TUGAS AKHIR – TI 184833

EVALUASI PERGUDANGAN DENGAN PENDEKATAN *LEAN WAREHOUSING* DAN *LINEAR PROGRAMMING* (STUDI KASUS PT. X)

NAUFAL GHANI IBRAHIM
NRP. 02411640000112

Dosen Pembimbing:
Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.
NIP. 197705232000031002

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

TUGAS AKHIR – TI 184833

EVALUASI PERGUDANGAN DENGAN PENDEKATAN *LEAN WAREHOUSING* DAN *LINEAR PROGRAMMING* (STUDI KASUS PT. X)

NAUFAL GHANI IBRAHIM
NRP. 02411640000112

Dosen Pembimbing:
Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.
NIP. 197705232000031002

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

FINAL PROJECT – TI 184833

WAREHOUSE IMPROVEMENT EVALUATION USING LEAN WAREHOUSING AND LINEAR PROGRAMMING APPROACH (CASE STUDY PT. X)

NAUFAL GHANI IBRAHIM
NRP. 02411640000112

Supervisor:
Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.
NIP. 197705232000031002

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEM ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI PERGUDANGAN DENGAN PENDEKATAN *LEAN WAREHOUSING* DAN *LINEAR PROGRAMMING* (STUDI KASUS PT. X)

TUGAS AKHIR

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

Penulis:

NAUFAL GHANI IBRAHIM

NRP 02411640000112

Disetujui oleh
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Yudha Prasetyawan ST, M.Eng.

NIP. 1977 0523 2000 03 1002

SURABAYA, AGUSTUS 2020

EVALUASI PERGUDANGAN DENGAN PENDEKATAN *LEAN WAREHOUSING* DAN *LINEAR PROGRAMMING* (STUDI KASUS PT. X)

Nama Mahasiswa	: Naufal Ghani Ibrahim
NRP	: 02411640000112
Departemen	: Teknik Sistem dan Industri FTIRS – ITS
Dosen Pembimbing	: Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

PT X adalah perusahaan yang memproduksi alat kesehatan yang berfokus pada implan ortopedi yang saat ini masih didominasi oleh produk impor. Beberapa produk yang diproduksi oleh PT X antara lain: *straight plate, angled blade plates, special plates, dynamic hip screw plates* dan *bone screws*. PT X berdiri pada tahun 2017 sehingga masih terdapat beberapa masalah yang dapat menyebabkan proses produksi menjadi terhambat, terutama di area gudang. Meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pergudangan untuk meminimalkan pemborosan (*waste*) adalah langkah yang harus dilakukan. Menerapkan konsep *lean manufacturing* adalah salah satu metode untuk mengurangi *waste*. Konsep *lean manufacturing* untuk *warehouse* telah diterapkan selama dua dekade terakhir untuk meningkatkan logistik internal perusahaan. Penerapan prinsip *lean* di perusahaan tidak hanya dilakukan diarea manufaktur, tetapi juga dalam semua proses yang dilakukan di dalam perusahaan. Penerapan prinsip *lean* di area gudang adalah salah satu langkah untuk meningkatkan proses dan kinerja gudang. Sebagian besar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya hanya berfokus pada pengurangan *waste* dan belum mempertimbangkan biaya implementasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi *waste* yang mungkin dapat muncul dalam proses pergudangan menggunakan *value stream mapping*. Setelah *waste* berhasil diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah melakukan perbaikan dengan menggunakan aktivitas rekomendasi perbaikan dan menghitung manfaat yang diberikan dengan *linear programming*. Dari hasil pengolahan data yang dilakukan, *cycle time* yang ditempuh oleh gudang bahan baku dan produk jadi secara berurut sebesar 48,6 menit dan 67,3 menit. Melalui perhitungan *linear programming,* rekomendasi yang diusulkan berupa penerapan label dengan *barcode,* pemasangan ERP dan penerapan *E-Kanban.* Dengan pendekatan simulasi, penerapan rekomendasi perbaikan yang diberikan dapat menghilangkan beberapa *waste* yang ada pada gudang sehingga, *cycle time* yang ditempuh oleh gudang bahan baku dan produk jadi secara berurut menjadi 41,2 menit dan 59,8 menit.

Kata Kunci: *Lean Warehousing, Warehouse, Waste, Value Stream Mapping, Process Activity Mapping, Linear programming*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

WAREHOUSE IMPROVEMENT EVALUATION USING LEAN WAREHOUSING AND LINEAR PROGRAMMING APPROACH (CASE STUDY PT. X)

Name of Student	: Naufal Ghani Ibrahim
NRP	: 02411640000112
Department	: Systems and Industrial Engineering FTIRS – ITS
Supervisor	: Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

PT X is a manufacturer of medical devices that focussed on orthopedic implants which are currently still dominated by imported products. There are several products that prodeced by PT X such as: straight plate, angled blade plates, special plates, dynamic hip screw plates and bone screws. PT X was established in 2017 so that there are some problems that might cause the production process to be hamperd, especially in warehouse area. Increasing effectiveness and efficiency of the warehousing processes to minimizing waste are steps that must be done. Implementing lean manufacturing is one of the methods to reduce waste. Lean manufacturing concept have been applied for the last two decades to improve company's internal logistic. The acceptance of lean philosophy in the company means not only respecting the lean principles in the manufacturing area, but also in all the process that performed inside the company. The implementation of lean principles in the warehouse area is a certain step of improvement warehouse process and performance, but also the whole company. Most of the research that has been done before only focused on eliminate waste and didn't consider the implementation cost. This research's objective is to identify waste that might be able to appear in warehousing process using value stream mapping. After the waste successfully identified, the next step is doing improvement using recommended activities for improvement and count the implementation cost using linear programming. Based on data processed, cycle time for raw material warehouse and finished good warehouse are 48,6 minutes and 67,3 minutes, respectively. Through linear programming calculations, the recommendations proposed are using barcode labelling, ERP installation and E-Kanban application. With a simulation approach, the implementation of recommendations for improvement can eliminate some of the waste in warehouse so the cycle time for raw material warehouse and finished good warehouse in sequence becomes 41,2 minutes and 59,8 minutes.

Keywords: Lean Warehousing, Warehouse, Waste, Value Stream Mapping, Process Activity Mapping, Linear programming

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir berjudul "Evaluasi Pergudangan dengan Pendekatan *Lean Warehousing* dan *Linear Programming* (STUDI KASUS PT. X)". Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi S-1 di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem (FTIRS), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Bapak Yudha Prasetyawan, ST.,M.Eng. selaku pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini, atas segala bimbingan dan arahan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Bapak Zaki Ilham dan Bapak Teguh Hari sebagai pembimbing di perusahaan penelitian dan seluruh pihak terkait PT. X atas segala bantuan, masukan dan keterbukaannya selama menjadi objek amatan dari penelitian Tugas Akhir ini.
3. Kedua orang tua dan keluarga atas segala dukungan dan doa sehingga penyusunan Tugas Akhir ini berjalan dengan baik.
4. Seluruh teman-teman dan semua pihak terkait, atas segala bantuan, bimbingan dan dukungannya selama menulis Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan sebagai motivasi dalam rangka pengembangan diri menjadi lebih baik. Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

ABSTRAK i

ABSTRACT iii

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xiii

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 5

1.3. Tujuan Penelitian 5

1.4. Manfaat Penelitian 5

1.5. Ruang Lingkup Penelitian 5

1.5.1 Batasan 6

1.5.2. Asumsi 6

1.6. Sistematika Penelitian 6

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 9

2.1. Konsep *Lean* 9

2.1.1. Klasifikasi Aktivitas 10

2.1.2. *Waste* 11

2.1.3. *Big Picture Mapping* 12

2.1.4. *Process Activity Mapping* 17

2.2. Gudang 18

2.2.1. Jenis-jenis Gudang 18

2.2.2. Aktivitas Gudang 19

2.2.3. Kebijakan Penyimpanan 20

2.3. *Waste Reduction Practice* 21

2.4. 5 *Why's* 25

2.5. *Linear Programming* 26

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 29

3.1 Pembuatan Model Lean Warehousing 30

3.2 Pembuatan Model Linear Programming 31

3.3 Pembuatan *Future State Value Stream Mapping* 32

3.4 Penarikan Kesimpulan dan Saran 32

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 33

4.1. Profil Perusahaan 33

4.2. Gudang PT. X 34

4.3. Aktivitas Pergudangan PT. X 39

4.3.1. Value Stream Mapping (VSM) 39

4.3.2. Process Activity Mapping (PAM) 42

4.4. Identifikasi *Waste* 47

4.5. Hasil Identifikasi *Waste* 49

4.6. Identifikasi Akar Penyebab *Waste* 51

4.7. *Linear Programming* 54

4.8. *Future State Value Stream Mapping* 57

BAB V ANALISA DAN REKOMENDASI PERBAIKAN 61

5.1. Analisa *Value Stream Mapping* 61

5.2. Analisa *Process Activity Mapping* 62

5.3. Analisa Identifikasi *Waste* 65

5.4. Analisa Akar Penyebab *Waste* 67

5.5. Analisa Rekomendasi Perbaikan Berdasarkan Hasil *Linear Programming* dan *Future State Value Stream Mapping* 68

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 73
6.1. Kesimpulan 73
6.2. Saran 74
6.2.1. Saran Untuk Perusahaan: 74
6.2.2. Saran Untuk Penelitian Selanjutnya: 74
DAFTAR PUSTAKA 75
LAMPIRAN 79

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 *Process Activity Mapping* 18
Tabel 2.2 *Waste Reduction Practices* 23
Tabel 2.2 *Waste Reduction Practices* (Lanjutan)..... 24
Tabel 4.1 PAM Gudang Bahan Baku..... 43
Tabel 4.1 PAM Gudang Bahan Baku (Lanjutan)..... 44
Tabel 4.2 PAM Gudang Produk Jadi 45
Tabel 4.2 PAM Gudang Produk Jadi (Lanjutan) 46
Tabel 4.3 Rekap Hasil *Process Activity Mapping* untuk Gudang Bahan Baku 47
Tabel 4.4 Rekap Hasil *Process Activity Mapping* untuk Gudang Produk Jadi..... 47
Tabel 4.5 Hasil Identifikasi *Waste* 49
Tabel 4.5 Hasil Identifikasi *Waste* (Lanjutan) 50
Tabel 4.6 Identifikasi Akar Penyebab *Waste* 52
Tabel 4.6 Identifikasi Akar Penyebab *Waste* (Lanjutan) 53
Tabel 4.7 *Detail* Aspek Alternatif Rekomendasii Perbaikan..... 54
Tabel 4.8 Kombinasi Alternatif..... 55
Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil *Linear Programming* 57
Tabel 5.1 Klasifikasi Aktivitas Gudang Bahan Baku Berdasarkan Jumlah..... 62
Tabel 5.2 Klasifikasi Aktivitas Gudang Bahan Baku Berdasarkan Waktu..... 63
Tabel 5.3 Klasifikasi Aktivitas Gudang Produk Jadi Berdasarkan Jumlah 64
Tabel 5.4 Klasifikasi Aktivitas Gudang Produk Jadi Berdasarkan Waktu 64
Tabel 5.5 Perbedaan Waktu pada Gudang Bahan Baku 69
Tabel 5.5 Perbedaan Waktu pada Gudang Bahan Baku (Lanjutan)..... 70
Tabel 5.6 Perbedaan Waktu pada Gudang Produk Jadi 70
Tabel 5.7 Perbedaan Waktu pada Gudang Produk Jadi (Lanjutan) 71

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Simbol *Big Picture Mapping* 12
Gambar 2. 2 Tahap 1 *Big Picture Mapping* 13
Gambar 2. 3 Tahap 2 *Big Picture Mapping* 14
Gambar 2. 4 Tahap 3 *Big Picture Mapping* 15
Gambar 2. 5 Tahap 4 *Big Picture Mapping* 16
Gambar 2. 6 Tahap 5 *Big Picture Mapping* 17
Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian Tugas Akhir (a) 29
Gambar 3. 2 *Flowchart* Penelitian Tugas Akhir (b) 30
Gambar 4.1 Struktur Organisasi Departemen *Warehouse* 34
Gambar 4.2 AKtivitas Gudang di PT X 35
Gambar 4.3 Ilustrasi Rak Penyimpanan 37
Gambar 4.4 *Layout* Gudang Bahan Baku (Gudang 1) 38
Gambar 4.5 Layout Gudang Produk Jadi (Gudang 3) 38
Gambar 4.6 VSM Gudang Bahan Baku (Gudang 1) 40
Gambar 4.7 VSM Gudang Produk Jadi (Gudang 3) 41
Gambar 4.8 Contoh *running* Excel Solver 56
Gambar 4.9 *Future* VSM Gudang Bahan Baku (Gudang 1) 59
Gambar 4.10 *Future* VSM Gudang Produk Jadi (Gudang 3) 60

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1
PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini akan dijelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian.

1.1. Latar Belakang

Salah satu aspek yang berperan penting dalam proses bisnis pada perusahaan khususnya pada kegiatan *supply chain management* (SCM) atau rantai pasok adalah kualitas. Hubungan kualitas dengan kegiatan SCM terjadi pada aktivitas *inbound logistics* hingga *outbound logistics* seperti aktivitas perencanaan produksi, pengadaan bahan baku, proses manufaktur, penyimpanan produk jadi, hingga aktivitas pendistribusian. Perusahaan harus memastikan bahan baku yang diperoleh dari aktivitas pengadaan sesuai dengan kualitas yang telah ditetapkan, proses manufaktur juga harus menghasilkan kualitas produk yang sesuai dengan ekspektasi pelanggan dan proses penyimpanan serta pendistribusian barang harus berlangsung dengan baik agar dapat mencapai *service level* yang ditetapkan oleh perusahaan. Target akhir dari kegiatan SCM yaitu produk sampai pada tujuan dengan cepat dan tepat sehingga tidak mendapatkan klaim dari pelanggan dikarenakan produk tidak sesuai spesifikasi.

Pada industri manufaktur, salah satu bagian utama dalam menunjang aktivitas SCM adalah gudang, yang berperan untuk penyimpanan dan pemeliharaan produk jadi dalam jangka waktu tertentu yang selanjutnya produk tersebut akan dikirim ke pelanggan sesuai dengan jadwal dan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Selain produk jadi, bahan baku juga disimpan dalam gudang agar proses produksi dapat berjalan sesuai dengan rencana yang telah disusun. Secara garis besar, aktivitas yang terdapat pada gudang berupa bongkar pada proses penerimaan bahan baku ataupun produk jadi (*unloading material*), pemindahan bahan baku ataupun produk jadi (*material handling*), penumpukan dan peyimpanan bahan baku ataupun produk jadi (*stacking*) dan proses muat

untuk pengiriman produk jadi (*loading*). Gudang menjadi salah satu aspek krusial bagi perusahaan dalam memberikan *service level* yang optimal kepada pelanggan. Untuk mencapai hal tersebut maka seluruh aktivitas pergudangan harus berjalan secara efektif dan efisien. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memastikan setiap aktivitas pergudangan memiliki nilai tambah (*value added*) adalah (Oey & Nofrimurti , 2018) komunikasi dan koordinasi antar fungsi dalam perusahaan seperti pemasaran, PPIC, *human capital, finance*, dan lain-lain (Anđelković et al., 2017).

Proses dan aktivitas yang ada pada area gudang harus berjalan secara efektif dan efisien agar *service level* perusahaan dapat meningkat. Upaya yang dapat dilakukan agar proses pergudangan dapat berlangsung dengan efektif dan efisien adalah dengan melakukan seluruh aktivitas secara benar dan tepat. Pendekatan yang dapat dilakukan agar aktivitas pergudangan dapat berjalan dengan efektif dn efisien adalah dengan menggunakan pendekatan konsep *lean*. Pendekatan *lean* pada area gudang dikenal dengan *lean warehousing*. Pendekatan *lean warehousing* bertujuan untuk meningkatkan fungsi gudang untuk merespon kebutuhan pelanggan secara cepat melalui pengurangan *storage space* dan *inventory* bersamaan dengan adanya peningkatan akurasi (Sharma & Shah , 2016). *Lean warehousing* berfokus untuk meminimalisasi *waste* pada aktivitas pergudangan seperti *receiving*, *put-away*, *picking*, dan *shipping*. Maka dalam melakukan hal tersebut perusahaan harus mampu mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada setiap aktivitasnya. Sama halnya dengan konsep *lean*, pada aktivitas pergudangan juga terdapat 7 macam *waste* yaitu *transportation*, *unnecessary inventory*, *unnecessary motion*, *waiting*, *over processing*, *overproduction*, dan *defects*.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Jaca et al. (2012) menunjukkan bahwa penerapan *lean* pada area gudang dapat meningkatkan produktivitas dan *competitive advantage* perusahaan sebesar 9,34%. Penelitian yang dilakukan oleh McKinsey & Company pada tahun 2010 (Alicke and Lösch, 2010) menunjukkan bahwa apabila aktivitas gudang dapat berjalan efektif dan efisien maka perusahaan memiliki potensi penghematan pada beberapa aspek seperti *people* (dengan cara meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas pekerja) dengan

penghematan sebesar 1-5%, aspek *processes* (mengurangi *handling steps* terhadap produk pada proses penerimaan hingga pengiriman) mampu menghemat sebesar 4-9%, aspek *performance management* (memastikan adanya *continuous improvement*) mampu menghemat sebesar 2-5%, dan aspek *layout* dengan (menata *layout* sesuai dengan kebutuhan) mampu menghemat sebesar 3-4 % (Oey & Nofrimurti , 2018).

PT X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri alat kesehatan. Produk alat kesehatan PT X berfokus pada produksi implan ortopedi. Klaim dari PT X menyebutkan bahwa 98% alat kesehatan yang digunakan di Indonesia merupakan alat kesehatan impor. Sedangkan 95% implan ortopedi yang digunakan di Indonesia merupakan produk impor. Beberapa produk yang dihasilkan oleh PT X antara lain: *straight plate, angled blade plates, special plates, dynamic hip screw plates* dan *bone screws.* PT X merupakan perusahaan yang relatif baru sehingga masih terdapat beberapa permasalahan yang terjadi, terutama pada gudang yang mengindikasikan terjadinya *waste* atau pemborosan. Gudang yang dimiliki PT X berjumlah 4. Gudang 1 digunakan untuk menyimpan bahan baku, gudang 2 digunakan untuk menyimpan *spare part* dan *tool* (MRO), gudang 3 digunakan untuk menyimpan produk jadi dan gudang 4 digunakan untuk menyimpan produk jadi yang siap dikirim ke distributor.

Salah satu indikasi pemborosan yang kerap terjadi adalah *unnecessary motion*. Indikasi pemborosan tersebut terjadi karena sistem penyimpanan pada PT X menggunakan *random storage policy* yang dimana ketika ada ruang rak yang kosong maka dapat ditempati oleh barang. *Policy* ini menyebabkan operator gudang mengalami kesulitan untuk mencari barang karena posisi barang yang tidak berada pada rak yang tetap (*dedicated*). Dengan menerapkan sistem *random storage*, operator gudang harus selalu memindahkan dan merapihkan posisi barang agar selalu ada ruang rak yang kosong dan siap diisi oleh barang yang datang (baik bahan baku untuk gudang bahan baku maupun produk jadi untuk gudang produk jadi).

Selain disebabkan karena sistem penyimpanan, indikasi pemborosan *motion* juga terjadi karena belum meratanya penggunaan label untuk setiap rak pada gudang sehingga terkadang operator cukup kesulitan mencari barang. Penggunaan

label untuk setiap barang hanya terdapat pada gudang 2. Gudang 3 hanya menggunakan kartu stok sebagai penanda sedangkan untuk gudang 1 dan 4 belum menggunakan label. Tanpa adanya label pada rak untuk gudang 1, terkadang operator membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencari bahan baku karena operator harus mencari bahan baku satu persatu. Dengan demikian, indikasi pemborosan yang akan muncul bukan hanya *motion*¸tetapi juga *transportation* dan juga *waiting*.

Permasalahan lain yang terjadi pada gudang PT X adalah belum adanya SOP tertulis terkait proses pergudangan seperti penerimaan barang ataupun pengeluaran bahan baku menuju lantai produksi. Tanpa adanya SOP yang tertulis dapat menyebabkan indikasi pemborosan berupa *motion* karena memungkinkan terjadinya gerakan-gerakan atau aktivitas yang tidak diperlukan dalam proses pergudangan. Aktivitas yang tidak diperlukan tersebut juga dapat memperlama waktu proses pergudangan yang ada pada PT X.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan, terdapat beberapa indikasi pemborosan yang dapat menyebabkan proses pergudangan menjadi kurang efektif dan efisien. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan identifikasi *waste* sehingga dapat meminimasi terjadinya pemborosan yang ada. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu menggunakan *lean warehousing* yang merupakan turuan dari *lean manufacturing*. Dalam penelitian ini, *tool* yang digunakan dalam penyelesaian masalah dengan pendekatan *lean* adalah *process activity mapping* (PAM) dan *value stream mapping* (VSM) untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste* dengan mengelompokkan aktivitas kedalam kelompok *value added* dan *non-value added* serta *linear programming*. Penggunaan *linear programming* bertujuan memilih rekomendasi aktivitas perbaikan yang menghasilkan biaya investasi/implementasi terendah. Variabel yang akan digunakan dalam *linear programming* adalah *man power* (jumlah operator), *machine* (jumlah *material handling*), *inventory holding cost* dan *total investment cost*. Fungsi tujuan pada *linear programming* ini adalah memilih *lean tools* dengan total biaya terendah. Total biaya terendah didapatan dari penjumlahan *investment cost, man power cost, machine cost* dan *inventory holding cost*.

