



TESIS - BM185407

**PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING* UNTUK
PERBAIKAN PROSES PRODUKSI *SPEAKER***

**NASTITI PUJI LESTARI
09211750015018**

**Dosen Pembimbing:
Putu Dana Karningsih, ST, M.Eng.Sc, PhD**

**Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Desain Kreatif Dan Bisnis Digital
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Nastiti Puji Lestari

NRP: 09211750015018

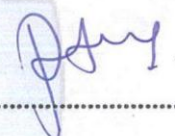
Tanggal Ujian: 13 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

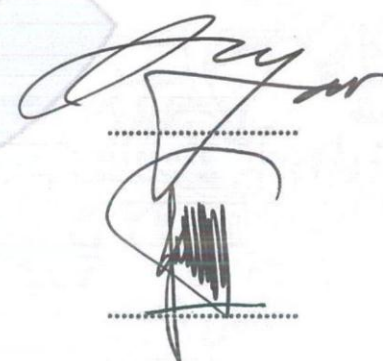
Pembimbing:

1. **Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D**
NIP: 197405081999032001

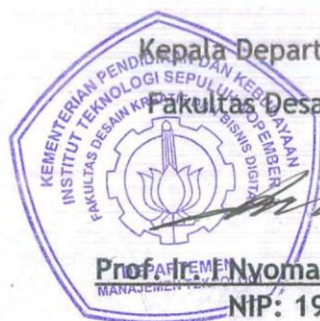


Penguji:

1. **Prof. Dr. Ir. Suparno, M.S.I.E**
NIP: 194807101976031002



2. **Dr. Adithya Sudiarno, S.T., M.T**
NIP: 198310162008011006



Kepala Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Desain Kreatif Dan Bisnis Digital

Prof. Ir. Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP
NIP: 196912311994121076

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING* UNTUK PERBAIKAN PROSES PRODUKSI *SPEAKER*

Nama Mahasiswa : Nastiti Puji Lestari
NRP : 09211750015018
Pembimbing : Putu Dana Karningsih ST, M.Eng.Sc, Ph.D

ABSTRAK

PT Y adalah salah satu anak perusahaan Penanaman Modal Asing (PMA) yang khusus memproduksi *speaker* untuk pasar lokal dan internasional. Saat ini pemenuhan *order* PT Y belum memenuhi target performansi yang diharapkan. Pemenuhan *order* baru mencapai 97,55% dari target 100%. Hal ini menjadi perhatian dari Y Grup agar PT Y dapat memperbaiki diri karena dapat berakibat perusahaan menjadi kurang kompetitif dibanding pesaing. Berdasarkan observasi awal ditemukan indikasi adanya pemborosan, yaitu *defect*, *downtime*, dan *delay* proses.

Pada penelitian ini dilakukan pemetaan aktivitas *value added* dan *non-value added* dengan *value stream mapping* dan *process activity mapping*. *Tool lean* yang digunakan untuk analisis *waste* lebih lanjut adalah *Lean Assessment Matrix* (LAM). Metode ini merupakan modifikasi dan integrasi dari *House of Risk* (HOR) dan *Waste Relationship Matrix* (WRM) yang secara komprehensif dapat memenuhi keseluruhan tahap implementasi *lean manufacturing*, antara lain identifikasi *waste* dan akar penyebab *waste*, penentuan *waste* kritis, alternatif tindakan eliminasi akar penyebab *waste* dan prioritasnya. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengurangi *waste* yang ada hingga 50% dari kondisi saat ini.

Hasil penelitian menunjukkan *waste* yang memberikan pengaruh paling signifikan adalah *transportation*, *waiting* dan *inventory*. Akar penyebab permasalahan *waste* antara lain stasiun kerja tidak ergonomis, tidak memiliki jadwal *preventive maintenance*, tidak ada standar penanganan produk *defect*, *layout* ruangan yang tidak menyesuaikan arah material, kapasitas angkut *hand truck* yang kecil, dan proses *Outgoing Quantity Check* (OQC) tidak termasuk dalam *standard time* perusahaan. Rekomendasi perbaikan yang diajukan antara lain melakukan *training* untuk meningkatkan *skill repair* produk, membuat *schedule preventive maintenance* mesin, dan melakukan *relay layout* ruangan.

Kata kunci: *lean manufacturing*, *process activity mapping*, *lean assessment matrix*, *value stream mapping*, eliminasi *waste*

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEAN MANUFACTURING APPROACH TO IMPROVE SPEAKER MANUFACTURING PROCESS

By : Nastiti Puji Lestari
Student Identity Number : 09211750015018
Supervisor : Putu Dana Karningsih ST, M.Eng.Sc, Ph.D

ABSTRACT

PT Y is a subsidiary of Foreign Investment (PMA) which specializes in producing speakers for local and international markets. At present PT Y's orders have not met the expected performance targets. Fulfillment of production orders reached 97.55% of the target of 100%. This is one of the concerns of Y Group that PT Y need to improve themselves because it can result in companies becoming less competitive than competitors. Based on preliminary observations, there were indications of waste, namely defects, downtime, and process delays.

In this research, mapping the value added and non-value added with value stream mapping and activity mapping process. The lean tool used for further waste analysis is the Lean Assessment Matrix (LAM). This method is a modification and integration of House of Risk (HOR) and Waste Relationship Matrix (WRM) which could cover the complete stages of lean manufacturing implementation starting from waste and their causes identification, the critical waste prioritizing as well as provides waste reduction plan alternatives and their ranks. Expected result from this research is that this research could reduce the waste up to 50% from existing condition.

The results of the research show that the waste which gives the most significant influence are transportation, waiting and inventory. The root causes of problems between work stations are not ergonomic, do not have preventative maintenance schedules, there are no standards for handling defective products, the layout of the room is not in the direction of material, the carrying capacity of small hand trucks, and the Outgoing Quantity Check (OQC) processes are not included in the company's time standards. The proposed improvement recommendations include conducting training to improve product repair skills, making a preventative machine maintenance schedule, and conducting production floor relayout.

Keywords: lean manufacturing, process activity mapping, lean assessment matrix, value stream mapping, waste elimination

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pendekatan *Lean Manufacturing* untuk Perbaikan Proses Produksi *Speaker*” sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Departemen Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam pembuatan tesis ini, penulis banyak mendapat bantuan, petunjuk, dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah membantu proses penyelesaian tesis ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ibu Putu Dana Karningsih, ST., M.Eng.Sc., PhD selaku Dosen Pembimbing Tesis yang telah mendampingi penulis, memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penulisan tesis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Suparno, M.S.I.E, Bapak Dr. Adithya Sudiarno, S.T., M.T, dan Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc.(Eng) selaku Dosen Penguji Tesis dan Proposal Tesis yang telah meluangkan waktu dan memberikan masukan sebagai perbaikan terhadap tesis penulis.
3. Seluruh civitas akademika Institut Teknologi Sepuluh Nopember, khususnya dosen dan karyawan Departemen Magister Manajemen Teknologi, yang telah memberikan pendidikan dan pengajaran kepada penulis.
4. Segenap karyawan PT. Y, yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini, khususnya kepada Bapak Mukhammad Anwar selaku responden dalam penelitian ini.
5. Kedua orang tua penulis, Drs. Supriyanto, MT. dan Dra. Susi Nurani, yang telah memberikan dukungan baik moral, materiil, maupun spiritual kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
6. Kakak penulis, Priska Putri Lestari, S.Kom, S.Pd, dan kakak ipar penulis Agassi Pamungkas Intiarto yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.

7. Sahabat-sahabat terbaik penulis, Steffi Melati Achlam, ST., April Fortunella, ST., dan Lalena Bunga Tanjung, ST. yang memberikan semangat kepada penulis selama penyelesaian tesis.
8. Seluruh teman-teman Magister Manajemen Teknologi Program Studi Manajemen Industri Eksekutif 2017 memberikan pengalaman dan kenangan berharga kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan jenjang magister.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam tesis ini. Saran dan kritik yang konstruktif akan sangat membantu agar tesis ini dapat menjadi lebih baik. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Malang, 17 Januari 2020

Penulis

Nastiti Puji Lestari

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Manfaat Penelitian	9
1.4.1 Manfaat Praktis	9
1.4.2 Manfaat Keilmuan	9
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	10
1.5.1 Batasan Masalah	10
1.5.2 Asumsi	10
1.6 Sistematika Penulisan	10
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	11
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.2 Pemborosan (<i>Waste</i>)	12
2.2 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	14
2.3 <i>Value Stream Mapping Tools (VALSAT)</i>	17
2.4 <i>Lean Assessment Matrix</i>	20
2.4.1 <i>Lean Matrix 1</i>	20
2.4.2 <i>Lean Matrix 2</i>	22
2.5 <i>Waste Assessment Model</i>	24
2.5.1 <i>Seven Waste Relationship</i>	24
2.5.2 <i>Waste Relationship Matrix</i>	26
2.6 <i>Root Cause Analysis</i>	28

2.7	Diagram Pareto.....	29
2.8	Penelitian Terdahulu.....	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Jenis Penelitian.....	33
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.3	Tahapan Penelitian	34
3.3.1	Tahap Identifikasi <i>Waste</i> dan Penyebabnya.....	34
3.3.1.1	Observasi dan Wawancara	34
3.3.1.2	Data Aliran Proses Produksi.....	35
3.3.1.3	Pembuatan <i>Value Stream Mapping</i>	35
3.3.1.4	Penyusunan <i>Process Activity Mapping</i> (PAM).....	36
3.3.1.5	Pemetaan <i>Waste</i>	37
3.3.1.6	Analisis Akar Penyebab <i>Waste</i>	37
3.3.2	Tahap Analisis <i>Waste</i> Kritis.....	38
3.3.2.1	Perhitungan <i>Waste Type Weight</i>	38
3.3.2.2	Penentuan <i>Severity Level of Waste</i>	38
3.3.2.3	Penentuan <i>Occurrence Level of Root Source of Waste</i>	39
3.3.2.4	Penyusunan <i>Lean Matrix 1</i>	40
3.3.3	Tahap Perancangan Rekomendasi Perbaikan.....	41
3.3.3.1	Penyusunan Alternatif Rekomendasi Perbaikan	41
3.3.3.2	Penentuan <i>Degree of Difficulty Performing Action</i>	41
3.3.3.3	Penyusunan <i>Lean Matrix 2</i>	42
3.3.3.4	Pengajuan Rekomendasi Perbaikan Terpilih Berdasarkan <i>Rank Action of Priority</i>	42
3.3.4	Tahap Kesimpulan dan Saran.....	43
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Gambaran Umum Objek Penelitian	47
4.1.1	Profil Perusahaan.....	47
4.1.2	Struktur Organisasi.....	48
4.1.3	<i>Motto</i> Perusahaan	50
4.2	<i>Flow</i> Proses Produksi AA-Series	51
4.2.1	Proses <i>Auto Insert</i>	51

4.2.2	Proses <i>Surface Mount Technology</i> (SMT).....	52
4.2.3	Proses <i>Manual Insert</i>	54
4.3	Data Observasi Produksi Model AA-Series	57
4.3.1	Data <i>Customer Demand</i> dan <i>Takt Time</i>	57
4.3.2	Data <i>Manpower</i>	58
4.3.3	Data <i>Process Cycle Time</i>	59
4.4	<i>Value Stream Mapping</i>	60
4.5	<i>Process Activity Mapping</i>	63
4.6	<i>Lean Assessment Matrix</i>	69
4.6.1	<i>Lean Matrix 1</i>	69
4.6.1.1	Pemetaan <i>Waste</i>	69
4.6.1.2	Analisis Akar Penyebab <i>Waste</i>	79
4.6.1.3	Perhitungan <i>Waste Type Weight</i>	81
4.6.1.4	Penentuan <i>Severity Level of Waste</i>	82
4.6.1.5	Penentuan <i>Occurence Level of Root Source of Waste</i>	83
4.6.1.6	Hasil Pemetaan <i>Lean Matrix 1</i>	85
4.6.2	<i>Lean Matrix 2</i>	87
4.6.2.1	Penyusunan Alternatif Rekomendasi Perbaikan.....	87
4.6.2.2	Penentuan <i>Degree of Difficulty Performing Action</i>	88
4.6.2.3	Hasil Pemetaan <i>Lean Matrix 2</i>	89
4.7	Pengajuan Rekomendasi Perbaikan Terpilih berdasarkan <i>Rank Action of Priority</i>	91
4.8	Prediksi <i>Benefit</i> Penerapan Rekomendasi Perbaikan.....	99
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		103
5.1	Kesimpulan	103
5.2	Saran	103
DAFTAR PUSTAKA		105
Lampiran 1. Perhitungan <i>Waste Type Weight</i>		107
Lampiran 2. Pengambilan Data Waktu Proses (<i>Cycle Time</i>).....		113
Lampiran 3. Kuisisioner <i>Waste</i>		119
Lampiran 4. Data <i>Corrective Maintenance</i>		125
BIODATA PENULIS		129

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penjualan Produk <i>Audio Equipment</i> Tahun 2015-2019	2
Gambar 1.2 <i>Overtime</i> Departemen Produksi Tahun 2018	3
Gambar 1.3 <i>Downtime</i> (%) Line SMT tahun 2018	5
Gambar 1.4 Ilustrasi Model AA-series	8
Gambar 1.5 <i>Flowchart</i> Proses Produksi AA-series	8
Gambar 2.1 Simbol Dasar <i>Value Stream Mapping</i>	16
Gambar 2.2 Contoh <i>Process Activity Mapping</i>	19
Gambar 2.3 <i>Lean Matrix</i> 1	22
Gambar 2.4 <i>Lean Matrix</i> 2	23
Gambar 2.5 Hubungan antar <i>Waste</i>	26
Gambar 2.6 Langkah Menentukan <i>Root Cause Analysis</i> Menggunakan 5 Why ..	29
Gambar 2.7 Contoh Diagram Pareto	30
Gambar 4.1 PT Y	47
Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT Y	49
Gambar 4.3 Proses AV131	52
Gambar 4.4 Proses RG131	52
Gambar 4.5 Proses SMT (<i>Mounter</i>)	54
Gambar 4.6 Proses <i>Insert Manual</i>	54
Gambar 4.7 Proses <i>Forming</i> Komponen L101 Ferrite Bead	55
Gambar 4.8 Proses <i>Soldering Machine</i>	55
Gambar 4.9 Proses <i>Sonybond</i>	56
Gambar 4.10 Proses <i>Inspection & Touch Up</i>	56
Gambar 4.11 Proses ICT	57
Gambar 4.12 <i>Value Stream Mapping</i> Proses PCB <i>Speaker</i> AA-Series	62
Gambar 4.13 <i>Inventory</i> Berupa WIP <i>Finish</i> RG di Lokasi SMT/AI	71
Gambar 4.14 Operator Perlu Memutar Tubuh untuk Mengambil dan Meletakkan PCB	72
Gambar 4.15 Operator Kesulitan Meraih Komponen Material di Seberang Konveyor	72

Gambar 4.16 Ilustrasi <i>Layout PCB Manual Insert</i> per Lini Produksi	73
Gambar 4.17 Hasil <i>Repair PCB AA-Series Electrical Error</i> Tahun 2018	75
Gambar 4.18 Histogram Waktu <i>Repair Electrical Error</i>	75
Gambar 4.19 <i>Layout PCB Manual Insert</i>	76
Gambar 4.20 Peta Perusahaan PT Y	77
Gambar 4.21 <i>Hand truck</i> untuk transportasi material dari SMT ke MI	77
Gambar 4.22 Penandaan Destinasi PCB pada PWB yang Berulang	78
Gambar 4.23 Desain <i>Relayout</i> Ruang PCB MI Sesuai Arah Material	98

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Detail Aktual <i>Overtime</i> dan <i>Forecast Overtime</i> Tahun 2018	3
Tabel 1.2 <i>Loss Time</i> (jam) di FA berdasarkan <i>Section</i> Tahun 2018	4
Tabel 1.3 <i>Defect</i> pada <i>Section</i> PCB Tahun 2018	6
Tabel 1.4 Pemenuhan <i>Order</i> PT Y May'18 – Apr'19	7
Tabel 2.1 Matriks Seleksi 7 VALSAT	19
Tabel 2.2 Penjelasan Hubungan Antar <i>Waste</i>	24
Tabel 2.3 Konversi Rentang Skor Keterkaitan antar <i>Waste</i>	27
Tabel 2.4 Daftar Pertanyaan untuk <i>Waste Relationship Matrix</i>	27
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu	32
Tabel 3.1 Kriteria Penentuan <i>Severity Level of Waste</i>	38
Tabel 3.2 Kriteria Penentuan <i>Occurence Level of Root Source of Waste</i>	39
Tabel 3.3 Kriteria <i>Degree of Difficulty Performing Action</i>	42
Tabel 4.1 Data <i>Customer Demand</i> dan Hari Kerja	58
Tabel 4.2 Data <i>Manpower</i>	59
Tabel 4.3 Data <i>Process Cycle Time</i>	59
Tabel 4.4 Kode Produksi berdasarkan Destinasi	61
Tabel 4.5 <i>Process Activity Mapping</i> Proses PCB <i>Speaker</i> AA-Series	63
Tabel 4.6 Jenis Aktivitas pada Proses Produksi <i>Speaker Section</i> PCB	68
Tabel 4.7 Aktivitas pada Proses Produksi <i>Speaker Section</i> PCB berdasarkan Jenis	68
Tabel 4.8 Jenis <i>Defect</i> berdasarkan Proses PCB (pc) Tahun 2018	70
Tabel 4.9 Deskripsi Jenis <i>Defect</i>	71
Tabel 4.10 Penyebab <i>Downtime</i> Mesin SMT Tahun 2018	74
Tabel 4.11 <i>Standard Time</i> Proses PCB AI dan MI model AA-Series	78
Tabel 4.12 Kode <i>Waste</i>	79
Tabel 4.13 Akar Penyebab <i>Waste</i>	79
Tabel 4.14 <i>Waste</i> dan Kombinasi Akar Penyebab	80
Tabel 4.15 Kode Akar Penyebab <i>Waste</i>	81
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan <i>Waste Type Weight</i>	82
Tabel 4.17 Kriteria Penentuan <i>Severity Level of Waste</i>	82

Tabel 4.18 Hasil Penentuan <i>Severity Level of Waste</i>	83
Tabel 4.19 Kriteria Penentuan <i>Occurence Level of Root Source of Waste</i>	84
Tabel 4.20 Hasil Penentuan <i>Occurence Level of Root Source of Waste</i>	84
Tabel 4.21 <i>Lean Matrix 1</i>	86
Tabel 4.22 Alternatif Rekomendasi Perbaikan.....	87
Tabel 4.23 Kriteria <i>Degree of Difficulty Performing Action</i>	88
Tabel 4.24 Hasil Penentuan <i>Degree of Difficulty Performing Action</i>	88
Tabel 4.25 <i>Lean Matrix 2</i>	90
Tabel 4.26 Keahlian yang Perlu Dimiliki Operator Produksi PCB.....	91
Tabel 4.27 Prioritas Jenis <i>Training</i> Karyawan PCB	94
Tabel 4.28 Kartu Kendali <i>Training</i>	95
Tabel 4.29 Data Perbaikan Mesin FLUXER MACHINE NO.2 (SENSBEY)	96
Tabel 4.30 Rekomendasi Visualisasi Jadwal <i>Preventive Maintenance</i>	97
Tabel 4.31 Total Biaya <i>Corrective Maintenance</i>	100

BAB 1

PENDAHULUAN

Untuk memberikan gambaran secara garis besar mengenai kerangka penelitian, maka akan dijelaskan beberapa hal melalui latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

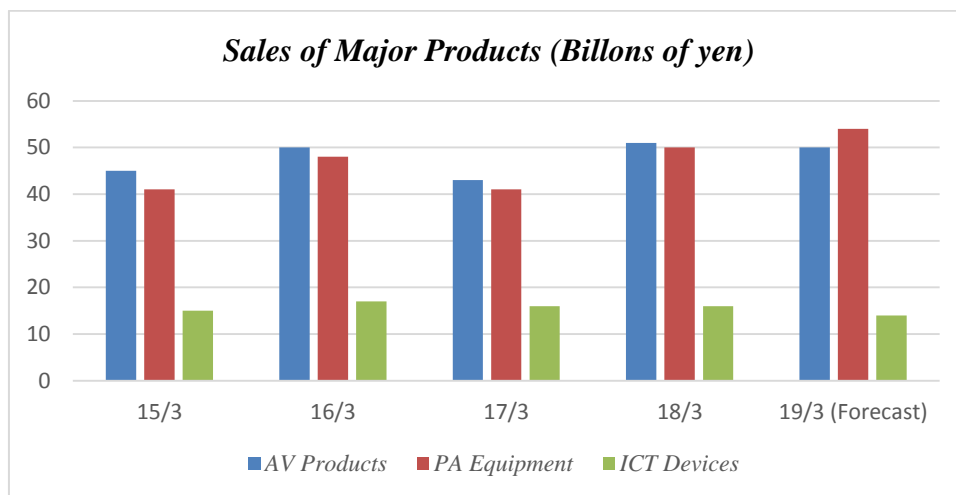
Pertumbuhan industri manufaktur besar dan sedang pada kuartal III tahun 2018 menunjukkan peningkatan pertumbuhan sebesar 4,07% terhadap tahun 2017 (Badan Pusat Statistik, 2019). Seiring dengan peningkatan produksi manufaktur besar dan sedang berdampak pada peningkatan persaingan antar produsen, baik produsen dari dalam maupun luar negeri. Oleh karena itu, setiap perusahaan harus berusaha mengefisiensikan dan mengefektifkan kinerja perusahaan sehingga dapat menghadapi persaingan dan menjaga eksistensi perusahaan.

PT Y adalah anak perusahaan Grup Y yang merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi *speaker* dengan tujuan ekspor. Produk *speaker* masuk dalam kategori *audio equipment* yang terdiri atas tiga kelompok, yaitu *Audio Visual Product (AV)* untuk konsumen (pelanggan), *Professional Audio Equipment (PA)* untuk industri musik dan penggiat musik, dan *Information and Communication Technology Devices (ICT)* seperti *network device* dan peralatan komunikasi berbasis suara. Penjualan produk tiap tahun secara umum stabil dengan kecenderungan produk AV lebih banyak terjual dibandingkan jenis lain. Penjualan produk *audio equipment* secara jelas dapat dilihat pada Gambar 1.1

Seiring dengan penjualan produk yang cenderung stabil, PT Y sebagai bagian dari Grup Y senantiasa meningkatkan kemampuan bersaing dengan merumuskan kebijakan dalam “Misi PT Y FY195” sebagai berikut:

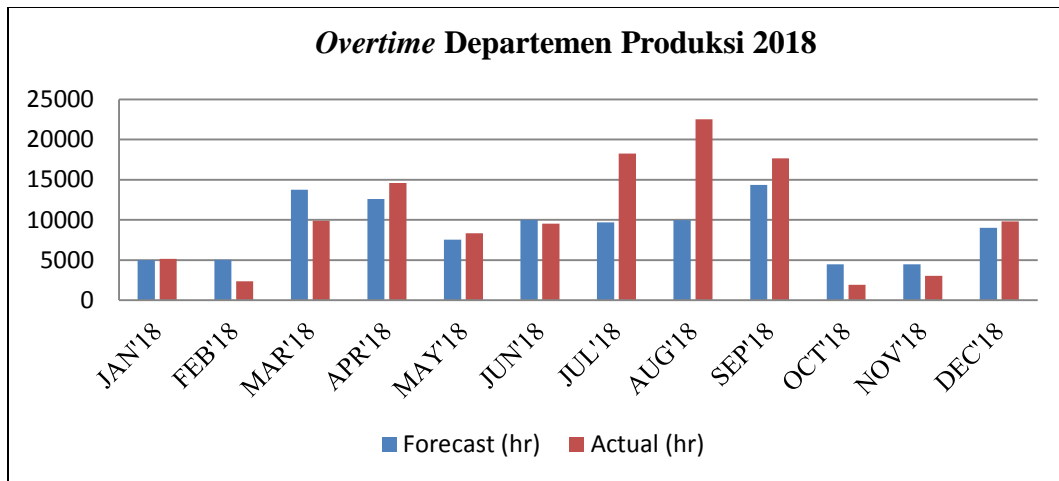
1. Membuat produk sesuai kualitas – biaya – pengiriman yang direncanakan, di dalam segmen bisnis *audio equipment*.

2. Mewujudkan *kaizen* kualitas, pengiriman dan penurunan biaya secara berkelanjutan.
3. Mengawasi aktivitas peningkatan produktivitas, mewujudkan tanggung jawab sosial seperti kegiatan *Corporate Social Responsibility* (CSR) dan lain lain sebagai fungsi perusahaan secara keseluruhan.



Gambar 1.1 Penjualan Produk *Audio Equipment* Tahun 2015-2019
 Sumber: *Annual Report* Grup Y Tahun 2018

PT Y memiliki kebijakan dalam hal penentuan waktu lembur wajar (*forecast overtime*) yang didasarkan pada ketersediaan tenaga kerja pada waktu tertentu berdasarkan ketersediaan tenaga kerja dan tingkat permintaan produk perusahaan. Pada tahun 2018, aktual *overtime* PT Y lebih tinggi dibandingkan *forecast overtime*. Berdasarkan Gambar 1.2, diketahui bahwa aktual *overtime* PT Y secara umum berfluktuasi dengan kecenderungan aktual *overtime* lebih tinggi dibandingkan dengan *forecast overtime*. Selisih tertinggi pada bulan Agustus 2018 dengan selisih *overtime* sebesar 12.425,50 jam. Secara total, pada tahun 2018, jumlah aktual *overtime* lebih tinggi dibandingkan dengan *forecast overtime*. Total aktual *overtime* sebesar 122.915,50 jam dan total *forecast overtime* sebesar 105.758,70 jam atau selisih antara aktual *overtime* dengan *forecast overtime* adalah sebesar 16,22%. Aktual *overtime* yang lebih tinggi dari *forecast* ini mengindikasikan bahwa perencanaan produksi perusahaan belum dapat dijalankan secara optimal. Detail aktual *overtime* dan *forecast overtime* dapat dilihat pada Tabel 1.1



Gambar 1.2 Overtime Departemen Produksi Tahun 2018

Sumber: Data PT Y

Tabel 1.1 Detail Aktual Overtime dan Forecast Overtime Tahun 2018

Bulan	Forecast (jam)	Aktual (jam)	Selisih (jam)
JAN'18	4.965,00	5.134,50	-169,50
FEB'18	5.019,70	2.332,50	2.687,20
MAR'18	13.729,00	9.873,50	3.855,50
APR'18	12.603,00	14.582,50	-1.979,50
MAY'18	7.529,00	8.321,00	-792,00
JUN'18	9.983,00	9.512,00	471,00
JUL'18	9.693,00	18.251,50	-8.558,50
AUG'18	9.978,00	22.503,50	-12.525,50
SEP'18	14.342,00	17.645,00	-3.303,00
OCT'18	4.454,00	1.924,00	2.530,00
NOV'18	4.459,00	3.031,00	1.428,00
DEC'18	9.004,00	9.804,50	-800,50
TOTAL	105.758,70	122.915,50	-17.156,80

Sumber: Data PT Y

Proses produksi di PT Y dilakukan pada beberapa *section* produksi *Wood Working* (WW), *Speaker Processing Unit* (SPU), *Painting*, *Printed Circuit Board* (PCB), *Rear Panel Assembly* (RPA), dan *Sub Assembly* (SA) sebelum dilakukan perakitan akhir di *section Final Assembly* (FA). Agar proses produksi di *section* FA berjalan dengan lancar, masukan (*input*) dari proses pada *section* sebelumnya harus

berjalan dengan lancar dan tanpa keterlambatan. *Loss time* atau waktu yang hilang pada saat proses produksi di FA harus dapat ditekan agar waktu yang ada benar-benar digunakan untuk produksi, bukan untuk menunggu (*waiting*) proses sebelumnya. Data *loss time* pada tahun 2018 pada *section* FA berdasarkan *section* penyebab *loss time* dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 *Loss Time* (jam) di FA berdasarkan *Section* Tahun 2018

Bulan	Section						Total
	PCB	PTG	RPA	SA	SPU	WW	
JAN'18	3,71	14,43	0,00	2,63	1,07	2,15	23,99
FEB'18	2,33	0,72	0,00	0,35	0,00	5,89	9,30
MAR'18	10,67	0,48	4,02	11,36	0,56	2,23	29,32
APR'18	26,06	16,91	9,24	0,26	1,39	21,08	74,94
MAY'18	21,46	16,01	6,21	0,28	4,17	0,75	48,88
JUNE'18	31,90	2,68	4,97	0,00	2,37	0,00	41,92
JULY'18	7,42	36,44	2,70	1,35	4,09	1,68	53,67
AUG'18	19,79	10,19	3,51	9,66	0,31	18,49	61,95
SEP'18	25,70	4,60	0,00	9,47	0,91	23,55	64,23
OCT'18	12,29	9,05	5,90	7,86	0,88	5,19	41,16
NOV'18	12,55	13,45	4,08	16,57	16,57	21,32	84,54
DEC'18	25,00	0,00	6,49	8,20	8,91	18,61	67,21
Total	198,88	124,97	47,13	67,99	41,21	120,93	601,11

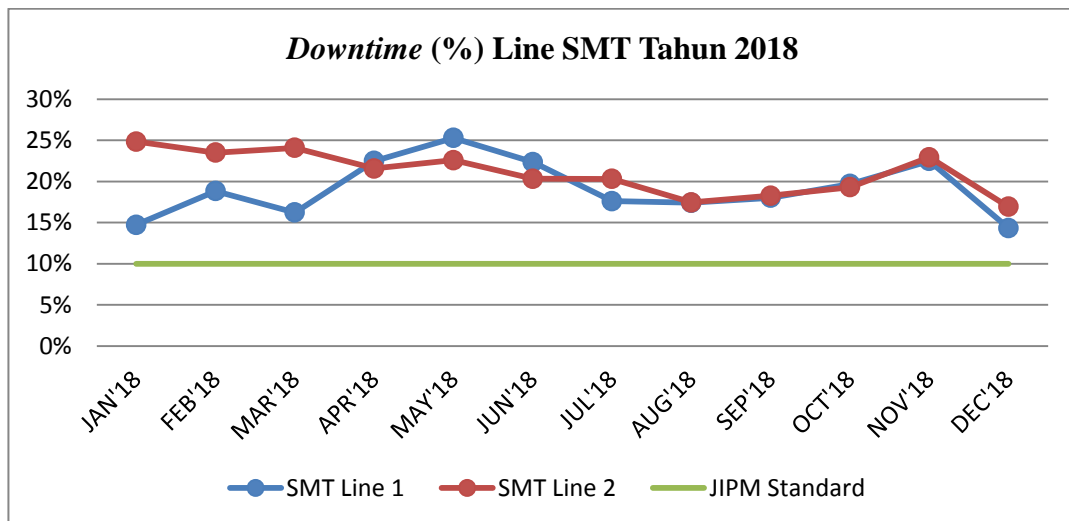
Sumber: Data PT Y

Berdasarkan Tabel 1.2 dapat dilihat bahwa penyebab *loss time* terbesar pada proses FA adalah *section* PCB sebesar 198,88 jam per tahun, selanjutnya adalah *section* PTG 124,97 jam per tahun, dan *section* WW 120,93 jam per tahun. Hal ini tidak lepas dari jumlah produk PT Y yang harus melewati proses PCB. Dari seluruh produk PT Y saat ini sebanyak 1.378 varian produk, jumlah produk yang melewati proses PCB adalah sebanyak 808 atau sebesar 59% dari keseluruhan varian produk.

Proses PCB adalah proses pembuatan komponen elektrik yang digunakan dalam *speaker*. Beberapa proses yang dilakukan pada *section* PCB diantaranya adalah proses *Surface Mount Technology* (SMT), proses *Auto Insert* (AI), dan proses *Manual Insert* (MI). Pada proses SMT dan AI dilakukan dengan menggunakan mesin

produksi, sedangkan pada proses MI dilakukan oleh operator secara manual (dengan menggunakan alat produksi).

