnya adalah pengerjaan dengan mesin. Tiap kotak berisi 20 unit dan bentuk kotak adalah B. *Kanban* ini adalah lembar keempat dari delapan lembar yang dikeluarkan. Nomor belakang barang merupakan singkatan nama barang.

Kartu *kanban* perintah produksi berisikan tentang jumlah dan jenis produk yang harus dibuat proses sebelumnya (Monden, 2000). Contoh kartu *kanban* produksi dapat dilihat pada Gambar 2.3.

No. Rak Gudang F26-18 No. Belakang Barang A5-34		Proses
No. Barang 56790-321		PENGER-
Nama Barang POROS ENKOL		JAAN MESIN
Jenis Mobil SX50BC-150		SB-8

Gambar 2.3 Contoh *kanban* produksi

Kanban perintah produksi menunjukkan bahwa proses pengerjaan mesin SB-8 harus menghasilkan poros engkol untuk mobil jenis SX50BC-150. Poros engkol yang diproduksi harus ditempatkan di gudang F26-18.

Ada beberapa jenis *kanban* yang lain selain *kanban* penarikan dan *kanban* perintah produksi. Untuk melaksanakan pengambilan dari penjual (pemasok suku cadang atau bahan, juga disebut subkontraktor). *Kanban* pemasok berisi perintah yang meminta pemasok atau subkontraktor untuk mengirimkan suku cadang. (Monden, 1995)

2.11.1 Cara Kerja *Kanban*

Dalam melakukan fungsinya *kanban* bekerja dengan cara sebagai berikut (Monden, 2000):

1. Alat pembawa dari proses sesudahnya pergi ke tempat penyimpanan proses sebelumnya dengan *kanban* pengambilan dan *forklift* yang kosong.
2. Ketika alat pembawa dari proses sesudahnya mengambil *part* dari penyimpanan dia melepaskan *kanban* perintah produksi yang ditempelkan pada *part* dan meletakkannya di tempat penerimaan *kanban*.
3. Untuk setiap *kanban* perintah produksi yang dilepas, dia menempelkan *kanban* penarikan sebagai gantinya. Ketika mengganti kedua kartu *kanban* tersebut, dia harus benar-benar memperhatikan dan membandingkan isi dari kedua *kanban* tersebut agar konsisten.
4. Ketika proses mulai dikerjakan pada proses sesudahnya maka *kanban* penarikan harus dilepaskan dan diletakkan di tempat *kanban* penarikan.
5. Pada proses sebelumnya, *kanban* perintah produksi di ambil dari tempat pengumpulan *kanban* pada selang waktu tertentu.
6. Produksi *part* sesuai dengan nomor urut dari *kanban* perintah produksi.
7. *Part* dan *kanban* harus tetap bersama selama proses.
8. Ketika *part* sudah selesai dikerjakan pada proses, *part-part* tersebut dan *kanban* perintah produksi diletakkan di tempat penyimpanan sehingga dapat diambil kapan saja oleh proses setelahnya.

Seperti sebuah rantai, kedua kartu *kanban* tersebut harus ada pada setiap urutan proses. Hasil akhirnya setiap proses akan mendapatkan jenis yang tepat, pada waktu yang tepat, serta kualitas yang tepat pula.

2.11.2 Aturan-aturan dalam *Kanban*

Dalam rangka mewujudkan sistem produksi just in time sebagai tujuan dari penerapan *kanban* terdapat beberapa aturan yang harus diikuti. Aturan-aturan tersebut adalah sebagai berikut (Monden, 2000):

1. Proses setelahnya harus mengambil produk yang tepat dari proses sebelumnya dengan jumlah yang tepat serta waktu yang tepat.
2. Proses sebelumnya harus memproduksi produk pada jumlah yang diminta oleh proses sesudahnya.
3. Produk yang cacat tidak boleh diteruskan ke proses berikutnya.
4. Jumlah *kanban* harus diminimalisasi.
5. *Kanban* harus digunakan untuk mengadaptasi perubahan kecil pada permintaan.



BAB III METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan cara atau prosedur beserta tahapan-tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Penelitian harus mempunyai tujuan dan arah yang jelas. Oleh karena itu diperlukan sistematika kegiatan yang akan dilaksanakan dengan metode dan prosedur yang tepat dan mengarah kepada sasaran atau target yang telah ditetapkan.

3.1 Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan metode penelitian deskriptif dan penelitian kuantitatif. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan secara lengkap mengenai permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini. Selain itu metode deskriptif juga digunakan untuk memberikan suatu perbaikan terhadap permasalahan yang terjadi. Sedangkan penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang mendasarkan perumusan teorinya pada sifat dan hubungan antar fenomena kuantitatif dari obyeknya berupa angka-angka (*score*, nilai) atau pernyataan-pernyataan yang di angkakan (*discore*, dinilai), dan dianalisis dengan analisis statistic.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di PT Pindad (Persero) Divisi Munisi, Jl. Jend. Panglima Sudirman No. 1 Desa Sedayu, Kecamatan Turen, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Adapun untuk waktu pelaksanaan penelitiannya adalah pada bulan Januari 2014 – Juli 2014.

3.3 Sumber Data

Pengumpulan data dapat diartikan sebagai kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan informasi atau kondisi lokasi penelitian. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dan pengamatan, studi pustaka, serta dokumen perusahaan yang terkait dengan topic penelitian. Berikut sumber data dari PT Pindad (Persero); profil perusahaan, jumlah tenaga kerja, jumlah *defect* selama satu periode, jenis-jenis *defect*, waktu *idle* mesin dan operator, jumlah *inventory*, data aliran informasi produk, data aliran proses produksi, waktu produksi, dan jumlah produksi.

3.4 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan data-data terkait proses produksi di PT Pindad (Persero) untuk menemukan permasalahan yang terdapat di dalamnya.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan kegiatan mencari informasi untuk menunjang proses penelitian. Studi pustaka didapatkan dari jurnal, skripsi dan artikel terdahulu, internet, buku-buku referensi dan sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal penelitian yang bertujuan memahami kemungkinan timbulnya permasalahan terkait kondisi nyata di PT Pindad (Persero).

4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan agar memudahkan dalam menentukan metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah yang telah teridentifikasi.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan agar lebih fokus dalam menyelesaikan permasalahan sehingga penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan terarah dan tidak menyimpang dari permasalahan yang diteliti.

6. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi empat metode, yaitu:

a. Observasi

Observasi merupakan kegiatan pengamatan atau peninjauan langsung yang dilakukan di PT Pindad (Persero) dengan mengamati alur produksi, sistem kerja atau cara kerja pegawai dan hal-hal lain yang berkaitan dengan pengendalian kualitas produk.

b. Wawancara

Wawancara merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan cara bertanya secara langsung kepada karyawan PT Pindad (Persero) yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

c. *Brainstorming*

Brainstorming adalah diskusi atau kegiatan bertukar pikiran dengan karyawan/manajemen yang *capable* dalam bidang tertentu pada PT Pindad (Persero) berkaitan dengan permasalahan yang diangkat.

d. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan metode pengumpulan data dengan cara mempelajari dokumen-dokumen perusahaan yang berisikan laporan-laporan seputar cacat produk, data keterlambatan bahan baku, dan lain-lain.

7. Pengolahan dan Analisis Data

Setelah melakukan pengamatan dan pengambilan data-data pada perusahaan, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mengolah data-data tersebut untuk kemudian diselesaikan dengan metode yang terkait. Metode pengolahan dan analisis data yang digunakan mengacu pada prinsip *lean six sigma* dengan urutan sebagai berikut:

a. *Define*

Proses mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan *waste* yang ada di aliran produksi dengan proses pengidentifikasian aliran proses produksi PT Pindad (Persero) melalui VSM.

b. *Measure*

Kegiatan mengukur *waste* yang telah teridentifikasi, dengan melakukan perhitungan DPMO.

c. *Analyze*

Merupakan kegiatan menganalisa masalah yang terjadi, beserta sebab-sebab yang menimbulkan masalah tersebut dengan *Cause and Effect Diagram* kemudian menggunakan FMEA untuk menemukan prioritas perbaikan.

d. *Improve*

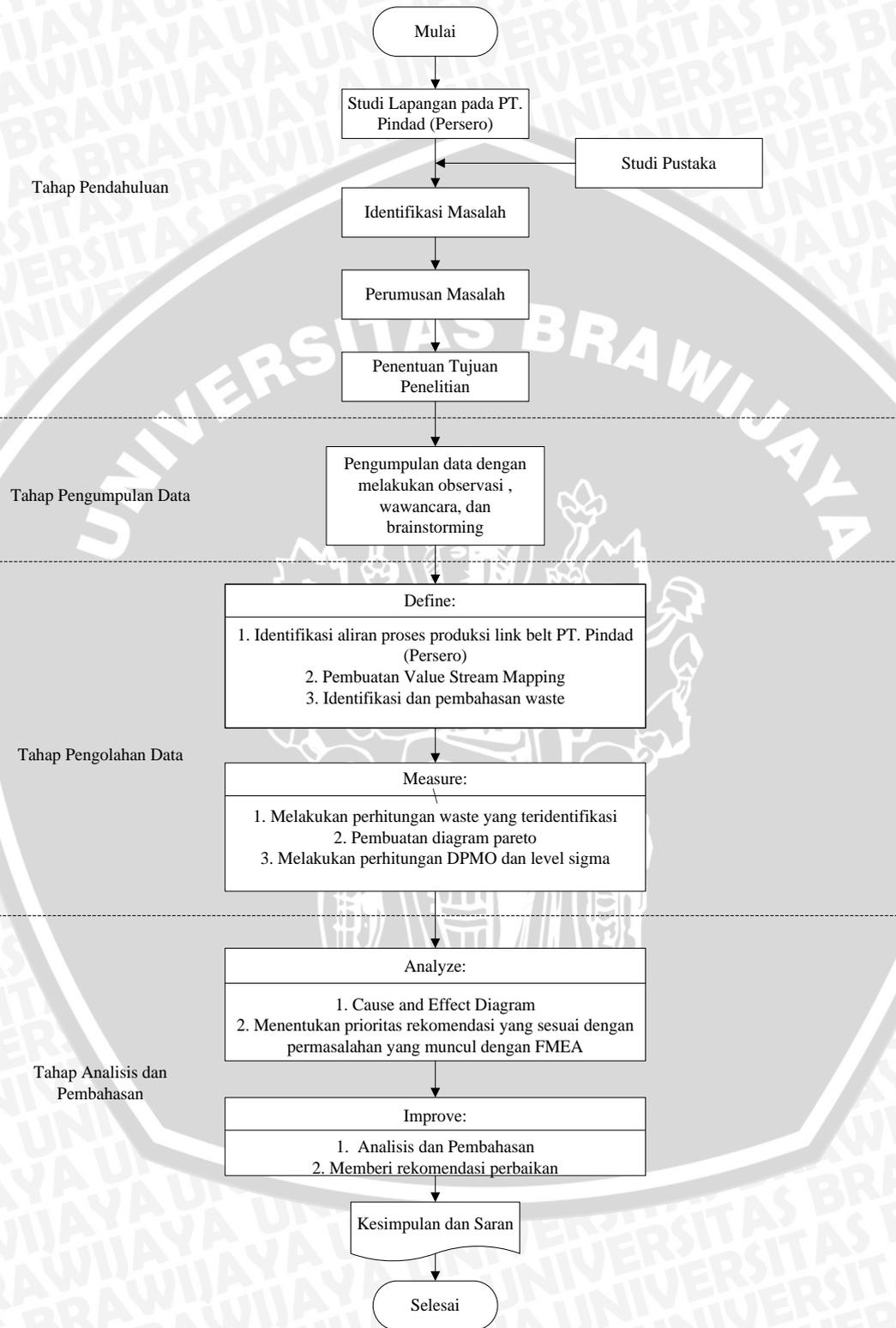
Merupakan tahap menganalisis dan pemberian rekomendasi perbaikan terhadap masalah-masalah yang telah diteliti.

8. Kesimpulan dan Saran

Membuat kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan sehingga dapat menjawab tujuan penelitian.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari kegiatan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian pengolahan data dan pembahasan akan diuraikan beberapa hal yang berkaitan dengan gambaran umum PT Pindad (Persero) serta tahapan identifikasi permasalahan pada proses produksi, identifikasi *waste*, menginterpretasikan data yang diolah, dan memberikan rekomendasi perbaikan.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT Pindad (Persero) adalah Perusahaan Industri Manufaktur Indonesia yang bergerak dalam bidang Produk Militer dan Produk Komersial. PT Pindad (Persero) bergerak dibidang manufaktur yang memproduksi peralatan pertahanan keamanan (produk militer) dan peralatan industri non-pertahanan (produk komersial). Kegiatan PT Pindad (Persero) mencakup desain dan pengembangan, rekayasa, perakitan dan pabrikan serta perawatan. Produksi di PT Pindad (Persero) ini mencakup produk-produk militer seperti munisi, kendaraan *tank*, pistol, dan lain-lain. Selain produk utama PT Pindad (Persero) juga membuat produk pendukung untuk masing-masing produknya. Berikut akan dijelaskan mengenai sejarah perusahaan, visi dan misi perusahaan, organisasi dan manajemen, proses produksi, serta produk pendukung.

4.1.1 Sejarah Perusahaan

Berdiri pada tahun 1908 sebagai bengkel peralatan militer di Surabaya dengan nama Artillerle Constructie Winkel (ACW), bengkel ini berkembang menjadi sebuah pabrik dan sudah mengalami perubahan nama pengelola menjadi Artillerle Inrichtingen (AI) kemudian dipindahkan lokasinya ke Bandung pada tahun 1921.

Pada tahun 1942, di masa penjajahan Jepang, namanya berganti menjadi Dai ici Kozo (LPB) dan tahun 1947 berganti nama menjadi *Leger Productie Bedrijven* (LPB). Setelah kemerdekaan, pemerintah Belanda pada tahun 1950 menyerahkan pabrik tersebut kepada pemerintah Indonesia, dan pada tanggal 29 April 1950, yang selanjutnya diperingati sebagai hari jadi perusahaan, pabrik tersebut diberi nama Pabrik Senjata dan Mesiu (PSM) yang berlokasi di PT Pindad (Persero) sekarang ini.

Pada tahun 1962 Pabrik Senjata dan Mesiu (PSM) berubah menjadi sebuah industri peralatan militer yang dikelola oleh angkatan darat, sehingga namanya menjadi perindustrian Angkatan Darat (Pindad).

PT Pindad (Persero) berubah status menjadi Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dengan nama PT Pindad (Persero) pada tanggal 29 April 1983, kemudian pada tahun 1989 perusahaan ini berada pada pembinaan Badan Pengelola Industri Strategis (BPIS) yang pada tahun 1999 berubah menjadi PT Pakarya Industri (Persero) dan kemudian berubah lagi namanya menjadi PT Bahana Pakarya Industri Strategis (Persero).

Pada tahun 2002 PT BPIS (Persero) dibubarkan oleh pemerintah, dan sejak itu PT Pindad (Persero) beralih status menjadi PT Pindad (Persero) yang langsung berada dibawah pembinaan kementerian BUMN sampai dengan sekarang.

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

PT Pindad (Persero) memiliki visi dan misi dalam mengembangkan usahanya. Adapun visi dan misi dari PT Pindad (Persero) adalah sebagai berikut:

1. Visi Perusahaan

Visi perusahaan adalah menjadi perusahaan sehat yang mempunyai inti usaha terpadu, beroperasi secara fleksibel serta mandiri secara finansial.

2. Misi Perusahaan

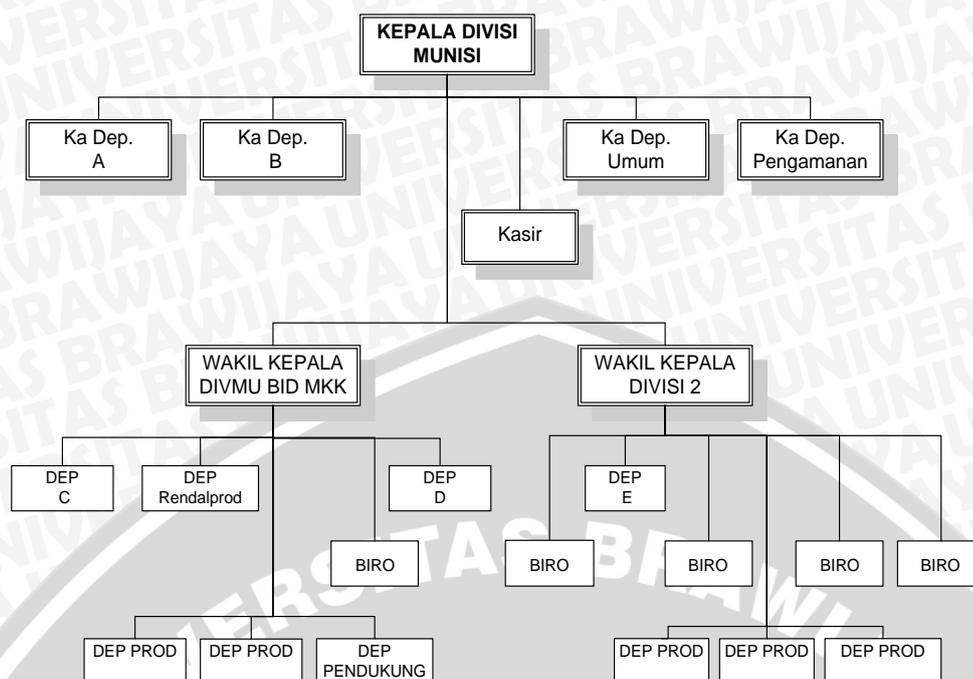
Misi perusahaan adalah melaksanakan kegiatan usaha dalam bidang “*Alat dan Peralatan untuk Mendukung Kemandirian Pertahanan dan Keamanan Negara*” serta “*Alat dan Peralatan Industri*” dengan mendapatkan laba untuk pertumbuhan perusahaan melalui keunggulan teknologi dan efisiensi.

4.1.3 Organisasi dan Manajemen

Struktur organisasi PT Pindad (Persero) merupakan paduan karakteristik organisasi menurut fungsi dan organisasi menurut produk. Struktur organisasi PT Pindad (Persero) ini merupakan suatu bentuk organisasi garis dan staf yang mempunyai pimpinan tertinggi seorang direktur utama, dalam hal ini direktur utama memberikan atau melimpahkan wewenang secara vertikal kepada bawahannya sesuai dengan tugas dan tanggung jawabnya masing-masing. Bagan Organisasi PT Pindad (Persero) Divisi Munisi dapat dilihat pada Gambar 4.1.

4.1.4 Proses Produksi

Pembahasan mengenai proses produksi, Departemen Perencanaan dan Pengendalian Produksi (Rendalprod) dan tata letak PT Pindad (Persero) dibagi menjadi 3, antara lain:



Gambar 4.1 Struktur organisasi PT PINDAD (Persero) Divisi Munisi
Sumber: Data Primer PT Pindad (Persero)

a. Proses Produksi

PT Pindad (Persero) adalah perusahaan industri manufaktur Indonesia yang bergerak dalam bidang produk militer dan produk komersial. Kegiatan PT Pindad (Persero) mencakup desain dan pengembangan, rekayasa, perakitan, dan pabrikasi serta perawatan.