Penelitian ini diharapkan mampu untuk memberikan sebuah alternatif rekomendasi aktivitas perbaikan dengan pendekatan *lean warehousing* dan *linear programming* yang dapat diterapkan pada gudang PT X.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang penelitian di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana memilih rekomendasi aktivitas perbaikan yang tepat dengan mempertimbangkan manfaat tertinggi menggunakan *linear programming*.

1.3. Tujuan Penelitian

Berikut ini merupakan tujuan dari dilaksanakannya penelitian

1. Mengidentifikasi *waste* atau *non value added activity* yang terjadi dalam area gudang secara umum.
2. Membuat *current state value stream mapping* dan *future state value stream mapping.*
3. Menentukan rekomendasi aktivitas perbaikan untuk mengurangi *waste* dengan hasil yang optimal berdasarkan *linear programming*

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan terkait pemilihan lean tools menggunakan linear programming antara lain:

1. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi bagi berbagai perusahaan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pada aktivitas pergudangan.
2. Penggunaan metode *linear programming* mampu menjadi alat dalam memilih rekomendasi aktivitas perbaikan dengan pertimbangan manfaat tertinggi

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibagi menjadi Batasan dan asumsi sebagai berikut

1.5.1 Batasan

Batasan dalam penulisan penelitian ini adalah:

1. Jenis gudang yang akan diamati untuk penelitian kali ini adalah gudang bahan baku dan gudang produk jadi.
2. Penelitian ini dilakukan hingga tahap penyusunan rekomendasi perbaikan dan tidak termasuk tahap implementasi pada perusahaan.

1.5.2. Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Tidak terjadi perubahan kebijakan perusahaan terkait proses pergudangan selama dilakukannya penelitian.

1.6. Sistematika Penelitian

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang sistematika penulisan dari penelitian ini yang terdiri dari enam bab. Berikut merupakan penjelasan singkat masing-masing bab dalam penelitian ini:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan dijelaskan tentang latar belakang pelaksanaan penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang didapatkan dari penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi, serta sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab tinjauan pustaka dijelaskan mengenai studi literatur terkait penelitian yang berguna sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan serta memperkuat pemahaman. Adapun studi literatur yang dibahas yaitu tentang gudang, lean warehousing, waste reduction tools, 5 why’s dan linear programming.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab metodologi penelitian dijelaskan alur atau tahapan-tahapan proses pelaksanaan penelitian tugas akhir. Bab ini juga menyajikan diagram alir metodologi penelitian guna memudahkan dalam memahami urutan tahapan yang dibuat agar penelitian dapat berjalan secara terstruktur dan sistematis.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab pengumpulan dan pengolahan data akan berisi data yang dikumpulkan selama proses penelitian serta hasil dari pengolahan data yang akan digunakan dalam bab analisa dan interpretasi.

BAB 5 ANALISISA DAN PERBAIKAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai anlisis dan perbaikan. Analisis ini dilakukan berdasarkan hasil dari pengolahan data yang selanjutnya dibahas secara detail dan runtun. Dari hasil analisis akan didapatkan rekomendasi perbaikan yang dapat membantu perusahaan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi penarikan kesimpulan berupa hasil akhir dari pelaksanaan penelitian yang menjawab tujuan penelitian. Selain itu, diberikan saran terhadap penelitian selanjutnya agar menjadi lebih baik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan beberapa teori, konsep dan metode yang akan digunakan sebagai alandasan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir diantaranya adalah *Lean*, gudang, *lean warehousing* dan *linear programming*

2.1. Konsep *Lean*

Lean merupakan sebuah usaha yang dilakukan secara terus-menerus untuk dapat mengurangi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) sebuah produk agar dapat memberikan nilai (*value*) yang sesuai dengan keinginan pelanggan. Prinsip utama dalam penerapan konsep *lean* adalah mencari cara untuk meningkatkan *value* yang diinginkan oleh pelanggan secara terus-menerus dengan urutan proses terbaik, menyusun aktivitas tanpa adanya gangguan, menjalankannya dengan cara yang lebih efektif dan efisien dan meningkatkan rasio nilai tambah terhadap *waste* (*the value-to-waste ratio*) (Gaspersz, 2007). Konsep *lean* pertama kali dipopulerkan oleh Taiichi Ohno dan Shigeo Shingo pada industri otomotif di Jepang yaitu Toyota *Motor Corporation*. Konsep *lean* menghasilkan *self-sustaining culture* dengan penekanan pada 5S, yaitu *set, sort, shine, standardize* dan *sustain*. Budaya tersebut memberikan dampak positif pada meningkatnya motivasi pekerja untuk selalu bekerja dengan lebih efektif dan efisien (Ohno, 1988).

Dalam konsep *lean, t*erdapat 5 prinsip dasar dalam melakukan eliminasi *waste* (Womack & Jones, 2003), yaitu:

1. *Difine value from the perspective of customer*

   Value ditentukan oleh *end customer* yang artinya perusahaan harus mampu mengidentifikasi kebutuhan dan kemampuan untuk menciptakan nilai dari sudut pandang pelanggan.

2. *Identify value stream*

   Identifikasi pada *value stream* merupakan hal yang sangat penting untuk mendesain, memesan dan memproduksi sebuah produk berdasarkan

keseluruhan *value stream* untuk mengetahui aktivitas mana saja yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk yang dihasilkan oleh perusahaan.

3. *Continous flow process*

   Continous flow process merupakan konsep untuk menghasilkan produk yang dibutuhkan dan produksi dapat berjalan dengan lancar dari suatu proses menuju proses lainnya tanpa adanya hambatan atau gangguan.

4. *Pull System*

   Pull system merupakan sistem yang berfokus pada kebutuhan konsumen dimana perusahaan hanya memproduksi produk sesuai dengan permintaan pelanggan pada waktu, jumlah dan kualitas yang tepat.

5. *Strive to perfection*

   Strive to perfection merupakan suatu sifat atau budaya kerja untuk selalu berusaha mencapai kesempurnaan dengan meminimasi dan menghilangkan *waste* secara berkelanjutan.

2.1.1. Klasifikasi Aktivitas

Terdapat tiga jenis aktivitas yang menjadi pokok bahasan dalam konsep *lean* (Hines & Taylor, 2000) yakni:

1. *Value added activity (VA)*

Value added merupakan aktvitas yang dapat memberikan nilai tambah terhadap sebuah produk yang dilihat dari sudut pandang pelanggan. Dengan adanya nilai tambah yang diberikan kepada produk, pelanggan merasa produk yang digunakan lebih bernilai.

2. *Necessary but Non-Value Added Activity* (NNVA)

NNVA merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap sebuah produk yang dilihat dari sudut pandang pelanggan, tetapi aktivitas ini dibutuhkan dalam menjalankan proses yang ada.

3. *Non-Value Added Activity* (NVA)

NVA merupakan aktivitas yang sama sekali tidak memberikan nilai tambah terhadap produk yang dilihat dari sudut pandang pelanggan. Aktivitas ini

merupakan pemborosan (*waste*) yang harus dikurangi atau dihilangkan untuk meningkatkan produktivitas kerja.

2.1.2. *Waste*

Pemborosan atau *waste*, yang dalam bahasa Jepang disebut *muda*, merupakan segala bentuk aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses perubahan *input* menjadi *output* sepanjang *value stream* (Gaspersz, 2007). Terdapat terdapat 7 *waste* utama dalam konsep *lean* yang telah didefinisikan sebelumnya oleh Shigeo Shingo sebagai bagian dari *Toyota Production System.* Seiring berkembangnya zaman, *waste* dalam konsep *lean* tidak hanya terpaku pada 7 *waste* utama. Terdapat pengembangan-pengembangan jumlah dan jenis *waste* dalam konsep *lean*. Menurut Gaspersz (2007) terdapat 9 *waste* yang dapat diidentifikasi dalam sebuah perusahaan dengan singkatan E-DOWNTIME. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing *waste* E-DOWNTIME:

1. *Enviromental. Health and Safety* (EHS)

   Jenis pemborosan yang terjadi karena kelalaian dalam memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan EHS.

2. *Defect*

   Jenis pemborosan yang terjadi karena cacat atau kegagalan produk.

3. *Overproduction*

   Jenis pemborosan yang terjadi karena jumlah produk yang produksi melebihi jumlah yang diminta oleh pelanggan.

4. *Waiting*

   Jenis pemborosan yang terjadi karena menunggu.

5. *Non Utilizing Employees Knowledge, Skill and Abilities*

   Jenis pemborosan sumber daya manusia yang terjadi karena kurangnya pengetahuan, keterampilan dan kemampuan dalam melaksanakan sebuah pekerjaan.

6. *Transportation*

   Jenis pemborosan yang terjadi karena transportasi yang berlebihan dalam *value stream.*

7. *Inventory*

   Jenis pemborosan yang terjadi karena *inventory* yang berlebih.

8. *Unnecessary Motion*

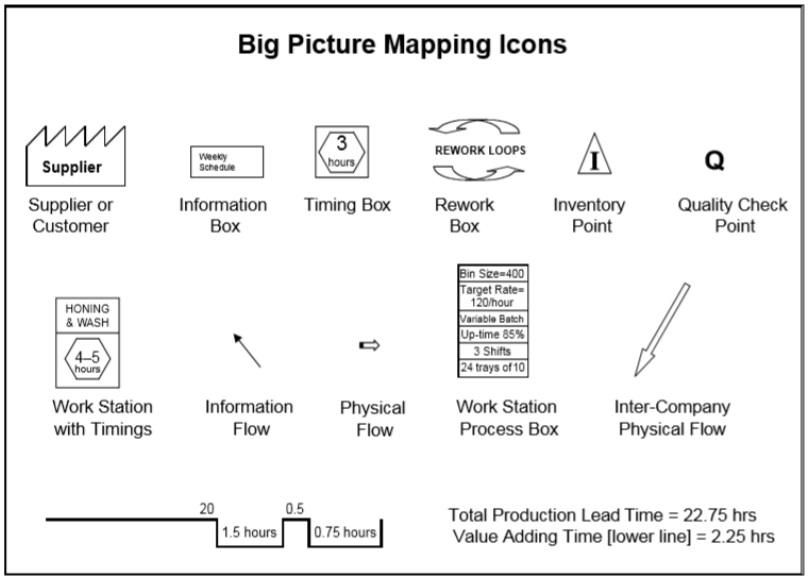
   Jenis pemborosan yang terjadi karena banyaknya pergerakan dari yang seharusnya sepanjang *value stream.*

9. *Excess Processing*

   Jenis pemborosan yang terjadi karena langkah-langkah proses yang lebih panjang dibandingkan dengan yang seharusnya dijalankan.

2.1.3. *Big Picture Mapping*

Big Picture Mapping (BPM) merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk menggambarkan sebuah sistem secara keseluruhan beserta aliran fisik dan aliran informasi yang ada di suatu perusahaan dalam memenuhi permintan pada sebuah perusahaan. Metode ini dapat mengidentifikasi setiap aktivitas dari proses tertentu yang diamati serta membandingkan antara *value added activity* dengan *non value added activity* sehingga dapat menciptakan peluang untuk melakukan sebuah perbaikan yang memiliki dampak signifikan. Dalam menggambarkan BPM, dibutuhkan sekumpulan simbol (*icon*) yang berfungsi untuk menggambarkan kondisi eksisting sebuah proses. Beberapa simbol penyusun BPM dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Simbol *Big Picture Mapping*

Sumber: (Hines & Taylor, 2000)

Adapun tahapan dalam membuat BPM menurut Hines & Taylor (2000) adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan pelanggan

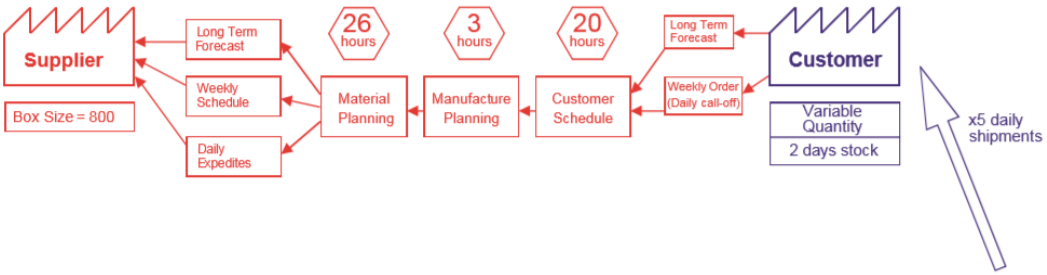
Pada tahapan pertama, perusahaan perlu melakukan identifikasi terhadap kebutuhan konsumen. Informasi yang perlu dikumpulkan dalam tahap ini meliputi jenis dan jumlah produk yang dibutuhkan oleh pelanggan, frekuensi pengiriman produk kepada pelanggan, kuantitas pengiriman produk dalam satu kali pengiriman, *packaging* seperti apa yang dibutuhkan, lama produk disimpan dalam gudang dan informasi khusus lain yang berhubungan dengan produk. Contoh penggunaan simbol untuk pembuatan BPM tahap 1 dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Gambar 2. 2 Tahap 1 *Big Picture Mapping*

Sumber: (Hines & Taylor, 2000)

2. Aliran informasi

Tahap kedua menggambarkan aliran informasi yang dimulai dari pelanggan hingga pemasok bahan baku. Informasi yang perlu dikumpulkan dalam tahap ini meliputi peramalan permintaan, departemen apa saja yang terlibat, waktu yang dibutuhkan untuk memproses informasi, jenis ramalan yang diberikan kepada pemasok dan jumlah yang dibutuhkan secara spesifik. Contoh penggunaan simbol untuk pembuatan VSM tahap 2 dapat dilihat pada Gambar 2.3.

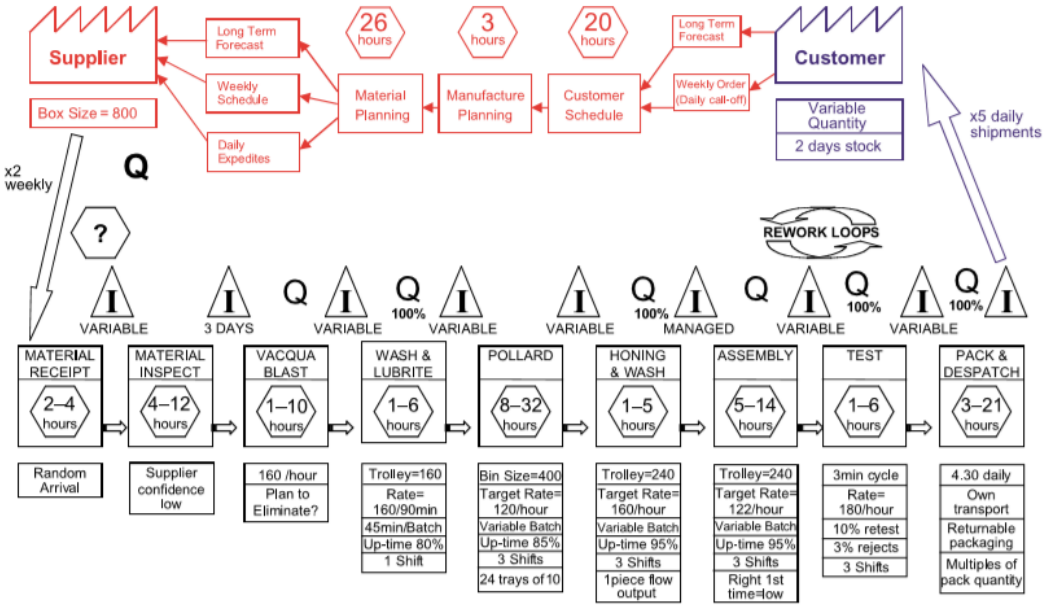


Gambar 2. 3 Tahap 2 *Big Picture Mapping*

Sumber: (Hines & Taylor, 2000)

3. Aliran fisik

Tahap ketiga dilakukan untuk menggambarkan aliran fisik proses dari bahan baku hingga produk siap dipasarkan. Tahap ini terbagi kedalam dua bagian yakni *inbound flows of raw material and/or key components* dan *internal process*. Informasi yang perlu dikumpulkan untuk *inbound flows of raw material* terdiri dari jumlah produk yang diinginkan, jumlah komponen yang dibutuhkan, ada tidaknya proses *packaging*, waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman, jumlah produk yang dikirim dalam satu kali pengiriman, seberapa sering frekuensi pengiriman dan informasi lain yang berkaitan dengan aliran *inbound* bahan baku. Sedangkan untuk *internal process* terdiri dari proses utama dalam perusahaan, waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap proses, kapan dilakukan proses inspeksi, ada atau tidaknya *inventory*, waktu siklus untuk setiap proses, jumlah orang yang bekerja untuk setiap stasiun kerja, waktu yang tersedia dalam satu hari untuk setiap stasiun kerja, ada atau tidaknya *bottleneck*, dimana *inventory* disimpan dan berapa banyak jumlahnya dan informasi lain yang berhubungan dengan *internal process*. Contoh penggunaan simbol untuk pembuatan BPM tahap 3 dapat dilihat pada Gambar 2.4

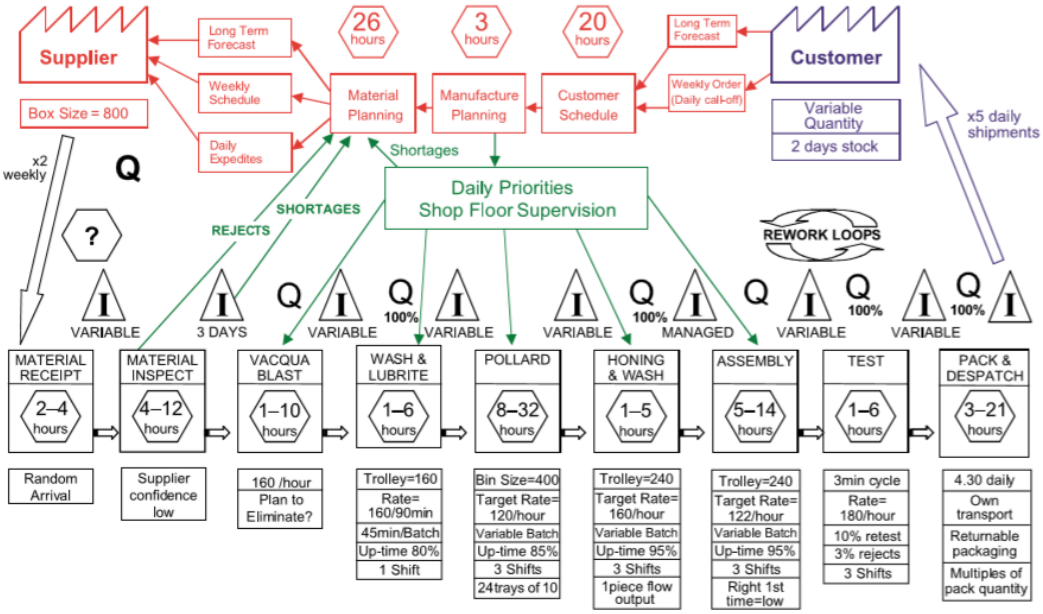


Gambar 2. 4 Tahap 3 *Big Picture Mapping*

Sumber: (Hines & Taylor, 2000)

4. Menghubungkan aliran informasi dan aliran fisik

Tahap keempat dilakukan pemetaan hubungan antara aliran informasi dengan aliran fisik yang akan dihubungkan dengan simbol anak panah. Informasi yang perlu dikumpulkan untuk tahap ini meliputi prosedur dalam penyampaian perintah antar stasiun kerja, penjadwalan, permasalahan apa yang akan timbul jika terjadi masalah pada aliran fisik dan informasi lain yang berkaitan dengan hubungan aliran informasi dengan airan fisik. Contoh penggunaan simbol untuk pembuatan VSM tahap 4 dapat dilihat pada Gambar 2.5

