



TUGAS AKHIR – TI 141501

**REDUKSI WASTE PADA PROSES PRODUKSI *HOLLOW GALVALUME* DENGAN PENDEKATAN *LEAN PRODUCTION*.
(STUDI KASUS: PT. X)**

LUDWIG NATHANAEL ARIADI
NRP 2512 100 112

Dosen Pembimbing
Prof. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.RegSc., Ph.D., IPU
NIP : 195908171987031002

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



FINAL PROJECT – TI 141501

**REDUCTION OF WASTE IN PRODUCTION PROCESS OF
HOLLOW GALVALUME WITH LEAN PRODUCTION.
(CASE STUDY: PT. X)**

LUDWIG NATHANAEL ARIADI
NRP 2512 100 112

Supervisor

Prof. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.RegSc., Ph.D., IPU
NIP : 195908171987031002

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

LEMBAR PENGESAHAN

REDUKSI *WASTE* PADA PROSES PRODUKSI *HOLLOW GALVALUME* DENGAN PENDEKATAN *LEAN PRODUCTION*. (STUDI KASUS: PT. X)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

LUDWIG NATHANAEL ARIADI

NRP 2512 100 112

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
Surabaya, April 2016



Prof. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.RegSc., Ph.D., IPU
NIP : 195908171987031002

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan

**REDUKSI WASTE PADA PROSES PRODUKSI *HOLLOW GALVALUME* DENGAN PENDEKATAN *LEAN PRODUCTION*.
(STUDI KASUS: PT. X)**

Nama : Ludwig Nathanael Ariadi
NRP : 2512100112
Jurusan : Teknik Industri ITS
Pembimbing : Prof. Moses Laksono Singgih, M.Sc.,
M.RegSc., Ph.D., IPU

ABSTRAK

PT. X merupakan perusahaan manufaktur produk olahan baja. Produk yang memiliki omset tertinggi pada PT. X adalah rangka *hollow galvalume* SQ 1535. Namun pada proses produksinya tampak pemborosan berupa *defect*, *over-processing*, dan *waiting*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *waste* kritis, penyebab terjadinya, dan memberikan usulan perbaikan. Pemborosan yang ada diidentifikasi dampaknya dari segi *financial*. Dengan pendekatan *lean production*, dilakukan perbaikan yang dimulai dengan mencari akar penyebabnya terlebih dahulu. RCA dengan metode *5 why* digunakan untuk mencari akar permasalahan. *Waste* kritis yang teridentifikasi adalah *waiting*, *over-processing*, dan *defect*. Akar penyebab yang didapat diantaranya: tenaga kerja kurang ahli melakukan *set-up* mesin *roll forming*, tenaga kerja menghentikan mesin untuk meletakkan pengganjal pada tumpukan produk jadi, tenaga kerja sedang melakukan proses *packing*, *crane* untuk mengangkat pita sedang digunakan pada mesin produksi yang lain atau bongkar muat, berhentinya aliran batang pada mesin *roll forming* setiap panjang batang mencapai empat meter, aktivitas memindahkan batang yang bisa dilakukan oleh satu orang dilakukan oleh dua orang. Usulan perbaikan yang disesuaikan dari akar permasalahan adalah aplikasi penadah *hollow galvalume*, *moving slicer*, SMED, pelatihan *set-up* mesin *roll forming*. Dengan usulan perbaikan tersebut *lead time* produksi berkurang dan pendapatan PT. X akan meningkat.

Kata Kunci : *Lean Production*, *Waste*, VSM, RCA, SMED

Halaman ini sengaja dikosongkan

**REDUCTION OF WASTE IN PRODUCTION PROCESS OF
HOLLOW GALVALUME WITH LEAN PRODUCTION.
(CASE STUDY: PT. X)**

Name : Ludwig Nathanael Ariadi
NRP : 2512100112
Department : Teknik Industri ITS
Supervisor : Prof. Moses Laksono Singgih, M.Sc.,
M.RegSc., Ph.D., IPU

ABSTRACT

PT. X is a manufacturing company which produce metal forming products. The product with biggest profit in PT. X is hollow galvalume SQ 1535. However, there are some kind of waste happen such as defect, over processing, waiting. The objective of this reasearch are identifying critical waste, knowing the cause of waste, make an improvement. With *lean* production, the improvement was designed, with searching the root cause before. 5 why was used to search the root cause. The critical waste are waiting, over-processing, dan defect. The cause of this waste is the labor less expert doing set up roll forming machine, worker stop the machine to put a barrier in the finish product's heap, the worker is doing packing process, crane which used to lift the tape is being use for the other production machine or unloading and loading, the cessation of galvalume bar flow in roll forming machine any length reach 4 metre, moving galvalume bar activity which is possible to do with one person done by two person. Improvement proposal which designed is hollow galvalume fences application, moving slicer application, SMED application, and roll forming machine's set up training which With this improvement suggestion, lead time production can be reduced.

Keywords: lean production, waste, VSM, RCA, SMED

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Industri dengan judul : “Reduksi *Waste* Pada Proses Produksi *Hollow Galvalume* Dengan Pendekatan *Lean Production* ” di PT. X. Tugas Akhir ini penulis dedikasikan kepada PT. X, karena telah memberikan penulis kesempatan untuk melakukan penelitian.

Selama pelaksanaan serta penyusunan laporan Tugas Akhir, banyak bantuan yang telah diterima oleh penulis. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan banya terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.RegSc., Ph.D., IPU selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah sabar sekali membimbing dan mendukung penulis selama pengerjaan Tugas Akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Yulianto, Bapak Putra, Bapak Riki, Bapak Stefanus Dinoto dari PT. X, yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan pengamatan.
3. Kedua orang tua, Papa dan Mama yang penulis cintai, Junus Ariadi dan Ratna Rusmiati. Yang mana selalu memberikan motivasi, semangat, serta doa untuk kesuksesan penulis. Kakak dan adik penulis, Silvester Jehan, Alexander Kynan yang juga memberikan nasihat, semangat, dan dukungan.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi PT. X dan dunia teknik industri.

Surabaya, Januari 2017

Ludwig Nathanael Ariadi

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Waste</i>	7
2.2 <i>Lean Thinking</i>	8
2.3 <i>Value Stream Mapping</i>	10
2.4 <i>Root Cause Analysis (RCA)</i>	11
2.5 <i>Single Minute Exchange Of Dies (SMED)</i>	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Flowchart Metodologi Penelitian	13
3.2 Tahap Identifikasi	14

3.2.1 Perumusan Masalah dan Tujuan.....	15
3.2.2 Studi Pustaka dan Lapangan.....	15
3.3 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	15
3.3.1 Identifikasi Kondisi <i>Existing</i>	15
3.3.2 Identifikasi <i>Waste</i>	16
3.3.3 Penentuan <i>Waste</i> Kritis.....	16
3.4 Tahap Analisa dan Perbaikan	16
3.4.1 <i>Root Cause Analyze</i>	16
3.4.2 <i>Improvement</i>	16
3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran.....	16
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	17
4.1 Gambaran Perusahaan	17
4.1.1 Profil Perusahaan.....	17
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan	17
4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan.....	18
4.2 Gambaran Produk.....	21
4.3 Proses Produksi <i>Hollow Galvalume</i>	21
4.3.1 Proses <i>Slitting</i>	21
4.3.2 Proses <i>Roll Forming</i>	25
4.4 Pendefinisian Objek Amatan	26
4.5 <i>Current State Value Stream Mapping</i>	27
4.6 <i>Activity Classification</i>	29
4.7 <i>Waste Identification</i>	32
4.7.1 <i>Defect</i>	32
4.7.2 <i>Over-production</i>	33
4.7.3 <i>Waiting</i>	33

4.7.4 <i>Transportation</i>	33
4.7.5 <i>Inventory</i>	34
4.7.6 <i>Motion</i>	34
4.7.7 <i>Over-processing</i>	35
4.8 <i>Waste Measurement</i>	36
4.8.1 <i>Defect</i>	36
4.8.2 <i>Waiting</i>	37
4.8.3 <i>Over-processing</i>	37
4.9 <i>Penentuan Waste Kritis</i>	38
4.9.1 <i>Financial Waste</i>	38
4.9.2 <i>Pembobotan Waste (Metode Borda)</i>	38
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA	41
5.1 <i>Root Cause Analysis</i>	41
5.2 <i>Improvement</i>	42
5.2.1 <i>Identifikasi Usulan Perbaikan</i>	43
5.2.2 <i>Analisa Usulan Perbaikan</i>	51
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	57
6.1 <i>Kesimpulan</i>	57
6.2 <i>Saran</i>	58
DAFTAR PUSTAKA	59

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh Produk <i>Defect</i> Pada <i>Hollow Galvalume SQ</i>	2
Gambar 1.2 Aktivitas Menata Batang pada Proses <i>Roll Forming</i>	4
Gambar 2.1 Contoh <i>Value Stream Map</i>	11
Gambar 2.2 Simbol <i>Value Stream Map</i>	11
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	13
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT.X	18
Gambar 4.2 <i>Hollow Galvalume SQ</i>	21
Gambar 4.3 <i>Coil Galvalume</i>	22
Gambar 4.4 Mesin <i>Crane</i> Pengangkut <i>Coil</i>	22
Gambar 4.5 Mesin <i>Slitting</i>	23
Gambar 4.6 Pisau Mesin <i>Slitting</i>	24
Gambar 4.7 Pita <i>Galvalume</i>	24
Gambar 4.8 Mesin <i>Roll Forming</i>	25
Gambar 4.9 OPC <i>Hollow Galvalume SQ PT.X</i>	26
Gambar 4.10 VSM <i>Current State</i> Produksi <i>Hollow Galvalume SQ PT. X</i>	28
Gambar 4.11 Aktivitas Menata Batang pada Proses <i>Roll Forming</i>	35
Gambar 5.1 Aktivitas Mengambil Batang <i>Hollow Galvalume</i>	44
Gambar 5.2 Desain Penadah <i>Hollow Galvalume</i>	45
Gambar 5.3 <i>Existing Slicer</i>	47
Gambar 5.4 <i>Moving Slicer</i>	48
Gambar 5.5 VSM <i>Current State</i> Produksi <i>Hollow Galvalume SQ PT. X</i>	53
Gambar 5.6 VSM <i>Future State</i> Produksi <i>Hollow Galvalume SQ PT. X</i>	54

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Omset <i>Best Ten Product</i> Tahun 2011-2015	1
Tabel 1.2 Jumlah Produksi, <i>Defect</i> , dan Kerugian Akibat <i>Defect</i>	3
Tabel 1.3 <i>Downtime</i> dan Kerugiannya Selama 5 Periode Produksi.....	3
Tabel 4.1 <i>Activity Classification</i> Proses Transportasi <i>Coil</i> ke Mesin <i>Slitting</i>	29
Tabel 4.2 <i>Activity Classification</i> Proses Set-up Mesin <i>Slitting</i>	29
Tabel 4.3 <i>Activity Classification</i> Proses <i>Slitting</i>	30
Tabel 4.4 <i>Activity Classification</i> Proses Transportasi Pita ke Inventori	30
Tabel 4.5 <i>Activity Classification</i> Proses Set-up Mesin <i>Roll Forming</i>	31
Tabel 4.6 <i>Activity Classification</i> Proses <i>Roll Forming</i>	31
Tabel 4.7 <i>Activity Classification</i> Proses <i>Packing</i>	31
Tabel 4.8 Jumlah Produksi, <i>Defect</i> , dan Kerugian Akibat <i>Defect</i>	32
Tabel 4.9 <i>Downtime</i> dan Kerugiannya Selama 5 Periode Produksi.....	33
Tabel 4.10 Jumlah Produksi, <i>Defect</i> , dan Kerugian Akibat <i>Defect</i>	36
Tabel 4.11 <i>Downtime</i> dan Kerugiannya Selama 5 Periode Produksi.....	37
Tabel 4.12 Kerugian Financial dari <i>Waste waiting</i> , <i>over-processing</i> , dan <i>defect</i> ..	38
Tabel 4.13 Hasil Rekap Kuisisioner Peringkat Pemborosan	39
Tabel 4.14 Pembobotan dengan Metode Borda	40
Tabel 5.1 5 <i>Why Waste Defect</i>	41
Tabel 5.2 5 <i>Why Waste Waiting</i>	42
Tabel 5.3 5 <i>Why Waste Over-processing</i>	42
Tabel 5.4 Usulan Perbaikan Dari Akar Penyebab.....	43
Tabel 5.5 Klasifikasi Aktivitas Internal Eksternal Proses <i>Set-up Roll Forming</i> ...	49
Tabel 5.6 Klasifikasi Perbaikan Aktivitas Internal Eksternal Proses <i>Set-up Roll Forming</i>	50
Tabel 5.7 Perbandingan Biaya Investasi dengan Manfaat Finansial	52

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini dipaparkan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

PT. X merupakan perusahaan manufaktur dan *supplier* produk olahan baja dan non baja (aluminium, *stainless steell*, kuningan, tembaga, dll). Salah satu produk yang dari PT. X adalah rangka *hollow galvalume* yaitu sebuah rangka dengan pelapisan unsur aluminium dan zinc. Material ini digunakan sebagai salah satu bentuk dari partisi (biasa disebut dengan sekat) dan pembuatan rangka *plafond*. Kelebihan *hollow galvalume* adalah: tahan karat, tahan rayap, dan pemasangan lebih cepat. *Hollow galvalume* merupakan material yang memiliki banyak kelebihan sehingga tingkat permintaan *hollow galvalume* cenderung tinggi, hal ini dibuktikan dengan banyaknya distributor *hollow galvalume* di Indonesia. Disamping itu, *hollow galvalume* merupakan jenis produk dengan variasi yang tinggi karena memiliki panjang, lebar, dan tebal yang disesuaikan dengan permintaan. *Hollow galvalume* merupakan produk unggulan dari PT. X. Hal ini ditunjukkan dengan data sepuluh besar produk dengan omset tertinggi selama lima tahun terakhir.

Tabel 1.1 Omset *Best Ten Product* Tahun 2011-2015
(Sumber: PT. X)

No.	Barang	Omzet (dalam Milyar Rupiah)				
		2011	2012	2013	2014	2015
1	HOLLOW SQ 15X35MM PJ. 4 M	16,789	18,825	22,007	19,21	12,543
2	GYPSUM BOARD GYPROC UK.9MMX1,2MX2,4M	11,625	11,256	9,773	24,799	10,945
3	DI DECK 0,75 LEBAR 1M	0,596	10,981	11,665	15,255	15,472
4	HOLLOW SQ 35X35MM PJ.4 M	7,895	8,727	10,181	8,872	6,687
5	KAB STEEL C-7575 PJ. 6 MTR	3,592	5,205	4,275	2,724	6,007
6	UNGGUL DECK SE5/750 0,30MM AZ-100	0,141	1,782	4,466	5,544	7,281

Tabel 1.1 Omset *Best Ten Product* Tahun 2011-2015 (lanjutan)

No.	Barang	Omzet (dalam Milyar Rupiah)				
		2011	2012	2013	2014	2015
7	UNGGUL DECK SE5/750 0,35MM AZ-100	0,133	2,524	3,701	4,468	4,711
8	HOLLOW ZAC 18X38MM EXCELLENCE PJ.4 M	3,486	2,536	2,609	3,003	3,636
9	UNGGUL DECK SE5/750 0,40MM AZ-100	0,177	3,042	3,609	2,582	4,193
10	JILUMESH STEEL GR-50080 NEW (1.2X2.4M)	2,322	3,54	2,526	3,322	1,819

Berdasarkan data diatas, terlihat bahwa produk Hollow SQ 15X35MM PJ. 4 M (disingkat Hollow SQ1535) merupakan produk dengan omzet terbesar. Namun disisi lain, menurut manajer perencanaan produksi, produk ini merupakan produk dengan *defect* tertinggi dan memiliki pemborosan waktu khususnya pada proses *roll forming*.