Proses produksi utama di PT Pindad (Persero) adalah munisi. Tetapi untuk serangkaian prosesnya tidak dapat dijelaskan secara detail karena mencakup keamanan sebuah perusahaan dan juga negara. Tetapi PT Pindad (Persero) juga memiliki beberapa produk pendukung seperti *link belt*, *metallic box*, pengemas, dll. Proses produksi yang akan dibahas di laporan ini adalah proses produksi pendukung yang dibuat sesuai dengan kebutuhan dari mesin-mesin produksi pada pembuatan produk utamanya.

b. Bahan Baku

Bahan baku pembuatan munisi di PT Pindad (Persero) tidak dapat dijabarkan karena bersifat rahasia dan menyangkut keamanan perusahaan dan negara. Sedangkan untuk produk pendukung hampir semua terbuat dari plat baja.

c. Penanganan Limbah Industri PT Pindad (Persero)

Limbah utama dari PT Pindad (Persero) Turen, Malang adalah B3. Limbah berupa cairan ini ditangani secara rutin sesuai tingkat frekuensi yang telah ditentukan. Limbah B3 ini dibuang dengan diangkut truk untuk dikirim ke tempat

pembuangan akhir. Namun sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan kadar aman bagi lingkungan. Selain B3, ada juga limbah padat yaitu sisa pemotongan logam yang sebagai bahan baku produk lainnya. PT Pindad (Persero) juga memperhatikan tingkat Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) mengingat pentingnya suasana kondusif bagi para pekerja maupun lingkungan sekitar sebagai wujud tanggung jawab sosial perusahaan.

4.1.5 Data Jenis Produk Pendukung

PT Pindad (Persero) tidak hanya memproduksi produk militer, berupa munisi, tetapi juga produk-produk pendukungnya. Data produk pendukung munisi kaliber yang diproduksi di PT Pindad (Persero) disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Produk Pendukung Munisi Kaliber

No	Nama Produk Pendukung
1.	Dus
2.	Kantong PVC
3.	Peti
4.	<i>Link belt</i>
5.	<i>Metallic Box</i>
6.	<i>Pallet</i>
7.	<i>Container</i>

Sumber: Data Primer PT Pindad (Persero)

Untuk pembahasan selanjutnya dilakukan dengan melakukan identifikasi terhadap produk *link belt* dikarenakan produk ini merupakan salah satu produk pendukung krusial selain munisi sebagai produk utamanya. Jumlah *link belt* yang dihasilkan harus sesuai dengan jumlah produk munisi yang dihasilkan. Produk *link belt* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 *Link Belt*

4.2 Identifikasi Proses Produksi

Proses produksi *link belt* dimulai dari proses pembentukan, pengerasan, dan pelapisan. Detail aktivitas setiap proses produksinya adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan

Pembentukan merupakan tahap awal proses produksi *link belt*. *Spring steel* yang telah lolos tahap inspeksi bahan baku, akan dibentuk sesuai bentuk *link belt*.

2. Pengerasan

Setelah dibentuk, kemudian diproses menjadi lebih keras dengan penyepuhan. Proses ini merupakan proses terlama di produksi *link belt* sebab membutuhkan waktu pembakaran yang lama. Setelah itu bahan akan didinginkan dan dilakukan pembersihan. Kemudian diuji kekuatan untuk mengetahui sifat keras dan tahan pecah untuk material.

3. Pelapisan

Pada tahap akhir, setelah material menjadi keras, akan dilakukan proses pelapisan dengan tujuan pembersihan serta pemberian lapisan fosfat agar tahan lama.

Adapun waktu untuk masing-masing aktivitas-aktivitas pada produksi *link belt*, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Waktu Proses Aktivitas Produksi *Link belt*

No.	Proses	Waktu (Menit)
1	Pembentukan	5
2	Penyepuhan	30
3	<i>Quenching</i> oli	1
4	Pembersihan dan pencucian dengan <i>detergent</i>	1
5	Pencucian dengan air panas	2
6	Pembilasan dengan air dingin mengalir	1
7	Proses temper udara panas	5
8	Pembersihan proses pancar pasir	30
9	<i>Pickling</i> dengan larutan nitrat	10
10	Pencucian dengan air mengalir	1
11	Perendaman dengan air hangat	2
12	Pelapisan fosfat	5
13	Pencucian dengan air mengalir	1
14	Pencucian dengan air panas	2
15	Proses pengeringan	15
16	Pelapisan oli panas	4
17	Proses Pengeringan	20
TOTAL		135

Sumber: Data Primer PT Pindad (Persero)

4.3 Define

Define merupakan tahap awal dari siklus DMAIC yang berkaitan dengan penentuan permasalahan produksi dan identifikasi *waste* yang terjadi. Pada tahap ini dilakukan beberapa aktivitas yaitu proses pengidentifikasian aktivitas serta pengidentifikasian *waste* yang paling berpotensi kritis.

4.3.1 Current State Value Stream Mapping

Value Stream Mapping menggambarkan keseluruhan aktivitas dalam produksi *link belt*. Dari penggambaran VSM akan diperoleh secara jelas aliran produksinya. Hal ini dapat dijadikan dasar dalam analisis dan rencana perbaikan proses produksi. Langkah yang dilakukan dalam penggambaran *current state value stream mapping* adalah dengan mendefinisikan aliran material dalam proses produksi *link belt* awal yang disebut dengan *current state value stream mapping* yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

4.3.2 Identifikasi Aktivitas Sepanjang Value Stream

Tahap selanjutnya adalah identifikasi aktivitas sepanjang *value stream*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dan menghitung persentase aktivitas-aktivitas yang termasuk kategori *value added*, *necessary but non value added*, dan *non value added*. Aktivitas proses produksi *link belt* disajikan pada Tabel 4.3. Berikut penjelasan identifikasi aktivitas proses produksi *link belt* di PT Pindad (Persero):

1. Pemotongan gulungan *spring steel* tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan terjadi perubahan bentuk dari yang semula gulungan pelat panjang menjadi potongan pelat dengan mesin pemotong agar dapat disesuaikan dengan profil model pada mesin dop.
2. Seluruh aktivitas *material handling* tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
3. Aktivitas pembentukan bahan tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah pada produk dengan mengubah bentuk pelat menjadi bentuk produk *link belt*.
4. Aktivitas menunggu bahan terkumpul 3 *box* pada mesin sepuh tergolong dalam kategori *non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang

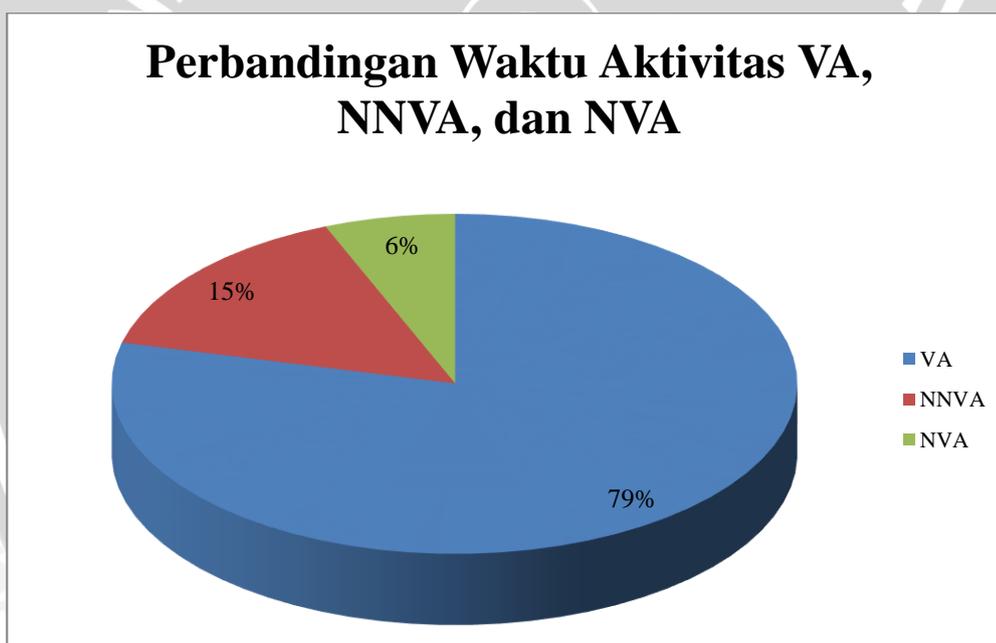
tidak memberi nilai tambah pada produk dan tergolong pemborosan sehingga perlu dihilangkan dalam proses produksi

5. Aktivitas penyepuhan tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah pada produk sebab memiliki fungsi memberikan sifat keras pada bahan.
6. Aktivitas penirisan hasil sepuh tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
7. Aktivitas inspeksi kekerasan bahan tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
8. Aktivitas *quenching* oli tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah pada produk sebab berfungsi untuk merubah sifat kekerasan pada produk.
9. Aktivitas pencucian *detergent* tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
10. Aktivitas perendaman air panas tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah sebab merupakan salah satu dari proses *heat treatment* yang memiliki fungsi memberi kekerasan pada permukaan produk.
11. Aktivitas pembilasan air dingin mengalir tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah sebab merupakan salah satu dari proses *heat treatment* yang memiliki fungsi memberi kekerasan pada permukaan produk.
12. Aktivitas proses temper udara panas tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah dengan tujuan menurunkan kekerasan produk agar tidak rapuh (agar elastis).
13. Aktivitas pancar pasir tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas pembersihan untuk menghilangkan partikel kotoran yang pada produk.

14. Aktivitas penyemprotan larutan nitrat tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas pelapisan produk yang memberi nilai tambah.
15. Aktivitas penyaringan larutan nitrat tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
16. Aktivitas pembilasan air tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas pembersihan yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
17. Aktivitas perendaman air hangat tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
18. Aktivitas penyemprotan larutan fosfat tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas pelapisan yang memberi nilai tambah pada produk.
19. Aktivitas pembilasan air tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas pembersihan yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
20. Aktivitas perendaman air hangat tergolong dalam kategori *necessary but non value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada produk, akan tetapi masih diperlukan dalam proses produksi dan tidak dapat dihilangkan dalam proses produksi.
21. Aktivitas pengeringan tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah pada produk sebab bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada produk.
22. Aktivitas pelapisan bahan ke oli panas tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah dengan tujuan menghilangkan sifat korosi pada produk.

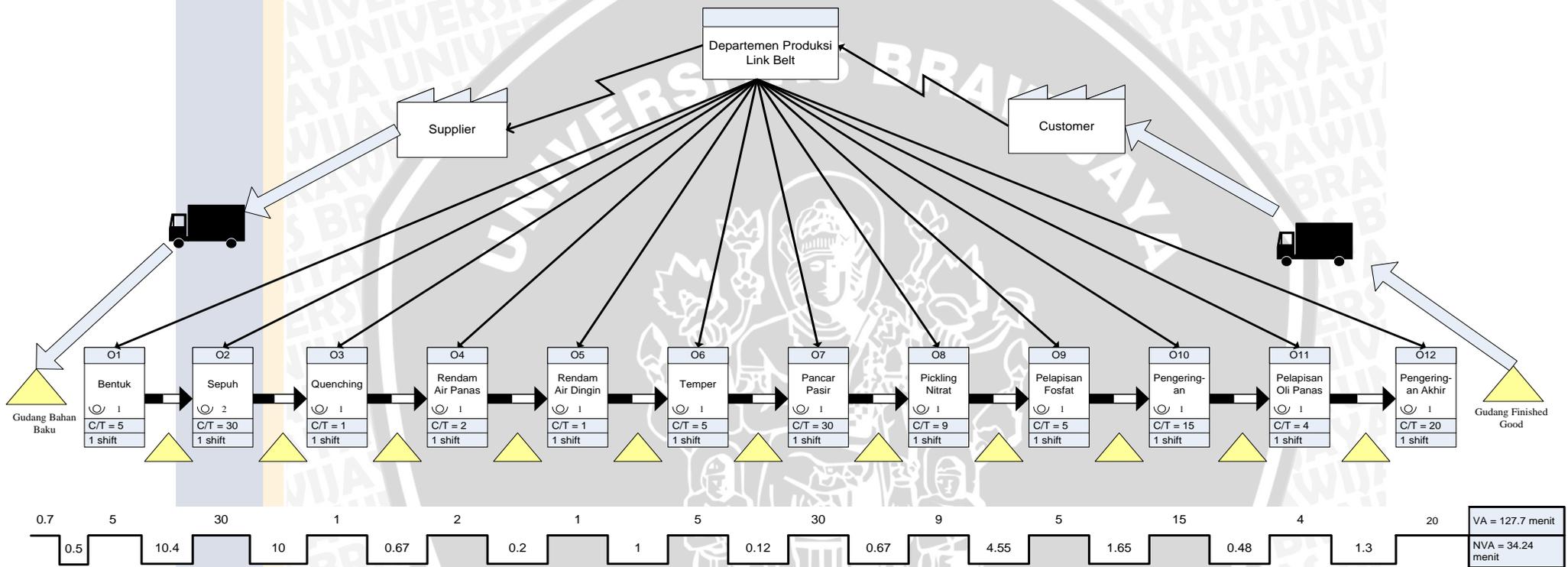
23. Aktivitas pengeringan tergolong dalam kategori *value added activity* dikarenakan aktivitas ini merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah pada produk agar oli dapat menempel sempurna pada produk.

Dari Tabel 4.3, dapat dilihat dari 41 total jumlah aktivitas produksi *link belt*, 27 di antaranya merupakan aktivitas yang tidak bernilai tambah pada produk, akan tetapi persentase waktu dari aktivitas yang tidak bernilai tambah sepanjang *value stream* tersebut sebesar 14.96% aktivitas NVA (Non *Value added*) dan 6.17% aktivitas NNVA (*Necessary but non Value added*). Sedangkan sisanya merupakan persentase waktu dari aktivitas yang mempunyai nilai tambah (*Value added*) yaitu sebesar 78.85%. Sehingga dapat diketahui bahwa sebagian besar aktivitas memberikan nilai tambah terhadap proses produksi *link belt*. Diagram perbandingan waktu *value added*, *necessary but non value added*, dan *non value added* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Perbandingan aktivitas VA, NNVA, NVA

Setelah melakukan identifikasi aktivitas pada produksi *link belt*, kemudian dilakukan identifikasi gerakan-gerakan selama proses produksi berlangsung dengan menggunakan peta tangan kanan dan peta tangan kiri yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 sampai Tabel 4.8. Identifikasi gerakan ini dibedakan berdasarkan operator yang bertugas di tiap prosesnya. Untuk keseluruhan proses produksi *link belt* terdapat 6 orang operator dengan masing-masing seorang tiap bagian prosesnya, kecuali proses penyepuhan dengan 2 orang operator.



Gambar 4.3 Current State Value Stream Mapping Produksi Link belt

Tabel 4.3 Identifikasi Aktivitas Proses Produksi

No.	Proses	VA (menit)	NNVA (menit)	NVA (menit)
1	Pemotongan gulungan <i>spring steel</i>	0,7		
2	Membawa bahan ke mesin dop		0,5	
3	Pembentukan bahan	5		
4	Menunggu bahan terkumpul 3 <i>box</i>			10
5	Membawa bahan ke bagian penyepuhan		0,4	
6	Penyepuhan	30		
7	Meniriskan hasil sepuh		4	
8	Memeriksa kekerasan bahan		5	
9	Membawa ke drum <i>quenching</i>		1	
10	Proses <i>quenching</i> oli	1		
11	Membawa ke pencucian <i>detergent</i>		0,4	
12	Pencucian <i>detergent</i> untuk pembersihan oli		1	
13	Membawa ke pencucian air panas		0,17	
14	Pencucian air panas	2		
15	Membawa ke pembilasan		0,2	
16	Pembilasan air dingin	1		
17	Membawa ke ruang temper		1	
18	Proses temper udara panas	5		
19	Membawa pasir besi		0,12	
20	Pembersihan di mesin pancar pasir	30		
21	Membawa ke ruang pelapisan		0,67	
22	Pencampuran larutan nitrat	9		
23	Penyaringan dari larutan nitrat		1	
24	Membawa ke pencucian		0,15	
25	Pembilasan air dingin mengalir untuk pembersihan		1	
26	Membawa ke drum air panas		0,12	
27	Perendaman air hangat untuk pembersihan		2	
28	Membawa ke tabung fosfat		0,18	
29	Membawa larutan fosfat		0,1	
30	Pelapisan fosfat	5		
31	Membawa ke pencucian		0,1	
32	Pembilasan air dingin mengalir untuk pembersihan		1	
33	Membawa ke drum air hangat		0,12	
34	Perendaman air hangat untuk pembersihan		2	
35	Membawa ke mesin pengering		0,23	
36	Pengeringan untuk menghilangkan kadar air	15		
37	Membawa ke drum pelapisan oli		0,11	
38	Membawa oli		0,37	
39	Pelapisan bahan ke dengan oli panas	4		
40	Membawa ke mesin pengering		1,3	
41	Pengeringan akhir bahan dari oli	20		
Total Waktu		127.70	24.24	10.00
Persentase Waktu		78.85%	14.96%	6.17%
Total Aktivitas		13	27	1
Persentase Aktivitas		31.7%	65.8%	2.44%

Tabel 4.4 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pembentukan *Link Belt*

Tangan Kiri		Tangan Kanan	
Gerakan	Waktu (Detik)	Gerakan	Waktu (Detik)
Mengurai rakitan ikatan roll	5	Mengurai rakitan ikatan roll	5
Menjangkau bahan	2	Menjangkau bahan	2
Memeriksa bahan	2	Memeriksa bahan	2
Membawa bahan ke mesin	30	Membawa bahan ke mesin	30
Melepas bahan	1	Melepas bahan	1
Idle	4	Mencari profil	2
		Memilih profil	1
		Menjangkau profil	1
Memegang profil	2	Memegang profil	2
Mengarahkan profil	10	Mengarahkan profil	10
Melepas profil	1	Melepas profil	1
Total	57	Total	57

Tabel 4.5 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Penyepuhan *Link Belt*

Tangan Kiri		Tangan Kanan	
Gerakan	Waktu (Detik)	Gerakan	Waktu (Detik)
Menjangkau keranjang bahan	3	Menjangkau keranjang bahan	3
Membawa keranjang	24	Membawa keranjang	24
Melepas keranjang	1	Melepas keranjang	1
Total	28	Total	28

Tabel 4.6 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pengerasan *Link Belt*

Tangan Kiri		Tangan Kanan	
Gerakan	Waktu (Detik)	Gerakan	Waktu (Detik)
Menjangkau keranjang bahan	2	Menjangkau keranjang bahan	2
Membawa keranjang	60	Membawa keranjang	60
Melepas keranjang	1	Melepas keranjang	1
Idle	6	Menjangkau oli	1
		Membawa oli	4
		Melepas oli	1
Membawa hasil <i>quenching</i>	24	Membawa hasil <i>quenching</i>	24
Idle	4	Menjangkau <i>detergent</i>	1
		Membawa <i>detergent</i>	2
		Melepas <i>detergent</i>	1
Menjangkau keranjang bahan	2	Menjangkau keranjang bahan	2
Membawa keranjang	60	Membawa keranjang	60
Melepas keranjang	1	Melepas keranjang	1
Total	160	Total	160

Tabel 4.7 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pancar Pasir *Link Belt*