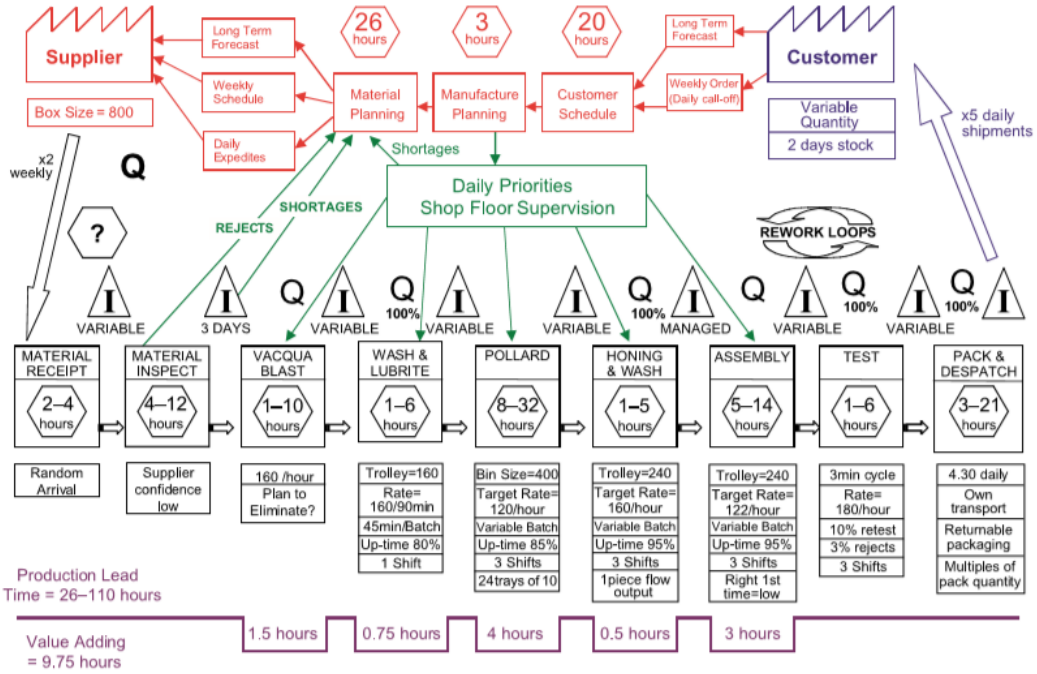


Gambar 2. 5 Tahap 4 *Big Picture Mapping*

Sumber: (Hines & Taylor, 2000)

5. BPM secara keseluruhan

Tahap lima merupakan tahap terakhir dalam pembutan BPM. Pada tahap ini, hasil pemetaan disempurnakan dengan penambahan *timeline* yang mampu menggambarkan *lead time* produksi dan *value adding time* pada proses. Pengisian nilai *value adding time* dapat diestimasi dengan menggunakan *upper* dan *lower limit*. BPM yang telah terbentuk secara utuh dapat digunakan sebagai alat untuk membantu menemukan masalah utama dan mencari peluang untuk memperbaiki kondisi saat ini. Contoh penggunaan simbol untuk pembuatan BPM tahap 5 dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2. 6 Tahap 5 *Big Picture Mapping*

Sumber: (Hines & Taylor, 2000)

2.1.4. *Process Activity Mapping*

VSM memiliki tujuh macam tools dalam mengidentifikasi aktivitasaktivitas yang dapat menimbulkan waste, salah satunya adalah *process activity mapping* (PAM). PAM merupakan sebuah tool yang digunakan untuk menggambarkan proses produksi secara detail dari tiap-tiap aktivitas yang dilakukan dalam proses produksi tersebut. Dari penggambaran peta ini diharapkan dapat diidentifikasi persentase aktivitas yang tergolong *value adde*d dan *non value added* (Singgih & Kristian, 2007). Adapun lima hal yang perlu diperhatikan dalam menerapkan tools ini sebagai berikut:

1. PAM merupakan studi mengenai aliran proses.
2. PAM dapat membantu dalam mengidentifikasi *waste*.
3. Mempertimbangkan apakah aliran proses dapat disusun ulang dalam urutan yang lebih efisien.
4. Mempertimbangkan pola aliran proses yang lebih baik dengan mempertimbangkan tata letak dan rute transportasi yang berbeda.

5. Mempertimbangkan apakah seluruh aktivitas yang sedang dilakukan memang perlu dilakukan dan mempertanyakan pengaruh apabila aktivitas tersebut dihilangkan.

Berikut merupakan panduan tabel dalam pengisian PAM:

Tabel 2. 1 *Process Activity Mapping*

Proses	Langkah	Mesin/ Peralatan	Jarak (Meter)	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Kategori
						O	T	I	S	D	
....	....	....	....	....	....	..	..	..	..	..	....

(Singgih & Kristian, 2007)

2.2. Gudang

Gudang merupakan salah satu elemen penting dalam sistem logistik dan rantai pasok. Gudang sendiri dapat didefinisikan sebagai tempat sementara untuk penyimpanan barang (Richards, 2018). Barang yang disimpan pada gudang dapat berupa bahan baku, *spareparts*, produk setengah jadi (*work in process*) dan produk jadi (Warman, 2012). Terdapat beberapa alasan terkait didirikannya sebuah gudang, alasan utama dari pembuatan gudang adalah untuk meningkatkan *service level* perusahaan kepada pelanggan (Heragu, 2008). Selain berfungsi untuk menyimpan barang dan peningkatan *service level*, gudang juga memiliki fungsi lain seperti (Koster et al., 2006):

1. Gudang berfungsi sebagai penyangga (*buffer*) atas perubahan kondisi dan ketidakpastian kondisi pasar seperti fluktuasi permintaan, iklim ekonomi yang kurang stabil dan kompetisi yang terjadi di pasar.
2. Mendukung sistem *just in time.*
3. Tempat dilakukannya aktivitas penambahan nilai (*value adding service*/VAS) seperti *repacking* dan *product bundling*.

2.2.1. Jenis-jenis Gudang

Gudang yang terdapat pada industri manufaktur umumnya terbagi menjadi empat jenis (Warman, 2012):

1. Gudang bahan baku. Sesuai namanya, gudang ini berfungsi untuk menyimpan bahan baku yang akan digunakan dalam proses produksi. Selain menyimpan bahan baku untuk proses produksi, produk setengah jadi juga umumnya akan disimpan pada gudang ini.
2. Gudang produk jadi. Gudang ini akan menerima produk jadi dari proses produksi dan menyimpan produk tersebut hingga ada permintaan. Gudang produk jadi juga kerap disebut dengan pusat distribusi (*Distribution Centre*/DC).
3. Gudang perlengkapan. Gudang ini berfungsi untuk menyimpan barang-barang penunjang proses produksi seperti *spareparts* dan *equipment tools*. Gudang ini juga sering disebut sebagai gudang MRO (*Maintenance, repair and operating supplies*).
4. Gudang musiman. Jenis gudang ini digunakan ketika kondisi tertentu seperti *high season* dan bersifat insidentil. Perusahaan umumnya menyewa gudang ini dengan tujuan untuk mengantisipasi perubahan pola permintaan agar tetap dapat memenuhi *service level* yang diinginkan.

2.2.2. Aktivitas Gudang

Sebagai bagian dari upaya peningkatan *service level* perusahaan, gudang memiliki beberapa aktivitas didalamnya. Terdapat setidaknya 9 aktivitas yang terdapat dalam gudang: Penerimaan barang, inspeksi dan pengendalian kualitas, *repacking*, peletakan barang pada lokasi penyimpanan (*put away*), penyimpanan (*storage*), pengambilan pesanan (*order picking*), pemberian nilai tambah (*value adding sarvice*), pemisahan barang (*sorting*) dan pengiriman barang (*dispatch and delivery*) (Tompkins et al., 2010). Keseluruhan proses yang telah disebutkan dapat disederhanakan kedalam 3 kategori proses; *inbound process*, *outbound process* dan *value-added service* (VAS). Manajemen pergudangan berupaya untuk menjalankan setiap proses secara efisien untuk dapat meraih *service level* yang maksimal (Hompel & Schmidt, 2007).

Secara umum, *inbound process* dimulai saat barang dari pemasok tiba di gudang. Barang yang datang akan diterima oleh operator gudang dan akan

diletakkan pada area kedatangan (*receiving/unloading dock*) untuk dilakukan inspeksi. Inspeksi yang dilakukan meliputi inspeksi administrasi (surat jalan, *invoice* hingga *airway bill*/AWB bila pengiriman menggunakan pesawat) dan inspeksi fisik barang. Jika barang lolos inspeksi administrasi dan inspeksi fisik, maka operator QC akan memberi label penanda bahwa barang lolos inspeksi. Jika tidak lolos, barang akan dipisahkan. Operator gudang akan melakukan pembaruan data terkait barang yang lolos inspeksi dan akan disimpan dalam rak penyimpanan (*put away* dan *storage*).

Outbound process akan dimulai ketika ada pesanan, baik dari pelanggan (untuk pengiriman produk jadi) maupun dari pihak produksi (untuk pengiriman bahan baku maupun produk setengah jadi). Operator gudang akan mengambil barang yang tersimpan dalam rak sesuai dengan permintaan (*order picking*). Barang yang telah diambil dari tempat penyimpanan akan dipilah dan dikirim sesuai dengan permintaan (*sorting* dan *delivery*). Proses VAS sebagian besar terjadi pada gudang penyimpanan produk jadi. VAS merupakan aktivitas tambahan yang dilakukan oleh operator gudang untuk memberi nilai tambah pada barang sesuai permintaan. Beberapa contoh aktivitas VAS meliputi: *re-packing* (dilakukan ketika terjadi perubahan wadah penyimpanan), *product bundling* (dilakukan ketika ada perintah untuk menggabungkan dua produk. Umumnya terjadi saat perusahaan sedang melakukan promosi) dan *labelling* (dilakukan ketika pelanggan meminta label tambahan pada produk. Label tambahan yang diminta umumnya berupa label keterangan produk dengan bahasa negara tujuan pengiriman).

2.2.3. Kebijakan Penyimpanan

Aktivitas yang berkaitan dengan kebijakan penyimpanan adalah *put away*. Penentuan kebijakan penyimpanan akan menentukan peletakan dan posisi barang dalam gudang. Secara umum, terdapat lima jenis kebijakan penyimpaan dalam gudang yaitu (Heragu, 2008):

1. *Random storage policy*. Kebijakan ini merupakan kebijakan penyimpanan yang paling mudah untuk diimplementasikan. Kebijakan ini memberi kebabasan dalam meletakkan sebuah barang yang masuk dalam gudang.

Kebijakan ini tidak menentukan posisi barang, selama ada ruang kosong maka barang tersebut dapat diletakkan di area tersebut. Kelebihan dari kebijakan ini adalah tingginya efisiensi ruang penyimpanan karena tidak akan pernah ada ruang penyimpanan yang kosong. Sedangkan kekurangan dari kebijakan ini akan menyulitkan operator dalam pengambilan barang karena posisi barang yang tersebar ke seluruh area gudang

2. *Dedicated storage policy*. Kebijakan ini berlawanan dengan kebijakan *random storage policy*. Kebijakan ini mengwajibkan operator untuk menaruh barang sesuai dengan tempat yang telah ditentukan sebelumnya. Kebijakan ini akan memudahkan operator gudang dalam mengambil barang karena lokasi penyimpaan yang spesifik. Sedangkan kekurangan kebijakan ini adalah rendahnya efisiensi ruang penyimpanan karena akan ada ruang penyimpanan yang kosong dan dibutuhkan area gudang yang luas untuk menerapkan kebijakan ini.
3. *Classed based storage policy.* Kebijakan ini memiliki konsep untuk membagi barang yang disimpan berdasarkan kelasnya berdasarkan metode *pareto* atau sering dikenal dengan klasifikasi ABC. Kebijakan ini dapat memberikan fleksibilitas terhadap ruang penyimpanan karena setiap tempat dapat diisi secara acak oleh beberapa jenis barang yang telah dikelompokkan berdasarkan klasifikasi ABC .
4. *Shared storage policy.* Kebijakan ini merupakan kebijakan yang berada diantara *random storage policy* dengan *dedicated storage policy*. Penempatan barang pada kebijakan ini tidak dilakukan secara acak, namun dikendalikan. Contoh penerapan kebijakan ini adalah penempatan barang berdasarkan cepat-lambatnya perputaran barang (*replenishment*). Barang yang berputarnya cepat akan diletakkan didekat pintuk keluar-masuk, sedangkan barang yang perputarannya lambat akan diletakkan lebih jauh dari pintu keluar masuk.

2.3. *Waste Reduction Practice*

Waste reduction practice (WRP) merupakan upaya yang dapat dilakukan oleh perusahaan dalam usaha untuk mereduksi *waste* yang terdapat pada aktivitas

utama gudang dengan tujuan untuk meingkatkan kinerja operasional gudang. WRP berkaitan erat dengan empat aktivitas utama yang dilakukan di gudang yaitu *receiving*, *put-away*, *picking* dan *dispatch*. Aktivitas WRP yang dapat diterapkan pada gudang untuk mereduksi *waste* dapat dilihat pada Tabel 2.2 dengan *waste* yang akan dinotasikan sebagai berikut: *Defect* (dinotasikan dengan D), *over production* (O), *waiting* (W), *transportation* (T), *inventory* (I), *motion* (M) dan *over processing* (P).

Tabel 2.2 *Waste Reduction Practices*

Aktivitas	Index	*Waste Reduction Practice*	Kategori *waste*						
			D	O	W	T	I	M	P
Receiving	R1	Terlibat dalam pembelian, penentuan dan persetujuan barang yang akan diterima		■		■	■		
	R2	Meminta pemasok untuk mengirim barang dengan kemasan yang sesuai		■					
	R3	Menentukan jadwal pengiriman barang dari pemasok			■				
	R4	Menerima pemberitahuan dari pemasok sebelum barang tiba di gudang		■	■				
	R5	Merencanakan *material handling* yang sesuai untuk proses *unloading* sebelum barang sampai			■			■	
	R6	Merencanakan jumlah operator yang tepat untuk proses *unloading*		■	■			■	
	R7	Merencanakan area yang cukup untuk proses *unloading*			■		■		
	R8	Dapat menerapkan proses *cross-docking*			■	■			
	R9	Dapat melakukan identifikasi barang dengan mudah			■				■
	R10	Dapat melakukan inspeksi dan pengendalian kualitas pada SKU terbanyak			■				■
	R11	Mengatur susunan material yang diterima sesuai dengan kondisi rak gudang untuk mempercepat dan menyederhanakan aktivitas *order picking / put-away*			■	■			
Put-away	PA1	Memiliki sistem yang dapat memberitahu detail posisi peletakan barang kepada operator *put-away*			■		■	■	
	PA2	Dapat mengetahui jika terjadi *delay* yang disebabkan oleh operator maupun *material handling* yang sedang digunakan			■			■	
	PA3	Rak penyimpanan cukup fleksibel untuk mengakomodasi ukuran palet dari pemasok					■		
	PA4	Operator *put-away* dapat bekerja berdekatan dengan operator *picking*	■	■					
	PA5	Membuat jadwal yang terpisahh antara proses *put-away* dengan *picking*	■	■					
	PA6	Proses *put-away* mengikuti klasifikasi ABC				■			

Tabel 2.2 *Waste Reduction Practices* (Lanjutan)

Aktivitas	Index	*Waste Reduction Practice*	Kategori *waste*						
			D	O	W	T	I	M	P
Picking	P1	Beban barang terberat diletakkan di titik pengambilan terdekat				■			
	P2	Barang yang terjual secara bersamaan diletakkan berdekatan				■		■	
	P3	Penggunaan teknologi pada proses *picking* seperti *pick-to-light* atau *voice picking*	■						
	P4	Penggunaan model ABC dalam penempatan barang				■	■		
	P5	Barang *fast moving* diletakkan dekat dengan pintu keluar				■		■	
	P6	Operator *picking* mengurutkan permintaan saat melakukan pengambilan	■						
	P7	Opertor *picking* mengambil jumlahh barang yang sesuai dengan permintaan	■						
	P8	Menggunakan *warehouse management system* untuk membuat *picking route*					■	■	
	P9	Pekerja menerapkan *task interleaving* untuk mengurangi *deadheading*		■					
Dispatch	D1	Terdapat area yang cukup pada area *loading*				■			
	D2	Kendaraan pengiriman datang tepat waktu	■						
	D3	Barang yang tertata di *loading area* telah tersusun sesuai urutan pengiriman	■	■					
	D4	Memiliki garis pembatas antara *dispatch area* dengan area kendaraan angkut	■	■					
	D5	Kendaraan angkut tidak menunggu lama hingga proses muat dilakukan			■				■
	D6	Pemeriksaan kondisi kendaraan dan kesesuaian dokumen dengan barang yang akan dikirim	■						■
	D7	Melakukan inspeksi bahwa jumlah barang yang diambil telah sesuai	■						■

Sumber: (Salhieh et al., 2018)

2.4. 5 *Why's*

Langkah awal yang harus dilakukan dalam penyelesaian masalah adalah melakukan identifikasi terhadap penyebab utama masalah. Setelah penyebab utama masalah ditemukan, langkah yang dapat diambil adalah melakukan eliminasi terhadap penyebab masalah tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam melakukan identifikasi penyebab utama permasalahan adalah *5 Why's*. Metode ini dapat mengidentifikasi berbagai penyebab yang dapat terjadi dengan tujuan mendapatkan akar dari permasalahan tersebut. Tanpa menemukan akar permasalahan, tindakan penyelesaian yang dilakukan hanya akan mengeliminasi gejala yang timbul pada permasalahan dan pada kondisi tertentu masalah tersebut akan muncul kembali (Doggett, 2006). Berikut merupakan tahapan dalam menerapkan *5 Why's*

1. Menjelaskan kondisi aktual/yang sedang terjadi secara menyeluruh.
2. Menentukan kondisi ideal.
3. Melakukan *gap analysis* antara kondisi aktual dengan kondisi ideal dan menentukan faktor-faktor yang menjadi penyebab munculnya permasalahan.
4. Menentukan hubungan sebab akibat dari faktor yang telah ditentukan pada tahapan sebelumnya yang kemudian dihubungkan dengan kejadian utama yang menyebabkan munculnya permasalahan utama.
5. Merancang alternatif tindakan untuk mencegah pengulangan kesalahan di masa yang akan datang.
6. Melakukan dokumentasi terhadap hasil analisa sebagai pedoman dalam menjalankan proses bisnis dan menjadi acuan dalam melakukan perbaikan di masa yang akan datang.

Metode ini menerapkan proses tanya jawab untuk mengetahui hubungan sebab akibat agar dapat menemukan akar permasalahan pada kejadian yang terjadi saat ini. Pertanyaan yang diajukan adalah mengapa kejadian tersebut dapat terjadi sebanyak lima kali dengan setiap jawaban dari pertanyaan tersebut akan memberikan informasi sebagai berikut (Myszewski, 2013):

1. *Why* pertama : *Symptom*
2. *Why* kedua : *Excuse*

3. *Why* ketiga : *Blame*
4. *Why* keempat : *Cause*
5. *Why* kelima : *Root cause*

Berdasarkan pemaparan tersebut, metode *5 Why's* dapat menunjukkan adanya hubungan antar kejadia yang mempengaruhi satu sama lain dalam sebuah sistem. Hasil *5 Why's* diharapkan mampu membantu perusahaan dalam mencari dan menemukan solusi serta mengambil tindakan perbaikan yang sesuai.

2.5. *Linear Programming*

Linear programming merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan persoalan optimasi. Permasalahan optimasi fungsi *lenear* tanpa pembatas (*constrains*), solusi optimum akan terletak pada titik grafik paling rendah untuk permasalahan minimasi atau pada titik grafik paling tinggi untuk permasalahan maksimasi. Namun permasalahan kondisi ril pasti memiliki sebuah batasan atau *constrain*. Optimasi fungsi *linear* yang memiliki *constrains* yang disebut sebagai *linear programming* (Hillier & Lieberman, 2014). Tiga elemen utama dalam *linear programming* adalah:

1. *Decision Variable* (variabel keputusan)

   Variabel keputusan merupakan variabel yang tidak diketahui nilainya atau yang nilainya akan diketahui setelah permasalahan diselesaikan. Nilai variabel keputusan merepresentasikan sesuatu yang dapat dikendalikan nilainya.
2. *Objective Function* (Fungsi tujuan)

   Fungsi tujuan merupakan *mathematical expression* dari gabungan variabel-variabel keputusan yang merepresentasikan tujuan.
3. *Constrain* (Batasan)

   Constrain merupakan *mathematical expression* yang menggambarkan nilai batasan dalam permasalahan untuk menghasilkan nilai keputusan yang memungkinkan.

Pengembangan model *linear programming* harus melibatkan tiga elemen diatas. Pengembangan model *linear programming* memiliki beberapa asumsi (Hillier & Lieberman, 2014) seperti:

1. *Proportionality*

   Tingkat aktivitas x_j yang digambarkan oleh c_jx_j proporsional dengan tingkat kontribusi aktivitas terhadap fungsi objektif (Z). Sedangkan pada *constrain*, tingkat aktivitas $a_{ij}x_j$ proporsional dengan tingkat kontribusi terhadap nilai konstanta (sisi kiri fungsi *constrain*).

2. *Addivity*

   Setiap fungsi yang terdapat pada *linear programming*, baik fungsi objektif maupun *constrain* merupakan jumlah dari kontribusi setiap aktivitas.

3. *Divisibility*

   Nilai dari variabel keputusan *linear programming* dapat berbentuk *integer* maupun *noninteger*. Namun untuk jenis *integer linear programming* asumsi ini tidak berlaku karena nilai variabel keputusan tidak diperbolehkan berbentuk desimal ataupun pecahan.