Pada penelitian ini dilakukan *lean production* untuk meningkatkan produktivitas. Konsep dari *lean* adalah mengeliminasi pemborosan atau *waste* yang ada. Berikut adalah gambar dari contoh produk yang *defect*.



Gambar 1.1 Contoh Produk *Defect* Pada *Hollow Galvalume SQ*
(Sumber: PT. X)

Defect yang terjadi adalah batang tidak terbentuk dengan sempurna. Hal tersebut menimbulkan kerugian sebab tidak bisa dilakukan *rework* dan langsung

dibuang. Berikut adalah data *defect* dari beberapa periode beserta estimasi nilai kerugiannya.

Tabel 1.2 Jumlah Produksi, *Defect*, dan Kerugian Akibat *Defect*

Periode	Jumlah Produksi (batang)	Jumlah <i>Defect</i> (batang)	Persentase <i>Defect</i>	Kerugian
1	79784	5729	7,18%	Rp68.748.460
2	74019	4089	5,52%	Rp49.062.266
3	84631	7006	8,28%	Rp84.072.267
4	85090	8388	9,86%	Rp100.653.409
5	83967	6821	8,12%	Rp81.849.240
Total	407491	32032	38,96%	Rp384.385.643
Rata-rata	81498,2	6406	7,79%	Rp76.877.129

Rata-rata kerugian karena *defect* adalah Rp76.877.129 per-bulan. Selain *defect*, terdapat beberapa *waste waiting* pada proses produksi *hollow galvalume SQ*. *Waiting* adalah jenis pemborosan yang terjadi karena *downtime*. *Waiting* pada produksi *hollow galvalume SQ* terjadi pada mesin *roll forming*. Berikut adalah data *downtime* pada lima periode.

Tabel 1.3 *Downtime* dan Kerugiannya Selama 5 Periode Produksi

Periode	<i>Downtime</i> (detik)	Waktu Operasi (detik)	Persentase <i>Downtime</i>	Jumlah Batang Jika Memanfaatkan <i>Downtime</i>	Kerugian
1	254428	1890000	13,46%	12411	Rp148.933.463
2	372600	1890000	19,71%	18176	Rp218.107.463
3	155065	1890000	8,20%	7564	Rp90.769.463
4	145655	1890000	7,71%	7105	Rp85.261.463
5	168677	1890000	8,92%	8228	Rp98.737.463
Total	1096424	9450000	-	53484	Rp641.809.317
<i>Average</i>	219285	1890000	12%	10697	Rp128.361.863

Rata-rata kerugian karena *defect* adalah Rp128.361.863 per-bulan. Kemudian juga terdapat *waste over-processing* berupa pemborosan tenaga pada proses *roll forming*. Pada proses ini terdapat tiga mesin dimana masing-masing

ditangani oleh dua tenaga kerja. Pemborosan tampak karena proses *set-up* dapat dilakukan oleh satu orang saja dan juga pekerja hanya bertugas menata batang yang telah terpotong pada tatakan di dekat mesin setelah proses *set-up*. Proses menata batang tersebut seharusnya dapat dikerjakan oleh satu orang saja. Berikut adalah gambar aktivitas menata batang.



Gambar 1.2 Aktivitas Menata Batang pada Proses Roll Forming (Sumber PT. X)

Gaji untuk satu tenaga kerja adalah Rp3.045.000 sementara jumlah mesin yang digunakan adalah tiga. Maka pemborosan yang dihasilkan sebesar Rp9.135.000. Dari permasalahan –permasalahan tersebut maka perlu dilakukan proses perbaikan dengan pendekatan *lean production* sehingga *waste* pada produksi *hollow galvalume SQ* di PT. X dapat tereduksi dan produktivitas bisa meningkat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah bagaimana cara mereduksi *waste* yang terjadi selama proses produksi *hollow galvalume SQ* dengan menerapkan *lean production*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi *hollow galvalume SQ 1535* pada PT. X.
2. Mengetahui penyebab terjadinya *waste*.
3. Memberikan usulan perbaikan pada perusahaan untuk mereduksi *waste*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diperoleh dari pengerjaan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat mengetahui *waste* apa saja yang terjadi selama proses produksi *hollow galvalume SQ*.
2. Memberikan alternatif bagi perusahaan untuk meningkatkan produktivitas proses produksi *hollow galvalume SQ*.
3. Perusahaan dapat mereduksi *waste* yang terjadi pada proses produksi *hollow galvalume SQ*.
4. Perusahaan mendapatkan evaluasi proses produksi *hollow galvalume SQ*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Batasan:
 - Penelitian difokuskan pada proses produksi *hollow galvalume SQ 1535*.
 - Data yang digunakan adalah data sekunder selama 5 bulan produksi.
2. Asumsi:
 - Aliran proses produksi tidak berubah selama penelitian berlangsung.

1.6 Sistematika Penulisan

Bab-bab yang akan dikaji dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

- Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang penulisan tugas akhir, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan yang akan digunakan dalam penyusunan tugas akhir.

- Bab II Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka berisi landasan metode dan konsep yang digunakan sebagai pemecahan masalah yang ada dalam penelitian.

- Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi urutan langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian beserta beberapa penjelasan serta pemilihan metode yang akan digunakan dan dapat dilihat dalam bentuk diagram alir (*flowchart*).

- Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini berisi data yang didapatkan selama penelitian yang berkaitan analisa proses dan kinerja untuk kemudian diolah sehingga dapat dilakukan analisa dan interpretasi pada bab selanjutnya.

- Bab V Analisis dan Interpretasi Data

Bab ini berisi tentang analisa dan interpretasi dari hasil pengolahan data dari bab sebelumnya, sehingga pada akhir laporan ini dapat ditarik kesimpulan mengenai permasalahan yang diteliti.

- Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran-saran yang berguna untuk penelitian yang berhubungan di masa yang akan datang maupun pihak lain yang berkepentingan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai teori, metode, dan konsep yang akan digunakan sebagai landasan dalam pengerjaan tugas akhir. Tinjauan pustaka tersebut meliputi *waste, lean thinking, value stream mapping, RCA, SMED*.

2.1 Waste

Waste adalah pemborosan yang terjadi pada proses manufaktur ataupun jasa. Menurut (Gasperz, 2006) dalam buku “*Continuous Cost Reduction Through Lean Sigma Approach*” terdapat tujuh *waste* yang dapat diidentifikasi. Jenis-jenis *waste* tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Defects*

Jenis pemborosan yang terjadi karena kecacatan atau kegagalan produk setelah melalui suatu proses. Berhubungan dengan masalah kualitas produk atau rendahnya performansi pengiriman.

2. *Over-production*

Jenis pemborosan yang terjadi karena produksi berlebih dari kuantitas yang dipesan oleh pelanggan. Memproduksi lebih dari yang dibutuhkan dan adanya stok merupakan *waste* kategori ini. Pada *waste* ini, bahan mentah dan sumberdaya lain telah dipergunakan tetapi tidak ada permintaan yang harus dipenuhi.

3. *Waiting*

Jenis pemborosan yang terjadi karena menunggu. Salah satu penyebabnya adalah karena terjadi *bottleneck* pada suatu mesin sehingga mesin berikutnya yang digunakan untuk proses harus menunggu produk dari mesin sebelumnya.

4. *Transportation*

Jenis pemborosan yang meliputi pemindahan material yang terlalu sering dan penundaan pergerakan material. Salah satu penyebab dari transport yang berlebih adalah *layout* pabrik yang belum optimal.

5. *Inventory*

Jenis pemborosan yang terjadi karena *inventory* yang berlebihan. Hal ini selain boros dalam hal tempat juga akan terjadi pemborosan karena penurunan nilai barang yang disimpan.

6. *Motion*

Jenis pemborosan yang terjadi karena banyaknya pergerakan dari yang seharusnya. Pergerakan merupakan *waste* karena perpindahan material atau orang tidak menambah nilai kepada produk.

7. *Over-processing*

Jenis pemborosan yang terjadi karena langkah-langkah proses yang panjang dari yang seharusnya sepanjang proses *value stream*. *Waste* kategori ini meliputi proses atau prosedur yang tidak perlu, pengerjaan pada produk tetapi tidak menambah nilai dari produk itu sendiri.

2.2 *Lean Thinking*

Lean merupakan sebuah konsep pemikiran dengan tujuan memaksimalkan *value added* dengan meminimalkan *non-value added*. *Lean* berusaha mengoptimalkan aliran produk dalam *value stream* mulai dari *supplier*, perusahaan, hingga ke konsumen. Di dalam setiap aliran proses umumnya terjadi *waste (non-value added)*. Untuk itu, *Lean* memiliki tujuan untuk mengeliminasi *waste* yang timbul di sepanjang proses. Prinsip mendasar dalam eliminasi *waste* menurut konsep *Lean thinking* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan apa yang dapat dan tidak dapat menciptakan nilai dipandang dari perspektif konsumen.
2. Mengidentifikasi keseluruhan langkah yang perlu untuk mendesain, memesan, dan memproduksi produk berdasarkan keseluruhan *value stream* untuk mengetahui *waste* yang tidak memiliki nilai tambah.
3. Melaksanakan langkah yang memberi nilai tambah terhadap *value stream* tanpa jeda, aliran balik, menunggu, maupun cacat.
4. Hanya membuat apa yang diinginkan konsumen.
5. Mengusahakan kesempurnaan melalui penanganan *waste* secara berlanjut. (Hines, 2000).

Lean merupakan eliminasi waste yang sistematis di mana metode ini berfokus pada bagaimana cara *meleankan* aktivitas produksi. Metode ini juga telah berhasil diterapkan pada aktivitas *engineering* dan administratif dengan baik pada beberapa perusahaan di Jepang. Dalam *lean* juga dikenal istilah 3M yang berasal dari bahasa Jepang yaitu Muda (*waste*), Mura (*inconsistency*) dan Muri (*unreasonableness*). Untuk Muda atau *waste* yang dimaksud adalah *waiting, correction, motion, over-production, conveyance, inventory, dan over-processing*. (Womack et al., 2007).

Selanjutnya, Mura yaitu in-konsistensi proses yang akan sangat mempengaruhi hasil akhirnya karena antara proses dan hasil memiliki hubungan yang erat. Tingginya in-konsistensi akan meningkatkan variansi dan menurunkan kualitas. Mura mencakup semua aktivitas manufaktur mulai dari proses *material handling, engineering, dan management*. Ilustrasi dari Mura terlihat pada gambar 2.2 (Womack et al, 2007).

Yang terakhir, Muri atau *unreasonableness*. Menurut Womack et al (2007) Muri biasa terjadi di setiap perusahaan, yaitu menyalahkan seseorang ketika terjadi suatu masalah. Hal tersebut tidak seharusnya terjadi, karena, jika suatu masalah terjadi, maka hal terbaik yang dilakukan adalah mencari jalan keluar dari masalah tersebut. Jalan keluar terbaik adalah dengan tidak menyalahkan suatu pihak ketika terjadi suatu permasalahan. Untuk menerapkan budaya baru dalam menyikapi paradigma saling menyalahkan, terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan, yaitu :

- Melihat permasalahan sebagai peluang
- Melakukan kesalahan merupakan hal biasa
- Permasalahan terekspos karena meningkatnya kepercayaan
- Manusia bukan masalah, manusia adalah *problem solver*
- Penekanan terletak pada menemukan solusi daripada “siapa yang melakukannya”

Womack et al. (2007) mendefinisikan *lean* merupakan cara yang dilakukan oleh perusahaan untuk dapat mengurangi:

1. Setengah dari pekerjaan di perusahaan.

2. *Defect* pada *finish product* hingga 50%
3. Sepertiga jam dari *engineering effort*.
4. Lahan yang digunakan hingga setengah dari lahan yang ada untuk jumlah output yang sama.
5. Sepersepuluh atau kurang untuk *inventory* WIP.

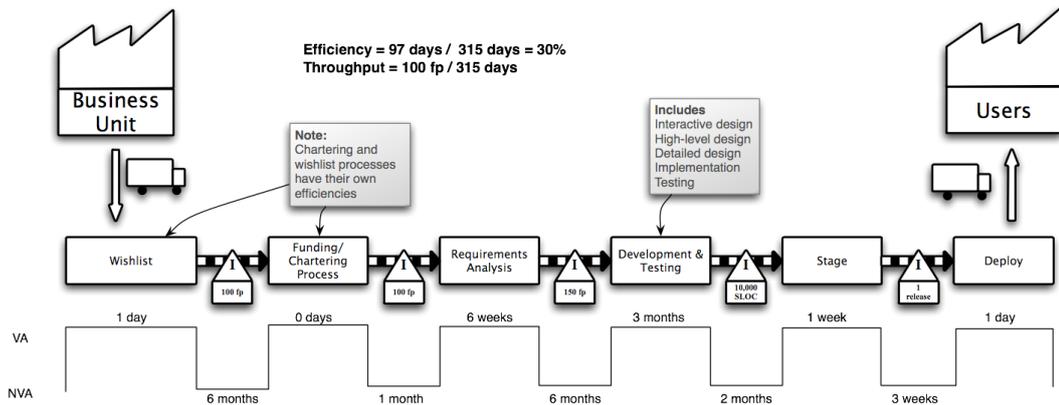
2.3 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) merupakan sebuah metode untuk menggambarkan proses untuk memahami alur proses dan aktifitas yang digunakan untuk memproduksi sebuah produk. Menurut Apel, W. (2007) *Value Stream Map* merupakan gambaran visual di mana *waste* terjadi pada proses. VSM biasanya digunakan untuk menilai proses manufaktur saat ini dan untuk membuatnya lebih ideal pada *future state*. VSM memudahkan dilakukannya identifikasi terhadap aktifitas *value added* dan *non value added*, peluang-peluang peningkatan efisiensi dan improvisasi yang bisa dilakukan terhadap proses. Metode ini juga disebut sebagai "*material and information flow mapping*".

Terdapat lima langkah dalam penyusunan VSM, yaitu:

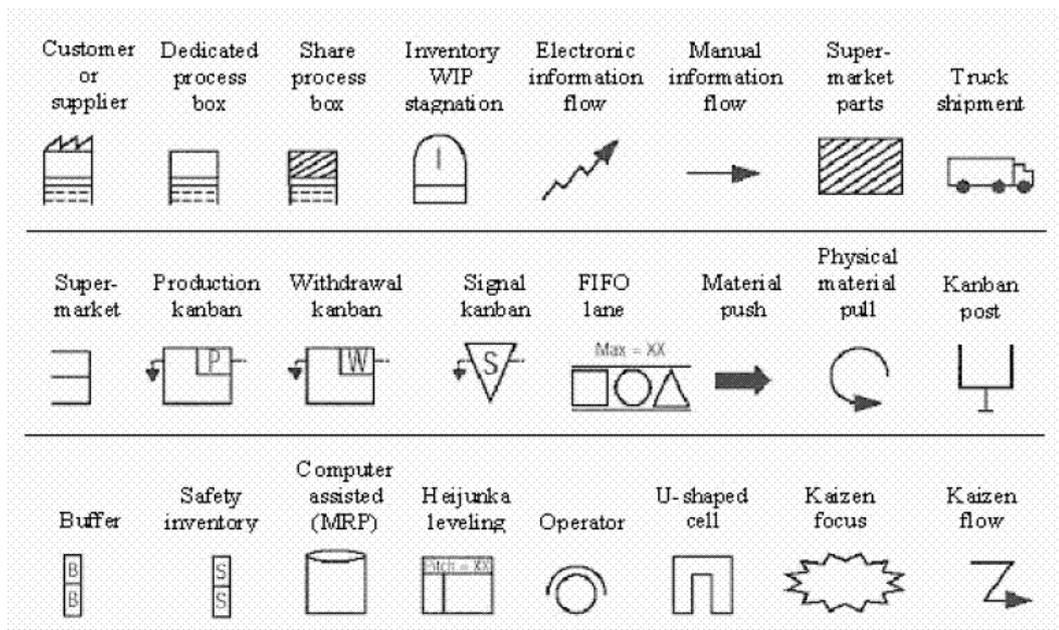
1. Identifikasi produk
2. Membuat *current state* VSM
3. Evaluasi *curren state map*, identifikasi permasalahan
4. Membuat *future state* VSM
5. Implementasi *final plan*

Berikut adalah contoh dari *value stream mapping*.