Proses awal dari rangkaian proses produksi di *section* PCB adalah proses *Surface Mount Technology* (SMT). Pada proses SMT, produk dihasilkan melalui proses produksi dengan menggunakan mesin produksi. Pada proses SMT terdapat dua lini produksi yang mendukung seluruh proses produksi di PT Y. Pada tahun 2018, rata-rata *downtime* (mesin tidak bekerja) pada SMT line 1 adalah 19,11% dan rata-rata *downtime* pada SMT line 2 adalah 21,00%. Tingkat *downtime* tersebut belum memenuhi standar dari JIPM (*Japanese Institute of Plant Maintenance*) yang menyatakan bahwa nilai *downtime* yang dapat diterima adalah $\leq 10\%$. Lamanya waktu *downtime* mesin menjadi salah satu faktor yang menghambat kelancaran proses produksi perusahaan. Persentase *downtime* line SMT Tahun 2018 dapat dilihat pada Gambar 1.3



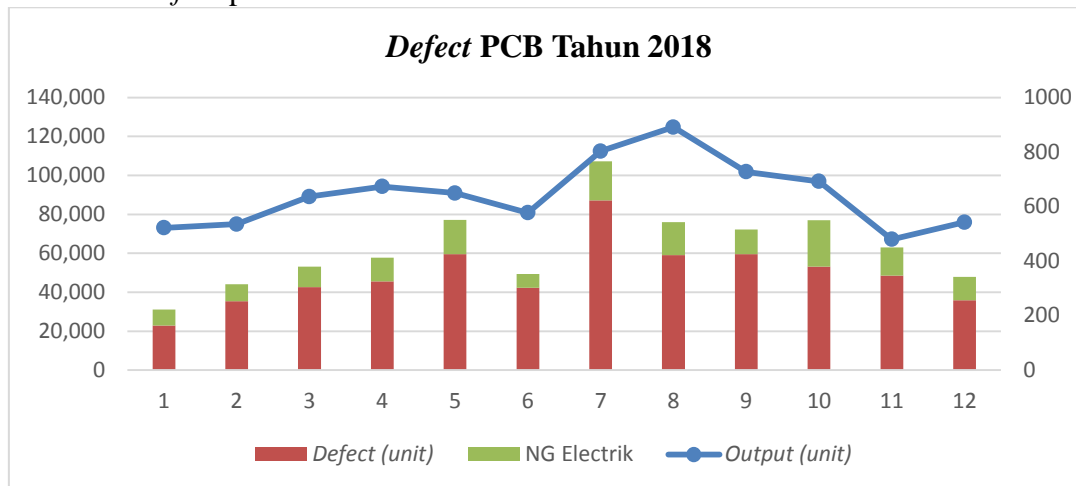
Gambar 1.3 *Downtime* (%) Line SMT tahun 2018

Sumber: Data PT Y

Pada proses PCB *Manual Insert* permasalahan yang dihadapi di antaranya adalah *defect* (NG) yang menyebabkan proses produksi tidak dapat berjalan dengan lancar karena harus melalui proses *rework* dan *repair*. Secara persentase, jumlah *defect* pada *section* PCB sangat rendah dengan persentase kurang dari satu persen dari *output* produksi. Akan tetapi, persentase NG elektrik terhadap keseluruhan NG cukup besar dengan *range* antara 16,89% hingga 36,20%. NG elektrik adalah *defect*

secara fungsi komponen yang disebabkan karena kesalahan proses atau material yang tidak dapat diidentifikasi hanya dari *appearance* (tampilan) PCB. Apabila terjadi NG elektrik, Departemen *Production Engineering (PE-Repairmen)* perlu melakukan analisis terhadap NG tersebut. Rata-rata analisis hingga dapat diputuskan apakah PCB tersebut dapat direpair/diperbaiki ulang (OK), *Not Good* (NG), *Scrap* (dibuang), atau EXPE (analisis *PE-Repairmen* lebih lanjut) adalah 3 hari dengan batas waktu analisis selama dua minggu. Hal ini sangat merugikan mengingat perusahaan menggunakan kebijakan pengiriman mingguan (*weekly shipping*) dalam pengiriman produk jadi. Jumlah *defect* pada *section* PCB jika dibandingkan dengan *output* produksi dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 *Defect* pada *Section* PCB Tahun 2018



Sumber: Data PT Y

Permasalahan pemborosan yang muncul menyebabkan total pemenuhan *order* perusahaan dalam satu tahun sebesar 97,55%, belum dapat memenuhi target 100% seperti yang ditetapkan oleh perusahaan. Detail *back order* yang belum dapat dipenuhi perusahaan pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Pemenuhan *Order* PT Y May'18 – Apr'19

Bulan	Total <i>Sales Order</i> (unit)	Total <i>Back Order</i> (unit)	Pencapaian
MAY'18	81.730	-	100,00%
JUNE'18	74.457	-	100,00%
JULY'18	100.544	644	99,36%
AUG'18	107.783	-	100,00%
SEP'18	97.721	19	99,98%
OCT'18	84.129	11	99,99%
NOV'18	74.956	85	99,89%
DEC'18	75.156	321	99,57%
JAN'19	66.811	1.622	97,57%
FEB'19	78.695	2.206	97,20%
MAR'19	119.125	19.967	83,24%
APR'19	62.355	157	99,75%
TOTAL	1.023.462	25.032	97,55%

Sumber: Data PT Y

Berdasarkan pemaparan di atas dapat dilihat bahwa pada identifikasi awal terdapat masalah pemborosan yang terjadi di PT Y yang mengakibatkan perusahaan belum dapat memenuhi target pemenuhan *order* 100%. Perusahaan membutuhkan perbaikan dalam proses produksi untuk dapat mengeliminasi *waste* untuk mendukung misi perusahaan yaitu mendukung peningkatan produktivitas dan eliminasi *waste*.

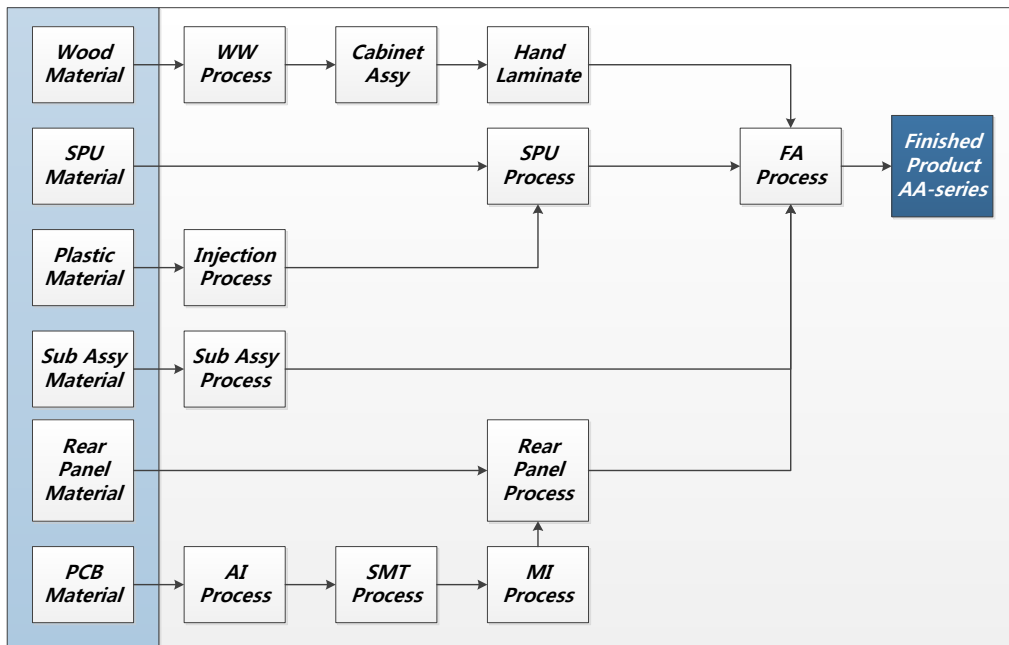
Pada penelitian ini *lean* dipilih karena *lean philosophy* bertujuan untuk mengurangi pemborosan yang ada di perusahaan dengan identifikasi dan terus-menerus mengejar kepuasan pelanggan. Filosofi *lean* berdasarkan pada tiga aturan dasar antara lain penentuan *value*, eliminasi pemborosan, dan membentuk aliran yang mulus (*smooth*) (Womack et al, 1996). *Lean manufacturing* adalah filosofi produksi yang menekankan pada minimasi penggunaan sumber daya (termasuk waktu) yang digunakan pada aktivitas yang dilakukan pada perusahaan, termasuk identifikasi dan eliminasi *non-value-added activities* pada proses desain, produksi, *supply chain* management, dan menghadapi pelanggan (Cox dan Blackstone, 1998).

Produk yang dipilih dalam penelitian ini adalah model AA-series karena produk ini memiliki volume terbesar yang diproduksi yang melalui proses PCB. Jumlah produksi AA-series dalam satu tahun mencapai 208.792 unit dengan rata-rata produksi per bulan sebesar 17.399 unit. Ilustrasi model AA-series dapat dilihat pada

Gambar 1.4. Aliran proses produksi model AA-series dapat dilihat pada Gambar 1.5. Pada Gambar 1.5 dapat dilihat bahwa proses produksi AA-series melalui beberapa tahapan yaitu WW, SPU, Injection, PCB, SA, RPA, dan perakitan akhir di FA.



Gambar 1.4 Ilustrasi Model AA-series
Sumber: Data PT Y



Gambar 1.5 Flowchart Proses Produksi AA-series
Sumber: Data PT Y

Pada penelitian ini dilakukan pemetaan aktivitas *value added* dan *non-value added* dengan *value stream mapping* dan *process activity mapping*. Pendekatan *lean manufacturing* yang digunakan untuk eliminasi *waste* dilakukan dengan *Lean Assessment Matrix* (LAM) yang dikembangkan oleh Karningsih et al (2019). Metode ini merupakan modifikasi dan integrasi dari *House of Risk* (HOR) dan *Waste*

Relationship Matrix (WRM) yang secara komprehensif dapat memenuhi keseluruhan tahap implementasi *lean manufacturing* mulai *waste* dan akar penyebab *waste*, penentuan *waste* kritis, alternatif tindakan eliminasi akar penyebab *waste* dan prioritasnya. Dengan kombinasi *tool* yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi di PT Y, khususnya pada Departemen Produksi *section* PCB.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengurangi atau menghilangkan pemborosan untuk memperbaiki proses produksi PCB model AA-series dengan *lean manufacturing*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui *waste* yang memberikan pengaruh paling signifikan dalam proses produksi pada *section* PCB.
2. Mengetahui akar penyebab *waste* yang muncul dalam proses produksi pada *section* PCB.
3. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk perbaikan produksi *speaker* pada *section* PCB.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini adalah rekomendasi yang dapat digunakan PT Y. untuk memperbaiki proses produksi sehingga dapat mencapai tujuan perusahaan terkait eliminasi *waste* dan pencapaian target produksi per bulan yang mencapai 100%.

1.4.2 Manfaat Keilmuan

Penelitian yang dilakukan adalah hasil pengaplikasian integrasi *tool Value Stream Mapping*, *Process Activity Mapping*, dan *Lean Assessment Matrix* yang dilakukan pada industri manufaktur *speaker*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1.5.1 Batasan Masalah

Batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Proses yang diteliti adalah pada Departemen Produksi *Section* PCB PT Y model AA-series.
2. Penelitian terbatas pada tahap pemberian rekomendasi perbaikan.

1.5.2 Asumsi

Pada penelitian ini diasumsikan proses produksi berjalan normal dan tidak ada perubahan proses produksi di PT Y.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini disusun sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan secara singkat mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang penelitian serta teori-teori yang relevan dengan penelitian ini. Bab ini juga berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ada di dalam penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang kerangka pemikiran, lokasi, dan waktu penelitian ini dilakukan, jenis data penelitian, teknik pengumpulan data, metode pengolahan data, dan metode analisis.

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang gambaran umum lokasi penelitian, dan pendekatan *lean manufacturing* yang digunakan untuk perbaikan proses produksi di PT Y

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan penelitian dan saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan tentang tinjauan pustaka yang digunakan selama penelitian berlangsung. Tinjauan pustaka berisi tentang *lean manufacturing*, pemborosan (*waste*), *value stream mapping*, *lean assessment matrix*, *root cause analysis*, diagram pareto, dan penelitian terdahulu

2.1 Lean Manufacturing

Lean manufacturing adalah pendekatan sistematis untuk identifikasi dan eliminasi *waste (non-value-added activities)* melalui perbaikan terus menerus (*continuous improvement*) dengan mengalirkan produk secara tarikan (*pull*) dari pelanggan untuk mencapai kesempurnaan (MEP Lean Network, 1998). Dalam menjalankan *lean manufacturing*, dikenal lima prinsip dasar *lean thinking* yaitu *value*, *value stream*, *flow*, *pull*, dan *perfection*. *Lean thinking* diperkenalkan oleh Womack dan Jones (1996) dimana terdapat lima prinsip dasar sebagai berikut.

1. *Value*, didefinisikan sebagai kemampuan menyediakan apa yang dibutuhkan pelanggan pada waktu yang tepat, dan harga yang tepat sesuai dengan apa yang diinginkan oleh pelanggan. *Value* dapat diberikan oleh pelanggan akhir (*end customer*) yang dapat secara jelas menggambarkan apa yang mereka harapkan terhadap suatu produk.
2. *Value Stream*, yaitu aktivitas tertentu yang dibutuhkan untuk melakukan desain, memesan, dan menyediakan produk spesifik mulai dari konsep hingga pengiriman, dan bahan baku menjadi produk jadi. Untuk membuat *value stream*, perlu dideskripsikan hal yang terjadi pada produk pada setiap tahapan produksi mulai dari bahan baku hingga produk jadi. Pada tahapan ini dapat dibedakan aktivitas pada *value stream*, yaitu aktivitas yang *value added*, *type one muda (necessary non-value-added activity)*, dan *type two muda (non-value-added activity)*

3. *Flow*, adalah memastikan aktivitas berjalan dengan lancar mulai dari bahan baku hingga produk jadi di tangan pelanggan dengan tanpa henti (*no stoppage*), *scrap*, atau aliran terbalik (*backflow*). Cara lain yang dapat meningkatkan *flow* di antaranya adalah perubahan pada alat produksi yang digunakan, perubahan *lot size* dan urutan proses yang tepat.
4. *Pull*, artinya proses produksi dan instruksi pengerjaan dilakukan hanya jika ada permintaan atau tanda (*signal*) yang diberikan oleh pelanggan. Hal ini membuat sistem yang ada lebih responsif terhadap pelanggan dan menghindari *waste* yang tidak diperlukan.
5. *Perfection*, yang berarti *lean* sebagai proses yang tiada hentinya, bahwa selalu ada aktivitas *waste* dalam *value stream*, dan eliminasi *waste* menjadi sesuatu yang harus dilakukan secara terus menerus.

2.2 Pemborosan (*Waste*)

Lean berfokus pada peniadaan atau pengurangan pemborosan, dan juga peningkatan atau pemanfaatan secara total aktivitas yang akan meningkatkan nilai ditinjau dari sudut pandang konsumen (Hines & Rich, 1997). *Value* sama artinya dengan segala sesuatu yang ingin dibayar oleh konsumen untuk suatu produk. Semua kegiatan tersebut dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Menciptakan nilai bagi produk (*value added activities*) adalah aktivitas yang mentransformasi material atau informasi yang diinginkan dari sudut pandang konsumen.
2. Tidak dapat menciptakan nilai, tapi tidak dapat dihindari dengan teknologi dan aset yang sekarang dimiliki dan dibutuhkan untuk mentransformasi material menjadi produk (*necessary non-value-added activities*)
3. Tidak dapat menciptakan nilai bagi produk (*non-value-added activities*)

Toyota telah mengidentifikasi tujuh jenis *waste* yang tidak menambah nilai dalam proses bisnis atau manufaktur. Menurut Liker dan Meier (2006), tujuh jenis *waste* atau disebut dengan *seven waste* tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Overproduction*

Waste ini dapat berupa memproduksi sesuatu lebih awal dari yang dibutuhkan atau memproduksi dalam jumlah yang lebih besar daripada yang dibutuhkan pelanggan. Memproduksi lebih awal dapat menyebabkan *waste* yang lain seperti penambahan tenaga kerja (*overstaffing*), biaya penyimpanan dan tenaga kerja karena kelebihan *inventory*.

2. *Waiting (Time on Hand)*

Pekerja menunggu proses selanjutnya, alat, *supply*, komponen dan sebagainya atau pekerja tidak melakukan proses produksi karena tidak ada stok, *delay* produksi, peralatan *downtime*, dan *bottleneck*.

3. *Transportation*

Pemindahan *work in process* (WIP) dari satu tempat ke tempat lain merupakan salah satu bentuk *waste* transportasi. Selain itu, harus memindahkan material, komponen atau produk jadi dari atau ke tempat penyimpanan atau antar proses.

4. *Overprocessing (Incorrect Processing)*

Mengambil langkah yang tidak dibutuhkan dalam memproses suatu komponen, proses yang tidak efisien karena alat atau desain produk yang buruk menyebabkan gerakan yang tidak perlu (*unnecessary motion*) dan menyebabkan *defect*.

5. *Excess inventory*

Kelebihan bahan baku, WIP atau produk jadi menyebabkan *lead time* yang lebih lama, produk using dan rusak, biaya transportasi dan penyimpanan. Selain itu, kelebihan *inventory* menyembunyikan permasalahan diantaranya ketidakseimbangan produksi (*production imbalance*), pengiriman yang terlambat dari *supplier*, *defect*, *downtime* mesin dan lamanya waktu *setup*.

6. *Unnecessary Movement*

Gerakan pekerja yang tidak memberikan nilai tambah bagi produk maka dapat dikategorikan sebagai *waste*. Gerakan yang tidak perlu antara lain mencari, memilih atau menumpuk komponen, alat dan lain sebagainya.

7. *Defect*

Waste ini timbul akibat memproduksi produk atau komponen yang cacat, atau memerlukan perbaikan. Perbaikan atau pengerjaan ulang, *scrap*, memproduksi barang pengganti, dan inspeksi, berarti tambahan penanganan, waktu, dan upaya yang sia-sia.

2.2 *Value Stream Mapping (VSM)*

Menurut Rother dan Shook (1999), *value stream mapping* adalah *tools* yang digunakan untuk melihat dan memahami aliran material dan informasi dari suatu *value stream* produk. Penggambaran *value stream mapping* dilakukan dengan mengikuti aliran produksi produk dari pelanggan ke supplier, dan menggambarkan representasi visual dari setiap proses dalam aliran material dan informasi.

Untuk menghubungkan keseluruhan proses dari pelanggan ke bahan baku dalam aliran yang lancar (*smooth*) tanpa aliran balik yang menyebabkan *lead time* yang pendek, kualitas terbaik, dan biaya termurah, beberapa langkah yang dilakukan oleh Toyota dalam Rother dan Shook (1999) adalah sebagai berikut :

1. Memproduksi berdasarkan *takt time*. *Takt time* dihitung dengan membagi permintaan pelanggan terhadap ketersediaan waktu kerja. Memproduksi berdasarkan *takt time* membutuhkan beberapa hal antara lain respon yang cepat, eliminasi penyebab *unplanned downtime*, dan eliminasi waktu perubahan (*changeover time*).
2. Membangun aliran kontinyu, yaitu memproduksi satu produk pada satu waktu. Pendekatan yang baik dapat berupa kombinasi dari aliran kontinyu dan beberapa tarikan (*pull* atau FIFO).
3. Mengontrol produksi dimana aliran kontinyu tidak sesuai *upstream*. Pada beberapa *value stream* yang tidak memungkinkan dilakukan satu produk pada satu waktu, dapat dilakukan sistem *batching*. Pada sistem ini perlu dilakukan pengontrolan dengan *supermarket pull system* yang menggabungkan dua jenis *kanban* yaitu *production kanban* dan *withdrawal kanban*.

4. Memilih *pacemaker process*, dimana penjadwalan produksi pelanggan pada satu proses produksi. Pemilihan titik penjadwalan (*scheduling point*) menentukan elemen pada *value stream* yang menjadi *lead time* dari permintaan pelanggan terhadap produk jadi.
5. Distribusi produksi pada produk yang berbeda secara seimbang. Pada manufaktur perakitan, meminimasi perubahan (*changeover*) adalah hal yang sering dilakukan. Akan tetapi hal ini menyebabkan permasalahan jika pelanggan menginginkan sesuatu yang berbeda dengan *batch* yang sedang diproduksi. *Leveling* berarti melakukan produksi produk A dan produk B secara bergantian.
6. Membangun level produksi yang seimbang dan membuat aliran produksi yang dapat diprediksi memungkinkan pengambilan tindakan korektif apabila terjadi hal yang tidak terduga.
7. Memperpendek waktu penggantian (*changeover times*) dan ukuran *batch* kecil dapat meningkatkan respon terhadap perubahan *downstream*. Hal ini dapat menurunkan *inventory* pada supermarket. Hal ini dapat dilakukan pada industri proses dan komponen produksi diskret.

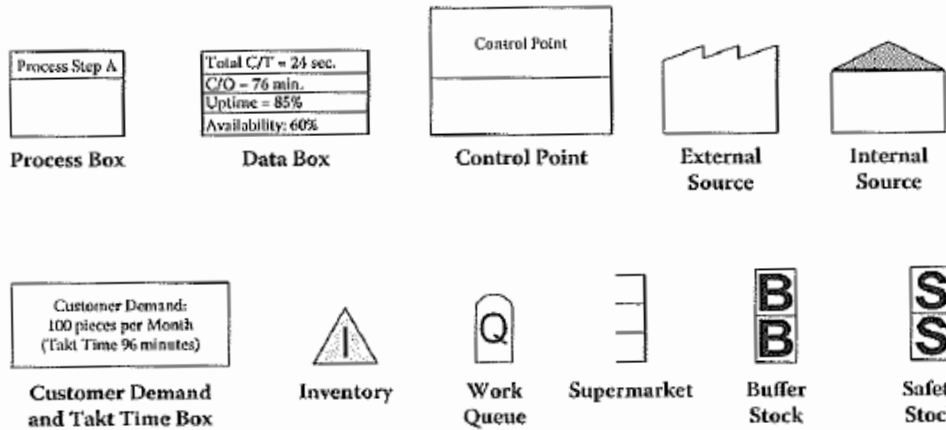
Beberapa simbol dasar dalam pembuatan VSM menurut Nash dan Poling (2008) dapat dilihat pada Gambar 2.1. Menurut Rother dan Shook (1999), dalam VSM terdapat beberapa perhitungan yang dijadikan parameter untuk dilakukan analisis, yaitu:

1. *Takt Time*

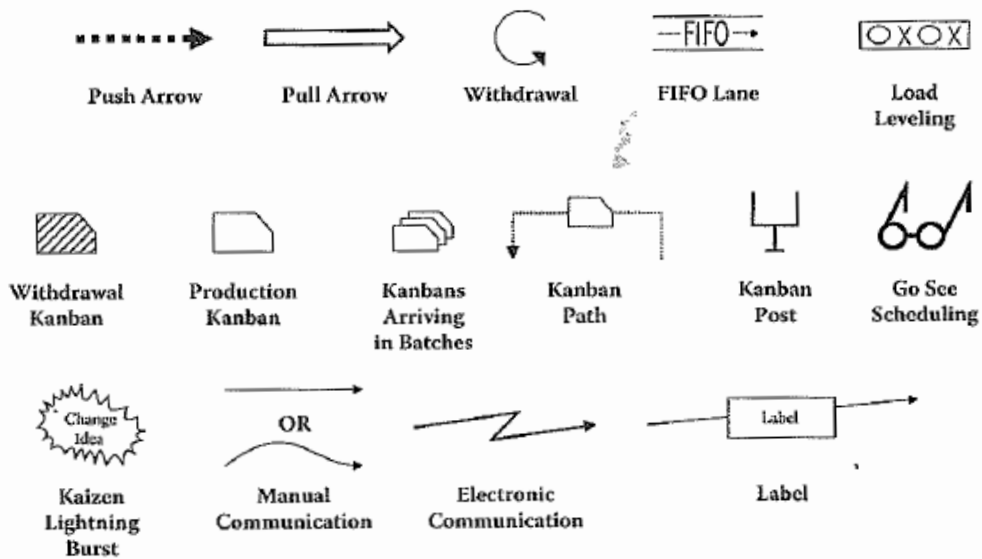
Takt Time (TT) digunakan sebagai patokan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh sebuah lini untuk memproduksi setiap unit produk untuk memenuhi permintaan pelanggan. Misalnya, *takt time* pada lini produksi adalah 2 menit, maka setiap 2 menit akan ada unit baru yang terproduksi oleh lini tersebut. Cara perhitungan nilai *takt time* sebagai berikut:

$$TT = \frac{\text{Waktu yang tersedia (Available Time)}}{\text{Permintaan Customer (Customer Demand)}} \quad (2.1)$$

Process, Entities, Inventory, and Data



Flow, Communication, Signals, and Labels



People and Transportation (delivery method)



Gambar 2.1 Simbol Dasar *Value Stream Mapping*
 Sumber: Nash dan Poling (2008)

2. *Total Cycle Time*

Total Cycle Time (TCT) adalah total waktu siklus dari beberapa proses yang menjelaskan berapa jumlah waktu siklus (CT) dari keseluruhan VSM yang terdiri dari aliran *end to end*. Cara perhitungan nilai TCT sebagai berikut:

$$TCT = \sum_{i=0}^n CT_i \quad (2.2)$$

3. *Lead Time*

Lead Time (LT) adalah waktu tunggu yang dimulai dari permintaan pelanggan dibuat dan berakhir sampai permintaan pelanggan tersebut dikirim kepada pelanggannya. Cara perhitungan nilai LT sebagai berikut:

$$LT = \frac{WIP \text{ (work in process) atau actual stock available}}{EOLR \text{ (end of line rate) atau actual output}} \quad (2.3)$$

4. *Process Lead Time (PLT)*

Process Lead Time (PLT) adalah keseluruhan waktu proses dalam aliran *end to end* pada VSM. Cara perhitungan nilai PLT sebagai berikut:

$$PLT = \sum_{i=0}^n LT_i \quad (2.4)$$

2.3 *Value Stream Mapping Tools (VALSAT)*

Value stream mapping adalah *tool* yang sangat penting untuk penerapan *lean manufacturing*. *Mapping* ini sangat membantu untuk identifikasi *waste* pada *value stream* dan menentukan rute atau langkah yang tepat untuk menghilangkannya (Hines dan Rich, 1997). Ada tujuh detail *mapping tools* yang paling umum digunakan, yaitu:

1. *Process Activity Mapping*

Merupakan pendekatan yang dapat digunakan pada aktivitas *production floor*. *Tool* ini dapat mengklasifikasikan tahapan setiap aktivitas yaitu operasi, inspeksi, transportasi, *delay* dan *storage* lalu dikelompokkan dan dibagi untuk identifikasi aktivitas nilai *value adding activity*, *non-value adding activity*, dan

necessary non-adding value activity. *Tool* ini berfungsi untuk memudahkan melihat *flow process* dan identifikasi terjadinya *waste* serta memperbaiki *value added flow process*. Contoh *process activity mapping* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

2. *Supply Chain Response Matrix*

Pendekatan untuk memberikan gambaran hubungan *inventory* dan *lead time* pada lini distribusi sehingga peningkatan dan penurunan level persediaan dan waktu distribusi pada tiap lini/area dapat diketahui. *Tool* ini berfungsi untuk memperbaiki dan meningkatkan pelayanan di tiap jalur distribusi dengan biaya yang rendah.

3. *Production Variety Funnel*

Pendekatan untuk memberikan pemetaan jumlah variasi produk dalam setiap tahapan *manufacturing process*. *Tool* ini bermanfaat untuk mengetahui area *bottleneck* pada proses dan memberikan rekomendasi perbaikan kebijakan persediaan (*raw material, semi-finished product or finished product*).

4. *Quality Filter Mapping*

Tool yang dapat digunakan untuk mengetahui penyebab permasalahan dan memetakan *quality defect* pada *supply chain*. Ada tiga tipe *quality defect* yaitu *product defect, scrap defect, dan service defect*.

5. *Demand Amplification Mapping*

Tool yang memberikan pemetaan visual perubahan permintaan/*demand* di sepanjang *supply chain* yang bermanfaat untukantisipasi terjadinya perubahan *demand*, mengatur fluktuasi dan memberikan rekomendasi *inventory policy*.

6. *Decision Point Analysis*

Tool yang dapat memperlihatkan berbagai pilihan sistem atau proses produksi yang berbeda dengan *trade off* dan *lead time* masing-masing pilihan dengan *inventory level* yang dibutuhkan untuk meng-*cover* selama proses produksi.

7. *Physical Structure*

Tool yang dapat memberikan pemahaman mengenai kondisi *supply chain* di *production level* serta memberikan perhatian pada lini atau area yang belum terlalu diperhatikan untuk proses pengembangan.

No	Aktivitas	Mesin/Alat	Jarak (m)	Waktu (jam)	Jumlah Orang	Aktivitas					VA/ NVA/ NNVA
						O	T	I	S	D	
1	Pencampuran biji plastik dengan pigmen	Mixer		0.26	1	√					VA
2	Transfer biji plastik ke mesin inject	-	50	0.033	1		√				NNVA
3	Proses injection	Mesin Inject		1.28	2	√					VA
4	Transfer hasil inject ke WIP	Hand pallet truck	60	0.09	1		√				NNVA
5	Penyimpanan hasil inject	-		37.33	-				√		NNVA
6	Transfer hasil inject ke printing	Hand pallet truck	62	0.092	1		√				NNVA
7	Proses printing	Mesin printing		0.146	4	√					VA
8	Transfer hasil printing ke WIP	Hand pallet truck	62	0.09	1		√				NNVA
9	Penyimpanan hasil printing				-				√		NNVA
10	Transfer hasil printing ke assembling	Hand pallet truck	65	0.093	1		√				NNVA
11	Assembling			0.39							VA
	- Cleaning dan labelling	Lap			2	√					VA
	- Pasang switch	Solder, screw driver			2	√					VA
	- Pasang motor	Avometer, screw driver			2	√					VA
	- Pasang fan	-			1	√					VA
	- Solder power cord	Solder			2	√					VA
	- Pasang bottom	Screw driver			2	√					VA
	- QC	-			3			√			VA
	- Packing	Stempel, lakban			6	√					VA

Gambar 2.2 Contoh *Process Activity Mapping*
Sumber: Saputra dan Singgih (2012)

Tabel 2.1 Matriks Seleksi 7 VALSAT

Waste	Mapping Tools						
	Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Mapping	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
Overproduction	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	L		M	M	
Transportation	H						L
Innapropriate Processing	H		M	L		L	
Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Motion	H	L					
Defect	L			H			

Sumber: Hines & Rich (1997)

2.4 Lean Assessment Matrix

Lean assessment matrix dikembangkan oleh Karningsih et al (2019), merupakan *tool* yang digunakan untuk mendukung implemetasi *lean manufacturing* melalui identifikasi *waste* hingga pemberian rekomendasi perbaikan untuk menghilangkan *waste*. Metode ini merupakan pengembangan dari *House of Risk* (HOR) yang diintegrasikan dengan *Waste Relationship Matrix* (WRM). Terdapat dua matriks yang digunakan dalam *lean assessment matrix*, yaitu *Lean Matrix 1* dan *Lean Matrix 2*.

2.4.1 Lean Matrix 1

Lean Matrix 1 digunakan untuk mengidentifikasi jenis *waste* melalui pengelompokan *non-value-added activity*, penentuan bobot, tingkat keparahan (*severity*), tingkat kemunculan (*occurence*), dan identifikasi hubungan antara *waste* dan penyebab *waste* (Karningsih et al, 2019). Dari *Lean Matrix 1* diperoleh data berupa *aggregate cause value* (ACV) yang digunakan untuk mengetahui penyebab *waste* yang signifikan dan *aggregate waste number* (AWN) yang digunakan untuk prioritisasi *waste* kritis. Penggambaran *Lean Matrix 1* dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Langkah-langkah pengerjaan *Lean Matrix 1* menurut Karningsih et al (2019) sebagai berikut:

1. Identifikasi *non-value-added activity* (*waste*) yang terjadi dengan melakukan analisis terhadap *big picture mapping*, *value stream mapping*, atau *process activity mapping*
2. Kelompokkan *waste* berdasarkan kategori *waste* (dapat merujuk pada *seven waste* atau *nine waste*, dsb).
3. Identifikasi *root source of waste* yang dilakukan dengan *root cause analysis*, seperti penggunaan *fishbone* atau 5Why.
4. Pemberian nilai hubungan *waste* terhadap akar penyebab *waste* dengan nilai 1,3, dan 9 (hubungan rendah, sedang, dan tinggi)

5. Perhitungan bobot *waste* dilakukan dengan *Waste Relationship Matrix* (pertanyaan 1-3) dengan melakukan pengisian kuisioner oleh pihak *expert* yang benar-benar mengetahui kondisi lokasi penelitian.
6. Pemberian tingkat keparahan *waste* (*severity level of waste*) pada tiap jenis *waste* oleh pihak *expert* yang benar-benar mengetahui kondisi lokasi penelitian yang menunjukkan tingkat keparahan dari *waste* yang terjadi di lokasi penelitian.
7. Pemberian tingkat kemunculan penyebab *waste* (*occurrence level of root source of waste*) pada tiap akar penyebab *waste* oleh pihak *expert* yang benar-benar mengetahui kondisi lokasi penelitian yang menunjukkan tingkat kemunculan dari akar penyebab *waste* yang terjadi di lokasi penelitian.
8. Perhitungan *aggregate cause value* (ACV)

$$ACV_i = O_i \sum S_i I_{ij} \quad (2.5)$$

Dimana:

O_j = tingkat kemunculan penyebab *waste* j

S_i = tingkat keparahan akar penyebab *waste* i

I_{ij} = nilai hubungan penyebab *waste* j terhadap *waste* i

9. Perhitungan *aggregate waste number* (AWN)

$$AWN_i = WT_k S_i \sum O_j I_{ij} \quad (2.6)$$

Dimana:

WT_k = bobot tipe *waste* k

O_j = tingkat kemunculan penyebab *waste* j

S_i = tingkat keparahan akar penyebab *waste* i

I_{ij} = nilai hubungan penyebab *waste* j terhadap *waste* i

Dari *Lean Matrix* 1 diperoleh *output* berupa AWN yang digunakan untuk mengetahui rangking *waste* kritis yang terjadi di lokasi penelitian dan ACV yang digunakan pada *Lean Matrix* 2.

Waste Type	Non Added Value Activity (Waste)	Root Source of Waste				Waste Type Weight	Severity level of Waste	Aggregate Waste Number	Waste Rank
		S1	S2	S3	S4				
Defect	W1	I_{ij}				WT_i	S_i	AWN_i	1
	W2								
Overproduction	W3								
	W4								
Waiting	W5								
	W6								
Transportation	W7								
	W8								
Over Inventory	W9								
	W10								
Motion	W11								
	W12								
Over Processing	W13								
	W14								
Environment Health and Safety	W15								
	W16								
Underutilized People's Skill	W17								
	W_i								
Occurrence level of Root Source of Waste j		O_j							
Aggregate Cause Value		ACV_i							

Gambar 2.3 *Lean Matrix 1*
 Sumber: Karningsih et al (2019)

2.4.2 *Lean Matrix 2*

Lean Matrix 2 digunakan untuk menentukan prioritas alternatif perbaikan untuk eliminasi *waste* berdasarkan akar penyebab *waste* yang diperoleh dari *Lean Matrix 1* (Karningsih et al, 2019). Penggambaran *Lean Matrix 2* dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Langkah-langkah pengerjaan *Lean Matrix 2* menurut Karningsih et al (2019) sebagai berikut:

1. Identifikasi alternatif perbaikan eliminasi *waste* dari setiap akar penyebab *waste*.
2. Penentuan tingkat efektivitas (*degree of effectiveness*) eliminasi akar penyebab *waste* dengan nilai 1, 3, dan 9 (rendah, sedang, dan tinggi).
3. Perhitungan total efektivitas tindakan eliminasi *waste* (*total effectiveness of waste elimination action*) yang diperoleh dari perkalian ACV dengan tingkat efektivitas.

$$TE_m = \sum ACV_i E_{mj} \quad (2.7)$$

Dimana:

TE_m = total efektivitas tindakan eliminasi akar penyebab *waste* m

ACV_i = *aggregate cause value* penyebab *waste* i

E_{mj} = tingkat efektivitas tindakan m dalam eliminasi akar penyebab *waste* j

4. Penentuan tingkat kesulitan (*degree of difficulty*) dalam melakukan eliminasi akar penyebab *waste*. Hal ini dilakukan dengan menentukan kebutuhan dana yang dibutuhkan atau sumber daya lain yang dibutuhkan dalam melakukan tindakan eliminasi akar penyebab *waste*.
5. Perhitungan tingkat efektivitas terhadap tingkat kesulitan tindakan eliminasi akar penyebab *waste*.

$$ETD_m = \frac{TE_m}{D_m} \quad (2.8)$$

Dimana:

ETD_m = tingkat efektivitas terhadap tingkat kesulitan

TE_m = total efektivitas tindakan eliminasi akar penyebab *waste* m

D_m = total kesulitan tindakan eliminasi akar penyebab *waste* m

6. Perangkingan prioritas eliminasi akar penyebab *waste* dari nilai ETD_m tertinggi hingga terendah.

Waste type	Root Source of Waste	Waste Elimination Action			Aggregate Cause i
		WEA _m	WEA ₂	WEA ₃	
	S _j	E _{mj}			AC ₁
	S ₂				
	S ₃				
Total Effectiveness of Waste Elimination Action m (TE _m)					
Degree of difficulty performing action m (D _m)					
Effectiveness to difficulty ratio (ETD _m)					
Rank of action priority		1	2	3	

Gambar 2.4 *Lean Matrix 2*

Sumber: Karningsih et al (2019)

2.5 Waste Assessment Model

Waste Assessment Model (WAM) adalah metode yang dikembangkan oleh Rawabdeh (2005) yang menggambarkan hubungan antara *seven waste*, pembobotan tiap *waste* (*Waste Relationship Matrix*), dan kuisioner *waste* (*waste assessment questionnaire*). Pada bagian ini hanya akan dijelaskan tentang *seven waste relationship* dan *Waste Relationship Matrix* karena *waste assessment questionnaire* tidak digunakan dalam penelitian ini.