4. *Certainty*

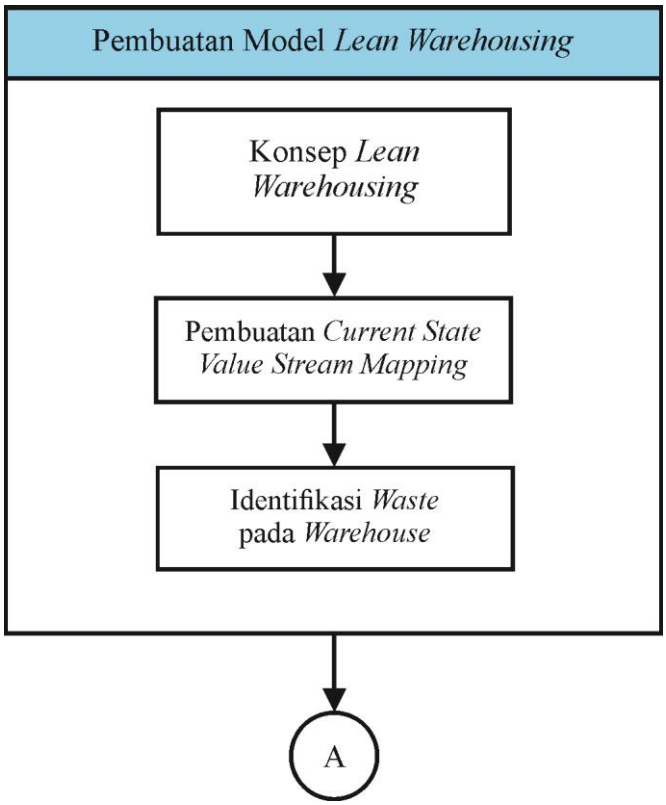
   Nilai parameter *linear programming* memiliki nilai konstan atau nilai parameter tidak mengalami perubahan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

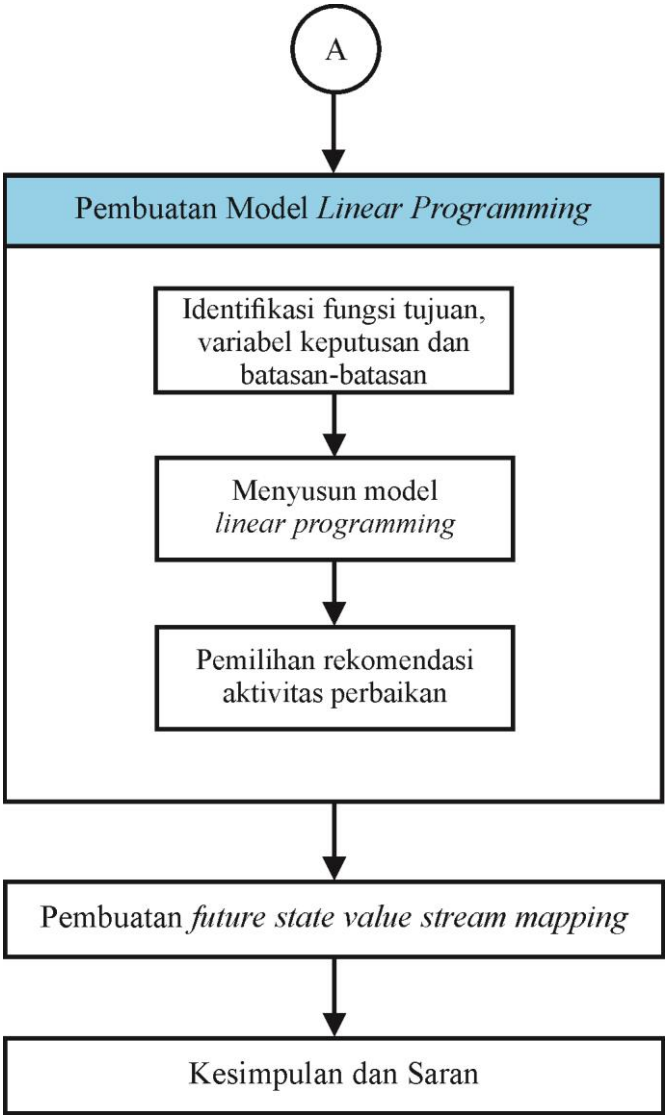
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang langkah-langkah dari penelitian tugas akhir yang dijadikan sebagai pedoman dalam mencapai tujuan penelitian. Flowchart metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2. Sedangkan detail dari tiap prosesnya akan dijelaskan pada subbab di bawah.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian Tugas Akhir (a)



Gambar 3. 2 *Flowchart* Penelitian Tugas Akhir (b)

3.1 Pembuatan Model Lean Warehousing

Tahap ini merupakan langkah awal dalam metodologi penelitian yang telah disusun. Tujuannya yaitu memilih rekomendasi aktivitas perbaikan dengan biaya investasi terendah yang berorientasi pada konsep *lean* sehingga dapat mewujudkan aktivitas pergudangan yang lebih efektif dan efisien. Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang membahas tentang implementasi konsep *lean warehousing* beserta cara mereduksi *waste* pada gudang dan permodelan *linear programming*. Konsep *lean warehousing* fokus terhadap identifikasi dan eliminasi *waste* yang dapat terjadi di area gudang secara umum. Terdapat 7 jenis *waste* yang

diamati yaitu *transportation, unnecessary inventory, unnecessary motion, waiting, inappropriate processing, overproduction, dan defects*. Mereduksi *waste* mampu memberikan dampak berupa aktivitas yang berhubungan dengan *speed, flow,* dan *cost* menjadi efektif dan efisien. Untuk mencapai hal tersebut, dibuatlah *current state value stream mapping* (VSM) yang bertujuan untuk mengetahui kondisi terkini proses dan aktivitas yang terjadi pada gudang. Pembuatan *current* VSM dapat membantu untuk mengkategorikan aktivitas apa saja yang masuk dalam kategori *value added, non necessary but value added* dan *non value added*. Setelah aktivitas terkategorisasi, langkah selanjutnya yang dapat dilakukan adalah melakukan eliminasi terhadap kegiatan yang masuk dalam kategori *non value added* dan sebisa mungkin merubah kegiatan *non necessary but value added* menjadi kegiatan *value added.*

3.2 Pembuatan Model Linear Programming

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model *linear programming* untuk memilih rekomendasi aktivitas perbaikan pada gudang untuk PT X. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Identifikasi fungsi tujuan, batasan dan variabel keputusan

   Untuk memilih rekomendasi aktivitas perbaikan dengan metode *linear programming*, diperlukan identifikasi tiga komponen utama *linear programming* yakni; fungsi tujuan, variabel keputusan dan batasan. Dalam penelitian ini, fungsi tujuan dalam model *linear programming* adalah fungsi maksimasi keuntungan terbesar. Terdapat tiga batasan dalam model *linear programming* yang digunakan dalam penelitian ini yakni biaya investasi, biaya *maintenance* dan jumlah operator.

2. Menyusun model *linear programming*

   Pada bagian ini akan dibuat model *linear programming* berdasarkan fungsi tujuan, variabel keputusan dan batasan yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah model dibuat, model tersebut akan di-*running* dengan Excel Solver. Hasil *running* model tersebut akan digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam memilih rekomendasi aktivitas perbaikan yang akan diimplementasikan pada gudang.

3. Memilih rekomendasi aktivitas perbaikan

Setelah mengetahui hasil *running* model *linear* programming, maka rekomendasi aktivitas perbaikan yang memiliki nilai fungsi tujuan terendah yang akan dipilih dan diimplementasikan pada area gudang.

3.3 Pembuatan *Future State Value Stream Mapping*

Pembuatan *future state value stream mapping* digunakan sebagai gambaran atau acuan apabila rekomendasi aktivitas perbaikan yang dipilih diterapkan pada area gudang. *Future state value stream mapping* juga dapat digunakan sebagai bahan evaluasi terhadap performansi gudang untuk mendukung pilar *continous improvement* pada konsep *lean*.

3.4 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan ini merupakan hasil akhir dari pelaksanaan serangkaian alur penelitian yang telah dirancang sebelumnya. Penarikan kesimpulan disusun untuk menjawab tujuan dari penelitian yang telah dirumuskan. Selanjutnya yaitu pemberian saran terhadap penelitian yang akan dilakukan selanjutnya agar menjadi lebih baik.

BAB 4
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang terdiri dari profil objek amatan, big picture mapping, activity classification serta identifikasi waste.

4.1. Profil Perusahaan

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang *investment casting* yang berdiri pada tahun 2017 dan berlokasi di Mojokerto. PT. X telah menerapkan *advanced manufacturing* dan teknologi *rapid prototyping* untuk mendukung proses produksi perusahaan guna menciptakan produk yang berkualitas dengan harga yang kompetitif. Beberapa teknologi yang dimiliki oleh PT. X seperti 3D *modelling, material testing, pattern making, lost wax, machinery* dan *treatment*. PT X juga merupakan perusahaan yang bersertifikasi ISO 9001:2015 dan ISO 45001:2018 yang dikeluarkan oleh ACS untuk mendukung aktivitas perusahaan.

Produk yang dihasilkan oleh PT. X dapat digunakan pada berbagai sektor, baik sektor industri maupun komersil, seperti; industri *pumps and valves*, industri otomotif, peralatan medis, konstruksi dan bangunan, *spare parts* mesin, dan *power transmission*. Bahan baku yang digunakan oleh PT X untuk memproduksi produk tersebut antara lain; *stainless steel* seri 300 (3004, 309, 310, 316 dan 316L), *stainless steel* seri 400, duplex, nikel dan kobalt.

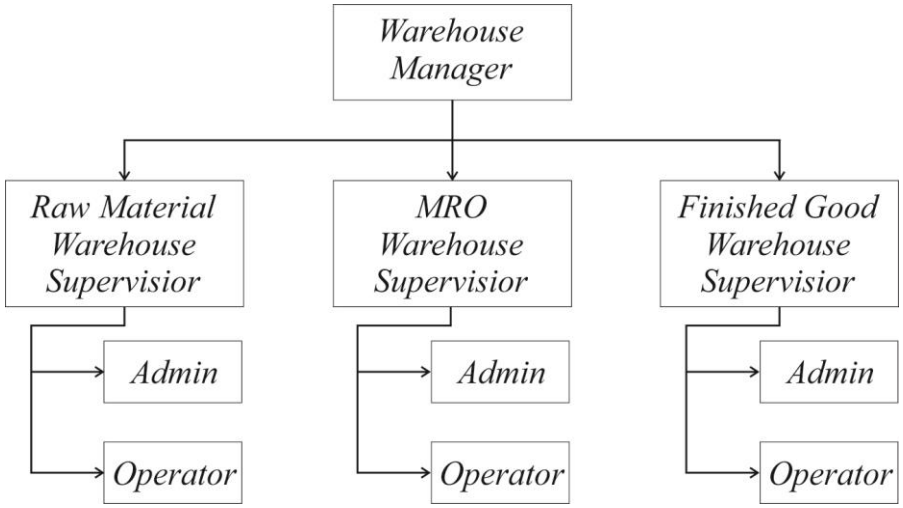
Dalam menjalankan proses bisnisnya, PT X memiliki dua filosofi yang dianut berupa:

1. Perusahaan yang berkomitmen untuk mengembangkan budaya yang berfokus pada pencapaian nilai terbaik untuk pelanggan melalui produk, layanan dan performansi.
2. Mengikuti prinsip "*Continous Customer Satisfaction*" untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan baik.

3. Mengikuti prinsip "*Continous Process Improvement*" untuk mencapai kualitas yang diinginka oleh pelanggan dengan biaya terendah dan menghilangkan pemborosan (*waste*) berupa waktu dan sumber daya.

4.2. Gudang PT. X

Dalam menjalankan proses bisnis perusahaan dengan baik, perusahaan mengelola gudang sebagai fungsi penyimpanan dan pemeliharaan bahan baku dan produk jadi. Terdapat empat macam gudang yang ada pada PT X yaitu gudang bahan baku (gudang 1), gudang *spare parts and tool* (gudang 2), gudang produk jadi (gudang 3) dan gudang untuk produk jadi yang siap dikirim ke pelanggan (gudang 4). Pada penelitian ini akan berfokus pada pengamatan yang terjadi di gudang 1 dan gudang 3 karena aktivitas pada gudang 1 dan 3 lebih padat dibanding gudang 2 dan 4.

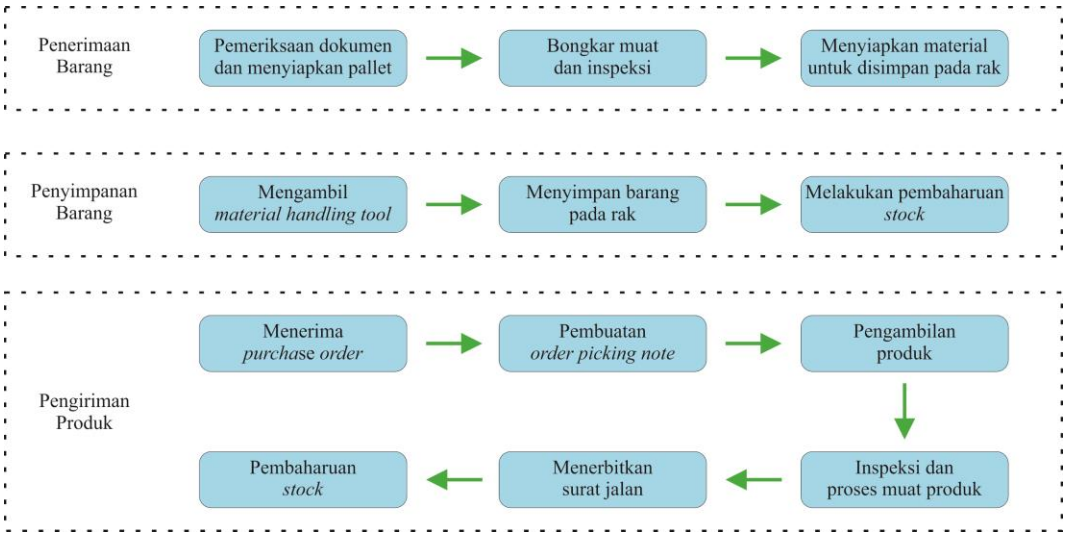


Gambar 4.1 Struktur Organisasi Departemen *Warehouse*

Gambar 4.1 menunjukkan struktur organisasi dari departemen *warhouse* PT X. Departemen *warehouse* dipimpin oleh seorang manajer dan dibantu oleh tiga orang *supervisior*. Gudang 1 dinaungi oleh *raw material warehouse supervisior*, gudang 2 dinaungi oleh *MRO warehouse supervisior*, Gudang 3 dan gudang 4 dinaungi oleh *finished good warehouse supervisior*. Tugas dari seorang *supervisior* adalah memastikan barang yang disimpan pada setiap *warehouse*

tersimpan dengan baik dan dapat memenuhi setiap permintaan baik produk jadi, bahan baku maupun *spare parts*. Setiap *supervisior* dibantu oleh admin dan operator. Admin bertanggung jawab dalam proses administrasi gudang seperti pembuatan surat jalan, pembuatan *order picking note*, penerimaan *request material*, pembuatan *purchase order* dan pembaharuan *stock*. Sedangkan tugas dari seorang operator adalah menjalankan proses pergudangan yang ada agar proses tersebut menjadi efektif dan efisien.

Untuk mempermudah memahami aktivitas pergudangan yang berlangsungg pada perusahaan, berikut merupakan gambaran umum dari proses yang terjadi.



Gambar 4.2 AKtivitas Gudang di PT X

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa terdapat tiga aktivitas yang ada pada gudang perusahaan. Aktivitas pada gudang bahan baku meliputi penerimaan bahan baku dari *supplier*, penyimpanan bahan baku dan pengiriman bahan baku kepada departemen produksi. Sedangkan aktivitas pada gudang produk jadi meliputi penerimaan produk jadi dari departemen produksi, penyimpanan produk dan pengiriman produk. Berikut merupakan penjelasan singkat dari aktivitas tersebut:

1. Penerimaan Barang

   Pada gudang bahan baku, aktivitas penerimaan barang berupa material diawali dengan pemeriksaan surat jalan dan *invoice* yang diberikan oleh *supplier*. Pemeriksaan dilakukan terkait kesesuaian jumlah dan jenis bahan baku yang dipesan. Sembar memeriksa surat jalan dan *invoice*, operator mengambil pallet kosong yang kemudian ditata pada area *unloading*. Setelah pengecekan sesuai, operator melakukan proses bongkar muat pada area *unloading*. Setelah bahan baku dibongkar, operator melakukan inspeksi mengenai kondisi fisik bahan baku apakah terjadi *defect* atau tidak. Setelah bahan baku lolos inspeksi, selanjutnya operator memberikan label lolos inspeksi dan merapihkan kembali susuan bahan baku agar siap diambil oleh operator penyimpanan. Sedangkan untuk gudang produk jadi, operator penerimaan produk menerima produk dari departemen produksi dan melakukan perhitungan terkait jumlah dan jenis produk jadi yang diserahkan kepada gudang.

2. Penyimpanan Barang

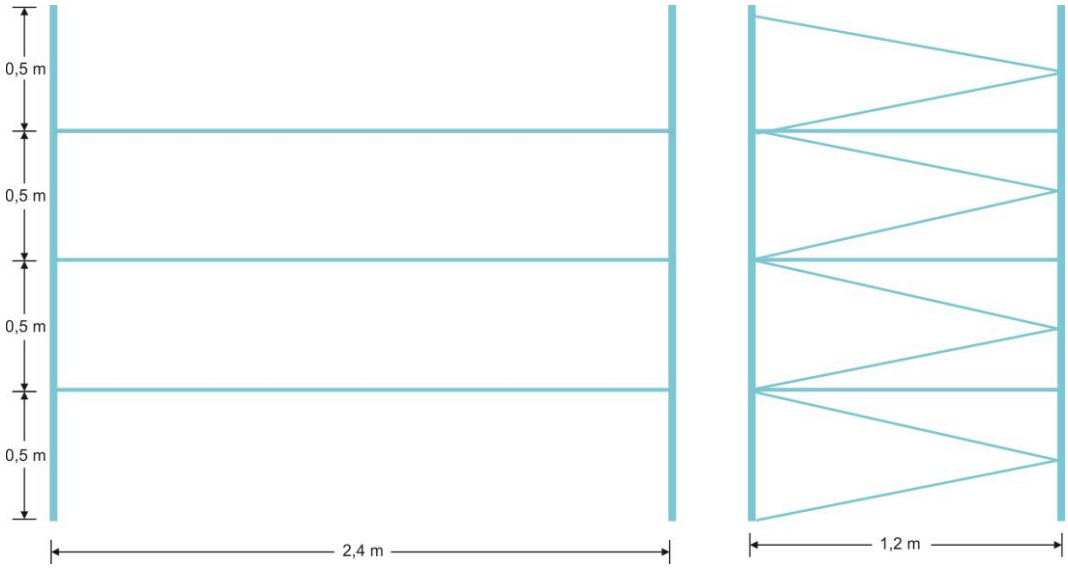
   Aktivitas penyimpanan barang diawali dengan pengambilan *material handling tool* (berupa *hand pallet*) oleh operator penyimpanan. Operator penyimpanan akan membawa pallet yang telah terisi ke area penyimpanan sembari mencari rak yang kosong. Setelah meemukan rak yang kosong, maka operator penyimpanan akan menyimpan pallet tersebut ke rak penyimpanan. Setelah melakukan proses penyimpanan, operator kemudian melakukan pembaharuan *stock* pada komputer gudang.