Gambar 2.1 Contoh Value Stream Map

VSM memiliki beberapa simbol dengan arti tertentu, berikut adalah penjelasan dari simbol-simbol tersebut.



Gambar 2.2 Simbol Value Stream Map

2.4 Root Cause Analysis (RCA)

Menurut Atagoren, C. dan O. Chouseinoglou (2014) *Root Cause Analysis* dan *fishbone (cause and effect) diagram* pada umumnya digunakan untuk mengidentifikasi alasan yang mungkin (*root cause*) dari situasi dan permasalahan yang spesifik, fokus kepada Keyakinan bahwa *defect* akan dapat terselesaikan dengan usaha yang tepat atau menghilangkan *root cause*.

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

2.5 Single Minute Exchange Of Dies (SMED)

Changeover time atau *set-up time* adalah total waktu yang berlalu antar unit terakhir dari produksi yang berjalan sebelumnya pada kondisi *full* efisiensi hingga menghasilkan satu unit produk dari produksi yang baru dalam kondisi *full* efisiensi. Manfaat dari perbaikan proses *set-up* adalah kualitas yang lebih baik, pengeluaran berkurang, inventori berkurang, fleksibilitas meningkat, utilisasi pekerja meningkat, *lead time* berkurang, kapasitas bertambah, *variability peocess* berkurang. SMED adalah metode mengubah *process tooling* dalam sembilan menit atau kurang. Proses ini dikembangkan oleh Shigeo Shingo pada Mazda, Mitsubishi, dan Toyota tahun 1950 dan 1960. Inti dari SMED adalah mengubah aktivitas *set-up* internal menjadi aktivitas *set-up* eksternal.

Aktivitas *set-up* internal adalah elemen dalam *changeover* yang hanya bisa dilakukan saat mesin berhenti. Sementara aktivitas *set-up* eksternal adalah elemen dalam *changeover* yang dilakukan saat mesin berjalan. Langkah dari SMED adalah:

1. Mengklasifikasikan aktivitas internal dan eksternal.
2. Mengubah aktivitas internal menjadi aktivitas eksternal.
3. Mempersingkat waktu semua aktivitas.
4. Mendokumentasikan prosedur aktivitas internal dan eksternal.

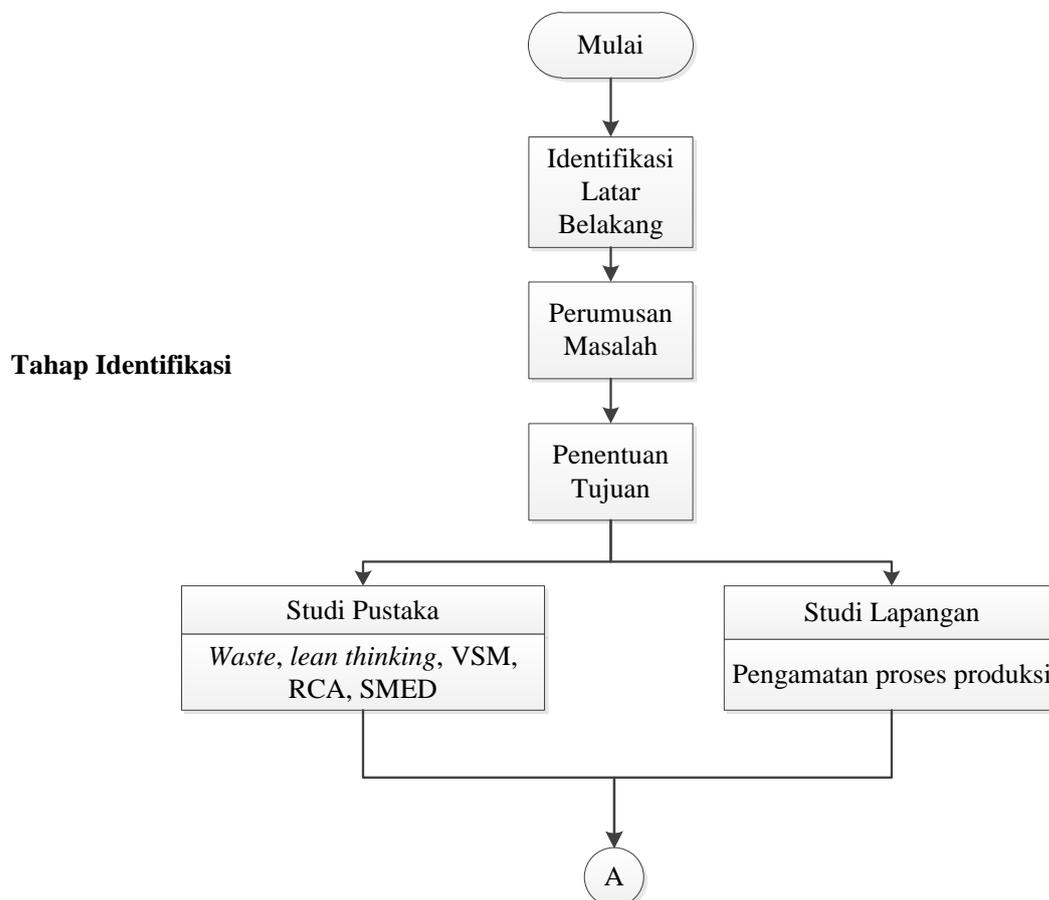
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

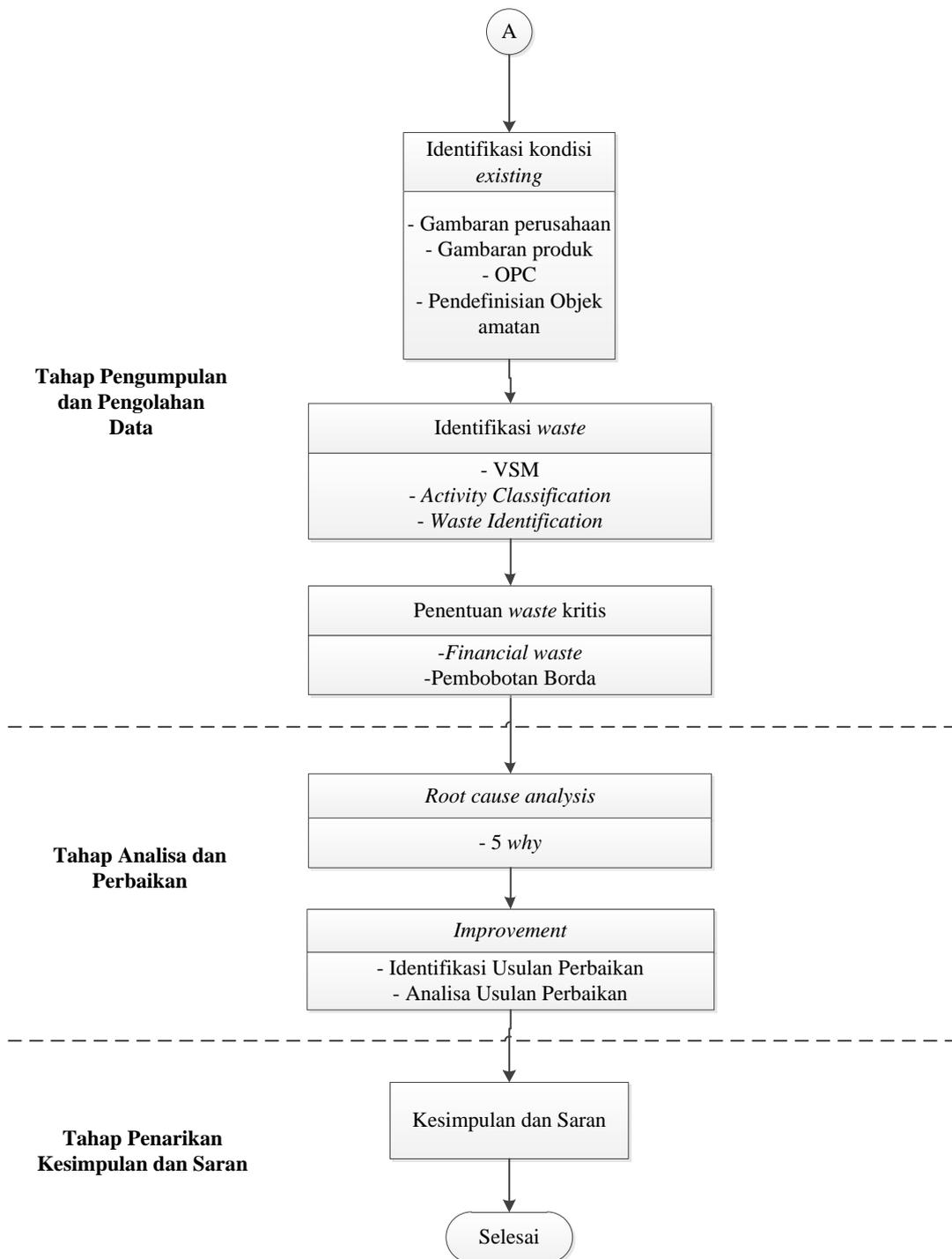
Pada bab ini akan disajikan serta dijelaskan mengenai *flowchart* penelitian tugas akhir. Penelitian dibagi kedalam beberapa tahapan. Tahapan tersebut meliputi: identifikasi permasalahan, pengumpulan dan pengolahan data, analisa dan perbaikan, penarikan kesimpulan dan saran.

3.1 Flowchart Metodologi Penelitian

Berikut adalah *flowchart* dari penelitian tugas akhir.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian (lanjutan)

3.2 Tahap Identifikasi

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap objek amatan dalam penelitian tugas akhir ini. Identifikasi tersebut berguna untuk mencari

permasalahan-permasalahan apa yang terjadi pada objek amatan serta menentukan data-data apa saja yang dibutuhkan. Kemudian dirumuskan tujuan dari penelitian, permasalahan, serta manfaat dari penelitian tugas akhir yang dilakukan.

3.2.1 Perumusan Masalah dan Tujuan

Pada tahap ini ditentukan objek yang akan diamati yang kemudian mencari permasalahan-permasalahan apa saja yang terjadi yang kemudian juga ditetapkan batasan dan asumsi.

3.2.2 Studi Pustaka dan Lapangan

Studi pustaka dilakukan untuk mencari referensi-referensi konsep atau metode yang dapat mendukung penelitian yang akan dilakukan. Adapun literatur yang digunakan antara lain konsep *waste*, *lean thinking*, *value stream mapping*, *six sigma*, RCA (*Root Cause Analysis*), SMED.

Studi lapangan dilakukan adalah dengan pengamatan langsung terhadap objek yang akan diteliti. Hal yang diamati diantaranya proses produksi, permasalahan yang diangkat pada penelitian tugas akhir, serta pengecekan ketersediaan data yang dibutuhkan. Data-data tersebut akan digunakan dalam tahap selanjutnya pada penelitian ini.

3.3 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan proses identifikasi kondisi *existing*, identifikasi *waste*, penentuan *waste* kritis.

3.3.1 Identifikasi Kondisi *Existing*

Pada tahap ini dijelaskan mengenai gambaran perusahaan, produk, proses produksi, dan pendefinisian objek amatan. Gambaran perusahaan yang dijelaskan berupa profil perusahaan, visi, misi, dan struktur organisasi. Untuk gambaran produk berupa penjelasan dari produk *hollow galvalume SQ 1535*. Kemudian gambaran proses produksi menggunakan *Operation Process Chart (OPC)*.

3.3.2 Identifikasi Waste

Pada tahap ini dilakukan penggambaran atau pendefinisian *waste*. *Waste* tersebut didapatkan dengan cara *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan dan juga pengamatan langsung. Pada bagian ini disajikan *Value Stream Map*. Kemudian, aktivitas yang ada pada masing-masing proses diklasifikasi dalam *activity classification*. Selanjutnya *waste* yang ada didefinisikan dalam *waste identification*.

3.3.3 Penentuan Waste Kritis

Pada tahap ini dilakukan identifikasi *waste* mana yang paling kritis dengan melihat biaya kerugian dari masing-masing *waste* serta pembobotan yang disusun berdasarkan kuisioner yang diberikan kepada *expert* di perusahaan.

3.4 Tahap Analisa dan Perbaikan

Pada tahapan ini dilakukan proses *root cause analyis* dan *improvement*.

3.4.1 Root Cause Analyze

Pada tahap ini dilakukan analisis data yang telah diproses pada tahap sebelumnya dicari akar penyebabnya dengan menggunakan 5 *why*.

3.4.2 Improvement

Tahap *improvement* merupakan tahap penyusunan usulan perbaikan yang memungkinkan berdasarkan akar penyebab yang teridentifikasi dari RCA. Kemudian usulan-usulan perbaikan diidentifikasi dampak finansial dan pengaruhnya terhadap *leadtime*.

3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahapan akhir dari penelitian tugas akhir ini. Kesimpulan yang akan diberikan merupakan jawaban dari tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir. Kemudian, saran berisi usulan-usulan yang diberikan kepada perusahaan dan juga untuk peneliti selanjutnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum perusahaan, gambaran produk, proses produksi *hollow galvalume*, pendefinisian objek amatan, *current state value stream mapping*, *activity classification*, dan *waste identification*.

4.1 Gambaran Perusahaan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum PT.X yang terdiri dari profil, visi dan misi, dan struktur organisasi perusahaan.

4.1.1 Profil Perusahaan

PT. X didirikan pada tahun 1988 dengan tanah seluas 12100 m² , bangunan seluas 11000 m² di Jalan Kalianak Barat 57B, Surabaya, Indonesia. Dalam perkembangannya selama lebih dari dua puluh tahun, PT.X telah menjadi salah satu produsen *expanded metal* dengan *costumer* yang tersebar di Indonesia dan terus berkembang dengan memproduksi berbagai jenis bahan bangunan. Berbagai jenis bahan bangunan yang diproduksi diantaranya *jilumesh*, *truss*, *floor deck*, dan *hollow galvalume*. PT. X menetapkan standar yang tinggi untuk waktu produksi, tingkat kepuasan pelanggan, dan kualitas demi menjaga kepercayaan pasar. Mesin-mesin yang digunakan merupakan mesin produksi Jerman dan juga terdapat beberapa mesin yang dibuat sendiri oleh teknisi PT. X. Material yang digunakan di *import* dari Vietnam, Filipina, dan Taiwan. Saat ini PT. X memiliki distributor tetap di daerah Jawa Timur, Bali, dan Makassar.