Tangan Kiri		Tangan Kanan	
Gerakan	Waktu (Detik)	Gerakan	Waktu (Detik)
Menjangkau keranjang pasir besi	1	Menjangkau keranjang pasir besi	1
Membawa keranjang pasir besi	8	Membawa keranjang pasir besi	8
Melepas keranjang pasir besi	1	Melepas keranjang pasir besi	1
Menjangkau keranjang bahan	1	Menjangkau keranjang bahan	1
Membawa keranjang bahan	12	Membawa keranjang bahan	12
Melepas keranjang bahan	1	Melepas keranjang bahan	1
Menjangkau hasil pembersihan	70	Menjangkau hasil pembersihan	70
Membawa ke ruang pelapisan	40	Membawa ke ruang pelapisan	40
Menyalakan kran air	3	Menjangkau larutan nitrat	1
		Idle	2
Mematikan kran air	3	Membawa larutan nitrat	3
Melepas larutan	1	Melepas larutan	1
Menjangkau hasil	2	Menjangkau hasil	2
Membawa ke pencucian	9	Membawa ke pencucian	9
Melepas bahan	1	Melepas bahan	1
Idle	4	Menyalakan kran	2
		Mematikan kran	2
Menjangkau bahan	2	Menjangkau bahan	2
Membawa ke drum air panas	7	Membawa ke drum air panas	7
Melepas	1	Melepas bahan	1
Total	167	Total	167

Tabel 4.8 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pelapisan Fosfat *Link Belt*

Tangan Kiri		Tangan Kanan	
Gerakan	Waktu (Detik)	Gerakan	Waktu (Detik)
Menjangkau keranjang bahan	2	Menjangkau keranjang bahan	2
Membawa keranjang bahan	11	Membawa keranjang bahan	11
Melepas keranjang bahan	1	Melepas keranjang bahan	1
Menjangkau larutan fosfat	2	Menjangkau larutan fosfat	2
Membawa larutan fosfat	5	Membawa larutan fosfat	5
Melepas larutan fosfat	1	Melepas larutan fosfat	1
Menjangkau hasil	2	Menjangkau hasil	2
Membawa ke pencucian	5	Membawa ke pencucian	5
Melepas hasil	1	Melepas hasil	1
Idle	2	Menyalakan kran	1
		Mematikan kran	1
Menjangkau bahan	2	Menjangkau bahan	2
Membawa ke drum air hangat	6	Membawa ke drum air hangat	6
Melepas bahan	1	Melepas bahan	1

Tabel 4.8 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Proses Pelapisan Fosfat *Link Belt* (Lanjutan)

Tangan Kiri		Tangan Kanan	
Gerakan	Waktu (Detik)	Gerakan	Waktu (Detik)
Menjangkau bahan	2	Menjangkau bahan	2
Membawa ke mesin pengering	14	Membawa ke mesin pengering	14
Melepas bahan	2	Melepas bahan	2
Menjangkau hasil bahan	2	Menjangkau hasil bahan	2
Membawa ke pelapisan oli	7	Membawa ke pelapisan oli	7
Melepas bahan	1	Melepas bahan	1
Idle	2	Menjangkau oli	2
Membawa oli	7	Membawa oli	7
Idle	1	Melepas oli	1
Menjangkau hasil bahan	2	Menjangkau hasil bahan	2
Membawa ke pengeringan	20	Membawa ke pengeringan	20
Melepas bahan	1	Melepas bahan	1
Total	102	Total	102

Dari identifikasi gerakan tangan berdasarkan peta tangan kanan dan tangan kiri, dapat diketahui jika antara gerakan tangan kanan dan tangan kiri sudah cukup seimbang. Total waktu gerakan dan *idle time* dapat ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 *Idle time*

Aktivitas	Waktu Sibuk (Detik)	<i>Idle time</i> (Detik)
Pembentukan	57	4
Penyepuhan	28	0
Pengerasan	160	10
Pancar Pasir	167	6
Pelapisan Fosfat	102	5
Total	514	25
Persentase	95,36 %	4,64 %

4.3.3 Identifikasi *Waste Sepanjang Value Stream*

Dari hasil penggambaran *current state map* serta *brainstorming*, maka dapat diidentifikasi pemborosan-pemborosan yang muncul dan dikategorikan sebagai 7 *waste* seperti pada penjelasan di bawah ini.

1. *Excessive transportation*

Excessive transportation teridentifikasi dari aktivitas transportasi saat proses produksi berlangsung. Hal ini dapat dilihat dari persentase waktu transportasi pada identifikasi aktivitas produksi sebesar 10,7% dari keseluruhan waktu proses produksi.

2. *Waiting*

- a. Keterlambatan bahan baku dan perkakas merupakan salah satu faktor yang menyebabkan *waiting* ini. Pada tahun 2013, di bagian mesin pancar pasir untuk proses pelapisan *pickling*, harus berhenti berproduksi sekitar 3 bulan disebabkan belum datangnya cairan asam nitrat yang menjadi bahan pendukung diproses. Akibat berhentinya proses pelapisan, maka perusahaan mengalami kehilangan produksi sebesar 168.000 *link belt* yang dapat dilihat pada lampiran 1.
- b. Perbaikan mesin produksi pembuatan *link belt* yang rusak juga merupakan salah satu kendala waktu tunggu diproses produksinya. Pada tahun 2013 proses produksi berhenti produksi dikarenakan perbaikan mesin mencapai 265 jam yang dapat dilihat pada lampiran 2.
- c. Berbedanya jumlah bahan yang diproduksi antara proses pembentukan dan proses penyepuhan mengakibatkan munculnya *waiting* di antara prosesnya. Proses pembentukan dapat menghasilkan 2.000 buah *link belt* tiap kali prosesnya, sedangkan proses penyepuhan dapat menampung 5.000 buah *link belt* tiap kali produksinya. Sehingga waktu yang diperlukan untuk menunggu 3 *box* peti *link belt* terpenuhi dari proses pembentukan sebesar 10 menit.

3. *Inappropriate processing*

- a. Pada proses penyepuhan, apabila kekerasan *link belt* kurang sesuai dengan standar, maka akan dilakukan proses penyepuhan ulang. Umumnya proses ini terjadi akibat perbedaan jenis bahan baku yang mengakibatkan perbedaan durasi prosesnya. Proses pemeriksaan kekerasan ini dilakukan oleh operator dengan indikator warna *link belt* yang tidak hitam seperti seharusnya.
- b. Proses pembentukan merupakan proses utama penyebab ketidaksesuaian dimensi produk. Penggunaan mesin dop yang digunakan terus-menerus pada proses pembentukan selama proses produksi berlangsung dapat menyebabkan kerusakan beberapa komponen mesin seperti pisau pembentuknya. Ketika pisau pembentuk tidak cukup tajam untuk digunakan, maka dapat berdampak pada bengkoknya *link belt* dan ukuran hasil pembentukan.

4. *Unnecessary motion*

- a. *Waste* jenis ini terjadi ketika pekerja melakukan aktivitas atau proses yang tidak memiliki nilai tambah bagi produk. Total waktunya dapat dilihat dari persentase total nilai yang tidak bernilai tambah pada tahap identifikasi aktivitas produksi *link belt*. Pada identifikasi tersebut, diketahui bahwa nilai persentase waktu total

non value added sebesar 6,17% dan persentase total *necessary but non value added* sebesar 24.24% yang lebih kecil jika dibandingkan dengan total persentase *value added*.

- b. *Material handling* produk dari satu lokasi ke lokasi lain dalam satu departemen produksi ini dilakukan secara manual oleh pekerja. Mengingat beban yang diangkut cukup berat berupa baja, dan alat angkut yang digunakan tidak ergonomis, maka muncul indikasi yaitu *fatigue* yang dialami pekerja dan menyebabkan waktu *material handling* yang merupakan *non value added activity* menjadi lebih lama.
- c. Berdasarkan hasil identifikasi gerakan peta tangan kanan dan tangan kiri yang ditunjukkan pada tabel 4.4 sampai dengan 4.8 diketahui bahwa gerakan tangan kiri dan tangan kanan cukup seimbang dengan *idle time* sebesar 4,64%. Teridentifikasi beberapa aktivitas terkait menjangkau bahan yang dilakukan pekerja yang cukup lama dikarenakan peletakkan bahan yang terlalu jauh dari mesin.

5. *Overproduction*

Overproduction terjadi ketika jumlah produk yang diproduksi lebih besar dari jumlah order yang diterima. PT Pindad (Persero) merupakan perusahaan yang membuat produk sesuai orderan selama 1 tahun. Berdasar data produksi tahunan pada lampiran 1, untuk tahun 2013 jumlah orderan yang diterima di departemen produksi *link belt* adalah sebesar 4.500.000 buah *link belt*, akan tetapi pencapaian yang berhasil didapat per bulan desember 2013 yang lalu adalah sebesar 4.332.000 buah *link belt* saja. Ini berarti tidak terjadi *overproduction* sehingga tidak akan dibahas lebih lanjut.

6. *Unnecessary inventory*

Sehubungan dengan *waiting* yang ditemukan di atas terkait adanya keterlambatan pengiriman bahan baku *spare part* atau perkakas mesin produksi *link belt*, akan muncul *waste* lain yaitu *unnecessary inventory*. Di dalam rantai produksi terdapat sekitar 147 peti produk dalam proses yang berarti sekitar 735.000 buah *link belt* yang menunggu untuk diproses dan beresiko rusak. Tentunya ini akan berimbas juga dengan *waste inappropriate processing* terkait proses pengerjaan ulang dan akan berimbas pada waktu dan biaya yang dikeluarkan perusahaan.

7. Defect

Terdapat dua buah proses inspeksi untuk produk *link belt* di PT Pindad (Persero). Inspeksi yang pertama terletak di proses pengerasan bahan (*temper* dan *quenching*). Inspeksi ini dilakukan manual oleh operator dengan hanya melihat keseluruhan kekerasan bahan. Produk yang tidak sesuai akan dilakukan penambahan waktu proses sehingga tidak akan menimbulkan *defect* produk. Adapun *critical waste* pada *waste* ini adalah terkait dimensi produk dan kekerasan produk. Inspeksi akhir produk, dilakukan di departemen mutu ketika akhir dari aktivitas *finishing*. Dari data lampiran 1, terdapat sekitar 93.000 buah *link belt* yang cacat dan tidak dapat dilakukan *rework*.

4.4. Measure

Measure merupakan tahap kedua dari siklus DMAIC yang berkaitan dengan beberapa aktivitas pengukuran dan perhitungan pada *waste* yang telah diidentifikasi pada tahap *define*.

4.4.1 Identifikasi Waste Berpengaruh

Identifikasi *waste* yang paling berpengaruh digunakan untuk mengetahui *waste* mana yang paling signifikan berpengaruh. Dalam identifikasi ini akan didapat besarnya *lost product* di masing-masing *waste* yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan masalah yang paling kritis untuk segera diperbaiki.

1. Excessive Transportation

Excessive transportation dapat diidentifikasi dari total nilai waktu transportasi sebesar 7,24 menit. Perhitungan produk yang hilang karena *excessive transportation* ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan *Lost Product Excessive transportation*

<i>Excessive Transportation</i>	7,24 menit
Total Produk	5.000 buah produk
<i>Cycle Time</i>	161,94 menit
<i>Lost Product</i>	$\frac{5.000 \times 7,24}{161,94} = 224$ buah produk

Pada perhitungan *excessive transportation* didapatkan perusahaan mengalami kehilangan produk sebesar 224 produk per kali produksi. Artinya dalam satu tahun, perusahaan mengalami kehilangan sebesar 107.520 buah produk.

2. *Waiting*

Indikator *waste* yang digunakan adalah banyaknya produk yang hilang karena *waiting* baik itu ketika pekerja tidak melakukan aktivitas yang bernilai tambah pada produk maupun mesin yang menganggur. *Waste* yang termasuk dalam *waiting* antara lain menunggu karena keterlambatan bahan baku, menunggu selama proses perbaikan mesin produksi, dan menunggu di antara proses-proses yang berurutan. Perhitungan produk yang hilang karena *waiting* ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan *Lost Product Waiting*

No.	Jenis <i>Waiting</i>	Perhitungan	Total (buah produk)
1	Menunggu karena keterlambatan bahan baku	3 bln x 375.000 buah produk	1.125.000
2	Menunggu selama proses perbaikan mesin	$\frac{265 \text{ jam} \times 60}{161,94} = 97 \text{ box}$	485.000
3	<i>Waiting between process</i>	$\frac{5.000 \times 10}{161,94} = 306,4 / \text{produksi}$	146.880
<i>Lost Product</i>			1.756.880

3. *Inappropriate processing*

Inappropriate processing didapat dari total waktu *rework* selama satu tahun pada proses penyepuhan. Selama satu tahun terdapat 157 kali proses *rework* di bagian penyepuhan dengan waktu tiap kali sepuhnya adalah 8-10 menit. Perhitungan produk yang hilang karena *inappropriate processing* ditunjukkan pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Perhitungan *Lost Product Inappropriate Processing*

Jenis	Perhitungan	Total <i>Lost</i> Produk per Tahun
<i>Rework</i>	$\frac{1570}{161,94} = 9,62 \text{ box}$	48.118 buah

4. *Unnecessary Motion*

Berdasar hasil identifikasi gerakan peta tangan kanan dan kanan kiri yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 sampai dengan Tabel 4.8. didapatkan total persentase *idle time* pekerja adalah sebesar 25 detik. Selain itu dari nilai *necessary but non value added* hasil identifikasi aktivitas yang sudah dilakukan pada Tabel 4.3 yaitu sebesar 67 menit Perhitungan produk yang hilang karena *unnecessary motion* ditunjukkan pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Perhitungan *Lost Product Unnecessary Motion*

Jenis	Perhitungan	Total <i>Lost</i> Produk per Tahun
NVA	$\frac{5.000 \times 24,25}{161,94} = 748,7$ produk	359.376 buah
Gerakan Petaka-Petaki	$\frac{5.000 \times 0,4}{161,94} = 12$ buah produk	5.884 buah
<i>Lost Product</i>		365.260 buah

Pada perhitungan *unnecessary motion* didapatkan perusahaan mengalami kehilangan produk sebesar 365.260 produk dalam satu tahun.

5. *Overproduction*

Overproduction terjadi ketika jumlah produk yang diproduksi lebih besar dari jumlah order yang diterima. Dari identifikasi proses-proses di dalamnya, tidak ditemukan *waste* jenis ini sebab di tahun 2013, jumlah produk yang dihasilkan perusahaan masih kurang dari target order yang diterima, sehingga *overproduction* tidak perlu dibahas lebih lanjut.

6. *Unnecessary inventory*

Terdapat sekitar 147 peti produk *link belt* setengah jadi atau *work in process* yang disebabkan karena keterlambatan pengiriman bahan baku. Ini berarti, terdapat sekitar 735.000 buah *link belt* yang tidak dapat diproses dan beresiko rusak.

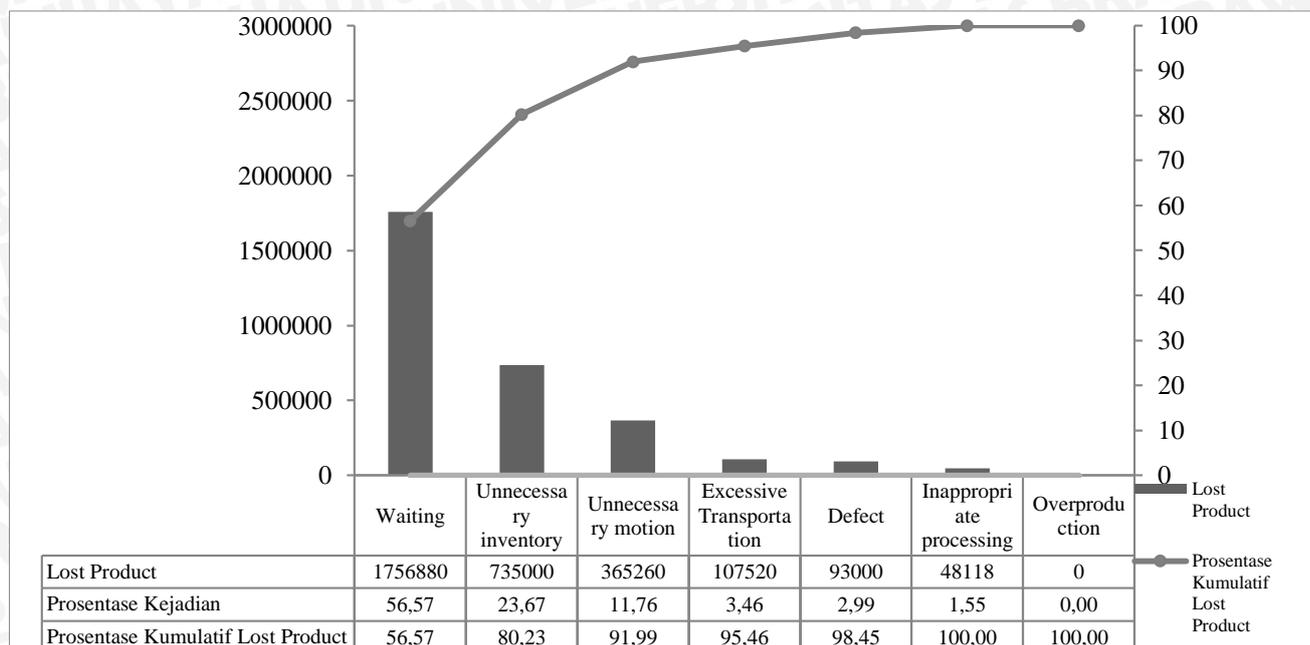
7. *Defect*

Indikator *waste* yang digunakan adalah produk yang tidak lolos inspeksi baik dari segi dimensi maupun kekerasan. Berdasar lampiran 1, diketahui jumlah *defect* pada produksi *link belt* selama tahun 2013 adalah sebesar 93.000 buah *link belt*. Berdasarkan identifikasi *waste defect* pada tahap *define* dapat diketahui *critical waste defect* adalah dimensi dan kekerasan. Selanjutnya menentukan besarnya *Defect per Million Opportunity* (DPMO) dan menentukan level sigma dengan langkah-langkah yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perhitungan Level Sigma *Waste Defect*

Langkah	Tindakan	Persamaan
1	Jumlah produk yang dihasilkan	4.332.000 buah
2	Banyaknya jumlah produk yang cacat	93.000 buah
3	Tingkat kegagalan = (2)/(1)	0,021
4	Banyaknya <i>critical waste</i> potensial	2
5	Peluang tingkat kegagalan per <i>critical waste</i> = (3)/(4)	0,0107
6	Kemungkinan gagal per satu juta kesempatan	10.734 buah
7	Konversi DPMO ke level sigma	3,8

Setelah dilakukan perhitungan masing-masing *waste*, maka untuk mengetahui jenis *waste* mana yang paling berpengaruh, maka dibuatlah diagram pareto yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram pareto *waste* yang paling berpengaruh

Berdasarkan hasil rekapitulasi masing-masing *waste* yang ditampilkan pada diagram pareto pada Gambar 4.5 maka dapat diketahui berdasarkan persentase jumlah produk yang hilang bahwa *waste* yang paling berpengaruh dan dikatakan kritis adalah *waiting* dan *unnecessary inventory*. Akan tetapi, dalam penelitian ini juga dibahas sesuai pendekatan *lean six sigma* dengan tujuan untuk meningkatkan nilai *sigma* dari *waste defect*. Untuk itu, pada pembahasan selanjutnya juga akan dianalisa mengenai *waste defect* walaupun dari segi persentase *lost product* bukan merupakan *waste* yang kritis untuk ditangani.