2.5.1 Seven Waste Relationship

Menurut Rawabdeh (2005), semua *waste* saling bergantung, dan masing-masing *waste* memiliki pengaruh terhadap *waste* yang lain dan secara simultan dipengaruhi *waste* oleh yang lain. Hubungan antar *waste* kompleks karena pengaruh yang ditimbulkan dari tiap *waste* dapat berjalan secara langsung maupun tidak langsung.

Hubungan antar *waste* menurut Rawabdeh (2005) dilakukan dengan menggunakan inisial huruf (O: *Overproduction*; I: *Inventory*; D: *Defect*; M: *Motion*; P: *Process*; T: *Transportation*; W: *Waiting*) dan tiap hubungan digambarkan dengan garis penghubung *underscore* “_”. Misalnya O_I berarti hubungan langsung *overproduction* terhadap *inventory* (persediaan). Hubungan antar *waste* dapat dilihat pada Gambar 2.5 Penjelasan ubungan antar *waste* dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Penjelasan Hubungan Antar *Waste*

No.	Jenis Hubungan	Keterangan
1	O_I	Produksi berlebih membutuhkan bahan baku dalam jumlah besar yang menyebabkan penumpukan bahan baku dan dapat menghabiskan ruang dengan pertimbangan kondisi sementara tidak ada pelanggan yang mungkin memesan
2	O_D	Ketika operator melakukan produksi berlebih, kualitas <i>part</i> akan menurun mengingat banyaknya material yang digunakan untuk menggantikan produk yang <i>defect</i> .
3	O_M	Produksi berlebih mengarah ke perilaku tidak ergonomis, metode kerja yang tidak standar dan tidak mempertimbangkan gerakan (<i>motion</i>)
4	O_T	Produksi berlebih menyebabkan upaya transportasi yang lebih untuk mendukung jumlah bahan yang melimpah

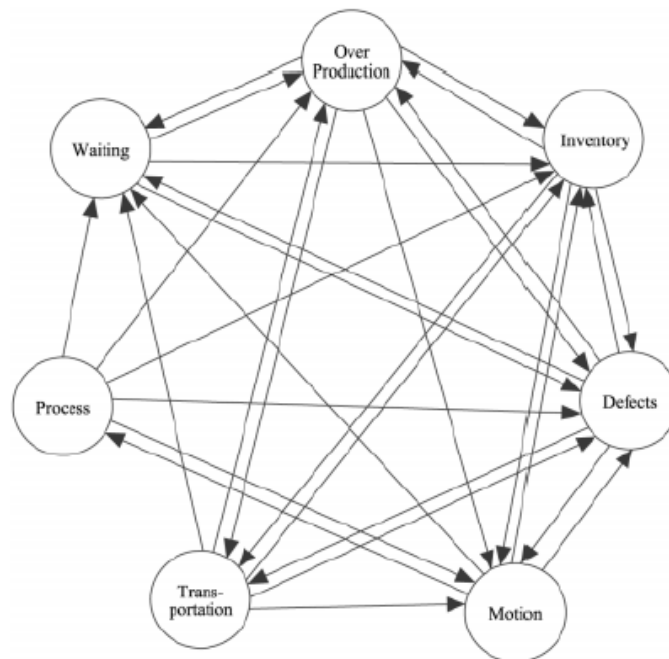
Tabel 2.2 Penjelasan Hubungan Antar *Waste* (Lanjutan)

No.	Jenis Hubungan	Keterangan
5	O_W	Ketika produksi berlebih, hasil yang didapatkan pada waktu yang lebih lama dan pelanggan akan menunggu lebih lama
6	I_O	Semakin tinggi tingkat bahan baku dapat mendorong pekerja untuk bekerja lebih banyak.
7	I_D	Peningkatan <i>inventory</i> (RM, WIP, dan FG) akan meningkatkan kemungkinan terjadinya cacat dikarenakan kurangnya perhatian dan kondisi pergudangan.
8	I_M	Peningkatan <i>inventory</i> akan meningkatkan waktu untuk mencari, memilih, memindahkan dan menangani.
9	I_T	Peningkatan <i>inventory</i> suatu saat dapat menghalangi jalan yang tersedia, membuat kegiatan produksi lebih banyak menghabiskan waktu untuk transportasi
10	D_O	Produksi berlebih muncul untuk mengatasi kekurangan <i>part</i> karena cacat
11	D_I	Memproduksi bagian yang rusak yang perlu dikerjakan ulang yang berarti meningkatkan adanya <i>inventory</i> (WIP)
12	D_M	Memproduksi produk cacat meningkatkan waktu pencarian, pemilihan, dan pemeriksaan produk.
13	D_T	Perpindahan produk yang cacat ke area <i>rework</i> membuat terjadi pemborosan transportasi.
14	D_W	Proses <i>rework</i> membuat <i>part</i> selanjutnya menunggu untuk diproses
15	M_I	Metode kerja yang tidak standar menyebabkan meningkatnya WIP.
16	M_D	Kurangnya pelatihan dan standarisasi meningkatkan persentase cacat.
17	M_P	Ketika pekerjaan tidak standar, <i>waste</i> proses akan meningkat karena kurangnya pemahaman proses kerja.
18	M_W	Ketika tidak ada standar, waktu banyak digunakan untuk mencari, memindahkan, merakit, yang mengakibatkan peningkatan <i>part</i> yang menunggu diproses.
19	T_O	Produk yang dihasilkan menyesuaikan kapasitas <i>material handling</i> untuk menurunkan biaya transportasi per unit.
20	T_I	Kurangnya jumlah <i>material handling equipment</i> (MHE) dapat menyebabkan WIP yang dapat berpengaruh pada proses lainnya.
21	T_D	MHE yang tidak cocok suatu saat dapat merusak produk yang akhirnya menjadi cacat.
22	T_M	Ketika produk dipindahkan memungkinkan terjadinya pemborosan pergerakan melalui pencarian dan <i>double handling</i> .
23	T_W	Jika MHE tidak mencukupi, produk akan mengganggu dan menunggu dipindahkan.
24	P_O	Untuk mengurangi biaya operasi/waktu mesin, mesin didorong untuk beroperasi penuh, yang akhirnya menghasilkan kelebihan produksi.

Tabel 2.2 Penjelasan Hubungan Antar *Waste* (Lanjutan)

No.	Jenis Hubungan	Keterangan
25	P_I	Menggabungkan operasi dalam satu sel akan mengurangi jumlah WIP karena menghilangkan <i>buffer</i>
26	P_D	Jika mesin tidak dirawat dengan benar, maka dapat menyebabkan cacat produksi.
27	P_M	Teknologi baru dari proses yang kurang pelatihan menciptakan pemborosan dalam gerak.
28	P_W	Ketika teknologi yang digunakan tidak sesuai, <i>setup time</i> dan <i>rapetitive down time</i> sudah pasti akan menambah waktu tunggu.
29	W_O	Ketika sebuah mesin menunggu karena <i>supplier</i> melayani konsumen lain, mesin ini suatu saat akan dipaksa untuk memproduksi lebih untuk menjaga untuk membuat proses tetap berjalan
30	W_I	Menunggu berarti lebih banyak <i>item</i> daripada yang dibutuhkan pada titik tertentu, apakah itu RM, WIP atau FG.
31	W_D	<i>Item</i> yang menunggu dapat menyebabkan kerusakan karena kondisi yang tidak sesuai.

Sumber: Rawabdeh (2005)



Gambar 2.5 Hubungan antar *Waste*

Sumber: Rawabdeh (2005)

2.5.2 *Waste Relationship Matrix*

Waste memiliki bobot yang berbeda-beda. Untuk menghitung bobot *waste* dikembangkan suatu pengukuran dengan kuesioner. Menurut Rawabdeh (2005),

terdapat enam pertanyaan yang diajukan untuk masing-masing hubungan *waste*. Skor yang diperoleh dari enam pertanyaan tersebut kemudian ditotal untuk didapatkan nilai total hubungan. Nilai total tersebut dikonversi menjadi symbol (A, I, U, E, O, dan X). Konversi rentang skor keterkaitan antar *waste* dapat dilihat pada Tabel 2.3. Pertanyaan yang diajukan untuk mengetahui hubungan antar *waste* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Konversi Rentang Skor Keterkaitan antar *Waste*

Range	Type of Relationship	Symbol
17 – 20	Absolutely Necessary	A
13 – 16	Especially Important	E
9 – 12	Important	I
5 – 8	Ordinary Closeness	O
1 – 4	Unimportant	U
0	No relation	X

Sumber: Rawabdeh (2005)

Tabel 2.4 Daftar Pertanyaan untuk *Waste Relationship Matrix*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah <i>i</i> menghasilkan <i>j</i>	a. Selalu b. Kadang-kadang c. Jarang	=4 =2 =0
2	Bagaimanakah jenis hubungan antara <i>i</i> dan <i>j</i>	a. Jika <i>i</i> naik, maka <i>j</i> naik b. Jika <i>i</i> naik, maka <i>j</i> tetap c. Tidak tentu tergantung keadaan	=2 =1 =0
3	Dampak terhadap <i>j</i> karena <i>i</i>	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk muncul c. Tidak sering muncul	=4 =2 =0
4	Menghilangkan dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> dapat dicapai dengan cara	a. Metode <i>engineering</i> b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional	=2 =1 =0
5	Dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> terutama mempengaruhi	a. Kualitas produk b. Produktifitas sumber daya c. <i>Lead time</i> d. Kualitas dan produktifitas e. Kualitas dan <i>lead time</i> f. Produktifitas dan <i>lead time</i> g. Kualitas, produktifitas, dan <i>lead time</i>	=1 =1 =1 =2 =2 =2 =4
6	Sebesar apa dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah	=4 =2 =0

Sumber: Rawabdeh (2005)

Pada pembuatan *lean assessment matrix*, jumlah pertanyaan yang perlu dijawab adalah pertanyaan 1-3. Selain itu, *range* skor yang digunakan untuk konversi nilai disesuaikan dengan nilai maksimum yang dapat diperoleh (10), bukan 20 seperti penelitian yang dilakukan oleh Rawabdeh (2005) dengan 6 pertanyaan kuisisioner.

2.6 Root Cause Analysis

Root cause analysis adalah suatu metode evaluasi terstruktur untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya permasalahan. Selain itu, pemanfaatan RCA dalam analisis perbaikan kinerja menurut Latino dan Latino (2002) dapat memudahkan identifikasi terhadap faktor yang mempengaruhi kinerja. *Root cause* adalah bagian dari beberapa faktor (kejadian, kondisi, organisasional) yang memberikan kontribusi atau menimbulkan kemungkinan penyebab dan diikuti oleh akibat yang tidak diharapkan. Lima metode yang populer untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu kejadian yang tidak diharapkan dari yang sederhana sampai dengan kompleks yaitu:

1. *Is/Is not comparative analysis*
2. *5 Why Methods*
3. *Fishbone Diagram*
4. *Cause and effect matrix*
5. *Root cause tree*

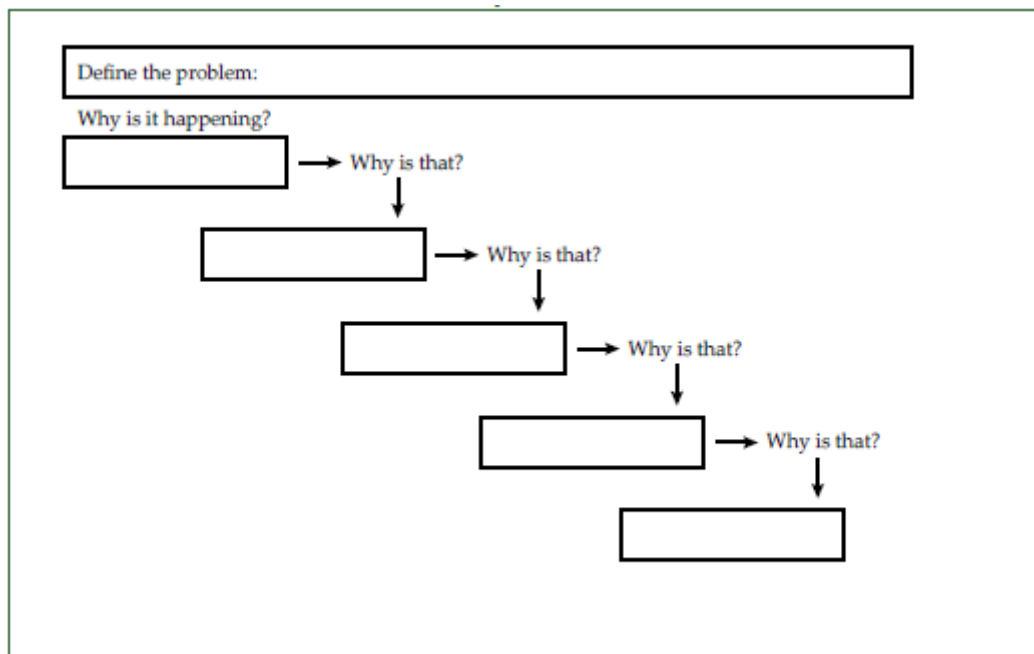
Diagram sebab akibat menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan antara akibat dan penyebab dari suatu masalah (Ariani, 2004). Diagram tersebut digunakan untuk mengetahui akibat dari suatu masalah untuk selanjutnya diambil tindakan perbaikan. Dari akibat tersebut selanjutnya dicari beberapa kemungkinan penyebabnya dan biasanya dikelompokkan dalam kategori tertentu, misalnya *man*, *machine*, *material*, *method*, dan *environment*. Dari sumber utama tersebut diturunkan menjadi beberapa sumber yang lebih kecil dan mendetail. Untuk mencari penyebab dapat digunakan teknik *brainstorming* dengan pihak yang terlibat dalam proses yang dianalisis.

Manfaat diagram sebab-akibat menurut Ariani (2004) sebagai berikut:

1. Dapat menggunakan kondisi yang sesungguhnya untuk tujuan perbaikan kualitas

produk atau jasa, lebih efisien dalam penggunaan sumber daya, dan dapat mengurangi biaya.

2. Dapat mengurangi dan menghilangkan kondisi yang menyebabkan ketidaksesuaian produk atau jasa dan keluhan pelanggan.
3. Dapat membuat suatu standardisasi operasi yang ada maupun yang direncanakan.
4. Dapat memberikan pendidikan dan pelatihan bagi karyawan dalam kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.



Gambar 2.6 Langkah Menentukan *Root Cause Analysis* Menggunakan 5 Why
Sumber: Serrat (2009)

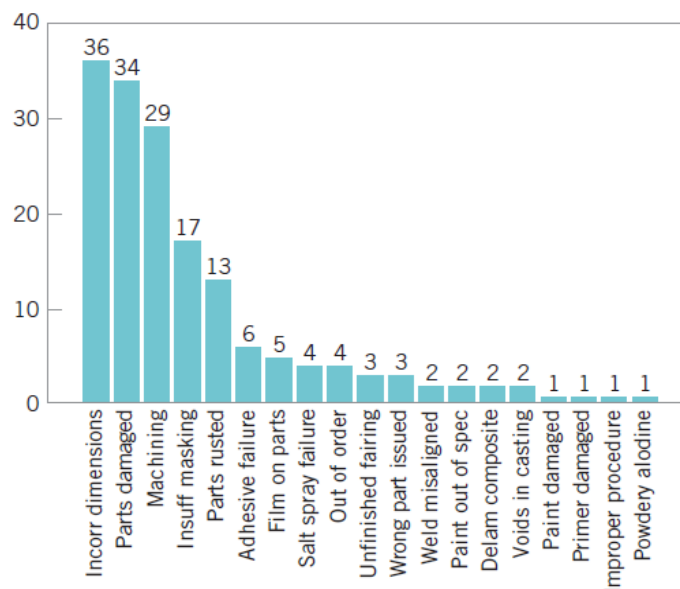
2.7 Diagram Pareto

Diagram Pareto diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Alfredo Pareto (1848-1923). Diagram pareto ini merupakan suatu gambaran yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut ranking tertinggi hingga terendah. Diagram ini juga dapat mengidentifikasi masalah yang paling penting yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan memberikan petunjuk dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah. (Ariani, 2004). Sebuah diagram batang yang didasarkan pada prinsip Pareto, yang menyatakan ketika beberapa faktor mempengaruhi suatu situasi, segelintir faktor mengakibatkan sebagian besar dampak.

Prinsip Pareto menggambarkan sebuah fenomena dimana 80 persen variasi yang diamati dalam proses sehari-hari dapat dijelaskan dengan hanya 20 persen dari penyebab variasi.

Sebuah diagram Pareto memberikan fakta-fakta yang dibutuhkan untuk menetapkan prioritas. Mengatur dan menampilkan informasi untuk menunjukkan kepentingan relatif dari berbagai masalah atau penyebab masalah. Pada dasarnya diagram Pareto merupakan bentuk khusus diagram batang vertikal yang menempatkan suatu hal (*item*) dengan berurutan (dari tertinggi ke terendah) relatif terhadap suatu efek yang dapat diukur kepentingannya: frekuensi, biaya, waktu.

Mengurutkan suatu *item* dalam urutan frekuensi menurun memudahkan kita untuk memisahkan masalah-masalah dari masalah utama yang menyebabkan munculnya sebagian besar dampak. Dengan demikian, diagram Pareto membantu tim untuk memfokuskan upaya mereka di perbaikan masalah yang memiliki potensi dampak terbesar.



Gambar 2.7 Contoh Diagram Pareto
Sumber: Montgomery (2009)

2.8 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu berkaitan dengan *lean manufacturing* sehingga dapat dijadikan sebagai referensi penelitian ini dan dapat digunakan untuk mengetahui posisi dan perbedaan penelitian yang dilakukan saat ini.

Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini adalah pada metode yang digunakan dalam identifikasi, prioritasasi, dan penentuan *waste* kritis hingga *tools* yang digunakan. Hidayat (2014) menggunakan VSM untuk mengidentifikasi *waste* dan menggunakan FMEA dalam prioritasasi *waste* yang harus diselesaikan. Sigalingging (2014), menggunakan *Waste Assessment Matrix* dan *Waste Assessment Questionnaire* dalam identifikasi *waste* dan prioritasasi *waste* yang paling dominan. Isnain (2017), menggunakan VSM dan PAM dalam mengidentifikasi *waste*, prioritasasi *waste* menggunakan *boarda count method*, dan menggunakan FMEA dalam eliminasi *waste* sesuai hasil prioritas *waste* sebelumnya.

Pada penelitian ini, identifikasi *waste* dilakukan dengan VSM dan PAM, prioritasasi, dan penentuan *waste* dominan beserta penyebab dan solusi yang digunakan menggunakan *lean assessment matrix* (LAM). Metode ini dipilih karena LAM memungkinkan perusahaan secara komprehensif dapat melakukan penilaian hubungan antara *waste* dengan akar penyebab *waste*, penentuan *waste* kritis, dan eliminasi akar penyebab *waste* dalam dua matriks LAM. Kekurangan metode ini adalah tidak dapat secara pasti menggambarkan di mana lokasi terjadinya *waste* (proses apa) dan proses atau operasi manakah yang merupakan proses yang *non value-added* yang harus dieliminasi. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pemetaan aktivitas *value added*, *non-value added*, dan *necessary non-value added* dengan *value stream mapping* dan *process activity mapping* (PAM). Selain itu, *waste* yang diidentifikasi melalui VSM dan PAM, secara langsung dijadikan sebagai *input waste* pada *Lean Matrix* 1.

Keterlibatan pihak yang mengalami dan mengetahui *waste* secara langsung (bagian produksi PT Y) dan didukung dengan pemetaan aktivitas melalui VSM dan PAM memungkinkan diperoleh rekomendasi perbaikan yang dapat lebih komprehensif dan lebih tepat sasaran. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

Peneliti (tahun)	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
Rahmad Hidayat (2014)	Penerapan <i>lean manufacturing</i> dengan metode VSM dan FMEA untuk mengurangi waste pada produk plywood (Studi Kasus: Departemen produksi PT Kutai Timber Indonesia)	<i>Lean</i> , VSM, FMEA	Perusahaan manufaktur kayu	Waste yang teridentifikasi adalah <i>defect</i> , <i>waiting</i> , dan <i>inventory</i> . Rekomendasi perbaikan adalah dengan penambahan mesin <i>dryer</i> , dan melakukan <i>corrective maintenance</i> .
Epiphanie Aprianti Sigalingging (2014)	Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> Untuk Mereduksi Waste Pada Produksi Filter Rokok dengan WAM dan Metode Taguchi (Studi Kasus Pada PT Essentra, Sidoarjo)	<i>Lean manufacturing</i> , WAM (<i>Waste Assesment Matrix</i>) dan <i>Waste Assesment Questionnaire</i> , Metode Taguchi	Perusahaan manufaktur filter rokok	Waste kritis adalah <i>waste defect</i> dengan persentase sebesar 23,33%. Rekomendasi perbaikan dilakukan dengan penrapan setting level optimal dalam produksi filter rokok hasil Metode Taguchi.
Satria Khalif isnain (2017)	Perancangan Perbaikan Proses Produksi Bodi Mobil Daihatsu Xenia dengan <i>Lean Manufacturing</i> di PT Inti Pantja Press industri	<i>Lean</i> , VSM, VALSAT, <i>Borda Count Method</i> , RCA, FMEA, <i>Poka Yoke</i> , <i>Benefit-Cost Ratio</i>	Perusahaan manufaktur bodi mobil	Waste kritis adalah <i>waste waiting</i> dan <i>defect</i> . <i>Waste waiting</i> disebabkan <i>bottleneck</i> dan <i>waste defect</i> disebabkan karat karena penyimpanan lebih dari satu hari. Rekomendasi dengan <i>poka yoke</i>
Penelitian Ini (2019)	Pendekatan <i>Lean Manufacturing</i> untuk Perbaikan Proses Produksi <i>Speaker</i>	<i>Lean manufacturing</i> , VSM, PAM, <i>Lean Assesment Matrix</i> , <i>Waste Relationship Matrix</i> , RCA	Perusahaan manufaktur <i>speaker</i>	Penelitian menggunakan <i>lean manufacturing</i> untuk mengeliminasi waste yang terjadi dalam proses produksi. Analisis dilakukan dengan menggunakan VSM dan PAM serta dalam identifikasi waste hingga pemilihan metode penyelesaian waste digunakan <i>lean assesment matrix</i> dimana penelitian sebelumnya menggunakan FMEA sebagai tool untuk pengambilan keputusan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan prosedur atau langkah-langkah terstruktur yang dilakukan dalam penelitian. Pada penelitian ini, metode penelitian menjelaskan tentang jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, tahapan penelitian, dan diagram alir penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif analitis. Menurut Hussey dan Hussey (1997), penelitian deskriptif mendeskripsikan fenomena dengan melakukan identifikasi atau pengambilan informasi pada objek penelitian. Penelitian analitis (*analytical/explanatory*) digunakan untuk menganalisis dan menjelaskan variabel tertentu mengapa atau bagaimana suatu fenomena terjadi dan mengetahui suatu hal dengan mengukur hubungan sebab akibat. Berdasarkan pengertian tersebut, maka penelitian yang dilakukan adalah penelitian deskriptif analitis di mana pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data penelitian sesuai dengan data dan fakta yang terjadi di perusahaan yang selanjutnya dilakukan analisis data dan interpretasi berdasarkan teori dan literatur yang berhubungan dengan *lean manufacturing*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tempat : PT. Y

Waktu : 1 Desember 2018 – 20 Desember 2019

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain identifikasi awal, studi pustaka, studi lapangan, pengumpulan dan pengolahan data, analisis data dan pembahasan, dan kesimpulan dan saran

3.3.1 Tahap Identifikasi Waste dan Penyebabnya

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai cara untuk mengidentifikasi *waste* pada proses produksi yang diamati. Tahap Identifikasi *waste* dan penyebabnya terdiri atas observasi dan wawancara, penyusunan *flowchart* proses produksi, penyusunan *process activity mapping* (PAM), penyusunan *current state value stream mapping*, pemetaan *waste*, dan analisis akar penyebab *waste*.

3.3.1.1 Observasi dan Wawancara

Proses observasi dan wawancara bertujuan untuk mengetahui proses produksi eksisting dan proses identifikasi *waste* yang dilakukan di rantai produksi. Observasi dan wawancara dilakukan dengan *Foreman section* PCB dan operator dari tiap proses PCB untuk mengetahui proses produksi yang lebih *detail* dari bahan baku hingga produk jadi.

Observasi dan wawancara yang dilakukan memiliki pertanyaan mengenai permasalahan yang sering terjadi pada tiap proses. Pertanyaan tersebut berupa masalah mesin apa yang sering terjadi, keluhan apa yang sering dirasakan oleh operator, dan bagaimana prosedur dalam proses produksi PCB. Observasi yang dilakukan terkait *waste* yang terjadi selama proses produksi berlangsung.

Output yang diharapkan dari proses ini adalah penjabaran masalah dan keluhan yang dirasakan oleh *Foreman section* PCB dan operator tiap proses PCB sehingga dapat diidentifikasi *waste* yang terdapat pada rantai produksi beserta penyebab dari *waste* yang terjadi menurut operator tiap proses PCB.

3.3.1.2 Data Aliran Proses Produksi

Pengambilan data aliran proses produksi bertujuan untuk menggambarkan keseluruhan proses produksi dan mengetahui jenis material dan mesin yang digunakan dari tiap proses pada rantai produksi pada *section* PCB. Pada bagian ini akan ditampilkan jenis material dari proses yang dimaksud beserta mesin yang digunakan pada proses tersebut. *Output* yang diharapkan dari data aliran proses produksi *speaker* ini adalah menjadi *input* dalam membuat *value stream mapping* (VSM) dan akan menjadi acuan dalam melakukan identifikasi *waste* dan rekomendasi perbaikan.

3.3.1.3 Pembuatan *Value Stream Mapping*

Proses pembuatan *value stream mapping* bertujuan menggambarkan kondisi eksisting dari proses produksi. Pada bagian ini akan digambarkan proses produksi secara keseluruhan beserta aliran nilai pada proses produksi. Melalui *Value Stream Mapping* (VSM), dapat diketahui aliran informasi dan fisik di dalam sistem, serta *lead time* yang dibutuhkan dari masing-masing proses yang terjadi. Data pada VSM didapatkan dari *interview* pada operator terkait dan observasi secara langsung. Data yang dibutuhkan dalam pembuatan pembuatan VSM antara lain:

1. Permintaan *customer*. Data ini akan menghasilkan waktu karyawan dalam melakukan pekerjaan.
2. *Inventory*. Data ini akan dikaitkan dengan informasi WIP atau jumlah unit yang menunggu untuk dikerjakan ataupun dipindahkan ke proses berikutnya.
3. *Cycle Time*. Data ini berupa waktu siklus atau waktu yang dibutuhkan dalam memproduksi satu siklus.
4. Jumlah karyawan atau operator. Data ini akan menjadi informasi jumlah operator yang mengerjakan proses tertentu pada keseluruhan proses produksi.
5. *Change Over Time* atau C/O. Data ini merupakan perhitungan waktu untuk mempersiapkan mesin dari *batch* selesai hingga ke *batch* selanjutnya.
6. *Availability*. Data waktu yang efektif dibagi dengan waktu yang tersedia. Rumusnya adalah :

$$Availability = \frac{Total\ waktu\ tersedia - (waktu\ breakdown + set\ up)}{Total\ waktu\ tersedia} \times 100 \quad (3.1)$$

7. *Uptime*. Data ini berupa waktu kerja pada mesin saat mesin tersebut beroperasi dalam satuan persen (%). Rumusnya adalah :

$$Uptime = \frac{Availability - C/O}{Availability} \quad (3.2)$$

Output yang diharapkan dari proses ini adalah perhitungan yang akan dihasilkan dalam membuat pemetaan alur VSM, yaitu:

1. *Talk time* bisa dihitung dengan perhitungan waktu kerja efektif dibagi dengan permintaan *customer* per hari.
2. *Lead time* yang didapatkan dari jumlah waktu dari produk mulai diproses pertama hingga pengiriman.
3. *Processing time* didapatkan dari hasil penjumlahan seluruh *cycle time*.

Terdapat dua jenis data yang dikumpulkan dalam pembuatan *value stream mapping*, antara lain:

1. Data primer, yaitu data yang diambil peneliti secara langsung. Data primer meliputi pengambilan waktu proses (*cycle time*) dari tiap proses produksi di perusahaan, data jumlah mesin dan *manpower*, dan data *uptime*.
2. Data sekunder, yaitu data yang diambil peneliti secara tidak langsung. Data sekunder meliputi data permintaan *customer*, data *quality*, dan data *changeover time* yang didapatkan dari dokumen perusahaan.

3.3.1.4 Penyusunan *Process Activity Mapping* (PAM)

Proses penyusunan PAM bertujuan untuk mengelompokkan aktivitas-aktivitas pada proses produksi menjadi lima kategori yaitu *operation*, *transport*, *inspect*, *storage*, dan *delay*. Selain itu, aktivitas-aktivitas ini dikategorikan berdasarkan nilai menjadi aktivitas yang *Value Added* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non Value Added* (NNVA). Informasi yang dibutuhkan untuk menyusun PAM adalah :

1. Departemen atau bagian dari proses produksi secara keseluruhan.

2. Aktivitas dari tiap bagian.
3. Jumlah operator.
4. Peralatan atau mesin yang digunakan.
5. Jarak antar aktivitas.
6. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas.
7. Pembagian aktivitas menjadi lima kategori (*operation, transport, inspect, storage, dan delay*).
8. Pembagian aktivitas didasarkan pada kelompok ini, yaitu *Value Added (VA), Non Value Added (NVA), dan Necessary but Non Value Added (NNVA)*).

Output yang diharapkan dari proses ini adalah pemetaan aktivitas-aktivitas dari keseluruhan proses produksi dan menjadi acuan dalam pemetaan *waste*.

3.3.1.5 Pemetaan Waste

Proses pemetaan *waste* bertujuan untuk mengelompokkan *waste* yang teridentifikasi pada PAM maupun VSM kedalam kategori *seven waste*. Pemetaan *waste* dilakukan berdasarkan literatur atau teori yang berkaitan dengan *waste* dan diskusi dengan *Foreman Section PCB* serta operator produksi. *Output* yang diharapkan dari proses pemetaan *waste* adalah mengetahui aktivitas yang menimbulkan *waste*. *Waste* yang diidentifikasi adalah *seven waste*, antara lain *overproduction, defect, inventory, motion, waiting, transportation, dan unnecessary process*. Setiap *waste* akan dijadikan sebagai komponen dalam penyusunan *lean matrix 1*.

3.3.1.6 Analisis Akar Penyebab Waste

Proses analisis akar penyebab *waste* bertujuan untuk mengetahui akar penyebab terjadinya *waste* sehingga dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang tepat. Metode analisis yang digunakan adalah 5Why. *Output* yang diharapkan dari proses analisis ini adalah akar penyebab *waste* yang akan menjadi komponen dalam penyusunan *Lean Matrix 1*.

3.3.2 Tahap Analisis Waste Kritis

Pada tahap ini akan dijabarkan analisis untuk mengetahui *waste* kritis dengan *output* penyusunan *lean matrix* 1. Tahap analisis *waste* kritis terdiri dari penentuan *waste type weight* yang didapatkan dari hasil *waste relationship matrix*, penentuan *severity level of waste*, penentuan *occurrence level of root source of waste*, dan penyusunan *Lean Matrix* 1.

3.3.2.1 Perhitungan Waste Type Weight

Proses perhitungan *waste type weight* bertujuan untuk mengetahui bobot dari jenis *waste* yang terjadi pada rantai produksi. *Waste type weight* didapatkan dari pengisian kuisioner *waste relationship matrix* (WRM). Kuisioner tersebut akan diisi dan dijawab oleh *expert* perusahaan dalam bentuk wawancara. *Expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*. *Output* yang diharapkan pada proses perhitungan *waste type weight* adalah bobot yang akan dijadikan sebagai salah satu komponen pada *Lean Matrix* 1.