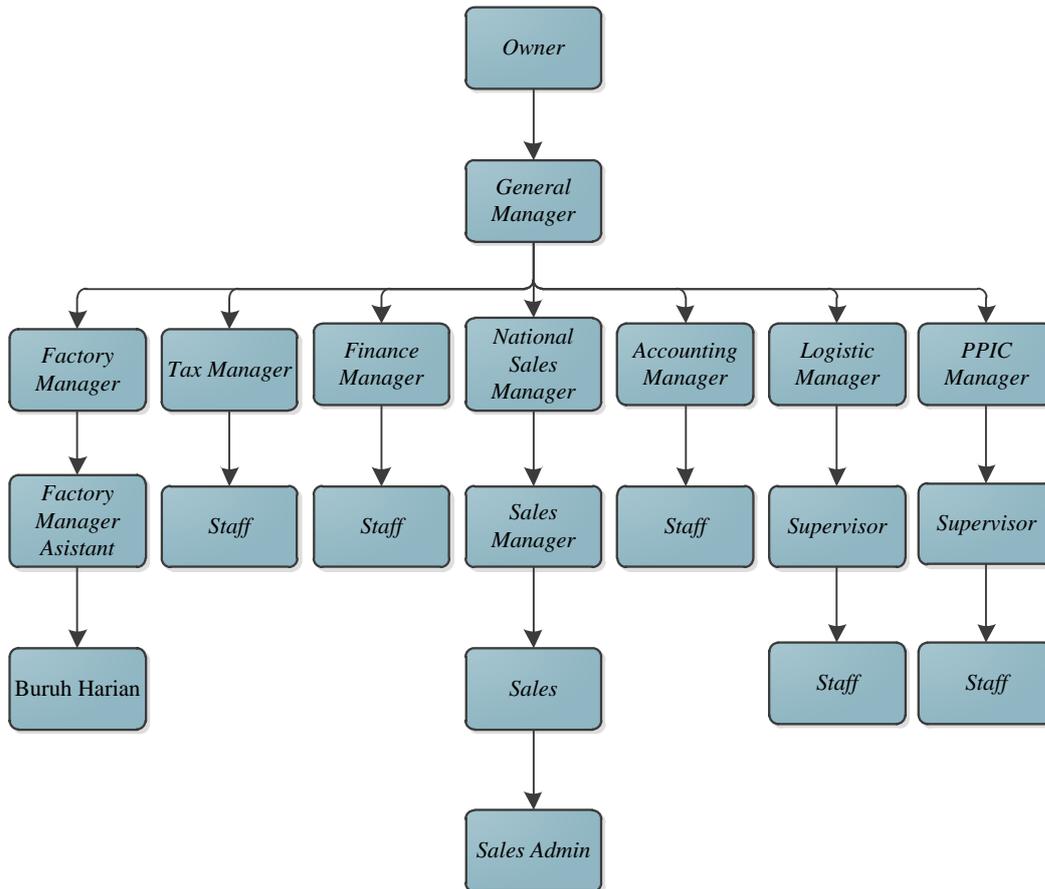
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Visi dari PT. X adalah “Menjadi *supplier* bahan bangunan yang berkualitas dan handal

Misi dari PT.X adalah “Menjadi mitra solusi bagi rekanan yang bergerak di bidang konstruksi.”

4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan

Berikut adalah struktur organisasi dari PT. X



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT.X

PT.X dipimpin oleh *owner* sebagai pengambil kebijakan tertinggi. Kegiatan manajerial dipimpin oleh seorang *general manager* yang bertanggung jawab langsung kepada *owner*. Selanjutnya, terdapat tujuh divisi dibawah *general manager* yaitu *factory*, *tax*, *finance*, *national sales*, *accounting*, *logistic*, dan *production and planing control* (PPIC). Masing-masing divisi tersebut dipimpin oleh manajer yang membawahi *supervisor* dan *staff*. Pada divisi *factory*, *factory manager* dibantu oleh *factory manager asistant* untuk mengkoordinasikan *order* dari PPIC kepada buruh harian. Pada departemen *national sales*, terdapat

beberapa *sales manager* yang dibagi berdasarkan wilayah pemasaran. *Sales manager* membawahi *sales* yang dibantu oleh *sales admin*.

Adapun pembagian tugas dan tanggung jawab masing-masing jabatan adalah sebagai berikut:

1. *General Manager* bertugas:
 - a. Menetapkan tujuan yang hendak dicapai secara fungsional.
 - b. Mengoordinasi staf agar selaras dalam menjalankan kebijaksanaan yang telah ditetapkan.
 - c. Mengambil keputusan yang berkaitan dengan aktivitas perusahaan.
 - d. Melakukan kontrol atas pelaksanaan pekerjaan.
2. *Finance Manager* bertugas:
 - a. Mencari sumber-sumber dana untuk pembelanjaan perusahaan.
 - b. Mengatur dan mengontrol penggunaan dana perusahaan.
 - c. Menerima dan melakukan pengawasan terhadap laporan dari bagian akuntansi.
 - d. Bertanggung jawab kepada jajaran direksi atas keuangan perusahaan.
3. *Factory Manager* bertugas:
 - a. Mengawasi kegiatan produksi.
 - b. Mengawasi kegiatan buruh dan karyawan.
 - c. Melakukan perawatan terhadap mesin-mesin produksi.
 - d. Bertanggung jawab atas kelancaran dan kualitas produksi.
4. *PPIC Manager* bertugas:
 - a. Menentukan jadwal produksi.
 - b. Menentukan standar kualitas produk.
 - c. Menentukan spesifikasi bahan baku yang akan digunakan.
5. *Accounting Manager* bertugas:
 - a. Bertanggung jawab atas akuntansi perusahaan.
 - b. Memberikan laporan keuangan kepada *finance manager* sesuai transaksi yang terjadi.
6. *Tax Manager* bertugas:
 - a. Bertanggung jawab terhadap pajak perusahaan.
 - b. Bekerjasama dengan bagian akuntansi dan finansial.

7. *Logistic Manager* bertugas:
 - a. Melaksanakan tata administrasi penerimaan dan pengeluaran barang dari dan ke gudang sesuai prosedur.
 - b. Menyesuaikan jumlah *stock* yang terdata di kantor dengan jumlah *real* di gudang.
 - c. Mengatur distribusi produk, bahan baku, dan barang lainnya.
8. *National Sales Manager* bertugas:
 - a. Merencanakan dan mengimplementasikan strategi *sales* secara tepat sesuai strategi bisnis perusahaan.
 - b. Memonitor dan menganalisa pencapaian penjualan *sales* di berbagai daerah.
 - c. Mengevaluasi dan menganalisa pasar untuk pengembangan produk dan penentuan strategi.
9. *Sales Manager* bertugas:
 - a. Mengoordinasikan strategi *sales* kepada para *sales*.
 - b. Melakukan evaluasi terhadap pencapaian penjualan *sales*.
10. *Sales* bertugas:
 - a. Mencari *order* sesuai target penjualan.
 - b. Melakukan pemasaran secara langsung.
11. *Supervisor* bertugas:
 - a. Mengontrol dan memonitori kinerja staf.
 - b. Memberikan input kepada manajer untuk meningkatkan produktifitas.
12. Staf dan Asisten bertugas:
 - a. Menjalankan tugas pada divisi masing-masing sesuai arahan supervisor atau manajer.
 - b. Bertanggung jawab kepada supervisor atau manajer atas kinerjanya.
13. Butuh Harian bertugas:
 - a. Menjalankan kegiatan di lini produksi seperti mengoperasikan mesin dan *material handling*.
 - b. Menjalankan tugas sesuai arahan manajer atau asisten pabrik.

4.2 Gambaran Produk

Produk yang menjadi objek penelitian adalah *Hollow SQ 15x35mm PJ.4M* (disingkat *hollow galvalume SQ*). *Hollow galvalume SQ* adalah sebuah rangka dengan pelapisan unsur aluminium dan zinc dengan luas alas 15x35 mm dan panjang badan 4 m. Material ini digunakan sebagai salah satu bentuk dari partisi (biasa disebut dengan sekat) dan pembuatan rangka *plafond*. Kelebihan *hollow galvalume* dibanding material lainnya adalah: tahan karat, tahan rayap, dan pemasangan lebih cepat. *Hollow galvalume SQ* memiliki variasi tebal dan panjang badan. Berikut adalah gambar dari produk *hollow galvalume SQ*.



Gambar 4.2 *Hollow Galvalume SQ*
(Sumber: PT. X)

4.3 Proses Produksi *Hollow Galvalume*

Proses produksi *hollow galvalume* dibagi menjadi dua mesin yaitu *slitting* dan *roll forming*.

4.3.1 Proses *Slitting*

Bahan baku yang digunakan pada produksi *hollow galvalume* adalah *coil* yang merupakan lembaran baja yang digulung. *Coil* di impor dari luar negeri dan ditransportasikan ke pabrik menggunakan kapal dan truk. Satu *coil* memiliki berat

rata-rata 3-10ton sehingga membutuhkan penanganan khusus. Berikut adalah gambar dari *coil* yang dimaksud.



Gambar 4.3 *Coil Galvalume*
(Sumber: PT. X)

Proses perpindahan *coil* dari inventori menuju mesin *slitting* dilakukan dengan mesin *crane*. Berikut adalah gambar mesin *crane* untuk mengangkat *coil*.



Gambar 4.4 Mesin *Crane* Pengangkut *Coil*
(Sumber: depositphotos.com)

Slitting adalah pemotongan *coil* menjadi *roll* dengan lebar yang lebih kecil yang disebut “pita”. Mesin yang digunakan adalah mesin *slitting*. Berikut adalah gambar dari mesin *slitting*.



Gambar 4.5 Mesin *Slitting*
(Sumber PT. X)

Pada mesin ini, coil ditarik dan dipotong menggunakan pisau yang telah diatur jaraknya sehingga membentuk pita dengan ukuran lebar sesuai pesanan. Terdapat waktu *set-up* selama 10-15 menit untuk proses ini. Salah satu aktivitas penting yang dilakukan saat *set-up* adalah pemasangan pisau karena tidak boleh terjadi kesalahan ukuran. Berikut adalah gambar inventori pisau yang terletak disamping mesin *slitting*.



Gambar 4.6 Pisau Mesin *Slitting*
(Sumber PT. X)

Setelah *set-up*, mesin ini berjalan secara kontinyu hingga *coil* habis terpotong. Ketika pemotongan sudah berjalan stabil, RPM ditingkatkan untuk mempercepat proses. Hasil dari proses *slitting* adalah *coil galvalume* berukuran pita. Pita *galvalume* tersebut dibawa menuju inventori lalu menuju mesin *roll forming*. Berikut adalah gambar pita *galvalume* yang dimaksud.



Gambar 4.7 Pita *Galvalume*
(Sumber PT. X)

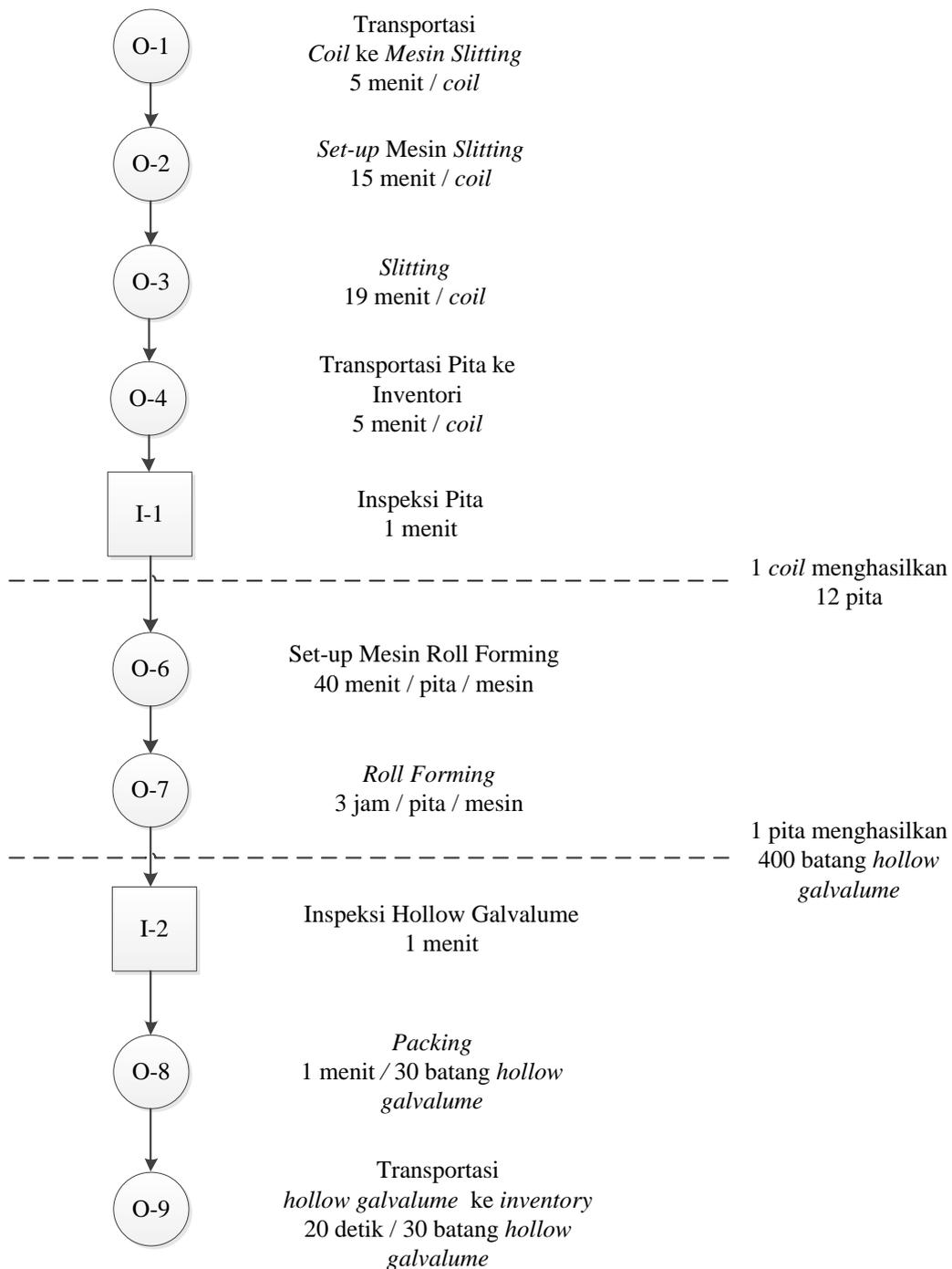
4.3.2 Proses *Roll Forming*

Pada mesin *roll forming*, pita ditarik lalu diberi cetakan pola garis, ditekuk, dijahit, dan dipotong menjadi rangka *hollow*. Pada proses ini terdapat waktu *set-up* dimana pita harus ditarik dahulu sampai ujung. Lalu setiap *roll* yang ada di mesin diatur ketinggiannya. Setelah ketinggian sudah sesuai, mesin bisa berjalan dengan RPM tertentu secara kontinyu hingga satu pita *galvalume* habis. Pada proses ini sering terjadi *defect* baik di tengah-tengah waktu proses maupun di awal. Berikut adalah gambar dari mesin *roll forming*.



Gambar 4.8 Mesin *Roll Forming*
(Sumber: mesinbajaringan.com)

Berikut adalah *Operation Process Chart* (OPC) produksi *Hollow Galvalume SQ* pada PT.X.