4.4.2 Identifikasi *Critical Waste*

Tujuan identifikasi *critical waste* adalah untuk mengetahui jenis *critical waste* dalam dalam ke tujuh *waste* yang akan dibahas, sebagai berikut:

1. *Waiting*

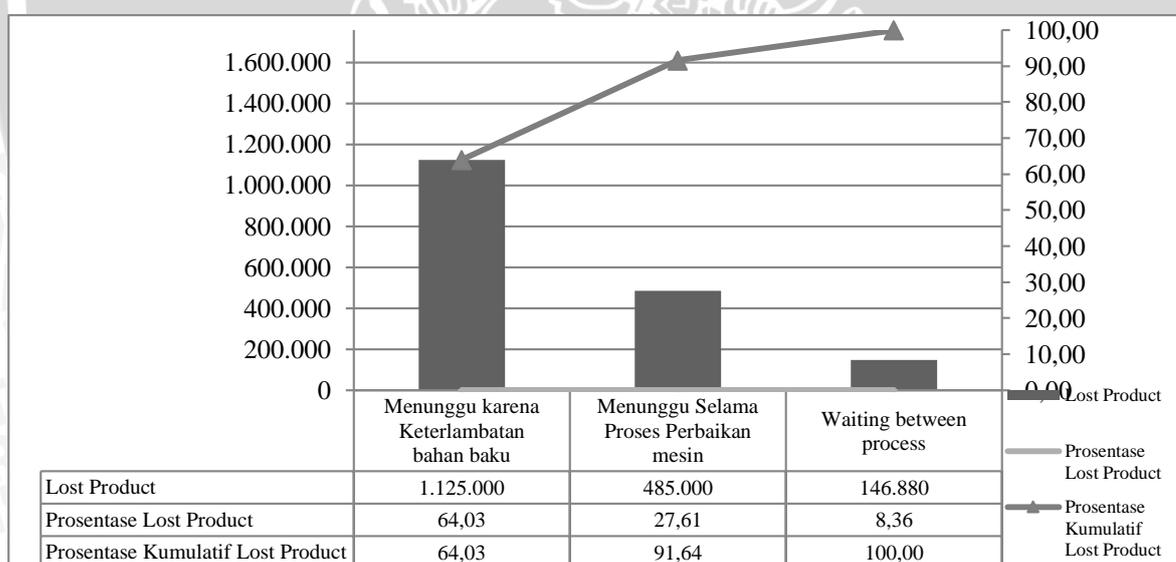
Identifikasi *critical waste waiting* dilakukan dengan mendefinisikan jenis-jenis *waiting* yang terjadi di proses produksi *link belt* dengan menghitung waktu yang hilang akibat *waste* tersebut. *Critical waste* dalam *waiting* antara lain karena menunggu karena keterlambatan bahan baku, menunggu selama proses perbaikan mesin produksi, dan menunggu di antara proses-proses.

Menunggu karena keterlambatan bahan baku terjadi selama 3 bulan berhenti produksi dikarenakan kekurangan bahan pendukung produksi. Data target produksi tiap bulannya dapat dilihat pada Lampiran 1. Menunggu selama proses perbaikan mesin selama tahun 2013 mencapai 265 jam dan dapat dilihat pada Lampiran 2. Sedangkan aktivitas menunggu di antara proses, dapat dilihat diidentifikasi aktivitas yaitu di antara aktivitas penyepuhan dan pembentukan sebesar 10 menit pada Tabel 4.3. *Critical waste waiting* yang paling berpengaruh ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Berdasarkan Gambar 4.6. dapat diketahui bahwa dua *waste* terbesar adalah aktivitas menunggu karena keterlambatan bahan baku dan menunggu selama proses perbaikan mesin sehingga untuk *waiting* antar proses tidak akan dibahas lebih lanjut. Perhitungan *lost product* untuk *waste* yang berpengaruh ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perhitungan *Waiting* yang Paling Berpengaruh

No.	Jenis <i>Waiting</i>	Perhitungan	Total (buah produk)
1	Keterlambatan bahan baku	3 bln x 375.000 buah	1.125.000
2	Perbaikan mesin	$\frac{265 \text{ jam} \times 60}{161,94} = 97 \text{ box}$	485.000
<i>Lost Product</i>			1.610.000



Gambar 4.6 Diagram pareto *waiting*

Berdasarkan hasil perhitungan *waiting* pada Tabel 4.15 dengan total jumlah produk yang hilang sebesar 1.756.880 buah *link belt* dalam satu tahun, sebesar 1.610.000 adalah jumlah produk hilang dari 2 *critical waste* yang paling signifikan.

2. *Unnecessary inventory*

Perhitungan *critical waste unnecessary inventory* dilakukan dengan mendefinisikan jenis terjadinya *unnecessary inventory*. Pada akhir tahun 2013

terdapat sekitar 147 peti *link belt* setengah jadi yang tidak dapat diproses dikarenakan keterlambatan bahan baku pendukung selama 3 bulan. Sehingga hanya terdapat satu *critical waste* untuk *unnecessary inventory* yaitu terkait keterlambatan bahan baku.

3. *Unnecessary motions*

Perhitungan *critical waste unnecessary motions* didapatkan berdasarkan perhitungan aktivitas atau proses yang tidak memiliki nilai tambah bagi produk. *Critical waste* munculnya *waste* jenis ini yaitu *non value added activity* yang termasuk proses *material handling* dan identifikasi gerakan tangan kanan-kiri.

4. *Defect*

Critical waste defect pada PT Pindad (Persero) diidentifikasi berdasarkan dua parameter yaitu dari segi dimensi produk yang harus sesuai dengan standar ukuran munisi kaliber serta dari segi kekerasan produk. Sehubungan dengan terbatasnya data mengenai jumlah *defect* untuk masing-masing jenisnya, maka kedua jenis *critical waste* ini dianggap signifikan oleh pihak produksi PT Pindad (Persero).

4.5 *Analyze*

Analyze merupakan tahap ketiga dari siklus DMAIC yang berkaitan dengan menganalisis dan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab munculnya *waste* yang telah diidentifikasi dan diukur pada tahap *define* dan *measure*. Pada tahap ini akan dilakukan pembahasan analisa faktor penyebab untuk kemudian dicari resiko mana yang paling kritis untuk nantinya diberikan rekomendasi di tahap *improve*

4.5.1 Analisis Faktor Penyebab

Pada tahap ini dilakukan analisa faktor penyebab *waste* pada proses produksi berdasarkan *critical waste* yang telah diidentifikasi dengan menggunakan diagram sebab akibat. Adapun *waste* yang ada akan dianalisa pada tahap *analyze* antara lain:

1. *Waiting*

Berdasarkan *critical waste waiting*, yang memiliki prioritas untuk dianalisis penyebabnya adalah:

a. Menunggu karena keterlambatan bahan baku

Menunggu karena keterlambatan bahan baku terjadi karena kurang responnya pihak pengadaan untuk segera memenuhi permintaan terkait bahan baku pendukung yang dibutuhkan, selain itu ini juga disebabkan karena pihak di bagian produksinya yang

kurang siap untuk memperkirakan kebutuhan bahan baku. Waktu yang hilang akibat keterlambatan bahan baku disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

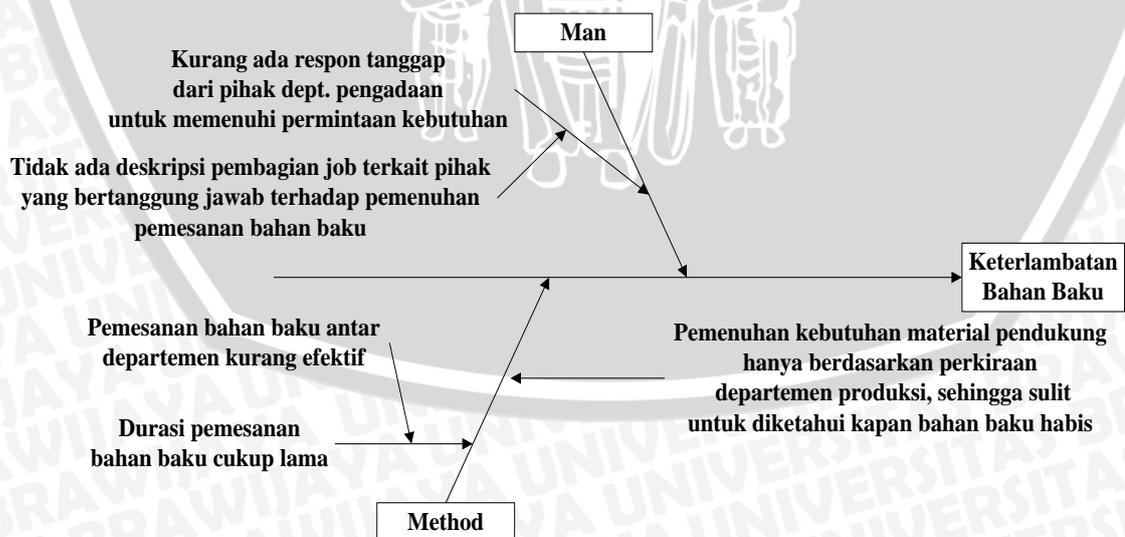
1) *Method*

Perhitungan rencana kebutuhan material yang kurang tepat, sehingga terjadi keterlambatan pemesanan bahan baku pendukung. Selain itu metode pemesanan kebutuhan permintaan bahan baku yang berbeda-beda antar satu pegawai dengan lainnya. Terkadang pihak pegawai di departemen produksi menyampaikan permintaan akan bahan baku pendukung hanya melalui telepon atau dengan berbicara langsung kepada pihak pegawai departemen pengadaan saat bertemu, tidak adanya pendokumentasian permintaan sehingga akan muncul kemungkinan *human error* dan berimbas pada durasi permintaan bahan baku yang semakin lama.

2) *Man*

Tidak adanya *job description* untuk membuat perencanaan kebutuhan material pendukung pada bagian PPIC, sehingga perencanaan kapan waktu harus *reorder* dilakukan kurang tepat dan akibatnya terjadi keterlambatan bahan baku. Selain itu juga disebabkan oleh kurang responnya dari pihak-pihak departemen pengadaan untuk segera memenuhi permintaan yang disampaikan oleh departemen produksi.

Diagram sebab akibat untuk *waiting* yang disebabkan oleh keterlambatan bahan baku akan ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram sebab akibat keterlambatan bahan baku

b. Menunggu selama proses perbaikan mesin produksi

Perbaikan mesin produksi juga merupakan salah satu faktor terjadinya *waiting*. Perbaikan mesin produksi terjadi diakibatkan karena hampir sebagian besar mesin di departemen produksi *link belt* merupakan mesin yang telah berumur tua. Selain itu juga dikarenakan penggunaan metode *preventive maintenance* yang baru digunakan serta keterlambatan pembuatan perkakas mesin yang diminta. Untuk lebih jelasnya berikut adalah faktor-faktor yang menyebabkan *waste* jenis ini, diantaranya:

1) *Machine*

Hampir sebagian besar mesin di departemen produksi *link belt* merupakan kategori mesin yang tua. Sehingga diperlukan penanganan yang ekstra untuk mencegah kerusakan yang terjadi. Selain itu jumlah mesin yang ada di departemen produksi perkakas terbatas. Sedangkan perkakas atau komponen mesin yang rusak sendiri merupakan sebuah produk pendukung krusial yang harus dipenuhi untuk mendukung produksi utamanya yaitu munisi. Sehingga kerusakan mesin terlebih dalam jangka waktu yang lama juga dapat mengakibatkan kerugian besar pada perusahaan.

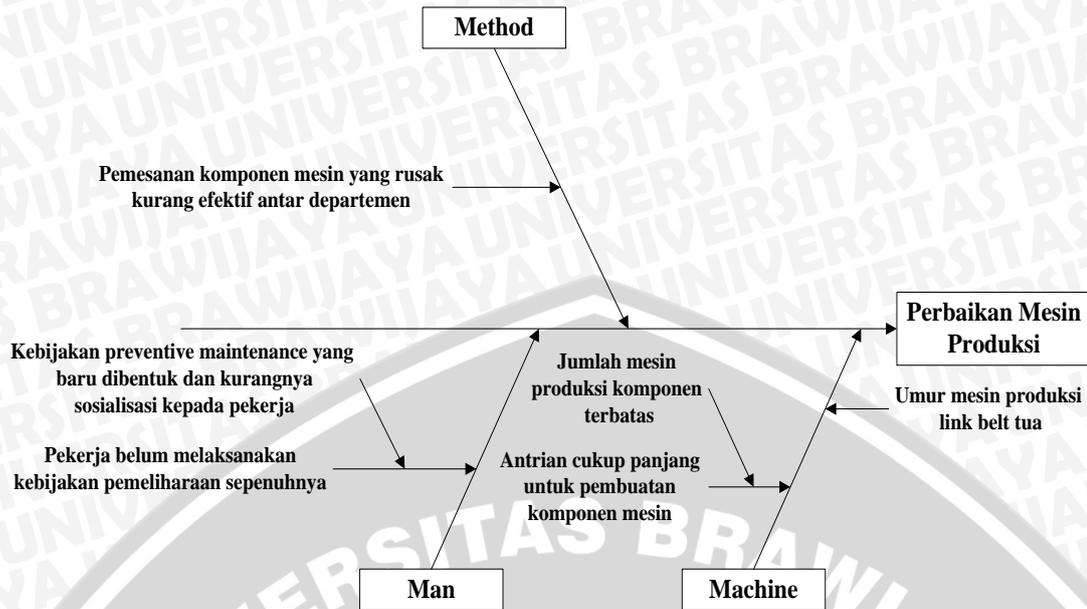
2) *Method*

Proses perbaikan mesin di departemen *link belt* ini juga saling terkait dengan departemen perkakas. Komponen-komponen mesin yang rusak, akan diperbaiki atau dibuat baru oleh departemen perkakas. Karena tidak adanya sistem informasi yang baik di antara kedua departemen, hal ini juga memungkinkan terjadinya *human error* yang dapat mengakibatkan proses perbaikan mesin menjadi terhambat dan lebih lama memakan waktu.

3) *Man*

Terkait kebijakan pemeliharaan yang diterapkan di departemen produksi *link belt*, yaitu *preventive maintenance* yang masih baru diterapkan di perusahaan ini baru berjalan. Sehingga masih banyak pekerja yang belum memahami kebijakan ini yang dapat menghambat waktu perbaikan mesin.

Diagram sebab akibat untuk *waiting* yang disebabkan oleh perbaikan mesin produksi akan ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram sebab akibat perbaikan mesin produksi

2. *Unnecessary inventory*

Berdasarkan identifikasi *critical waste*, diketahui bahwa *unnecessary inventory* terjadi dikarenakan dampak dari *waiting* akibat keterlambatan bahan baku. Hal ini terjadi selama 3 bulan di akhir tahun 2013. *Unnecessary inventory* teridentifikasi hanya pada WIP akibat berhentinya proses produksi pada tahun 2013. Selain itu juga tidak ditemukan adanya *inventory* yang bermasalah baik pada *inventory* bahan baku maupun produk jadi.

3. *Unnecessary motion*

Unnecessary motion berupa aktivitas tidak bernilai tambah (*non value added activity*) disebabkan oleh beberapa aktivitas seperti inspeksi bahan baku dan aktivitas menunggu antar proses serta *material handling*. Berikut penjelasan masing-masing faktor yang mengakibatkan munculnya *unnecessary motion*:

1) *Material*

Terlihat dari pengamatan langsung pada saat *material handling*, beban yang pekerja pindahkan berat. Hal ini dapat memicu terjadinya *fatigue* apabila dilakukan secara berulang. Ini juga dapat menyebabkan munculnya *waste* lain seperti *unnecessary motion* pada pekerja.

2) *Method*

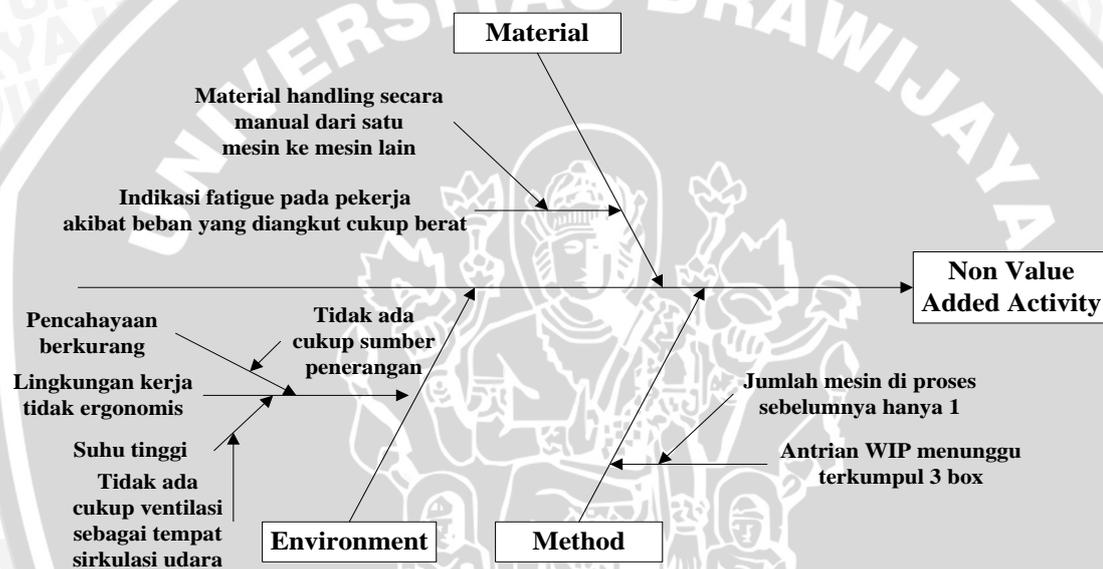
Pada tahap identifikasi aktivitas, ditemukan adanya aktivitas menunggu di antara proses pembentukan dan penyepuhan. Hal ini dikarenakan untuk proses

penyepuhan baru dapat dilakukan ketika sudah terdapat 3 buah *box* dari hasil pembentukan.

3) *Environment*

Lingkungan di bagian penyepuhan ini juga dirasa tidak ergonomis. Proses penyepuhan merupakan proses dimana bahan dibakar dengan suhu tinggi. Temperatur yang cukup panas pada proses penyepuhan dan kurangnya sirkulasi udara dan cahaya di lantai produksi juga mempengaruhi munculnya *unnecessary motion* pada pekerja yang dapat berimbas pada proses *material handling*.

Diagram sebab akibat untuk *unnecessary motion* yang disebabkan oleh *non value added activity* akan ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Diagram sebab akibat *non value added activity*

4. Defect

Berdasarkan identifikasi *critical waste*, *defect* terjadi dikarenakan ketidaksesuaian dimensi produk dan kekerasan produk. Berikut penjelasan masing-masing penyebab *critical waste defect*.

a. Ketidaksesuaian Dimensi Produk

Indikator produk dikatakan cacat karena *critical waste* ini adalah ketika dimensi produk baik dari sisi panjang, lebar, dan diameter tidak sesuai dengan standar ukuran yang telah ditetapkan. Pengujian dimensi ini dilakukan dengan memasang *link belt* dengan munisinya. Penyebab utama ketidaksesuaian dimensi produk ini diakibatkan oleh ketidaksempurnaan pencetakan baja di proses pembentukan. Berikut penjelasan masing-masing faktor yang mengakibatkan munculnya ketidaksesuaian dimensi produk:

1) *Machine*

Proses pembentukan merupakan proses utama penyebab ketidaksesuaian dimensi produk. Penggunaan mesin dop yang digunakan terus-menerus pada proses pembentukan selama proses produksi berlangsung dapat menjadi alasan terjadinya kerusakan beberapa komponen mesin seperti pisau pembentuknya. Ketika pisau pembentuk tidak cukup tajam untuk digunakan, maka dapat berdampak pada bengkoknya *link belt* dan ukuran hasil pembentukan. Selain itu, penggunaan pisau untuk membentuk yang melebihi usia rata-rata efektif (12 bulan) menjadi faktor lain penyebab masalah tersebut.