3.3.2.2 Penentuan Severity Level of Waste

Proses penentuan *severity level of waste* bertujuan untuk mengetahui dampak yang timbul apabila *waste* terjadi. Penentuan *severity level of waste* ditentukan oleh *expert* perusahaan. *Expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*. *Output* yang diharapkan dari penentuan *severity level* adalah sebuah nilai dengan skala 1 sampai 10 dan selanjutnya akan dijadikan sebagai komponen dalam penyusunan *lean matrix* 1. Penentuan *severity level of waste* mengikuti standar penentuan *severity level* (terkait *safety*) di perusahaan dengan modifikasi setelah diskusi dengan *expert* perusahaan. Penentuan *severity level of waste* mengikuti Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kriteria Penentuan *Severity Level of Waste*

Nilai	Severity	Kriteria
1	Tidak berpengaruh	Terjadi <i>waste</i> , tetapi tidak berpengaruh pada proses produksi
2	Sangat ringan	Terjadi <i>waste</i> dan memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap proses berikutnya

Tabel 3.1 Kriteria Penentuan *Severity Level of Waste* (Lanjutan)

Nilai	Severity	Kriteria
3	Ringan	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 1 proses berikutnya
4	Sangat rendah	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 2 proses berikutnya
5	Rendah	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 3 proses berikutnya
6	Sedang	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 4 proses berikutnya
7	Tinggi	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 5 proses berikutnya
8	Sangat tinggi	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada sebagian besar proses berikutnya
9	Berbahaya	<i>Waste</i> sangat sering terjadi sehingga proses produksi tidak efektif
10	Sangat berbahaya	Proses produksi tidak dapat dilakukan (berhenti)

3.3.2.3 Penentuan *Occurrence Level of Root Source of Waste*

Proses penentuan *occurrence level* bertujuan untuk mengetahui kemungkinan atau frekuensi terjadinya *waste* pada rantai produksi. Penentuan *occurrence level of root cause of waste* ditentukan oleh *expert* perusahaan. *Expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*. *Output* yang diharapkan dari penentuan *occurrence level* adalah sebuah nilai dengan skala 1 sampai 10 dan selanjutnya akan dijadikan sebagai komponen dalam penyusunan *Lean Matrix 1*. Penentuan *occurrence level of root source of waste* mengikuti standar penentuan *occurrence level* (terkait *safety*) di perusahaan dengan modifikasi setelah diskusi dengan *expert* perusahaan. Penentuan *occurrence level of root source of waste* mengikuti Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kriteria Penentuan *Occurrence Level of Root Source of Waste*

Nilai	Occurrence	Kriteria
1	Sangat rendah	Akar penyebab <i>waste</i> sangat jarang terjadi (1 kali dalam 10 tahun)
2		Satu kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
3	Rendah	2-3 kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
4	Sedang	4-5 kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
5		6-7 kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
6		Lebih dari 7 kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi

Tabel 3.2 Kriteria Penentuan *Occurrence Level of Root Source of Waste* (Lanjutan)

Nilai	<i>Occurrence</i>	Kriteria
7	Tinggi	1-5 kali/minggu, akar penyebab <i>waste</i> kadang terjadi
8		Lebih dari 5 kali/minggu, akar penyebab <i>waste</i> kadang terjadi
9	Sangat tinggi	1-3 kali/minggu, akar penyebab <i>waste</i> sering terjadi
10		Lebih dari 3 kali/minggu, akar penyebab <i>waste</i> sering terjadi

3.3.2.4 Penyusunan *Lean Matrix* 1

Proses penyusunan *lean matrix* 1 bertujuan untuk menentukan *waste* kritis dan dilakukan dengan mengolah komponen-komponen dari *lean matrix* 1 yang akan memberikan *output* berupa *waste rank*. Komponen dari *matrix* ini, yaitu identifikasi *waste*, akar permasalahan *waste* yang didapat dari hasil RCA, *waste type weight* yang didapat dari pengisian WRM, *severity level of waste*, *aggregate waste number*, *occurrence level of root source of waste*, dan *aggregate cause value*. Penentuan *severity level of waste* dan *occurrence level of root source of waste* dilakukan oleh *expert* perusahaan, *expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*. Setelah beberapa komponen ditetapkan, selanjutnya dilakukan:

1. Perhitungan *aggregate cause value* (ACV) diperoleh dari perhitungan angka pada *matrix* yang didapatkan dari komponen *input lean matrix* 1 dengan menggunakan rumus atau persamaan (2.5). Hasil dari perhitungan ACV akan dijadikan salah satu komponen dalam penyusunan *Lean Matrix* 2.
2. Perhitungan dari *aggregate waste number* (AWN) didapatkan dari rumus atau persamaan (2.6). Hasil dari perhitungan *aggregate waste number* akan menghasilkan peringkat berupa *waste rank* dari yang terbesar hingga terkecil.
3. Penentuan *Waste Rank* dilakukan setelah perhitungan AWN. Nilai terbesar hingga terkecil dari AWN akan diurutkan dan diberi peringkat. Hasil AWN terbesar akan mendapat peringkat 1 dan seterusnya.

Output yang diharapkan dari penyusunan *Lean Matrix* 1 adalah hasil *waste rank* urutan satu hingga lima sesuai dengan keinginan perusahaan untuk melakukan analisis lebih lanjut terhadap lima *waste* teratas. Prioritas *waste* dan akar penyebab *waste* akan dianalisis lebih lanjut di *Lean Matrix* 2.

3.3.3 Tahap Perancangan Rekomendasi Perbaikan

Pada tahap ini akan dijelaskan rancangan rekomendasi perbaikan berdasarkan *waste* kritis. Perancangan rekomendasi perbaikan terdiri dari beberapa tahap, yaitu penyusunan sejumlah alternatif rekomendasi perbaikan yang membentuk *waste elimination actions* (WEA). WEA akan menjadi *input* dari *Lean Matrix 2*. Penyusunan *Lean Matrix 2* memerlukan beberapa *input*, yaitu perhitungan *total effectiveness of WEA*, penentuan *degree of difficulty performing action* yang ditentukan oleh *expert* perusahaan, dan perhitungan *effectiveness to difficulty ratio*. *Lean matrix 2* akan menghasilkan *output* berupa *rank of action priority* yang akan diajukan ke perusahaan.

3.3.3.1 Penyusunan Alternatif Rekomendasi Perbaikan

Proses penyusunan alternatif rekomendasi perbaikan bertujuan untuk menghasilkan *waste elimination action* (WEA). Penyusunan alternatif rekomendasi perbaikan dilakukan berdasarkan hasil analisis *waste* kritis pada *Lean Matrix 1*. Rekomendasi perbaikan yang diajukan telah terlebih dahulu didiskusikan dengan pihak perusahaan sehingga dapat diimplementasikan pada perusahaan dengan batasan-batasan yang masih bisa dihadapi oleh perusahaan. *Output* yang diharapkan dari penyusunan alternatif rekomendasi perbaikan adalah WAE yang akan dijadikan komponen dalam penyusunan *Lean Matrix 2*.

3.3.3.2 Penentuan *Degree of Difficulty Performing Action*

Proses penentuan *degree of difficulty performing action* (D_m) bertujuan untuk mengetahui derajat kesulitan perusahaan dalam menerapkan rekomendasi perbaikan. Penentuan D_m dilakukan oleh *expert* perusahaan. *Expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*. *Output* yang diharapkan dari penentuan D_m adalah sebuah nilai dengan skala 3 sampai 5 berdasarkan Pujawan dan Geraldin (2009) dan masukan dari *top management* PT Y. Masing-masing skala memiliki pertimbangan masing-masing yaitu 3 (*low*), 4 (*medium*), dan 5 (*high*) sesuai Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kriteria *Degree of Difficulty Performing Action*

Nilai	Kriteria
3	Biaya yang dibutuhkan untuk proses perbaikan < Rp 15.000.000,00
4	Biaya yang dibutuhkan untuk proses perbaikan Rp 15.000.000,00 - Rp 100.000.000,00
5	Biaya yang dibutuhkan untuk proses perbaikan > Rp 100.000.000,00

3.3.3.3 Penyusunan *Lean Matrix 2*

Proses penyusunan *Lean Matrix 2* bertujuan untuk mendapatkan prioritas dari beberapa rekomendasi perbaikan yang telah disusun berdasarkan *waste* kritis. Setelah melakukan penyusunan alternatif rekomendasi perbaikan, dilakukan penentuan *degree of difficulty performing action* (D_m) oleh *expert* perusahaan dengan skala tiga sampai lima. Setelah didapatkan hasil dari D_m , dilakukan penyusunan *Lean Matrix 2* dengan langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan *total effectiveness of waste elimination* (TE_m) yang didapatkan dari perhitungan pada *matrix* dengan menggunakan persamaan (2.7).
2. Tahap selanjutnya adalah menghitung *effectiveness of difficulty ratio* (ETD_m) menggunakan persamaan (2.8).
3. Penentuan *rank of action priority* dilakukan setelah perhitungan ETD_m . Nilai terbesar hingga terkecil dari ETD_m akan diurutkan dan diberi peringkat. Hasil ETD_m terbesar akan mendapat peringkat 1 dan seterusnya.

Output yang diharapkan dari proses penyusunan *Lean Matrix 2* adalah *rank of action priority*.

3.3.3.4 Pengajuan Rekomendasi Perbaikan Terpilih Berdasarkan *Rank Action of Priority*

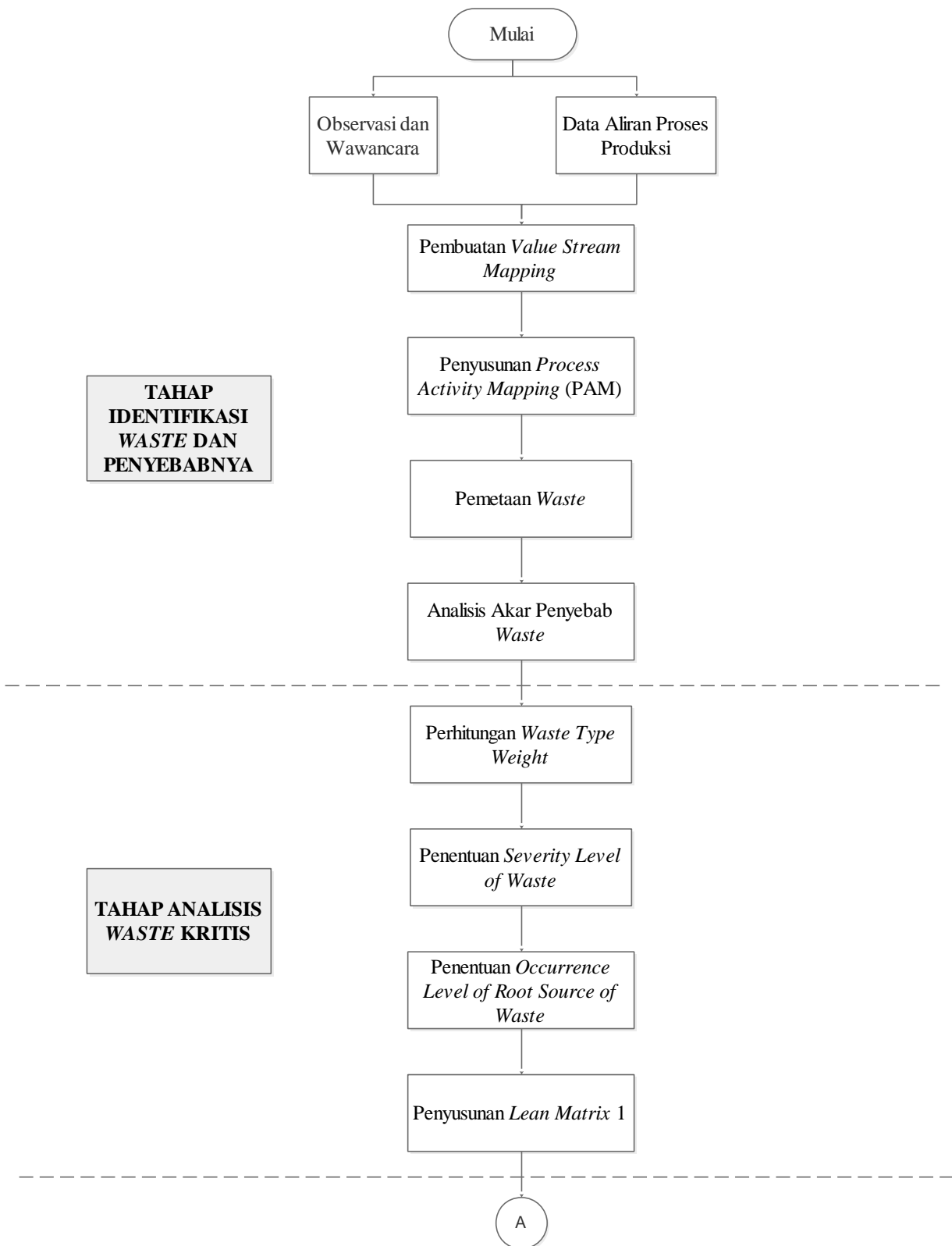
Proses pengajuan rekomendasi perbaikan terpilih bertujuan untuk melakukan diskusi lebih lanjut dengan pihak perusahaan setelah mengetahui hasil dari pengolahan data pada *lean assessment matrix*. Proses ini dilakukan dengan cara *brainstorming* bersama *expert* perusahaan yaitu *Foreman Section PCB*.

Output yang diharapkan dari proses ini adalah mendapatkan *feedback* dari perusahaan mengenai rekomendasi perbaikan yang dapat diimplementasikan pada perusahaan dan mengetahui kemungkinan pengurangan waktu atau *lead time* setelah rekomendasi perbaikan diimplementasikan pada proses produksi di PT Y.

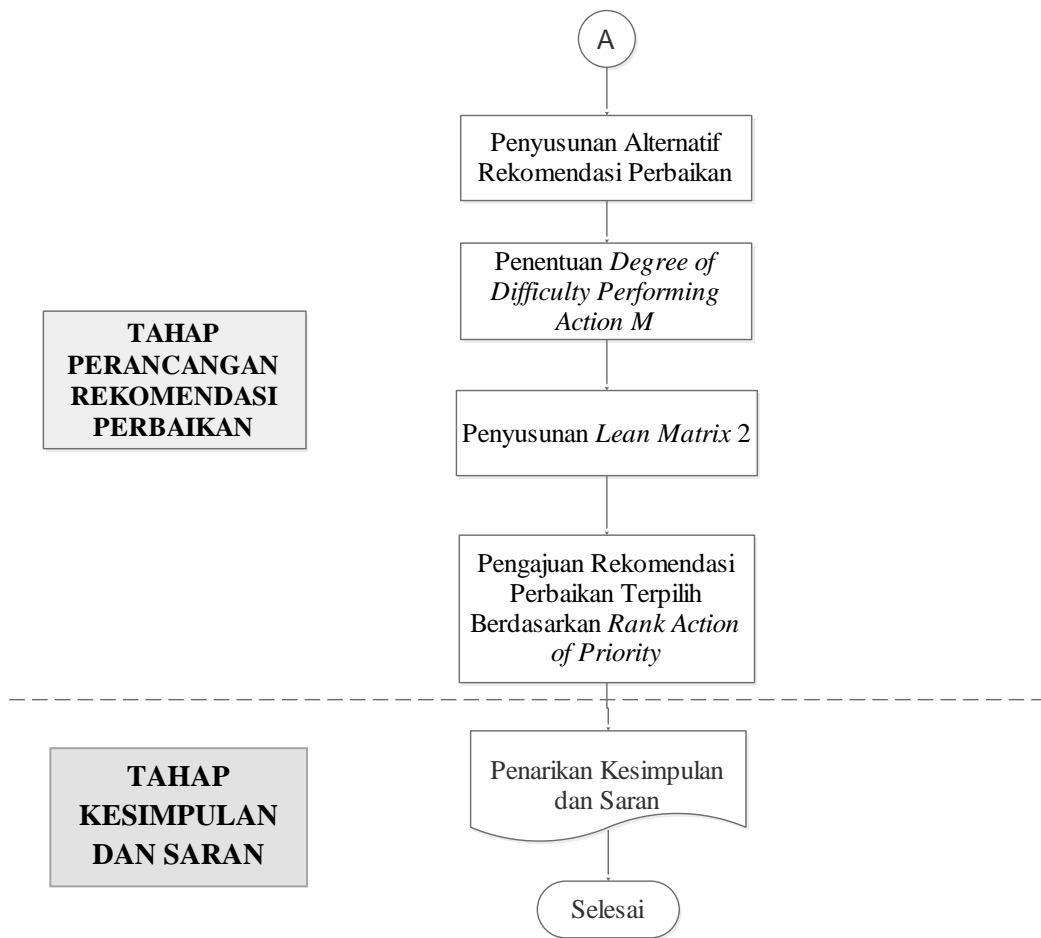
3.3.4 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan disajikan mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian tesis. Tahap ini merupakan tahap terakhir dari penelitian yang dibuat. Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan pengerjaan penelitian tesis yang menjawab tentang tujuan penelitian dengan mempertimbangkan hasil dari analisis penelitian. Setelah dilakukan penarikan kesimpulan, dilakukan penyusunan saran yang dapat diberikan kepada perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang hasil penelitian dan analisis yang dilakukan terhadap proses produksi *speaker* khususnya pada proses PCB model AA Series. Analisis dan pembahasan akan dilakukan pada beberapa bagian antara lain gambaran umum objek penelitian, proses manufaktur dan produk jadi, *flow* proses model AA-Series, data observasi produksi model AA-Series *Value Stream Mapping*, *Process Activity Mapping*, *Lean Assessment Matrix*, dan rekomendasi perbaikan.

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Gambaran umum objek penelitian meliputi profil perusahaan, struktur organisasi, dan moto perusahaan.

4.1.1 Profil Perusahaan



Gambar 4.1 PT Y
Sumber: Data PT Y

PT Y berlokasi di Kawasan Industri PIER (Pasuruan *Industrial Estate* Rembang) didirikan pada tahun 1998 dan mulai beroperasi pada bulan Desember 1999. PT Y memproduksi *speaker* dengan tujuan ekspor. Grup Y sangat

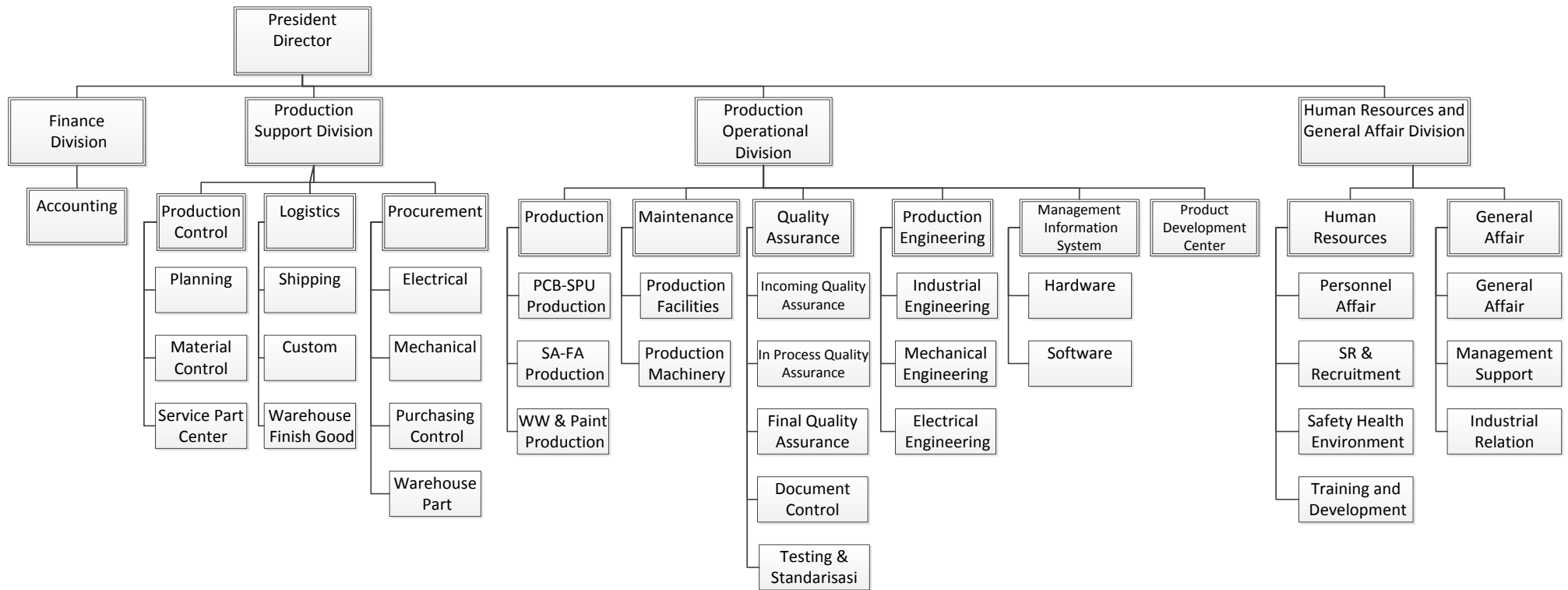
memperhatikan kualitas produk. Hal ini memberikan inspirasi untuk menciptakan produksi suara yang sempurna dengan memproduksi *speaker* yang berkualitas.

PT Y mengkhususkan produksinya pada produk *speaker* dan bagian kayu untuk *home theatre*, *HiFi Speaker System* dan PC. PT Y menjalankan produksinya dengan sangat memperhatikan kualitas tiap produk. PT Y menganut prinsip-prinsip manajemen dan target kualitas yang memberikan suatu gambaran dari sikap kerja dan semangat tinggi yang dimiliki yang dapat memberikan jaminan kualitas produk yang tinggi. Profil PT Y secara detail sebagai berikut:

Nama perusahaan	: PT Y
Alamat	: Kawasan Industri PIER (Kawasan Berikat Nusantara) Jl. Rembang Industri II 9/11 Mojoparon – Rembang, Pasuruan
Telepon / Fax	: 0343-740284 / 0343-740282
Luas area	: 50,000 m ²
Luas bangunan	: 15,000 m ²
Jumlah karyawan	: 1001 – 2000 karyawan
Jenis usaha	: <i>Speaker System Manufacturing</i>
Kapasitas produksi	: 5,000,000 <i>Speaker Systems</i> / tahun
Tahun berdiri	: Tahun 1999

4.1.2 Struktur Organisasi

Pada PT Y terdapat tiga divisi yaitu *Finance Division*, *Production Support Division*, *Production Operational Division*, dan *Human Resources and General Affair Division*. Struktur organisasi PT Y dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT Y
 Sumber: Data PT Y

4.1.3 *Motto Perusahaan*

Misi PT Y FY195 adalah sebagai berikut:

1. Membuat produk sesuai kualitas – harga – pengiriman yang direncanakan, di dalam segmen bisnis *musical instrument* dan *audio equipment*.
2. Mewujudkan *kaizen* kualitas dan *delivery* serta pengurangan biaya.
3. Mengawasi aktivitas peningkatan produktivitas, mewujudkan tanggung jawab sosial seperti kegiatan *Corporate Social Responsibility (CSR)* dan lain – lain sebagai fungsi perusahaan secara keseluruhan.

Tema Utama pada FY195 adalah sebagai berikut:

1. [Q] Mencapai target peningkatan kualitas proses dan pencapaian *Zero NG* nyata dengan pelaksanaan secara utuh “*Kidzuki/Kesadaran*” dan “*Tsukurikomi/Produksi*”, melalui akurasi petunjuk kerja (*Work Instruction*) dan penempatan tenaga kerja yang tepat.
2. [C] Menciptakan produktivitas proses lini yang tinggi, melalui perbaikan operasional kerja dan otomatisasi, serta mendorong pencapaian target rencana kerja, berupa penurunan biaya material, biaya logistik, serta *Zero PCB Subcont*. Selain itu, membangun sistem IT untuk meningkatkan efisiensi kerja perusahaan.
3. [C] Mengatasi masalah *ZYLON* dan *CD (Compression Driver)*, *In-house SPU*, meningkatkan utilisasi mesin atau *In-house moulding*, dan lain - lain serta mendorong upaya pertambahan nilai. Menyiapkan sistem produksi model baru tanpa keterlambatan dengan terus melakukan *kaizen*, serta mengatasi masalah di setiap tahap pengembangan produk baru.
4. [D] Melakukan pengiriman produk jadi dan pasokan suku cadang yang stabil ke setiap perusahaan dengan kontrol sistem pengiriman mingguan.
5. [S] Melakukan kontrol tingkat stok yang layak dan menciptakan cara agar akurasi *stock take* semakin tinggi sesuai target yang ditetapkan.
6. [S-E] Melalui penerapan sistem Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dan *Emergency Medical Services (EMS)*, membuat aturan-aturan yang tidak hanya memenuhi standar Indonesia, namun juga memenuhi standar peraturan dari Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di

Jepang yang lebih ketat. Selain itu, melakukan kegiatan persiapan untuk memperoleh ISO 45000 (OHSAS 18001).

7. Melaksanakan aktivitas CSR kepada masyarakat sekitar, meningkatkan komunikasi antar manajemen, karyawan, dan Serikat Pekerja untuk mengembangkan sistem hubungan industrial yang kooperatif dan harmonis serta memberikan kebanggaan dan kepuasan pada diri karyawan sehingga dapat menciptakan suasana lingkungan kerja yang mampu menumbuhkan kecintaan terhadap perusahaan untuk meningkatkan *brand image* dan kelancaran manajemen perusahaan.
8. Menyusun program pendidikan terhadap karyawan umum maupun pihak manajemen dan calon manajemen sebagai bagian dari edukasi kemandirian SDM nasional, agar karyawan memiliki kemampuan dan pengetahuan dasar untuk melakukan manajemen perusahaan secara internal dan melakukan negosiasi secara langsung dengan basis lain termasuk Jepang.

4.2 Flow Proses Produksi AA-Series

Pada Gambar 1.5 telah digambarkan tentang proses produksi model AA-Series. Pada bagian ini akan dijelaskan secara lebih detail mengenai tahapan proses produksi model AA-Series di PT Y secara khusus pada proses PCB, antara lain Proses *Auto Insert*, Proses SMT, dan Proses *Manual Insert*.

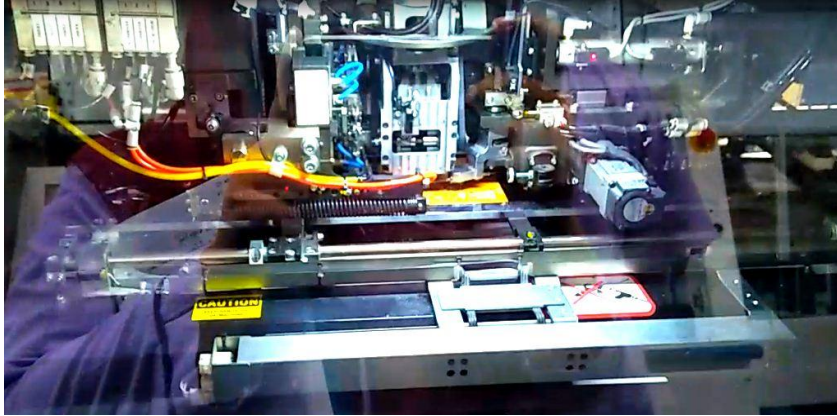
4.2.1 Proses *Auto Insert*

Proses *Auto Insert* adalah proses *insertion* (pemasangan) komponen elektronik pada PWB (*Printed Wire Board*) secara otomatis menggunakan mesin produksi. Terdapat dua proses dalam tahapan ini, yaitu Proses AV131 dan Proses RG131.

1. Proses AV131

Proses AV131 (Aksial) adalah proses pemasangan komponen elektronik secara otomatis menggunakan mesin AV131 yang digunakan untuk memasang komponen elektronik secara horizontal. Pada Model AA-

Series jumlah komponen yang harus dipasang pada Proses AV131 adalah 4 komponen.



Gambar 4.3 Proses AV131

2. Proses RG131

Proses RG131 (Radial) adalah proses pemasangan komponen elektronik secara otomatis menggunakan mesin RG131 yang digunakan untuk memasang komponen elektronik secara vertikal. Pada Model AA-Series jumlah komponen yang harus dipasang pada Proses RG131 adalah 36 komponen



Gambar 4.4 Proses RG131

4.2.2 Proses *Surface Mount Technology* (SMT)

Proses SMT adalah proses memasang komponen elektronik dengan kriteria tertentu, yaitu SMD (*Surface Mount Device*) yang berukuran sangat kecil hingga 0,4mm X 0,2mm (Chip SMD resistor 0402) dengan kecepatan yang sangat tinggi mencapai 136.000 komponen per jam atau sekitar 2.266 komponen per menitnya.

Untuk Model AA-Series proses SMT yang digunakan menggunakan mekanisme perekatan *adhesive (bonding)* yang dapat digunakan baik pada SMT Line 1 dan SMT Line 2. Pada proses SMT diakhiri dengan *Automatic Optic Inspection (AOI)* yang bertujuan melakukan inspeksi terhadap PCB yang telah diproduksi sebelum dikirimkan ke proses selanjutnya. Pada Model AA-Series jumlah komponen yang harus dipasang pada Proses SMT adalah 161 komponen.

Terdapat beberapa mesin yang digunakan dalam satu lini Proses SMT, antara lain:

1. *Loader*, yaitu mesin yang digunakan untuk memasukkan *Work In Process (WIP)* berupa *PCB Assy finish* radial ke lini SMT. Pada bagian ini *PCB Assy* diambil dari tempat penyimpanan (*magazine*) ke dalam mesin satu per satu.
2. *Inverter*, yaitu mesin yang digunakan untuk membalik PCB dari sisi A ke sisi B. Sisi A PCB adalah bagian yang telah berisi komponen hasil *insert* dari proses radial, sedangkan sisi B PCB adalah bagian yang akan dilakukan proses SMT.
3. *YSP*, yaitu mesin yang digunakan untuk *printing* pasta solder pada PWB. Pada model AA Series tidak dilakukan proses *printing* sehingga WIP hanya lewat pada mesin ini.
4. *YDG*, yaitu mesin yang digunakan untuk proses *bonding* atau memberikan perekat (*glue*) pada PCB. Pada SMT line 1 terdapat 2 mesin YDG, sedangkan pada SMT Line 2 terdapat 1 mesin YDG.
5. *Mounter*, yaitu mesin yang digunakan untuk memasukkan material SMT. Pada kedua lini SMT terdapat tiga jenis *mounter* yang digunakan berdasarkan ukuran kecil, sedang, dan besar, antara lain :
 - a. SMT Line 1
 - 1) *Mounter 1* (material kecil) : YG12
 - 2) *Mounter 2* (material sedang) : YG12F
 - 3) *Mounter 3* (material besar) : YG100R
 - b. SMT Line 2
 - 1) *Mounter 1* (material kecil) : YS24
 - 2) *Mounter 2* (material sedang) : YS100

- 3) *Mounter 3* (material besar) : YS88
6. *Reflow oven*, digunakan untuk memanaskan *glue* pada WIP agar *glue* kering dan merekat sempurna pada WIP.
7. *Unloader*, digunakan untuk mengeluarkan WIP pada mesin kembali ke *magazine*.
8. *Automatic Optic Inspection* (AOI), digunakan untuk mengukur *value* (nilai) PCB sesuai standar, *body marking* PCB, dan memastikan komponen telah terpasang sesuai lokasi dan mengecek tampilan (*appearance*) WIP PCB Assy hasil proses SMT.



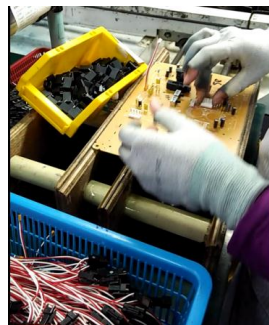
Gambar 4.5 Proses SMT (*Mounter*)

4.2.3 Proses *Manual Insert*

Pada proses *Manual Insert* dilakukan beberapa tahapan proses antara lain:

1. *Insert Manual*

Insert manual adalah proses pemasangan komponen PCB yang tidak dapat dilakukan oleh mesin tertentu dan harus dilakukan pemasangan secara manual. Pada Model AA-Series jumlah komponen yang harus dipasang secara manual adalah 34 komponen.



Gambar 4.6 Proses *Insert Manual*

2. *Forming* Komponen

Pada beberapa komponen tertentu, sebelum dilakukan pemasangan pada PWB, perlu dilakukan modifikasi pembentukan tertentu (*forming*) dengan menggabungkan atau membentuk komponen sesuai dengan *work instruction*. Pada Model AA-Series, terdapat 4 komponen yang harus dilakukan proses *forming* terlebih dahulu, yaitu komponen L101 Ferrite Bead, L102 Ferrite Bead, C101 Cap Recognize, dan LD501 LED.



Gambar 4.7 Proses *Forming* Komponen L101 Ferrite Bead

3. *Soldering Machine*

Soldering Machine adalah proses solder dengan menggunakan mesin solder. Proses solder adalah proses penyambungan terminal (kaki) komponen dengan PCB atau papan rangkaian dengan menggunakan timah. Tujuan proses solder ini adalah untuk mendapatkan hubungan listrik antara komponen pada PCB.



Gambar 4.8 Proses *Soldering Machine*

4. *Sonybond*

Sonybond adalah proses pemberian *adhesive* atau perekat (WQ27981 ADHESIVE BOND) pada beberapa bagian PCB sesuai dengan *work instruction*.



Gambar 4.9 Proses *Sonybond*

5. *Inspection & Touch Up*

Inspection & Touch Up adalah proses inspeksi dan pemberian timah pada bagian yang telah disolder menggunakan mesin solder namun belum sempurna.



Gambar 4.10 Proses *Inspection & Touch Up*

8. *In Circuit Testing (ICT)*

ICT adalah proses pengecekan setiap komponen elektronik dalam satu sirkuit PCB Assy. Pengecekan dilakukan terhadap voltase, tegangan dari setiap komponen pada PCB Assy. Hasil pengecekan ditampilkan dalam layar monitor, apabila sesuai dengan spesifikasi standar maka dinyatakan “OK”, jika tidak sesuai maka dinyatakan sebagai “NG”.



Gambar 4.11 Proses ICT

4.3 Data Observasi Produksi Model AA-Series

Data observasi produksi model AA-Series yang dikumpulkan pada penelitian ini antara lain data *customer demand* dan *takt time*, data *manpower*, *data process cycle time*, data jarak antar proses, data jumlah produksi, data *quality rate*, dan data *uptime*.

4.3.1 Data *Customer Demand* dan *Takt Time*

Data *customer demand* yang digunakan pada penelitian ini adalah pada bulan Mei 2019. Data *customer demand* dan hari kerja dapat dilihat pada Tabel 4.1. Rata-rata jumlah order adalah 16941 pc dengan rata-rata jumlah hari kerja 20 hari. Berdasarkan data tersebut diperoleh *customer demand* 847 unit/hari dengan *takt time* AI 32,29 detik, *takt time* SMT 51 detik, dan *takt time* MI 32,29 detik.