Gambar 4.9 OPC *Hollow Galvalume* SQ PT.X

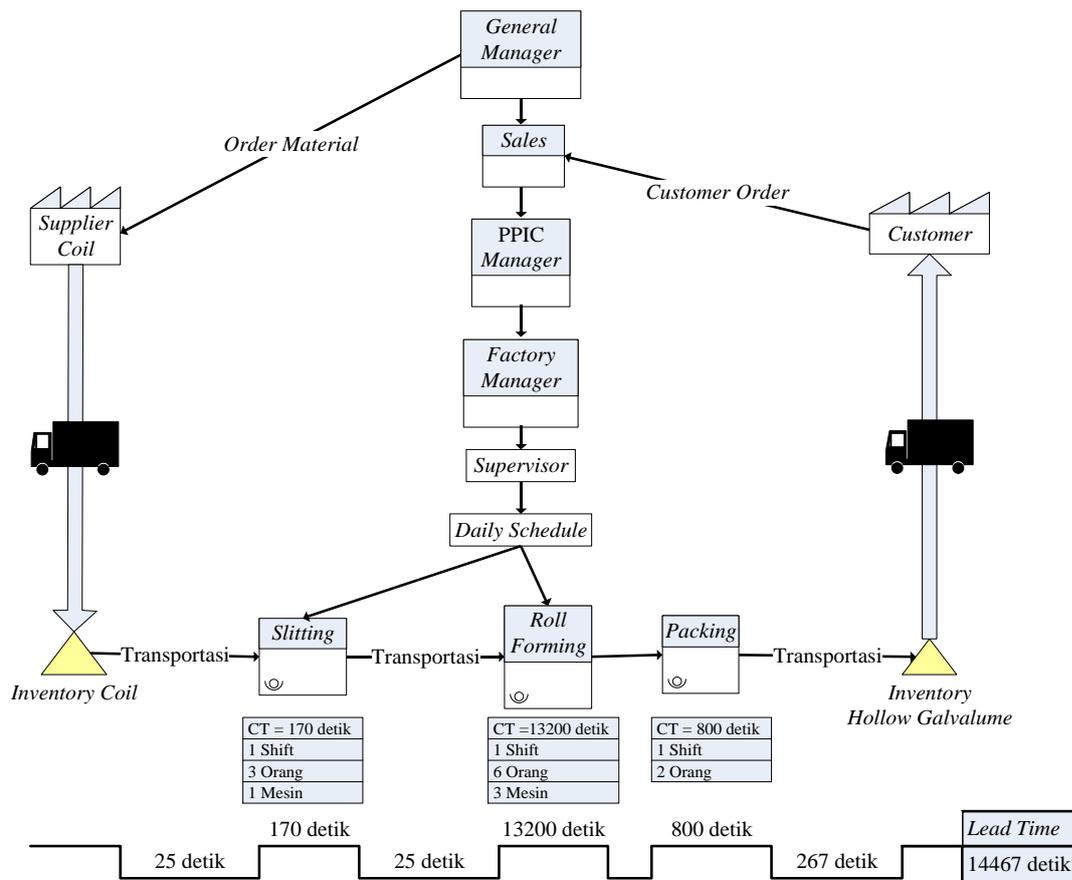
4.4 Pendefinisian Objek Amatan

PT.X memproduksi beberapa jenis bahan bangunan diantaranya *jilu mesh*, *floor deck*, *reng*, dan *hollow galvalume*. Pada penelitian ini, yang menjadi objek amatan adalah proses produksi *hollow galvalume* sebab menurut kepala PPIC

produk ini merupakan produk dengan *defect* terbesar di perusahaan. Namun, *hollow galvalume* itu sendiri terbagi kedalam berbagai variasi ukuran luas alas, tebal, panjang, dan cetakan pola. Pada penelitian ini, yang menjadi amatan adalah *hollow galvalume* SQ 1535 yaitu *hollow galvalume* dengan jenis pola cetakan garis-garis, tebal bahan 0,3 mm, panjang batang 4 m, dan luas alas 15 x 35 mm. Varian produk ini dipilih sebagai acuan karena merupakan produk *hollow galvalume* dengan permintaan tertinggi sehingga juga diproduksi secara *make to stock*. Sementara produk *hollow galvalume* dengan ukuran yang lain seperti 3535, 3015, 1515 dibuat dengan sistem *make to order*. *Improvement* yang direncanakan dari penelitian ini akan berpengaruh terhadap keseluruhan sistem produksi semua varian *hollow galvalume* sebab prosesnya sama untuk semua varian, namun data yang digunakan adalah SQ 1535 karena dapat merepresentasikan semua varian dan juga untuk mempermudah pengamatan.

4.5 Current State Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) merupakan sebuah metode untuk menggambarkan proses untuk memahami alur proses dan aktifitas yang digunakan untuk memproduksi sebuah produk. Berikut adalah VSM produksi *hollow galvalume* pada PT.X.



Gambar 4.10 VSM Current State Produksi Hollow Galvalume SQ PT. X

Waktu produksi pada VSM diatas menggunakan satuan pita atau sama dengan 400 batang *hollow galvalume* SQ. Pada PT.X proses pembelian bahan baku berupa *coil* dilakukan oleh *general manager*. Sementara untuk *customer order* diterima oleh *sales*. Informasi *Order* diberikan ke bagian PPIC, dilanjutkan ke bagian *factory* dan *supervisor*. Kemudian berdasarkan data *order* dan juga target *stock* yang diberikan oleh bagian PPIC maka dikeluarkan *daily schedule*. Informasi *daily schedule* disampaikan kepada masing-masing operator mesin sehingga mereka mengetahui target produksi per-*shift* kerja. Berdasarkan VSM, terlihat bahwa *lead time* dari proses produksi untuk menghasilkan 400 batang *hollow galvalume* adalah 14467 detik atau sama dengan 4 jam 1 menit 7 detik. *Lead time* ini seharusnya dapat di persingkat sebab didalamnya masih terdapat aktivitas *non-value added*.

4.6 Activity Classification

Pada bagian ini, aktivitas di proses produksi akan digolongkan menjadi tiga yaitu: *Value Added* (VA), *Necessary Non-Value Added* (NNVA), dan *Non-Value Added* (NVA). Aktivitas VA adalah aktivitas dimana *customer* mau membayar harga untuk hal tersebut meliputi: aktivitas mengubah bentuk, ukuran, atau fungsi dari produk. Mendesain, menyatukan produk, memesan bahan baku, menyiapkan gambar teknik, membuat keputusan, berinovasi, dsb juga termasuk aktivitas VA. Aktivitas NVA adalah aktivitas yang tidak memberi nilai pada produk meliputi: menghitung *parts*, inspeksi, mencoba, memeriksa, mengisi informasi, mendapat persetujuan berulang, revisi, mengerjakan ulang, melaporkan, dsb. Sementara aktivitas NNVA adalah aktivitas yang tergolong *non-value added* yang terpaksa ada karena tidak dapat digantikan atau dihilangkan.

Berikut adalah tabel yang memperlihatkan klasifikasi aktivitas dari setiap proses produksi *hollow galvalume*. Rangkaian aktivitas dan klasifikasi yang ada didapatkan dari pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak perusahaan.

Tabel 4.1 *Activity Classification* Proses Transportasi *Coil* ke Mesin *Slitting*

Proses Transportasi <i>Coil</i> ke Mesin <i>Slitting</i>	VA	NNVA	NVA
Menunggu permintaan dari bagian mesin <i>slitting</i>			✓
Mencari <i>coil</i> yang sesuai dengan jenis produk yang akan dibuat			✓
Memasang <i>coil</i> ke mesin <i>crane</i>	✓		
Menjalankan mesin <i>crane</i>	✓		
Memasang <i>coil</i> ke mesin <i>slitting</i>	✓		
	3	0	2
	60%	0%	40%

Tabel 4.2 *Activity Classification* Proses Set-up Mesin *Slitting*

Proses Set-up Mesin <i>Slitting</i>	VA	NNVA	NVA
Mengganti pisau sesuai lebar pita yang hendak dibuat		✓	
Mengalirkan lembaran <i>coil</i> hingga terkena pisau di bagian tengah	✓		
Memasang kayu di sela-sela pisau untuk menjaga lembaran pita agar tetap berjalan lurus secara manual		✓	

Tabel 4.2 *Activity Classification* Proses Set-up Mesin *Slitting* (lanjutan)

Proses Set-up Mesin <i>Slitting</i>	VA	NNVA	NVA
Memasang sisa lembaran ke gulungan yang terletak di samping mesin (sisa lembaran ini nantinya digunakan sebagai tali)		✓	
Mengalirkan lembaran pita hingga ujung mesin	✓		
Memasukkan lembaran pita kedalam <i>roll</i> yang berada di ujung mesin secara manual	✓		
Menurunkan penopang dari mesin agar tidak menghalangi aliran	✓	✓	
Memasang kayu diatas lembaran pita secara manual didekat pisau kedua untuk menjaga lembaran pita agar tetap berjalan datar		✓	
Menaikkan RPM perlahan-lahan hingga mencapai kecepatan maksimal	✓		
	4	5	0
	44%	56%	0%

Tabel 4.3 *Activity Classification* Proses *Slitting*

Proses <i>Slitting</i>	VA	NNVA	NVA
Memotong semua <i>coil</i> hingga habis dengan RPM maksimal	✓		
Menurunkan RPM saat <i>coil</i> hampir habis terpotong	✓		
Memberi lakban pada pita		✓	
Membungkus pita		✓	
Melepaskan pita dari mesin <i>slitting</i>		✓	
Menutup pembungkus pita dengan lakban		✓	
	2	4	0
	33%	67%	0%

Tabel 4.4 *Activity Classification* Proses Transportasi Pita ke Inventori

Proses Transportasi Pita ke Inventori	VA	NNVA	NVA
Memasang pita yang terbungkus ke mesin <i>crane / forklift</i>		✓	
Menjalankan mesin <i>crane / forklift</i> menuju inventori yang terletak dekat mesin <i>roll forming</i>		✓	
Melepaskan pita dari pembungkus pita		✓	
Meletakkan pita di inventori		✓	
Menuliskan berat, panjang, tebal, dan jenis produk yang akan dihasilkan dari pita tersebut	✓		
	1	4	0
	20%	80%	0%

Tabel 4.5 *Activity Classification* Proses *Set-up* Mesin *Roll Forming*

Proses <i>Set-up</i> Mesin <i>Roll Forming</i>	VA	NNVA	NVA
Menunggu <i>crane</i> yang sedang digunakan			✓
Menggerakkan <i>crane</i> menuju inventori pita			✓
Mencari pita di inventori			✓
Memasang pita pada <i>crane</i>	✓		
Menggerakkan <i>crane</i> menuju mesin <i>roll forming</i>		✓	
Memasang pita pada mesin <i>roll forming</i>	✓		
Mengalirkan pita hingga ke ujung mesin sambil mengatur ketinggian <i>roll</i> di mesin	✓		
	3	1	3
	43%	14%	43%

Tabel 4.6 *Activity Classification* Proses *Roll Forming*

Proses <i>Roll Forming</i>	VA	NNVA	NVA
Memproses pita menjadi batangan <i>hollow galvalume</i>	✓		
Menata batangan <i>hollow galvalume</i> yang telah terpotong di atas sebuah wadah sementara hingga lima batang untuk kemudian disusun di tadahan besar di lantai			✓
Meletakkan lima batang yang terkumpul kedalam tadahan besar yang diletakkan di lantai			✓
Menghentikan mesin lalu meletakkan penyangga diatas tumpukan batang setiap terkumpul delapan tumpukan (masing-masing tumpuk berisi 30 batang)			✓
Menjalankan mesin kembali hingga semua pita terproses	✓		
	2	0	3
	40%	0%	60%

Tabel 4.7 *Activity Classification* Proses *Packing*

Proses <i>Packing</i>	VA	NNVA	NVA
Mengikat <i>hollow galvalume</i> per-30 batang	✓		
Mengantar <i>hollow galvalume</i> yang telah diikat ke inventori		✓	
	1	1	0
	50%	50%	0%

Jumlah total aktivitas VA pada semua proses adalah 16 Jumlah total aktivitas NNVA pada semua proses adalah 15 Jumlah total aktivitas NVA pada semua proses adalah 8. Aktivitas NVA dapat dihilangkan dengan melakukan usulan *improvement* pada perusahaan.

4.7 Waste Identification

Terdapat tujuh *waste* yang diidentifikasi pada penelitian ini *Defect, Over-production, Waiting, Transportation, Inventory, Motion, dan Over-Processing*.

4.7.1 Defect

Defect adalah jenis pemborosan yang terjadi karena kecacatan atau kegagalan produk setelah melalui suatu proses. Berhubungan dengan masalah kualitas produk atau rendahnya performansi pengiriman. Pada produksi *hollow galvalume SQ defect* sering terjadi pada proses *roll forming*. Kriteria *defect* untuk produk yaitu batang tidak terbentuk dengan sempurna. Hanya terdapat satu kriteria *defect* pada proses ini. Apabila terjadi *defect* maka mesin harus dihentikan dan dilakukan *setting* mesin atau bahan. Berikut adalah data *defect* pada 5 periode dan kerugian yang dihasilkan.

Tabel 4.8 Jumlah Produksi, *Defect*, dan Kerugian Akibat *Defect*

Periode	Jumlah Produksi (batang)	Jumlah Defect	Persentase Defect	Kerugian
1	79784	5729	7,18%	Rp68.748.460
2	74019	4089	5,52%	Rp49.062.266
3	84631	7006	8,28%	Rp84.072.267
4	85090	8388	9,86%	Rp100.653.409
5	83967	6821	8,12%	Rp81.849.240
Total	407491	32032	38,96%	Rp384.385.643
Rata-rata	81498,2	6406	7,79%	Rp76.877.129

Pada tabel diatas terlihat bahwa kerugian yang dihasilkan mencapai puluhan juta rupiah. Oleh sebab itu, permasalahan *defect* menjadi penting untuk diperbaiki oleh perusahaan.

4.7.2 Over-production

Over-production merupakan jenis pemborosan yang terjadi karena proses produksi berlebih. Pada produksi *hollow galvalume* permasalahan ini tidak terlihat memberikan dampak yang besar bagi perusahaan.

4.7.3 Waiting

Waiting adalah jenis pemborosan yang terjadi karena menunggu. Salah satu penyebabnya adalah karena terjadi *bottleneck* pada suatu mesin sehingga mesin berikutnya yang digunakan untuk proses harus menunggu produk dari mesin sebelumnya. *Waiting* pada produksi *hollow galvalume* SQ terjadi pada mesin *roll forming*. Terdapat 3 mesin yang diperuntukkan untuk memproduksi *hollow galvalume* SQ. Penyebab *waiting* akan diidentifikasi pada bab analisa. Berikut adalah data *waiting* pada lima periode.

Tabel 4.9 Downtime dan Kerugiannya Selama 5 Periode Produksi

Periode	Downtime (detik)	Waktu Operasi (detik)	Persentase Downtime	Jumlah Batang Jika Memanfaatkan Downtime	Kerugian
1	254428	1890000	13,46%	12411	Rp148.933.463
2	372600	1890000	19,71%	18176	Rp218.107.463
3	155065	1890000	8,20%	7564	Rp90.769.463
4	145655	1890000	7,71%	7105	Rp85.261.463
5	168677	1890000	8,92%	8228	Rp98.737.463
Total	1096424	9450000	-	53484	Rp641.809.317
Average	219285	1890000	12%	10697	Rp128.361.863

Pada tabel diatas terlihat bahwa kerugian yang dihasilkan mencapai puluhan hingga ratusan juta rupiah. Oleh sebab itu, permasalahan *waiting* menjadi penting untuk diperbaiki oleh perusahaan.

4.7.4 Transportation

Transportation adalah jenis pemborosan yang meliputi pemindahan material yang terlalu sering dan penundaan pergerakan material. Salah satu

penyebab dari transport yang berlebih adalah *layout* pabrik yang belum optimal. Pada produksi *hollow galvalume* terdapat dua transportasi yaitu dari inventori *coil* menuju mesin *slitting* dan dari *mesin slitting* ke inventori pita yang terletak di dekat mesin *roll forming*. Pada rantai produksi PT. X, inventori *coil* dan *finished product* sudah memiliki letak yang optimal. Inventori *coil* terletak di tengah beberapa mesin yang menggunakan bahan baku *coil*. Sementara, inventori pita sudah terletak di dekat mesin *roll forming*. Kemudian, inventori bahan baku terletak di dekat luar pabrik untuk memudahkan bongkar muat. Selain itu, metode yang digunakan untuk mengangkat adalah menggunakan *forklift* dan *crane* yang dapat mengangkat 1 *coil* atau 12 pita sekaligus. Oleh karena itu, tidak ada pemborosan yang serius untuk transportasi.