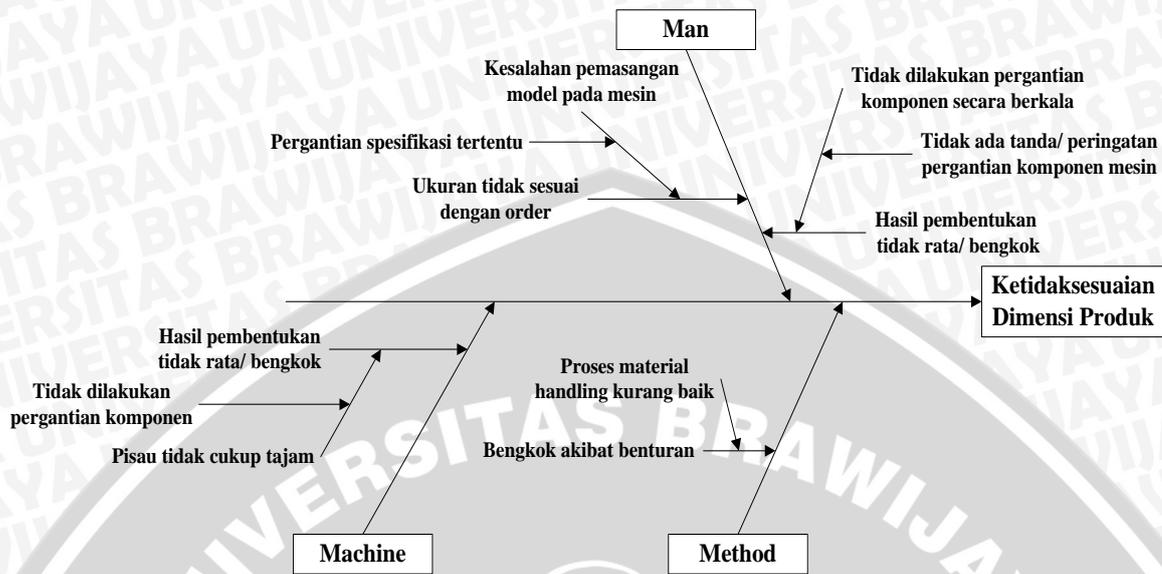
2) *Man*

Sehubungan dengan penggunaan pisau di mesin dop yang pemakaiannya melebihi usia rata-rata efektif, pihak pekerja juga merupakan salah satu faktor penyebab ketidaksesuaian dimensi produk. Kondisi ini terjadi akibat tidak adanya peringatan mengenai usia efektif penggunaan pisau. Dari hasil wawancara, banyak operator yang tidak mengetahui kebijakan yang diterapkan ini. Selain itu, tidak adanya *job description* yang jelas untuk mengganti pisau secara berkala atau sesuai rata-rata usia efektif pemakaian. Kesalahan pemasangan profil oleh operator juga salah satu faktor munculnya ketidaksesuaian dimensi produk. Ini disebabkan oleh perubahan spesifikasi dari spesifikasi awal yang ditentukan. Kondisi ini muncul ketika perubahan permintaan dengan ukuran tertentu.

3) *Method*

Selain dari proses pembentukan, indikasi lain munculnya *defect* akibat ketidaksesuaian dimensi produk adalah terkait *material handling* yang dilakukan operator. Hal ini disebabkan karena terlihat beberapa kali dari pengamatan *material handling*, pekerja harus berhenti sejenak untuk melepas lelah beberapa detik untuk memindahkan produk ke mesin pada proses berikutnya. Ini terjadi karena proses *material handling* atau pemindahan produk dilakukan dengan cara manual oleh pekerja dengan mengangkat dan membawa box yang mempunyai berat beban angkat sekitar 20 kg. Saat aktivitas itulah, tak jarang operator harus meletakkan box berisi *link belt* ke lantai. Hal ini mengakibatkan terjadinya benturan antar *link belt* yang dapat menyebabkan perubahan bentuk, terlebih sebelum *link belt* dibawa ke proses pengerasan.

Diagram sebab akibat untuk *waste defect* akibat ketidaksesuaian dimensi produk ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram sebab akibat ketidaksesuaian dimensi produk

b. Ketidaksesuaian Kekerasan Produk

Indikator produk dikatakan cacat karena *critical waste* ini adalah ketika kekerasan produk tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Penyebab utama ketidaksesuaian kekerasan produk ini terkait komposisi material di dalam proses pengerasan baja. Ini merupakan dampak dari WIP akibat aktivitas menunggu karena keterlambatan bahan baku maupun selama proses perbaikan mesin. Terlebih material ini tergolong material yang rentan terhadap suhu sebab berbahan dasar baja sehingga dapat rusak (berkarat) yang mempengaruhi proses pengerjaan ulang kembali berimbas pada waktu dan biaya.

Material produk *link belt* merupakan material yang rentan terhadap suhu dan beresiko rusak ketika terlalu lama dibiarkan dengan kondisi lingkungan yang tidak sesuai. Sehubungan dengan *waiting* pada pembahasan sebelumnya, akan berdampak pada menumpukan WIP. Untuk itu semakin lama *waiting* yang terjadi, akan berdampak pada komposisi material. Material yang cacat, ketika diproduksi akan menghasilkan produk yang tidak sesuai spesifikasi, terutama dari segi kekerasan, sebab proses penumpukan WIP berada pada proses sepuh dan quenching yang merupakan proses pengerasan material.

4.5.2 Pemilihan Prioritas Rekomendasi

Setelah dilakukan analisa mengenai faktor-faktor penyebab terjadinya *waste*, kemudian dibuat *Failure Mode and Effect Analyze* (FMEA) untuk mengetahui prioritas perbaikan yang dapat diberikan sesuai dengan *Risk Priority Number* (RPN) dengan nilai tertinggi. Besarnya nilai RPN mengindikasikan permasalahan pada *potensial failure mode* tersebut. Semakin besar nilai RPN, maka semakin kritis masalah di dalamnya sehingga diperlukan penanganan untuk dapat segera diperbaiki. Penentuan *rating* untuk *severity*, *occurance*, dan *detection* (SOD) dilakukan melalui *brainstorming* dengan pihak produksi *link belt* perusahaan. *Rating* yang diberikan untuk masing-masing kategori berada pada *range* angka 1-10. Pemberian nilai ini berdasarkan pertimbangan dan acuan yang ada di dalam tinjauan pustaka. Penjelasan mengenai masing-masing *severity*, *occurance*, dan *detection* adalah sebagai berikut:

1. Severity

Severity adalah nilai *range* dari 1-10 yang menunjukkan tingkat keseriusan dari *waste* yang terjadi. Semakin besar nilai yang diberikan, maka semakin besar juga tingkat keseriusan *waste* tersebut terjadi. Masing-masing kriteria *severity* ditunjukkan pada Tabel 4.16 - Tabel 4.18

Tabel 4.16 Kriteria *Severity Waiting*

<i>Effect</i>	Indikator	<i>Rating</i>
Tidak Ada	Tidak terjadi <i>idle time</i>	1
Sangat Minor	Terjadi <i>idle time</i> , tetapi tidak berpengaruh pada proses produksi	2
Minor	Terjadi <i>idle time</i> dan mulai berpengaruh pada proses produksi	3
Sangat Rendah	Terjadi <i>idle time</i> dan berpengaruh pada 1 proses berikutnya	4
Rendah	Terjadi <i>idle time</i> dan berpengaruh pada 2 proses berikutnya	5
Sedang	Terjadi <i>idle time</i> dan berpengaruh pada 3 proses berikutnya	6
Tinggi	Terjadi <i>idle time</i> dan berpengaruh pada 4 proses berikutnya	7
Sangat Tinggi	Terjadi <i>idle time</i> dan berpengaruh pada seluruh proses	8
Berbahaya	<i>Idle time</i> sangat sering terjadi sehingga proses produksi tidak efektif	9
Sangat Berbahaya	Proses produksi tidak dapat dilakukan	10

Tabel 4.17 Kriteria *Severity Unnecessary Inventory*

<i>Effect</i>	Indikator	<i>Rating</i>
Tidak Ada	Tidak ada <i>unnecessary inventory</i> .	1
Sangat Minor	Terdapat <i>wasteinventory</i> , tetapi sangat kecil sekali, tidak berpengaruh pada proses produksi, dan tidak terjadi kerusakan pada produk.	2
Minor	Terdapat <i>wasteinventory</i> dalam jumlah sedang, tidak berpengaruh pada proses produksi, dan tidak terjadi kerusakan pada produk.	3

Tabel 4.17 Kriteria *Severity Unnecessary Inventory* (Lanjutan)

<i>Effect</i>	Indikator	<i>Rating</i>
Sangat Rendah	Terdapat <i>wasteinventory</i> dalam jumlah sedang, sedikit berpengaruh pada proses produksi, dan tidak terjadi kerusakan pada produk.	4
Rendah	Terdapat <i>wasteinventory</i> dalam jumlah sedang, cukup berpengaruh pada proses produksi, dan tidak terjadi kerusakan pada produk.	5
Sedang	Terdapat <i>wasteinventory</i> dalam jumlah besar, cukup berpengaruh pada proses produksi, dan terjadi kerusakan pada sedikit produk.	6
Tinggi	Terdapat <i>wasteinventory</i> dalam jumlah besar, cukup berpengaruh pada proses produksi, dan terjadi kerusakan pada produk.	7
Sangat Tinggi	Terdapat <i>wasteinventory</i> dalam jumlah besar, berpengaruh pada proses produksi, dan terjadi kerusakan pada produk.	8
Berbahaya	Terdapat <i>wasteinventory</i> dalam jumlah besar, sangat berpengaruh pada proses produksi, dan terjadi kerusakan pada produk.	9
Sangat Berbahaya	Terdapat <i>wasteinventory</i> dalam jumlah sangat besar, sangat berpengaruh pada proses produksi, dan seluruh produk rusak.	10

Tabel 4.18 Kriteria *Severity Unnecessary motion*

Effect	Indikator	Rating
Tidak Ada	Tidak terjadi <i>unnecessary motion</i> .	1
Sangat Minor	Terjadi <i>unnecessary motion</i> , tetapi tidak berpengaruh pada proses produksi	2
Minor	Terjadi <i>unnecessary motion</i> dan mulai berpengaruh pada proses produksi	3
Sangat Rendah	Terjadi <i>unnecessary motion</i> dan berpengaruh pada 1 proses berikutnya	4
Rendah	Terjadi <i>unnecessary motion</i> dan berpengaruh pada 2 proses berikutnya	5
Sedang	Terjadi <i>unnecessary motion</i> dan berpengaruh pada 3 proses berikutnya	6
Tinggi	Terjadi <i>unnecessary motion</i> dan berpengaruh pada 4 proses berikutnya	7
Sangat Tinggi	Terjadi <i>unnecessary motion</i> dan berpengaruh pada seluruh proses	8
Berbahaya	<i>Unnecessary motion</i> sangat sering terjadi sehingga proses produksi tidak efektif	9
Sangat Berbahaya	Proses produksi tidak dapat dilakukan	10

2. Occurance

Occurance adalah nilai *range* dari 1-10 yang menunjukkan frekuensi dari *waste* yang terjadi. Semakin besar nilai yang diberikan, maka semakin tinggi tingkat frekuensi *waste* tersebut terjadi. Masing-masing kriteria *occurance* ditunjukkan pada Tabel 4.19 - 4.21

Tabel 4.19 Kriteria *Occurance Waiting*

Effect	Indikator	Rating
Tidak Ada	Tidak terjadi <i>idle time</i>	1
Sangat Minor	Terjadi <i>idle time</i> selama ≤ 10 menit	2
Minor	Terjadi <i>idle time</i> selama ≤ 30 menit	3
Sangat Rendah	Terjadi <i>idle time</i> selama ≤ 1 jam	4
Rendah	Terjadi <i>idle time</i> selama ≤ 3 jam	5
Sedang	Terjadi <i>idle time</i> selama ≤ 5 jam	6
Tinggi	Terjadi <i>idle time</i> selama ≤ 6 jam	7
Sangat Tinggi	Terjadi <i>idle time</i> selama ≤ 1 hari	8
Berbahaya	Terjadi <i>idle time</i> selama ≤ 1 minggu	9
Sangat Berbahaya	Terjadi <i>idle time</i> selama > 1 minggu	10

Tabel 4.20 Kriteria *Occurance Unnecessary inventory*

Effect	Indikator	Rating
Tidak Ada	Tidak terdapat <i>unnecessary inventory</i>	1
Sangat Minor	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $\leq 1\%$	2
Minor	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $\leq 3\%$	3
Sangat Rendah	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $\leq 5\%$	4
Rendah	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $\leq 7\%$	5
Sedang	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $\leq 9\%$	6
Tinggi	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $\leq 11\%$	7
Sangat Tinggi	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $\leq 15\%$	8
Berbahaya	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $\leq 20\%$	9
Sangat Berbahaya	Terdapat <i>unnecessary inventory</i> $> 20\%$	10

Tabel 4.21 Kriteria *Occurance Unnecessary motion*

Effect	Indikator	Rating
Tidak Ada	Tidak terjadi <i>unnecessary motion</i>	1
Sangat Minor	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $\leq 1\%$	2
Minor	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $\leq 3\%$	3
Sangat Rendah	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $\leq 5\%$	4
Rendah	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $\leq 7\%$	5
Sedang	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $\leq 9\%$	6
Tinggi	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $\leq 11\%$	7
Sangat Tinggi	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $\leq 15\%$	8
Berbahaya	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $\leq 20\%$	9
Sangat Berbahaya	Peluang munculnya <i>unnecessary motion</i> $> 20\%$	10

3. *Detection*

Detection adalah nilai *range* dari 1-10 yang menunjukkan kemampuan sistem untuk dapat mendeteksi *waste* yang terjadi. Semakin kecil nilai yang diberikan, mengindikasikan bahwa sistem dapat mendeteksi *waste* dengan cepat dan mudah. Masing-masing kriteria *detection* ditunjukkan pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Kriteria *Detection*

Effect	Indikator	Rating
Hampir Pasti	<i>Waste</i> dapat diketahui secara langsung	1
Sangat Tinggi	<i>Waste</i> dapat diketahui /dapat ditangani ≤ 15 menit	2
Tinggi	<i>Waste</i> dapat diketahui /dapat ditangani ≤ 30 menit	3
Agak Tinggi	<i>Waste</i> dapat diketahui /dapat ditangani ≤ 1 jam	4
Sedang	<i>Waste</i> dapat diketahui /dapat ditangani ≤ 3 jam	5
Rendah	<i>Waste</i> dapat diketahui /dapat ditangani > 3 jam	6
Sangat Rendah	Membutuhkan alat sederhana dengan akurasi rendah untuk mendeteksi / menangani <i>waste</i> .	7
Jarang	Membutuhkan alat dengan akurasi tinggi untuk mendeteksi / menangani <i>waste</i> .	8
Sangat Jarang	Membutuhkan alat yang mahal dan kompleks.	9
Tidak Mungkin	Tidak ada alat yang dapat mendeteksi / menangani kegagalan.	10

Hasil analisis dan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) ditampilkan dalam tabel 4.22.

Berdasarkan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada Tabel 4.23 diketahui bahwa terdapat tiga urutan nilai RPN tertinggi yaitu pada menunggu karena keterlambatan bahan baku terkait metode tetap pemesanan bahan baku pendukung antar departemennya, menunggu selama proses perbaikan mesin terkait pembuatan komponen mesin yang rusak, dan *unnecessary motion* pada aktivitas non *value added activity* terkait *material handling* yang dilakukan secara manual dengan beban angkut berat. Tiga urutan nilai RPN tertinggi tersebut diprioritaskan untuk segera dilakukan perbaikan guna mengurangi pemborosan yang terjadi pada proses produksi.

Nilai RPN tertinggi pertama sebesar 540 terjadi pada *waiting* akibat keterlambatan bahan baku pendukung. Faktor penyebab terjadinya *waste* jenis ini adalah dikarenakan tidak ada metode pemesanan bahan baku pendukung antar departemen yang tidak tepat. *Waste* ini memiliki nilai *severity* 9 yang berarti bahwa kegagalan ini memiliki efek yang tinggi terhadap proses produksi secara keseluruhan dan menyebabkan proses produksi tidak efektif. Nilai *occurance* sebesar 10 menunjukkan bahwa *waste* jenis ini sering terjadi dan berlangsung dalam waktu yang lama. Sedangkan nilai *detection* sebesar 6 mempunyai arti bahwa kegagalan ini cukup sulit untuk dideteksi.

Nilai RPN tertinggi kedua sebesar 270 terjadi pada *waiting* akibat perbaikan mesin. Faktor penyebab terjadinya *waste* jenis ini adalah dikarenakan durasi pembuatan komponen mesin yang rusak cukup lama. *Waste* ini memiliki nilai *severity* 5 yang berarti kegagalan ini memiliki efek yang rendah pada proses produksi secara keseluruhan. Nilai *occurance* sebesar 9 menunjukkan bahwa *waste* jenis ini sering terjadi

dan berlangsung lama. Sedangkan nilai *detection* sebesar 6 mempunyai arti bahwa kegagalan ini cukup sulit untuk dideteksi.

Nilai RPN tertinggi ketiga sebesar 267 terjadi pada *unnecessary motion* akibat *non value added activity*. Faktor penyebab terjadinya adalah dikarenakan *material handling* atau proses pengangkutan produk dari satu mesin ke mesin lain dengan beban angkut yang cukup berat. *Waste* ini memiliki nilai *severity* 8 yang berarti bahwa kegagalan ini memiliki efek yang cukup tinggi pada proses produksi. Sedangkan nilai *occurrence* sebesar 9 menunjukkan bahwa *waste* jenis ini sering terjadi. Nilai *detection* sebesar 3 mempunyai arti bahwa kegagalan ini cukup mudah untuk dideteksi.

Nilai RPN tertinggi selanjutnya sebesar 160 terjadi pada *defect* akibat ketidaksesuaian dimensi produk. Faktor penyebab terjadinya adalah dikarenakan jarangya dilakukan pergantian komponen mesin secara berkala yang mengakibatkan proses produksi tidak sempurna. *Waste* ini memiliki nilai *severity* 5 yang berarti bahwa kegagalan ini memiliki efek yang tidak terlalu tinggi pada proses produksi. Nilai *occurrence* sebesar 8 menunjukkan bahwa *waste* jenis ini cukup sering terjadi. Nilai *detection* sebesar 3 mempunyai arti bahwa kegagalan ini cukup mudah untuk dideteksi.