Tabel 4.1 Data *Customer Demand* dan Hari Kerja

Bulan	Model			Total	Hari Kerja
	AA5	AA7	AA8		
June-18	5921	4804	3602	14327	21
July-18	5519	4653	3564	13736	17
Aug-18	6889	5232	3396	15517	22
Sep-18	7976	7421	6098	21495	20
Oct-18	5847	5987	3678	15512	23
Nov-18	5474	3521	3670	12665	20
Dec-18	8287	6203	5347	19837	18
Jan-19	9219	6443	5259	20921	19
Feb-19	6873	5881	4931	17685	19
Mar-19	8024	3516	5849	17389	20
Apr-19	6955	3647	4714	15316	20
May-19	10438	3388	5067	18893	22
Rata-rata				16941	20

$$\text{Customer Demand} = \frac{16941 \text{ unit}}{20 \text{ hari}} = 847 \text{ unit/hari}$$

$$\text{Takt time AI} = \frac{\text{waktu kerja per hari (detik)}}{\text{customer demand per day (unit)}} = \frac{28200}{847} = 32,29 \text{ sec}$$

$$\text{Takt time SMT} = \frac{\text{waktu kerja per hari (detik)}}{\text{customer demand per day (unit)}} = \frac{43200}{847} = 51,00 \text{ sec}$$

$$\text{Takt time MI} = \frac{\text{waktu kerja per hari (detik)}}{\text{customer demand per day (unit)}} = \frac{28200}{847} = 32,29 \text{ sec}$$

Jumlah waktu kerja per hari dipengaruhi jam kerja dari masing-masing proses. Pada proses MI dan AI, jumlah jam kerja adalah 2 shift dan proses SMT adalah 3 shift. Pada proses MI dan AI, jam kerja adalah 470 menit/shift, sedangkan pada proses SMT adalah 480 menit/shift. Pada proses AI dan MI, model AA-series hanya dikerjakan pada satu lini produksi saja, sehingga waktu proses adalah 480 menit/hari. Pada proses SMT dikerjakan pada satu lini produksi dengan durasi 720 menit/hari.

4.3.2 Data *Manpower*

Jumlah *manpower* dalam proses produksi AA-series *section* PCB adalah 21 orang, dimana untuk proses SMT 3 orang, proses *Auto Insert* 2 orang, dan

proses *Manual Insert* 16 orang. Data *manpower* pada setiap proses dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data *Manpower*

No	Aktivitas	Manpower	Proses
1	<i>Insert Manual</i>	5	<i>Manual Insert</i>
3	<i>Forming Komponen</i>	2	<i>Manual Insert</i>
4	<i>Soldering Machine</i>	1	<i>Manual Insert</i>
5	<i>Sonybond</i>	1	<i>Manual Insert</i>
6	<i>Inspection & Touch Up</i>	3	<i>Manual Insert</i>
7	OQC ALL	3	<i>Manual Insert</i>
8	ICT	1	<i>Manual Insert</i>
9	Proses AV131	1	<i>Auto Insert</i>
10	Proses RG131	1	<i>Auto Insert</i>
11	Proses SMT	3	SMT

4.3.3 Data *Process Cycle Time*

Data *cycle time* diambil dari keseluruhan proses produksi AA-series section PCB, antara lain proses AV131, proses RG131, proses SMT, proses *forming* komponen, proses *insert manual*, proses *soldering machine*, proses *sonybond*, proses *inspection & touch up*, dan proses ICT, dapat dilihat pada Tabel 4.3. Pengambilan data dilakukan dengan *stopwatch time study* sebanyak 20 pengamatan yang terlampir pada Lampiran 2.

Tabel 4.3 Data *Process Cycle Time*

No	Proses	Cycle Time (sec)
1	Proses AV131	10.25
2	Proses RG131	17
3	Proses SMT	51.12
4	<i>Insert Manual</i>	34
5	<i>Forming Komponen</i>	25
6	<i>Soldering Machine</i>	10
7	<i>Sonybond</i>	8
8	<i>Inspection & Touch Up</i>	30
9	OQC	60
10	ICT	18

4.4 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping digunakan untuk melihat aliran proses fisik dan informasi material pada proses produksi Model AA-Series. Setelah keseluruhan data terkumpul selanjutnya dibuat *current state map*. *Current State Map* ini menunjukkan kondisi aktual yang terjadi pada rantai produksi Model AA-Series di PT Y. yang dapat dilihat pada Gambar 4.12. Pada Gambar 4.12. terlihat bahwa proses produksi dimulai dari permintaan *customer*. Dalam hal ini *subsidiaries (customer)* PT Y melakukan permintaan (*order*) dalam bentuk PSIW (*Production Sales Inventory Work*), *shipping order* atau *purchase order* kepada bagian *Production Control* PT Y. Selanjutnya bagian *Production Control* akan membuat MPS (*Master Production Scheduling*). Informasi ini selanjutnya akan diproses menggunakan sistem SAP (*System Application Product*) yang digunakan oleh PT Y. untuk mengkalkulasi kebutuhan material MRP (*Material Requirement Planning*). Dari perhitungan material ini, kemudian SAP akan otomatis mengeluarkan kebutuhan material dalam bentuk *purchase order* kepada supplier.

Bahan baku kemudian didatangkan sesuai dengan kebutuhan MRP. Setelah bahan baku datang, dilakukan penerimaan bahan baku oleh pihak *warehouse (receiving)* dan dilakukan penyimpanan di *warehouse* bahan baku. Pengambilan material dari *warehouse* bahan baku dilakukan sejak H-7 produksi akan dijalankan. Material utama adalah PWB (*Printed Wire Board*) yang diletakkan pada tempat PWB (*magazine*). Proses PCB dilakukan dimulai dengan proses AV131, RG131, SMT, *insert manual*, *forming*, *solder*, *sonybond*, *touchup*, OQC, dan ICT.

Berdasarkan VSM (*Value Stream Mapping*) dapat dilihat bahwa terdapat *waste* berupa *inventory* pada beberapa proses produksi, antara lain pada proses persiapan AV131, proses RG131, proses SMT, dan proses ICT sebelum produk dikirimkan pada proses AMP Assy. *Waste* lain yang dapat diidentifikasi dari VSM adalah *defect* yang terjadi pada proses SMT sebesar 0,6% dan pada proses solder sebesar 0,1%. *Defect* yang terjadi merupakan *defect* yang berasal dari permesinan dan sangat berhubungan dengan kondisi mesin pada saat berjalannya proses produksi. Pada saat dilakukan observasi, terjadi *downtime* pada proses SMT yang

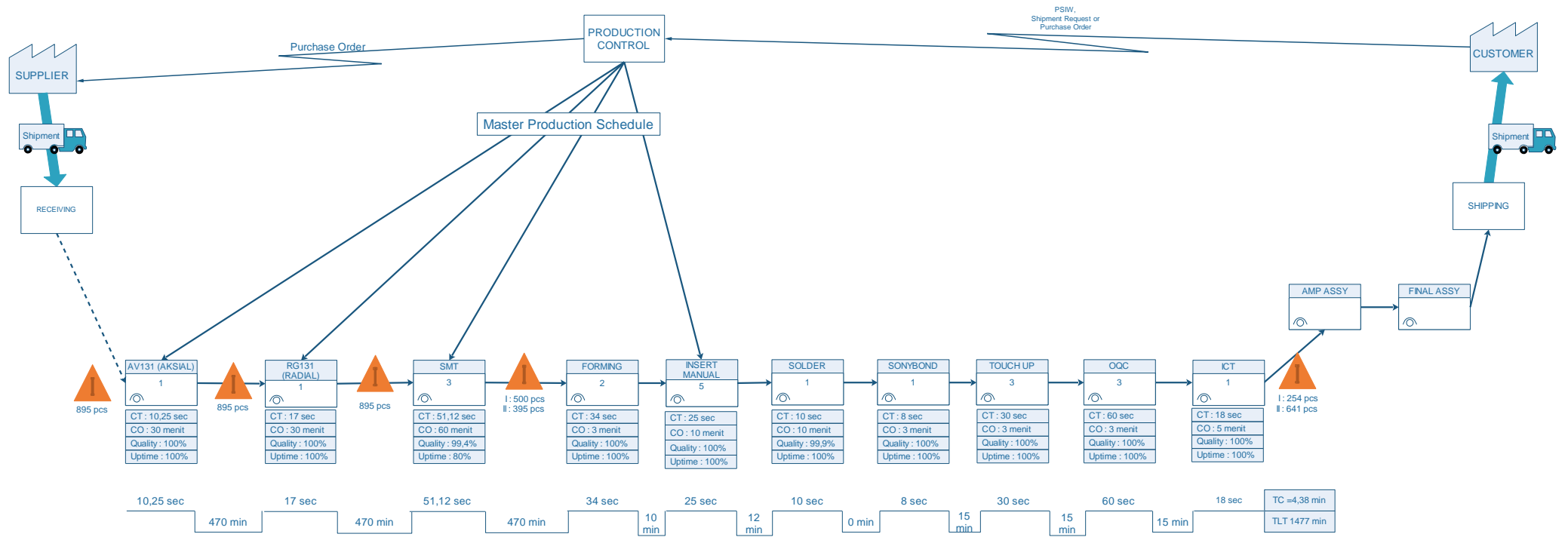
disebabkan karena ditemukannya PWB *Warping* (melengkung) pada proses ICT di *Manual Insert* yang menyebabkan seluruh proses produksi PCB dihentikan (pada saat observasi dalam proses SMT) selama 288 menit (20%) untuk melakukan *sorting* (pemisahan) WIP yang *defect*. Hasil *sorting* menunjukkan jumlah WIP *defect* sebanyak 0,6% atau 5 pcs dari total produksi pada hari tersebut.

Berdasarkan VSM (*value stream mapping*) dapat dilihat bahwa *Total Cycle Time* produksi AA-series adalah 9,3 menit sedangkan *Process Lead Time* produksi AA-series adalah 1479 menit. Perhitungan *takt time* berhubungan dengan jumlah *demand* dari pelanggan setiap bulan, sehingga besaran *takt time* dapat berubah-ubah sesuai permintaan pelanggan. Oleh karena itu *continuous improvement* harus selalu dilakukan guna memenuhi permintaan pelanggan yang bersifat fluktuatif.

Pada penelitian ini, model yang dilakukan analisis adalah pada model AA-Series yang terdiri atas tiga jenis produk jadi yaitu AA-5, AA-7, dan AA-8. Model AA-Series memiliki dua jenis warna produk, yaitu hitam (*piano*) dan putih (*white*). Jenis warna tidak berpengaruh pada proses PCB. *Changeover time* pada *value stream mapping* mengindikasikan perbedaan destinasi (tujuan ekspor) produk yang membutuhkan waktu produksi melakukan perubahan destinasi produk terkait penggunaan komponen material yang berbeda. Kode produksi berdasarkan destinasi (tujuan ekspor produk) dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Kode Produksi berdasarkan Destinasi

No	Negara	Kode Destinasi	Kode Destinasi PCB
1	Japan	J	J
2	Amerika Serikat	U	
3	Taiwan	T	
4	Brazil	BRA	E
5	Uni Eropa	E	
6	Inggris	B	
8	Cina	CHN	
9	Indonesia	INA	K
7	Korea	K	



Gambar 4.12 Value Stream Mapping Proses PCB Speaker AA-Series

4.5 Process Activity Mapping

Process Activity Mapping (PAM) digunakan untuk menggambarkan aktivitas yang terjadi di *section* PCB PT Y dengan menggambarkan proses, waktu, jarak, *manpower* dan jenis aktivitas (*value added* atau tidak). Penggambaran PAM dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 *Process Activity Mapping* Proses PCB *Speaker AA-Series*

No	Aktivitas	Mesin/Alat	Jarak (m)	Waktu (sec)	Jumlah Orang	Aktivitas	VA/ NVA/ NNVA
	PROSES AV131 (AKSIAL)						
1	Memasukkan PWB pada <i>magazine</i>	<i>Magazine</i>		420,65	1	O	NNVA
2	Menandai PWB sesuai dengan destinasi ekspor	Spidol		8950	1	O	NVA
3	Menunggu material dan <i>setting</i> mesin AV131			900	1	D	NVA
4	Memasukkan material pada mesin AV131			1200	1	O	NNVA
5	Meletakkan <i>magazine</i> di mesin AV131			180	1	O	NNVA
6	Melakukan <i>setting</i> mesin AV131			420	1	O	NNVA
7	Proses AV131 (aksial)	Mesin AV131		10,25	1	O	VA
8	Mengambil <i>magazine</i> berisi WIP PCB Aksial	<i>Magazine</i>		180	1	O	NNVA
9	Memindahkan <i>output</i> WIP PCB Aksial ke area penyimpanan		10	900	1	T	NVA
10	Menyimpan <i>output</i> WIP PCB Aksial			3600	1	S	NNVA
11	Melakukan WIP <i>product confirmation</i> pada <i>output</i> WIP PCB Aksial	<i>Loop</i>		1800	1	I	NNVA
12	Menunggu material dan <i>setting</i> mesin RG131			9649	1	D	NVA
	PROSES RG131 (RADIAL)						
13	Memasukkan material pada mesin RG131			1200	1	O	NNVA
14	Melakukan pengecekan dengan <i>barcode</i> pada material radial dan <i>setlist</i> produksi	<i>Scanner barcode</i>		1800	1	I	NNVA
15	Melakukan <i>setting</i> mesin RG131			420	1	O	NNVA
16	Memindahkan <i>output</i> WIP PCB Aksial ke sekitar mesin RG131		15	900	1	T	NVA
17	Memasukkan <i>magazine</i> di mesin RG131			180	1	O	NNVA
18	Proses RG131 (radial)	Mesin RG131		17	1	O	VA
19	Mengambil <i>magazine</i> berisi WIP PCB Radial			180	1	O	NNVA
20	Memindahkan <i>output</i> WIP PCB Radial ke area penyimpanan		15	900	1	T	NVA

Tabel 4.5 *Process Activity Mapping* Proses PCB Speaker AA-Series (Lanjutan)

No	Aktivitas	Mesin/Alat	Jarak (m)	Waktu (sec)	Jumlah Orang	Aktivitas	VA/ NVA/ NNVA
21	Menyimpan <i>output</i> WIP PCB Radial	<i>Magazine</i>		3600	1	S	NNVA
22	Melakukan WIP <i>product confirmation</i> pada output WIP PCB Radial	<i>Loop</i>		1800	1	I	NNVA
23	Menunggu material dan <i>setting</i> mesin lini SMT			17220	1	D	NVA
PROSES SMT							
24	Mengambil material SMT dari rak penyimpanan			1200	2	O	NNVA
25	Memasang material SMT ke <i>feeder</i> mesin			3600	2	O	NNVA
26	Melakukan pengecekan dengan <i>barcode</i> pada material SMT dan <i>setlist</i> produksi	<i>Scanner barcode</i>		600	2	I	NNVA
27	Melakukan <i>setting</i> mesin di <i>line</i> SMT			600	1	O	NNVA
28	Memindahkan output WIP PCB Radial ke lini proses SMT		30	900	1	T	NVA
29	Proses SMT	SMT Line		51,12	4	O	VA
30	Mengambil <i>magazine</i> berisi WIP PCB SMT	<i>Magazine</i>		180	1	O	NNVA
31	Memindahkan <i>output</i> WIP PCB SMT ke area penyimpanan		10	900	1	T	NVA
32	Menyimpan <i>output</i> WIP PCB SMT			3600	1	S	NNVA
33	Menunggu instruksi memindahkan WIP PCB SMT ke PCB <i>Manual Insert</i>			14820	1	D	NVA
34	Memindahkan <i>output</i> WIP PCB SMT ke PCB <i>Manual Insert</i>	<i>Hand truck</i>	500	15900	1	T	NVA
FORMING KOMPONEN							
35	Mengambil material IC401			97	1	O	NNVA
36	Memotong material IC401 menggunakan <i>jig forming</i> 12 mm	<i>Jig forming</i> 12mm		76	1	O	VA
37	Memberi <i>silicon grease</i> pada bagian belakang IC401 (loc 20)			97	1	O	VA
38	Melakukan <i>screw</i> IC401 pada <i>body heatsink</i>	<i>Screw</i>		277	1	O	VA
39	Meletakkan komponen yang telah diforming pada kontainer kosong			97	1	O	NNVA
40	Memindahkan kontainer IC401 ke bagian <i>insert</i> komponen		10	767	1	T	NVA
41	Mengambil material IC402			97	1	O	NNVA
42	Memotong material IC402 menggunakan <i>jig forming</i> 12 mm	<i>Jig forming</i> 12mm		76	1	O	VA

Tabel 4.5 *Process Activity Mapping* Proses PCB *Speaker AA-Series* (Lanjutan)

No	Aktivitas	Mesin/Alat	Jarak (m)	Waktu (sec)	Jumlah Orang	Aktivitas	VA/ NVA/ NNVA
43	Memberi <i>silicon grease</i> pada bagian belakang IC402 (loc 20)			97	1	O	VA
44	Melakukan <i>screw</i> IC402 pada <i>body heatsink</i>	<i>Screw</i>		277	1	O	VA
45	Meletakkan komponen yang telah diforming pada kontainer kosong			97	1	O	NVA
46	Memindahkan kontainer IC402 ke bagian <i>insert</i> komponen		10	767	1	T	NVA
47	Mengambil material L101/L102			97	1	O	NNVA
48	Memotong menggunakan <i>jig forming</i> 5.5 mm	<i>Jig forming</i> 5.5 mm		76	1	O	VA
49	Meletakkan L101/L102 yang telah diforming pada kontainer kosong			97	1	O	NVA
50	Memindahkan kontainer L101/L102 ke bagian <i>insert</i> komponen		10	767	1	T	NVA
51	Mengambil material LED			97	1	O	NNVA
52	Meletakkan LED pada <i>support</i> LED			97	1	O	NNVA
53	Memotong kaki LED menggunakan <i>jig forming</i> 4mm	<i>Jig forming</i> 4 mm		77	1	O	VA
54	Meletakkan pada kontainer kosong			98	1	O	NVA
55	Memindahkan kontainer LED ke bagian <i>insert</i> komponen		10	768	1	T	NVA
56	Mengambil material C101			98	1	O	NNVA
57	Memotong material menggunakan <i>jig forming</i> 4mm	<i>Jig forming</i> 4 mm		77	1	O	VA
58	Meletakkan kapasitor yang telah diforming pada kontainer kosong			98	1	O	NVA
59	Memindahkan kontainer C101 ke bagian <i>insert</i> komponen		10	768	1	T	NVA
60	Mengambil material C102			98	1	O	NNVA
61	Memotong material menggunakan <i>jig forming</i> 4mm	<i>Jig forming</i> 4 mm		77	1	O	VA
62	Meletakkan kapasitor yang telah diforming pada kontainer kosong			98	1	O	NVA
63	Memindahkan kontainer C102 ke bagian <i>insert</i> komponen		10	768	1	T	NVA
	INSERT KOMPONEN						
64	Mengambil WIP PCB SMT dari <i>magazine</i>			74,8	1	O	NNVA
65	Memeriksa kesesuaian <i>part number</i> dan versi PWB (Dest JE = YE838E0; Dest K = YF870B0)			74	1	I	NNVA

Tabel 4.5 *Process Activity Mapping* Proses PCB *Speaker AA-Series* (Lanjutan)

No	Aktivitas	Mesin/ Alat	Jarak (m)	Waktu (sec)	Jumlah Orang	Aktivitas	VA/ NVA/ NNVA
66	Menandai <i>part number fuse</i> yang tidak digunakan			67,2	1	O	NNVA
67	Menutup lubang IC401 dan IC402 menggunakan kapton <i>tape</i> ukuran 100 mm.	<i>Tape dispenser</i>		43	1	O	NNVA
68	Memastikan <i>polarity</i> dari C401 dan C402 benar.			38	1	I	NNVA
69	Memastikan <i>insert</i> IC402 sudah termasuk <i>heatsink</i>			36	1	I	NNVA
70	Melakukan <i>insert</i> komponen (VDM7830;WR26500;ZF08810;ZE51410;ZD21840;WK46340;ZG89230;WH03240;ZF24750)			59	3	O	VA
71	Memastikan <i>polarity</i> dari LD501 (ZE51410) benar			43	1	I	NNVA
72	Memastikan tidak ada part yang <i>gap</i> dan <i>slanting</i>			44	1	I	NNVA
73	Memastikan <i>insert</i> IC401 sudah <i>include</i> dengan <i>heatsink</i>			43	1	I	NNVA
74	Melakukan <i>insert</i> komponen (ZF87110; ZF33080;X4930A0;V666750;VA79810; ZF50850;WG81580;BB07136; ZF33110)			60	3	O	VA
75	Memastikan <i>polarity</i> komponen benar			43	1	I	NNVA
SOLDERING MACHINE							
76	<i>Setting</i> mesin solder	Mesin solder		708	1	O	NNVA
77	Memasukkan WIP PCB yang telah diinsert pada mesin solder			10	1	O	VA
SONYBOND							
78	Memberi <i>bonding</i> (glue) pada L101, L102, C401, C402 dan CN201	<i>Jet oiler</i>		6	1	O	VA
79	Meletakkan WIP PCB yang telah di <i>bonding</i> pada <i>magazine</i>			2	1	O	NNVA
80	Memindahkan <i>magazine</i> ke bagian operator <i>touch up</i>		5	420	1	T	NVA
TOUCH UP							
81	Mengambil WIP PCB dari <i>magazine</i>			70	3	O	NNVA
82	Melepas kapton <i>tape</i> yang menempel pada IC402 dan IC403.			40	3	O	NNVA
83	Menambahkan solder pada <i>lead</i> LD0501			31	3	O	VA
84	Memastikan part tidak <i>slanting</i> pada saat melakukan <i>soldering</i>			31	3	I	NNVA
85	Melakukan inspeksi kualitas solder pada side B PCB			31	3	I	NNVA

Tabel 4.5 *Process Activity Mapping* Proses PCB *Speaker AA-Series* (Lanjutan)

No	Aktivitas	Mesin/Alat	Jarak (m)	Waktu (sec)	Jumlah Orang	Aktivitas	VA/ NVA/ NNVA
86	Melakukan <i>repair</i> apabila ditemukan <i>bridging</i> dan <i>unsolder</i>	<i>Manual solder tip 3C 350C</i>		91	3	O	VA
87	Memotong kaki komponen yang melebihi 3 mm			31	3	O	VA
88	Meletakkan WIP PCB <i>touch up</i> pada <i>magazine</i>			60	3	O	NVA
89	Memindahkan <i>magazine</i> ke bagian operator ICT		6	127	3	T	NVA
	OQC INSPECTION						
90	Memeriksa kualitas solder pada PCB side B (<i>bridging, unsolder, poor solder</i>)			102	3	I	NVA
91	Memastikan panjang kaki komponen maksimal 3 mm			128	3	I	NVA
92	Memastikan tidak ada komponen SMT yang <i>missing</i>			124	3	I	NVA
93	Memastikan <i>lead</i> dari LD0501 telah di <i>touch up</i>			111	3	I	NVA
94	Memastikan semua <i>part</i> terinsert secara sempurna dan benar			100	3	I	NVA
95	Memeriksa <i>slanting</i> komponen, spesifikasi mengikuti <i>standard appearance manufacturing PCB</i>			119	3	I	NVA
96	Memastikan pemberian <i>bonding</i> sudah benar. <i>Part</i> yang diberi <i>bonding</i> adalah L101, L102, C401, C402, dan CN201			137	3	I	NVA
97	Memastikan semua <i>polarity</i> dari kapasitor, <i>wire</i> , dan <i>base pin</i> benar.			139	3	I	NVA
	ICT INSPECTION						
98	Menyalakan mesin ICT	Mesin ICT		600	1	O	NNVA
99	Melakukan <i>setting</i> mesin ICT (SW301 & SW302 CENTER dan VR301 <i>Minimal</i>)			120	1	O	NNVA
100	Meletakkan PCB pada <i>fixture</i>			60	1	O	NNVA
101	Melakukan proses ICT			18	1	O	VA
102	Meletakkan WIP PCB MI pada <i>magazine</i>			5	1	O	NNVA
103	Memindahkan <i>magazine</i> WIP PCB MI pada tempat penyimpanan		10	115	1	T	NVA

Berdasarkan pemetaan aktivitas pada Tabel 4.5 dapat dikelompokkan aktivitas-aktivitas yang terjadi di proses produksi *speaker* model AA-Series Section PCB. Pemetaan aktivitas dilakukan pada tiga kriteria, yaitu *value added*,

necessary non value added, dan *value added* serta persentase dari masing-masing aktivitas pada proses produksi *speaker* model AA-Series Section PCB

Tabel 4.6 Jenis Aktivitas pada Proses Produksi *Speaker Section* PCB

Aktivitas	Jumlah	Waktu (sec)	Persentase
VA	21	1592,58	20%
NVA	34	78715,71	33%
NNVA	48	29712,73	47%
Total	103	110021,02	100%

Berdasarkan Tabel 4.6 telah diketahui bahwa pada proses produksi *speaker* aktivitas dengan persentase dari besar ke kecil adalah *necessary non value added* (NNVA) sebesar 47%, selanjutnya adalah *non value added* (NVA) sebesar 33%, dan aktivitas *value added* (VA) sebesar 20%. Dari pemetaan aktivitas ini dapat disimpulkan pada proses pembuatan *speaker section* PCB masih perlu dilakukan eliminasi *waste* pada aktivitas NVA dan peningkatan efisiensi terhadap aktivitas NNVA.

Tabel 4.7 Aktivitas pada Proses Produksi *Speaker Section* PCB berdasarkan Jenis

Aktivitas	Jumlah	Waktu (sec)	Persentase
O	60	23.621,92	58%
T	15	25.667,67	15%
I	21	7.342,43	20%
S	3	10.800,00	3%
D	4	42.589,00	4%
Total	103	110021,02	100%

Berdasarkan Tabel 4.7, pada proses produksi *speaker section* PCB, aktivitas terbanyak adalah *operation* (58%), selanjutnya adalah *inspection* (20%), *transportation* (15%), *delay* (4%), dan *storage* (3%). Aktivitas *transportation* dan *delay* termasuk dalam aktivitas yang *non value added* dan harus dieliminasi untuk meningkatkan produktivitas produksi. Pemetaan aktivitas dalam bentuk VSM maupun PAM bertujuan untuk menganalisis jenis aktivitas yang termasuk *waste* dan harus dieliminasi dalam proses produksi tersebut. *Waste* selanjutnya akan dianalisis dalam *Lean Assessment Matrix*.

4.6 Lean Assessment Matrix

Lean Assessment Matrix (LAM) merupakan *tool* yang digunakan untuk mendukung implemetasi *lean manufacturing* melalui identifikasi *waste* hingga pemberian rekomendasi perbaikan untuk menghilangkan *waste*. Pada bagian ini akan dianalisis lebih lanjut dalam *Lean Matrix 1* dan *Lean Matrix 2*.

4.6.1 Lean Matrix 1

Proses penyusunan *lean matrix 1* bertujuan untuk menentukan *waste* kritis dan dilakukan dengan mengolah komponen-komponen dari *lean matrix 1* yang akan memberikan *output* berupa *waste rank*. Komponen dari *matrix* ini, yaitu identifikasi *waste*, akar permasalahan *waste* yang didapat dari hasil RCA, *waste type weight* yang didapat dari pengisian WRM, *severity level of waste*, *aggregate waste number*, *occurrence level of root source of waste*, dan *aggregate cause value*. Penentuan *severity level of waste* dan *occurrence level of root source of waste* dilakukan oleh *expert* perusahaan, *expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*.

4.6.1.1 Pemetaan Waste

Pemetaan *Waste* diperoleh dari hasil pemetaan aktivitas dengan VSM dan PAM serta diskusi dengan pihak produksi PT. Y untuk memperoleh gambaran *waste* yang terjadi pada proses produksi *speaker AA-series* pada *section PCB*. Berdasarkan hasil tersebut, analisis terhadap *seven waste* adalah sebagai berikut:

1. Overproduction

Pada PT Y, tidak ditemukan *waste overproduction* karena sistem produksi perusahaan adalah *make to order*. PT Y melakukan proses produksi ketika benar-benar telah menerima *purchase order* dari *customer*. Sistem penerimaan pesanan dari *customer* awalnya berupa *forecast* bulanan dan akan menjadi *fixed order* dalam waktu H-2 bulan dari proses produksi aktual. Dengan sistem penerimaan pesanan ini, perusahaan tidak memproduksi barang yang tidak dipesan oleh *customer* dan tidak ada *waste overproduction*.

2. Defect

Pada proses produksi *speaker* di *Section* PCB masih terdapat *defect* berupa WIP yang tidak sesuai dengan standar kualitas. *Defect* yang terjadi di *section* PCB pada Tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jenis *Defect* berdasarkan Proses PCB (pc) Tahun 2018

<i>Defect</i>	<i>Lokasi Defect</i>			<i>Total Defect</i>	<i>Total Produksi</i>	<i>Persentase</i>
	AI	MI	SMT			
<i>Part Warping</i>	1743	0	0	1743	201709	0,86%
<i>Electrical Error</i>	7	202	2	211		0,10%
<i>Wrong Polarity</i>	2	31	2	35		0,02%
<i>Poor Solder</i>	0	17	3	20		0,01%
<i>Part Missing</i>	2	10	1	13		0,01%
<i>Wrong Part</i>	2	7	2	11		0,01%
<i>Solder Bridge</i>	0	9	1	10		0,00%
<i>Part Shifted</i>	2	4	1	7		0,00%
<i>Part Standing</i>	0	5	2	7		0,00%
Total	1758	285	14	2057		201709

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa jenis *defect* yang paling tinggi adalah *part warping* sebesar 0,85%, selanjutnya adalah *electrical error* sebesar 0,1%, dan *wrong polarity* sebesar 0,02%. *Part warping* adalah *defect* yang erat kaitannya dengan kualitas material dari *supplier* dan penanganan (*handling*) material ini pada saat proses produksi juga dapat menyebabkan adanya *part warping*. Selain *electrical error*, jenis *defect* yang ditemukan pada proses PCB merupakan jenis *defect* yang terlihat atau secara *appearance* dapat diidentifikasi jenis *defect* tersebut. Akan tetapi jika terjadi *electrical error* harus dilakukan analisis yang lebih lanjut dan membutuhkan waktu penanganan (*repair*) yang lebih lama. Penjelasan dari jenis-jenis *defect* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Deskripsi Jenis *Defect*

No	Jenis Defect	Deskripsi
1	<i>Part Warping</i>	Part melengkung (PWB) menyebabkan <i>electrical problem</i> pada proses selanjutnya.
2	<i>Electrical Error</i>	PCB Assy tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya meski secara <i>appearance</i> tidak terlihat adanya <i>defect</i>
3	<i>Wrong Polarity</i>	Posisi <i>part</i> yang terpasang/ter- <i>insert</i> terbalik arahnya (tidak sesuai dengan simbol <i>marking</i> di PWB) dan tidak sesuai dengan <i>Work Instruction (WI)/Work Guide (WG)</i> yang ada.
4	<i>Poor Solder</i>	Kaki/ <i>lead parts</i> PCB sudah tersolder tetapi tidak penuh
5	<i>Parts Missing</i>	Tidak adanya <i>part</i> yang terpasang/ter- <i>insert</i> di PCB Assy atau <i>part</i> tidak sesuai dengan WI/WG yang ada.
6	<i>Wrong Parts</i>	<i>Part</i> yang terpasang/ter- <i>insert</i> tidak sesuai dengan <i>setlist</i> yang ada
7	<i>Solder Bridge</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Adanya sisa timah solder yang menyambung di antara kedua <i>lead part</i> yang berbeda <i>pattern</i> (jalur) dan bisa menyebabkan <i>electrical problem</i> di proses selanjutnya. • Adanya sisa timah solder yang menyambung di antara kedua <i>lead part</i> yang sama <i>pattern</i> (jalur) dan bisa menyebabkan <i>electrical problem</i> di proses selanjutnya.
8	<i>Part Shifted</i>	<i>Part</i> bergeser dari <i>solder pad</i> lebih dari 50%
9	<i>Part Standing/Manhattan</i>	<i>Part</i> berdiri dikarenakan hanya salah satu <i>lead</i> yang menempel pada <i>solder pad</i>

3. *Inventory*

Waste inventory yang diidentifikasi adalah adanya WIP antar proses PCB. *Waste* ini muncul karena perbedaan jam kerja pada proses produksi di PCB. Pada proses AI dan MI operator bekerja selama 2 shift/hari, sedangkan pada proses SMT operator bekerja selama 3 shift/hari. Hal ini dapat dilihat pada VSM, bahwa beberapa proses PCB menghasilkan *inventory* berupa WIP *finish AV*, WIP *finish RG*, dan WIP *finish MI*. Waktu penyimpanan WIP ini rata-rata adalah 470 menit atau satu *shift* produksi.