4.7.5 Inventory

Inventory adalah jenis pemborosan yang terjadi karena *inventory* yang berlebihan. Hal ini selain boros dalam hal tempat juga akan terjadi pemborosan karena penurunan nilai barang yang disimpan. Terdapat tiga inventori pada produksi *hollow galvalume* yaitu: inventori bahan baku (*coil*), pita, dan produk jadi. PT. X memiliki wilayah *inventory* yang memadai untuk aktivitas normal. Pada inventori produk jadi dan pita tidak terdapat kerusakan barang. Sementara pada inventori *coil* terdapat riwayat kerusakan yaitu *coil* penyok karena penyangga pada poros yang kurang kuat. Namun, masalah ini hanya terjadi empat bulan sekali dan dapat dibetulkan dalam waktu 15 menit. Dengan demikian *waste* ini tidak memiliki dampak yang kritis bagi perusahaan.

4.7.6 Motion

Motion adalah jenis pemborosan yang terjadi karena banyaknya pergerakan dari yang seharusnya. Pergerakan merupakan *waste* karena perpindahan material atau orang tidak menambah nilai kepada produk. Pada proses *slitting*, kebutuhan material seperti kayu penahan dan pisau sudah terletak di dekat mesin *slitter*. Kemudian asing-masing mesin juga ditangani oleh jumlah

tenaga kerja yang cukup. Letak *inventory* dan mesin juga telah memiliki alur yang baik sehingga tidak terlihat adanya pemborosan yang besar dari segi *motion*.

4.7.7 *Over-processing*

Over-processing adalah jenis pemborosan yang terjadi karena langkah-langkah proses yang panjang dari yang seharusnya sepanjang proses *value stream*. *Waste* kategori ini meliputi proses atau prosedur yang tidak perlu, pengerjaan pada produk tetapi tidak menambah nilai dari produk itu sendiri, juga termasuk tenaga kerja yang berlebih. Pada proses produksi *hollow galvalume* SQ terdapat proses *slitting*, transportasi, *roll forming*, dan *packing*. Pada mesin *slitting* terdapat tiga tenaga kerja, tidak terlihat pemborosan tenaga kerja pada mesin ini sebab mesin ini berukuran besar dan membutuhkan *control* di beberapa sisi. Kemudian pada proses transportasi juga terlihat tidak ada pemborosan sebab tenaga kerja di bagian ini selalu aktif untuk melakukan transportasi baik mengantar bahan baku ke mesin maupun bongkar muat. Namun, pada proses *roll forming* terlihat pemborosan tenaga kerja. Pada proses ini terdapat tiga mesin dimana masing-masing ditangani oleh dua tenaga kerja. Pemborosan tampak karena proses *set-up* dapat dilakukan oleh satu orang saja dan juga pekerja hanya bertugas menata batang yang telah terpotong pada tatakan di dekat mesin setelah proses *set-up*. Proses menata batang tersebut seharusnya dapat dikerjakan oleh satu orang saja. Berikut adalah gambar aktivitas menata batang.



Gambar 4.11 Aktivitas Menata Batang pada Proses *Roll Forming* (Sumber PT. X)

Selanjutnya pada proses *packing* tidak terlihat pemborosan tenaga kerja. *Packing* dilakukan oleh operator yang merupakan opertor dari mesin *roll forming* prosees ini dilakukan setelah semua pita terpotong. Membutuhkan dua orang untuk melakukan aktivitas *packing* yaitu mengikat *hollow galvalume* SQ per-30 batang. Selain itu, pemborosan juga terlihat terhadap proses aliran batang dimana aliran batang berhenti selama lima detik setiap mencapai panjang empat meter. Sementara waktu alir batang untuk mencapai empat meter jika tidak ada berhenti adalah 15,5 detik. Pemborosan dari waktu berhenti ini mencapai 1/3 dari waktu efektifnya.

4.8 Waste Measurement

Pada bagian ini, *waste* yang telah teridentifikasi yaitu *defect*, *over-processing*, dan *waiting* diukur kerugiannya.

4.8.1 Defect

Berdasarkan tabel 4.8, *defect* pada produksi *hollow galvalume* SQ 1535 menimbulkan kerugian yang besar. Pada produk ini, *defect* dalam bentuk apapun tidak dapat dilakukan *rework* atau pembetulan. Oleh karena itu, semua bentuk *defect* adalah kritis. Kerugian untuk satu batang produk yang *defect* adalah Rp12.000 yang merupakan harga jual per-batang. Berikut adalah tabel yang memperlihatkan tingkat *defect* pada lima periode dan kerugian *financial* yang dihasilkan.

Tabel 4.10 Jumlah Produksi, *Defect*, dan Kerugian Akibat *Defect*

Periode	Jumlah Produksi (batang)	Jumlah Defect	Persentase Defect	Kerugian
1	79784	5729	7,18%	Rp68.748.460
2	74019	4089	5,52%	Rp49.062.266
3	84631	7006	8,28%	Rp84.072.267
4	85090	8388	9,86%	Rp100.653.409
5	83967	6821	8,12%	Rp81.849.240
Total	407491	32032	38,96%	Rp384.385.643
Rata-rata	81498,2	6406	7,79%	Rp76.877.129

Dari segi finansial, *waste defect* memberi kerugian rata-rata sebesar **Rp76.877.129** per-bulan.

4.8.2 *Waiting*

Berdasarkan tabel 4.9, *waiting* pada produksi *hollow galvalume* SQ 1535 menimbulkan kerugian yang besar. Kerugian dari *downtime* dihitung dari jumlah *hollow galvalume* SQ yang dapat diproduksi selama waktu *downtime* dikalikan harga jual per-batang yaitu Rp12.000. Berikut adalah tabel yang memperlihatkan tingkat *downtime* pada lima periode dan kerugian *financial* yang dihasilkan.

Tabel 4.11 *Downtime* dan Kerugiannya Selama 5 Periode Produksi

Periode	<i>Downtime</i> (detik)	Waktu Operasi (detik)	Persentase <i>Downtime</i>	Jumlah Batang Jika Memanfaatkan <i>Downtime</i>	Kerugian
1	254428	1890000	13,46%	12411	Rp148.933.463
2	372600	1890000	19,71%	18176	Rp218.107.463
3	155065	1890000	8,20%	7564	Rp90.769.463
4	145655	1890000	7,71%	7105	Rp85.261.463
5	168677	1890000	8,92%	8228	Rp98.737.463
Total	1096424	9450000	-	53484	Rp641.809.317
<i>Average</i>	219285	1890000	12%	10697	Rp128.361.863

Dari segi finansial, *waste waiting* memberi kerugian rata-rata sebesar **Rp128.361.863** per-bulan.

4.8.3 *Over-processing*

Berdasarkan identifikasi *waste* ini, satu mesin *roll forming* yang berisi dua orang seharusnya bisa dikerjakan oleh satu orang saja. Terdapat tiga mesin *roll forming* sehingga jumlah tenaga kerja untuk proses ini adalah delapan orang dan jumlah *over-production* adalah empat orang. Kerugian yang dihasilkan dihitung dari gaji tenaga kerja. Gaji per-orang adalah Rp3.045.000. Total kerugian adalah:

$$3 \text{ orang} \times \text{Rp}3.045.000 = \mathbf{\text{Rp}9.135.000}$$

Selain itu, pemborosan juga terlihat terhadap proses aliran batang dimana aliran batang berhenti selama lima detik setiap mencapai panjang empat meter. Waktu lima detik tersebut jika dikalikan untuk 400 batang menjadi 2000 detik. Jika waktu 2000 detik diefektifkan untuk produksi maka dapat menghasilkan 129 batang atau tambahan pendapatan Rp1.548.000. Jika dikalikan tiga mesin dan 25 hari kerja maka menjadi **Rp116.100.000**.

4.9 Penentuan Waste Kritis

Pada bagian ini, ditentukan *waste* yang kritis yang akan dianalisis. *Waste* kritis ditentukan dengan memperhatikan *financial waste* dan pembobotan dengan metode borda.

4.9.1 Financial Waste

Financial merupakan kriteria untuk mengetahui seberapa besar dampak kerugian akibat pemborosan. Berikut adalah *list waste* dan kerugian *financial* yang dihasilkan.

Tabel 4.12 Kerugian Financial dari Waste *wating*, *over-processing*, dan *defect*

Jenis Waste	Kerugian Per-Bulan
<i>Waiting</i>	Rp128.361.863
<i>Over-processing</i>	Rp125.235.000
<i>Defect</i>	Rp76.877.129

Waste defect, *inventory*, dan *over-processing* memberi dampak *financial* bagi perusahaan. Pada tahap selanjutnya, ketiga *waste* tersebut akan dianalisis untuk merancang usulan *improvement*.

4.9.2 Pembobotan Waste (Metode Borda)

Pembobotan dilakukan dengan menyebarkan kuisisioner pada lima responden yang memahami dan mengetahui kondisi lapangan dari proses produksi *hollow galvalume* pada PT. X. Kelima responden tersebut diambil dari divisi

PPIC dan logistik. Masing-masing responden memberikan peringkat pada sembilan *waste*. Berikut adalah hasil rekap dari kuisioner tersebut.

Tabel 4.13 Hasil Rekap Kuisioner Peringkat Pemborosan

Waste	Responden (Nama & Jabatan)				
	1	2	3	4	5
	Manager PPIC	Admin PPIC	Admin PPIC	Supervisor Logistik	Supervisor Logistik
<i>Over-processing</i>	1	2	3	1	7
<i>Defect</i>	5	1	4	6	3
<i>Waiting</i>	2	3	2	4	2
<i>Over-production</i>	7	4	1	5	6
<i>Motion</i>	3	6	5	7	5
<i>Transportation</i>	6	5	6	3	1
<i>Inventory</i>	4	7	7	2	4

Hasil kuisioner diatas kemudian diolah untuk memperoleh bobot dengan metode Borda. Cara pembobotannya adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil kuisioner, dihitung jumlah responden yang menyatakan peringkat untuk tiap jenis. Misalnya terdapat dua responden yang menyatakan *over-processing* berada di peringkat satu dan satu responden menyatakan *over-processing* berada di peringkat dua, maka angka dua dituliskan pada kolom *over-processing* peringkat satu dan angka satu pada kolom *over-processing* peringkat dua. Hal yang sama dilakukan untuk semua *waste*.
2. Angka pada kolom peringkat dikalikan dengan bobot di bawahnya, kemudian ditambahkan dengan hasil perkalian pada *waste* yang sama, kemudian isikan hasilnya pada kolom *ranking*. Misalnya untuk *waste over-processing*: $(2 \times 6) + (1 \times 5) + (1 \times 4) + (1 \times 0) = 21$.
3. Hitung jumlah bobot x peringkat yaitu 91.
4. Untuk mencari *ranking* tiap jenis, bagi bobot x peringkat dengan totalnya. Contoh untuk *over-processing*: $21/91 = 0.23077$, dan seterusnya.
5. *Waste* dengan bobot tertinggi merupakan yang terpilih.

Berikut adalah hasil pembobotan dengan metode Borda.

Tabel 4.14 Pembobotan dengan Metode Borda

No.	Waste	Peringkat							Bobot	Ranking
		1	2	3	4	5	6	7		
1	<i>Waiting</i>	0	3	1	1	0	0	0	22	0,24176
2	<i>Over-processing</i>	2	1	1	0	0	0	1	21	0,23077
3	<i>Defect</i>	1	0	1	1	1	1	0	16	0,17582
4	<i>Transportation</i>	1	0	1	0	1	2	0	14	0,15385
5	<i>Over-production</i>	1	0	0	1	1	1	1	12	0,13187
6	<i>Inventory</i>	0	1	0	2	0	0	2	11	0,12088
7	<i>Motion</i>	0	0	1	0	2	1	1	9	0,0989
	Bobot	6	5	4	3	2	1	0	91	1

Berdasarkan pembobotan diatas, *waste* yang memiliki bobot tertinggi pada proses produksi *hollow galvalume SQ* pada PT. X adalah *waiting*, *defect* dan *over-processing*.

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai *root cause analysis* dan *improvement*.

5.1 Root Cause Analysis

Pada tahap ini, *waste* kritis yang telah terpilih dari bab sebelumnya dinalisis penyebab terjadinya. *Waste* yang ada memiliki penyebab yang berbeda-beda, untuk itu pada bagian ini akan dilakukan *Root Cause Analysis* (RCA) dengan menggunakan 5 *why* untuk setiap *waste* kritis yang terjadi.

Waste kritis yang pertama adalah *defect*. Berikut adalah analisa 5 *why* dari *waste defect*.

Tabel 5.1 5 Why Waste Defect

Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4
<i>Defect</i>	Batang tidak terbentuk dengan sempurna	Pita habis terlalu cepat	Pemborosan bahan pada proses <i>set-up</i> mesin <i>roll forming</i>	Tenaga kerja kurang ahli melakukan <i>set-up</i> mesin <i>roll forming</i>
		Ketinggian <i>roll</i> tidak sesuai	Tenaga kerja kurang ahli melakukan <i>set-up</i> mesin <i>roll forming</i>	

Kemudian *waste* kritis yang kedua adalah *waiting*. Berikut adalah analisa 5 *why* dari *waste waiting*.

Tabel 5.2 5 *Why Waste Waiting*

Waste	Why 1	Why 2
Waiting	Tenaga kerja menghentikan mesin untuk meletakkan pengganjal pada tumpukan produk jadi	
	Tidak ada tenaga kerja yang mengoperasikan mesin	Tenaga kerja sedang melakukan proses <i>packing</i>
	Waktu <i>set-up</i> yang terlalu lama	<i>Crane</i> untuk mengangkat pita sedang digunakan pada mesin produksi yang lain atau bongkar muat
		Tenaga kerja kurang ahli melakukan <i>set-up</i> mesin <i>roll forming</i>

Kemudian *waste* kritis yang kedua adalah *over-processing*. Berikut adalah analisa 5 *why* dari *waste over-processing*.

Tabel 5.3 5 *Why Waste Over-processing*

Waste	Why 1
<i>Over-processing</i>	Berhentinya aliran batang pada mesin <i>roll forming</i> setiap panjang batang mencapai empat meter
	Aktivitas memindahkan batang yang bisa dilakukan oleh satu orang dilakukan oleh dua orang

Berdasarkan analisa RCA maka didapatkan akar penyebab dari masing-masing *waste* yaitu yang ditandai dengan warna kuning. Selanjutnya, akar penyebab-akar penyebab tersebut dijadikan acuan dalam pembuatan usulan perbaikan.

5.2 Improvement

Pada tahap ini akan dibahas mengenai usulan perbaikan dan besar pengaruhnya terhadap *financial* perusahaan dan *lead time* menggunakan VSM. Berdasarkan akar penyebab dari *waste* kritis, dirancang usulan perbaikan sebagai berikut.