Tabel 4.23 FMEA Proses Produksi

Waste	Potensial Failure Mode	Sev	Potensial Causes	Occ	Current Control	Det	RPN	Recommended Action
Waiting	Waiting akibat keterlambatan bahan baku pendukung	9	Tidak ada metode tetap pemesanan bahan baku pendukung antar departemen	10	Tidak ada	6	540	Pembuatan lembar pengajuan bahan baku ke departemen pengadaan sehingga diketahui dengan lengkap kebutuhannya dan tahu pihak mana yang bertanggung jawab
			Tidak ada pemantauan jumlah bahan baku pendukung di bagian produksi	5	Tidak ada	2	90	Pemberian batas indikator kapan terjadi penipisan jumlah bahan baku pendukung Menambahkan <i>job desc</i> untuk memantau terkait jumlah bahan baku pendukung di lantai produksi
	Waiting akibat perbaikan mesin	5	Usia mesin tua	3	Tidak ada	2	30	Pemeliharaan komponen dan fungsi mesin secara intensif Penggantian mesin lama dengan mesin baru
			Durasi pembuatan komponen mesin yang rusak lama	9	Tidak ada	6	270	Pembuatan lembar pengajuan komponen mesin yang ingin dibuat ke dePT perkakas sehingga diketahui kebutuhannya dan tahu pihak mana yang bertanggung jawab.
			Jumlah mesin di masing-masing proses hanya 1	2	Tidak ada	2	20	Penambahan jumlah mesin guna mengantisipasi kerusakan mesin lama
			Kurangnya sosialisai mengenai kebijakan <i>preventive maintenance</i> yang baru dibentuk	2	Tidak ada	2	20	Perlu dilakukan pembelajaran intensif agar kebijakan yang dibuat menjadi kesadaran bagi tiap pekerjanya

Tabel 4.23 FMEA Proses Produksi (Lanjutan)

Waste	Potensial Failure Mode	Sev	Potensial Causes	Occ	Current Control	Det	RPN	Recommended Action
Unnecessary Inventory	Waiting Keterlambatan Bahan Baku Pendukung	9	Tidak ada metode tetap pemesanan bahan baku pendukung antar departemen	10	Tidak ada	6	540	Pembuatan lembar pengajuan bahan baku ke PT pengadaan sehingga diketahui dengan lengkap kebutuhannya dan tahu pihak mana yang bertanggung jawab
			Tidak ada pemantauan jumlah bahan baku pendukung di bagian produksi	5	Tidak ada	2	90	Pemberian batas indikator penipisan jumlah bahan baku pendukung Menambahkan job desc untuk memantau terkait jumlah bahan baku pendukung di lantai produksi
Unnecessary Motion	Non Value Added Activity	8	Material handling dilakukan secara manual dengan beban angkut berat	9	Tidak ada	3	267	Adanya alat bantu untuk mengangkut beban dari satu lokasi ke lokasi lain
			Lingkungan kerja tidak ergonomis	6	Tidak ada	2	96	Pemberian cukup pencahayaan seperti lampu atau alat sejenis Tata letak fasilitas terkait penambahan ventilasi udara
			Metode proses sepuh yang menunggu terkumpulnya 3 box terlebih dahulu	7	Tidak ada	2	112	Penambahan jumlah mesin di proses sebelum penyepuhan

Tabel 4.23 FMEA Proses Produksi (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potensial Failure Mode</i>	<i>Sev</i>	<i>Potensial Causes</i>	<i>Occ</i>	<i>Current Control</i>	<i>Det</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
<i>Defect</i>	Ketidaksesuaian Dimensi Produk	5	Tidak dilakukan pergantian komponen secara berkala	8	Tidak ada	4	160	Pembuatan tanda sebagai peringatan kepada operator untuk melakukan pergantian komponen secara berkala
			Kesalahan pemasangan profil pada mesin	3	Tidak ada	4	60	Melakukan pemeriksaan terkait spesifikasi produk sebelum dilakukan proses produksi.
			Material handling kurang baik	9	Tidak ada	3	135	Adanya alat bantu untuk mengangkut beban dari satu lokasi ke lokasi lain
	Ketidaksesuaian Kekerasan Produk	3	Penumpukan WIP berimbas pada komposisi material.	9	Tidak ada	2	54	Perancangan kondisi fasilitas untuk tempat penyimpanan material.

4.6 *Improve*

Tahap *improve* bertujuan untuk menemukan solusi perbaikan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi. Tahapan yang pertama adalah mencari solusi potensial untuk mengurangi pemborosan. Berdasarkan tabel FMEA, diketahui terdapat 4 jenis *waste* yang mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan yang lainnya, sehingga diprioritaskan untuk segera diberikan solusi perbaikannya.

4.6.1 Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Pertama

Berdasarkan tabel FMEA produk *link belt* yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah *waiting* yang diakibatkan oleh keterlambatan bahan baku dan *waiting* akibat perbaikan mesin. Keduanya memiliki persamaan permasalahan yaitu terkait metode pemesanannya.

Untuk *waiting* akibat keterlambatan bahan baku, tidak adanya metode tetap pemesanan bahan baku pendukung antar departemen ini merupakan salah satu penyebab utama munculnya *waste* ini. Mekanisme pemesanan bahan baku pendukung dari departemen produksi ke departemen PPC kemudian ke departemen pengadaan kurang efektif, sehingga rekomendasi yang diberikan salah satunya dengan cara pembuatan lembar pengajuan bahan baku dari departemen produksi ke departemen PPC dan kemudian pengadaan. Lembar pengajuan ini disebut dengan kartu *kanban*. Ini berfungsi sebagai sistem kendali dalam mewujudkan sistem produksi dengan waktu pengerjaan yang efisien. Kartu *kanban* yang digunakan adalah kartu *kanban* permintaan bahan.

Waiting yang diakibatkan oleh perbaikan mesin terkait penggantian komponen mesinnya juga memiliki permasalahan pada metode pemesanannya. Mesin produksi di departemen produksi *link belt* yang rusak, harus segera diperbarui dengan komponen mesin yang baru. Komponen mesin ini dibuat di departemen perkakas. Sama halnya dengan *waiting* akibat keterlambatan bahan baku, *waste* ini juga ditimbulkan oleh komunikasi yang tidak baik antar departemen produksi dan perkakas dalam menyalurkan informasi keperluannya. Selain itu departemen perkakas juga menyuplai komponen-komponen mesin lain tidak hanya untuk pembuatan komponen mesin di departemen produksi *link belt* saja, sehingga kebutuhan akan komponen yang dibuat di departemen perkakas tentu menjadi hal yang kritis untuk segera dipenuhi agar proses produksi dapat berjalan efisien. Untuk itu, maka diberikan rekomendasi terkait permasalahan yang ada dengan membuat lembar kendali yang disebut dengan kartu *kanban*. Kartu *kanban* yang digunakan adalah kartu *kanban* permintaan bahan dan kartu

kanban produksi. Kartu *kanban* permintaan bahan digunakan sebagai lembar pengajuan permintaan komponen mesin dari departemen produksi ke departemen perkakas. Sedangkan kartu *kanban* produksi digunakan sebagai lembar pengajuan permintaan produksi komponen mesin yang diminta pada departemen perkakas.

4.6.1.1 Desain Kartu *Kanban*

Selanjutnya, dilakukan perancangan kartu *kanban* permintaan bahan dan kartu *kanban* produksi.

a. Kartu *kanban* permintaan bahan ini dirancang dengan dimensi 10 x 7 cm dengan warna kartu merah dengan tujuan agar mudah untuk dapat diidentifikasi perbedaannya dengan *kanban* produksi. Kartu *kanban* permintaan bahan dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Selanjutnya akan diberikan contoh penggunaan *kanban* permintaan bahan dari departemen produksi *link belt* ke departemen pengadaan. Adapun contoh penggunaan *kanban* permintaan bahan dapat dilihat pada Gambar 4.12

KANBAN PERMINTAAN BAHAN		
No		<u>Precedding Process</u>
Produk		Departemen Produksi
Kode Item		
Kode Pengangkut		<u>Subsequent Process</u>
Jumlah		Departemen Pengadaan
Penanggung Jawab		

Gambar 4.11 Format *kanban* permintaan bahan

KANBAN PERMINTAAN BAHAN		
No	140514 – 3	<u>Precedding Process</u>
Produk	Cairan Sulfat	Proses <i>Pickling</i> – DePT
Kode Item	S1	Produksi <i>Link belt</i>
Kode Pengangkut	M1	<u>Subsequent Process</u>
Jumlah	20 box	PPC bahan pendukung -
Penanggung Jawab	P. Sabar	Departemen Pengadaan

Gambar 4.12 Contoh penggunaan *kanban* permintaan

Berikut penjelasan mengenai item kolom pada *kanban* permintaan bahan pada gambar 4.12 yang mengandung informasi sebagai berikut:

- a) No: Berisi nomor identitas kode kartu *kanban*, dengan format (Hari/Tanggal/Tahun – Nomer Kartu)
- b) Produk: Berisi jenis produk yang diminta.
- c) Kode Item: Kode produk sesuai jenisnya (S1 untuk tipe larutan sulfat jenis 1)
- d) Kode pengangkut: merupakan kode jenis transportasi yang digunakan dari lokasi awal ke lokasi tujuan)
- e) Jumlah: angka yang menunjukkan banyaknya produk yang diminta.
- f) Penanggung Jawab: berisi pihak yang mempunyai wewenang untuk meminta produk dalam hal ini kepala produksi di tiap departemen.
- g) *Precedding Process*: berisi nama proses awal tempat produk diminta.
- h) *Subsequent Process*: berisi nama proses tujuan tempat produk diminta.

b. Kartu *kanban* produksi ini dirancang dengan dimensi 10 x 7 cm dengan warna kartu biru dengan tujuan agar mudah untuk dapat diidentifikasi perbedaannya dengan *kanban* permintaan bahan yang berwarna merah. Format kartu *kanban* produksi, dapat dilihat pada Gambar 4.13.

KANBAN PERINTAH PRODUKSI		
No		<u>PROSES Pengerjaan</u>
Produk		
Kode Item		
Jumlah		
Penanggung Jawab		

Gambar 4.13 Format *kanban* perintah produksi

Berikut akan diberikan contoh penggunaan *kanban* perintah produksi kebutuhan komponen dari departemen produksi *link belt* ke departemen perkakas. Contoh penggunaan *kanban* perintah produksi dapat dilihat pada Gambar 4.14.

Berikut penjelasan mengenai item kolom pada *kanban* perintah produksi pada gambar 4.14 yang mengandung informasi sebagai berikut:

- a) No: Berisi nomor identitas kode kartu *kanban*, dengan format (Hari/Tanggal/Tahun – Nomer Kartu)

KANBAN PERINTAH PRODUKSI		
No	150514 – 7	<u>PROSES Pengerjaan</u> Welding - Departemen Perkakas
Produk	Poros Mesin Quenching	
Spesifikasi	ø 55 mm/steel	
Jumlah	1 buah	
Penanggung Jawab	Pak. Samsul/ Dept Produksi <i>Link belt</i>	

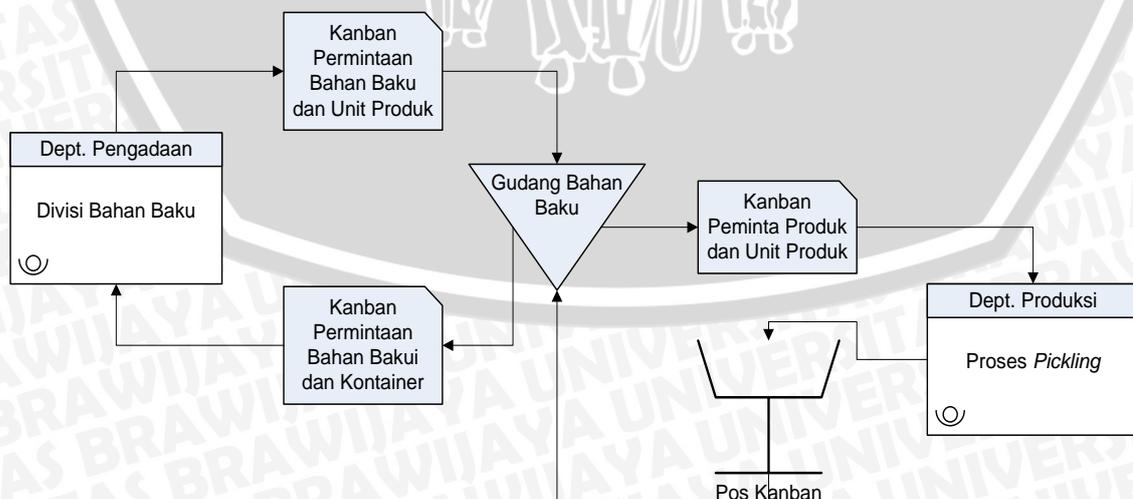
Gambar 4.14 Contoh penggunaan *kanban* perintah produksi

- b) Produk: Berisi jenis produk yang diminta.
- c) Spesifikasi: berisi spesifikasi produk yang ingin dibuat (\varnothing 55 mm/*steel* berarti poros berdiameter 55 mm berbahan *steel*) biasanya dilengkapi dengan kartu desain produk.
- d) Jumlah: angka yang menunjukkan banyaknya produk yang diminta.
- e) Penanggung Jawab: berisi pihak yang mempunyai wewenang untuk meminta produk dalam hal ini kepala produksi di tiap departemen.
- f) Proses Pengerjaan: berisi jenis proses untuk pembuatan produk yang diminta untuk diproduksi.

4.6.1.2 Aliran *Kanban*

Aliran *kanban* dibuat sesuai permasalahan dan fungsi masing-masingnya. Yaitu aliran *kanban* dari departemen produksi ke departemen PPC dan aliran *kanban* dari departemen produksi ke departemen perkakas

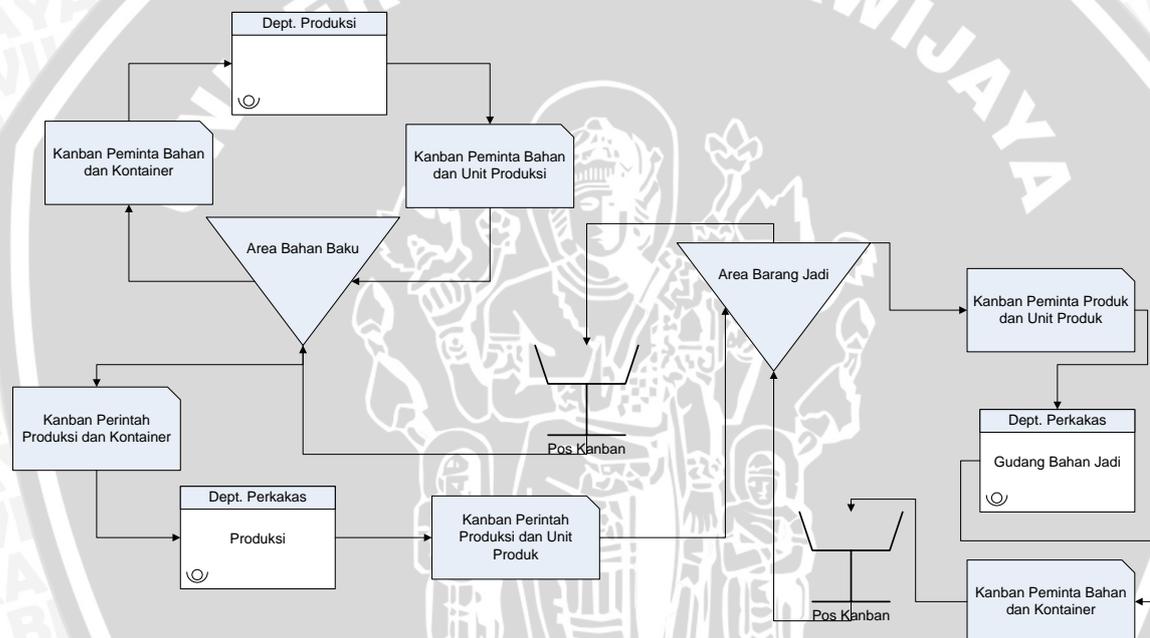
Diagram alir sistem *kanban* dari departemen produksi ke departemen PPC dapat dilihat pada Gambar 4.15.

Gambar 4.15 Aliran *kanban* dari departemen produksi ke departemen PPC

Penjelasan dari Gambar 4.15 adalah sebagai berikut:

- a. Permintaan bahan baku dari proses *pickling* departemen produksi.
- b. Dilakukan pemeriksaan di gudang mengenai keberadaan produk.
 - 1) Jika produk ada, maka *kanban* pengambilan yang ada pada *container* dipindahkan ke pos *kanban* bahan baku.
 - 2) Jika produk tidak ada maka pihak gudang bahan baku akan meminta bahan ke bagian departemen pengadaan dengan membawa *kanban* permintaan dari pos *kanban* gudang bahan baku beserta *material handling* berupa motor angkut ke divisi bahan baku.

Diagram alir sistem *kanban* dari departemen produksi ke departemen perkakas dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Aliran *kanban* dari departemen produksi ke departemen perkakas

Penjelasan dari Gambar 4.16 adalah sebagai berikut:

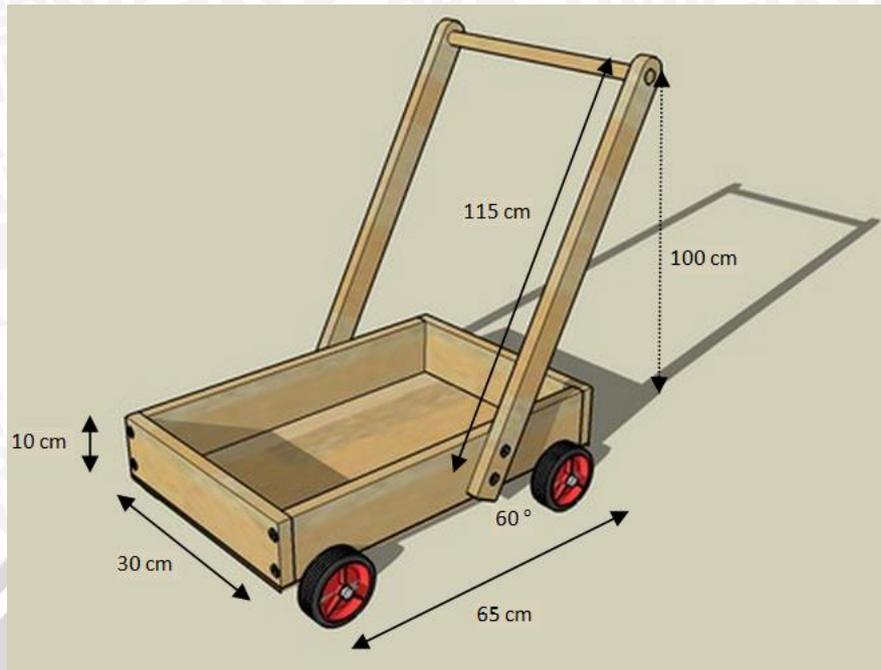
- a. Pos *kanban* departemen perkakas menerima kartu permintaan produk dari proses departemen produksi *link belt*
- b. Dilakukan pemeriksaan mengenai keberadaan produk.
 - 1) Jika produk ada maka *kanban* perintah produksi yang ada pada *container* dipindahkan ke pos *Kanban* dan diganti dengan *kanban* permintaan produk. Kemudian *kanban* dan produk akan dibawa ke proses *pickling* di departemen produksi .
 - 2) Jika produk tidak ada maka, pihak departemen perkakas melakukan pemeriksaan mengenai keberadaan produk untuk diproses.

- a) Jika produk ada, maka *kanban* perintah produksi yang ada pada *container* dipindahkan ke pos *kanban* dan diganti dengan *kanban* permintaan produk perkakas. Kemudian *kanban* dan produk perkakas dibawa ke gudang barang jadi.
- b) Jika produk tidak ada, maka pihak departemen perkakas melakukan pemeriksaan mengenai keberadaan produk untuk diproses.
 - i. Jika bahan ada, maka pos *kanban* mengeluarkan perintah produksi untuk memproduksi produk perkakas yang diminta. Disini perlu diingat bahwa *kanban* perintah produksi harus selalu melekat pada *container* produk sehingga operator mengetahui informasi mengenai produk.
 - ii. Jika bahan perkakas tidak ada, maka pihak departemen perkakas mengambil *kanban* permintaan bahan untuk dibawa bersama alat *material handling* berupa motor angkut ke departemen perkakas.