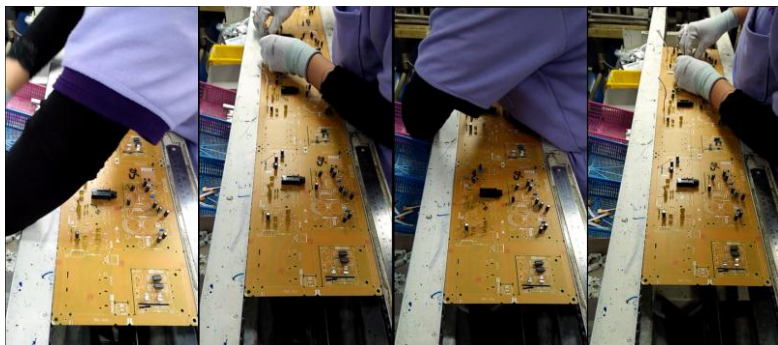
Gambar 4.13 *Inventory* Berupa WIP *Finish RG* di Lokasi SMT/AI

4. *Motion*

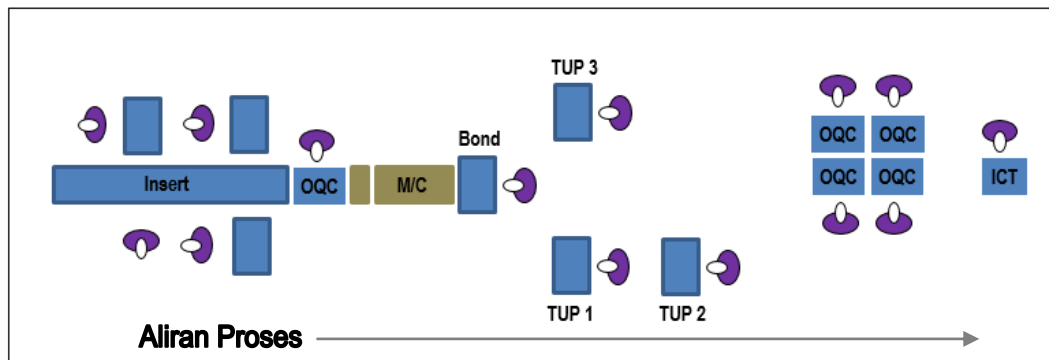
Hasil observasi dan pemetaan aktivitas pada VSM dan PAM menunjukkan adanya *waste motion*, yaitu gerakan berlebihan pada operator *insert* komponen. Hal ini disebabkan karena secara posisi, operator berada di sebelah kanan/kiri dari konveyor pendek yang berisi material. Posisi ini menyebabkan operator perlu memutar badan ketika mengambil dan meletakkan kembali PCB dari konveyor yang dapat dilihat pada Gambar 4.14. Pada saat observasi ada pula operator *insert* komponen yang kesulitan meraih komponen material dan posisi ini juga beresiko menyebabkan *defect* material dan dapat menyebabkan kecelakaan kerja seperti dapat dilihat pada Gambar 4.15. Ilustrasi *layout* PCB MI dapat dilihat pada Gambar 4.16, dapat dilihat bahwa desain stasiun kerja tidak ergonomis dan memungkinkan operator untuk bergerak lebih banyak dalam menjangkau material dan melakukan *insert* material pada PWB.



Gambar 4.14 Operator Perlu Memutar Tubuh untuk Mengambil dan Meletakkan PCB



Gambar 4.15 Operator Kesulitan Meraih Komponen Material di Seberang Konveyor



Gambar 4.16 Ilustrasi *Layout PCB Manual Insert* per Lini Produksi

5. *Waiting*

Pada proses produksi PCB, beberapa *waste waiting* yang ditemukan antara lain

- a. *Downtime* mesin tinggi. *Downtime* mesin yang tinggi terutama pada proses SMT yang disebabkan oleh beberapa penyebab antara lain *dandori* (ganti tipe, atau pergantian model yang diproduksi), *machinery problem* (mesin mengalami permasalahan dan tidak dapat beroperasi), *setup time* (mesin berhenti karena setup produksi), *change schedule* (mesin berhenti karena perubahan *plan* produksi tertentu), *meeting* (mesin berhenti karena operator dalam pertemuan tertentu baik harian maupun bulanan), *program error* (mesin berhenti karena mengalami permasalahan terhadap program mesin), *part shortage* (mesin berhenti karena bahan baku mengalami kekurangan), *electrical problem* (mesin berhenti karena listrik padam), dan *material problem* (mesin berhenti karena bahan baku mengalami permasalahan spesifikasi).

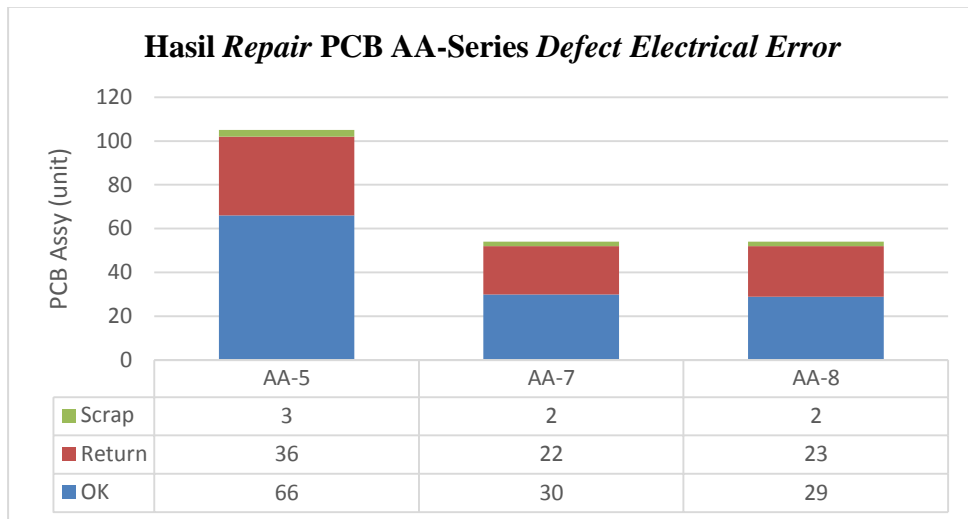
Tabel 4.10 Penyebab *Downtime* Mesin SMT Tahun 2018

Penyebab <i>Downtime</i>	Lini Produksi					
	SMT LINE 1			SMT LINE 2		
	Waktu <i>Downtime</i> (menit)	Waktu <i>Loading</i> (menit)	Persentase	Waktu <i>Downtime</i> (menit)	Waktu <i>Loading</i> (menit)	Persentase
<i>Dandori</i>	33473	325920	10,27%	43217	385440	11,21%
<i>Machinery Problem</i>	21505		6,60%	18256		4,74%
<i>Setup Time</i>	3275		1,00%	6415		1,66%
<i>Change Schedule</i>	1445		0,44%	2330		0,60%
<i>Meeting</i>	1135		0,35%	1490		0,39%
<i>Program Error</i>	915		0,28%	840		0,22%
<i>Part Shortage</i>	375		0,12%	1032		0,27%
<i>Electrical Problem</i>	230		0,07%	230		0,06%
<i>Material Problem</i>	70		0,02%	5610		1,46%
Total	62423		325920	19,15%		79420

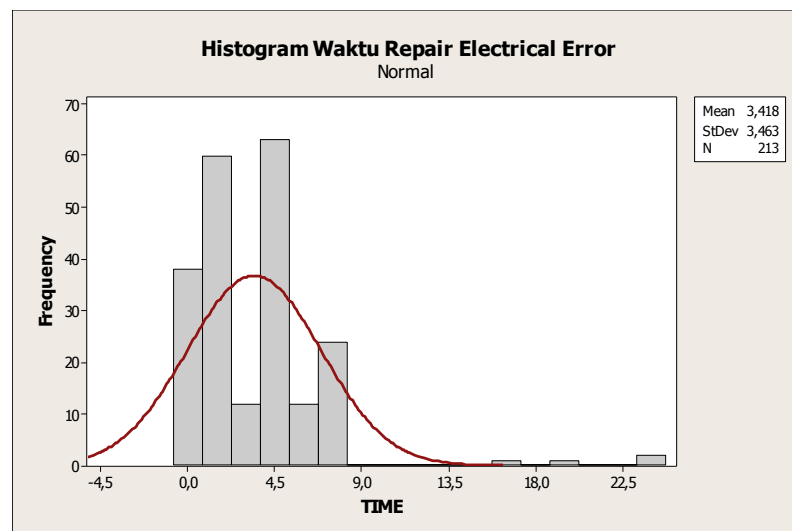
Pada proses produksi PCB model AA-Series, mesin SMT yang digunakan adalah pada SMT Line 1. Berdasarkan Tabel 4.10, pada SMT Line 1 permasalahan tertinggi pada proses produksi adalah proses *dandori* (10,27%), *machinery problem* (6,60%), dan *setup time* (1%). *Dandori* dan *setup time* menjadi tinggi apabila sebelum atau setelah model AA-Series diproduksi, harus mengganti model (*change model*) ke PCB tertentu. Pada model AA-Series, proses *dandori* dan *setup time* tidak begitu *major* (besar) karena untuk model pada AA-Series menggunakan program *common setting machine*, yang berarti satu *setting* mesin digunakan untuk seluruh produk family AA-Series. *Waste waiting* yang akan dianalisis lebih lanjut adalah *waiting* karena *machinery problem*.

- b. Proses *repair* produk *defect*. PT Y memproduksi produk sesuai dengan permintaan *customer*. Apabila terjadi *defect*, dibutuhkan waktu untuk perbaikan hingga produk dinyatakan lolos inspeksi untuk dapat dikirim ke *customer*. Hasil *defect* tertinggi kedua sesuai Tabel 4.7 adalah *electrical error* (NG Elektrik). Untuk jenis *defect* ini dibutuhkan analisis lebih lanjut oleh operator *repair* (*repairmen*) apakah PCB dapat diprogram ulang hingga tidak *defect* (OK), dikembalikan ke lini produksi untuk dapat dilakukan *repair* di produksi (*Return*) atau tidak bisa diperbaiki dan harus dibuang (*scrap*).

Berikut adalah data hasil *repair* PCB AA-Series *Electrical Error* Tahun 2018. Sebagian besar PCB dapat dikembalikan tanpa perbaikan setelah dilakukan *repair* oleh *repairmen* dan beberapa masih perlu dilakukan perbaikan ulang, yaitu pada PCB dengan status *return* seperti pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Hasil *Repair* PCB AA-Series *Electrical Error* Tahun 2018



Gambar 4.18 Histogram Waktu *Repair Electrical Error*

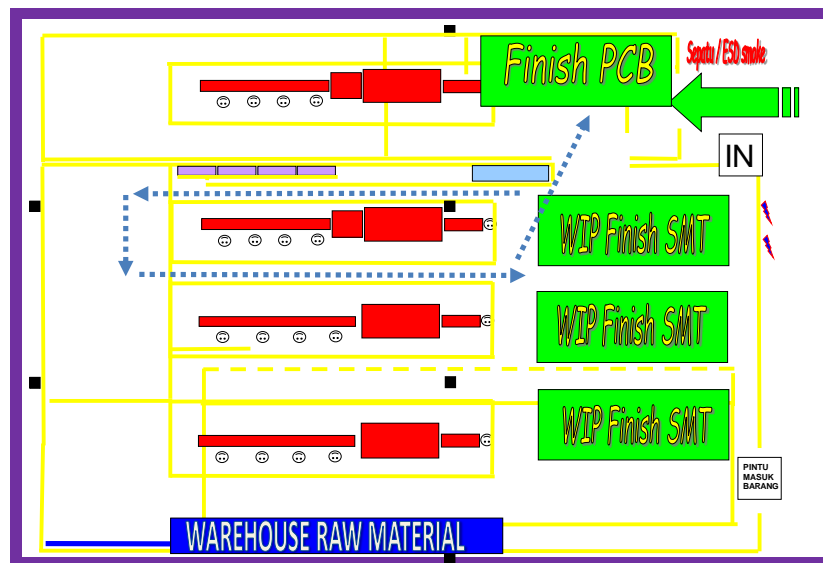
Berdasarkan Gambar 4.18, dapat dilihat bahwa distribusi frekuensi dari waktu *repair defect electrical error* secara rata-rata adalah 3,418 hari. Artinya, waktu untuk *repair electrical error* sejak dinyatakan *defect* hingga mendapat keputusan apakah dapat digunakan kembali ke produksi

adalah 3-4 hari. Waktu minimum yang dibutuhkan adalah 0 hari, atau hasil analisis langsung dapat dieksekusi dan waktu maksimum yang dibutuhkan adalah 24 hari.

6. *Transportation*

Hasil observasi dan pemetaan aktivitas dengan VSM dan PAM menunjukkan adanya *waste transportation* pada proses produksi di *section* PCB. *Waste* yang diidentifikasi sebagai berikut:

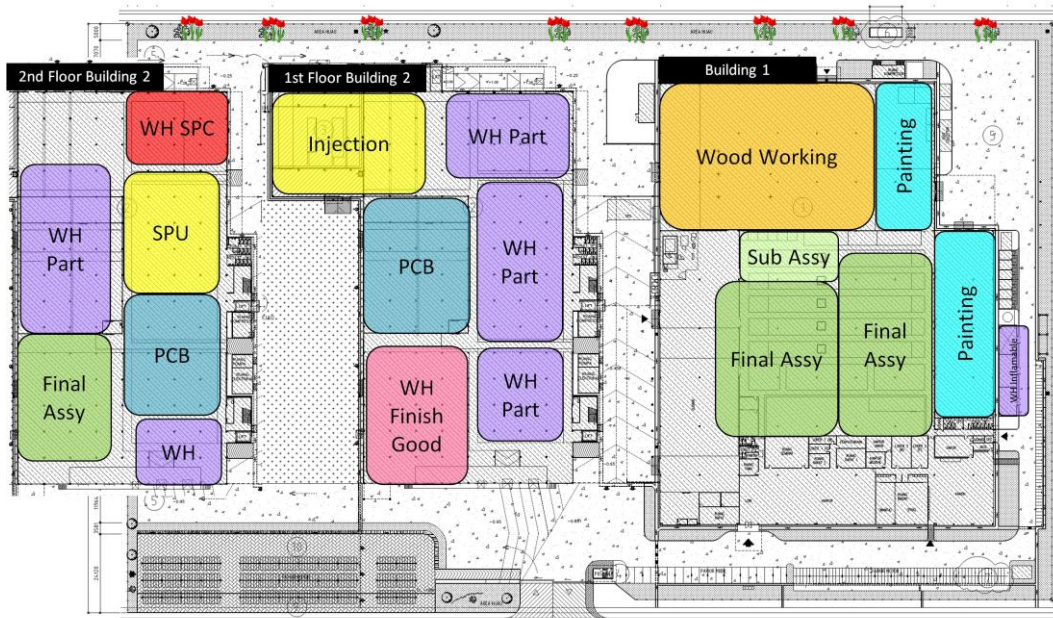
- a. Aliran material yang melingkar dalam peletakkan PCB Assy di lantai produksi. Berdasarkan Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa garis biru adalah aliran material di mana ada proses yang melingkar. Material dipindahkan ke daerah yang tidak searah (tidak sesuai dengan alur kerja dari mesin yang ada) sehingga dibutuhkan waktu transportasi yang lebih lama.



Gambar 4.19 *Layout PCB Manual Insert*

- b. Waktu pemindahan WIP lebih lama karena lokasi produksi yang berada pada lantai yang berbeda (SMT dan AI di lantai 1; MI di lantai 2) seperti pada Gambar 4.20. *Material handler* (alat pemindahan material) yang digunakan adalah *hand truck* dengan kapasitas kecil. Dalam satu kali transportasi dapat

memindahkan 24 *magazine* dengan kapasitas maksimal PCB 17 pcs per *magazine*. *Hand truck* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.20 Peta Perusahaan PT Y



Gambar 4.21 *Hand truck* untuk transportasi material dari SMT ke MI

7. *Unnecessary Process*

Waste unnecessary process yang diidentifikasi adalah sebagai berikut:

- a. *Overinspection*. Inspeksi PCB Assy dilakukan berulang dan mengambil paling lama pada proses OQC (*Overall Quality Check*). Proses ini tidak ada pada perhitungan *standart time* pada proses *manual insert*. *Over inspection* dikategorikan sebagai *waste* karena pada setiap tahapan

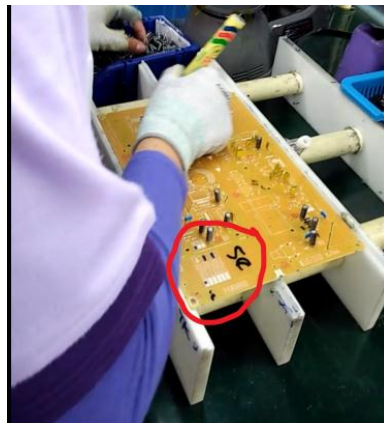
pengerjaan telah dilakukan inspeksi dan proses OQC tidak masuk dalam perhitungan waktu standar yang ditentukan oleh perusahaan.

Tabel 4.11 *Standard Time* Proses PCB AI dan MI model AA-Series

NO	<i>PROCESS DESCRIPTION</i>	ST (sec)
1	<i>Auto Insertion</i>	
	AV131	9,68
	RG131	14,4
2	<i>Manual Insert</i>	
	<i>Insert Manual</i>	150
	<i>Forming komponen</i>	40
	<i>Soldering Machine</i>	180
	<i>Sonybond</i>	10
	<i>Inspection & Touch Up</i>	50
	ICT	30
TOTAL ST		484,08

b. Menandai destinasi PCB pada PWB

Penandaan destinasi PCB pada PWB dilakukan berulang. Pertama, sebelum dilakukan proses AI (Aksial), PWB ditata dalam *magazine* dengan kapasitas 42 pcs/*magazine* kemudian ditandai destinasinya setelah dihitung. Kedua, dilakukan penandaan pada proses MI (*insert* komponen) seperti dapat dilihat pada Gambar 4.23. Hal ini tergolong *waste* karena penandaan PWB tidak perlu dilakukan berulang karena tidak menambah *value added* pada produk PCB.



Gambar 4.22 Penandaan Destinasi PCB pada PWB yang Berulang

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan *waste* yang diidentifikasi dari proses pemetaan VSM dan PAM serta diskusi dengan pihak terkait dan dapat dilihat pada Tabel 4.12. Selanjutnya pembahasan terkait *waste* akan mengikuti Tabel 4.12

Tabel 4.12 Kode *Waste*

Kode	Deskripsi
W1	<i>Defect Part Warping</i>
W2	<i>Defect Electrical Error</i>
W3	Inventory WIP
W4	Gerakan berlebihan operator <i>insert</i> komponen
W5	Downtime mesin tinggi (<i>machinery problem</i>)
W6	Proses repair produk <i>defect</i>
W7	Aliran material tidak searah (melingkar)
W8	Waktu transportasi WIP dari SMT ke MI lama
W9	<i>Overinspection</i>
W10	Menandai destinasi pada PWB

4.6.1.2 Analisis Akar Penyebab *Waste*

Pada bagian ini setiap *waste* yang telah diidentifikasi dilakukan analisis akar penyebab *waste*. Analisis akar penyebab *waste* dilakukan dengan menggunakan 5Why. Hasil analisis terhadap akar penyebab *waste* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Akar Penyebab *Waste*

No	<i>Waste</i>	Why 1	Why 2	Why 3
1	<i>Defect Part Warping</i>	PWB melengkung dan menyebabkan <i>defect</i>	Bahan baku kualitas rendah lolos inspeksi	Inspeksi hanya sebagian (<i>sample</i>)
2	<i>Defect Electrical Error</i>	Program PCB Assy (ICT) mengalami <i>error</i>	Tidak ada jadwal khusus untuk <i>maintenance</i> mesin ICT	
3	Inventory WIP	Kapasitas produksi berbeda	Durasi produksi tiap proses berbeda	
4	Gerakan berlebihan operator <i>insert</i> komponen	Komponen tidak diletakkan sesuai jangkauan operator	Stasiun kerja tidak ergonomis	
5	Downtime mesin tinggi (<i>machinery problem</i>)	Mesin produksi memiliki umur yang cukup tinggi	Jenis <i>maintenance</i> yang dilakukan <i>corrective maintenance</i>	Tidak memiliki jadwal <i>preventive maintenance</i>

Tabel 4.13 Akar Penyebab Waste (Lanjutan)

No	Waste	Why 1	Why 2	Why 3
6	Proses <i>repair</i> produk <i>defect</i>	Tidak semua operator bisa menangani <i>defect</i>	Tidak ada standar penanganan produk <i>defect</i>	
7	Aliran material tidak searah (melingkar)	Lokasi peletakan WIP finish SMT berada di <i>end proses</i> MI	<i>Layout</i> ruangan yang tidak menyesuaikan arah material	
8	Waktu transportasi WIP dari SMT ke MI lama	Produksi dilakukan di lantai produksi yang berbeda	<i>Material handler</i> menggunakan <i>hand truck</i>	Kapasitas angkut <i>hand truck</i> kecil
9	<i>Overinspection</i>	Proses inspeksi dilakukan berulang-ulang	Proses OQC tidak standard	
10	Menandai destinasi pada PWB	Penandaan destinasi PWB dilakukan dua kali	Tidak ada standar penandaan destinasi PWB	

Waste dapat ditimbulkan dari beberapa akar penyebab *waste*. Seperti contoh pada *waste defect*. Munculnya *waste defect* disebabkan oleh beberapa akar penyebab dari metode, yaitu inspeksi sebagian dan tidak ada standar penanganan produk *defect*, dari *environment* yaitu stasiun kerja yang tidak ergonomis, dan dari mesin yaitu tidak memiliki jadwal *preventive maintenance* dan tidak ada jadwal khusus untuk *maintenance* mesin ICT. Detail *waste* dan kombinasi akar penyebabnya dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Waste dan Kombinasi Akar Penyebab

Waste	Akar Penyebab Waste
<i>Defect</i>	Inspeksi hanya sebagian (<i>sample</i>)
	Tidak memiliki jadwal <i>preventive maintenance</i>
	Tidak ada standar penanganan produk <i>defect</i>
	Tidak ada jadwal khusus untuk <i>maintenance</i> mesin ICT
	Stasiun kerja tidak ergonomis
<i>Inventory</i>	Tidak ada jadwal khusus untuk <i>maintenance</i> mesin ICT
	Durasi produksi tiap proses berbeda
	Kapasitas angkut <i>hand truck</i> kecil
	Proses OQC tidak standard

Tabel 4.14 *Waste* dan Kombinasi Akar Penyebab (Lanjutan)

<i>Waste</i>	Akar Penyebab <i>Waste</i>
<i>Motion</i>	Stasiun kerja tidak ergonomis
	Tidak ada standar penanganan produk <i>defect</i>
	<i>Layout</i> ruangan yang tidak menyesuaikan arah material
<i>Waiting</i>	Durasi produksi tiap proses berbeda
	Stasiun kerja tidak ergonomis
	Jenis <i>maintenance</i> yang dilakukan <i>corrective maintenance</i>
	Tidak ada standar penanganan produk <i>defect</i>
<i>Transportation</i>	<i>Layout</i> ruangan yang tidak menyesuaikan arah material
	Stasiun kerja tidak ergonomis
	Durasi produksi tiap proses berbeda
	<i>Material handler</i> menggunakan <i>hand truck</i>
<i>Unnecessary Process</i>	Tidak ada standar penanganan produk <i>defect</i>
	Proses OQC tidak standard
	Tidak ada standar penandaan destinasi PWB

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan akar penyebab *waste* yang dianalisis menggunakan 5Why dan dapat dilihat pada Tabel 4.15. Selanjutnya pembahasan terkait *waste* akan mengikuti Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Kode Akar Penyebab *Waste*

Kode	Deskripsi
S1	Inspeksi hanya sebagian (<i>sample</i>)
S2	Tidak ada jadwal khusus untuk <i>maintenance</i> mesin ICT
S3	Durasi produksi tiap proses berbeda
S4	Stasiun kerja tidak ergonomis
S5	Tidak memiliki jadwal <i>preventive maintenance</i>
S6	Tidak ada standar penanganan produk <i>defect</i>
S7	<i>Layout</i> ruangan yang tidak menyesuaikan arah material
S8	Kapasitas angkut <i>hand truck</i> kecil
S9	Proses OQC tidak standard
S10	Tidak ada standar penandaan destinasi PWB

4.6.1.3 Perhitungan *Waste Type Weight*

Perhitungan *Waste Type Weight* Penyusunan kuisisioner *waste relationship matrix* (WRM). Kuisisioner tersebut dijawab oleh *expert* perusahaan. *Expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*. Hasil perhitungan

waste type weight dapat dilihat pada Tabel 4.16. Langkah perhitungan terlampir pada Lampiran 1. Berdasarkan Tabel 4.16 dapat dilihat bahwa persentase *waste* tertinggi adalah *waste transportation* (18,5%), *waste waiting* (17,4%), dan *waste motion* (16,3%). Untuk *waste overproduction*, seperti yang dijelaskan pada Bagian 4.6.1.1, tidak ditemukan *waste overproduction*, sehingga nilai *waste type weight* adalah 0.

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan *Waste Type Weight*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	SCORE	%
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
I	0	0	4	7	6	8	5	30	16,3%
D	0	8	0	5	5	5	5	28	15,2%
M	0	8	4	0	8	6	5	31	16,8%
T	0	10	4	10	0	6	4	34	18,5%
P	0	7	2	7	7	0	6	29	15,8%
W	0	5	4	8	10	5	0	32	17,4%
SCORE	0	38	18	37	36	30	25	184	
%	0,0%	20,7%	9,8%	20,1%	19,6%	16,3%	13,6%	100%	

4.6.1.4 Penentuan *Severity Level of Waste*

Proses penentuan *severity level of waste* bertujuan untuk mengetahui dampak yang timbul apabila *waste* terjadi. Penentuan *severity level of waste* ditentukan oleh *expert* perusahaan. *Expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB. Output* yang diharapkan dari penentuan *severity level* adalah sebuah nilai dengan skala 1 sampai 10 dan selanjutnya akan dijadikan sebagai komponen dalam penyusunan *lean matrix* 1. Kriteria dari penentuan *severity level of waste* dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Kriteria Penentuan *Severity Level of Waste*

Nilai	Severity	Kriteria
1	Tidak berpengaruh	Terjadi <i>waste</i> , tetapi tidak berpengaruh pada proses produksi
2	Sangat ringan	Terjadi <i>waste</i> dan memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap proses berikutnya
3	Ringan	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 1 proses berikutnya
4	Sangat rendah	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 2 proses berikutnya
5	Rendah	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 3 proses berikutnya
6	Sedang	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 4 proses berikutnya

Tabel 4.17 Kriteria Penentuan *Severity Level of Waste* (Lanjutan)

Nilai	Severity	Kriteria
7	Tinggi	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada 5 proses berikutnya
8	Sangat tinggi	Terjadi <i>waste</i> dan berpengaruh pada sebagian besar proses berikutnya
9	Berbahaya	<i>Waste</i> sangat sering terjadi sehingga proses produksi tidak efektif
10	Sangat berbahaya	Proses produksi tidak dapat dilakukan (berhenti)

Hasil penentuan *severity level of waste* oleh *expert* dari perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.18. Berdasarkan Tabel 4.18, dapat dilihat bahwa *waste* W5 adalah *waste* dengan *severity level of waste* yang paling tinggi dengan nilai 10 karena ketika mesin mengalami *downtime*, proses produksi tidak dapat dilakukan, sesuai dengan Tabel 4.17.

Tabel 4.18 Hasil Penentuan *Severity Level of Waste*

Kode	Deskripsi	Severity Level of Waste
W1	<i>Defect Part Warping</i>	8
W2	<i>Defect Electrical Error</i>	8
W3	Inventory WIP	6
W4	Gerakan berlebihan operator <i>insert</i> komponen	7
W5	<i>Downtime</i> mesin tinggi (<i>machinery problem</i>)	10
W6	Proses <i>repair</i> produk <i>defect</i>	8
W7	Aliran material tidak searah (melingkar)	8
W8	Waktu transportasi WIP dari SMT ke MI lama	9
W9	<i>Overinspection</i>	2
W10	Menandai destinasi pada PWB	1

4.6.1.5 Penentuan *Occurrence Level of Root Source of Waste*

Proses penentuan *occurrence level* bertujuan untuk mengetahui kemungkinan atau frekuensi terjadinya *waste* pada rantai produksi. Penentuan *occurrence level of root cause of waste* ditentukan oleh *expert* perusahaan. *Expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*. *Output* yang diharapkan dari penentuan *occurrence level* adalah sebuah nilai dengan skala 1 sampai 10 dan selanjutnya akan dijadikan sebagai komponen dalam penyusunan

Lean Matrix 1. Kriteria dari penentuan *occurrence level of root source of waste* dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Kriteria Penentuan *Occurrence Level of Root Source of Waste*

Nilai	Occurrence	Kriteria
1	Sangat rendah	Akar penyebab <i>waste</i> sangat jarang terjadi (1 kali dalam 10 tahun)
2		Satu kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
3	Rendah	2-3 kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
4	Sedang	4-5 kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
5		6-7 kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
6		Lebih dari 7 kali/bulan, akar penyebab <i>waste</i> tidak terlalu sering (jarang) terjadi
7	Tinggi	1-5 kali/minggu, akar penyebab <i>waste</i> kadang terjadi
8		Lebih dari 5 kali/minggu, akar penyebab <i>waste</i> kadang terjadi
9	Sangat tinggi	1-3 kali/minggu, akar penyebab <i>waste</i> sering terjadi
10		Lebih dari 3 kali/minggu, akar penyebab <i>waste</i> sering terjadi

Hasil penentuan *occurrence level of root source of waste* oleh *expert* dari perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.20. Berdasarkan Tabel 4.19, dapat dilihat bahwa beberapa akar penyebab *waste* (S3, S4, S7, S8, S9, S10) adalah akar penyebab *waste* dengan *occurrence level of root source of waste* yang paling tinggi dengan nilai 10 karena sering terjadi, lebih dari 3 kali/minggu, sesuai dengan Tabel 4.19.

Tabel 4.20 Hasil Penentuan *Occurrence Level of Root Source of Waste*

Kode	Deskripsi	Occurrence level of Root Source of Waste
S1	Inspeksi hanya sebagian (<i>sample</i>)	4
S2	Tidak ada jadwal khusus untuk <i>maintenance</i> mesin ICT	9
S3	Durasi produksi tiap proses berbeda	10
S4	Stasiun kerja tidak ergonomis	10
S5	Tidak memiliki jadwal <i>preventive maintenance</i>	8
S6	Tidak ada standar penanganan produk <i>defect</i>	8

Tabel 4.19 Hasil Penentuan *Occurrence Level of Root Source of Waste* (Lanjutan)

Kode	Deskripsi	<i>Occurrence level of Root Source of Waste</i>
S7	<i>Layout</i> ruangan yang tidak menyesuaikan arah material	10
S8	Kapasitas angkut <i>hand truck</i> kecil	10
S9	Proses OQC tidak standard	10
S10	Tidak ada standar penandaan destinasi PWB	10

4.6.1.6 Hasil Pemetaan *Lean Matrix 1*

Berdasarkan analisis terhadap *waste*, akar penyebab *waste*, *waste type weight*, tingkat *occurrence* dan *severity*, dilakukan penyusunan terhadap *Lean Matrix 1*. Pemetaan dilakukan dengan mengkombinasikan hasil yang telah didapatkan pada proses selanjutnya dan melakukan perhitungan terhadap *aggregate cause value* dan *aggregate waste number*.

Pada penelitian ini diambil 50% dari *waste* untuk dapat direduksi atau eliminasi sesuai dengan keinginan PT Y. Pada Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa *waste* yang harus diprioritaskan adalah *transportation* (W8 dan W7) dan *waste waiting* (W6 dan W5) dan *waste inventory* (W3). Hasil pemetaan *Lean Matrix 1* digunakan untuk analisis selanjutnya pada *Lean Matrix 2*.

Setelah menentukan prioritas *waste*, analisis terhadap *root source of waste* dilakukan berdasarkan *root source of waste* yang menjadi akar penyebab dari masing-masing *waste* yang ada, bukan berdasarkan nilai *root source of waste* yang paling tinggi ke paling rendah. Berdasarkan hasil pemetaan *Lean Matrix 1*, *root source of waste* yang akan dianalisis lebih lanjut adalah S3, S4, S5, S6, S7, S8, dan S9.

Tabel 4.21 Lean Matrix 1

Waste Type	Non Added Value Activity (Waste)	Root Source of Waste										Waste Type Weight	Severity level of Waste	Aggregate Waste Number	Priority Rank of Waste
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10				
Defect	W1	9				3	3					15,2	8	10.214,4	8
	W2		9		1	3	3					15,2	8	16.902,4	6
Inventory	W3		3	9					3	3		16,3	6	17.310,6	5
Motion	W4				9		3	1				16,8	7	14.582,4	7
Waiting	W5			3		9						17,4	10	17.748	4
	W6				1	9	9	1				17,4	8	22.828,8	3
Transportation	W7				3			9	9			18,5	8	31.080	2
	W8			1	3			9	9			18,5	9	36.630	1
Unnecessary Process	W9						3			9		15,8	2	3.602,4	9
	W10										9	15,8	1	1.422	10
Occurrence level of Root Source of Waste j		4	9	10	10	8	8	10	10	10	10				
Aggregate Cause		288	810	930	1.300	1.680	1.176	1.680	1.710	360	90				

4.6.2 Lean Matrix 2

Proses penyusunan *Lean Matrix 2* bertujuan untuk mendapatkan prioritas dari beberapa rekomendasi perbaikan yang telah disusun berdasarkan *waste* kritis. Setelah melakukan penyusunan alternatif rekomendasi perbaikan, dilakukan penentuan *degree of difficulty performing action* (D_m) oleh *expert* perusahaan dengan skala tiga sampai lima.

4.6.2.1 Penyusunan Alternatif Rekomendasi Perbaikan

Alternatif rekomendasi perbaikan dilakukan setelah mengetahui jenis *waste* yang harus diprioritaskan untuk dieliminasi. Setelah itu, dilakukan analisis terhadap akar penyebab *waste* dan alternatif rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengeliminasi akar penyebab *waste*. Alternatif rekomendasi perbaikan diperoleh dari diskusi dengan pihak terkait, dalam hal ini adalah *Foreman Section PCB* yang telah bekerja selama 18 tahun di *section PCB*. *Foreman Section PCB* adalah karyawan PT Y yang membawahi seluruh *leader* tiap lini produksi PCB (SMT, AI, dan MI) dan posisi (jabatan) yang berada di bawah Asisten Manajer dan Manajer Produksi. Alternatif rekomendasi perbaikan diperoleh dengan diskusi dengan *Foreman Section PCB* dipandang telah cukup representatif melihat lama kerja dan posisi yang dimiliki oleh *Foreman Section PCB* terhadap proses produksi yang berjalan di PCB. Alternatif rekomendasi perbaikan yang dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Alternatif Rekomendasi Perbaikan

Kode	Deskripsi
WEA1	Membuat stasiun kerja yang ergonomis
WEA2	Membuat <i>schedule preventive maintenance</i> mesin
WEA3	Membuat standar penanganan produk <i>defect</i>
WEA4	Melakukan re-layout ruangan PCB MI sesuai arah material
WEA5	Melakukan pemindahan lokasi PCB MI mendekati PCB SMT dan FA
WEA6	Melakukan <i>training</i> untuk meningkatkan <i>skill</i> repair produk
WEA7	Menambah <i>material handling</i>
WEA8	Mengintegrasikan OQC pada setiap proses produksi

4.6.2.2 Penentuan *Degree of Difficulty Performing Action*

Proses penentuan *degree of difficulty performing action* bertujuan untuk mengetahui derajat kesulitan perusahaan dalam menerapkan rekomendasi perbaikan. Penentuan D_m dilakukan oleh *expert* perusahaan. *Expert* perusahaan yang dimaksud adalah *Foreman Section PCB*. *Output* yang diharapkan dari penentuan D_m adalah sebuah nilai dengan skala 3 sampai 5. Masing-masing skala memiliki pertimbangan masing-masing yaitu 3 (*low*), 4 (*medium*), dan 5 (*high*). Kriteria dari penentuan *degree of difficulty performing action* dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Kriteria *Degree of Difficulty Performing Action*

Nilai	Kriteria
3	Biaya yang dibutuhkan untuk proses perbaikan < Rp 15.000.000,00
4	Biaya yang dibutuhkan untuk proses perbaikan Rp 15.000.000,00 - Rp 100.000.000,00
5	Biaya yang dibutuhkan untuk proses perbaikan > Rp 100.000.000,00

Hasil penentuan *degree of difficulty performing action* oleh *expert* dari perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.24. Penentuan ini dengan melihat pekerjaan (proyek) perbaikan sejenis yang telah dilakukan di masa lalu dan proyeksinya terhadap rekomendasi perbaikan saat ini. Berdasarkan Tabel 4.24, dapat dilihat bahwa beberapa alternatif rekomendasi perbaikan memiliki nilai 3 dan 4, dan hanya satu alternatif rekomendasi perbaikan yang memiliki nilai 5 yaitu W5 karena biaya yang dibutuhkan besar yaitu Rp 550.000.000,00 sesuai kriteria pada Tabel 4.23.