Tabel 5.4 Usulan Perbaikan Dari Akar Penyebab

Akar Penyebab	Usulan Perbaikan
Tenaga kerja kurang ahli melakukan <i>set-up</i> mesin <i>roll forming</i>	Pelatihan <i>set-up</i> mesin <i>roll forming</i>
Tenaga kerja menghentikan mesin untuk meletakkan pengganjal pada tumpukan produk jadi	Penadah <i>hollow galvalume</i>
Tenaga kerja sedang melakukan proses <i>packing</i>	Penadah <i>hollow galvalume</i>
<i>Crane</i> untuk mengangkat pita sedang digunakan pada mesin produksi yang lain atau bongkar muat	SMED
Aktivitas memindahkan batang yang bisa dilakukan oleh satu orang dilakukan oleh dua orang	Penadah <i>hollow galvalume</i>
Berhentinya aliran batang pada mesin <i>roll forming</i> setiap panjang batang mencapai empat meter	<i>Moving Slicer</i>

5.2.1 Identifikasi Usulan Perbaikan

Berdasarkan analisa pada subab sebelumnya didapatkan bahwa pada proses *slitting* tidak ada permasalahan yang mempengaruhi *waste*. Namun, pada proses *roll forming* terdapat banyak penyebab permasalahan. Oleh karena itu, usulan perbaikan akan difokuskan pada proses *roll forming*. Terdapat empat usulan *improvement* yang dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi *waste* yang ada. Usulan tersebut adalah: aplikasi penadah *hollow galvalume*, *moving slicer*, SMED, pelatihan *set-up* mesin *roll forming*. Berikut adalah penjelasannya:

1. Penadah *hollow galvalume*

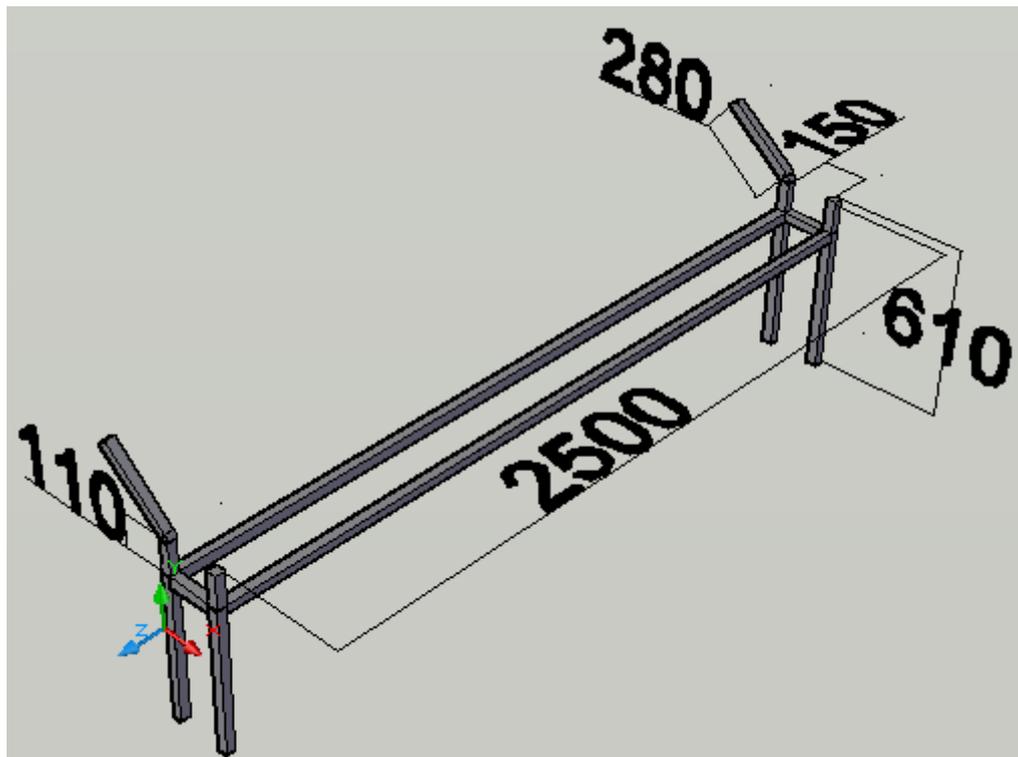
Pada kondisi *existing*, batang yang telah terpotong diambil oleh operator lalu di susun sampai lima batang kemudian diletakan pada wadah. Proses dilakukan berulang hingga mendapat delapan tumpuk ke samping. Kemudian operator meletakkan pengganjal diatas tumpukan untuk menumpuk batang-batang berikutnya. Setelah satu pita teralirkan hingga

habis, baru dilakukan proses pengikatan per-30 batang. Berikut adalah gambar kondisi *existing* pada aktivitas mengambil batang.



Gambar 5.1 Aktivitas Mengambil Batang *Hollow Galvalume* (Sumber PT. X)

Usulan perbaikan yang dirancang adalah dengan mengaplikasikan penadah *hollow galvalume* yang diletakan pada bagian ujung setelah porses pemotongan. Berikut adalah gambar desain penadah yang dikerjakan dengan *software* AutoCAD.



Gambar 5.2 Desain Penadah *Hollow Galvalume*
(Ukuran dalam milimeter)

Fungsi penadah tersebut adalah agar batang *hollow galvalume* yang telah terpotong dapat dibiarkan jatuh lalu tertampung tanpa perlu dipindahkan menggunakan tangan. Selain itu bentuk penadah memungkinkan tenaga kerja untuk langsung melakukan proses *packing* saat telah terkumpul 30 batang. Manfaat yang didapat adalah waktu *packing* menjadi paralel dengan waktu produksi *hollow galvalume* sehingga mempersingkat *lead time*. Selain itu juga mengurangi jumlah tenaga kerja dari dua per-mesin menjadi satu per-mesin.

Penadah ini terbuat dari bahan besi *hollow* dengan ukuran yang disesuaikan dengan tinggi mesin dan jumlah batang yang harus tertampung. Untuk membuat penadah tersebut dibutuhkan biaya besi *hollow* dan las. Besi yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Besi 150mm x 2 batang
- Besi 2500mm x 2 batang
- Besi 610mm x 2 batang

-Besi 890 (610+280) x 2 batang

Total panjang besi *hollow* yang dibutuhkan adalah 8.300 mm. Harga besi *hollow* adalah Rp100.000 per-6.000 mm. Dengan demikian biaya pembelian besi yang dibutuhkan adalah Rp138.334 per-8.300 mm. Sementara biaya pengelasan dan pembuatan adalah Rp150.000. Dengan demikian biaya investasi untuk penadah ini adalah Rp138.334 + Rp150.000 = Rp288.334. Jumlah mesin *roll forming* pada PT.X adalah tiga buah. Maka investasi untuk tiga mesin adalah **Rp865.000**. Biaya investasi tersebut akan dibandingkan dengan manfaat yang didapat. Berikut adalah manfaat yang didapat dari segi biaya:

- Mengurangi jumlah tenaga kerja satu per-mesin. Dengan demikian maka biaya gaji berkurang satu orang dimana gaji satu orang adalah Rp3.045.000/bulan/mesin (Sumber: PT. X). Jika dikalikan untuk tiga mesin maka pengeluaran perusahaan untuk gaji berkurang Rp9.135.000/bulan.
- Mengurangi satu tenaga kerja pada proses *packing*. Proses *packing* hanya membutuhkan satu orang tambahan sebab satu orang lainnya yang berada pada mesin *roll forming* ikut melakukan proses *packing*. Sehingga pengeluaran untuk gaji berkurang Rp3.045.000/bulan.
- Memaralelkan proses *packing* dengan *roll forming*. Dengan demikian maka *lead time* berkurang 800 detik yang jika digunakan untuk proses *roll forming* dapat menghasilkan 51 batang yang senilai dengan pendapatan Rp612.000/mesin. Jika dikalikan dengan jumlah hari kerja yaitu 25 hari dan dikalikan tiga mesin maka perusahaan mendapat tambahan pendapatan Rp45.900.000/bulan.

Total manfaat *financial* yang didapat adalah: Rp9.135.000 + Rp3.045.000 + Rp45.900.000 = **Rp58.080.000**

2. *Moving slicer*

Pada kondisi *existing*, *slicer* yang digunakan tidak bergerak mengikuti aliran batang sehingga saat memotong, aliran tersebut harus berhenti selama lima detik. Berikut adalah jenis *slicer* yang digunakan pada kondisi *existing*.



Gambar 5.3 *Existing Slicer*
(Sumber PT. X)

Berhentinya aliran batang selama 5 detik apabila dikalikan 400 batang menjadi 2000 detik atau sama dengan 33 menit 20 detik. Jika waktu tersebut dimanfaatkan untuk produksi tanpa waktu berhenti maka akan menghasilkan 129 batang. Usulan perbaikan yang dirancang adalah dengan mengganti *slicer* yang diam dengan *moving slicer*. Berikut adalah gambar *moving slicer* yang dimaksud.



Gambar 5.4 *Moving Slicer*
(Sumber PT. Serie Kurnia Utama)

Sistem kerja *moving slicer* adalah bergerak mengikuti kecepatan aliran batang pada saat batang yang jadi telah mencapai panjang 4 meter. Dengan demikian, batang tidak perlu berhenti melainkan pisaunya yang mengikuti aliran.

Biaya investasi yang meliputi pembelian , instalasi, dan pelatihan dari *moving slicer* adalah **Rp80.000.000,-** (Sumber: PT. Serie Kurnia Utama). Sementara untuk biaya energi yang dikeluarkan adalah 1,5 kwh. Biaya per-kwh adalah Rp1472,72 (Sumber: Obengplus.com). Sehingga biaya energi yang dikeluarkan untuk satu *moving slicer* selama satu *shift* adalah Rp15.464. Sehingga biaya energi per-bulan adalah **Rp386.600**. Umur alat ini mencapai empat tahun dimana kerusakannya pada tahun keempat terjadi pada bagian *bearing*. Biaya investasi tersebut akan dibandingkan dengan manfaat yang didapat. Berikut adalah manfaat yang didapat dari segi biaya:

- Menghilangkan waktu berhenti pada aliran batang. Waktu berhenti adalah lima detik per-batang. Jika dikalikan dengan jumlah batang yang dihasilkan dari satu pita yaitu 400 batang maka waktu untuk proses *roll forming* berkurang 2000 detik. Jika waktu tersebut diefektifkan untuk proses *roll forming* maka akan menghasilkan 130 batang yang sama dengan pendapatan Rp1.560.000/mesin. Apabila dikalikan untuk tiga mesin dan 25

hari kerja maka tambahan pengasilan yang didapat adalah **Rp117.000.000/bulan.**

3. SMED

Single Minute Exchange of Dies adalah metode untuk membuat proses *set-up* menjadi lebih cepat. SMED dapat diaplikasikan pada proses *roll forming*. Untuk proses *slitting* tidak diaplikasikan metode ini karena proses transportasi *coil* sudah menjadi aktivitas eksternal. Tahapan dalam mengerjakan SMED adalah mengklasifikasi aktivitas yang ada ke dalam aktivitas internal atau eksternal. Aktivitas internal adalah aktivitas yang dilakukan saat mesin berhenti sementara aktivitas eksternal adalah aktivitas yang dilakukan saat mesin berjalan. Berikut adalah penggolongan pada kondisi *existing* proses *set-up* mesin *roll forming*.

Tabel 5.5 Klasifikasi Aktivitas Internal Eksternal Proses *Set-up Roll Forming*

No.	Proses <i>Set-up</i> Mesin <i>Roll Forming</i>	Waktu (menit)	Klasifikasi
1	Menunggu <i>crane</i> yang sedang digunakan	15	Internal
2	Menggerakkan <i>crane</i> menuju inventori pita	5	Internal
3	Mencari pita di inventori	1	Internal
4	Memasang pita pada <i>crane</i>	2	Internal
5	Menggerakkan <i>crane</i> menuju mesin <i>roll forming</i>	3	Internal
6	Memasang pita pada mesin <i>roll forming</i>	2	Internal
7	Mengalirkan pita hingga ke ujung mesin sambil mengatur ketinggian <i>roll</i> di mesin	12	Internal
Total Waktu <i>Set-up</i>		40	

Pada tabel diatas terlihat bahwa pada kondisi *existing*, semua aktivitas *set-up* dilakukan secara internal yaitu setelah mesin berhenti. Usulan perbaikan yang dilakukan adalah dengan menjadikan beberapa aktivitas internal menjadi aktivitas eksternal. Berikut adalah tabel klasifikasi perbaikan.

Tabel 5.6 Klasifikasi Perbaikan Aktivitas Internal Eksternal Proses *Set-up Roll Forming*

No	Proses <i>Set-up</i> Mesin <i>Roll Forming</i>	Waktu (menit)	Klasifikasi Aktifitas	
			Existing	Perbaikan
1	Menunggu <i>crane</i> yang sedang digunakan	15	Internal	Eksternal
2	Menggerakkan <i>crane</i> menuju inventori pita	5	Internal	Eksternal
3	Mencari pita di inventori	1	Internal	Eksternal
4	Memasang pita pada <i>crane</i>	2	Internal	Eksternal
5	Menggerakkan <i>crane</i> menuju mesin <i>roll forming</i>	3	Internal	Eksternal
6	Memasang pita pada mesin <i>roll forming</i>	2	Internal	Internal
7	Mengalirkan pita hingga ke ujung mesin sambil mengatur ketinggian <i>roll</i> di mesin	12	Internal	Internal
Total Waktu Internal (dilakukan saat mesin berhenti)		14		
Total Waktu Eksternal (dilakukan saat mesin berjalan)		26		

Dengan perbaikan SMED maka aktivitas menggerakkan *crane* menuju inventori pita, mencari pita di inventori, memasang pita pada *crane*, dan menggerakkan *crane* menuju mesin *roll forming* dilakukan saat mesin masih berjalan. Aktivitas-aktivitas tersebut dilakukan oleh pekerja dibagian transportasi sehingga tidak membutuhkan tambahan tenaga kerja. Aktivitas menggerakkan *crane* menuju inventori pita dimulai 11 menit sebelum pita habis. Waktu ini didapat berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan *crane* ke inventori pita sampai siap memasang pita pada mesin *roll forming*. Waktu 11 menit dapat disadari oleh operator dengan melihat sisa panjang pita pada mesin *roll forming*. Waktu 11 menit tersebut sama dengan sisa panjang pita 170,33 m. Kemudian saat *crane* pembawa pita sampai pada mesin *roll forming*, mesin telah selesai memproses pita sebelumnya. Sehingga dapat dilakukan aktivitas *set-up* yang harus dilakukan saat mesin berhenti yaitu memasang pita pada *hanger* dan mengalirkan pita hingga ke ujung mesin sambil mengatur ketinggian *roll*. Hasilnya adalah waktu *set-up* yang dilakukan pada saat mesin berhenti berkurang dari 40 menit menjadi 14 menit. Selisih waktu 26 menit tersebut jika diefektifkan untuk proses *roll forming* maka akan menghasilkan 100 batang yang sama dengan tambahan pendapatan

Rp1.200.000 mesin. Jika dikalikan 25 hari kerja dan tiga mesin maka menjadi **Rp90.000.000/bulan**.

4. Pelatihan *set-up* dan *maintenance* mesin *roll forming*

Pada produksi *hollow galvalume* SQ di PT. X, *defect* terjadi pada saat proses *set-up*. Kurangnya pengetahuan operator dalam menangani mesin menjadi penyebab dari terjadinya *defect*. Usulan perbaikan yang diberikan adalah dengan mengadakan pelatihan mesin *roll forming*. Pelatihan dapat diberikan dari pihak produsen mesin. Berdasarkan sumber dari PT. Serie Kurnia Utama biaya yang dikeluarkan untuk pelatihan adalah Rp25.000.000 untuk dua orang dalam waktu dua minggu. Namun, biaya untuk pelatihan akan diberikan *free* jika membeli mesin. Pada usulan perbaikan ketiga, pembelian mesin *slicer* dilakukan juga pada PT. Serie Kurnia Utama. Karena itu, biaya pelatihan ini sudah termasuk kedalam biaya investasi *moving slicer*.

Manfaat dari pelatihan *set-up* ini adalah berkurangnya waktu *set-up* efektif dari 14 menit menjadi sembilan menit. Selisih waktu lima menit apabila diefektifkan untuk produksi maka dapat menghasilkan 19 batang atau sama dengan Rp228.000. Jika dikalikan tiga mesin dan 25 hari maka akan menghasilkan tambahan pendapatan sebesar **Rp17.100.000/bulan**.

5.2.2 Analisa Usulan Perbaikan

Pada bagian ini usulan perbaikan akan diseleksi dari manfaatnya terhadap aspek *financial* dan *lead time*.

5.2.2.1 Analisa *Financial*

Masing-masing usulan perbaikan membutuhkan biaya investasi yang berbeda-beda. Biaya investasi tersebut dibandingkan dengan manfaatnya. Berikut adalah tabel yang memperlihatkan perbandingan biaya investasi dengan manfaat finansial yang didapat dan juga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *break event point*.