3. Pengiriman Produk

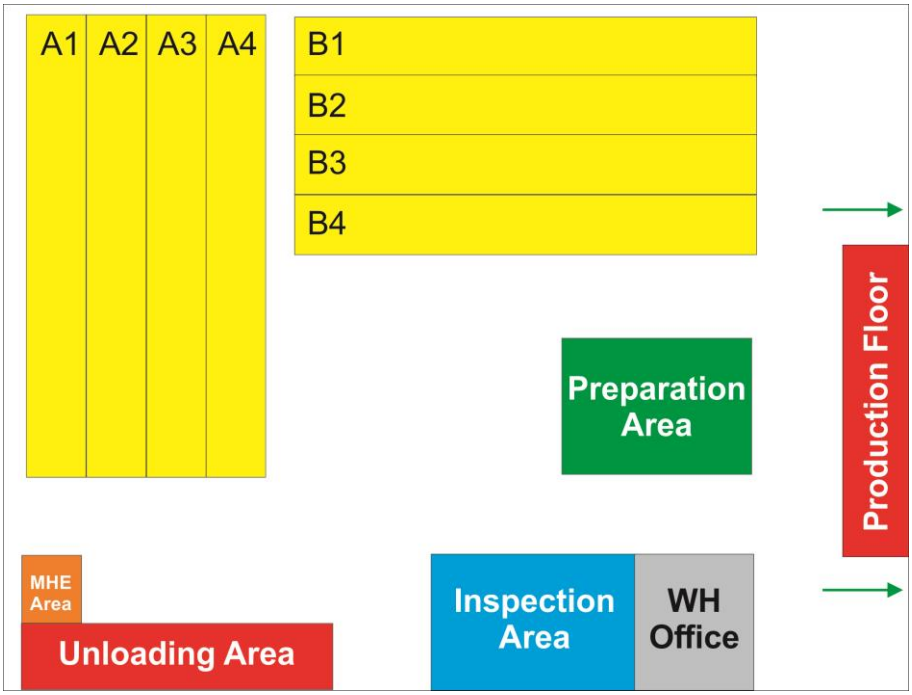
   Aktivitas pengiriman produk diawali dengan penerimaan *purchase order* (PO) oleh admin gudang. Admin gudang akan memastikan *stock* yang tersedia mencukupi untuk memenuhi PO dari pelanggan. Setelah dilakukan pengecekan terhadap PO, maka admin gudang akan membuat *order picking note* sebagai acuan produk yang harus diambil oleh operator. *Order picking note* yang telah selesai dicetak akan

diberikan kepada operator gudang yang bertugas untuk mengambil produk. Setelah produk diambil, maka dilakukan inspeksi untuk melihat apakah kondisi produk masih dalam kondisi layak untuk dikirim. Setelah inspeksi selesai, operator akan memindahkan produk yang akan dikirim pada gudang 4 untuk disimpan hingga produk siap dikirim pada waktu yang sesuai. Ketika produk siap dikirim, maka admin gudang akan membuat *invoice* dan menerbitkan surat jalan, sedangkan opeator akan melakukan proses muat barang. Setelah proses muat selesai, operator akan melakukan pembaharuan terhadap *stock* produk jadi.

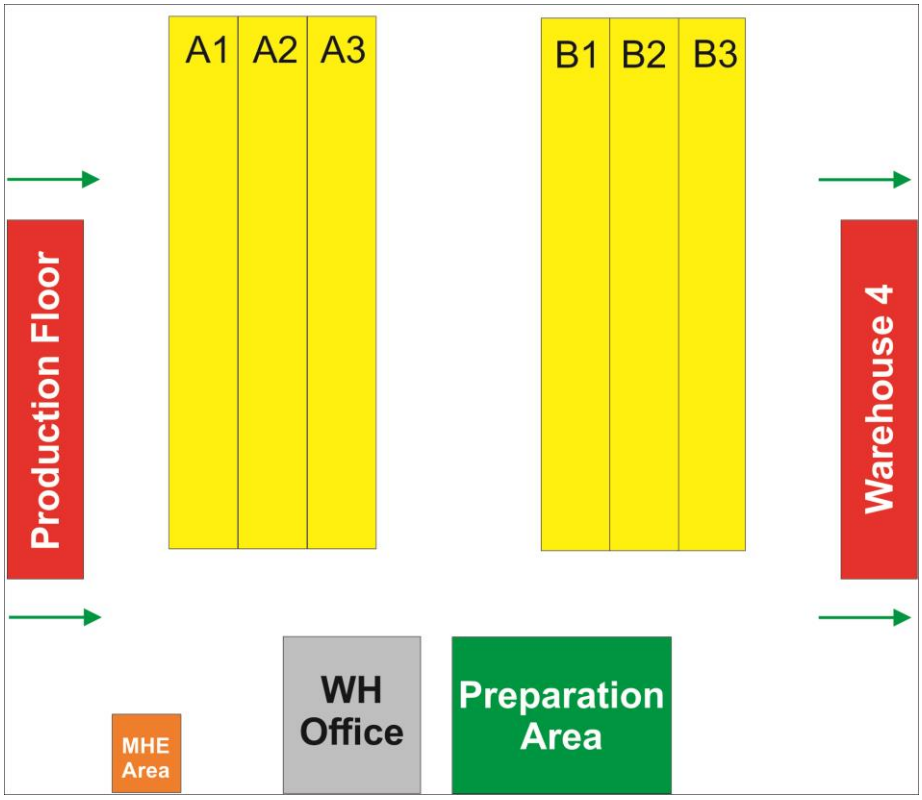
Dalam mengelola penyimpanan dan pengiriman produk, perusahaan telah menyediakan dan mengatur berbagai fasilitas yang menunjang proses pergudangan secara terstruktur dan sistematis. Fasilitas utama yang disediakan meliputi rak penyimpanan dan *warehouse management system* (WMS). Berikut merupakan ilustrasi rak dan tata letak gudang dari gudang 1 dan gudang 3.



Gambar 4.3 Ilustrasi Rak Penyimpanan



Gambar 4.4 *Layout* Gudang Bahan Baku (Gudang 1)



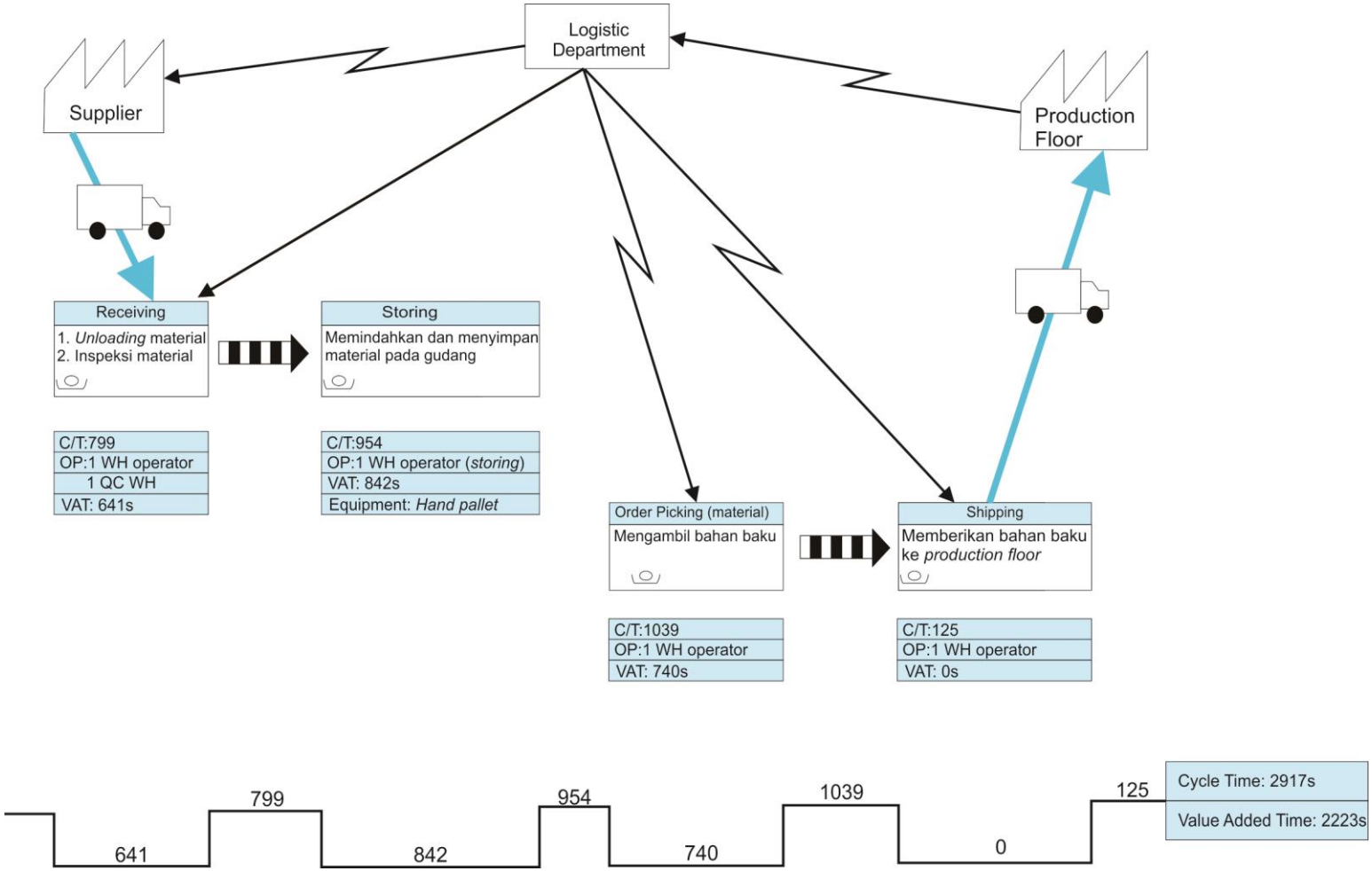
Gambar 4.5 Layout Gudang Produk Jadi (Gudang 3)

4.3. Aktivitas Pergudangan PT. X

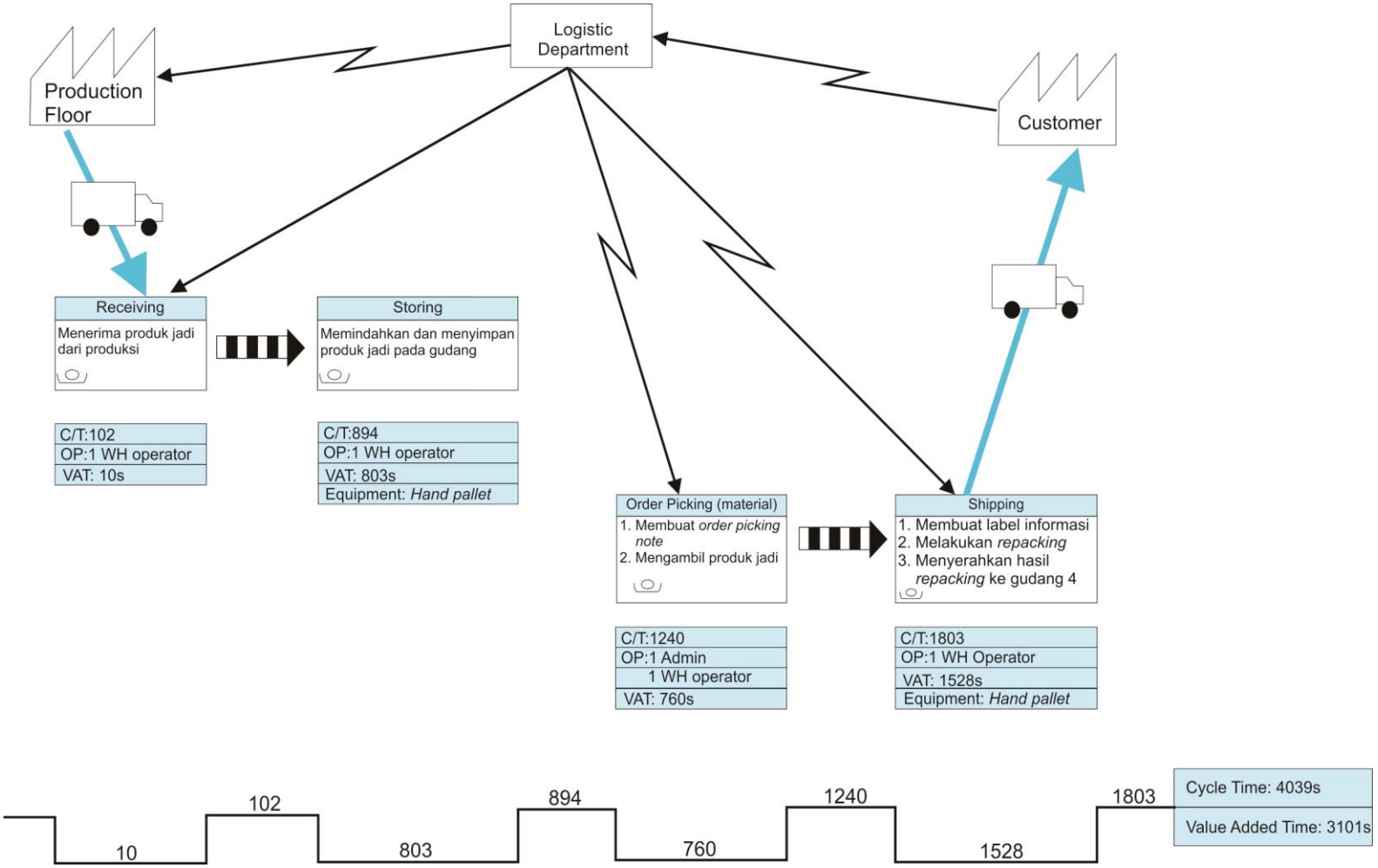
Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai detail aktivitas pergudangan berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan. Adapun penjelasan yang disajikan melalui penyusunan *value stream mapping* (VSM) dan *process activity mapping (PAM).*

4.3.1. Value Stream Mapping (VSM)

Berdasarkan penjelasan gambar 4.2 telah dijabarkan aliran informasi terkait aktivitas pergudangan yang berlangsung saat ini. Berikut merupakan aktivitas pergudangan yang disajikan dalam bentuk VSM



Gambar 4.6 VSM Gudang Bahan Baku (Gudang 1)



Gambar 4.7 VSM Gudang Produk Jadi (Gudang 3)

Berdasarkan gambar 4.6 di atas dapat diketahui bahwa *cycle time* pada aktivitas penerimaan dan penyimpanan bahan baku setiap kedatangan untuk gudang bahan baku sebesar 13,2 menit yang terdiri dari 9 menit merupakan *value added activity* dan 4,2 menit merupakan *non value added activity*. Sedangkan *cycle time* aktivitas pengambilan dan pengiriman bahan baku sebesar 5,4 menit yang terdiri dari 3,3 menit merupakan *value added activity* dan 2,1 menit merupakan *non value added activity*. Pada gambar 4.7 menunjukkan *cycle time* pada aktivitas penerimaan dan penyimpanan produk jadi setiap kedatangan untuk gudang produk jadi sebesar 6,1 menit yang terdiri dari 3,6 menit merupakan *value added activity* dan 2,5 menit merupakan *non value added activity*. Sedangkan *cycle time* aktivitas pengambilan dan pengiriman produk jadi sebesar 16,5 menit yang terdiri dari 10,8 menit merupakan *value added activity* dan 5,7 menit merupakan *non value added activity*. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan menunjukkan bahwa terdapat *waste* yang sering terjadi. *Waste* yang terjadi dapat dilihat melalui *proces activity mapping* (PAM). Dalam konsep *lean*, *necessary but non value added activity* dan *non value added activity* sebaiknya direduksi atau bahkan dihilangkan karena aktivitas tersebut tidak memberikan nilai tambah pada produk.

4.3.2. Process Activity Mapping (PAM)

Setelah dilakukan visualisasi pada aktivitas pergudangan melalui VSM, selanjutya yaitu menyusun PAM untuk mengetahui detail aliran proses yang terjadi. Selain untuk memudahkan dalam mengklasifikasikan tipe aktivitas, PAM juga dapat berfungsi untuk mengidentifikasi *waste*. Tipe aktivitas yang ada pada PAM terbagi dalam lima kategori yakni; *operation* (dengan simbol O), *transportation* (T), *inspection* (I), *storage* (S) dan *delay* (D). Berikut merupakan PAM yang telah disusun berdasarkan aktivitas yang diamati pada gudang bahan baku (gudang 1) dan gudang produk jadi (gudang 3)

Tabel 4.1 PAM Gudang Bahan Baku

No.	Aktivitas	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aktivitas					Kategori	Keterangan
				O	T	I	S	D		
1	***Receiving***									
1.1	Menerima surat jalan dari *supplier*	5	1	●					NNVA	
1.2	Memeriksa kesesuaian isi surat jalan dengan material yang dibutuhkan	30				■			NNVA	
1.3	Mengambil tumpukan pallet kosong dari rak	20		●					VA	
1.4	Meletakkan pallet kosong pada area *unloading*	11		●					VA	
1.5	*Unloading material*	573.5	2	●					VA	
1.6	Melakukan inspeksi terhadap bahan baku	120	1			■			NNVA	
1.7	Memberikan label lolos inspeksi	10		●					VA	
1.8	Menata pallet untuk diambil oleh operator *storing*	30		●					NNVA	
2	***Storing***									
2.1	Mengambil *hand pallet*	15	1	●					NNVA	
2.2	Membawa *pallet* yang telah terisi oleh bahan baku ke area penyimpanan	60			→				NNVA	Menggunakan *hand pallet*
2.3	Mencari lokasi rak yang kosong	37		●					NVA	
2.4	Menyimpan material pada gudang	722					▼		VA	
2.5	Melakukan pembaharuan terhadap *stock* bahan baku	120		●					NNVA	
3	***Picking***									
3.1	Menerima surat permintaan material dari departemen produksi	5	2	●					NNVA	

Tabel 4.1 PAM Gudang Bahan Baku (Lanjutan)

No.	Aktivitas	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aktivitas					Kategori	Keterangan
				O	T	I	S	D		
3.2	Memeriksa jumlah dan *item* yang diminta oleh departemen produksi dengan *stock* yang ada	60	2			■			NNVA	
3.3	Mencari lokasi rak bahan baku yang diminta	33		●					NVA	
3.4	Mengambil bahan baku sesuai dengan permintaan	739.6		●					VA	
3.5	Menata kembali *box* penyimpanan bahan baku	174		●					NVA	
3.6	Menata bahan baku yang diminta oleh departemen produksi	27		●					NNVA	
4	***Shipping***									
4.1	Memeriksa kesesuaian jumlah dan jenis bahan baku yang diminta oleh departemen produksi	20	1			■			NNVA	
4.2	Menyerahkan bahan baku kepada departemen produksi	5			→				NNVA	
4.3	Melakukan pembaharuan terhadap stock bahan baku	100		●					NNVA	

Tabel 4.2 PAM Gudang Produk Jadi

No.	Aktivitas	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aktivitas					Kategori	Keterangan
				O	T	I	S	D		
1	***Receiving***									
1.1	Menerima produk jadi jadi dari departemen produksi	15	1	●					NNVA	
1.2	Menghitung jumlah produk jadi yang dikirim oleh departemen produksi	47				■			NNVA	
1.3	Melakukan inspeksi terhadap produk jadi yang diterima	30				■			NNVA	
1.4	Menata pallet untuk diambil oleh operator *storing*	10		●					VA	
2	***Storing***									
2.1	Mengambil *hand pallet*	15	1	●					NNVA	
2.2	Membawa *pallet* yang telah terisi oleh produk jadi ke area penyimpanan	45			→				NNVA	
2.3	Mencari lokasi rak yang kosong	31		●					NVA	
2.4	Menyimpan produk jadi pada gudang	628.87					▼		VA	Menggunakan *hand pallet*
2.5	Melakukan pembaharuan terhadap *stock* produk jadi	120		●					NNVA	
3	***Picking***									
3.1	Melakukan konfirmasi terhadap *purchasing order* (PO)	30	1	●					NNVA	
3.2	Memeriksa jumlah dan *item* yang diminta oleh departemen produksi dengan *stock* yang ada	60				■			NNVA	
3.3	Membuat *order picking note*	90		●					VA	
3.4	Mencetak *order picking note*	15		●					NNVA	

Tabel 4.2 PAM Gudang Produk Jadi (Lanjutan)

No.	Aktivitas	Waktu (Detikt)	Jumlah Operator	Aktivitas					Kategori	Keterangan
				O	T	I	S	D		
3.5	Menunggu dokumen *order picking note*	120	1					◗	NVA	
3.6	Mencari lokasi rak produk jadi yang diminta	24		●					NVA	
3.7	Mengambil produk jadi sesuai dengan permintaan	669.67		●					VA	
3.8	Menata kembali *box* penyimpanan produk jadi	180		●					NNVA	
3.9	Menata produk jadi yang diminta pada *preparation area*	51		●					NNVA	
4	***Shipping***									
4.1	Membuat label informasi	120	1	●					VA	
4.2	Mencetak label informasi	30		●					NNVA	
4.3	Memberikan label informasi kepada operator *shipping* gudang	15			➔				NNVA	
4.4	Memeriksa kesesuaian jumlah dan jenis produk jadi yang akan dikirim dengan *invoice*	24	1			■			NNVA	
4.5	Melakukan proses *repacking*	1315.47		●					VA	
4.6	Menempel label informasi pada kotak *repacking*	13		●					VA	
4.7	Melakukan inspeksi terhadap isi dan label yang tertera pada *box repacking*	120	1			■			NNVA	
4.8	Menumpuk pallet kosong yang telah digunakan	15		●					NNVA	
4.9	Mengembalikan pallet kosong ke rak gudang	26			➔				NNVA	
4.10	Memberikan produk yang telah di-*repacking* kepada operator gudang 4	45			➔				NNVA	
4.11	Melakukan pembaharuan terhadap stock produk jadi	80		●					NNVA	

Setelah dilakukan visualisasi pada aktivitas pergudangan dengan VSM, selanjutya yaitu menyusun PAM untuk mengetahui detail aliran proses yang terjadi. Selain untuk melihat detail aliran proses, PAM juga dapat memudahkan dalam mengklasifikasikan tipe aktivitas dan mengidentifikasi *waste*. PAM yang telah disusun berdasarkan aktivitas yang diamati pada gudang bahan baku (gudang 1) dan gudang produk jadi (gudang 3) ditunjukkan pada tabel 4.1 hingga tabel 4.4. Berikut merupakan rincian *process activity mapping* untuk gudang bahan baku dan produk jadi yang ditunjukkan pada tabel 4.5 dan 4.6

Tabel 4.3 Rekap Hasil *Process Activity Mapping* untuk Gudang Bahan Baku

Gudang Bahan Baku			
No	Tipe Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Waktu (Detik)
1	*Operation*	15	1900
2	*Transport*	2	65
3	*Inspection*	4	230
4	*Storage*	1	722
5	*Delay*	0	-
Total		22	2917

Tabel 4.4 Rekap Hasil *Process Activity Mapping* untuk Gudang Produk Jadi

Gudang Produk Jadi			
No	Tipe Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Waktu (Detik)
1	*Operation*	19	2824.14
2	*Transport*	4	131
3	*Inspection*	5	281
4	*Storage*	1	682.87
5	*Delay*	1	120
Total		30	4039

4.4. Identifikasi *Waste*

Pada subbab ini dijelaskan tentang identifikasi 7 waste yang meliputi *defect, overproduction, waiting, transportation, inventory, motion* dan *excess processing*. Identifikasi waste ini didilakukan berdasarkan identifikasi *non value added activities* dan wawancara dengan pihak perusahaan. Berikut ini adalah hasil identifikasi 7 *waste* yang ada di perusahaan. Proses wawancara dilakukan pada

Manager *warehouse* dan staff *warehouse*. Berikut ini beberapa jenis *waste* yang terjadi di perusahaan:

1. *Waiting*

   Waiting adalah kegiatan menunggu tanpa adanya aktivitas pergudangan. *Waiting* yang terjadi adalah sebagai berikut:

   a. Menunggu dokumen *order picking note*. Dokumen *order picking note* digunakan oleh operator *picking* pada gudang produk jadi sebagai panduan dalam mengambil produk yang akan dikirim kepada konsumen yang dibuat oleh admin gudang produk jadi. *Order picking note* yang telah dibuat oleh admin gudang produk jadi harus dicetak terlebih dahulu sebelum diserahkan kepada operator *picking*.
   b. Menunggu label informasi. Label informasi digunakan oleh operator *shipping* untuk ditempel pada kemasan *repack* sebagai pembeda antar kemasan *repack*.