4.6.2 Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Kedua

Berdasarkan tabel FMEA, diketahui nilai tertinggi lainnya yang diprioritaskan untuk segera dilakukan perbaikan adalah *unnecessary motion* yang disebabkan oleh aktivitas *non value added activity* berupa *material handling* yang dilakukan secara manual dengan beban angkut yang berat. Sehingga solusi yang diberikan adalah dengan menyediakan alat bantu angkut beban dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Alat bantu yang disediakan dilakukan dengan menambahkan beberapa elemen ke dalam box yang sudah tersedia di perusahaan sehingga tidak perlu membeli baru dan tentu ini berimbas pada meminimasi biaya perbaikan yang diusulkan. Contoh desain alat bantu angkut dorong dapat dilihat pada Gambar 4.17.

Pemilihan alat angkut seperti pada Gambar 4.17, juga disesuaikan dengan keadaan perusahaan. Desain *box* dengan penyekat di masing-masing sisinya memiliki fungsi menahan agar produk yang diangkut tidak jatuh mengingat ukuran produk yang dibawa kecil. Pemberian roda yang tidak terlalu besar juga ditujukan untuk memudahkan operator ketika ingin memindahkan isi box ke proses selanjutnya dengan cara mengangkat. Tinggi pegangan disesuaikan dengan ukuran tubuh manusia. Menurut Nurmiyanto (2004), tinggi rata-rata siku dalam posisi berdiri tegak berdasarkan *anthropometri* masyarakat Indonesia adalah setinggi 1.003 mm.



Gambar 4.17 Alat bantu angkut *link belt*

4.6.3 Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Ketiga

Berdasarkan tabel FMEA, diketahui nilai tertinggi lainnya yang diprioritaskan untuk segera dilakukan perbaikan adalah *defect* yang disebabkan oleh ketidaksesuaian dimensi produk. Faktor yang menyebabkan timbulnya *waste* ini adalah penggunaan pisau pada mesin dop diproses pembentukan yang melebihi usia efektif pemakaian sehingga menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Dari hasil wawancara, diketahui batas usia efektif penggunaan pisau adalah selama 12 bulan. Operator perlu melakukan pergantian pisau secara berkala sebelum terjadi kerusakan untuk menghindari cacat pada produk yang timbul akibat penggunaan pisau profil yang melebihi usia efektif. Hal ini dilakukan dengan mencatat tanggal awal pemakaian pisau dan tanggal jatuh tempo penggunaan. Untuk itu, diperlukan sebuah penanda dengan harapan dapat memudahkan operator untuk mengetahui batas usia pakai pisau. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk melakukan pergantian pisau dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Tanggal Awal Pergantian	Usia Pakai Rata-Rata	Usia Pakai Maksimum	Pergantian
1 Januari 2013	12 bulan	1 Januari 2014	√ 25 Desember 2013
..
..

Gambar 4.18 Usulan penggantian pisau profil pada mesin dop

Untuk menunjang pengantian secara berkala dan sebagai peringatan kepada operator, maka diberikan usulan perbaikan lainnya dengan merancang poster berukuran kertas A3 atau 42x29,7 cm dengan *font Times New Roman* dengan warna latar belakang terang seperti kuning dan warna tulisan yang *contrast* dengan latar belakang seperti hitam. Pemilihan warna latar belakang yang berwarna kuning melambangkan peringatan. Poster berisi tulisan peringatan untuk memberikan himbauan kepada karyawan untuk melakukan pergantian pisau yang ditempelkan di dinding area produksi *link belt* dekat dengan mesin pembentukan. Poster berisi tulisan sebagai usulan perbaikan dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Lakukan Pergantian Pisau Setiap 1 Tahun Pada Mesin!

Gambar 4.19 Poster peringatan penggantian bentangan

4.7 Analisis Tindakan Perbaikan

Dengan usulan perbaikan yang diberikan maka dapat dilakukan analisis terkait prediksi hasil dari tindakan perbaikan yang diusulkan.

4.7.1 Analisis Tindakan Perbaikan Pertama

Usulan perbaikan yang pertama yaitu perancangan kartu *kanban*, dapat menurunkan waktu tunggu (*waiting*) baik *waiting time* akibat keterlambatan bahan baku, maupun akibat perbaikan mesin. Prediksi penurunan waktu tunggu akibat keterlambatan baku dengan waktu tunggu awal mencapai 3 bulan yang terbuang akibat proses menunggu penyediaan larutan sulfat dapat menjadi hanya maksimal 2 minggu saja. Prediksi waktu ini didapat dengan cara *brainstorming* dengan pihak departemen perencanaan dan pengendalian dengan melihat aspek waktu kirim barang dan proses pembuatan serta penyetujuan proposal pengadaan pada pihak *supplier* jika bahan baku pada gudang tidak ada. Penurunan waktu yang besar ini tentu berdampak pada hasil produksi yang lebih maksimal, sehingga perusahaan tidak akan mengalami kerugian yang signifikan akibat ketidakmampuan dalam memproduksi produk sesuai target. Prediksi penurunan waktu tunggu akibat perbaikan mesin dapat dilihat melalui

waktu *downtime* mesin produksi *link belt*. Prediksi penurunan waktu tunggu akibat perbaikan mesin pada Tabel 4.24.

Sama halnya dengan prediksi penurunan waktu tunggu atau *waiting time* akibat keterlambatan bahan baku, prediksi penurunan *waiting time* akibat perbaikan mesin produksi juga didapat dari hasil *brainstorming* dengan perusahaan. Dengan melihat mana perbaikan mana yang membutuhkan komponen atau perkakas yang diproduksi dari departemen perkakas. Dengan adanya usulan perbaikan berupa perancangan kartu kanban dari departemen produksi *link belt* dan departemen perkakas, maka akan terjadi penurunan waktu produksi perkakas. Prediksi penurunan *downtime* ini dibuat berdasarkan dampak turunnya waktu produksi perkakas. Menurut kepala pihak departemen perkakas, waktu penyelesaian produksi komponen atau perkakas dapat berlangsung maksimal 1 hari kerja atau 8 jam. Sehingga dari data *downtime* mesin pada Tabel 4.24, prediksi penurunan dilakukan pada perbaikan yang menghabiskan waktu di atas 8 jam saja. Maka untuk perbaikan mesin yang terjadi dengan waktu kurang dari 8 jam dianggap tidak mengalami perubahan waktu perbaikan. Besarnya penurunan waktu perbaikan adalah sebesar 60% dari waktu aktual, ini juga didapat dari hasil *brainstorming* dengan pihak perkakas yang mengetahui jenis kerusakan mesin yang terjadi.

Tabel 4.24 Prediksi Perbandingan *Downtime Time* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

No.	Deskripsi Kerusakan	<i>Downtime</i> (Hours) Sebelum Perbaikan	<i>Downtime</i> (Hours) Sesudah Perbaikan
1	Perbaikan mesin onlate	3	3
2	Pergantian terminal kabel dan sekun kabe	18,25	7,3
3	Perbaikan mesin pancar pasir	19	7,6
4	Perbaikan mesin pancar pasir	55,89	22
5	Perbaikan mesin pancar pasir	6	6
6	Perbaikan mesin pancar pasir	1,5	1,5
7	Perbaikan karpet mesin sepuh (BLM TECO)	79,5	31
8	Perbaikan mesin sepuh	26,08	10,4
9	Perbaikan mesin sepuh	3,17	3,17
10	Perbaikan mesin sepuh	1,83	1,83
11	Perbaikan mesin sepuh	21	8,4
12	Perbaikan mesin sepuh	3,5	3,5
13	Perbaikan mesin sepuh	5,92	5,92
14	Perbaikan mesin sepuh DAL M 05	20,06	8
	JUMLAH	264,7	119,62

4.7.2 Analisis Tindakan Perbaikan Kedua

Selain usulan berupa perancangan kartu *kanban*, usulan perbaikan selanjutnya adalah berupa penyediaan alat bantu angkut berupa *trolley* yang akan digunakan selama perpindahan *material handling* dari satu lokasi mesin ke lokasi lainnya dalam 1 departemen produksi *link belt*. Dengan adanya usulan perbaikan tersebut, maka dapat menurunkan frekuensi operator yang sering meninggalkan aktivitas produksi sejenak karena harus melepas lelah (*fatigue*) sehingga fokus kerja jadi bertambah dan kelalaian dalam mengoperasikan mesin berkurang. Hal ini akan berdampak tidak hanya pada *unnecessary motion* terkait *non value added activity* tapi juga diharap dapat mereduksi *waste* lainnya seperti *defect*, dan *waiting time*. Prediksi penurunan waktu *non value added activity* disajikan pada Tabel 2.25.

Tabel 2.25 Prediksi Perbandingan *Non Value Added Time* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Proses	Keterangan Jarak*	NNVA (detik) Sebelum	NNVA (detik) Sesudah
Membawa bahan ke mesin dop	Jauh	30	24
Membawa bahan ke bagian penyepuhan	Jauh	24	19
Membawa ke drum <i>quenching</i>	Jauh	60	48
Membawa ke pencucian <i>detergent</i>	Jauh	24	19
Membawa ke pencucian air panas	Dekat	10,2	10,2
Membawa ke pembilasan	Dekat	12	12
Membawa ke ruang temper	Jauh	60	48
Membawa pasir besi	Dekat	7,2	7,2
Membawa ke ruang pelapisan	Jauh	40,2	32
Membawa ke pencucian	Dekat	9	9
Membawa ke drum air panas	Dekat	7,2	7,2
Membawa ke tabung fosfat	Dekat	10,8	10,8
Membawa larutan fosfat	Dekat	6	6
Membawa ke pencucian	Dekat	6	6
Membawa ke drum air hangat	Dekat	7,2	7,2
Membawa ke mesin pengering	Dekat	13,8	13,8
Membawa ke drum pelapisan oli	Dekat	6,6	6,6
Membawa oli	Jauh	22,2	17,7
Membawa ke mesin pengering	Jauh	78	62,4
Total		434,4	366

*Keterangan:

Dekat : Jarak < 4meter

Jauh : Jarak \geq 4 meter

Prediksi penurunan waktu *non value added activity* pada Tabel 4.26 dilakukan dengan memperkirakan perubahan waktu *material handling* dari satu mesin ke mesin lainnya. Dari hasil identifikasi sebelum diberikannya usulan perbaikan, didapat waktu *material handling* yang cukup lama yaitu sebesar 11% dari keseluruhan waktu produksi

walaupun jarak tempuh dari satu mesin ke mesin lain tidak terlalu jauh. Hal ini disebabkan karena terlihat beberapa kali dari pengamatan *material handling*, pekerja harus berhenti untuk melepas lelah beberapa detik untuk memindahkan produk ke mesin pada proses berikutnya. Ini terjadi karena proses *material handling* atau pemindahan produk dilakukan dengan cara manual oleh pekerja dengan mengangkat dan membawa box yang mempunyai berat beban angkat sekitar 20 kg. Indikasi lain yang mungkin terjadi selain semakin lamanya waktu aktivitas yang tidak bernilai tambah ini, dapat berimbas pada kelelahan pekerja atau *fatigue* yang dapat berlangsung terus-menerus.

Prediksi penurunan waktu aktivitas yang tidak bernilai tambah dilakukan hanya pada aktifitas *material handling* dengan jarak angkut dianggap jauh sehingga memungkinkan timbulnya aktivitas melepas lelah pada pekerja. Estimasi besarnya penurunan waktu *material handling* adalah sebesar 20% dari waktu aktual, ini juga didapat dari hasil *brainstorming* dengan pihak pekerja yang melakukan aktivitas ini.

4.7.3 Analisis Tindakan Perbaikan Ketiga

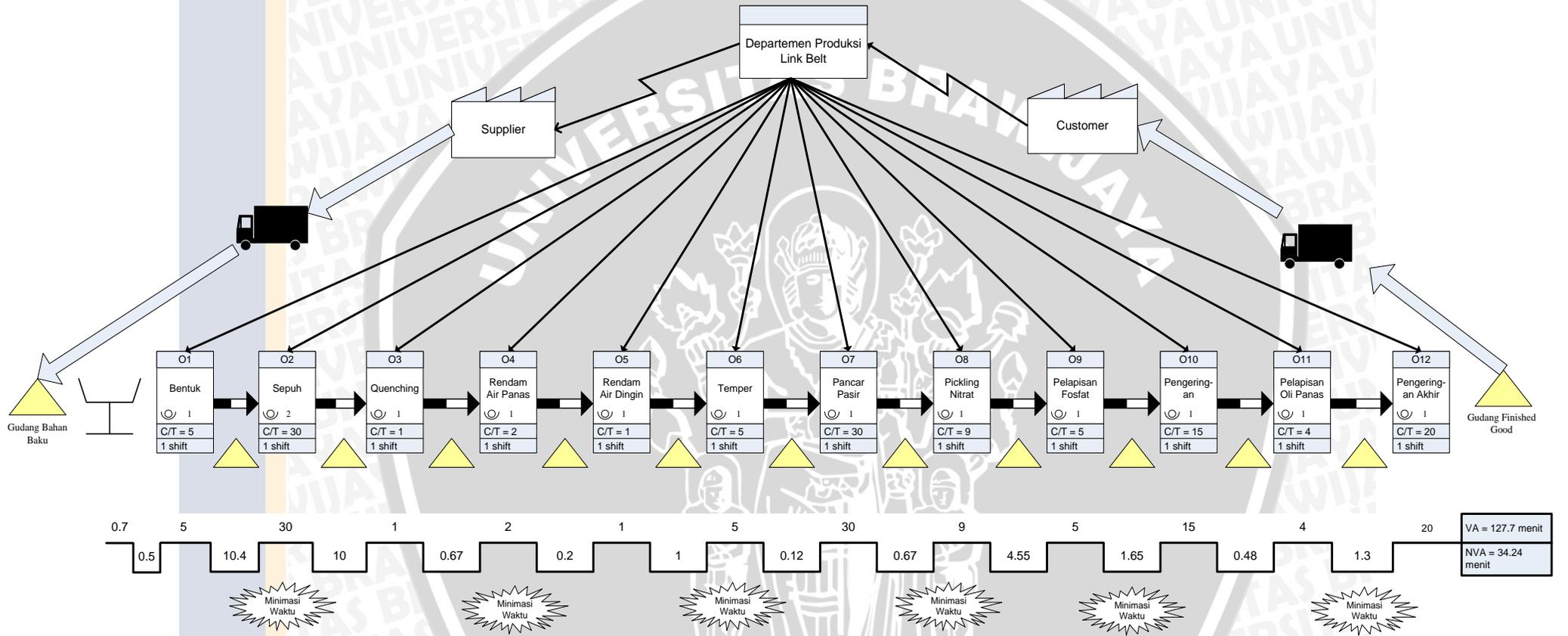
Usulan perbaikan ketiga, dengan tujuan menurunkan nilai DPMO yaitu memberikan usulan peringatan atau himbauan kepada operator untuk mengganti komponen mesin agar tidak digunakan melebihi usia efektif komponen. Walaupun *defect* bukan merupakan *waste* dengan jumlah kritis untuk segera ditangani, akan tetapi sesuai dengan konsep *lean sigma*, diharapkan dengan adanya usulan perbaikan ini, perusahaan dapat meningkatkan level *sigma*. Selain dari usulan perbaikan berupa perancangan poster, usulan perbaikan dari *waste* lain, berupa perancangan alat bantu angkut berupa *trolley*, tentu dapat berimbas pada *defect* juga. Hal ini berhubungan dengan meminimasi terjadinya benturan antar *link belt* ketika *material handling* dilakukan secara manual. Dengan usulan perbaikan berupa *trolley*, diharapkan proses *material handling* dapat dilakukan secara lebih aman dan menghindari kelelahan pada kondisi fisik pekerja, sehingga proses produksi yang dilakukan dapat lebih terstruktur. Usulan perbaikan lainnya berupa perancangan kartu *kanban*, juga dapat berdampak pada minimasi *defect*. Seperti pembahasan sebelumnya, salah satu faktor yang menyebabkan cacat pada produk, adalah terkait komposisi material akibat WIP. Dengan perancangan kartu *kanban*, tentu dapat meminimasi jumlah WIP akibat menunggu karena keterlambatan bahan baku maupun menunggu selama proses perbaikan mesin berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa rekomendasi yang diberikan diharapkan dapat meminimasi beberapa jumlah *waste* sekaligus.

Setelah mengidentifikasi, menganalisa, dan memberikan rekomendasi perbaikan pada proses produksi *link belt* di PT Pindad (Persero) sebagai upaya mereduksi *waste*, maka dapat digambarkan *future state value stream mapping* untuk mengetahui estimasi *improvement* yang terjadi di sepanjang *value stream* pada PT Pindad (Persero). *Future state map* merupakan sebuah gambaran pada pendekatan *lean manufacture* yang digunakan sebagai pedoman untuk mengetahui perubahan proses yang dilakukan dan acuan untuk melakukan *continuous improvement* selanjutnya (Hines and Taylor, 2000). *Future state value stream mapping* yang dapat dilihat pada Gambar 4.20.

Berdasarkan hasil identifikasi *waste*, analisa akar penyebab masalah, dan rekomendasi perbaikan yang dirancang maka dapat digambarkan analisa terkait pembuatan *future state map* hasil prediksi sesudah dilakukan perbaikan. Perubahan yang ada pada *future state map* adalah sebagai berikut:

1. Minimasi waktu pada *non value added activity* dalam hal ini adalah proses *material handling* yang terjadi selama proses produksi berlangsung. Ini merupakan dampak dari rekomendasi perbaikan yang dirancang berupa alat bantu angkut produk dari satu mesin ke mesin lainnya. Perubahan ini ditunjukkan dengan simbol *kaizen burst* pada *future state map*. Perubahan lain akibat usulan perbaikan ini yang tidak tampak pada penggambaran *future state map* adalah terkait meminimasi pula tingkat kelelahan pada operator.
2. Penambahan fasilitas berupa pos *kanban* di dalam lantai produksi *link belt*. Pos ini dirancang untuk diletakkan di gudang bahan baku departemen *link belt* dengan tujuan meminimasi waktu tunggu WIP dalam proses produksi pembuatan *link belt* terkait keterlambatan bahan baku pendukung yang sering dialami. Perubahan ini ditunjukkan dengan munculnya sebuah pos *kanban* di gudang bahan baku produksi *link belt*.

Secara umum, dari hasil *future state map* terlihat bahwa nilai *non value added activity* menurun. Selain itu dampak usulan perbaikan yang terlihat pada *future state* ini juga terjadi pada *waiting* karena keterlambatan bahan baku dan *waiting* akibat perbaikan mesin ketika usulan perbaikan berupa perancangan kartu *kanban* dilakukan.



Gambar 4.20 Future State Value Stream Mapping Produksi Link belt

BAB V PENUTUP

Pada bab penutup akan dijelaskan tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan ditujukan untuk menjawab rumusan masalah berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya, serta memberikan saran baik bagi perusahaan maupun bagi penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil identifikasi 7 *waste* pada proses produksi *link belt* di PT. Pindad (Persero), antara lain:
 - a. *Excessive Transportation*: *waste* ini teridentifikasi dari aktivitas transportasi saat proses produksi berlangsung sebesar 7,24 menit yang relatif kecil dibandingkan dengan *value added time* sebesar 127,7 menit dan dianggap tidak signifikan dengan prosentase kejadian sebesar 3,5%.
 - b. *Waiting*: *waste* ini teridentifikasi dari 3 jenis penyebab yaitu *waiting* akibat keterlambatan bahan baku, *waiting* akibat perbaikan mesin, dan *waiting* di antara proses. Berdasarkan diagram pareto, *waste waiting* adalah *waste* yang dianggap paling signifikan sebab memiliki prosentase kejadian sebesar 56,57% dibandingkan *waste* lainnya.
 - c. *Inappropriate Processing*: *waste* ini teridentifikasi berdasarkan kesalahan proses penyepuhan yang mengakibatkan proses penyepuhan ulang atau *rework*. *Waste* ini menduduki peringkat keenam dari kategori *waste* dengan prosentase kejadian sebesar 1,55%
 - d. *Unnecessary Motion*: berdasarkan hasil identifikasi aktivitas atau proses yang tidak memiliki nilai tambah bagi produk serta peta tangan kiri dan kanan, maka *waste unnecessary motion* dianggap signifikan dengan prosentase kejadian sebesar 11,76%
 - e. *Overproduction*: *waste* jenis ini tidak ditemukan dari hasil identifikasi *waste* pada proses produksi di PT. Pindad. Hal ini dikarenakan jumlah produk yang dihasilkan perusahaan pada tahun 2013 masih kurang dari target order yang diterima.