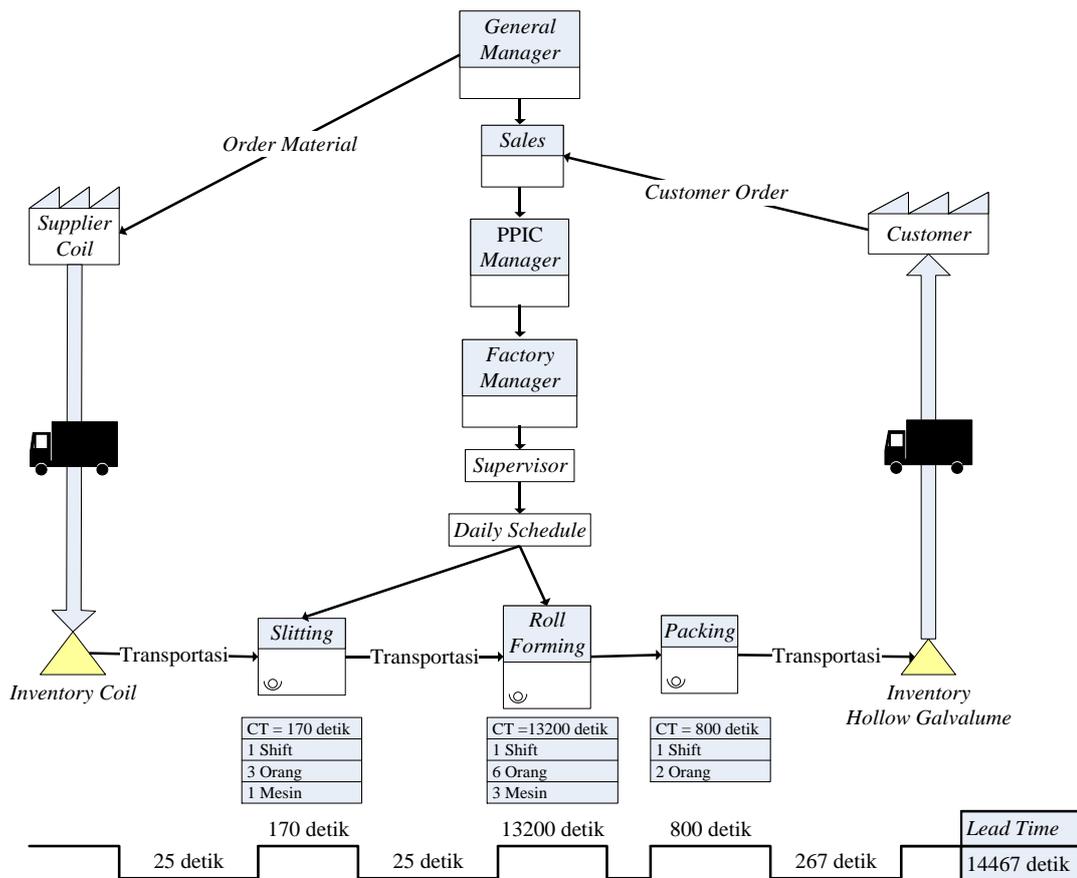
Tabel 5.7 Perbandingan Biaya Investasi dengan Manfaat Finansial

Usulan Perbaikan	Biaya Investasi	Keuntungan Financial (Per-Bulan)	Waktu BEP
Penadah <i>hollow galvalume</i>	Rp865.000	Rp58.080.000	< 1 bulan
<i>Moving slicer</i>	Rp240.000.000 + biaya energi Rp386.600/bulan	Rp115.840.200	2 Bulan, 2 Hari
SMED	-	Rp90.000.000	< 1 bulan
Pelatihan <i>Set-up Roll Forming</i>	Sudah termasuk dalam investasi <i>moving slicer</i>	Rp17.100.000	< 1 bulan

Berdasarkan hasil pengukuran dapat terlihat bahwa dari segi investasi yang terkecil adalah penerapan SMED. Sementara aplikasi *moving slicer* memberikan manfaat terbesar namun juga membutuhkan investasi yang besar sehingga baik untuk keuntungan jangka diatas dua bulan.

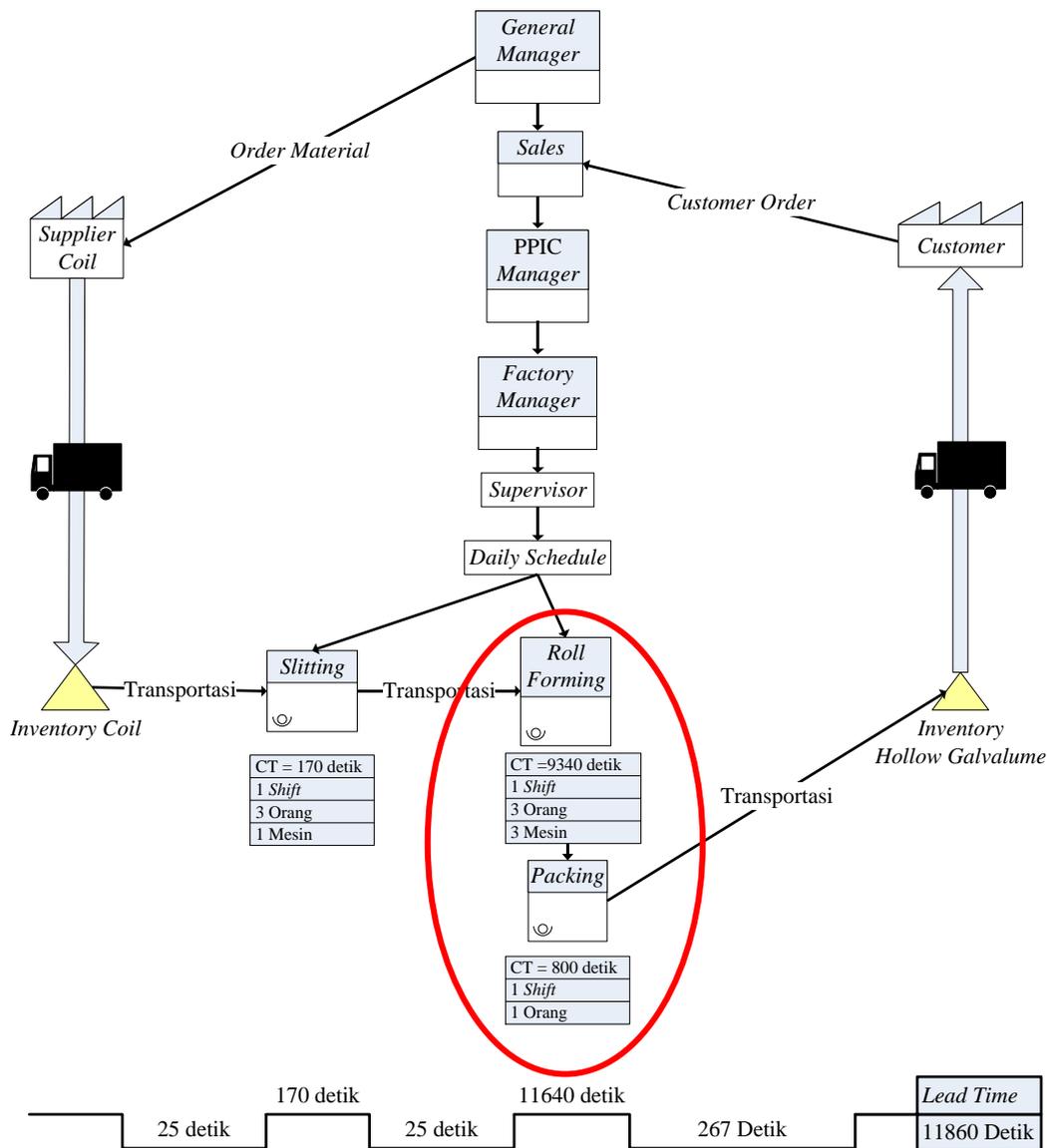
5.2.2.2 Analisa Value Stream Map

Untuk memperlihatkan manfaat dari usulan perbaikan dari segi *lead time* maka pada bagian ini akan disajikan *current state map* dan *future state map* sebagai perbandingan. Berikut adalah *current state map* proses produksi *hollow galvalume SQ* di PT. X.



Gambar 5.5 VSM Current State Produksi Hollow Galvalume SQ PT. X

Pada *current state map*, *lead time* yang dibutuhkan adalah 14467 detik untuk 400 batang *hollow galvalume SQ*. Berikut adalah *future state map* proses produksi *hollow galvalume SQ* di PT. X.



Gambar 5.6 VSM Future State Produksi Hollow Galvalume SQ PT. X

Pada *future state map*, lead time yang dibutuhkan adalah 11860 detik untuk 400 batang *hollow galvalume SQ*. Selisih waktu dengan *current state* adalah 2607 detik. Perbedaan yang tampak antara *current state* dengan *future state map* adalah:

1. Jumlah pekerja pada proses *roll forming* berubah dari 6 orang menjadi 3 orang per-mesin.
2. Jumlah pekerja pada proses *packing* berubah dari 2 orang menjadi 1 orang.
3. Proses *packing* dilakukan paralel dengan proses *roll forming*.

4. Waktu untuk proses *roll forming* berkurang dari 13.200 detik menjadi 9.340 detik dikarenakan penerapan SMED (selisih 300 detik), *moving slicer* (selisih 1560 detik), dan pelatihan yang mengurangi waktu *set-up* (selisih 2000 detik).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian kedepannya.

6.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan dari penelitian ini:

1. *Waste* kritis yang terdapat pada proses produksi *hollow galvalume SQ 1535* pada PT. X adalah *wating* yang menghasilkan kerugian sebesar Rp128.361.863 per-bulan, *over-processing* yang menghasilkan kerugian sebesar Rp125.235.000 per-bulan, dan *defect* yang menghasilkan kerugian sebesar Rp76.877.129 per-bulan.
2. Akar penyebab dari pemborosan adalah tenaga kerja kurang ahli melakukan *set-up* mesin *roll forming*, tenaga kerja menghentikan mesin untuk meletakkan pengganjal pada tumpukan produk jadi, tenaga kerja sedang melakukan proses *packing*, *crane* untuk mengangkat pita sedang digunakan pada mesin produksi yang lain atau bongkar muat, aktivitas memindahkan batang yang bisa dilakukan oleh satu orang dilakukan oleh dua orang, dan berhentinya aliran batang pada mesin *roll forming* setiap panjang batang mencapai empat meter.
5. Usulan perbaikan untuk mereduksi *waste* adalah aplikasi penadah *hollow galvalume* yang membutuhkan biaya investasi Rp865.000 menghasilkan keuntungan sebesar Rp58.080.000 per-bulan. Kemudian aplikasi *moving slicer* yang membutuhkan biaya investasi Rp240.000.000 + biaya energi Rp386.600/bulan menghasilkan keuntungan sebesar Rp115.840.200 per-bulan. Kemudian aplikasi SMED yang menghasilkan keuntungan sebesar Rp90.000.000 per-bulan. Kemudian pelatihan *set-up* mesin *roll forming* yang menghasilkan keuntungan sebesar Rp17.100.000 per-bulan. Penerapan SMED memberikan pengurangan *lead time* 300 detik, *moving slicer* 1560 detik, dan pelatihan *set-up* 2000 detik. Dengan usulan

perbaikan tersebut *lead time* produksi *hollow galvalume* SQ 1535 berkurang dari 13.200 detik menjadi 9.340 detik per-satu pita atau 400 batang.

6.2 Saran

Berikut adalah saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Dilakukan proses *controlling* dari penerapan usulan perbaikan.
2. Perusahaan membangun sistem kontrol yang lebih baik dengan mendata terjadinya *defect* atau *downtime* secara detil per-jenis kejadian.

DAFTAR PUSTAKA

- Apel, W., 2007. *Value Stream Mapping for Lean Manufacturing Implementation*. Huazhong: Huazhong University of Science and Technology.
- Atarogen, C. & Chouseinoglou, O., 2014. A Case Study in Defect Measurement and Root Cause Analysis in a Turkish Software Organization. *Software Engineering Research, Management and Applications, Springer*, pp. 55-72.
- Domingo, T., *Identifying and Eliminating The Seven Wastes or Muda*, Asian Institute of Management.
- Garspersz, V., 2006. *Continuous cost reduction through lean-sigma approach: strategi dramatik reduksi biaya dan pemborosan menggunakan pendekatan lean-sigma*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V., 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA dan HACCP*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- George, Michael L., 2002. *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality With Lean Speed*. New York: McGraw-Hill.
- Hines. 2000. *Going Lean*
<URL:<http://www.cf.ac.uk/carbs/lom/learn/centre/publications>>. Diakses pada 13 April 2016.
- Jerry. *Steel Coil Crane*.<URL: <http://depositphotos.com/14564737/stock-photo-steel-coil-crane.html>>. Diakses 15 November 2016.
- Mesinbajaringan.com. 2014. *Mesin Produksi Hollow Galvalume* <URL: <http://mesinbajaringan-mesinhollowlipat.blogspot.co.id/2014/10/harga-mesin-hollow-galvalum-harga-mesin.html>>. Diakses 11 November 2016.
- Obengplus.com. 2016. *Daftar Tarif Dasar Listrik PLN 2017* <URL: <http://obengplus.com/articles/4518/1/Daftar-tarif-dasar-listrik-PLN-2017-dan-Cek-Tagihan-Listrik-Online.html#.WF3mL9J95H0>>. Diakses 18 Desember 2016.

- PT. Serie Kurnia Utama. 2015. *Mesin Hollow Galvalume Las PTSKU* <URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7zCVMM3vMN8>>. Diakses 13 Desember 2016.
- Quick Changeover Single Minute Exchange of Dies* <URL: <http://www.engr.mun.ca/~adfischer/7943-05/Lean/7%20SMED.pdf>>. Diakses pada 20 Desember 2016.
- Subramaniam, P. & Srinivasan, K., 2011. An Innovative Lean Six Sigma Approach for Engineering Design.
- Sitorus, P. M. T., 2011. *Quality planning improvement with lean six sigma approach and economic valuation with willingness to pay: Case in PT Telekomunikasi Indonesia. s.l., IEEE International Summer Conference of Asia Pacific.*
- Sondalini, M., 2004. Understanding How to Use the 5-whys gor Root Cause Analysis. *Lifetime Reliability.*
- Wijaya, R. H. & Rahardjo, J., 2013. Penurunan TIngkat Kecacatan Produk di CV Omega Plastics. *Jurnal Titra*, 1(2), pp. 141-148.
- Womack, J. P. & Jones, D. T., 2007. *The Machine that changed the world: the story of lean production-Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry.* s.l.:Simon and Schuster.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Ludwig Nathanael Ariadi. Lahir di Jakarta 23 September 1994. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan mulai dari TK Karina Sayang Rawa Buaya Jakarta Barat (1997-2000), SD Trinitas Rawa Buaya Jakarta Barat (2000-2006), SMP Trinitas Rawa Buaya Jakarta Barat (2006-2009), SMA Stella Maris BSD Tangerang Selatan (2009-2012), serta S1 Jurusan Teknik Industri ITS Surabaya (2012-2017). Selama masa sekolah penulis pernah menjabat sebagai ketua kelas dan menjuarai kompetisi band tingkat tangerang selatan. Selama masa kuliah, penulis menjadi koordinator Entrepreneur Club Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS (2013-2014). Penulis juga mengikuti berbagai kepanitiaan diantaranya menjadi koordinator Sekolah Budaya ITS Expo 2014. Penulis juga mendapat prestasi seperti menjuarai lomba Inovation Design Exhibition 2014, juga lomba cipta lagu Indie Gospel Music Competition. Semasa kuliah di tingkat akhir, penulis menjalani bisnis minuman dan juga menjadi seorang guru gitar. Penulis dapat dihubungi melalui email ludwiq.nathanael@gmail.com.