2. *Transportation*

   Beberapa *waste unnecessary motion* terjadi sebagai berikut:

   a. *Waste* transportasi pada proses *shipping* produk jadi. Operator harus mengembalikan palet yang telah digunakan pada rak gudang penyimpanan produk jadi.
   b. *Waste* transportasi pada proses *picking* bahan baku dan produk jadi. Operator harus menata kembali kotak penyimpanan barang agar terdapat ruang rak yang kosong dan dapat ditempati saat ada kedatangan barang.

3. *Unnecessary Motion*

   Beberapa *waste unnecessary motion* terjadi sebagai berikut:

   a. *Unnecessary motion* pada proses *storing*. Operator harus hilir mudik mencari rak yang kosong untuk meletakkan bahan baku maupun produk jadi. Hal ini disebabkan karena sistem penyimpanan yang diterapkan pada perusahaan adalah sistem *random policy* dimana barang dapat diletakkan dimana saja asalkan terdapat rak yang kosong.
   b. *Unncesarry motion* pada proses *picking*. Operator harus hilir mudik mencari lokasi bahan baku maupun produk jadi pada rak. Hal ini

disebabkan karena tidak adanya label pada rak sebagai petunjuk lokasi tempat disimpannya bahan baku atau produk jadi. Akibat dari hal ini adalah operator membutuhkan waktu yang cukup lama untuk dapat menemukan barang yang dicari.

4. *Defect*

Beberapa *waste defect* terjadi sebagai berikut:

a. *Defect* pada proses *shipping* produk jadi. Operator melakukan kesalahan pada penempelan label informasi. Label yang ditempel tidak sesuai dengan isi pada box *repacking* sehingga harus dilakukan penempelan ulang.

b. *Defect* pada proses *picking*. Operator melakukan kesalahan saat mengambil barang. Barang yang diambil tidak sesuai dengan permintaan, baik dalam hal jenis maupun jumlah. Kesalahan ini dapat menyebabkan terhambatnya proses produksi maupun proses *repacking* dan mengharuskan operator gudang mengembalikan dan mengambil barang yang sesuai dengan permintaan.

4.5. Hasil Identifikasi *Waste*

Dari identifikasi *non value adding activities* dan wawancara yang dilakukan, maka tabel 4.7 dan 4.8 akan menjelaskan tentang hasil identifikasi 7 *waste* dan juga kerugian yang ditimbulkan baik berupa waktu maupun hal lain.

Tabel 4.5 Hasil Identifikasi *Waste*

No	Jenis w*aste*	*Waste* yang ditemukan	Sumber penemuan	Jenis kerugian
1	*Waiting*	Menunggu pembuatan dan pencetakan dokumen *order picking note*	Identifikasi *non value added activity*	T = 2 menit
		Menunggu pembuatan dan pencetakan label informasi		T = 3 menit
2	*Transportation*	Mengembalikan palet yang telah digunakan	Pengamatan langsung dan Identifikasi *non value added activity*	T = 1 menit
		Menata kembali rak penyimpanan		T = 6 menit

Tabel 4.5 Hasil Identifikasi *Waste* (Lanjutan)

No	Jenis w*aste*	*Waste* yang ditemukan	Sumber penemuan	Jenis kerugian
3	*Unnecessary motion*	Hilir mudik mencari barang pada rak penyimpanan	Pengamatan langsung	Waktu proses *picking* menjadi lebih lama
4	*Defect*	Kesalahan penempelan label informasi pada proses *shipping* produk jadi	Wawancara dengan pihak perusahaan dan pengamatan langsung	Melakukan penempelan ulang
		Salah mengambil barang, baik jumlah maupun jenis	Wawancara dengan pihak perusahaan	Menghambat proses produksi
5	*Over-production*	Tidak ditemukan	-	-
6	*Unnecessary inventory*	Tidak ditemukan	-	-
7	*Inappropriate processing*	Tidak ditemukan	-	-

Berdasarkan tabel 4.7 dan 4.8, dapat diketahui bahwa, dari konsep 7 *waste* yang digunakan, terdapat 4 *waste* yang ditemukan pada proses pergudangan PT. X Yaitu *waiting, transportation, unnecessary motion* dan *defect*. *Waste* pada *overproduction, unnecessary inventory* dan *inappropriate processing* tidak ditemukan. Pada *waste waiting*, perusahaan mengalami kerugian pada waktu sebesar 5 menit. *Waste waiting* terjadi karena operator *picking* harus menunggu *order picking note* untuk mengambil barang dan operator *shipping* harus menunggu label informasi yang akan ditempelkan pada box *repacking*. Pada *waste transportation*, perusahaan mengalami kerugian 7 menit karena operator harus mengembalikan palet yang telah digunakan dan menata rak penyimpanan agar terdapat lokasi yang kosong. Pada *waste unnecessary motion*, perusahaan mengalami kerugian berupa waktu yang mengakibatkan proses *picking* menjadi lebih lama dikarenakan operator harus hilir mudik mencari lokasi rak tempat barang disimpan. Pada *waste defect*, perusahaan akan mengalami berupa pengulangan proses dan waktu produksi. Pengulangan proses terjadi karena

operator salah dalam menempelkan label informasi pada box *repacking* yang mengharuskan label untuk dicetak dan ditempel ulang. Sedangkan kerugian dalam hal waktu produksi diakibatkan karena operator gudang salah mengambil bahan baku baik dalam hal jumlah maupun jenis. Ketika bahan baku yang diambil salah, maka pihak produksii akan menuju gudang untuk memintak bahan baku yang benar dan operator gudang harus mengambil bahan baku yang sesuai dan mengembalikan bahan baku yang salah.

4.6. Identifikasi Akar Penyebab *Waste*

Pada subbab ini akan dilakukan proses identifikasi akar penyebab dari masingmasing waste yang telah ditemukan pada identifikasi 7 *waste*. Berikut ini merupakan penyebab dari masing-masing waste menggunakan *Root Cause Analysis*.

Tabel 4.6 Identifikasi Akar Penyebab *Waste*

No	*Waste*	*Sub waste*	*Why* 1	*Why* 2	*Why* 3	*Why* 4	*Why*5
1	*Waiting*	Menunggu dokumen *order picking note*	Pembuatan dokumen *order picking note* masih dilakukan secara manual	Perusahaan belum menerapkan sistem elektronik	Perusahaan belum menganggarkan biaya untuk investasi dalam pengembangan sistem elektronik	Perusahaan belum memiliki rencana investasi terhadap digitalisasi gudang	
		Menunggu label informasi	Pembuatan label informasi masih dilakukan secara manual	Belum ditemukan alternatif lain untuk menggantikan proses pembuatan label informasi			
2	*Transportation*	Mengembalikan palet pada rak	Palet akan digunakan lagi untuk proses pengiriman barang selanjutnya	Proses pengiriman barang masih dilakukan secara manual	Perusahaan belum menerapkan sistem transportasi otomatis (seperti *conveyor*)	Perusahaan belum memiliki rencana investasi terhadap penggunaan alat transportasi otomatis.	

Tabel 4.62 Identifikasi Akar Penyebab *Waste* (Lanjutan)

No	*Waste*	*Sub waste*	*Why* 1	*Why* 2	*Why* 3	*Why* 4	*Why*5
2	*Transportation*	Menata rak penyimpanan	Agar terdapat ruang rak yang kosong	Sistem penyimpanan pada gudang menggunakan *random storage policy* sehingga harus selalu ada ruang rak yang kosong.			
3	*Unnecessary Motion*	Mencari posisi barang rak	Posisi barang yang berubah	Kebijakan random storage policy			
				Tidak ada label pada rak	Perusahaan belum menerapkan sistem label pada rak		
4	*Defect*	Salah menempel label informasi	Operator tidak teliti dalam membaca label				
		Salah mengambil barang	Operator tidak teliti dalam membaca *order picking note*	Tidak ada lokasi pasti tempat barang disimpan pada *order picking note*	Tidak ada label pada rak penyimpanan	Perusahaan belum menerapkan sistem label pada rak	

4.7. *Linear Programming*

Setelah dilakukan identifikasi akar penyebab *waste*, selanjutnya dilakukan perhitungan *linear programming* untuk mengetahui rekomendasi perbaikan yang sesuai berdasarkan manfaat yang didapat dengan menerapkan rekomendasi tersebut. *Linear programming* yang digunakan pada perhiurngan kali ini adalah *Binary Value Linear Programming* dimana variabel (alternatif) X_n akan bernilai 1 jika alternatif tersebut terpilih dan 0 jika tidak terpilih Terdapat empat alternatif rekomendasi yang diberikan yaitu; penggunaan label dengan *barcode* (alternatif 1), pemasangan sistem ERP dengan Odoo (alternatif 2), penerapan *E-Kanban* (alternatif 3) dan penggunaan konveyor (alternatif 4). Fungsi tujuan yang digunakan dalam *linear programming* ini adalah maksimasi nilai manfaat dari setiap alternatif dan batasan yang digunakan adalah biaya investasi, biaya *maintenance* dan jumlah operator. Berikut merupakan detail untuk setiap alternatif rekomendasi yang diberikan

Tabel 4.7 *Detail* Aspek Alternatif Rekomendasii Perbaikan

Aspek	Alternatif			
	Label *barcode*	Pemasangan ERP (Odoo)	*E Kanban*	Konveyor
Biaya Investasi	*Barcode reader gun* (Motorola MC9190-G) Printer *barcode Zebra ZT230*	Lisensi Odoo (20 *user*, 15 apps)	Tablet Samsung Tab A 8.0 LED TV Polytron 32 inch *Software* TPSynergy	Konveyor
Total Biaya	Rp112,000,000	Rp40,000,000	Rp89,000,000	Rp60,000,000
Biaya *Maintenance*	Baterai *barcode reader gun* dan perawatan *printer*	*Maintenance* sistem odoo	*Maintenance* perangkat elektronik dan sistem *software*	*Maintenance* konveyor
Total Biaya	Rp7,000,000	Rp4,000,000	Rp9,140,000	Rp6,000,000
Jumlah operator	6	3	2	2
Manfaat	Mempercepat waktu proses *picking*, mengurangi kesalahan pengambilan barang	Meningkatkan *stock accuracy*	Tidak perlu menunggu pencetakan dokumen *order picking note*	Mempercepat proses transportasi barang
Nilai Manfaat	4	2	3	1

Berikut merupakan formulasi matematis untuk *linear programming* yang digunakan

Objective function

$Max\ Z = x_1 + x_2 + \cdots + x_n$ (Persamaan 1)

Subject to:

$x_1 + x_2 + \cdots + x_n \leq B_i$ (Persamaan 2)

$x_1 + x_2 + \cdots + x_n \leq B_m$ (Persamaan 3)

$x_1 + x_2 + \cdots + x_n \leq O_p$ (Persamaan 4)

Formulasi diatas merupakan formulasi yang akan digunakan untuk memilih alternatif rekomendasi perbaikan yang akan diterapkan. Persamaan 1 menunjukkan fungsi tujuan untuk mencari nilai manfaat terbesar untuk setiap alternatif. Persamaan 2 merupakan batasan untuk biaya investasi dengan nilai B_i sebesar Rp 250.000.000, persamaan 3 batasan untuk biaya *maintenance* dengan nilai B_m sebesar Rp 25.000.000 dan persamaan 4 merupakan batasan untuk jumlah operator dengan nilai O_p sebesar 14 orang. Untuk mencari nilai fungsi tujuan terbesar dan alternatif terbaik, maka akan dilakukan kombinasi dalam mencari alternatif terbaik dengan 2 kombinasi alternatif, 3 kombinasi dan 4 kombinasi. Berikut merupakan kombinasi yang akan digunakan dalam mencari alternatif terbaik.

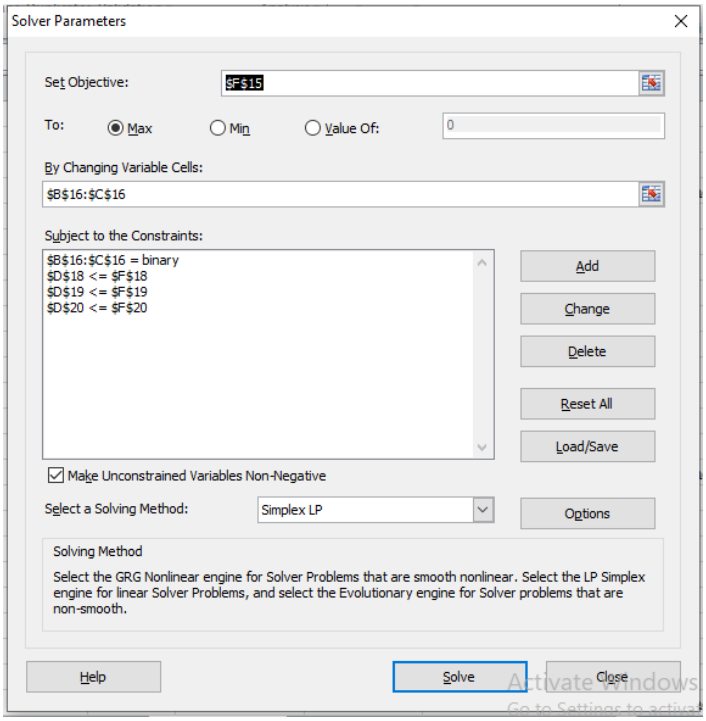
Tabel 4.8 Kombinasi Alternatif

Kombinasi		
2 alternatif	3 alternatif	4 alternatif
Alternatif 1 dan 2	Alternatif 1, 2 dan 3	Seluruh alternatif
Alternatif 1 dan 3	Alternatif 1, 2 dan 4	
Alternatif 1 dan 4	Alternatif 2, 3 dan 4	
Alternatif 2 dan 3		
Alternatif 2 dan 4		
Alternatif 3 dan 4		

Setelah dilakukan pengelompokan alternatif, selanjutnya akan dilakukan perhitungan menggunakan *Solver* pada Ms. Excel. Berikut merupakan contoh perhitungan pada Ms. Excel dengan menggunakan *solver*

Max Z	X1	X1			Benefit
	4	2			0

ST	X1	X2			
Baya Investasi	Rp112,000,000	Rp40,000,000	Rp0	<=	Rp250,000,000
Biaya *Maintenance*	Rp7,000,000	Rp4,000,000	Rp0	<=	Rp25,000,000
Operator	6	3	0	<=	14



Gambar 4.8 Contoh *running* Excel Solver

Max Z	X1	X1			Benefit
	4	2			6
	1	1			

ST	X1	X2			
Baya Investasi	Rp112,000,000	Rp40,000,000	Rp152,000,000	<=	Rp250,000,000
Biaya *Maintenance*	Rp7,000,000	Rp4,000,000	Rp11,000,000	<=	Rp25,000,000
Operator	6	3	9	<=	14

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan untuk seluruh kombinasi alternatif

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil *Linear Programming*

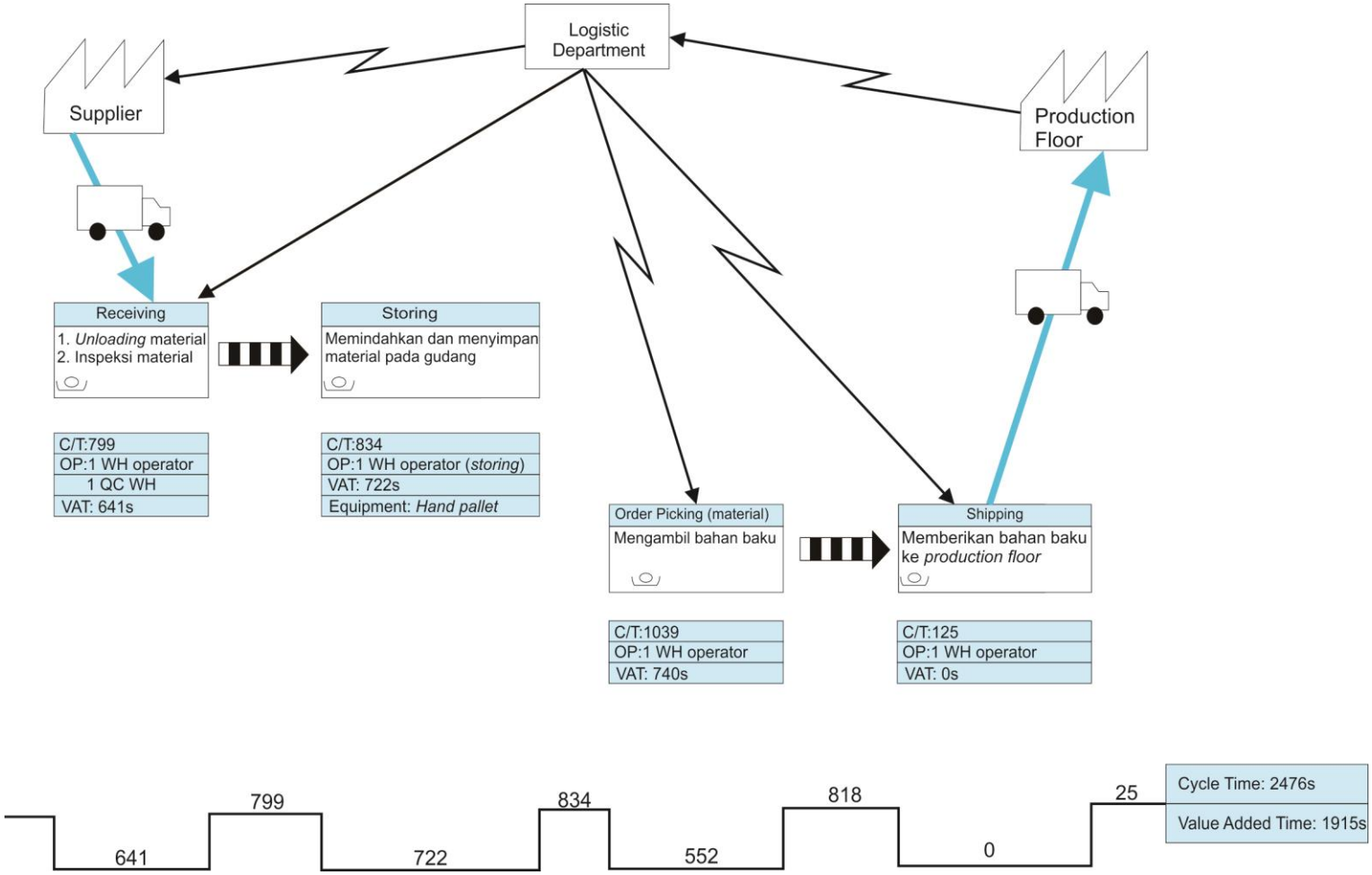
2 Kombinasi					
Alternatif	Nilai Variabel				Nilai Z
	X1	X2	X3	X4	
1 dan 2	1	1	-	-	6
1 dan 3	1	-	1	-	7
1 dan 4	1	-	-	1	5
2 dan 3	-	1	1	-	5
2 dan 4	-	1	-	1	3
3 dan 4	-	-	1	1	4
3 Kombinasi					
Alternatif	Nilai Variabel				Nilai Z
	X1	X2	X3	X4	
1,2 dan 3	1	1	1	-	9
1,2 dan 4	1	1	-	1	7
2,3 dan 4	-	1	1	1	6
4 Kombinasi					
Alternatif	Nilai Variabel				Nilai Z
	X1	X2	X3	X4	
1,2,3 dan 4	1	1	1	0	9

Pada tabel 4.9 dapat dilihat bahwa kombinasi alternatif yang menghasilkan nilai Z terbesar adalah kombinasi alternatif 1,2 dan 3 serta keseluruhan alternatif (alternatif 1,2,3 dan 4) dengan nilai sebesar 9. Namun alternatif yang dipilih untuk diusulkan adalah kombinasi alternatif 1,2 dan 3 karena tidak memiliki nilai variabel 0.