- f. *Unnecessary Inventory*: terdapat sekitar 147 peti produk *link belt* setengah jadi dan beresiko rusak. *Waste* ini dianggap signifikan sebab memiliki prosentase sebesar 24,4% dari *waste* lainnya.
 - g. *Defect*: masih terdapat produk cacat yang dihasilkan dari proses produksi *link belt* sebesar 93.000 buah *link belt* untu total produk cacat di tahun 2013. Jika dibandingkan dengan *waste* jenis lain *waste* ini masih dianggap tidak terlalu signifikan sebab memiliki prosentase kejadian sebesar 3,1%.
2. *Waste* yang berhasil diidentifikasi dan dianggap yang paling berpengaruh serta kritis untuk segera dilakukan perbaikan berdasarkan analisis FMEA adalah *waiting* dengan nilai RPN sebesar 540, *unnecessary motion* dengan nilai RPN sebesar 267, dan *defect* dengan nilai RPN sebesar 160.
 3. *Waste* yang dianggap berpengaruh dan kritis, kemudian dicari akar penyebab masalahnya menggunakan *fishbone diagram* dengan hasil analisisnya sebagai berikut:
 - a. *Waiting*: *waste waiting* disebabkan oleh dua hal utama yaitu *waiting* akibat keterlambatan bahan baku dan *waiting* akibat perbaikan mesin. *Waiting* akibat keterlambatan bahan baku disebabkan karena tidak adanya metode tetap pemesanan bahan baku pendukung antar departemennya dan juga tidak ada pemantauan jumlah bahan baku pendukung di bagian produksi. Sedangkan untuk *waiting* akibat perbaikan mesin terjadi karena durasi pembuatan komponen mesin yang rusak cukup lama, jumlah mesin di masing-masing proses hanya sebuah, kurangnya sosialisasi mengenai kebijakan *preventive maintenance* yang baru dibentuk, dan karena faktor usia mesin tua.
 - b. *Unnecessary Motion*: *waste* ini disebabkan oleh *non value added activity*. *Unnecessary motion* akibat *non value added activity* terjadi karena *material handling* dilakukan secara manual dengan beban angkut berat yang dapat menyebabkan semakin lamanya waktu *material handling* dalam proses produksi, lingkungan kerja tidak ergonomis, dan metode proses sepuh yang menunggu terkumpulnya 3 *box* terlebih dahulu.
 - c. *Defect*: *waste* ini terjadi dikarenakan ketidaksesuaian dimensi produk dan kekerasan produk. Penyebab utama ketidaksesuaian dimensi produk ini diakibatkan oleh ketidaksempurnaan pencetakkan baja di proses pembentukan. Penggunaan mesin dop yang digunakan terus-menerus pada proses pembentukan

selama proses produksi berlangsung dapat menjadi alasan terjadinya kerusakan beberapa komponen mesin seperti pisau pembentuknya. Ketika pisau pembentuk tidak cukup tajam untuk digunakan, maka dapat berdampak pada bengkoknya *link belt* dan ukuran hasil pembentukan. Penyebab utama ketidaksesuaian kekerasan produk ini terkait komposisi material di dalam proses pengerasan baja. Ini merupakan dampak dari WIP akibat aktivitas menunggu karena keterlambatan bahan baku maupun selama proses perbaikan mesin.

4. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk mereduksi *waste* yang dianggap signifikan pada proses produksi *link belt* di PT. Pindad, yaitu:
 - a. Usulan perbaikan pertama yaitu dengan perancangan kartu *kanban*. Perancangan dilakukan baik dari desain maupun aliran *kanban* dalam perusahaan. Dengan adanya usulan perbaikan ini diharapkan dapat menurunkan waktu tunggu (*waiting*) baik *waiting time* akibat keterlambatan bahan baku, maupun akibat perbaikan mesin.
 - b. Usulan perbaikan kedua yaitu dengan penambahan fasilitas kerja berupa alat bantu angkut *trolley* yang ditujukan dapat menurunkan frekuensi operator yang sering meninggalkan aktivitas produksi sejenak karena harus melepas lelah (*fatigue*) sehingga fokus kerja jadi bertambah dan kelalaian dalam mengoperasikan mesin berkurang. Hal ini akan berdampak tidak hanya pada *waste unnecessary motion* terkait *non value added activity* tapi juga diharapkan dapat mereduksi *waste* lainnya seperti *defect* dan *waiting time*.
 - c. Usulan perbaikan ketiga yaitu dengan memberikan sebuah penanda dengan harapan dapat memudahkan operator untuk mengetahui batas usia pakai efektif komponen. Untuk menunjang pengantian secara berkala dan sebagai peringatan kepada operator, maka diberikan usulan perbaikan lainnya dengan merancang poster berisi tulisan peringatan untuk memberikan himbauan kepada karyawan untuk melakukan pergantian pisau yang ditempelkan di area produksi *link belt*.

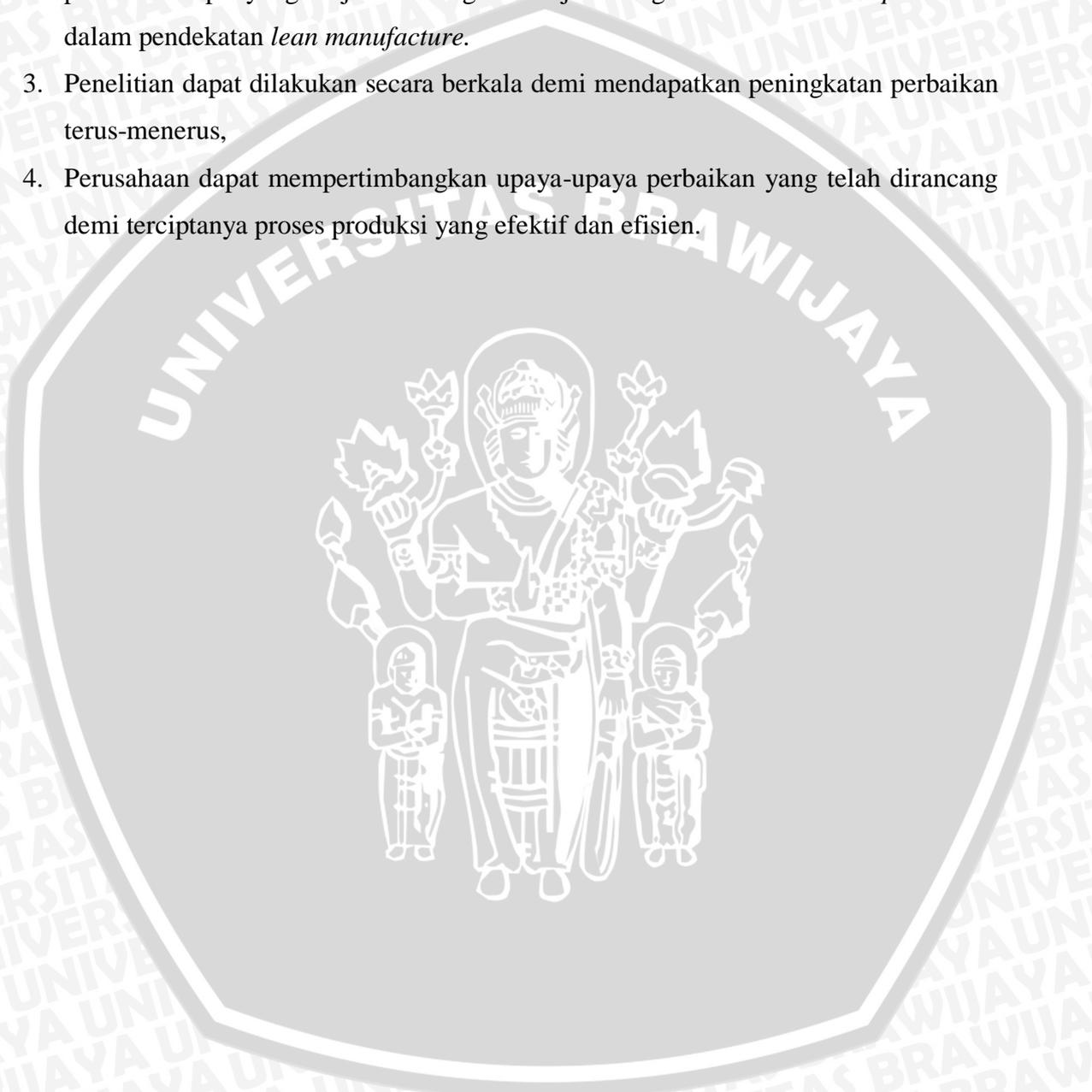
5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan bagi penelitian selanjutnya adalah:

1. Pada penelitian ini analisa akar penyebab masalah dan rekomendasi perbaikan hanya untuk *waste* yang mempunyai pengaruh signifikan, sebaiknya untuk penelitian

selanjutnya dapat diperdalam lagi sehingga dapat mencakup semua *waste* yang teridentifikasi sebelumnya.

2. Untuk penelitian selanjutnya, rekomendasi perbaikan yang telah dirancang hendaknya dapat diimplementasikan pada perusahaan sehingga terlihat secara riil perubahan apa yang terjadi sekaligus menjadi langkah *continuous improvement* dalam pendekatan *lean manufacture*.
3. Penelitian dapat dilakukan secara berkala demi mendapatkan peningkatan perbaikan terus-menerus,
4. Perusahaan dapat mempertimbangkan upaya-upaya perbaikan yang telah dirancang demi terciptanya proses produksi yang efektif dan efisien.



DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Supriyanto. 2012. *Aplikasi Metode Lean Six Sigma untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Arini, Dorothea Wahyu. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik, Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen*. Bandung: Guna Widya.
- Brue, Greg. 2002. *Six Sigma For Managers*. New York: McGraw-Hill.
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gasperz, Vincent. 2006. *Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hines, Peter, and Taylor, David. 2000. *Going Lean*. Proceeding of Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School, UK.
- Isti, Umami; Retno Astuti, dan Shyntia Atica. 2013. *Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Susu Bubuk dengan Metode Lean Six Sigma*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Marlyana, Novi. 2012. *Upaya Peningkatan Kinerja Melalui Penerapan Metode Lean Six Sigma guna Mengurangi Non Value Activities*. Fakultas Teknologi Industri UNISSULA. Surabaya.
- Monden, Yasuhiro. 2000. *Sistem Produksi Toyota*. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- Monden, Yasuhiro. 1995. *Sistem Produksi Toyota, Suatu Ancangan Terpadu untuk Penerapan Just in Time*. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- Mudjahidin, 2000. *Pembuatan Kanban dan Simulasi Sistem Produksi Just In Time untuk Multi Produk dan Multi Proses.*, Program Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Nurmianto. Eko. 2004. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya.
- Nurwidiana, Mochamad Aman. 2009. *Evaluasi Hasil Implementasi Lean Six Sigma berdasarkan Nilai COPQ Menggunakan Pendekatan FMEA*. Universitas Muhammadiyah Magelang.
- Pande, Robert, Roland. 2000. *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, And Other Top Companies Are Honing Their Performance*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

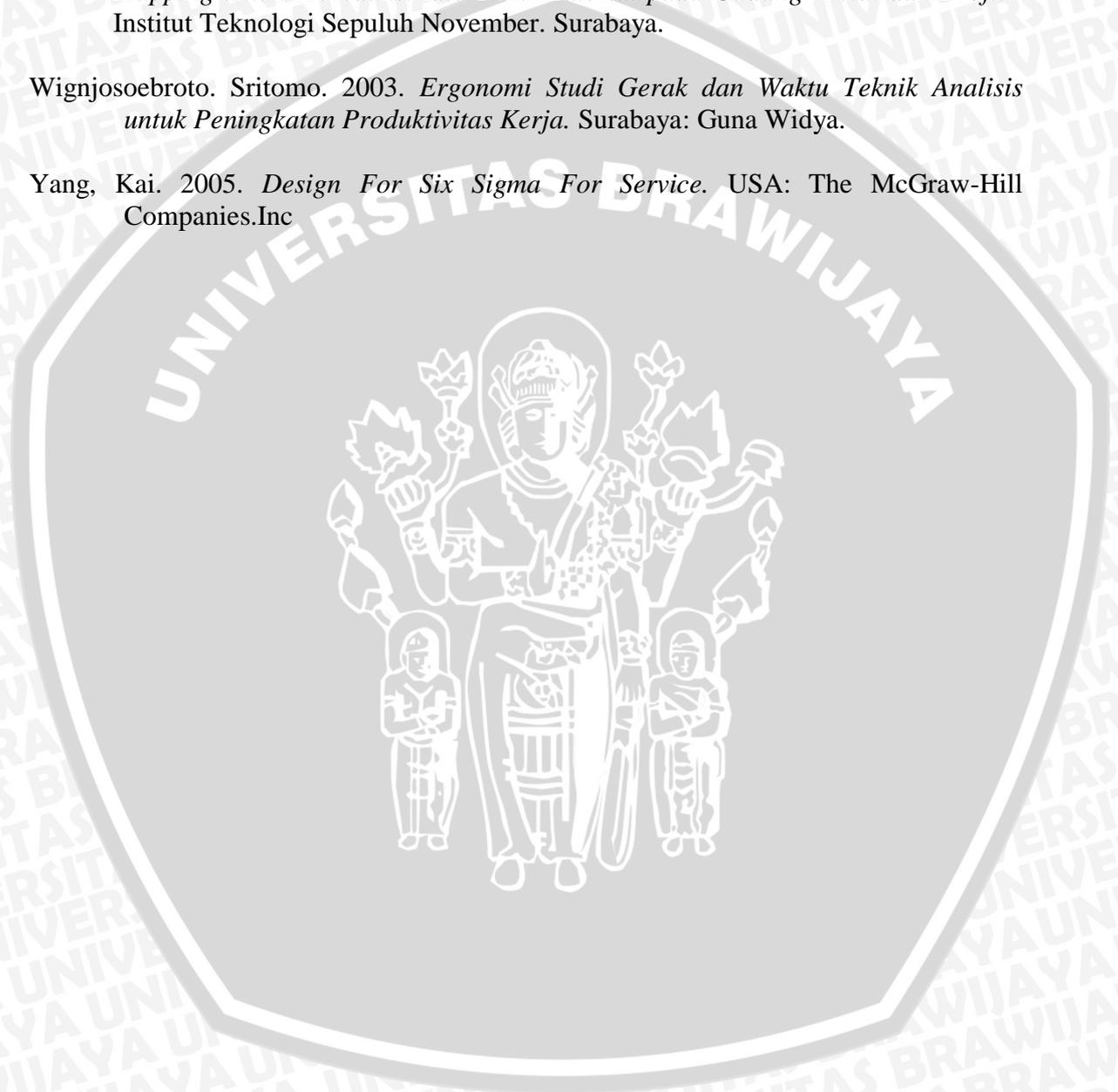
Puspita, Gita Anindya. 2011. *Penerapan Metode Lean Six Sigma dalam Mengefisienkan Jam Kerja Pegawai*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Rossaria, Wiekke. 2013. *Implementasi Metode Lean Six Sigma Sebagai Upaya Meminimasi Waste*. Universitas Brawijaya. Malang.

Wawan. 2011. *Studi Implementasi Lean Six Sigma dengan Pendekatan Value Stream Mapping untuk Mereduksi Idle Time Material pada Gudang Pelat dan Profil*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Wignjosoebroto. Sritomo. 2003. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Surabaya: Guna Widya.

Yang, Kai. 2005. *Design For Six Sigma For Service*. USA: The McGraw-Hill Companies.Inc



Lampiran 1 Data Jumlah Produksi *Link Belt* PT Pindad (Persero)

Bulan	Target	Capai	Defect
Januari	375000	428000	9073
Februari	375000	442000	11404
Maret	375000	334000	4676
April	375000	344000	5813
Mei	375000	607000	10319
Juni	375000	457000	9140
Juli	375000	444000	8436
Agustus	375000	608000	12099
September	375000	668000	22044
Okt	375000	0	-
November	375000	0	-
Desember	375000	0	-
Jumlah	4500000	4332000	93005



Lampiran 2 Downtime Mesin Produksi Link Belt PT Pindad (Persero)

BREAKDOWN MESIN LINKBELT TAHUN 2013

No.	No. Notifikasi	Deskripsi Kerusakan	Tanggal	Jam	Deskripsi	Breakdown Time (H)
1	1010001771	Perbaikan mesin onlate	29.10.2013	10:17:47	ON LATEN M.6A	3
2	1020001068	Pergantian terminal kabel dan sekun kabe	17.06.2013	14:20:51	ON LATEN M.6B	18.25
3	1010002521	Perbaikan mesin pancar pasir	20.12.2013	15:00:17	PANCAR PASIR	19
4	1010002527	Perbaikan mesin pancar pasir	20.12.2013	8:21:51	PANCAR PASIR	55.89
5	1010001517	Perbaikan mesin pancar pasir	18.09.2013	9:01:18	PANCAR PASIR	6
6	1010001505	Perbaikan mesin pancar pasir	16.09.2013	9:09:18	PANCAR PASIR	1.5
7	1020001823	Perbaikan mesin pancar pasir	04.09.2013	8:25:37	PANCAR PASIR	0
8	1010002099	Perbaikan karpet mesin sepuh (BLM TECO)	25.11.2013	8:42:34	SEPUH LINK BELT M.5	79.5
9	1010001929	Perbaikan mesin sepuh	14.11.2013	14:56:16	SEPUH LINK BELT M.5	26.08
10	1010001770	Perbaikan mesin sepuh	28.10.2013	8:32:11	SEPUH LINK BELT M.5	3.17
11	1010001762	Perbaikan mesin sepuh	28.10.2013	7:30:39	SEPUH LINK BELT M.5	1.83
12	1010001712	Perbaikan mesin sepuh	18.10.2013	8:33:13	SEPUH LINK BELT M.5	21
13	1010001676	Perbaikan mesin sepuh	10.10.2013	8:52:23	SEPUH LINK BELT M.5	3.5
14	1010001667	Perbaikan mesin sepuh	09.10.2013	10:15:09	SEPUH LINK BELT M.5	5.92
15	1010001603	Perbaikan pompa air mesin sepuh	02.10.2013	7:58:27	SEPUH LINK BELT M.5	0
16	1010001412	Perbaikan mesin sepuh DAL M 05	06.05.2013	7:26:47	SEPUH LINK BELT M.5	20.06
17	1010001531	Perbaikan mesin sepuh borel M5	01.05.2013	13:00:00	SEPUH LINK BELT M.5	
18	1010001532	Perbaikan mesin sepuh borel M5	26.04.2013	10:00:00	SEPUH LINK BELT M.5	
19	1010001302	Control regulator thermokopel macet	05.04.2013	9:58:34	SEPUH LINK BELT M.5	
20	1010001770	Rekondisi mesin sepuh	27.03.2013	8:44:09	SEPUH LINK BELT M.5	
21	1010001770	Perbaikan mesin sepuh	21.03.2013	7:27:45	SEPUH LINK BELT M.5	
Total						264.7