Tabel 4.24 Hasil Penentuan *Degree of Difficulty Performing Action*

Kode	Deskripsi	Total Biaya	Nilai
WEA1	Jumlah stasiun kerja yang diubah adalah 12 stasiun kerja. Biaya per stasiun kerja adalah Rp 1.600.000,00	Rp 19.200.000,00	4
WEA2	Biaya yang dikeluarkan adalah biaya lembur/bulan. Terdapat 2 orang dari <i>Production Engineering</i> dan 2 orang dari produksi	Rp 2.880.000,00	3
WEA3	Standar penanganan produk <i>defect</i> tidak membutuhkan biaya.	Rp -	3

Tabel 4.24 Hasil Penentuan *Degree of Difficulty Performing Action* (Lanjutan)

Kode	Deskripsi	Total Biaya	Nilai
WEA4	<i>Relayout</i> PCB MI sesuai arah material membutuhkan biaya perombakan pintu masuk dan keluar material, dan pemindahan mesin dan peralatan.	Rp 35.000.000,00	4
WEA5	Pemindahan lokasi PCB mendekati PCB SMT dan FA membutuhkan waktu dan biaya besar karena pemindahan mesin produksi, ruangan, dan penyesuaian <i>space</i> .	Rp 550.000.000,00	5
WEA6	<i>Training</i> dilakukan oleh <i>intern</i> PT Y sehingga biaya yang dikeluarkan dapat diminimalisasi.	Rp 2.000.000,00	3
WEA7	Jumlah material handling yang ditambah adalah 5 unit. Biaya per unit adalah Rp 150.000,00	Rp 750.000,00	3
WEA8	Mengintegrasikan OQC pada setiap proses produksi tidak membutuhkan biaya.	Rp -	3

4.6.2.3 Hasil Pemetaan *Lean Matrix 2*

Hasil dari alternatif rekomendasi perbaikan dan penentuan *degree of difficulty performing action m* serta *output* dari *Lean Matrix 1* digunakan untuk menyusun *Lean Matrix 2*. Pada Tabel 4.25 dapat dilihat bahwa alternatif rekomendasi perbaikan yang dipilih untuk mengeliminasi *waste* pada proses produksi *speaker AA-Series* di PT Y adalah WEA6, WEA2, dan WEA4. Pemilihan ini berdasarkan hasil *effectiveness to difficulty ratio* yang paling tinggi hingga paling rendah, yang artinya rekomendasi perbaikan terpilih adalah rekomendasi perbaikan dengan tingkat efektivitas paling tinggi dalam menyelesaikan akar penyebab *waste* dengan tingkat kesulitan (terhadap biaya) yang paling rendah. Dapat dibandingkan bahwa WEA5 merupakan rekomendasi perbaikan dengan *total effectiveness of waste elimination action* tertinggi sebesar 20.430. Akan tetapi karena tingkat kesulitan tertinggi (nilai 5), maka hasil *effectiveness to difficulty ratio* adalah 4.086, sehingga alternatif rekomendasi WEA5 tidak terpilih menjadi alternatif rekomendasi perbaikan. Hasil pemetaan *Lean Matrix 2* dapat dilihat pada Tabel 4.25

Tabel 4.25 Lean Matrix 2

Waste Type	Root Source of Waste	Waste Elimination Action								Aggregate Cause
		WEA1	WEA2	WEA3	WEA4	WEA5	WEA6	WEA7	WEA8	
<i>Transportation, Waiting, Inventory</i>	S3				1			1		930
	S4	9			3					1.300
	S5		9				3			1.680
	S6			9			9			1.176
	S7				9	3				1.680
	S8					9		3		1.710
	S9								9	360
<i>Total Effectiveness of Waste Elimination Action m (TE_m)</i>		11.700	15.120	10.584	19.950	20.430	15.624	6.060	3.240	
<i>Degree of difficulty performing action m (D_m)</i>		4	3	3	4	5	3	3	3	
<i>Effectiveness to difficulty ratio (ETD_m)</i>		2.925	5.040	3.528	4.987,5	4.086	5.208	2.020	1.080	
<i>Rank of action priority</i>		6	2	5	3	4	1	7	8	

4.7 Pengajuan Rekomendasi Perbaikan Terpilih berdasarkan *Rank Action of Priority*

Rekomendasi perbaikan terpilih didapatkan berdasarkan Tabel 4.24 antara lain WEA6, WEA4, dan WEA2. Pembahasan dari masing-masing rekomendasi perbaikan adalah sebagai berikut:

1. WEA6 : Melakukan *training* untuk meningkatkan *skill repair* produk

Section PCB Departemen Produksi PT Y memiliki keahlian (*skill*) yang perlu dimiliki operator dalam menjalankan proses produksi. Pada setiap proses produksi PCB, keahlian yang perlu dimiliki operator berbeda-beda sesuai dengan jenis proses produksi yang dilakukan seperti pada Tabel 4.26. PT Y memiliki kriteria nilai keahlian karyawan (operator) yang terdiri atas lima kriteria dari rendah hingga tinggi, antara lain:

1. Belum mengerti (masih mengawatirkan)
2. Mengerti kadang-kadang salah (agak mengkhawatirkan)
3. Mengerti dan jarang salah (bisa diandalkan)
4. Mengerti dan hampir tidak ada salah (dapat dipercaya)
5. Ahli dan bisa mengajarkan (sangat meyakinkan)

Tabel 4.26 Keahlian yang Perlu Dimiliki Operator Produksi PCB

<i>Section</i>	<i>Kode</i>	<i>Pekerjaan</i>	<i>Kode</i>	<i>Detail</i>	<i>Nilai Detail Pekerjaan</i>	<i>Nilai Pekerjaan</i>	<i>Rank</i>
PCB Manual Insert	P1	<i>Material Handling</i>	K1	Akurasi data <i>quantity & menguasai jenis material</i>	4	3,00	3
			K2	Distribusi material	2		
	P2	<i>Insert Komponen</i>	K3	<i>Inspector insert</i>	4	3,00	3
			K4	<i>Insert komponen</i>	3		
			K5	<i>Forming komponen</i>	2		
	P3	<i>Mesin Solder</i>	K6	<i>Maintenance mesin solder</i>	4	3,50	3
			K7	<i>Setting mesin solder</i>	2		
			K8	<i>Operasional mesin solder</i>	4		
			K9	<i>Verifikasi hasil mesin solder</i>	4		

Tabel 4.26 Keahlian yang Perlu Dimiliki Operator Produksi PCB (Lanjutan)

<i>Section</i>	Kode	Pekerjaan	Kode	Detail	Nilai Detail Pekerjaan	Nilai Pekerjaan	Rank
<i>MANUAL INSERT</i>	P4	<i>Bonding</i>	K10	<i>Bonding</i>	4	4,00	14
	P5	<i>Touch Up</i>	K11	<i>Inspector touch up</i>	4	3,50	10
			K12	<i>Touch up</i>	3		
	P6	Mesin ICT	K13	<i>Setting mesin ICT</i>	2	3,33	9
			K14	<i>Operasional mesin ICT</i>	4		
			K15	<i>Verifikasi hasil mesin ICT</i>	4		
	P7	<i>Repair Mekanik / Elektrik</i>	K16	<i>Memahami schematic diagram</i>	2	2,43	2
			K17	<i>Menguasai dan memahami semua jenis part PCB</i>	2		
			K18	<i>Bisa mengoperasikan rework station</i>	2		
			K19	<i>Menguasai standard specification of inspection PCB</i>	3		
			K20	<i>Bisa membaca multimeter</i>	3		
			K21	<i>Bisa menggunakan solder pot</i>	3		
<i>SMT</i>	P8	<i>Material Handling</i>	K23	<i>Akurasi data quantity & menguasai jenis material</i>	3	3,00	3
			K24	<i>Distribusi material</i>	3		
	P9	SMT	K25	<i>Setting mesin SMT</i>	4	3,00	3
			K26	<i>Setup material ke mesin SMT</i>	3		
			K27	<i>Mengoperasikan mesin SMT</i>	4		
			K28	<i>Verifikasi hasil permesinan SMT</i>	3		
			K29	<i>Maintenance mesin</i>	1		
	P10	<i>Automatic Optical Inspection</i>	K30	<i>Mengoperasikan mesin AOI</i>	4	3,50	10
			K31	<i>Verifikasi hasil permesinan AOI</i>	3		
	P11	<i>Mountcheck (N1 Checker)</i>	K32	<i>Mengoperasikan mesin N1 Checker</i>	4	3,50	10
			K33	<i>Verifikasi hasil permesinan N1 Checker</i>	3		

Tabel 4.26 Keahlian yang Perlu Dimiliki Operator Produksi PCB (Lanjutan)

<i>Section</i>	<i>Kode</i>	<i>Pekerjaan</i>	<i>Kode</i>	<i>Detail</i>	<i>Nilai Detail Pekerjaan</i>	<i>Nilai Pekerjaan</i>	<i>Rank</i>
SMT	P12	<i>Nozzle Cleaning</i>	K34	Mengoperasikan <i>nozzle cleaning</i>	4	4,00	14
	P13	<i>Feeder Calibration</i>	K35	Mengoperasikan <i>feeder calibration</i>	4	4,00	14
	P14	<i>Stencil Cleaning</i>	K36	Mengoperasikan <i>stencil cleaning</i>	4	4,00	14
	P15	<i>IC Flashrom</i>	K37	Mengoperasikan mesin <i>IC Flashrom</i>	4	4,00	14
	P16	<i>Repair Mekanik/ Elektrik</i>	K38	Memahami <i>schematic diagram</i>	1	2,00	1
			K39	Menguasai dan memahami semua jenis <i>part PCB</i>	2		
			K40	Bisa mengoperasikan <i>rework station</i>	2		
			K41	Menguasai <i>standard specification of inspection PCB</i>	2		
			K42	Bisa membaca multimeter	2		
			K43	Bisa menggunakan solder pot	3		
AUTO INSERT	P17	<i>Material Handling</i>	K45	Akurasi data <i>quantity</i> dan menguasai jenis material	3	3,00	3
			K46	Distribusi material	3		
	P18	<i>Auto Insert</i>	K47	<i>Setting</i> mesin AI	4	3,00	3
			K48	<i>Setup</i> material ke mesin AI	4		
			K49	Mengoperasikan mesin AI	4		
			K50	Verifikasi hasil mesin AI	2		
			K51	<i>Maintenance</i> mesin AI	1		

Idealnya operator perlu memiliki *skill* yang merata (unggul) pada tiap keahlian. Pengolahan data pada Tabel 4.26 berdasarkan penilaian *Key Performance Indicator* (KPI) terkait dengan *mapping* keahlian operator PCB yang dinilai pada Oktober 2019. Berdasarkan Tabel 4.26 dapat dilihat bahwa beberapa

keahlian masih memiliki nilai di bawah 3 yang artinya operator produksi belum menguasai secara penuh (agak mengkhawatirkan). Oleh karena itu, perbaikan yang diajukan adalah melakukan *training* untuk meningkatkan *skill* operator. Prioritas jenis *training* dilakukan berdasarkan Tabel 4.26 yang dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Prioritas Jenis *Training* Karyawan PCB

Section	Kode	Pekerjaan	Nilai Pekerja	Rank
SMT	P16	<i>Repair</i> Mekanik/Elektrik	2	1
MI	P7	<i>Repair</i> Mekanik/Elektrik	2,43	2
MI	P1	<i>Material Handling</i>	3	3
MI	P2	<i>Insert</i> Komponen	3	3
MI	P3	Mesin Solder	3,5	3
SMT	P8	<i>Material Handling</i>	3	3
SMT	P9	SMT	3	3
AI	P17	<i>Material Handling</i>	3	3
AI	P18	<i>Auto Insert</i>	3	3
MI	P6	Mesin ICT	3,33	9
MI	P5	<i>Touch Up</i>	3,5	10
SMT	P10	<i>Automatic Optical Inspection</i>	3,5	10
SMT	P11	<i>Mountcheck(NI Checker)</i>	3,5	10
MI	P4	<i>Bonding</i>	4	14
SMT	P12	<i>Nozzle Cleaning</i>	4	14
SMT	P13	<i>Feeder Calibration</i>	4	14
SMT	P14	<i>Stencil Cleaning</i>	4	14
SMT	P15	<i>IC Flashrom</i>	4	14

Berdasarkan Tabel 4.27, dapat dilihat bahwa prioritas *training* yang perlu dilakukan adalah *repair* mekanik/elektrik yang dilakukan pada operator *section* SMT dan MI. *Training* dilakukan untuk meningkatkan *skill* operator dalam melakukan *repair* produk yang mengalami *defect*, sehingga apabila terjadi *defect*, operator bisa melakukan *troubleshoot* secara langsung dan meminimalisasi jumlah *defect* yang harus dianalisis oleh *repairmen*. Selain itu, *training* juga akan berfokus pada keahlian (*skill*) antara lain:

1. Memahami *schematic diagram*
2. Menguasai dan memahami semua jenis part PCB
3. Bisa mengoperasikan *rework station*

4. Menguasai *standard specification of inspection PCB*
5. Bisa membaca multimeter
6. Bisa menggunakan *solder pot*
7. Bisa melakukan *touch up* produk repair

Training ini akan dilakukan oleh karyawan *intern* PT Y sehingga tidak mengeluarkan biaya besar. Biaya yang dikeluarkan adalah biaya pengadaan modul, kartu kendali, dan *progress report* terhadap *training* yang akan dilakukan. Peserta *training* adalah operator SMT dan AI dengan sasaran utama dari *training* ini adalah operator ICT, di mana proses ICT adalah proses terakhir dari proses produksi PCB AA-Series sebelum dikirim ke proses selanjutnya di *rear panel assembly*. *Training* akan dilakukan secara berkala hingga seluruh target sasaran *training*, yaitu operator SMT sebanyak 40 orang dan MI sebanyak 90 orang selesai melakukan tahapan *training*.

Untuk memastikan bahwa hasil *training* telah sesuai dengan tujuan perusahaan yaitu meningkatkan *skill* operator (*multi skill*), *progress* dari *training* perlu dicatat pada kartu kendali agar, baik *trainer* maupun *trainee* dapat mengetahui perkembangan *training* dan merencanakan kebutuhan *training* selanjutnya. Contoh kartu kendali *training* dapat dilihat pada Tabel 4.28

Tabel 4.28 Kartu Kendali *Training*

KARTU KENDALI TRAINING OPERATOR				
NIK :		Section :		
Nama :		Grade :		
No	Tanggal	Materi	Trainer	Hasil
Catatan:				

2. WEA2 : Membuat *schedule preventive maintenance* mesin

Schedule preventive maintenance dibuat untuk mesin produksi seluruh *section* PCB. Pelaksana *preventive maintenance* adalah 4 orang (2 orang dari *Production Engineering* dan 2 orang dari produksi) yang bertanggung jawab untuk melakukan *preventive maintenance* mesin SMT. Rekomendasi jadwal *preventive maintenance* dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Dalam membuat jadwal *preventive maintenance*, diperlukan data kerusakan dan lama kerusakan serta perhitungan *Mean Time between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). MTBF adalah rata-rata interval waktu kerusakan yang terjadi saat mesin selesai diperbaiki sampai mesin tersebut mengalami kerusakan kembali. MTTR adalah waktu rata-rata dari interval waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen atau sistem. Data yang dibutuhkan adalah total waktu perbaikan hingga kerusakan kembali, total waktu perbaikan, dan jumlah *failure*. Data *corrective maintenance* PT Y terlampir pada Lampiran 4.

Berdasarkan Tabel 4.29 rata-rata perbaikan (MTTR) adalah 2,64 hari dari kasus *part chain* yang rusak. Perhitungan MTBF adalah 364 hari/7 hari = 52 hari. Artinya *part chain* dapat mengalami kerusakan kembali setelah dilakukan *repair* selama 52 hari dengan rata-rata waktu perbaikan adalah selama 2,64 \approx 3 hari. Karena perusahaan masih baru dalam *preventive maintenance*, pembuatan jadwal perbaikan dibuat berdasarkan Tabel 4.30.

Tabel 4.29 Data Perbaikan Mesin FLUXER MACHINE NO.2 (SENSBEY)

No	Parts	Parts Remarks	Start Trouble	Repair Aktual	Prepare Time (minutes)	Repair Time (minutes)	Sparepart Time (minutes)	Install Time (minutes)	MTTR Total Time (minutes)	MTTR Total Time (hari)
1	Chain	Rantai kotor, oleh flux	10/16/2018 14:00	10/16/2018 15:56	15	100	0	0	115	0,24
2		Adjuster/pengatur gerakan geser chain macet	10/31/2018 9:54	11/1/2018 8:44	70	1300	0	0	1370	2,85
3		Chain macet / alarm conveyor slip	11/21/2018 10:49	11/21/2018 10:55	0	5	0	0	5	0,01
4		Kondisi chain macet	1/31/2019 7:41	2/4/2019 9:28	72	400	0	0	5866	12,22
5		Tension rantai kendur	8/7/2019 6:00	8/7/2019 9:18	98	100	0	0	198	0,41
6		Rantai conveyor kendur	10/15/2019 8:33	10/15/2019 9:16	0	42	0	0	42	0,09

Tabel 4.30 Rekomendasi Visualisasi Jadwal *Preventive Maintenance*

SMT Line 1

No	Machine	Schedule	April				May				June				July				August				September				October				November				December				January				February				March			
			1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th				
1	YSP	Monthly																																																
2	YGD	Monthly																																																
3	YG12	Monthly																																																
4	YG12F	Monthly		10/4				8/5				12/6				10/7				7/8				11/9				9/10				6/11				4/12				15/1				13/2				11/3		
5	YG100	Monthly																																																
6	REFLOW	Monthly																																																

SMT Line 2

No	Machine	Schedule	April				May				June				July				August				September				October				November				December				January				February				March			
			1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th				
1	YSP	Monthly																																																
2	YGD	Monthly																																																
3	YGD	Monthly																																																
4	YS24	Monthly			24/4				22/5				26/6				24/7				21/8				25/9				23/10				20/11				18/12				22/1				19/2				18/3	
5	YS100	Monthly																																																
6	YS88	Monthly																																																
7	REFLOW	Monthly																																																

Auto Insert

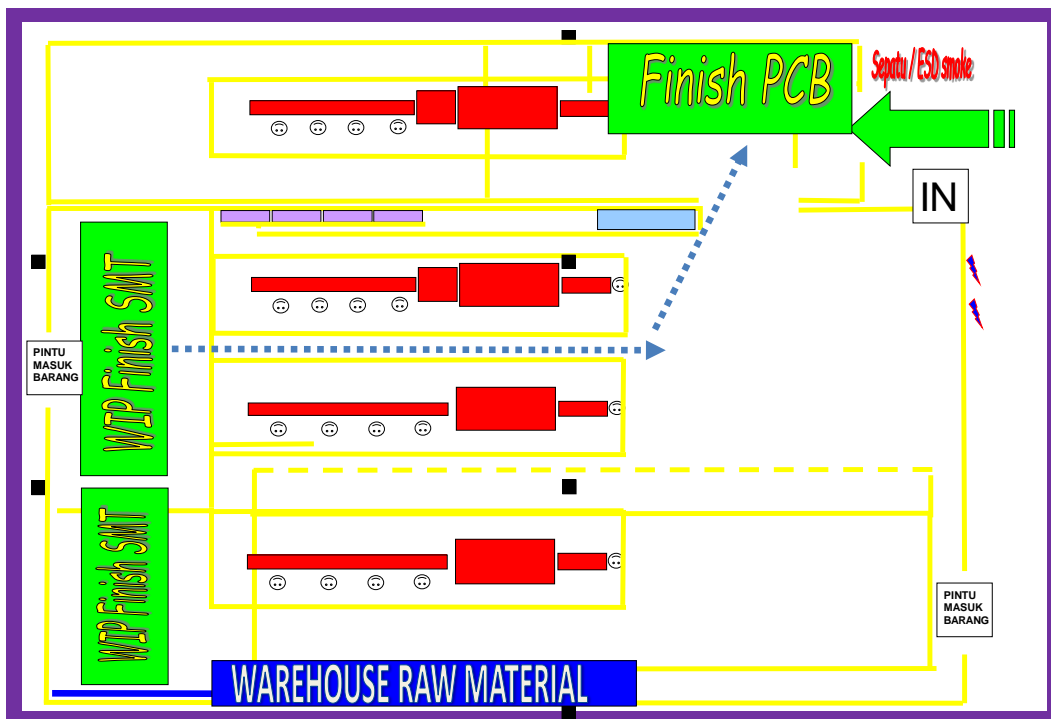
No	Machine	Schedule	April				May				June				July				August				September				October				November				December				January				February				March			
			1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th				
1	JV 1	Monthly	4/4					7/5				11/6				3/7				7/8				4/9				2/10				6/11				4/12				7/1				5/2				4/3		
2	AV131	Monthly		9/4				14/5				18/6				9/7				14/8				11/9				9/10				12/11				11/12				8/1				13/2				10/3		

Manual Insert

No	Inspection Machine	Schedule	April				May				June				July				August				September				October				November				December				January				February				March			
			1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th								
1	Solder	Monthly				23/4				28/5				25/6				24/7				28/8				25/8				29/10				27/11				18/12				28/11				26/2				25/3
2	ICT	Monthly				23/4				28/5				25/6				24/7				28/8				25/8				29/10				27/11				18/12				28/11				26/2				25/3

3. WEA4 : Melakukan *relayout* ruangan PCB MI sesuai arah material

Relayout ruangan PCB MI disesuaikan dengan arah material. Perubahan ini dilakukan dengan menambahkan pintu keluar masuk barang sehingga WIP finish SMT ditempatkan mendekati proses *insert* material. Jika WIP *finish* SMT sudah ditempatkan mendekati proses *insert* material, arah aliran material sudah searah dan tidak membutuhkan transportasi tinggi. Visualisasi dari *relayout* ruangan PCB MI sesuai arah material dapat dilihat pada Gambar 4.23. Pada tahap rancangan, tidak ada mesin yang dipindahkan, hanya WIP saja, akan tetapi jika akan diimplementasikan, pengukuran terhadap *space* dari WIP dan *aisle* juga perlu dipertimbangkan. Rekomendasi perbaikan ini memungkinkan dikeluarkan biaya yang cukup besar untuk penambahan pintu keluar masuk barang, pembongkaran dinding, dan pemindahan mesin produksi menyesuaikan *space* dan *aisle* untuk menjaga kesehatan dan keselamatan kerja operator produksi.



Gambar 4.23 Desain *Relayout* Ruang PCB MI Sesuai Arah Material

4.8 Prediksi *Benefit* Penerapan Rekomendasi Perbaikan

Pada bagian ini akan dilakukan analisis terhadap prediksi *benefit* penerapan rekomendasi perbaikan pada proses produksi *speaker* di *section* PCB PT Y. Pembahasan dilakukan pada rekomendasi perbaikan yang diberikan, antara lain :

1. WEA6 : Melakukan *training* untuk meningkatkan *skill repair* produk

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian 4.7, *training* dilakukan untuk meningkatkan *skill* operator khususnya pada *skill repair* produk yang mengalami *defect*. Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa jumlah NG Elektrik yang adalah sebesar 211 per tahun dengan waktu analisis rata-rata per produk *defect* berdasarkan histogram pada Gambar 4.18 adalah 3,418 hari. Jika operator yang telah mengikuti *training* dan dapat melakukan *repair* produk *defect*, prediksi waktu yang dibutuhkan untuk menganalisis NG Elektrik yang dibutuhkan adalah menjadi 0 atau NG Elektrik dapat segera dianalisis apakah perlu dilakukan perbaikan secara mekanik atau elektrik. Berdasarkan data tersebut, analisis prediksi *benefit* penerapan rekomendasi perbaikan adalah sebagai berikut:

Standar biaya yang ditentukan Departemen Akunting PT Y (*cost*)

= Rp 425,00/menit

Total biaya = *defect* x waktu perbaikan x jam kerja x *cost*

= 211 unit x 3,418 hari x 8 jam x 60 menit x *cost*

= 346.175,04 menit x Rp 425,00

=Rp 147.124.392,00/tahun

Total *benefit* =Total biaya yang dihemat - Biaya training

= Rp 147.124.392,00 - Rp 2.000.000,00

= Rp 145.124.392,00

Berdasarkan perhitungan *benefit* di atas dapat disimpulkan bahwa rekomendasi perbaikan dengan melakukan *training* dapat memberikan keuntungan pada PT Y sebesar Rp 145.124.392,00.

2. WEA2 : Membuat *schedule preventive maintenance* mesin

Rekomendasi perbaikan dengan membuat *schedule preventive maintenance* mesin didasarkan pada jenis *maintenance* yang dilakukan PT Y saat ini yaitu *corrective maintenance*. Data yang didapatkan terhadap *corrective maintenance* pada bulan Oktober 2018 hingga November 2019 (1 tahun) didapatkan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan *corrective maintenance* sebesar Rp 60.997.700,00 sesuai Tabel 4.31. Perhitungan biaya terlampir pada Lampiran 4.

Tabel 4.31 Total Biaya *Corrective Maintenance*

Area	Prepare Time (menit)	Repair Time (menit)	Sparepart Time (menit)	Install Time (menit)	Total Time (menit)	Total Cost
AI	482	12565	0	6700	19747	Rp 8.392.475,00
MI	4654	61616	0	13900	98371	Rp 41.807.675,00
SMT	566	9917	5500	2000	25406	Rp 10.797.550,00
Total Cost						Rp 60.997.700,00

Berdasarkan Tabel 4.31 dapat dilihat bahwa biaya terbesar adalah pada *section* PCB MI dengan *section* SMT yang memerlukan penggantian *sparepart*. Rekomendasi perbaikan dilakukan dengan melakukan *preventive maintenance* dengan melakukan pembayaran lembur pada 4 orang, 2 orang dari *Production Engineering* dan 2 orang dari produksi. Berdasarkan data tersebut, analisis prediksi *benefit* penerapan rekomendasi perbaikan adalah sebagai berikut:

Total biaya = Rp 60.997.700,00/tahun

Biaya lembur = Rp 2.880.000,00 x 12
= Rp 34.560.000,00/tahun

Total *benefit* = Total biaya yang dihemat - Biaya lembur
= Rp 60.997.700,00-Rp 34.560.000,00
=Rp 26.437.700,00

Berdasarkan perhitungan *benefit* di atas dapat disimpulkan bahwa rekomendasi perbaikan dengan melakukan *preventive maintenance* dapat memberikan keuntungan pada PT Y sebesar Rp 26.437.700,00.

3. WEA4 : Melakukan *relayout* ruangan PCB MI sesuai arah material

Relayout ruangan PCB MI sesuai arah material bertujuan mengurangi adanya *waste* transportasi. Hal ini terkait dengan jumlah WIP PCB yang dapat dipindahkan dalam satu kali pengangkutan dari SMT ke MI. Dalam satu kali pengangkutan menggunakan *handtruck* dapat mengangkut maksimal 24 *magazine* dengan jumlah WIP PCB per *magazine* adalah 17 pcs. Setelah WIP PCB sampai di MI, pengambilan WIP PCB dilakukan maksimal 2 *magazine* dalam satu kali pemindahan dengan waktu yang dibutuhkan tiap perpindahan adalah 3 menit, sehingga dalam satu kali pengangkutan diperlukan waktu transportasi sebesar $12 \times 3 \text{ menit} = 36 \text{ menit}$. Dalam satu hari, jumlah pemindahan rata – rata adalah 8 kali siklus, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk transportasi WIP PCB Assy adalah $8 \times 36 \text{ menit} = 288 \text{ menit/hari}$.

Dengan melakukan perubahan *layout* PCB MI sesuai aliran arah material jumlah waktu transportasi dapat dihilangkan karena WIP PCB tidak perlu lagi dipindahkan setelah WIP PCB diletakkan di area *receiving* PCB *Finish* SMT di lokasi MI. Berdasarkan data tersebut, analisis prediksi *benefit* penerapan rekomendasi perbaikan adalah sebagai berikut:

Standar biaya yang ditentukan Departemen Akunting PT Y (*cost*)

= Rp 425,00/menit

Total biaya = waktu transportasi x *cost*

= 288 menit x Rp 425,00

= Rp 122.400,00 /hari

= Rp 44.676.000,00/tahun

Total *benefit* = Total biaya yang dihemat - Biaya *relayout*

= Rp 44.676.000,00-Rp 35.000.000,00

= Rp 9.676.000,00

Berdasarkan perhitungan *benefit* di atas dapat disimpulkan bahwa rekomendasi perbaikan dengan melakukan *relayout* dapat memberikan keuntungan pada PT Y sebesar Rp 9.676.000,00.

Berdasarkan perhitungan prediksi *benefit* penerapan rekomendasi perbaikan dapat dilihat bahwa dengan melakukan implementasi *lean manufacturing* secara total perusahaan dapat melakukan penghematan sebesar Rp 215.798.092,00 per tahun dengan rincian sebagai berikut:

WEA6	: Rp 145.124.392,00
WEA2	: Rp 60.997.700,00
WEA4	: Rp 9.676.000,00
Total	: Rp 215.798.092,00

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Waste* yang memberikan pengaruh paling signifikan dalam proses produksi pada *section* PCB adalah *transportation* (W8 dan W7), *waiting* (W6 dan W5) dan *inventory* (W3).
2. Akar penyebab permasalahan *waste* yang muncul dalam proses produksi pada *section* PCB antara lain S3 (durasi produksi tiap proses berbeda), S4 (stasiun kerja tidak ergonomis), S5 (tidak memiliki jadwal *preventive maintenance*), S6 (tidak ada standar penanganan produk *defect*), S7 (*layout* ruangan yang tidak menyesuaikan arah material), S8 (kapasitas angkut *hand truck* kecil), dan S9 (Proses OQC tidak standard).
3. Rekomendasi perbaikan untuk perbaikan produksi *speaker* pada *section* PCB yang diajukan antara lain WEA6 (melakukan *training* untuk meningkatkan *skill repair* produk), WEA2 (membuat *schedule preventive maintenance* mesin), dan WEA4 (melakukan *relayout* ruangan PCB MI sesuai arah material).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Melakukan kalkulasi hasil perbaikan terhadap *cycle time* proses setelah perbaikan.
2. Tahap penelitian dilakukan hingga implementasi perbaikan.
3. Perhitungan jadwal *maintenance* pada setiap mesin produksi, selain mesin solder yang telah dihitung pada penelitian ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Dorothea Wahyu (2004), *“Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)”*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik (2019), *“Berita Resmi Statistik No 13/02/Th. XXII, 1 Februari 2019”*, <https://www.bps.go.id/pressrelease/2019/02/01/1623/pertumbuhan-produksi-ibs-tahun-2018-naik-4-07-persen-dibandingkan-tahun-2017.html>, diakses pada tanggal 21 April 2019
- Cox, J.F. dan Blackstone J.H. (1998), *“APICS Dictionary”*, 9th Edition, APICS – The Educational Society for Resource Management, Falls Cruch, VA.
- Hidayat, Rahmad (2014), *“Penerapan Lean Manufacturing dengan Metode VSM dan FMEA untuk Mengurangi Waste pada Produk Plywood (Studi Kasus: Departemen produksi PT Kutai Timber Indonesia)”*, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol 2 No.5, 2014, hal 495-505
- Hines dan Rich (1997), *“The Seven Value Stream Mapping Tools”*, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17 No. 1, 1997, hal. 46-64.
- Hussey, Jill, Roger Hussey (1997),” *Business Research: A Practical Guide for Undergraduate and Postgraduate Students”*, Macmillan Business.
- Isnain, Satria Khalif (2017), *“Perancangan Perbaikan Proses Produksi Bodi Mobil Daihatsu Xenia dengan Lean Manufacturing di PT Inti Pantja Press Industri”*, Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Karningsih et al (2019), *“Lean Assessment Matrix: A Proposed Supporting Tool for Lean Manufacturing Implementation, Proceedings of Annual Conference on Industrial and System Engineering (ACISE), Universitas Diponegoro, Semarang.*
- Latino, Robert J., Kenneth C. Latino (2002), *“Root Cause Analysis: Improving Performance for Bottom Line Result”*, 2nd Edition, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.