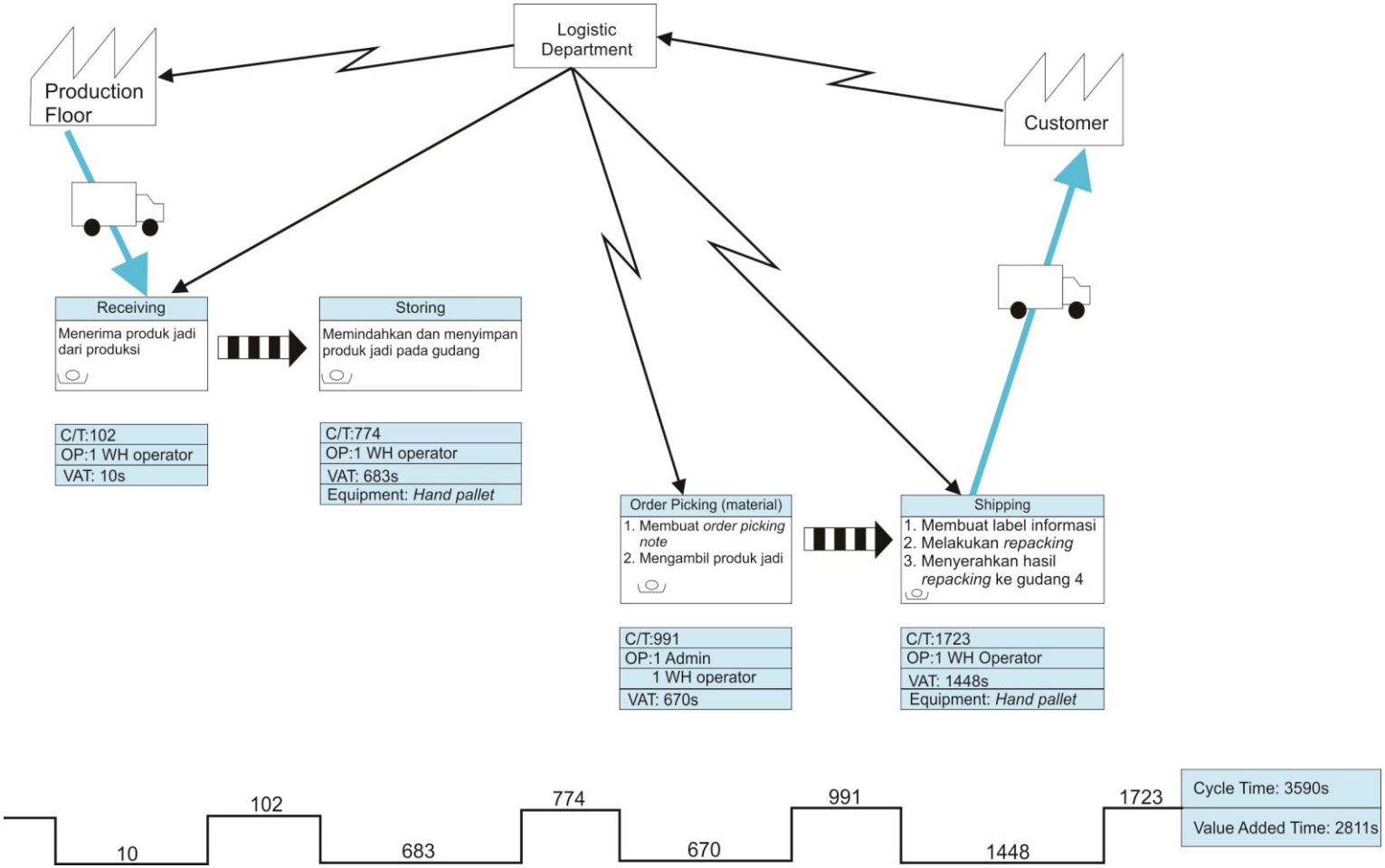
4.8. *Future State Value Stream Mapping*

Setelah dilakukan perhitungan untuk memilih alternatif rekomendasi perbaikan, maka pada sub bab ini akan digambarkan seberapa besar dampak yang diberikan oleh rekomendasi yang dipilih dengan menggambarkan *future* VSM. Penggambaran *future* VSM ini dilakukan hanya untuk memperkirakan seberapa besar dampak yang diberikan tanpa mengimplementasinya dikarenakan

keterbatasan waktu dan persiapan. Asumsi yang digunakan adalah rekomendasi perbaikan yang dipilih dapat diimplementasikan secara sempurna dan *waste* yang ada dapat hilang secara keseluruhan. Berikut merupakan gambaran *future* VSM untuk gudang bahan baku dan gudang produk jadi.



Gambar 4.9 *Future* VSM Gudang Bahan Baku (Gudang 1)



Gambar 4.10 *Future* VSM Gudang Produk Jadi (Gudang 3)

BAB V

ANALISA DAN REKOMENDASI PERBAIKAN

5.1. Analisa *Value Stream Mapping*

Value stream mapping merupakan langkah awal untuk memahami aliran informasi dan aliran fisik pada pergudangan secara keseluruhan. *Value stream mapping* yang digambarkan merupakan gambaran proses pergudangan secara keseluruhan di PT. X baik untuk gudang bahan baku maupun gudang produk jadi yang secara berurutan ditunjukkan pada gambar 4.6 dan 4.7. Pada penelitian kali ini, alasan pemilihan gudang bahan baku dan gudang produk jadi sebagai gudang yang diamati adalah kedua gudang tersebut mimiliki aktivitas yang lebih kompleks dan intensitas perputaran barang yang lebih sering dibanding gudang penyimpanan *spare parts* (gudang 2) dan gudang penyimpanan produk jadi yang siap dikirim (gudang 4). Aktivitas yang ada di gudang 2 sangat minim. Tidak setiap hari ada pengiriman *spare part* dari *supplier*, dan pengambilan *spare part* tidak dilakukan setiap hari. Pengambilan *spare part* hanya dilakukan ketika ada mesin yang rusak. Berbeda dengan gudang bahan baku dan produk jadi. Setiap hari selalu ada pengiriman bahan baku dari *supplier* dan proses pengambilan bahan baku dan pengiriman produk jadi juga dilakukan setiap hari sehingga aktivitas yang ada pada gudang bahan baku dan produk jadi lebih kompleks.

Gambar 4.6 menunjukkan *value adding time* proses pergudangan pada gudang bahan baku adalah 2.223 detik atau 37,05 menit, sedangkan *cycle time* sebesar 2.917 detik atau 48,6 menit. Untuk gudang produk jadi memiliki *value adding time* sebesar 3.101 detik atau 51,6 menit dan *cycle time* sebesar 4.039 detik atau 67.31 menit. Sehingga selisih dari waktu keseluruhan dengan *value adding time* dapat disebut sebagai waktu yang tidak memberikan nilai tambah bagi proses pergudangan. Waktu yang tidak memberikan nilai tambah tersebut untuk gudang bahan baku sebesar 11.5 menit (atau 23,76%) dan untuk gudang produk jadi sebesar 15.71 menit (23.39%).

Waktu yang digunakan untuk melakukan aktivitas pergudangan namun tidak memberikan nilai tambah pada proses pergudangan mengindikasikan bahwa adanya pemborosan (*waste*) yang berdampak pada proses pergudangan. Namun

pada *value stream mapping* tidak dapat menunjukkan *waste* apa saja yang terjadi. Untuk mengetahui secara keseluruhan *waste* apa saja yang ada pada proses pergudangan perlu dilakukan analisa mengenai detail proses pergudangan dengan menggunakan *process activity mapping*.

5.2. Analisa *Process Activity Mapping*

Setelah dilakukan visualisasi pada aktivitas pergudangan dengan VSM, selanjutya yaitu menyusun PAM untuk mengetahui detail aliran proses yang terjadi. Selain untuk melihat detail aliran proses, PAM juga dapat memudahkan dalam mengklasifikasikan tipe aktivitas dan mengidentifikasi *waste*. PAM yang telah disusun berdasarkan aktivitas yang diamati pada gudang bahan baku (gudang 1) dan gudang produk jadi (gudang 3).

Tabel 4.3 dan 4.4 menunjukkan jumlah dan durasi setiap kategori aktivitas untuk masing-masing gudang. Pada sub-bab ini akan dilakukan analisa mengenai aktivitas yang terjadi pada setiap gudang berdasarkan aktivitas *receiving, storing, picking,* dan *shipping.* Analisa yang akan dilakukan berupa kategori aktivitas dan durasi waktu yang dibutuhkan dengan merujuk pada tabel 4.1 dan 4.2.

Berikut merupakan rekapitulasi untuk gudang bahan baku yang akan diuraikan pada tabel 5.1 dan 5.2.

Tabel 5.1 Klasifikasi Aktivitas Gudang Bahan Baku Berdasarkan Jumlah

Gudang Bahan Baku						
Aktivitas	Jumlah Aktivitas	VA	NNVA	NVA	%NNVA	%NVA
Receiving	8	4	4	0	50%	0%
Storing	5	1	3	1	60%	20%
Picking	6	1	3	2	50%	33%
Shipping	3	0	3	0	100%	0%
Jumlah	22	6	13	3	59%	14%
Persentase		27%	59%	14%		

Tabel 5.1 di atas mengklasifikasikan aktivitas pada gudang bahan baku berdasarkan jumlah aktivitasnya yang terdiri dari 14% *non value added activity* dan 59% *necessary but non value added activity*. Proses yang memiliki *non value added activity* paling banyak secara berurutan yaitu *picking* dan *storing*. Proses

yang memiliki *necessary but non value added activity* paling banyak secara berurutan yaitu *shipping*, *picking*, dan *receiving*.

Tabel 5.2 Klasifikasi Aktivitas Gudang Bahan Baku Berdasarkan Waktu

Gudang Bahan Baku						
Aktivitas	Total Durasi (Detik)	VA	NNVA	NVA	%NNVA	%NVA
Receiving	799	614	185	0	23%	0%
Storing	954	842	75	37	8%	4%
Picking	1038.6	740	92	207	9%	20%
Shipping	125	100	25	0	20%	0%
Jumlah	2917	2296	377	244	13%	8%
Persentase		79%	13%	8%		

Tabel 5.2 di atas mengklasifikasikan aktivitas gudang bahan baku berdasarkan durasi aktivitasnya yang terdiri dari 8% *non value added activity* dan 13% *necessary but non value added activity*. Proses yang memiliki *non value added activity* paling lama secara berurutan adalah *picking* dan *storing*. Proses yang memiliki *necessary but non value added activity* paling lama secara berurutan yaitu *reciving*, *picking*, *shipping* dan *storing*..

Berdasarkan tabel 5.1 dan 5.2 di atas dapat diketahui bahwa aktivitas pada gudang bahan baku berlangsung selama 2.917 detik atau 48,61 menit yang terdiri dari aktivitas penerimaan dan penyimpanan bahan baku. Pada aktivitas yang berlangsung terdapat 6 *value added activity*, 13 *necessary but non value added activity*, dan 3 *non value added activity.*

Pada PAM gudang produk jadi yang ditunjukkan tabel 5.3 dan 5.4 di atas dapat diketahui bahwa terdapat 29 aktivitas yang dilakukan. Aktivitas tersebut terdiri dari *receiving*, *storing*, *picking* dan *shipping*. Adapun rekapitulasi data yang lain diuraikan pada tabel 4.7 dan 4.8 di bawah.

Tabel 5.3 Klasifikasi Aktivitas Gudang Produk Jadi Berdasarkan Jumlah

Gudang Produk Jadi						
Aktivitas	Jumlah Aktivitas	VA	NNVA	NVA	%NNVA	%NVA
Receiving	4	1	3	0	75%	0%
Storing	5	1	3	1	60%	20%
Picking	9	2	5	2	56%	25%
Shipping	11	3	8	0	73%	0%
Jumlah	29	7	19	3	66%	10%
Persentase		24%	66%	10%		

Tabel 5.3 di atas mengklasifikasikan aktivitas pada gudang produk jadi berdasarkan jumlah aktivitasnya yang terdiri dari 10% *non value added activity* dan 66% *necessary but non value added activity*. Proses yang memiliki *non value added activity* paling banyak secara berurutan yaitu *picking* dan *storing*. Proses yang memiliki *necessary but non value added activity* paling banyak secara berurutan yaitu *receiving, shipping, storing* dan *picking.*

Tabel 5.4 Klasifikasi Aktivitas Gudang Produk Jadi Berdasarkan Waktu

Gudang Produk Jadi						
Aktivitas	Total Durasi (Detik)	VA	NNVA	NVA	%NNVA	%NVA
Receiving	102	10	92	0	90%	0%
Storing	893.87	803	60	31	7%	3%
Picking	1239.67	760	336	144	27%	12%
Shipping	1803.47	1528	155	0	15%	0%
Jumlah	4039.01	3101	763	175	19%	4%
Persentase		77%	19%	4%		

Tabel 5.4 di atas mengklasifikasikan aktivitas gudang produk jadi berdasarkan durasi aktivitasnya yang terdiri dari 4% *non value added activity* dan 19% *necessary but non value added activity*. Proses yang memiliki *non value added activity* paling lama secara berurutan adalah *picking* dan *storing*. Proses yang memiliki *necessary but non value added activity* paling lama secara berurutan yaitu *reciving, picking, shipping* dan *storing.*.

Berdasarkan tabel 5.3 dan 5.4 di atas dapat diketahui bahwa aktivitas pada gudang bahan baku berlangsung selama 4.039 detik atau 67,31 menit yang terdiri

dari aktivitas penerimaan dan penyimpanan produk jadi. Pada aktivitas yang berlangsung terdapat 7 *value added activity*, 19 *necessary but non value added activity*, dan 3 *non value added activity.*

Pada tabel 5.1 hingga 5.4 dapat diketahui bahwa proporsi aktivitas pergudangan untuk gudang bahan baku dan produk jadi didominasi oleh aktivitas *non value added but necessary* sebesar 59% dan 66%. Sedangkan untuk persentase aktivitas *value added* secara berurutan sebesar 27% dan 24% untuk masing-masing gudang. Tetapi dari segi waktu, persentase terbanyak untuk kedua gudang adalah waktu aktivitas *value added* dengan persentase 79% dan 77%. Dari persentase ini dapat dilihat bahwa aktivitas *value added* yang ada pada gudang PT. X lebih kecil dibanding aktvitas *non value added* tetapi memiliki proporsi yang sangat besar terhadap waktu yang digunakan.

5.3. Analisa Identifikasi *Waste*

Identifikasi 7 *waste* yang dilakukan berdasarkan analisa *non value addding activity*, pengamatan langsung dan wawancara dengan berbagai pihak yang ada dari perusahaan. Dari hasil tersebut terdapat 4 jenis waste yang berhasil diidentifikasi berupa; *waiting*, *transportation*, *unnecessary motion* dan *defect.*

Waiting yang ditemukan terletak pada gudang produk jadi pada aktivitas *picking* dan *shipping.* Pada aktivitas *picking*, *waste waiting* terjadi karena operator *picking* harus menunggu admin gudang untuk membuat dan mencetak *order picking note* yang digunakan oleh operator *picking* sebagai panduan pengambilan barang. Dari perhitungan yang dilakukan, pihak gudang mengalami kerugian waktu sebesar 2 menit. *Waste waiting* lainnya terjadi pada proses *shipping. Waste* tersebut terjadi hampir serupa dengan yang ada pada proses *picking*. *Waste waiting* pada proses *shipping* terjadi karena operator harus menunggu pembuatan dan pencetakan label informasi yang akan ditempel pada box *repacking*. Dari perhitungan yang dilakukan, pihak gudang mengalami kerugian waktu sebesar 3 menit. Dari dua penyebab *waste waiting* tersebut, pihak gudang mengalami kerugian dalam hal waktu sebesar 5 menit.

Transportation yang ditemukan adalah pengembalian palet pada rak dan proses merapihkan rak penyimpanan. Pengembalian palet harus dilakukan karena

palet merupakan alat yang digunakan sebagai alat transportasi dalam memindahkan barang yang ada di gudang. Palet harus dikembalikan pada rak karena lokasi penyimpanan palet lebih dekat dengan titik awal barang yang akan dikirim dibandingkan dengan titik tujuan pengiriman barang. Proses pengembalian palet ke rak penyimpanan memerlukan waktu sebesar 1 menit. Sedangkan untuk *waste transportation* lainnya berupa peroses merapihkan rak penyimpanan terjadi dengan cara memindahkan barang agar ada ruang penyimpanan yang kosong. Pemindahan dapat dilakukan dengan cara menumpuk barang ataupun melakukan *grouping* pada tempat yang sama sehingga ruang penyimpanan menjadi lebih luas. Proses perapihan rak penyimpanan memerlukan waktu sebesar 2 menit sehingga kerugian waktu yang dialami oleh pihak gudang dari *waste transportation* sebesar 3 menit.

Waste unnecessary motion yang ditemukan adalah operator harus hilir mudik mencari posisi barang pada rak penyimpanan. *Waste* ini terjadi karena lokasi penyimpanan barang yang cukup sering berubah karena sistem penyimpanan yang bersifat *random storage policy*. Selain karena sistem *random*, *waste* ini terjadi akibat tidak adanya label pada rak sebagai petunjuk lokasi tempat barang disimpan. Tidak adanya petunjuk lokasi menyebabkan operator cukup mengalami kesulitan dalam mencari barang. Akibat dari *waste* ini adalah waktu proses pengambilan barang menjadi lebih panjang. Kerugian dalam hal waktu belum dapat ditaksir dengan pasti dikarenakan proses hilir mudik operator bersamaan dengan proses pengambilan barang berjalan bersamaan sehingga cukup sulit untuk menentukan apakah waktu tersebut masuk dalam waktu pengambilan barang atau waktu hilir mudik. Dari 7 waste yang ada, ada 3 jenis waste yang tidak ditemukan yaitu *overproduction, inappropriate processing* dan *unnecessary inventory*.

Waste defect yang ditemukan pada gudang adalah kesalahan dalam menempel label informasi pada aktivitas *shipping* dan kesalahan dalam mengambil barang, Kesalahan dalam menempelkan label informasi mengakibatkan operator harus mencetak dan melakukan penempelan ulang label pada box. Sedangkan kesalahan dalam pengambilan barang menyebabkan operator harus mencari lagi barang yang sesuai dengan yang dibutuhkan. Dari 7

waste yang ada, ada 3 jenis waste yang tidak ditemukan yaitu *overproduction*, *inappropriate processing* dan *unnecessary inventory*.

5.4. Analisa Akar Penyebab *Waste*

Dari keempat jenis *waste* yang telah ditemukan, kemudian dilakukan identifikasi akar penyebabnya dengan menggunakan metode *root causes analysis* dengan *tool* 5 *Why* untuk mencari penyebab paling mendasar terjadinya *waste* tersebut. Berdasarkan hasil identifikasi akar penyebab pada masing-masing *waste* yang telah dipaparkan pada subbab 4.6, dari 4 jenis waste yang ditemukan terdapat 19 akar penyebab *waste*.

Akar penyebab *waste waiting* pada *waste* menunggu pembuatan *order picking note* adalah belum adanya rencana perusahaan dalam investasi terkait digitalisasi gudang sehingga pembuatan *order picking note* masih dilakukan secara manual. Sedangkan penyebab *waste* menunggu label informasi adalah belum ada alternatif lain untuk membuat label informasi selain dengan cara manual.

Untuk akar penyebab *waste transportation* pada *waste* mengembalikan palet pada gudang adalah desain tata letak lokasi gudang yang tidak memungkinkan dalam penggunaan jenis transportasi otomatis sehingga proses transportasi masih harus menggunakan palet dan dipindah secara manual. Sedangkan penyebab *waste* menata rak penyimpanan adalah sistem penyimpanan yang diterapkan pada gudang adalah *random storage policy*.

Akar penyebab *waste unnecessary motion* adalah kebijakan *random storage policy* dan tidak ada label pada rak yang mengakibatkan operator membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencari lokasi penyimpanan barang. Untuk akar penyebab *waste defect* pada *waste* kesalahan penempelan label informasi disebabkan oleh kesalahan operator dalam membaca label. Sedangkan penyebab *waste* kesalahan pengambilan barang disebabkan oleh belum adanya label pada rak sebagai petunjuk lokasi penyimpanan barang.

5.5. Analisa Rekomendasi Perbaikan Berdasarkan Hasil *Linear Programming* dan *Future State Value Stream Mapping*

Setelah dilakukan identifikasi permasalahan dam pencarian terhadap akar permasalahan, tahapan selanjutnya adalah memberikan usulan perbaikan. Pemberian usulan perbaikan menggunakan metode *linear programming* dengan tujuan untuk mencari alternatif perbaikan yang memberikan manfaat yang lebih besar. Terdapat empat alternatif rekomendasi perbaikan yang diusulkan yaitu; penggunaan label dengan *barcode* (alternatif 1), pemasangan sistem ERP dengan Odoo (alternatif 2), penerapan *E-Kanban* (alternatif 3) dan penggunaan konveyor (alternatif 4).

Perhitungan *linear programming* telah dilakukan pada bab 4.7 dimana rekomendasi perbaikan yang terpilih adalah kombinasi alternatif 1, 2 dan 3 berupa penggunaan label dengan *barcode*, pemasangan ERP dengan Odoo dan penerapan *E-Kanban.* Kombinasi alternatif tersebut memiliki nilai sebesar 9 dan merupakan nilai terbesar bersamaan dengan kombinasi alternatif 1,2,3 dan 4. Kombinasi alternatif 1,2 dan 3 dipilih karena alternatif tersebut tidak memiliki nilai 0 pada variabelnya. Kombinasi alternatif 1,2,3 dan 4 memiliki nilai 0 pada variabel X4 sehingga tidak dipilih. Dengan terpilihnya kombinasi alternatif 1,2 dan 3, maka perusahaan harus berinvestasi sebesar Rp 241.000.000 dan mempersiapkan dana sebesar Rp 20.140.000 setiap tahunnya untuk biaya *mantenance*.

Rekomendasi alternatif perbaikan yang diberikan tidak akan merubah kebijakan penyimpanan yang berlaku saat ini. Permasalahan yang timbul akibat penerapan *random storage policy* berupa operator yang kesulitan untuk mencari barang dapat diatasi dengan penggunaan label *barcode* dan sistem ERP. Label *barcode* berfungsi sebagai alamat rak dan dengan melakukan *scanning barcode*, nomor *barcode* akan tercatat sebagai alamat barang pada sistem ERP sehingga penerapan label *barcode* dan sistem ERP akan membantu operator untuk mencari barang dengan lebih mudah. Kebijakan penyimpanan *random storage* juga memberikan keuntungan berupa utilitas rak penyimpanan akan lebih tinggi dibanding sistem *dedicated storage* karena setiap rak dapat diisi oleh barang apa saja tanpa perlu memperhatikan kategori barang tersebut.

Setelah terpilih usulan rekomendasi perbaikan, maka tahap selanjutnya adalah melihat bagaimana dampak yang diberikan terhadap rekomendasi perbaikan yang terpilih. Untuk melihat bagaimana dampak yang diberikan oleh rekomendasi perbaikan yang terpilih, maka dibuatlah *future* VSM untuk melihat seberapa besar pengarus yang diberikan. *Future* VSM dibentuk sebagai gambaran awal dan bukan merupakan hasil aktual atas diberlakukannya rekomendasi perbaikan yang dipilih. Berikut merupakan perbedaan yang diberikan ketika rekomendasi perbaikan diterapkan pada gudang bahan baku dan produk jadi dengan asumsi penerapan dapat dilakukan secara penuh dan seluruh *waste* yang ada dapat berkurang bahkan menghilang.

Tabel 5.5 Perbedaan Waktu pada Gudang Bahan Baku

Gudang Bahan Baku				
Aktivitas		Waktu sebelum perbaikan (Detik)	Waktu setelah perbaikan (Detik)	Keterangan
Storing	Mencari lokasi rak	37	0	Penerapan label *barcode* dapat mempermudah operator langsung menuju rak tujuan tanpa perlu mencari posisi rak terlebih dahulu
	Melakukan pembaharuan terhadap *stock* bahan baku	120	0	Penerapan label *barcode* dan ERP Odoo dapat langsung memperbaharui *stock* bahan baku dengan melakukan *scan* pada *barcode*
Picking	Mencari lokasi rak bahan baku yang diminta	33	0	Penerapan label *barcode* dapat mempermudah operator langsung menuju rak tujuan tanpa perlu mencari posisi rak terlebih dahulu
	Mengambil bahan baku sesuai dengan permintaan	739.6	552	Lebih cepat 25% karena penerapan label *barcode* dapat mempermudah operator mencari rak penyimpanan tanpa perlu hilir mudik untuk mencari lokasi rak. Penerapan ERP Odoo juga dapat memberikan infromasi terkait posisi rak penyimpanan

Tabel 5.5Perbedaan Waktu pada Gudang Bahan Baku (Lanjutan)

Gudang Bahan Baku				
Aktivitas		Waktu sebelum perbaikan (Detik)	Waktu setelah perbaikan (Detik)	Keterangan
Shipping	Melakukan pembaharuan terhadap stock bahan baku	100	0	Penerapan label *barcode* dan ERP Odoo dapat langsung memperbaharui *stock* bahan baku dengan melakukan *scan* pada *barcode*
Cycle time		2917	2476	Berukurang sebesar 15% (441 detik)

Tabel 5.6 Perbedaan Waktu pada Gudang Produk Jadi

Gudang Produk Jadi				
Aktivitas		Waktu sebelum perbaikan (Detik)	Waktu setelah perbaikan (Detik)	Keterangan
Storing	Mencari lokasi rak yang kosong	31	0	Penerapan label *barcode* dapat mempermudah operator langsung menuju rak tujuan tanpa perlu mencari posisi rak terlebih dahulu
	Melakukan pembaharuan terhadap *stock* produk jadi	120	0	Penerapan label *barcode* dan ERP Odoo dapat langsung memperbaharui *stock* bahan baku dengan melakukan *scan* pada *barcode*
Picking	Membuat *order picking note*	90	0	Penerapan *E-Kanban* dapat menghilangkan proses pembuatan *order picking note* secara manual
	Mencetak *order picking note*	15	0	
	Menunggu dokumen *order picking note*	120	0	

Tabel 5.7 Perbedaan Waktu pada Gudang Produk Jadi (Lanjutan)

Gudang Produk Jadi				
Aktivitas		Waktu sebelum perbaikan (Detik)	Waktu setelah perbaikan (Detik)	Keterangan
Picking	Mencari lokasi rak produk jadi yang diminta	24	0	Penerapan label *barcode* dapat mempermudah operator langsung menuju rak tujuan tanpa perlu mencari posisi rak terlebih dahulu
	Mengambil produk jadi sesuai dengan permintaan	669.67	502	Lebih cepat 25% karena penerapan label *barcode* dapat mempermudah operator mencari rak penyimpanan tanpa perlu hilir mudik untuk mencari lokasi rak. Penerapan ERP Odoo juga dapat memberikan infromasi terkait posisi rak penyimpanan
Shipping	Melakukan pembaharuan terhadap stock produk jadi	80	0	Penerapan label *barcode* dan ERP Odoo dapat langsung memperbaharui *stock* bahan baku dengan melakukan *scan* pada *barcode*
Cycle time		4039	3590	Berkurang sebesar 11% (449 detik)

Berdasarkan tabel 5.5 dan 5.6 menunjukkan beberapa perubahan yang terjadi apabila rekomendasi perbaikan terpilih diterapkan. Penerapan label dengan *barcode* memberikan dampak berupa hilangnya proses mencari rak penyimpanan pada aktivitas *storing* dan *picking* untuk gudang bahan baku dan produk jadi. Penerapan label dengan *barcode* juga dapat mengurangi kesalahan dalam pengambilan barang karena lokasi barang dapat dengan mudah dicari. Dengan lebih mudah mencari lokasi barang, proses pengambilan barang pada aktivitas *picking* untuk kedua gudang juga menjadi lebih cepat 25%.

Selain penerapan label dengan *barcode*, pemasangan sistem ERP Odoo juga memberikan dampak yang cukup signifikan. Penerapan sistem ERP yang

terintegrasi dengan label *barcode* dapat memperpudah untuk melakukan pembaharuan *stock* barang. Aktivitas pembaharuan *stock* barang dapat dilakukan secara otomatis tanpa perlu dilakukan pengurangan maupun penambahan secara manual. Pembaharuan *stock* secara otomatis dapat dilakukan dengan cara melakukan *scan* terhadap *barcode* dengan bantuan *barcode reader gun*. Penerapan sistem ERP juga dapat membantu mempercepat proses pengambilan gambar karena dengan ERP lokasi penyimpanan barang dapat ditemukan dengan cepat. Penerapan ERP juga akan mengintegrasikan antar departemen yang ada di perusahaan dan dapat mempercepat pertukaran informasi antar departemen.

Penerapan *E-Kanban* juga dapat menghilangkan *waste waiting* berupa menunggu pembuatan *order picking note*. Dengan menggunakan *E-Kanban*, admin gudang tidak perlu lagi untuk membuat dan mencetak *order picking note* secara manual. Admin gudang hanya perlu mengirimkan *order picking note* pada perangkat elektronik yang dipegang oleh operator *picking*. Penerapan *E-Kanban* juga dapat membantu menjaga kondisi *stock* secara *real time* dengan bantuan layar monitor yang ada pada dinding gudang.

Secara keseluruhan, penerapan rekomendasi perbaikan terpilih dapat mereduksi *cycle time* pada gudang bahan baku sebesar 15% (441 detik) dan gudang produk jadi sebesar 11% (449 detik). Keseluruhan hasil perbandingan pada tabel 5.5 dan 5.6 merupakan hasil pendekatan simulasi dengan asumsi penerapan rekomendasi perbaikan dapat dilakukan 100%. Hasil penerapan rekomendasi perbaikan secara aktual dapat berbeda dengan hasil simulasi. Perbedaan tersebut dapat disebabkan dari berbagai variabel yang mungkin belum diperhitungkan saat dilakukannya simulasi.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan kesimpulan dari hasil penelitian yang akan menjawab tujuan penelitian yang telah dirumuskan dan pemberian saran agar penelitian selanjutnya menjadi lebih baik.

6.1. Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang diperoleh dari penelitian berdasarkan tujuan yang ditetapkan.

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat 4 *waste* yang ditemukan pada proses pergudangan PT. X baik untuk gudang bahan baku maupun gudang produk jadi. Empat *waset* tersebut adalah *waiting, transportation, unnecessary motion* dan *defect*. *Waste waiting* terjadi karena operator *picking* menunggu admin gudang untuk membuat *order picking note* dan operator *shipping* pada gudang produk jadi menunggu pembuatan label informasi. *Waste transportation* terjadi karena aktivitas pengembalian palet kosong pada rak dan aktivitas merapikan rak penyimpanan agar ada ruang yang kosong. *Waste unnecessary motion* terjadi karena aktivitas hilir mudik operator dalam mencari lokasi penyimpanan barang pada rak yang belum memiliki label. Sedangkan *waste defect* terjadi karena operator *shipping* salah dalam menempelkan label informasi dan operator *picking* salah dalam mengambil barang, baik jumlah maupun jenis.4039 3101
2. Pembuatan *current state value stream mapping* (*current* VSM) bertujuan untuk mengetahui kondisi terkini yang terjadi pada gudang. *Current* VSM pada gudang bahan baku menunjukkan bahwa *cycle time* yang terjadi pada gudang tersebut sebesar 2917 detik sedangkan *value added time* yang terjadi sebesar 2223 detik. Sedangkan pada gudang produk jadi, *cycle time* yang ada sebesar 4039 detik dan *value added time* sebesar 3101 detik. Dengan adanya selisih antara *cycle time* dan *value added time* menunjukkan bahwa aktivitas yang terjadi pada kedua gudang masih mengandung unsur aktivitas *non value added*. *Future*

VSM dibuat sebagai gambaran apakah rekomendasi perbaikan yang dipilih dapat memberikan dampak. *Future* VSM yang telah dibuat menunjukkan terjadinya pengurangan *cycle time*. Untuk gudang bahan baku, *cycle time* berkurang dari 2917 detik menjadi 2476 detik, sedangkan untuk gudang produk jadi *cycle time* berkurang dari 4039 detik menjadi 3590 detik.

3. Penentuan rekomendasi perbaikan dilakukan dengan menggunkan metode *linear programming*. Terdapat 4 alternatif yang ditawarkan; penggunaan label dengan *barcode* (alternatif 1), pemasangan sistem ERP dengan Odoo (alternatif 2), penerapan *E-Kanban* (alternatif 3) dan penggunaan konveyor (alternatif 4). Penggunaan *linear programming* dilakukan untuk mengetahui alternatif mana yang memiliki nilai manfaat yang lebih besar. Dari hasil perhitungan, ditemukan bahwa nilai manfaat terbesar ada pada rekomendasi gabungan antara alternatif 1, 2 dan 3 dengan nilai manfaat sebesar 10.978477.

6.2. Saran

6.2.1. Saran Untuk Perusahaan:

Perusahaan perlu untuk melakukan implementasi terhadap rekomendasi aktivitas perbaikan yang telah diberikan dalam penelitian untuk mengurangi *waste* yang ada dan dapat meningkatkan efektivitas den efisiensi aktifitas pergudangan.

6.2.2. Saran Untuk Penelitian Selanjutnya:

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai data yang lebih lengkap agar permasalahan yang dianalisa menjadi lebih kompleks serta data yang didapatkan lebih akurat
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menghitung *Net Present Value* (NPV) dan *Rate of Return* (ROR) agar dapat menunjukkan *payback period* terhadap investasi yang dijalankan.

DAFTAR PUSTAKA

Anđelković , A., Radosavljević, M. & Panić , S., 2017. Effects Of Lean Tools In Achieving Lean Warehousing. *Economic Themes*, 54(4), pp.517-534 DOI: 10.1515/ethemes-2016-0026.

Doggett, M., 2006. Root Cause Analysis: A Framework for Tool Selection. *Quality Management Journal*, 12(4), pp.DOI: 10.1080/10686967.2005.11919269.

Gaspersz, V., 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Services Industries*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Heragu, S.S., 2008. *Facilities Design*. 3rd ed. New York: CRC Press.

Hillier, F.S. & Lieberman, G.J., 2014. *Introduction to Operations Research*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.

Hines, P. & Taylor, D., 2000. *Going Lean: A Guide To Implementation*. UK: Lean Enterprise Research Center.

Hompel, t.M. & Schmidt, T., 2007. *Warehouse Management*. Berlin: Springer.

Koster, R.d., Le-Duc, T. & Roodbergen, K.J., 2006. Design and control of warehouse order picking: a literature review. *European Journal of Operation Research*, 2, pp.481-501 doi:10.1016/j.ejor.2006.07.009.

Myszewski, J.M., 2013. On improvement story by 5 whys. *TQM Journal*, pp.DOI: 10.1108/17542731311314863.

Oey, E. & Nofrimurti , M., 2018. Lean implementation in traditional distributor warehouse – a case study in an FMCG company in Indonesia. *Int. J. Process Management and Benchmarking*, 8(1).

Ohno, T., 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Oregon: Productivity Press.

Richards, G., 2018. *Warehouse Management A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. 3rd ed. London: Kogan Page Limited.

Salhieh , L., Altarazi, S. & Ismail, A., 2018. Quantifying and ranking the “7-Deadly” Wastes in a warehouse environment. *TQM Journal*, pp.https://doi.org/10.1108/TQM-06-2018-0077.

Sharma, S. & Shah , B., 2016. Towards lean warehouse: transformation and assessment using RTD and ANP. *International Journal of Productivity and Performance Management* , 65(4), pp.571 - 599 http://dx.doi.org/10.1108/IJPPM-04-2015-0061.

Singgih, M.L. & Kristian, R., 2007. PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DIVISI PRODUKSI PERALATAN INDUSTRI PROSES PADA PT. BARATA INDONESIA DENGAN VALUE STREAM MAPPING.

Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A. & Tanchoco, J.M.A., 2010. *Facilities Planning*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc.

Warman, J., 2012. *Manajemen Pergudangan*. 7th ed. Jakarta: PT. Puka Sinar Harapan.

Womack, J.P. & Jones, D.T., 2003. *Lean Thinking Banish Waste and Create Walth in Your Corporation*. New York: Simon and Schuster, Inc.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data aktivitas *receiving* (*unloading*)

		Kendaraan ke	1		2		3		4		5		6		7		Rata - rata (Detik)
Pengamatan ke-	Tanggal	Kendaraan yang datang	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
1	06-Mar	7	20	717	12	476	10	580	10	604	15	655	10	527	5	334	556.14
2	07-Mar	4	15	505	15	561	12	489	5	336							472.75
3	08-Mar	5	10	482	12	593	12	576	5	313	10	436					480
4	09-Mar	6	5	344	5	332	14	618	15	584	15	588	20	546			502.00
5	10-Mar	3	20	737	20	697	15	593									675.67
6	13-Mar	6	19	651	50	1713	10	491	14	464	13	451	5	297			677.83
7	14-Mar	7	14	536	10	454	20	691	15	608	20	691	20	712	20	733	632.14
8	15-Mar	3	10	519	15	583	15	517									539.67
9	16-Mar	3	5	341	20	696	20	681									572.67
10	17-Mar	4	21	723	15	567	14	520									452.5
11	20-Mar	3	13	498	25	813											437.00
12	21-Mar	2	12	503	15	541											522
13	22-Mar	2	10	513	10	488											500.5
14	23-Mar	4	15	553	15	528	10	491	13	493							516.25
15	24-Mar	3	20	761	60	2086	5	349									1065.33
Rata-rata (Detik)																	573.50

Lampiran 2

Data aktivitas *storing*

Pengamatan ke-	Tanggal	Gudang Bahan Baku		Gudang Produk Jadi	
		Jumlah box yang disimpan	Waktu (Detik)	Jumlah box yang disimpan	Waktu (Detik)
1	06-Mar	79	843	51	661
2	07-Mar	48	627	49	620
3	08-Mar	47	611	63	769
4	09-Mar	74	839	44	618
5	10-Mar	55	706	59	693
6	13-Mar	112	994	58	698
7	14-Mar	119	1026	61	710
8	15-Mar	40	628	47	647
9	16-Mar	44	615	43	613
10	17-Mar	49	692	68	770
11	20-Mar	38	595	45	620
12	21-Mar	27	556	53	682
13	22-Mar	20	515	56	671
14	23-Mar	53	710	62	729
15	24-Mar	84	873	64	742
Rata-rata (Detik)		722.00		682.87	

Lampiran 3

Data aktivitas *picking*

Pengamatan ke-	Tanggal	Gudang Bahan Baku		Gudang Produk Jadi	
		Jumlah box yang diambil	Waktu (Detik)	Jumlah box yang diambil	Waktu (Detik)
1	06-Mar	44	751	71	734
2	07-Mar	39	731	61	683
3	08-Mar	31	718	65	707
4	09-Mar	35	727	70	725
5	10-Mar	40	741	73	743
6	13-Mar	47	782	60	672
7	14-Mar	36	733	64	661
8	15-Mar	33	694	70	723
9	16-Mar	42	751	70	725
10	17-Mar	39	748	66	718
11	20-Mar	46	769	63	596
12	21-Mar	37	741	71	731
13	22-Mar	41	749	64	692
14	23-Mar	38	728	60	686
15	24-Mar	36	731	62	699
Rata-rata (Detik)		739.6		699.67	

Lampiran 4

Data aktivitas *shipping* (*repacking*)

Pengamatan ke-	Tanggal	Jumlah box *repacking*	Total Waktu (Detik)
1	06-Mar	19	1253
2	07-Mar	15	1015
3	08-Mar	21	1453
4	09-Mar	18	1152
5	10-Mar	24	1561
6	13-Mar	22	1496
7	14-Mar	26	1638
8	15-Mar	17	1173
9	16-Mar	19	1311
10	17-Mar	19	1216
11	20-Mar	15	960
12	21-Mar	20	1381
13	22-Mar	20	1436
14	23-Mar	21	1445
15	24-Mar	18	1242
Rata-rata (Detik)		1315.47	

BIODATA PENULIS

Penulis dengan nama lengkap Naufal Ghani Ibrahim lahir di Surabaya, 17 Februari 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Al Azhar Kelapa Gading, SMP Al Azhar Kelapa Gading, SMA Negeri 16 Surabaya dan Pendidikan Sarjana di Departemen Teknik dan Sistem Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis menjadi anggota Indonesian Production and Operations Management Society (IPOMS) dan Indonesia Procurement Supply Chain Logistic Community (IPSCLC). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT ECCO Indonesia. Pada masa akhir perkuliahan, penulis berhasil mengeluarkan jurnal internasional dengan judul *Warehouse Improvement Evaluation using Lean Warehousing Approach and Linear Programming*. Konsentrasi yang diambil penulis pada masa perkuliahan adalah bidang *supply chain* dan *lean*. Topik dalam Tugas Akhir ini merupakan gabungan antara keilmuan *lean* dengan keilmuan *supply chain*. Untuk informasi lebih lanjut, penulis dapat dihubungi melalui email naufal.ghani@gmail.com