- Montgomery, Douglas C. (2009), *“Introduction to Statistical Quality Control”*, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc, Jefferson City, United States of America.
- Nakajima, Seiichi (1988), *“Introduction to Total Productive Maintenance”*, 1st Edition, Productivity Press, Inc, Cambridge, Massachusetts.
- Nash dan Poling (2008), *“Mapping the Total Value Stream”*, Taylor & Francis Group, New York.
- Rawabdeh, Ibrahim A. (2005), *“A Model for the Assessment of Waste in Job Shop Environments”*, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol 25 No.8, 2005, hal. 800–822
- Saputra dan Singgih (2012), *“Perbaikan Proses Produksi Blender Menggunakan Pendekatan Lean Manufacturing”*, *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya hal. A-48-1 – A-48-8.
- Serrat, Olivier (2009), *“The Five Whys Technique”*, International Publications Cornell University ILR School, Ithaca.
- Sigalingging, Epiphany Aprianti (2014), *“Penerapan Lean Manufacturing Untuk Mereduksi Waste Pada Produksi Filter Rokok Dengan WAM Dan Metode Taguchi (Studi Kasus Pada PT Essentra, Sidoarjo)”*, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol 2 No.3, 2014, hal 495-505
- The Manufacturing Extension Partnership Network (1998), *“Principles of Lean Manufacturing with Live Simulation”*, Alabama Technology Network, Huntsville.
- Womack, James P., Daniel T. Jones (1996), *“Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”*, Simon & Schuster, New York.
- Yamaha Corporation (2018) *“Annual Report 2018”*, <https://www.yamaha.com/en/ir/publications/pdf/an-2018e.pdf>, diakses pada tanggal 17 April 2019.

Lampiran 1. Perhitungan Waste Type Weight

Pertanyaan 1 : Apakah <i>i</i> menghasilkan <i>j</i>?				
<i>i</i>	<i>j</i>	Selalu	Kadang-kadang	Tidak Pernah
<i>Skor</i>		4	2	0
OVER PRODUCTION	INVENTORY			1
	DEFECT			1
	MOTION			1
	TRANSPORTATION			1
	PROCESS			1
	WAITING			1
INVENTORY	OVER PRODUCTION			1
	DEFECT		1	
	MOTION		1	
	TRANSPORTATION		1	
	PROCESS		1	
	WAITING		1	
DEFECT	INVENTORY	1		
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION		1	
	TRANSPORTATION		1	
	PROCESS		1	
	WAITING		1	
MOTION	DEFECT		1	
	OVER PRODUCTION			1
	INVENTORY	1		
	TRANSPORTATION		1	
	PROCESS		1	
	WAITING		1	
TRANSPORTATION	DEFECT		1	
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION	1		
	INVENTORY	1		
	PROCESS		1	
	WAITING		1	
PROCESS	TRANSPORTATION	1		
	DEFECT		1	
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION	1		
	INVENTORY	1		
	WAITING		1	
WAITING	PROCESS		1	
	TRANSPORTATION	1		
	DEFECT		1	
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION	1		
	INVENTORY		1	

Pertanyaan 2 : Bagaimanakah jenis hubungan antara i dan j?				
<i>i</i>	<i>j</i>	Jika i naik, maka j naik	Jika i naik, maka j tetap	Tidak tentu tergantung keadaan
<i>Skor</i>		2	1	0
OVER PRODUCTION	INVENTORY			1
	DEFECT			1
	MOTION			1
	TRANSPORTATION			1
	PROCESS			1
	WAITING			1
INVENTORY	OVER PRODUCTION			1
	DEFECT			1
	MOTION		1	
	TRANSPORTATION			1
	PROCESS	1		
	WAITING		1	
DEFECT	INVENTORY	1		
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION		1	
	TRANSPORTATION		1	
	PROCESS		1	
	WAITING		1	
MOTION	DEFECT			1
	OVER PRODUCTION			1
	INVENTORY	1		
	TRANSPORTATION	1		
	PROCESS			1
	WAITING		1	
TRANSPORTATION	DEFECT			1
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION	1		
	INVENTORY	1		
	PROCESS	1		
	WAITING			1
PROCESS	TRANSPORTATION		1	
	DEFECT			1
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION		1	
	INVENTORY		1	
	WAITING	1		
WAITING	PROCESS		1	
	TRANSPORTATION	1		
	DEFECT			1
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION	1		
	INVENTORY		1	

Pertanyaan 3 : Bagaimanakah dampak terhadap j karena i?				
<i>i</i>	<i>j</i>	Tampak secara langsung & jelas	Butuh waktu untuk muncul	Tidak sering muncul
<i>Skor</i>		4	2	0
OVER PRODUCTION	INVENTORY			1
	DEFECT			1
	MOTION			1
	TRANSPORTATION			1
	PROCESS			1
	WAITING			1
INVENTORY	OVER PRODUCTION			1
	DEFECT		1	
	MOTION	1		
	TRANSPORTATION	1		
	PROCESS	1		
	WAITING		1	
DEFECT	INVENTORY		1	
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION		1	
	TRANSPORTATION		1	
	PROCESS		1	
	WAITING		1	
MOTION	DEFECT		1	
	OVER PRODUCTION			1
	INVENTORY		1	
	TRANSPORTATION	1		
	PROCESS	1		
	WAITING		1	
TRANSPORTATION	DEFECT		1	
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION	1		
	INVENTORY	1		
	PROCESS		1	
	WAITING		1	
PROCESS	TRANSPORTATION		1	
	DEFECT			1
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION		1	
	INVENTORY		1	
	WAITING		1	
WAITING	PROCESS		1	
	TRANSPORTATION	1		
	DEFECT		1	
	OVER PRODUCTION			1
	MOTION		1	
	INVENTORY		1	

WASTE	Pertanyaan 1	Pertanyaan 2	Pertanyaan 3	Total	RELATIONSHIP
O_I	0	0	0	0	X
O_D	0	0	0	0	X
O_M	0	0	0	0	X
O_T	0	0	0	0	X
O_P	0	0	0	0	X
O_W	0	0	0	0	X
I_O	0	0	0	0	X
I_D	2	0	2	4	O
I_M	2	1	4	7	E
I_T	2	0	4	6	I
I_P	2	2	4	8	E
I_W	2	1	2	5	I
D_I	4	2	2	8	E
D_O	0	0	0	0	X
D_M	2	1	2	5	I
D_T	2	1	2	5	I
D_P	2	1	2	5	I
D_W	2	1	2	5	I
M_D	2	0	2	4	O
M_O	0	0	0	0	X
M_I	4	2	2	8	E
M_T	2	2	4	8	E
M_P	2	0	4	6	I
M_W	2	1	2	5	I
T_D	2	0	2	4	O
T_O	0	0	0	0	X
T_M	4	2	4	10	A
T_I	4	2	4	10	A
T_P	2	2	2	6	I
T_W	2	0	2	4	O
P_T	4	1	2	7	E
P_D	2	0	0	2	U
P_O	0	0	0	0	X
P_M	4	1	2	7	E
P_I	4	1	2	7	E
P_W	2	2	2	6	I
W_P	2	1	2	5	I
W_T	4	2	4	10	A
W_D	2	0	2	4	O
W_O	0	0	0	0	X
W_M	4	2	2	8	E
W_I	2	1	2	5	I

F/T	O	I	D	M	T	P	W	SCORE	%
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
I	0	0	4	7	6	8	5	30	16,3%
D	0	8	0	5	5	5	5	28	15,2%
M	0	8	4	0	8	6	5	31	16,8%
T	0	10	4	10	0	6	4	34	18,5%
P	0	7	2	7	7	0	6	29	15,8%
W	0	5	4	8	10	5	0	32	17,4%
SCORE	0	38	18	37	36	30	25	184	
%	0,0%	20,7%	9,8%	20,1%	19,6%	16,3%	13,6%	100%	

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 2. Pengambilan Data Waktu Proses (*Cycle Time*)

No	<i>Time (sec)</i>					
	Proses Mesin AV131	Proses Mesin RG131	Proses SMT	<i>Soldering Machine</i>	<i>Sonybond</i>	ICT
1	11	16	51	10	8	17
2	10	15	52	11	7	17
3	11	16	52	10	7	17
4	10	16	49	10	8	17
5	11	17	52	8	8	18
6	10	19	51	8	9	17
7	9	16	49	11	9	18
8	10	16	51	11	9	18
9	11	16	49	10	7	18
10	11	18	51	8	9	18
11	10	19	50	9	9	19
12	10	19	51	12	7	18
13	11	17	51	12	9	19
14	9	19	51	9	7	19
15	10	18	53	12	8	19
16	10	15	52	10	9	18
17	11	15	53	9	8	18
18	11	16	53	10	7	18
19	9	18	51	10	8	19
20	10	19	50	10	8	18
Total Time	205	340	1022,4	200	161	360
Jumlah produk	20	20	20	20	20	20
<i>Cycle time</i>	10,25	17	51,12	10	8	18

Insert Manual

No	Time (sec)					
	Proses <i>Insert 1</i>	Proses <i>Insert 2</i>	Proses <i>Insert 3</i>	Proses <i>Insert 4</i>	OQC <i>Insert</i>	Total
1	7	5	8	8	5	33
2	8	9	10	6	5	38
3	6	7	8	10	3	34
4	5	6	8	10	5	34
5	5	7	8	10	4	34
6	6	5	9	10	4	34
7	6	5	8	6	4	29
8	7	5	7	10	4	33
9	6	6	6	8	4	30
10	8	5	6	9	4	32
11	9	9	6	9	5	38
12	7	7	7	9	5	35
13	7	6	7	10	3	33
14	9	8	7	10	4	38
15	8	7	6	6	5	32
16	9	5	7	9	4	34
17	6	5	10	9	4	34
18	9	8	9	8	4	38
19	9	9	6	7	4	35
20	7	9	6	6	4	32
<i>Total Time</i>	144	133	149,0	170	84	680
Jumlah produk	20	20	20	20	20	20
<i>Cycle time</i>	7,2	6,65	7,45	9	4	34

Forming Komponen

No	<i>Time (sec)</i>				
	<i>Proses Forming 1</i>	<i>Proses Forming 2</i>	<i>Proses Forming 3</i>	<i>Proses Forming 4</i>	
1	32	34	6	12	
2	30	38	6	6	
3	31	36	6	9	
4	31	34	6	6	
5	34	34	9	9	
6	32	34	12	9	
7	33	37	12	12	
8	32	35	12	9	
9	32	35	6	9	
10	34	34	12	9	
11	34	38	6	12	
12	33	35	12	6	
13	32	35	9	12	
14	33	38	12	6	
15	32	34	6	9	
16	33	36	9	9	
17	31	37	12	6	
18	34	34	12	6	
19	34	35	9	12	
20	31	35	12	12	
<i>Total Time</i>	648	708	186	180	
<i>Jumlah produk</i>	200	200	20	20	
<i>Cycle time</i>	3,24	3,54	9,3	9	25

Inspection & Touch Up

No	<i>Time (sec)</i>			
	<i>Touchup Operator 1</i>	<i>Touchup Operator 2</i>	<i>Touchup Operator 3</i>	Total
1	31	28	31	90
2	30	29	31	90
3	30	30	30	90
4	29	31	29	89
5	28	31	29	88
6	29	28	31	88
7	31	29	28	88
8	31	29	31	91
9	30	29	31	90
10	31	28	30	89
11	31	30	30	91
12	31	31	30	92
13	30	28	30	88
14	28	29	29	86
15	29	28	29	86
16	31	31	30	92
17	29	29	31	89
18	30	30	30	90
19	31	29	30	90
20	30	31	30	91
<i>Total Time</i>	600	588	600,0	1788
Jumlah produk	20	20	20	20
<i>Cycle time</i>	30	29,4	30,00	89

OQC

No	<i>Time (sec)</i>			
	OQC1	OQC2	OQC3	Total
1	25	17	18	60
2	21	20	19	60
3	22	23	15	60
4	21	23	16	60
5	24	17	19	60
6	24	17	19	60
7	20	22	18	60
8	23	20	17	60
9	22	20	18	60
10	22	20	18	60
11	22	20	18	60
12	18	23	19	60
13	27	18	15	60
14	27	18	15	60
15	21	22	17	60
16	24	18	18	60
17	19	22	19	60
18	22	20	18	60
19	21	22	17	60
20	23	21	16	60
<i>Total Time</i>	448	403	349,0	1200
Jumlah produk	20	20	20	20
<i>Cycle time</i>	22,4	20,15	17,45	60

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 3. Kuisisioner Waste



KUISIONER

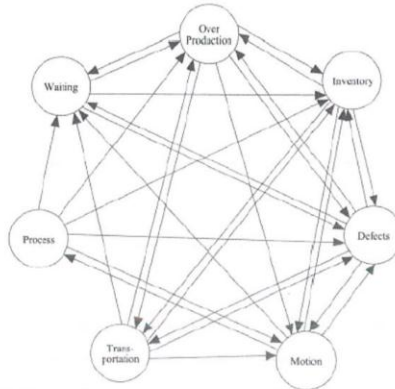
Kuisisioner ini bertujuan untuk proses penelitian dalam rangka penyelesaian Tesis Program Magister Manajemen Teknologi ITS Surabaya dengan judul :

Pendekatan *Lean Manufacturing* untuk Perbaikan Proses Produksi Speaker

Kebenaran data yang diungkapkan sangat dibutuhkan dalam penelitian ini, sehingga dimohon Bapak/Ibu/ Saudara dapat memberikan data yang sebenarnya. Data yang diperoleh dari kuisisioner ini akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan akademik. Atas kesediaan Bapak/Ibu/Saudara dalam mengisi kuisisioner ini disampaikan terima kasih.

Instruksi : Isilah tabel terlampir berdasarkan informasi berikut!

Menurut Rawabdeh (2005), semua *waste* saling bergantung, dan masing-masing *waste* memiliki pengaruh terhadap *waste* yang lain dan secara simultan dipengaruhi *waste* oleh yang lain. Hubungan antar *waste* kompleks karena pengaruh yang ditimbulkan dari tiap *waste* dapat berjalan secara langsung maupun tidak langsung.



Gambar 1. Hubungan antar *Waste*
 Sumber: Rawabdeh (2005)

Tabel 1. Penjelasan Hubungan Antar *Waste*

No.	Jenis Hubungan	Keterangan
1	O_I	Produksi berlebih membutuhkan bahan baku dalam jumlah besar yang menyebabkan penumpukan bahan baku dan dapat menghabiskan ruang dengan pertimbangan kondisi sementara tidak ada pelanggan yang mungkin memesan
2	O_D	Ketika operator melakukan produksi berlebih, kualitas part akan menurun mengingat banyaknya material yang digunakan untuk menggantikan produk yang <i>defect</i> .



No.	Jenis Hubungan	Keterangan
3	O_M	Produksi berlebih mengarah ke perilaku tidak ergonomis, metode kerja yang tidak standar dan tidak mempertimbangkan gerakan (<i>motion</i>)
4	O_T	Produksi berlebih menyebabkan upaya transportasi yang lebih untuk mendukung jumlah bahan yang melimpah
5	O_W	Ketika produksi berlebih, hasil yang didapatkan pada waktu yang lebih lama dan pelanggan akan menunggu lebih lama
6	I_O	Semakin tinggi tingkat bahan baku dapat mendorong pekerja untuk bekerja lebih banyak.
7	I_D	Peningkatan inventory (RM, WIP, dan FG) akan meningkatkan kemungkinan terjadinya cacat dikarenakan kurangnya perhatian dan kondisi pergudangan.
8	I_M	Peningkatan inventory akan meningkatkan waktu untuk mencari, memilih, memindahkan dan menanganinya.
9	I_T	Peningkatan inventory suatu saat dapat menghalangi jalan yang tersedia, membuat kegiatan produksi lebih banyak menghabiskan waktu untuk transportasi
10	D_O	Produksi berlebih muncul untuk mengatasi kekurangan <i>part</i> karena cacat
11	D_I	Memproduksi bagian yang rusak yang perlu dikerjakan ulang yang berarti meningkatkan adanya <i>inventory</i> (WIP)
12	D_M	Memproduksi produk cacat meningkatkan waktu pencarian, pemilihan, dan pemeriksaan produk.
13	D_T	Perpindahan produk yang cacat ke area <i>rework</i> membuat terjadi pemborosan transportasi.
14	D_W	Proses <i>rework</i> membuat <i>part</i> selanjutnya menunggu untuk diproses
15	M_I	Metode kerja yang tidak standar menyebabkan meningkatnya WIP.
16	M_D	Kurangnya pelatihan dan standarisasi meningkatkan persentase cacat.
17	M_P	Ketika pekerjaan tidak standar, <i>waste</i> proses akan meningkat karena kurangnya pemahaman proses kerja.
18	M_W	Ketika tidak ada standar, waktu banyak digunakan untuk mencari, memindahkan, merakit, yang mengakibatkan peningkatan <i>part</i> yang menunggu diproses.
19	T_O	Produk yang dihasilkan menyesuaikan kapasitas <i>material handling</i> untuk menurunkan biaya transportasi per unit.
20	T_I	Kurangnya jumlah <i>material handling equipment</i> (MHE) dapat menyebabkan WIP yang dapat berpengaruh pada proses lainnya.
21	T_D	MHE yang tidak cocok suatu saat dapat merusak produk yang akhirnya menjadi cacat.
22	T_M	Ketika produk dipindahkan memungkinkan terjadinya pemborosan pergerakan melalui pencarian dan <i>double handling</i> .
23	T_W	Jika MHE tidak mencukupi, produk akan mengganggu dan menunggu dipindahkan.
24	P_O	Untuk mengurangi biaya operasi/waktu mesin, mesin didorong untuk beroperasi penuh, yang akhirnya menghasilkan kelebihan produksi.



No.	Jenis Hubungan	Keterangan
25	P_I	Menggabungkan operasi dalam satu sel akan mengurangi jumlah WIP karena menghilangkan <i>buffer</i>
26	P_D	Jika mesin tidak dirawat dengan benar, maka dapat menyebabkan cacat produksi.
27	P_M	Teknologi baru dari proses yang kurang pelatihan menciptakan pemborosan dalam gerak.
28	P_W	Ketika teknologi yang digunakan tidak sesuai, <i>setup time</i> dan <i>repetitive down time</i> sudah pasti akan menambah waktu tunggu.
29	W_O	Ketika sebuah mesin menunggu karena <i>supplier</i> melayani konsumen lain, mesin ini suatu saat akan dipaksa untuk memproduksi lebih untuk menjaga untuk membuat proses tetap berjalan
30	W_I	Menunggu berarti lebih banyak item daripada yang dibutuhkan pada titik tertentu, apakah itu RM, WIP atau FG.
31	W_D	Item yang menunggu dapat menyebabkan kerusakan karena kondisi yang tidak sesuai.

Sumber: Rawabdeh (2005)

IDENTITAS RESPONDEN

NIK : FE 0207003
Nama : MUHAMMAD ENUSAR
Section : PROD - PCB
Lama Bekerja : 18 tahun.



Pertanyaan 1 : Apakah / menghasilkan j?				
i	j	Selalu	Kadang-kadang	Tidak Pernah
OVER PRODUCTION	INVENTORY			✓
	DEFECT			✓
	MOTION			✓
	TRANSPORTATION			✓
	PROCESS			✓
	WAITING			✓
INVENTORY	OVER PRODUCTION			✓
	DEFECT		✓	
	MOTION		✓	
	TRANSPORTATION		✓	
	PROCESS		✓	
	WAITING		✓	
DEFECT	INVENTORY	✓		
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION		✓	
	TRANSPORTATION		✓	
	PROCESS		✓	
	WAITING		✓	
MOTION	DEFECT		✓	
	OVER PRODUCTION			✓
	INVENTORY	✓		
	TRANSPORTATION		✓	
	PROCESS		✓	
	WAITING		✓	
TRANSPORTATION	DEFECT		✓	
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION	✓		
	INVENTORY	✓		
	PROCESS		✓	
	WAITING		✓	
PROCESS	TRANSPORTATION	✓		
	DEFECT		✓	
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION	✓		
	INVENTORY	✓		
	WAITING		✓	
WAITING	PROCESS		✓	
	TRANSPORTATION	✓		
	DEFECT		✓	✓
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION	✓		
	INVENTORY		✓	



Pertanyaan 2 : Bagaimanakah jenis hubungan antara i dan j?				
i	j	Jika i naik, maka j naik	Jika i naik, maka j tetap	Tidak tentu tergantung keadaan
OVER PRODUCTION	INVENTORY			✓
	DEFECT			✓
	MOTION			✓
	TRANSPORTATION			✓
	PROCESS			✓
	WAITING			✓
INVENTORY	OVER PRODUCTION			✓
	DEFECT			✓
	MOTION		✓	
	TRANSPORTATION			✓
	PROCESS	✓		
DEFECT	WAITING		✓	
	INVENTORY	✓		
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION		✓	
	TRANSPORTATION		✓	
MOTION	PROCESS		✓	
	WAITING			✓
	TRANSPORTATION	✓		
	INVENTORY	✓		
	OVER PRODUCTION			✓
TRANSPORTATION	DEFECT			✓
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION	✓		
	INVENTORY	✓		
	PROCESS	✓		
PROCESS	WAITING			✓
	TRANSPORTATION		✓	
	DEFECT			✓
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION			✓
WAITING	INVENTORY		✓	
	PROCESS		✓	
	TRANSPORTATION	✓		
	DEFECT			✓
	OVER PRODUCTION			✓
MOTION	MOTION	✓		
	INVENTORY		✓	
	TRANSPORTATION			✓
	DEFECT			✓



Pertanyaan 3 : Bagaimanakah dampak terhadap j karena i?				
<i>i</i>	<i>j</i>	Tampak secara langsung & jelas	Butuh waktu untuk muncul	Tidak sering muncul
OVER PRODUCTION	INVENTORY			✓
	DEFECT			✓
	MOTION			✓
	TRANSPORTATION			✓
	PROCESS			✓
	WAITING			✓
INVENTORY	OVER PRODUCTION			✓
	DEFECT		✓	
	MOTION	✓		
	TRANSPORTATION	✓		
	PROCESS	✓		
	WAITING			✓
DEFECT	INVENTORY		✓	
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION		✓	
	TRANSPORTATION		✓	
	PROCESS		✓	
	WAITING			✓
MOTION	DEFECT		✓	
	OVER PRODUCTION			✓
	INVENTORY		✓	
	TRANSPORTATION	✓		
	PROCESS	✓		
	WAITING			✓
TRANSPORTATION	DEFECT		✓	
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION	✓		
	INVENTORY	✓		
	PROCESS			✓
	WAITING			✓
PROCESS	TRANSPORTATION		✓	
	DEFECT			✓
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION			✓
	INVENTORY			✓
	WAITING			✓
WAITING	PROCESS		✓	
	TRANSPORTATION	✓		
	DEFECT			✓
	OVER PRODUCTION			✓
	MOTION			✓
	INVENTORY			✓

Lampiran 4. Data *Corrective Maintenance*

Area	Machine ID	Start Trouble	Repair Aktual	Prepare Time (menit)	Repair Time (menit)	Sparepart Time (menit)	Install Time (menit)	Total Time (menit)	Total Cost
AI	MNT00265	1/7/2019 16:18	1/7/2019 16:21	0	3	0	0	3	Rp 1.275,00
AI	MNT00262	1/11/2019 11:16	1/11/2019 11:18	0	1	0	0	1	Rp 425,00
AI	MNT00265	4/15/2019 8:00	4/24/2019 16:17	456	6500	0	6500	13456	Rp 5.718.800,00
AI	MNT00267	9/9/2019 6:42	9/9/2019 7:44	0	61	0	0	61	Rp 25.925,00
AI	MNT00266	9/9/2019 6:50	9/13/2019 14:36	26	6000	0	200	6226	Rp 2.646.050,00
MI	MNT00309	10/16/2018 14:00	10/16/2018 15:56	15	100	0	0	115	Rp 48.875,00
MI	MNT00309	10/16/2018 14:00	10/16/2018 15:08	0	67	0	0	67	Rp 28.475,00
MI	MNT00305	10/16/2018 14:10	10/16/2018 15:23	0	72	0	0	72	Rp 30.600,00
MI	MNT00305	10/16/2018 17:44	10/16/2018 20:04	40	100	0	0	140	Rp 59.500,00
MI	MNT00306	10/16/2018 17:44	10/16/2018 20:05	40	100	0	0	140	Rp 59.500,00
MI	MNT00307	10/16/2018 17:45	10/16/2018 20:06	41	100	0	0	141	Rp 59.925,00
MI	MNT00305	10/17/2018 14:27	10/17/2018 15:20	0	52	0	0	52	Rp 22.100,00
MI	MNT00305	10/18/2018 9:02	10/25/2018 8:14	31	10000	0	0	10031	Rp 4.263.175,00
MI	MNT00306	10/19/2018 16:59	10/19/2018 20:35	15	200	0	0	215	Rp 91.375,00
MI	MNT00307	10/19/2018 17:00	10/19/2018 20:35	15	200	0	0	215	Rp 91.375,00
MI	MNT00307	10/19/2018 20:37	10/19/2018 22:42	24	100	0	0	124	Rp 52.700,00
MI	MNT00309	10/21/2018 23:37	10/21/2018 23:55	0	18	0	0	18	Rp 7.650,00
MI	MNT00309	10/22/2018 8:05	10/22/2018 9:12	0	67	0	0	67	Rp 28.475,00

Area	Machine ID	Start Trouble	Repair Aktual	Prepare Time (menit)	Repair Time (menit)	Sparepart Time (menit)	Install Time (menit)	Total Time (menit)	Total Cost
MI	MNT00305	10/23/2018 13:33	10/25/2018 8:15	62	2000	0	500	2562	Rp 1.088.850,00
MI	MNT00306	10/26/2018 10:23	10/29/2018 16:11	68	4000	0	800	4668	Rp 1.983.900,00
MI	MNT00306	10/30/2018 9:52	11/6/2018 11:17	165	10000	0	0	10165	Rp 4.320.125,00
MI	MNT00309	10/31/2018 9:54	11/1/2018 8:44	70	1300	0	0	1370	Rp 582.250,00
MI	MNT00305	10/31/2018 9:56	11/6/2018 11:20	23	8000	0	700	8723	Rp 3.707.275,00
MI	MNT00309	11/6/2018 9:18	11/8/2018 9:02	63	2000	-	400	2863	Rp 1.216.775,00
MI	MNT00309	11/8/2018 8:48	11/8/2018 9:19	0	31	0	0	31	Rp 13.175,00
MI	MNT00308	11/15/2018 16:10	11/15/2018 21:39	29	300	0	0	329	Rp 139.825,00
MI	MNT00305	11/15/2018 16:12	11/15/2018 21:42	30	300	0	0	330	Rp 140.250,00
MI	MNT00307	11/20/2018 22:43	11/20/2018 23:44	0	61	0	0	61	Rp 25.925,00
MI	MNT00309	11/21/2018 10:49	11/21/2018 10:55	0	5	0	0	5	Rp 2.125,00
MI	MNT00310	11/26/2018 6:03	11/27/2018 8:21	20	0	0	0	1577	Rp 670.225,00
MI	MNT00308	12/17/2018 10:27	12/18/2018 9:48	58	200	0	0	1401	Rp 595.425,00
MI	MNT00309	1/31/2019 7:41	2/4/2019 9:28	72	400	0	0	5866	Rp 2.493.050,00
MI	MNT00308	2/4/2019 2:06	2/4/2019 9:31	44	400	0	0	444	Rp 188.700,00
MI	MNT00309	3/4/2019 10:05	3/6/2019 8:54	809	1000	0	1000	2809	Rp 1.193.825,00
MI	MNT00310	3/4/2019 10:12	3/4/2019 10:27	0	15	0	0	15	Rp 6.375,00
MI	MNT00306	3/21/2019 10:00	3/27/2019 13:04	0	1300	0	0	8824	Rp 3.750.200,00
MI	MNT00308	4/8/2019 9:00	4/8/2019 9:38	-	38	0	0	38	Rp 16.150,00
MI	MNT00306	4/24/2019 11:29	4/24/2019 15:41	51	200	0	0	251	Rp 106.675,00
MI	MNT00308	4/29/2019 7:44	4/29/2019 9:39	14	50	0	50	114	Rp 48.450,00
MI	MNT00307	5/6/2019 2:40	5/6/2019 16:08	7	200	0	200	807	Rp 342.975,00

Area	Machine ID	Start Trouble	Repair Aktual	Prepare Time (menit)	Repair Time (menit)	Sparepart Time (menit)	Install Time (menit)	Total Time (menit)	Total Cost
MI	MNT00306	6/10/2019 9:55	6/10/2019 10:45	0	50	0	0	50	Rp 21.250,00
MI	MNT00308	6/11/2019 10:30	6/11/2019 10:38	0	8	0	0	8	Rp 3.400,00
MI	MNT00308	6/11/2019 10:39	6/11/2019 11:15	0	35	0	0	35	Rp 14.875,00
MI	MNT00307	6/17/2019 11:25	6/17/2019 14:39	94	100	0	0	194	Rp 82.450,00
MI	MNT00305	6/20/2019 11:52	6/21/2019 8:50	57	1000	0	200	1257	Rp 534.225,00
MI	MNT00309	6/21/2019 15:24	6/21/2019 17:20	15	100	0	0	115	Rp 48.875,00
MI	MNT00306	6/21/2019 15:25	6/21/2019 17:30	24	100	0	0	124	Rp 52.700,00
MI	MNT00309	6/26/2019 5:04	6/27/2019 7:38	93	1000	0	500	1593	Rp 677.025,00
MI	MNT00308	7/9/2019 10:54	7/9/2019 11:14	0	20	0	0	20	Rp 8.500,00
MI	MNT00309	7/10/2019 22:30	7/11/2019 15:58	48	1000	0	0	1048	Rp 445.400,00
MI	MNT00309	8/7/2019 6:00	8/7/2019 9:18	98	100	0	0	198	Rp 84.150,00
MI	MNT00305	8/9/2019 15:50	8/10/2019 12:32	41	1000	0	200	1241	Rp 527.425,00
MI	MNT00306	8/10/2019 15:53	8/12/2019 8:08	15	2000	0	400	2415	Rp 1.026.375,00
MI	MNT00308	8/12/2019 23:34	8/13/2019 15:48	74	450	0	450	974	Rp 413.950,00
MI	MNT00308	8/14/2019 5:50	8/14/2019 8:05	35	100	0	0	135	Rp 57.375,00
MI	MNT00309	9/6/2019 5:32	9/6/2019 8:36	84	100	0	0	184	Rp 78.200,00
MI	MNT00309	10/10/2019 9:26	10/14/2019 9:50	784	2500	0	2500	5784	Rp 2.458.200,00
MI	MNT00309	10/10/2019 13:04	10/14/2019 9:55	571	2500	0	2500	5571	Rp 2.367.675,00
MI	MNT00310	10/14/2019 9:17	10/14/2019 10:21	0	63	0	0	63	Rp 26.775,00
MI	MNT00308	10/14/2019 10:12	10/19/2019 15:25	530	4000	0	3000	7513	Rp 3.193.025,00
MI	MNT00308	10/15/2019 8:02	10/15/2019 9:15	0	72	0	0	72	Rp 30.600,00
MI	MNT00309	10/15/2019 8:33	10/15/2019 9:16	0	42	0	0	42	Rp 17.850,00

Area	Machine ID	Start Trouble	Repair Aktual	Prepare Time (menit)	Repair Time (menit)	Sparepart Time (menit)	Install Time (menit)	Total Time (menit)	Total Cost
MI	MNT00308	10/17/2019 13:10	10/18/2019 13:58	87	1000	0	400	1487	Rp 631.975,00
MI	MNT00306	10/17/2019 15:24	10/19/2019 15:29	84	800	0	0	2884	Rp 1.225.700,00
MI	MNT00308	10/22/2019 4:49	10/22/2019 12:13	44	400	0	0	444	Rp 188.700,00
MI	MNT00308	11/11/2019 9:00	11/11/2019 13:30	70	100	0	100	270	Rp 114.750,00
SMT	MNT00279	12/18/2018 12:03	12/21/2018 7:29	45	4000	0	0	4045	Rp 1.719.125,00
SMT	MNT00276	2/27/2019 8:52	2/27/2019 10:47	15	100	0	0	115	Rp 48.875,00
SMT	MNT00279	2/27/2019 9:18	2/27/2019 10:06	0	47	0	0	47	Rp 19.975,00
SMT	MNT00275	3/18/2019 10:37	3/27/2019 11:21	62	0	5500	0	13003	Rp 5.526.275,00
SMT	MNT00280	3/27/2019 10:58	3/27/2019 11:17	0	18	0	0	18	Rp 7.650,00
SMT	MNT00280	3/27/2019 11:03	3/27/2019 12:55	0	110	0	0	112	Rp 47.600,00
SMT	MNT00277	4/4/2019 10:10	4/6/2019 8:28	78	2000	0	700	2778	Rp 1.180.650,00
SMT	MNT00278	7/16/2019 11:37	7/17/2019 9:56	58	1000	0	300	1338	Rp 568.650,00
SMT	MNT00286	7/23/2019 8:33	7/23/2019 8:58	0	24	0	0	24	Rp 10.200,00
SMT	MNT00295	8/13/2019 11:00	8/13/2019 11:19	0	18	0	0	18	Rp 7.650,00
SMT	MNT00269	9/23/2019 5:42	9/24/2019 7:36	54	1500	0	0	1554	Rp 660.450,00
SMT	MNT00291	10/4/2019 9:12	10/4/2019 11:44	51	100	0	0	151	Rp 64.175,00
SMT	MNT00268	10/20/2019 23:12	10/22/2019 11:55	203	1000	0	1000	2203	Rp 936.275,00
Total Cost									Rp 60.997.700,00

BIODATA PENULIS



Nastiti Puji Lestari dilahirkan di Malang, 4 Januari 1992. Putri kedua dari dua bersaudara dari pasangan Drs. Supriyanto, MT, dan Dra. Susi Nurani. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis antara lain SDN Arjosari 3 Malang (lulus tahun 2004), SMP Negeri 3 Malang (lulus tahun 2017), SMA Negeri 3 Malang (lulus tahun 2010), dan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya (lulus tahun 2014). Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang magister di Program Studi Manajemen Industri Departemen Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (lulus tahun 2020).

Publikasi ilmiah yang telah dilakukan penulis berjudul Analisis Sistem Produksi terhadap *Profit* Perusahaan dengan Pendekatan Simulasi Sistem Dinamik (Studi Kasus : PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang yang dimuat pada Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Vol 2 No 5 (2014)

Penghargaan yang diterima penulis diantaranya Juara I *Industrial on Small Medium Enterprise Competition* (2012), Juara I *Ma Chung Intelligence Battle - Industrial Challenge* (2013), dan Lulusan Terbaik Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada Wisuda Periode II Tahun 2014.

Penulis dapat dihubungi melalui email : lestari.nastitipuji@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan