

**PENERAPAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS PADA WASTE
ASSESSMENT DALAM PENENTUAN LEAN TOOLS**

(STUDI KASUS: PT. YAMAHA INDONESIA (BASS STRING))

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Muhammad Andika

Nomor Mahasiswa : 15 522 355

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah saya akui bahwa karya ini adalah karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang setiap salah satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika ditemukan dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang saya terima untuk ditarik oleh Universitas Islam Indonesia.

Jakarta, Februari 2020



Muhammad Andika

15 522 355



LEMBAR PENELITIAN**PT. YAMAHA INDONESIA**

Jl. Rawagelam I/5, Kawasan Industri Pulogadung
Jakarta 13930 Indonesia, PO. Box. 1190/JAT
Telp. : (62 - 21) 4619171 (Hunting) Fax. : 4602864, 4607077

SURAT KETERANGAN

No. : 602 /YI/ PKL /II/2020

Kami yang bertandatangan dibawah ini, Bagian Human Resource Development (HRD) PT. YAMAHA INDONESIA dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : MUHAMMAD ANDIKA
Nomor Induk Mahasiswa : 155 22 355
Jurusan : TEHNIK INDUSTRI
Fakultas : TEKNOLOGI INDUSTRI
Alamat : UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA –YOGYAKARTA

Telah melakukan program Internship melalui penelitian dan pengamatan dalam program Kerja Praktek dengan Judul "*Penerapan Failure Mode and Effect Analysis pada Waste Assesment dalam Penentuan Lean Tools (Studi Kasus: PT. Yamaha Indonesia (Bass String))*".

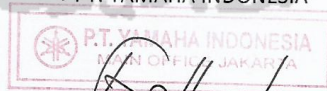
Program ini dilaksanakan mulai Tanggal 2 September 2019 sampai dengan Tanggal 28 Februari 2020. Kami mengucapkan terima kasih atas usaha dan partisipasi yang telah diberikan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 28 Februari 2020

HRD Department

PT. YAMAHA INDONESIA



Kalkausar Chatid
Manager

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**PENERAPAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS PADA WASTE
ASSESSMENT DALAM PENENTUAN LEAN TOOLS****(STUDI KASUS: PT. YAMAHA INDONESIA (BASS STRING))****TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Andika
NIM : 15522355
Fak/Jurusan : FTI/Teknik Industri

Yogyakarta, 7 Februari 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Muhammad Ridwan Andi Purnomo S.T., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PENERAPAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* PADA *WASTE ASSESSMENT* DALAM PENENTUAN *LEAN TOOLS*

(STUDI KASUS : PT. YAMAHA INDONESIA (BASS STRING))

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Andika

NIM : 15522355

Fak/Jurusan : FTI/Teknik Industri

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata I Teknik Industri.

Jakarta, 26 Februari 2020

Tim Penguji

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S. T., M. Sc., Ph. D

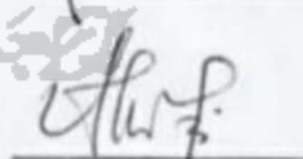
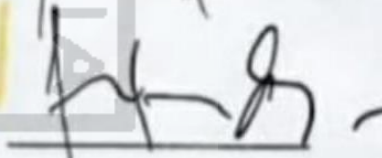
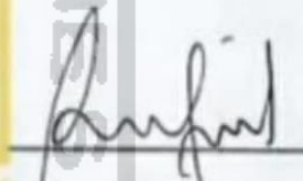
Ketua

Dr. Taufiq Immawan, S. T., M. M

Anggota I

Andi, S. S. T

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil 'alamin, terimakasih semuanya.



HALAMAN MOTTO

“It ain’t much but it’s honest work” -Anonymous



KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr.wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur bagi Allah *Subhanahu Wata'ala* yang memberikan kesempatan dan kemampuan untuk dapat memenuhi kewajiban dalam menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Penerapan *Failure Mode And Effect Analysis* pada *Waste Assessment* dalam penentuan *Lean Tools*” (Studi Kasus: PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*)). Adapun penyusunan tugas akhir ini bertujuan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata-1 Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, tentunya tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan. Dengan segala hormat dan rasa terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan dan pandangan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Taufik Immawan, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Syamsudin, Bapak Faizin, Bapak Ahmad dan Bapak Imam atas bimbingan, arahan dan atas segala kesempatan yang telah diberikan kepada penulis dalam melaksanakan program magang di PT. Yamaha Indonesia.
6. Keluarga yang selalu mengarahkan, mendukung dan mendoakan atas setiap langkah yang dilakukan. Terutama Ibu saya Nurzaimar yang sudah memberikan dukungan materi yang besar dan Kakak saya dr.Frisca yang membantu saya menjaga kesehatan.
7. Rekan – rekan teknik industri UII yang telah memberikan dukungan moral maupun materiil, khususnya teman yang sudah bersama dari awal di UII yaitu Arief, Danang, Iqbal, Kevin, Khalis, Kharis dan Shofa.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu – persatu yang telah membantu dalam penulisan ini.

Akhir kata, semoga penulisan tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi semua pihak khususnya di dunia pendidikan. Penulis mengharapkan pula kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan kedepannya.

Wassalamu 'alaikum wr.wb

Jakarta, Februari 2020

Muhammad Andika

ABSTRAK

Peningkatan biaya kebutuhan produksi memaksa perusahaan untuk melakukan penghematan untuk tetap bertahan, karena menaikkan harga produk memiliki resiko tinggi. PT. Yamaha Indonesia perusahaan merupakan satu dari tiga pabrik Yamaha Corporation diseluruh dunia yang memproduksi piano, dimana pabrik lainnya telah ditutup untuk melakukan efisiensi. *Lean Manufacturing* merupakan pendekatan populer dan efektif dalam mencapai penghematan lini produksi dengan mengurangi 7 waste, efektivitas implementasi *lean tools* tidak lagi diragukan, namun tidak sedikit perusahaan yang gagal atau tidak maksimal dalam memanfaatkan konsep ini, karena *lean tools* yang diterapkan tidak sesuai dengan keadaan produksi dan kemampuan perusahaan yang ada. Melalui integrasi *Waste Assessment Model* dan FMEA, maka lini produksi dapat dipahami dengan baik, pemilihan *lean tools* juga menjadi lebih tepat karena tidak hanya keadaan produksi dan pemborosan produksi, tetapi kemampuan investasi perusahaan juga dipertimbangkan. Hasil identifikasi pemborosan (7 waste) perusahaan pada departemen Bass String didapatkan pengaruh defect 23.12%, inventory 17.10%, motion 15.83%, waiting 12.06%, transportation 11.75%, process 11.65% dan terakhir overproduction 8.49% dengan *Lean Tools* yang memiliki nilai prioritas utama untuk melakukan eliminasi adalah TPM (2277.83), *standardize works* (1856.34) dan JIT (1549.14).

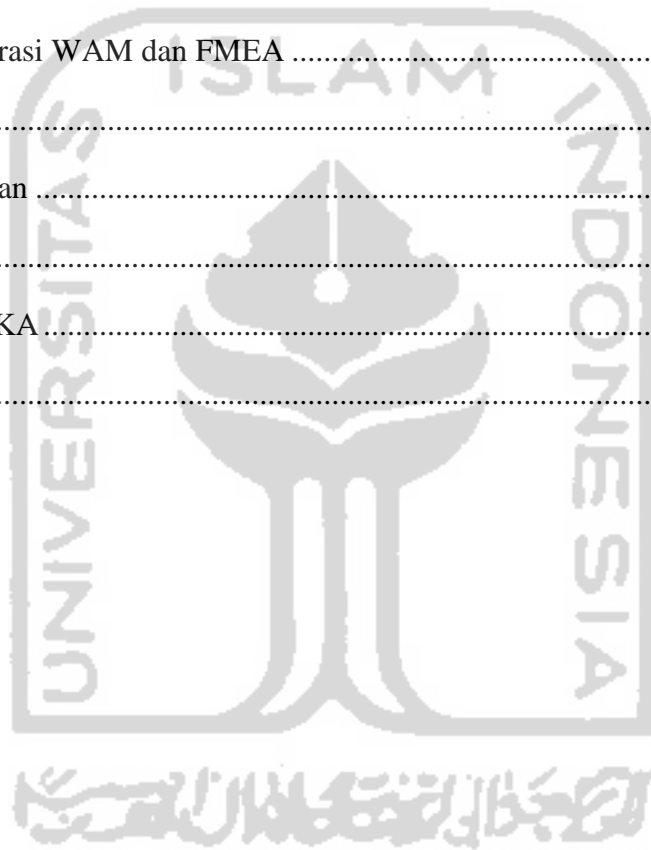
Kata Kunci: *Lean Manufacturing, Lean Tools, Waste Assessment Model, FMEA, 7 waste.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
2.1 Kajian Literatur Deduktif	6
2.1.1 <i>Lean Manufacturing</i>	6
2.1.2 <i>Waste Assessment Model</i>	8
2.1.3 <i>7 Wastes</i> dan hubungannya.....	8
2.1.4 <i>Waste Relationship Matrix</i>	13

2.1.5	<i>Waste Assessment Questionnaire</i>	15
2.1.6	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	16
2.1.7	Integrasi <i>Waste Assessment Model</i> dan <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> ..	16
2.2	Kajian Literatur Induktif	17
BAB III		22
3.1	Lokasi dan Objek Penelitian	22
3.2	Jenis Data	22
3.2.1	Data Primer	22
3.2.2	Data Sekunder.....	22
3.3	Pengumpulan Data	23
3.3.1	Wawancara dan <i>Brainstorming</i>	23
3.3.2	Observasi	23
3.3.3	Studi Literatur	23
3.4	Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1	Tahap Persiapan	23
3.4.2	Tahap Pengumpulan Data	24
3.4.3	Tahap Pengolahan dan Analisis Data	24
3.5	Pembangunan Matriks Integrasi WAM dan FMEA	24
BAB IV		26
4.1	Pengumpulan Data	26
4.1.1	Gambaran Umum Perusahaan dan Departemen	26
4.1.2	Proses Produksi <i>Bass String</i>	27
4.1.3	<i>Layout</i> departemen <i>Bass String</i>	29
4.1.4	Rekapitulasi kuesioner <i>7 Waste Relationship</i>	30
4.1.5	Rekapitulasi WAQ.....	32
4.2	Pengolahan Data.....	33
4.2.1	Pengolahan <i>Waste Relationship Matrix</i>	33

4.2.2	Pengolahan WRM dan WAQ	34
4.2.3	Matriks Integrasi WAM dan WAQ	41
BAB V		42
5.1	Analisis <i>Waste Assessment Model</i> (WAM).....	42
5.2	Analisis Matriks Integrasi WAM dan FMEA	45
5.3	Kekurangan Penelitian	48
5.4.1	Waste Assessment Model	48
5.4.2	Integrasi WAM dan FMEA	48
BAB VI.....		49
6.1	Kesimpulan	49
6.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN.....		53



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keterangan hubungan pemborosan.....	10
Tabel 2. Kuesioner hubungan pemborosan.....	12
Tabel 3. <i>Waste Relationship Matrix</i>	14
Tabel 4. Nilai konversi pada WRM	14
Tabel 5. <i>State of the Art</i> penelitian.	17
Tabel 6. Matriks integrasi WAM dan FMEA	25
Tabel 7. Rekapitulasi hasil kuesioner <i>7 waste relationship</i>	30
Tabel 8. Rekapitulasi hasil kuesioner WAQ.....	32
Tabel 9. Jumlah pertanyaan masing-masing kondisi pemborosan.	33
Tabel 10. Matriks kekuatan hubungan langsung antara pemborosan.....	33
Tabel 11. Perhitungan matriks hubungan langsung antara pemborosan	34
Tabel 12. Pencocokan skor hubungan pemborosan dan tipe pertanyaan	34
Tabel 13. Pembobotan nilai awal.....	36
Tabel 14. Pembobotan Akhir	38
Tabel 15. Nilai akhir WAM.....	40
Tabel 16. Pengolahan Matriks Integrasi WRM dan WAQ.....	41
Tabel 17. Efektivitas <i>lean tools</i> terhadap eliminasi pemborosan.	45
Tabel 18. Urutan nilai efektivitas tiap <i>tools</i> dari yang tertinggi dan kesulitan.....	46
Tabel 19. <i>Lean Tools</i> prioritas	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hubungan pemborosan	10
Gambar 2. Proses Produksi pada Departemen <i>Bass String</i>	27
Gambar 3. <i>Layout</i> departemen <i>Bass String</i>	29



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Yamaha Indonesia merupakan industri yang bergerak dibidang instrumen musik, khususnya piano, PT. Yamaha Indonesia merupakan satu dari tiga dari pabrik dari Yamaha Corporation diseluruh dunia yang memproduksi piano dan satu-satunya di Indonesia, sebagai perusahaan penghasil piano terbesar di dunia, jumlah pabriknya semakin berkurang karena persaingan industri yang ketat.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2018), sektor industri manufaktur masih memegang kontribusi terbesar terhadap pendapatan nasional, sehingga keberadaan industri-industri harus tetap bertahan untuk menjaga perekonomian. PT. Yamaha Indonesia merupakan perusahaan padat karya, dimana tenaga manusia sangat dibutuhkan dalam pelaksanaannya, sedangkan Upah Minimum Provinsi (UMP) selalu meningkat, di DKI Jakarta dimana PT. Yamaha Indonesia berlokasi, UMP meningkat dengan rata-rata 11% pertahunnya dengan inflasi sekitar 5%. Kenaikan biaya dari sumber daya yang ada harus diimbangi dengan melakukan penghematan dalam kegiatan produksi, sehingga perusahaan tetap dapat bertahan tanpa menaikkan harga jual yang beresiko terhadap turunnya jumlah konsumen, penghematan juga tidak bisa dilakukan dengan menurunkan kualitas produk atau material (Stadnicka & Litwin, 2018). Penghematan dan pemanfaatan sumberdaya yang baik berarti peningkatan produktivitas, namun kegiatan ini masih menjadi masalah perusahaan di negara berkembang (Goshime et al., 2018)

Lean manufacturing merupakan pendekatan yang populer dan efektif dalam mencapai perbaikan lini produksi, pendekatan ini bertujuan dalam mengeliminasi berbagai macam pemborosan dengan perbaikan yang berkelanjutan (Möldner et al., 2018). Menurut Pavnaskar et al. (2003) meskipun penerapan konsep ini telah banyak

berhasil dan terbukti diseluruh dunia, masih terdapat kesalahan dalam penerapan *lean* di beberapa perusahaan. Penerapan *lean* tidak semudah yang dikira, diperlukan dedikasi dari seluruh anggota, ketelitian, kepemimpinan yang kuat dan pengetahuan tentang konsep ini.

Terdapat tujuh pemborosan penting dalam penerapan *lean* yang biasa dikenal dengan *7 wastes* (Harry et al., 2010) dan tidak mungkin semua pemborosan dapat dieliminasi seutuhnya karena tidak ada pemborosan yang berdiri sendiri, tiap pemborosan saling mempengaruhi pemborosan lainnya, tetapi dengan mempelajari karakteristik tiap pemborosan dan hubungannya maka pemborosan dapat dikurangi seminimum mungkin (Gopinath & Freiheit, 2012).

Rawabdeh (2005) mengembangkan *Waste Assessment Model* untuk memahami hubungan-hubungan pada lini produksi, *Waste Assessment* ini terdiri dari *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). Penggunaan model ini mampu memunculkan hubungan yang terjadi antara tiap pemborosan sesuai kondisi manufaktur yang ada (Ali et al., 2015).

Penentuan tindakan *lean* tidak berhenti pada pembelajaran pemborosan yang ada, menurut Mostafa & Dumrak (2015) biaya dan kemudahan dalam penanganan pemborosan seharusnya menjadi faktor utama dalam pengambilan keputusan perusahaan, hal ini berkaitan dengan kapabilitas dan kemampuan investasi perusahaan terhadap tindakan. Berdasarkan pertimbangan ini maka penggunaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) direkomendasikan, dimana penanganan berdasar metode ini didasari lima kriteria yakni biaya penghilangan pemborosan, kemudahan dalam penghilangan, dampak perbaikan, kejadian dan deteksi penyebab pemborosan.

Kriteria penanganan pemborosan menggunakan FMEA akan menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) yang merupakan peringkat prioritas resiko atau pemborosan untuk dieliminasi, nilai RPN merupakan hasil perkalian antara dampak, kejadian dan deteksi pemborosan. Nilai ini memiliki makna serupa dengan nilai akhir dari *Waste Assessment Model* yaitu Y_{final} , yang merupakan hasil perkalian faktor indikasi dan kejadian pemborosan. Atas dasar ini penulis mengusulkan matriks baru hasil kombinasi antara *Waste Assessment Model* dan FMEA untuk mendapatkan pemahaman terhadap

penanganan pemborosan di lini produksi yang akurat tanpa mengenyampingkan faktor kemampuan keterampilan dan biaya perusahaan dalam mengambil tindakan *lean*.

Penerapan matriks ini akan dilakukan pada PT. Yamaha Indonesia departemen *Bass String*, PT. Yamaha Indonesia sudah memiliki kegiatan penghematan menggunakan konsep *lean manufacturing* menggunakan kaizen dan *value stream mapping* (VSM), namun setiap departemen dalam perusahaan memiliki karakteristik yang berbeda-beda, tentunya masalah pemborosan yang berbeda pula, maka dalam penelitian ini dilakukan identifikasi pemborosan menggunakan WAM untuk mempelajari pemborosan pada *Bass String* lebih mendalam, lalu dilakukan integrasi dengan metode FMEA untuk mengetahui *lean tools* paling sesuai dengan keadaan departemen tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*) saat ini terkait dengan pemborosan yang terjadi?
2. Bagaimana hasil identifikasi masalah yang menyebabkan pemborosan di PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*)?
3. Bagaiman solusi perbaikan yang harus dilakukan terhadap aspek pemborosan di PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*)?

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diangkat, maka tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menyimpulkan pemborosan yang paling dominan terjadi berdasarkan kondisi PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*) saat penelitian dilakukan.
2. Menganalisis inti masalah yang menyebabkan pemborosan di PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*).
3. Merancang solusi perbaikan dan mengevaluasi pengaruh perbaikan tersebut terhadap aspek pemborosan di PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari terlaksananya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pemborosan dengan pengaruh tertinggi yang ada pada lini produksi PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*).
2. Masalah yang menyebabkan terjadinya pemborosan dapat diidentifikasi, solusi yang disarankan telah disesuaikan dengan kapabilitas perusahaan.
3. Memperkaya khasanah keilmuan teknik industri khususnya *lean manufacturing*.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Pengumpulan data dan analisis pembahasan tidak dilakukan pada seluruh departemen PT. Yamaha Indonesia melainkan hanya pada departemen *Bass String*.
2. Penelitian dilakukan hingga tahap analisis teoritis.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penelitian digunakan untuk mempermudah penelitian dan penelitian tetap pada jalurnya. Berikut adalah sistematika penelitian yang digunakan.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan pendahuluan dari penelitian yang dilakukan yang berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan permasalahan, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini dimuat konsep dasar dan prinsip dasar yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Serta memuat kajian literatur deduktif dan induktif membuktikan bahwa topik penelitian yang diangkat memenuhi syarat dan kriteria yang telah dijelaskan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi objek penelitian, data yang digunakan dan tahapan dilakukan dalam penelitian. Metode yang dimaksud meliputi metode pengumpulan data, alat bantu analisis data, pembangunan model pemecahan masalah yang dipakai, dan data yang akan dianalisis dan dikaji.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai data-data yang telah dikumpulkan selama pengamatan berlangsung serta cara pengolahannya. Data yang diperoleh dan hasil analisis data ditampilkan dalam bentuk grafik ataupun tabel.

BAB V PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan analisis terkait hasil yang telah diperoleh dari pengolahan data dan kesesuaian antara tujuan penelitian dengan hasil pengolahan data.

BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pada bab ini diuraikan kesimpulan dari hasil analisis yang telah didapatkan serta rekomendasi atau saran-saran untuk menyelesaikan permasalahan yang ada serta berisi kajian untuk penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Pada bab kajian literatur dijelaskan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Adapun landasan teori pada kajian literatur ini berisi tentang konsep *Lean Manufacturing*, *Waste Assessment Model (WAM)* beserta aspek pendukungnya seperti *Waste Relationship Matrix (WRM)*, *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)* dan juga *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Kajian literatur induktif juga dipaparkan, hal ini terkait penelitian-penelitian sebelumnya yang berhubungan.

2.1 Kajian Literatur Deduktif

Kajian literatur deduktif berisi penjelasan teori-teori penunjang yang digunakan pada penelitian ini sebagai landasan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada serta menjawab rumusan masalah yang dikaji.

2.1.1 *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing memiliki banyak definisi, salah satu definisi yang paling populer adalah hal tersebut merupakan sekumpulan teknik yang ketika digabungkan secara baik, maka akan mengurangi dan mengeleminasi *the 7 wastes*. Sistem ini tidak hanya membuat perusahaan lebih ramping, tetapi akan membantunya lebih fleksibel dan responsif (Wilson, 2010), kerampingan dalam perusahaan pada umumnya dapat dicapai dengan menggunakan material dan gudang lebih sedikit, mengurangi pengeluaran atau sumberdaya, hingga pengurangan ruang.

Manfaat penerapan *Lean Manufacturing* telah terbukti diseluruh dunia, banyak perusahaan melaporkan peningkatan kualitas produk, pengurangan *cycle time*, berkurangnya *work in progress (WIP)*, meningkatnya ketepatan waktu pengiriman,

pengurangan gudang, meningkatnya produksi, pemanfaatan ruang lebih baik dan berbagai manfaat lainnya (Pavnaskar et al., 2003).

Terdapat banyak *lean tools* yang ada, setiapnya memiliki tujuan-tujuan yang berbeda-beda, Goshime et al. (2018) telah merangkum intisari dari beberapa *lean tools* yang populer dari beberapa literatur sebagai berikut:

1. Just-in-time (JIT)

Memenuhi kebutuhan pelanggan tepat waktu sesuai dengan jumlah yang dikehendaki pada lokasi yang tepat. JIT memungkinkan perusahaan untuk memiliki tingkat stok yang sedikit dan menekan *supplier* untuk memberikan bahan baku yang berkualitas baik.

2. Single-minute exchange of die (SMED)

Mengikuti urutan dan struktur bekerja untuk melakukan dan menyelesaikan pekerjaan dengan secepat mungkin.

3. Kanban

Komunikasi kebutuhan konsumen dari bawah ke atas, untuk memenuhi perubahan kuantitas.

4. Standard Work

Standar terhadap pergerakan, tindakan, batas kualitas, keamanan dan stok pekerjaan sehingga dapat mengurangi variasi pada siklus kerja.

5. Cellular Layout

Menata peralatan dan stasiun kerja dalam satu rangkaian terhubung sehingga proses produksi terjadi dalam satu tempat atau beberapa rangkaian.

6. Total Productive Maintenance (TPM)

Kegiatan membersihkan, melubrikasi, inspeksi dan mengencangkan mesin untuk mengurangi resiko kerusakan dan memperkuat efisiensi mesin.

7. 5S

Kegiatan memilah barang yang diinginkan dan tidak diinginkan di area kerja, menyimpan semua barang, alat dan alat bantu pada tempat seharusnya, membersihkan semua barang dan menjaganya.

8. Poka Yoke

Membangun sistem untuk menghindari kesalahan manusia dalam hal kualitas, keamanan dan hal lainnya.

9. Quality Circle

Membangun kualitas pada proses produksi, melakukan identifikasi kecacatan produk dan melakukan eliminasi langsung pada sumbernya.

10. Jidoka

Membuat proses yang dapat menghindari kecacatan dengan terus menguatkan kapabilitas proses.

11. Group Technology

Produk serupa diidentifikasi dan dikelompokkan bersama untuk mengambil keuntungan pada kemiripan dalam desain dan produksi.

12. Kaizen

Perbaikan kecil dalam perusahaan yang berkelanjutan.

13. Value Stream Mapping

Rangkaian metode dan tampilan visual aliran bahan baku dan informasi.

2.1.2 Waste Assessment Model

Waste Assessment Model berfungsi untuk memberikan penilaian terhadap pemborosan perusahaan, dimulai dengan menjelaskan definisi dari setiap pemborosan, kriteria ditentukan untuk menilai kekuatan dari hubungan langsung pemborosan yang menghasilkan matriks yang dikenal sebagai WRM untuk mengklasifikasi kekuatan dari hubungan dengan skala dari tidak penting hingga absolut. Selanjutnya kuesioner penilaian WAQ diperkenalkan untuk menggambarkan kondisi tertentu pada lini produksi (Rawabdeh, 2005).

2.1.3 7 Wastes dan hubungannya.

7 *Wastes* diidentifikasi oleh Taiichi Ohno sebagai hal yang tidak dapat dijadikan produk, 7 *wastes* merupakan aspek yang paling penting dari *lean* untuk diketahui, dimana objek ini terkait terhadap sesuatu yang tidak memberikan nilai tambah sama sekali atau bisa dikatakan pemborosan (*waste*) (Harry et al., 2010). Ketujuh pemborosan ini dapat diuraikan sebagai berikut (Hines & Rich, The seven value stream mapping tools, 1997):

1. Pemborosan produksi – *Overproduction* (O)

Pemborosan produksi ketika perusahaan menghasilkan barang melebihi dari permintaan konsumen, atau menghasilkan produk terlalu cepat dari tenggat yang dibutuhkan (El-Namrouty & AbuShaaban, 2013).

2. Pemborosan menunggu – *Waiting (W)*

Waktu yang terbuang akibat kondisi tidak aktif pada pekerja, informasi atau barang yang menyebabkan gangguan terhadap aliran produksi dan meningkatnya *lead time* (Hines & Taylor, 2000).

3. Pemborosan transportasi – *Transport (T)*

Perpindahan pekerja, informasi dan barang yang berlebihan, sehingga terdapat waktu, usaha dan biaya yang terbuang (Hines & Taylor, 2000).

4. Pemborosan proses – *Inappropriate Processing (P)*

Melakukan proses dengan peralatan yang tidak tepat, kesalahan prosedur atau sistem (Hines & Taylor, 2000), seringkali juga karena melakukan proses melebihi syarat minimum untuk transformasi barang (Gopinath & Freiheit, 2012).

5. Pemborosan gudang – *Unnecessary inventory (I)*

Penyimpanan barang berlebihan dan terjadinya keterlambatan informasi atau produk (Hines & Taylor, 2000).

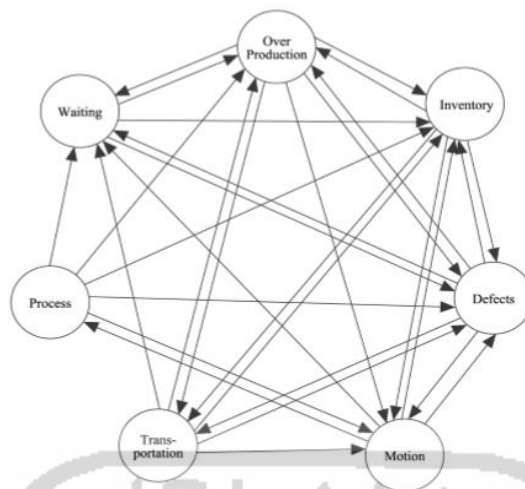
6. Pemborosan gerakan – *Unnecessary motion (M)*

Penataan tempat kerja yang buruk, menyebabkan kondisi yang tidak ergonomi, barang-barang sulit dicari bahkan hilang (Hines & Taylor, 2000).

7. Pemborosan produk cacat – *Defects (D)*

Kesalahan pada produksi yang mengganggu kualitas dan kesalahan pada pencatatan dokumen (Hines & Taylor, 2000).

Setiap pemborosan memiliki ketergantungan, tiap-tiapnya mempengaruhi dan dipengaruhi oleh pemborosan lainnya (Rawabdeh, 2005).



Gambar 1. Hubungan pemborosan

Sumber: Rawabdeh, 2005

Pada gambar diatas digambarkan interaksi langsung tiap *waste*, tiap hubungan diberikan simbol “_”, O_I mengindikasikan pengaruh langsung dari *Overproduction* (O) kepada *Inventory* (I), keseluruhannya dapat dijelaskan pada tabel dibawah:

Tabel 1. Keterangan hubungan pemborosan

Hubungan	Keterangan
O_I	Pemborosan produksi membutuhkan bahan baku yang banyak, menyebabkan meningkatnya penyimpanan dan WIP yang membutuhkan ruang.
O_D	Ketika pekerja menghasilkan lebih, kesadaran terhadap kualitas berkurang.
O_M	Pemborosan produksi menyebabkan perilaku tidak ergonomis.
O_T	Produksi berlebihan menyebabkan meningkatnya transportasi untuk menyeimbangi aliran barang.
O_W	Ketika memproduksi lebih, sumberdaya tertahan lebih lama, sehingga proses selanjutnya akan menunggu dan antrian membesar.
I_O	Jumlah bahan baku yang berlebihan memaksa pekerja untuk memproduksi lebih untuk meningkatkan keuntungan.

Hubungan	Keterangan
I_D	Tingginya stok akan meningkatkan probabilitas barang menjadi cacat karena kurangnya perawatan ataupun kondisi penyimpanan yang tidak sesuai.
I_M	Meningkatnya stok akan meningkatkan waktu yang digunakan untuk mencari, memilah, mengambil, menjangkau, bergerak dan membawa.
I_T	Meningkatnya barang, stok maupun WIP dapat mengganggu jalur produksi.
D_O	Produksi berlebihan dilakukan untuk mengantisipasi produk cacat.
D_I	Produk cacat harus diperbaiki sehingga terdapat WIP tambahan berupa stok.
D_M	Produk cacat menghasilkan tindakan inspeksi serta bertambahnya waktu mencari dan memilah.
D_T	Memindahkan barang cacat ke stasiun <i>rework</i> atau peningkatan <i>back streams</i> .
D_W	<i>Reworks</i> menggunakan stasiun kerja, sehingga barang selanjutnya tidak bisa diproses.
M_I	Pekerjaan diluar standar menyebabkan meningkatnya WIP.
M_D	Kurangnya pelatihan dan standarisasi berarti persentase produk cacat akan meningkat.
M_P	Ketika pekerjaan tidak terstandar, pemborosan proses akan meningkat karena kurangnya pemahaman teknologi.
M_W	Ketika standar tidak diatur, terjadi pemborosan waktu untuk mencari, meraih, bergerak, merakit sehingga barang lain tertunda untuk diproses.
T_O	Barang diproduksi lebih untuk optimalisasi kapasitas penggunaan alat <i>handling</i> .
T_I	Jumlah alat <i>handling</i> yang tidak sesuai menyebabkan penumpukan yang mengganggu proses lain.
T_D	Alat <i>handling</i> sangat berpengaruh terhadap terjaminnya kualitas produk.
T_M	Ketika barang dipindahkan maka terjadi peningkatan gerakan pemborosan seperti <i>handling</i> ganda dan mencari.
T_W	Jika alat <i>handling</i> tidak cukup, maka barang tidak dapat dipindahkan sehingga tidak dapat diproses.

Hubungan	Keterangan
P_O	Untuk mengurangi biaya produksi mesin per waktu, mesin dipaksa untuk terus aktif.
P_I	Menggabungkan proses dalam satu <i>cell</i> akan mengurangi jumlah WIP untuk menghilangkan <i>buffer</i> .
P_D	Jika mesin tidak dirawat dengan baik maka akan menghasilkan produk cacat.
P_M	Teknologi baru yang tidak diimbangkan dengan pelatihan yang cukup akan menyebabkan pemborosan gerakan.
P_W	Ketika teknologi tidak sesuai, waktu persiapan berulang akan terjadi.
W_O	Ketika mesin menunggu proses selanjutnya menghasilkan produk lain, maka mesin dipaksa tetap produksi.
W_I	Menunggu berarti terdapat barang lebih dari yang dibutuhkan pada titik tertentu.
W_D	Menunggu dapat menyebabkan produk cacat karena kondisi tertentu.

Kuesioner digunakan untuk menelusuri hubungan-hubungan antara pemborosan yang ada, model kuesioner yang digunakan adalah sebagai berikut: Figure 1

Tabel 2. Kuesioner hubungan pemborosan

No	Pertanyaan	Bobot
1	Apakah <i>i</i> menyebabkan <i>j</i> ?	
	Selalu	4
	Kadang-kadang	2
	Hampir tidak pernah	0
2	Apakah jenis hubungan antara <i>i</i> dan <i>j</i> ?	
	Bila <i>i</i> naik, maka <i>j</i> naik	2
	Bila <i>i</i> naik, maka <i>j</i> tetap	1
	Tidak tentu	0
3	Bagaimana akibat <i>j</i> dikarenakan <i>i</i> :	
	Muncul secara langsung dan jelas	4

No	Pertanyaan	Bobot
	Butuh waktu untuk muncul	2
	Tidak selalu muncul	0
4	Eliminasi terhadap akibat dari i pada j dicapai dengan:	
	Metode keteknikan	2
	Sederhana dan langsung	1
	Instruksional	0
5	Akibat dari j karena i , sangat mempengaruhi:	
	Kualitas produk	1
	Produktivitas	1
	<i>Lead Time</i>	1
	Kualitas dan produktivitas	2
	Produktivitas dan <i>lead time</i>	2
	Kualitas dan <i>lead time</i>	2
	Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Seberapa besar dampak i terhadap j meningkatkan <i>lead time</i> ?	
	Tinggi	4
	Sedang	2
	Rendah	0

Pada tabel kuesioner diatas, i mengindikasikan jenis pemborosan yang memberi dampak terhadap pemborosan jenis j , bobot tiap pertanyaan dijumlahkan untuk tiap hubungan untuk mengetahui kekuatan hubungan.

2.1.4 Waste Relationship Matrix

Waste Relationship Matrix (WRM) merupakan konsep matriks penghubung antara jenis *wastes* yang berbeda-beda. Matriks ini bertujuan untuk memunculkan hubungan yang terjadi antara tiap *wastes* yang terjadi saat melakukan proses manufaktur, *wastes* yang memiliki hubungan langsung yang kuat dengan *wastes* lainnya akan dipilih sebagai sumber kegiatan yang tidak memiliki nilai tambah dan akan diusahakan untuk

dihilangkan atau setidaknya dikurangi menggunakan *lean tools* sesuai kondisi manufaktur yang ada (Ali et al., 2015).

Matriks ini memiliki baris yang mengindikasikan akibat atau dampak dari pemborosan tertentu terhadap enam pemborosan lainnya pada kolom, diagonal pada matriks merupakan hubungan terkuat dari awal karena berisi hubungan pemborosan jenis tertentu terhadap pemborosan itu sendiri (Rawabdeh, 2005).

Tabel 3. *Waste Relationship Matrix*

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A						
I		A					
D			A				
M				A			
T					A		
P						A	
W							A

Matriks diberi nilai dari kuesioner hubungan yang telah dikonversi nilainya melalui pembobotan, apabila pemborosan tidak memiliki hubungan langsung maka dibobotkan menjadi 0 dengan simbol X, berikut ketentuannya:

Tabel 4. Nilai konversi pada WRM

Jarak	Jenis Hubungan	Simbol	Nilai
17 ke 20	Absolut	A	10
13 ke 16	Sangat kuat	E	8
9 ke 12	Kuat	I	6
5 ke 8	Biasa	O	4
1 ke 4	Tidak penting	U	2
0	Tidak ada hubungan	X	0

Hasil pembobotan tiap baris dan kolom kembali dijumlahkan untuk mendapatkan skor yang mewakili dampak sebuah pemborosan terhadap pemborosan-pemborosan lainnya, lalu dikonversi menjadi persentase untuk mendapatkan hasil yang lebih sederhana.

2.1.5 Waste Assessment Questionnaire

Waste Assessment Questionnaire merupakan kuesioner yang terdiri dari empat kategori, yaitu *man*, *material*, *method* dan *machine*. Keseluruhan kuesioner memiliki 68 pertanyaan berbeda, dengan jawaban yang terdiri dari iya, kadang-kadang dan tidak, tiap jawaban memiliki bobot 1, 0.5 dan 0 secara berurutan (Rawabdeh, 2005). Data yang dikumpulkan melalui kuesioner-kuesioner yang ada diolah menggunakan sebuah algoritma, dalam perhitungan awal digunakan rumus sebagai berikut:

$$S_j = \sum_{K=1}^K \frac{W_{j,k}}{N_i} \text{ for each type of waste } j$$

S_j merupakan skor dari *waste*, dan k merupakan nomor pertanyaan antara 1 dan 68. Selanjutnya, adalah menghilangkan efek dari pertanyaan bernilai kosong, tiap tipe *waste* yang direpresentasikan pada kolom, yang telah diberi bobot dihitung, dimana F_j adalah frekuensi *cell* yang tidak memiliki nilai kosong.

Tahap berikutnya bergantung terhadap jawaban WAM, tiap hasil baris *waste* dikalikan dengan bobot jawaban pertanyaan, dan diberikan simbol X_k . Nilai-nilai pada tiap kolom dalam tiap *waste* dijumlahkan untuk mendapatkan skor baru (s_j) menggunakan rumus:

$$s_j = \sum_{K=1}^K X_K \times \frac{W_{j,k}}{N_i} \text{ for each type of waste } j$$

Setelah perkalian, nomor dengan *cells* tanpa nilai kosong pada tiap kolom dihitung untuk mendapatkan frekuensi (f_j). Agar mendapatkan nilai awal faktor indikasi tiap *waste*, perhitungan dilakukan dengan memisahkan tiap jenis *waste*:

$$Y_j = \frac{S_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \text{ for each type of waste } j$$

Y_j merupakan faktor indikasi awal tiap *waste*. Namun, Y_j hanya merepresentasikan perhitungan matematis, sedangkan tiap jenis *waste* mempengaruhi *waste* lainnya dengan presentase tertentu. Untuk menerjemahkan nilai tersebut kedalam persentase, persentase “from” dan “to” diperoleh dari *waste matrix values* yang dikalikan untuk mendapat probabilitas dari kejadiannya (P_j). Setelahnya Y_j dikalikan dengan P_j untuk mendapat nilai faktor akhir ($Y_{j\text{final}}$).

$$Y_{j\text{final}} = Y_j \times P_j = \frac{S_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times P_j \text{ for each type of waste } j.$$

Dengan nilai tersebut, tiap *waste* dapat diurutkan berdasar nilainya.

2.1.6 Failure Mode and Effect Analysis

Pada bidang pengembangan produk dan proses, FMEA menghadirkan sebuah alat yang dapat diandalkan untuk mempelajari perkembangan dan hal-hal yang mengiringinya, hal ini digunakan untuk mengantisipasi potensi kegagalan dalam sistem dan mengevaluasi resiko-resiko dimasa depan sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan (Schüler & Buckley, 2015). Pengukuran resiko-resiko tersebut didapat dari perkalian terhadap probabilitas kejadian, dampak kerusakan, dan deteksi, disimbolkan sebagai *Risk Priority Number* (RPN) (Pujawan & Geraldin, 2009).

2.1.7 Integrasi Waste Assessment Model dan Failure Mode and Effect Analysis

Mostafa & Dumrak (2015) menjelaskan bahwa FMEA dapat digunakan dalam penghilangan pemborosan, dalam kasusnya FMEA digunakan dengan asumsi bahwa pemborosan merupakan *failure* atau kegagalan dalam memanfaatkan sumberdaya yang ada. Dalam penggunaannya FMEA harus memenuhi lima kriteria dasar, yaitu biaya penghilangan pemborosan, kemudahan dalam penghilangan, dampak perbaikan, kejadian dan deteksi penyebab pemborosan. Perkalian antara dampak, kejadian dan deteksi pemborosan akan menghasilkan *Risk Priority Number*, nilai ini digunakan sebagai nilai kerusakan yang diakibatkan pemborosan yang memiliki fungsi serupa dengan $Y_{j\text{final}}$ pada

WAM. Biaya dan kesulitan tindakan akan dinyatakan dalam skala, menurut Pujawan & Geraldin (2009) skala Likert ataupun skala lainnya dapat digunakan pada tingkat kesulitan implementasi tindakan pada FMEA selama skala tersebut dapat mewakili pendanaan maupun sumber daya lainnya yang dimiliki perusahaan dalam pelaksanaan tindakan,

2.2 Kajian Literatur Induktif

Penegasan *state of the art* dari penelitian akan dipaparkan dalam kajian induktif, penelitian-penelitian sebelumnya yang bersangkutan dalam segi metode maupun capaian akan dibandingkan. Hal ini akan menjadi penegasan bahwa hasil penelitian adalah penelitian yang baru, fokus penelitian yang akan dipaparkan adalah penelitian yang berhubungan dengan *lean manufacturing* dalam tiga tahun terakhir. Penelitian-penelitian berkaitan sebelumnya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. *State of the Art* penelitian.

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
1	<i>Implementation of Lean Manufacturing in Indian SMEs-A case study</i>	(Ramakrishnan et al., 2019)	Menggunakan konsep <i>Lean Manufacturing</i> melalui <i>Value Stream Mapping</i> (VSM) dan <i>Brainstorming</i>	Berdasarkan hasil observasi dan diskusi, peningkatan dan penerapan 5s, kaizen dan TPM dilakukan, terdapat penghematan sekitar 6 juta INR (1,1M rupiah) dalam penerapan <i>lean manufacturing</i> selama 18 bulan.

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
2	<i>Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit.</i>	(Deshkar et al., 2018)	Penggunaan <i>Value Stream Mapping</i> (VSM) dan model simulasi untuk mempelajari keadaan lini produksi.	Simulasi dari <i>current state map</i> dianalisis, sehingga dibuat model perbaikan yang mampu meningkatkan produksi dari 28 gulung menjadi 50 gulung.
3	<i>Improving manufacturing productivity by combining cognitive engineering and lean-six sigma methods.</i>	(Gleeson et al., 2019)	Pengembangan metode <i>Lean Six Sigma</i> (LSS) untuk membangun <i>framework</i> yang lebih baik dalam memahami kerumitan dalam manufaktur dengan pekerjaan kognitif.	Konsep <i>Define Measure Analyse Improve Control</i> (DMAIC) menjadi lebih terarah dibanding alat LSS biasa, hal ini dapat mencegah proses adopsi <i>frameworks</i> baru dalam kegiatan kognitif.
4	<i>Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies</i>	(Yadav et al., 2020)	Mengembangkan <i>framework</i> untuk menguatkan penerapan <i>lean manufacturing</i> dalam perusahaan menggunakan <i>Hybrid Fuzzy Analytical Hierarchy Process</i> (FAHP) dan	Manajemen lantai produksi, strategi manufaktur dan manajemen kualitas merupakan penggerak utama dalam keberhasilan <i>lean manufacturing</i> dari tiga puluh satu penggerak lainnya.

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
			<i>Decision Making</i> <i>Trial and Evaluation</i> <i>Laboratory</i> (DEMATEL).	
5	<i>MES as an Enabler of Lean Manufacturing</i>	(Perico et al., 2019)	Integrasi <i>Manufacturing Execution Systems</i> (MES) dalam <i>lean manufacturing</i> (LM) sebagai alat bantu dalam identifikasi dan eliminasi pemborosan.	Terbentuknya <i>framework</i> yang dapat menggambarkan pemanfaatan MES sebagai alat bantu LM secara teoritis dan praktik.
6	<i>The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project</i>	(Karam et al., 2018)	Implementasi <i>Single Minute Exchange of Dies</i> (SMED) sesuai konsep <i>Lean Manufacturing</i> (LM)	Implementasi konsep LM dengan SMED berhasil mengurangi <i>bottleneck</i> sebesar 30% dalam waktu 12 bulan.
7	<i>Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company</i>	(Masuti & Dabade, 2019)	Analisis terhadap <i>Value Stream Mapping</i> (VSM) dan tindakan Kaizen	Berdasarkan <i>future state map</i> , perusahaan dapat melakukan pengurangan selama 586 menit terhadap <i>lead time</i> .

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
8	<i>Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs</i>	(Kolla et al., 2019)	Melakukan <i>review</i> literatur yang ada, membangun dan melakukan uji kematangan model Becker.	Pemetaan terhadap komponen penting dari <i>lean</i> dan <i>Industry 4.0</i> yang menyesuaikan dengan karakteristik industri menengah kebawah.
9	Penerapan Failure Mode and Effect Analysis pada Waste Assessment Dalam Penentuan Lean Tools	(Andika, 2020)	Integrasi terhadap <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) dan <i>Failure Mode Effect and Analysis</i> (FMEA)	Menggunakan matriks hasil integrasi WAM dan FMEA, <i>lean tools</i> yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan perusahaan ditentukan.

Arah penelitian terkait LM cukup bervariasi dalam beberapa tahun terakhir, hasil implementasi *lean tools* masih memberikan hasil yang baik terhadap produktivitas perusahaan (Ramakrishnan, et al. 2019; Deshkar, et al. 2018; Karam, et al. 2018; Masuti & Dabade 2019), namun yang perlu diperhatikan adalah bagaimana *frameworks* dalam penentuan *lean tools* semakin banyak dikembangkan, hal ini terkait proses kognitif agar lebih terarah untuk menghindari kesalahan dalam pemilihan *tools*.

Gleeson et al. (2019) melakukan pengembangan terhadap salah satu metode LSS yakni DMAIC, dimana mereka menambahkan *frameworks* yang lebih terarah dengan alat pendukung spesifik ditiap komponen. Yadav et al. (2020) menggunakan FAHP dan DEMATEL dalam mengembangkan *framework*, penelitian mereka menghasilkan beberapa komponen perusahaan yang menjadi penggerak utama keberhasilan *lean manufacturing* yang dapat dijadikan fokus perusahaan dalam pengambilan kebijakan *lean*. Perico et al. (2019) membuat *framework* yang menggambarkan integrasi MES dan

LM, *framework* menunjukkan komponen manufaktur mana yang dapat dibantu dengan MES secara teoritis maupun yang sudah berhasil diterapkan. Kolla et al. (2019) berfokus membuat pemetaan komponen LM dan *Industry 4.0* bagi industri menengah kebawah.

Penelitian kali ini akan menghasilkan matriks yang digunakan sebagai alat bantu untuk menentukan *lean tools*, matriks dibangun melalui integrasi WAM dan FMEA, hal ini akan menghasilkan model pengambilan keputusan yang lebih terkuantifikasi, tidak hanya mempertimbangkan kecocokan *lean tools* dan kondisi lini produksi, namun juga kemampuan organisasi atau perusahaan dalam menerapkan LM.



BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai objek penelitian, data yang digunakan dan tahapan dalam penelitian secara ringkas dan jelas.

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Yamaha Indonesia yang berlokasi di Jalan Rawagelam I No 5, Kawasan Industri Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur. Objek penelitian ini adalah lini produksi departemen *Bass String* pada PT. Yamaha Indonesia.

3.2 Jenis Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Berikut merupakan penjelasan terkait data primer dan sekunder yang digunakan.

3.2.1 Data Primer

Pada penelitian ini data primer didapatkan dari hasil wawancara kepada penanggung jawab di Departemen Produksi bagian Bass String.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari hasil analisis kajian literatur yakni berupa buku, jurnal dan penelitian-penelitian sebelumnya.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

3.3.1 Wawancara dan *Brainstorming*

Metode wawancara dan *Brainstorming* dilakukan dengan melakukan tanya jawab dan diskusi dengan penanggung jawab di Departemen Produksi bagian Bass String mengenai keadaan lini produksi, kebijakan, kemampuan perusahaan dalam investasi dan hal berkaitan lainnya.

3.3.2 Observasi

Metode observasi dilakukan dengan mengamati langsung ke bagian rantai produksi perusahaan, dalam penelitian ini observasi dilakukan pada bagian *Bass String*.

3.3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan dokumen pendukung dari perusahaan serta dari literatur ilmiah seperti jurnal dan buku yang berkaitan dengan topik pada penelitian ini, yakni *The Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements*, *Going Lean*, *Lean Enterprise Research Center*, *How to Implement Lean Manufacturing* dan *Re-Engineering Clinical Trials: Best Practices for Streamlining the Development Process*.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini peneliti mencetak kuesioner *7 waste relationship* dan *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)* yang diperlukan untuk mempelajari hubungan pemborosan dan kondisi manufaktur tertentu pada proses produksi di *Bass String*.

3.4.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan melakukan wawancara kepada penanggung jawab departemen *Bass String* dengan pertimbangan pengetahuan penanggung jawab tentang keadaan yang sangat baik terhadap lini produksi tersebut, hasil wawancara digunakan untuk mengisi kuesioner *7 waste relationship* dan WAQ sebagai keperluan *Waste Assessment Model* (WAM).

Setelah WAM selesai, maka dilakukan *brainstorming* dengan *engineer* ahli perusahaan terkait kemampuan dan pengetahuan perusahaan terhadap implementasi *lean tools* untuk melakukan pemilihan *tools* melalui matriks hasil integrasi WAM dan FMEA.

3.4.3 Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Tahap pengolahan data diawali dengan mengumpulkan data-data yang telah didapat. Hasil kuesioner *7 waste relationship* ditabulasi dan dikonversi nilainya sehingga terolah menjadi WRM, selanjutnya nilai WRM dan WAQ diintegrasikan untuk melengkapi WAM, perhitungan algoritma pada WAM menggunakan *software* Ms. Excel 2013, maka didapatkan nilai prioritas eliminasi pemborosan dengan WAM. Selanjutnya melakukan penentuan *tools* menggunakan matriks integrasi WAM dan FMEA dengan nilai yang didapat dari *brainstorming*. Berdasarkan data-data yang telah diolah maka dapat dilakukan pembahasan dan penarikan kesimpulan.

3.5 Pembangunan Matriks Integrasi WAM dan FMEA

Kriteria penanganan pemborosan menggunakan FMEA akan menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) yang merupakan peringkat prioritas resiko atau pemborosan untuk dieliminasi, nilai RPN merupakan hasil perkalian antara dampak, kejadian dan deteksi pemborosan. Nilai ini memiliki makna serupa dengan nilai akhir dari *Waste Assessment Model* yaitu Y_{final} , yang merupakan hasil perkalian faktor indikasi dan kejadian pemborosan. Berdasarkan pengertian ini, maka dapat dibuat matriks sebagai berikut:

Tabel 6. Matriks integrasi WAM dan FMEA

Waste	Lean Tools					Risk Priority	
	L ₁	L ₂	L _k	Number (Y _{jfinal})
O	E _{O1}	E _{O2}				E _{Ok}	Y _{Ofinal}
I	E _{I1}	E _{I2}				E _{Ik}	Y _{Ifinal}
D	E _{D1}	E _{D2}				E _{Dk}	Y _{Dfinal}
M	E _{M1}	E _{M2}				E _{Mk}	Y _{Mfinal}
T	E _{T1}	E _{T2}				E _{Tk}	Y _{Tfinal}
P	E _{P1}	E _{P2}				E _{Pk}	Y _{Pfinal}
W	E _{W1}	E _{W2}				E _{Wk}	Y _{Wfinal}
Total Effectiveness of L _t	TE ₁	TE ₂				TE _k	
Difficulty (Cost & Skill)	D ₁	D ₂				D _k	
Total Effectiveness to Difficulty Ratio	ETD ₁	ETD ₂				ETD _k	
Rank of Lean Tools Priority	R ₁	R ₂				R _k	

Pada matriks diatas keterkaitan antara pemborosan dan efektivitas *lean tools* ditentukan dalam *cell* E_{jk}, nilai yang digunakan {0, 1, 3, 9} yang menggambarkan keadaan ketiadaan, rendah, sedang dan tinggi secara berurutan antara *lean tools* k terhadap pemborosan j.

Selanjutnya efektivitas tiap *lean tools* dikalikan dengan nilai resiko tiap pemborosan masing-masing, dan ditotalkan sebagai TE_k. Nilai total efektivitas tiap *lean tools* selanjutnya dibagi dengan dengan D_k yang merupakan tingkat kesulitan pengimplementasian *lean tools*, pada kasus ini digunakan skala Likert {1 (sangat rendah), 2 (rendah), 3 (sedang), 4 (tinggi), 5 (sangat tinggi)}, dimana semakin tinggi nilai maka penerapan *lean tools* semakin sulit untuk dilaksanakan.

$$ETD_k = TE_k/D_k.$$

Berdasarkan nilai ETD_k dapat diberikan peringkat (R_k) sebagai penentu *lean tools* mana yang akan menjadi prioritas untuk diterapkan di lini produksi.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengamatan yang dilakukan di PT. Yamaha Indonesia (Bass String) dilakukan secara langsung, adapun data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini berupa gambaran umum perusahaan dan proses produksi.

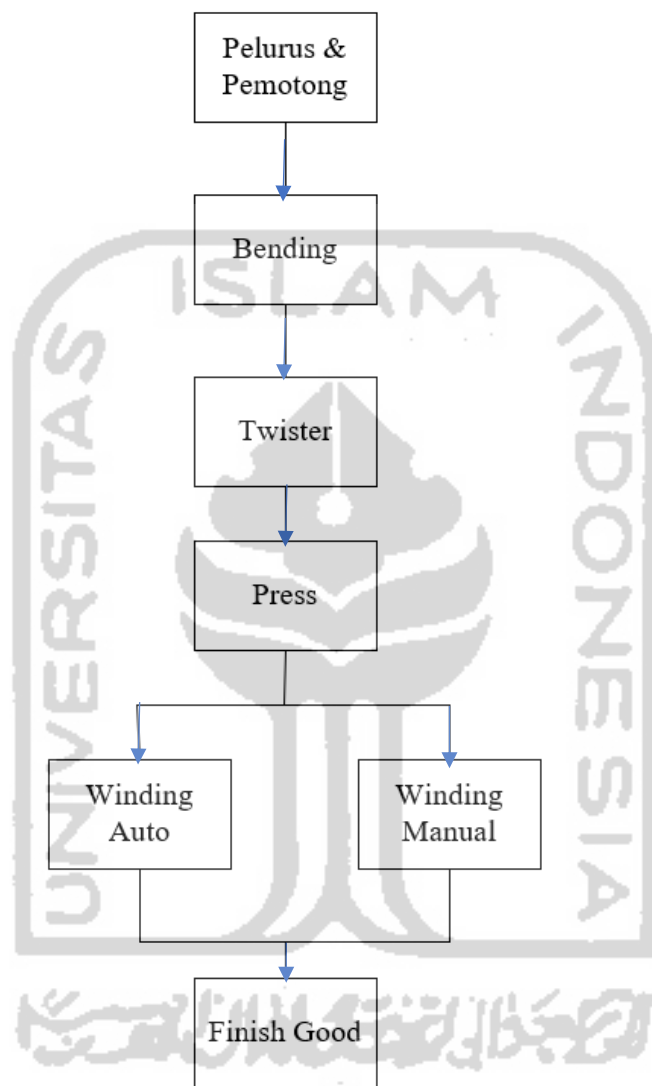
4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan dan Departemen

PT. Yamaha Indonesia memproduksi dua jenis piano, yakni *Grand Piano* (GP) dan *Upright Piano* (UP), kedua piano tersebut memiliki tiga komponen utama yaitu *Frame*, *String* dan *Regulation*. Departemen *Bass String* merupakan penyuplai *part* dari *String* untuk kedua model piano, produknya mencakup model piano P22D, C108, M110, U1J, M3, B1PELZ, P22, B2PELZ, B3PELZ, GB dan GN2.

Produk dari departemen *Bass String* sendiri sesuai dengan nama departemennya, yaitu *Bass String*, *Bass String* terdiri dari *Copper Wire* dan *Music Wire*, produk ini akan disuplai ke departemen *Stringing* UP dan GP untuk menghasilkan *String*, sehingga target produksi *Bass String* akan menyesuaikan kebutuhan kedua departemen tersebut.

4.1.2 Proses Produksi *Bass String*

Berikut merupakan proses produksi pada departemen *bass string*:



Gambar 2. Proses Produksi pada Departemen *Bass String*

Proses pada departemen *Bass String* dimulai pada pemotongan dan pelurusan *music wire*, dimana proses ini dilakukan dengan mesin otomatis, *music wire* tadi akan diambil oleh operator proses *bending*, *music wire* akan dipilah sesuai kebutuhan per unit *bass string*, karena satu unit *bass string* terdiri dari beberapa *music wire*.

Setelah *music wire* dibengkokkan pada proses *bending*, selanjutnya *music wire* diputar pada ujungnya pada mesin *twister* dan *music wire* ditekan dengan mesin *press*. *Music Wire* hasil *press* akan digantung pada gantungan *music wire* pada area mesin *press*, selanjutnya bahan tersebut diambil oleh operator mesin *winding*, dimana mesin *winding* dibagi menjadi dua, yakni *winding auto* dan *winding manual*. Pada *winding auto*, dilakukan 1 kali pelilitan terhadap *music wire* dengan *copper wire*, sedangkan pada *winding manual* terjadi 2 kali pelilitan bolak-balik.

Proses terakhir merupakan *finish good*, dimana hasil *winding auto* dan *winding manual* dirangkai oleh operator *finish good*, setiap unit *bass string* memiliki *bass string* yang memiliki 1 lilitan dan 2 lilitan, apabila selesai dirangkai, produk ini akan disimpan pada selongsong penyimpanan ataupun kotak penyimpanan sebelum akhirnya dikirim ke departemen *Stringing*.



4.1.3 Layout departemen Bass String



Gambar 3. Layout departemen Bass String.

4.1.4 Rekapitulasi kuesioner 7 *Waste Relationship*

Berikut merupakan hasil wawancara dan pengisian kuesioner hubungan pemborosan:

Tabel 7. Rekapitulasi hasil kuesioner 7 *waste relationship*

No	1		2		3		4		5		6		Total Skor	Hubungan
	Jawab	Skor	Jawab	Skor	Jawab	Skor	Jawab	Skor	Jawab	Skor	Jawab	Skor		
D_M	a	4	a	2	b	2	b	1	f	2	c	0	11	I
D_T	b	2	c	0	b	2	c	0	f	2	c	0	6	O
D_W	a	4	a	2	a	4	a	2	f	2	c	0	14	E
M_D	b	2	c	0	b	2	c	0	f	2	b	2	8	O
M_P	a	4	a	2	a	4	c	0	f	2	b	2	14	E
M_W	c	0	b	1	c	0	c	0	a	1	c	0	2	U
T_D	b	2	c	0	b	2	b	1	g	4	c	0	9	I
T_M	a	4	a	2	a	4	c	0	f	2	c	0	12	I
T_W	c	0	c	0	c	0	b	1	c	1	c	0	2	U
P_D	a	4	a	2	a	4	b	1	g	4	c	0	15	E
P_M	c	0	b	1	c	0	c	0	c	1	c	0	2	U
P_W	a	4	a	2	c	0	e	0	a	1	c	0	7	O
W_D	c	0	b	1	c	0	c	0	c	1	c	0	2	U
O_I	a	4	a	2	c	0	b	1	a	1	c	0	8	O
O_D	c	0	c	0	b	2	c	0	a	1	c	0	3	U
O_M	c	0	b	1	c	0	c	0	a	1	c	0	2	U
O_T	c	0	b	1	c	0	c	0	a	1	c	0	2	U

No	1		2		3		4		5		6		Total Skor	Hubungan
	Jawab	Skor	Jawab	Skor	Jawab	Skor	Jawab	Skor	Jawab	Skor	Jawab	Skor		
O_W	c	0	b	1	c	0	c	0	e	2	c	0	3	U
I_O	c	0	b	1	c	0	c	0	a	1	c	0	2	U
I_D	a	4	a	2	b	2	c	0	a	1	c	0	9	I
I_M	a	4	a	2	b	2	c	0	b	1	c	0	9	I
I_T	a	4	a	2	a	4	b	1	b	1	c	0	12	I
D_O	c	0	b	1	c	0	c	0	b	1	c	0	2	U
D_I	c	0	b	1	c	0	c	0	b	1	c	0	2	U
M_I	c	0	b	1	c	0	c	0	b	1	c	0	2	U
T_O	c	0	c	0	c	0	c	0	c	1	c	0	1	U
T_I	c	0	a	2	c	0	c	0	b	1	c	0	3	U
P_O	c	0	a	2	c	0	a	2	c	1	c	0	5	O
P_I	a	4	a	2	a	4	b	1	d	2	c	0	13	E
W_O	a	4	a	2	b	2	b	1	b	1	c	0	10	I
W_I	c	0	a	2	a	4	b	1	b	1	c	0	8	O

4.1.5 Rekapitulasi WAQ

Tabel 8. Rekapitulasi hasil kuesioner WAQ

No	Jenis Pertanyaan	Skor	No	Jenis Pertanyaan	Skor
Kategori 1: Man			Kategori 3: Machine		
1	To Motion	0.5	32	From Process	1
2	From Motion	1	33	To Waiting	1
3	From Defect	1	34	Form Process	1
4	From Motion	1	35	From Transportation	0.5
5	From Motion	1	36	To Motion	1
6	From Defect	1	37	From Overproduction	1
7	From Process	1	38	From Waiting	0.5
Kategori 2: Material			39	Form Waiting	1
8	To Waiting	1	40	To Defect	0
9	From Waiting	1	41	From Waiting	0
10	From Transportation	1	42	To Motion	1
11	From Inventory	1	43	From Process	0.5
12	From Inventory	1	Kategori 4: Method		
13	From Defect	1	44	To Transportation	1
14	From Inventory	0	45	From Motion	1
15	From Waiting	0	46	From Waiting	1
16	To Defect	0.5	47	To Motion	1
17	From Defect	0.5	48	To Waiting	1
18	From Transportation	0	49	To Defect	1
19	To Motion	1	50	From Motion	1
20	From Waiting	1	51	From Defect	1
21	From Motion	1	52	From Motion	1
22	From Transportation	1	53	To Waiting	1
23	From Defect	1	54	From Process	0.5
24	From Motion	1	55	From Process	0.5
25	From Inventory	0	56	To Defect	0.5
26	From Inventory	0	57	From Inventory	1
27	To Waiting	1	58	To Transportation	1
28	From Defect	1	59	To Motion	1
29	From Waiting	1	60	To Transportation	1
30	From Overproduction	0	61	To Motion	0
31	To Motion	1	62	To Motion	1
			63	From Motion	1
			64	From Motion	1
			65	From Motion	1
			66	From Overproduction	1
			67	From Process	1
			68	From Defect	1

Setiap pertanyaan pada WAQ mewakili kondisi tertentu pada pemborosan, beberapa kondisi memiliki jumlah pertanyaan yang lebih banyak dari yang lainnya, maka pertanyaan dibobot untuk menyeimbangkan nilai nantinya.

Tabel 9. Jumlah pertanyaan masing-masing kondisi pemborosan.

i	Ni
From Overproduction	3
From Inventory	6
From Defects	8
From Motion	11
From Transportation	4
From Process	7
From Waiting	8
To Defects	4
To Motion	9
To Transportation	3
To Waiting	5
Total	68

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Pengolahan *Waste Relationship Matrix*

Dari hasil rekapitulasi data hasil kuesioner hubungan pemborosan, didapatkan kekuatan hubungan langsung antara pemborosan, lalu hubungan tersebut dimasukkan kedalam matriks.

Tabel 10. Matriks kekuatan hubungan langsung antara pemborosan

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	O	U	U	U	X	U
I	U	A	I	I	I	X	X
D	U	U	A	I	O	X	E
M	X	U	O	A	X	E	U
T	U	U	I	I	A	X	U
P	O	E	E	U	X	A	O
W	I	O	U	X	X	X	A

Simbol kekuatan hubungan dikonversi sesuai nilai yang telah ditentukan, tiap baris dan kolom dijumlahkan sesuai jenis pemborosan, baris merupakan pemborosan pemicu (*From*) dan kolom merupakan pemborosan yang dipicu (*To*) kemunculan pemborosan awal.

Tabel 11. Perhitungan matriks hubungan langsung antara pemborosan

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	4	2	2	2	0	2	22	11.22
I	2	10	6	6	6	0	0	30	15.31
D	2	2	10	6	4	0	8	32	16.33
M	0	2	4	10	0	8	2	26	13.27
T	2	2	6	6	10	0	2	28	14.29
P	4	8	8	2	0	10	4	36	18.37
W	6	4	2	0	0	0	10	22	11.22
Score	26	32	38	32	22	18	28	196	
%	13.27	16.33	19.39	16.33	11.22	9.18	14.29		

4.2.2 Pengolahan WRM dan WAQ

Hasil perhitungan matriks hubungan langsung antara pemborosan dihubungkan dengan hasil WAQ sesuai jenis pertanyaan.

Tabel 12. Pencocokan skor hubungan pemborosan dan tipe pertanyaan

Jenis Pertanyaan	No. Pertanyaan	Ni	O	I	D	M	T	P	W
Man									
To Motion	1	9	2	6	6	10	6	2	0
From Motion	2	11	0	2	4	10	0	8	2
From Defect	3	8	2	2	10	6	4	0	8
From Motion	4	11	0	2	4	10	0	8	2
From Motion	5	11	0	2	4	10	0	8	2
From Defect	6	8	2	2	10	6	4	0	8
From Process	7	7	4	8	8	2	0	10	4
Material									
To Waiting	8	5	2	0	8	2	2	4	10
From Waiting	9	8	6	4	2	0	0	0	10

Jenis Pertanyaan	No. Pertanyaan	Ni	O	I	D	M	T	P	W
From Transportation	10	4	2	2	6	6	10	0	2
From Inventory	11	6	2	10	6	6	6	0	0
From Inventory	12	6	2	10	6	6	6	0	0
From Defect	13	8	2	2	10	6	4	0	8
From Inventory	14	6	2	10	6	6	6	0	0
From Waiting	15	8	6	4	2	0	0	0	10
To Defect	16	4	2	6	10	4	6	8	2
From Defect	17	8	2	2	10	6	4	0	8
From Transportation	18	4	2	2	6	6	10	0	2
To Motion	19	9	2	6	6	10	6	2	0
From Waiting	20	8	6	4	2	0	0	0	10
From Motion	21	11	0	2	4	10	0	8	2
From Transportation	22	4	2	2	6	6	10	0	2
From Defect	23	8	2	2	10	6	4	0	8
From Motion	24	11	0	2	4	10	0	8	2
From Inventory	25	6	2	10	6	6	6	0	0
From Inventory	26	6	2	10	6	6	6	0	0
To Waiting	27	5	2	0	8	2	2	4	10
From Defect	28	8	2	2	10	6	4	0	8
From Waiting	29	8	6	4	2	0	0	0	10
From Overproduction	30	3	10	4	2	2	2	0	2
To Motion	31	9	2	6	6	10	6	2	0
Machine									
From Process	32	7	4	8	8	2	0	10	4
To Waiting	33	5	2	0	8	2	2	4	10
Form Process	34	7	4	8	8	2	0	10	4
From Transportation	35	4	2	2	6	6	10	0	2
To Motion	36	9	2	6	6	10	6	2	0
From Overproduction	37	3	10	4	2	2	2	0	2
From Waiting	38	8	6	4	2	0	0	0	10
Form Waiting	39	8	6	4	2	0	0	0	10
To Defect	40	4	2	6	10	4	6	8	2
From Waiting	41	8	6	4	2	0	0	0	10
To Motion	42	9	2	6	6	10	6	2	0
From Process	43	7	4	8	8	2	0	10	4
Method									
To Transportation	44	3	2	6	4	0	10	0	0
From Motion	45	11	0	2	4	10	0	8	2
From Waiting	46	8	6	4	2	0	0	0	10
To Motion	47	9	2	6	6	10	6	2	0
To Waiting	48	5	2	0	8	2	2	4	10
To Defect	49	4	2	6	10	4	6	8	2

Jenis Pertanyaan	No. Pertanyaan	Ni	O	I	D	M	T	P	W
From Motion	50	11	0	2	4	10	0	8	2
From Defect	51	8	2	2	10	6	4	0	8
From Motion	52	11	0	2	4	10	0	8	2
To Waiting	53	5	2	0	8	2	2	4	10
From Process	54	7	4	8	8	2	0	10	4
From Process	55	7	4	8	8	2	0	10	4
To Defect	56	4	2	6	10	4	6	8	2
From Inventory	57	6	2	10	6	6	6	0	0
To Transportation	58	3	2	6	4	0	10	0	0
To Motion	59	8	2	6	6	10	6	2	0
To Transportation	60	3	2	6	4	0	10	0	0
To Motion	61	9	2	6	6	10	6	2	0
To Motion	62	9	2	6	6	10	6	2	0
From Motion	63	11	0	2	4	10	0	8	2
From Motion	64	11	0	2	4	10	0	8	2
From Motion	65	11	0	2	4	10	0	8	2
From Overproduction	66	3	10	4	2	2	2	0	2
From Process	67	7	4	8	8	2	0	10	4
From Defect	68	8	2	2	10	6	4	0	8

Setelah nilai pada kondisi pemborosan disesuaikan, nilai tersebut dibobot dengan dibagi oleh jumlah jenis pertanyaan (Ni), serta diambil skor total tiap pemborosan (Sj) dan frekuensi pemborosan tidak memiliki hubungan (Fj). Maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 13. Pembobotan nilai awal.

Question Type	K	Wo,k	Wl,k	Wd,k	Wm,k	Wt,k	Wp,k	Ww,k
Man								
To Motion	1	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
From Motion	2	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Defect	3	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
From Motion	4	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Motion	5	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Defect	6	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
From Process	7	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
Material								
To Waiting	8	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
From Waiting	9	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
From Transportation	10	0.50	0.50	1.50	1.50	2.50	0.00	0.50

Question Type	K	Wo,k	Wl,k	Wd,k	Wm,k	Wt,k	Wp,k	Ww,k
From Inventory	11	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
From Inventory	12	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
From Defect	13	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
From Inventory	14	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
From Waiting	15	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
To Defect	16	0.50	1.50	2.50	1.00	1.50	2.00	0.50
From Defect	17	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
From Transportation	18	0.50	0.50	1.50	1.50	2.50	0.00	0.50
To Motion	19	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
From Waiting	20	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
From Motion	21	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Transportation	22	0.50	0.50	1.50	1.50	2.50	0.00	0.50
From Defect	23	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
From Motion	24	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Inventory	25	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
From Inventory	26	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
To Waiting	27	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
From Defect	28	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
From Waiting	29	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
From Overproduction	30	3.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.00	0.67
To Motion	31	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
Machine								
From Process	32	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
To Waiting	33	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
Form Process	34	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
From Transportation	35	0.50	0.50	1.50	1.50	2.50	0.00	0.50
To Motion	36	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
From Overproduction	37	3.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.00	0.67
From Waiting	38	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
Form Waiting	39	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
To Defect	40	0.50	1.50	2.50	1.00	1.50	2.00	0.50
From Waiting	41	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
To Motion	42	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
From Process	43	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
Method								
To Transportation	44	0.67	2.00	1.33	0.00	3.33	0.00	0.00
From Motion	45	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Waiting	46	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
To Motion	47	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
To Waiting	48	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
To Defect	49	0.50	1.50	2.50	1.00	1.50	2.00	0.50
From Motion	50	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18

Question Type	K	$W_{o,k}$	$W_{l,k}$	$W_{d,k}$	$W_{m,k}$	$W_{t,k}$	$W_{p,k}$	$W_{w,k}$
From Defect	51	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
From Motion	52	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
To Waiting	53	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
From Process	54	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
From Process	55	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
To Defect	56	0.50	1.50	2.50	1.00	1.50	2.00	0.50
From Inventory	57	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
To Transportation	58	0.67	2.00	1.33	0.00	3.33	0.00	0.00
To Motion	59	0.25	0.75	0.75	1.25	0.75	0.25	0.00
To Transportation	60	0.67	2.00	1.33	0.00	3.33	0.00	0.00
To Motion	61	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
To Motion	62	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
From Motion	63	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Motion	64	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Motion	65	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
From Overproduction	66	3.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.00	0.67
From Process	67	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
From Defect	68	0.25	0.25	1.25	0.75	0.5	0	1
Score (Sj)		34.03	50.08	66.08	48.14	46.08	32.03	40.00
Frequency (Fj)		46.00	63.00	68.00	57.00	42.00	36.00	50.00

Nilai pembobotan masih dilanjutkan dengan menyesuaikan nilai pada WAQ, tiap jawaban pada WAQ memiliki nilai 1 (Iya), 0.5 (Kadang-Kadang), dan 0 (Tidak), sisanya tetap memiliki perlakuan yang serupa dengan pembobotan awal.

Tabel 14. Pembobotan Akhir

Bobot Jawaban	K	$W_{o,k}$	$W_{l,k}$	$W_{d,k}$	$W_{m,k}$	$W_{t,k}$	$W_{p,k}$	$W_{w,k}$
Man								
0.5	1	0.11	0.33	0.33	0.56	0.33	0.11	0.00
1	2	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	3	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
1	4	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	5	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	6	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
1	7	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
Material								
1	8	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
1	9	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
1	10	0.50	0.50	1.50	1.50	2.50	0.00	0.50

Bobot Jawaban	K	Wo,k	Wl,k	Wd,k	Wm,k	Wt,k	Wp,k	Ww,k
1	11	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1	12	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1	13	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
0	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	16	0.25	0.75	1.25	0.50	0.75	1.00	0.25
0.5	17	0.13	0.13	0.63	0.38	0.25	0.00	0.50
0	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	19	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
1	20	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
1	21	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	22	0.50	0.50	1.50	1.50	2.50	0.00	0.50
1	23	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
1	24	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
0	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	27	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
1	28	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
1	29	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
0	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	31	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
Machine								
1	32	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
1	33	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
1	34	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
0.5	35	0.25	0.25	0.75	0.75	1.25	0.00	0.25
1	36	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
1	37	3.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.00	0.67
0.5	38	0.38	0.25	0.13	0.00	0.00	0.00	0.63
1	39	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
0	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	42	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
0.5	43	0.29	0.57	0.57	0.14	0.00	0.71	0.29
Method								
1	44	0.67	2.00	1.33	0.00	3.33	0.00	0.00
1	45	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	46	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00	1.25
1	47	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
1	48	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
1	49	0.50	1.50	2.50	1.00	1.50	2.00	0.50
1	50	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18

Bobot Jawaban	K	Wo,k	Wl,k	Wd,k	Wm,k	Wt,k	Wp,k	Ww,k
1	51	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
1	52	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	53	0.40	0.00	1.60	0.40	0.40	0.80	2.00
0.5	54	0.29	0.57	0.57	0.14	0.00	0.71	0.29
0.5	55	0.29	0.57	0.57	0.14	0.00	0.71	0.29
0.5	56	0.25	0.75	1.25	0.50	0.75	1.00	0.25
1	57	0.33	1.67	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
1	58	0.67	2.00	1.33	0.00	3.33	0.00	0.00
1	59	0.25	0.75	0.75	1.25	0.75	0.25	0.00
1	60	0.67	2.00	1.33	0.00	3.33	0.00	0.00
0	61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	62	0.22	0.67	0.67	1.11	0.67	0.22	0.00
1	63	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	64	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	65	0.00	0.18	0.36	0.91	0.00	0.73	0.18
1	66	3.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.00	0.67
1	67	0.57	1.14	1.14	0.29	0.00	1.43	0.57
1	68	0.25	0.25	1.25	0.75	0.50	0.00	1.00
		24.75	35.91	51.20	37.75	34.42	25.55	33.10
		48.00	54.00	59.00	50.00	35.00	34.00	45.00

Apabila pembobotan nilai sudah dilakukan, maka semua kebutuhan nilai untuk melengkapi WAM sudah terpenuhi, sehingga didapatkan perhitungan akhir dengan nilai sebagai berikut.

Tabel 15. Nilai akhir WAM

	O	I	D	M	T	P	W
Score(Yj)	0.70	0.84	0.89	0.89	0.90	0.84	0.92
Pj Factor	148.90	249.90	316.53	216.58	160.35	168.68	160.35
Final Result Yj final	103.80	209.04	282.67	193.62	143.71	142.49	147.44
Final Result (%)	8.49	17.10	23.12	15.83	11.75	11.65	12.06
Peringkat	7	2	1	3	5	6	4

4.2.3 Matriks Integrasi WAM dan WAQ

Tabel 16. Pengolahan Matriks Integrasi WRM dan WAQ

<i>Waste</i>	<i>Lean Tools</i>										<i>Risk Priority Number (Y_{final})</i>
	JIT	Kanban	Value Stream Mapping	Standardize Works	Cellular Layout	TPM	5S	Quality Circle	Jidoka	Kaizen	
Overproduction	9	3	1							1	103.80
Inventory	9	3	3							1	209.04
Defect	1	1	3	3	1	3		3	3	3	282.67
Motion				3	1		3			3	193.62
Transportation					3		3			1	143.71
Processing			1	3	1	9				3	142.49
Waiting			9		3	1	1			3	147.44
Total Effectiveness of Lean Tools	3098.29	1221.20	3048.36	1856.33	1492.21	2277.83	1159.42	848.00	848.00	2755.20	
Difficulty (Cost & Skill)	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	
Total Effectiveness to Difficulty Ratio	1549.15	1221.20	1524.18	1856.33	746.10	2277.83	1159.42	848.00	424.00	1377.60	
Rank of Lean Tools Priority	3	6	4	2	9	1	7	8	10	5	

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Waste Assessment Model* (WAM)

WAM merupakan model penilaian pemborosan yang terdiri dari 7 *waste relationship* yang dikonversi menjadi sebuah matriks bernama WRM, lalu diintegrasikan dengan kuesioner yang mewakili kondisi tertentu pada lini produksi yaitu WAQ.

Pada tahap awal hubungan tiap pemborosan diidentifikasi melalui kuesioner yang terdiri dari 31 rangkaian hubungan langsung pemborosan, tiap rangkaian memiliki 6 butir pertanyaan dengan jawaban yang memiliki nilai skor masing-masing. Pertanyaan berkaitan tentang apakah pemborosan *i* menyebabkan munculnya pemborosan *j*, jenis hubungannya, bagaimana akibat kemunculannya, tindakan eliminasi, akibat kemunculan terhadap kualitas, produktivitas dan *lead time* serta lamanya *lead time*. Lalu bobot tiap pertanyaan dijumlah untuk mengetahui kekuatan hubungan pemborosan.

Nilai hubungan pemborosan dijadikan matriks WRM, dengan baris *From* dan kolom *To*, baris mengindikasikan nilai pemborosan pemicu sedangkan kolom merupakan nilai pemborosan yang terpancing akibat pemborosan pada baris. Hasil konversi nilai WRM dijumlahkan pada masing-masing pemborosan kolom dan baris, lalu nilai dinyatakan dalam persen (%).

Hasil kuesioner WAQ sebanyak 68 pertanyaan yang mewakili kondisi tertentu *from* atau *to* pemborosan dihubungkan dengan hasil WRM sesuai dengan jenis pertanyaannya, lalu nilai tersebut dibagi oleh jumlah jenis pertanyaan (N_i), serta diambil skor total tiap pemborosan (S_j) dan frekuensi pemborosan tidak memiliki hubungan (F_j). Nilai tersebut dibobot dua kali, selanjutnya skor jawaban WAQ dimasukkan, dan dibuat perlakuan serupa dengan pembobotan pertama. Apabila pembobotan nilai sudah dilakukan, maka semua kebutuhan nilai untuk melengkapi WAM sudah terpenuhi, sehingga didapatkan perhitungan akhir.

Hasil akhir perhitungan WAM menunjukkan peringkat pengaruh pemborosan dari secara berurutan *defect* 23.12%, *inventory* 17.10%, *motion* 15.83%, *waiting* 12.06%, *transportation* 11.75%, *process* 11.65% dan terakhir *overproduction* 8.49%.

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara kepada Kepala Kelompok Senior pada PT. Yamaha Indonesia khususnya bagian *bass string*, masalah *defect* pada departemen tersebut dapat menyebabkan *waiting* pada proses sebelumnya karena produk yang *defect* dapat diperbaiki langsung tergantung tingkat kerusakan, apabila tidak dapat diperbaiki maka produk akan menjadi *scrap* buangan. Kegagalan ini tentunya berpengaruh terhadap produktivitas pekerja karena telah menggunakan waktu namun tidak ada hasil, *waiting* tadi juga jadi semakin lama dengan proses inspeksi atau pemborosan *motion*. Sebaliknya apabila produk tidak bisa diperbaiki lagi, maka dilakukan pemilahan, produk dipindahkan ditempat khusus *scrap* dan terjadi pemborosan *transportation*. Kejadian *defect* biasanya terjadi pada proses *winding*, terjadi pemborosan terhadap material *copper wire*, dimana dari total *copper wire* terdapat sebesar 4.44% limbah dari sisa *pack*, sisa potongan dan kerusakan pada bulan September 2019 hingga Desember 2019. *Defect* juga terjadi pada proses *press*, pe motongan dan pelurusan, namun tidak ada rekaman historis dari cacat tersebut, barang yang cacat dari proses tersebut langsung menjadi limbah.

Pemborosan *inventory* dapat memunculkan pemborosan *defect*, apabila produk disimpan terlalu lama atau disimpan dengan kurang baik, maka dapat terjadi *discolour* atau perubahan warna pada produk, sehingga dikategorikan cacat. Penyimpanan *inventory* juga meningkatkan pemborosan *motion*, dimana pada proses penyimpanan selalu melibatkan kegiatan mencari, memilah, menjangkau, menggenggam dan pemborosan gerakan lainnya. Pada akhirnya produk pada *inventory* dikirimkan kepada departemen selanjutnya, hal ini menyebabkan meningkatnya pemborosan *Transportation*. Tingginya tingkat *inventory* juga berpengaruh terhadap meningkatnya *lead time*, departemen *bass string* mendapat kebijakan untuk membuat *safety stock* sebanyak target produksi, maka apabila target produksi adalah 120, maka *safety stock* yang harus dimiliki adalah 120 pula, namun aliran material pada proses produksi masih terdapat lebih dari kewajiban, misalnya pada mesin *press* memiliki *inventory* WIP sebanyak 271 unit, sedangkan pada proses *finish good* sudah terdapat stok produk jadi sebanyak 141 unit.

Pemborosan *motion* terjadi pada kasus khusus, misalnya karyawan baru dimana kemampuannya dibawah rata-rata, kemampuan yang kurang menyebabkan kemungkinan menghasilkan produk *defect* lebih tinggi, hal ini juga sejalan dengan pemahaman terhadap teknologi yang ada dan termasuk pemborosan *process*. Tentunya pemborosan ini mempengaruhi produktivitas dan *lead time*. Beberapa rak *inventory* juga belum dilabel, seperti rak *inventory* mesin press, 1 rak terdiri dari 3 tingkat, namun tiap tingkat belum memiliki produk spesifik untuk diletakkan, maka hal ini menambah kegiatan mencari. Hasil proses pemotong dan pelurus juga belum secara otomatis memilah jumlah *music wire*, sehingga karyawan pada proses *bending* harus memilah lagi jumlah *music wire* sesuai ketentuan model.

Pemborosan *waiting* membuat material pada proses sebelumnya tidak bisa mengirim material untuk diproses lagi, sehingga meningkatnya WIP yang dihitung sebagai pemborosan *inventory*, meskipun proses sebelumnya telah memenuhi targetnya, mesin tetap dipaksa bekerja hal ini untuk menjaga efisiensi mesin, maka terjadi pemborosan *overproduction*.

Pemborosan *transportation* terjadi ketika barang dipindahkan, proses ini diikuti dengan kegiatan mencari barang maupun *handling* berulang, yang merupakan pemborosan *motion*, misalnya pengiriman *bass string* ke departemen selanjutnya dilakukan terhadap produk *bass string* berasal dari *finish good*, namun apabila stok pada kotak *finish good* masih tersedia, maka produk serupa dari *finish good* dipindahkan ke kotak stok terlebih dahulu, dan stok dikeluarkan ke rak *finish good* untuk dikirimkan, stok sebelumnya juga mengalami siklus yang sama, sehingga terjadi *handling* berulang. Kerusakan pada alat *handling* juga dapat menyebabkan produk cacat, apabila rak *handling* yang digunakan *finish good* tidak tertutup rapat maka dapat menyebabkan *discolour* pada produk.

Mesin yang tidak dirawat dengan baik dapat menyebabkan produk yang cacat, hal ini merupakan pemborosan *Process*, walaupun sudah ada jadwal *maintenance* tiap bulan tetapi terkadang tetap terjadi masalah pada mesin. Perbedaan model juga menyebabkan *setting* mesin ulang dan terjadi beberapa kali setiap harinya karena tiap model memiliki panjang *string* yang berbeda. Karena perbedaan waktu proses pada mesin *press* yang lebih cepat dengan proses selanjutnya yaitu mesin *winding*, maka dilakukan *buffer* untuk menyeimbangkan proses pada mesin *press* dengan meningkatkan *inventory*.

Pemborosan *overproduction* terjadi apabila departemen yang di *supply* oleh departemen *bass string* terkendala dalam memenuhi target, apabila departemen selanjutnya masih memiliki stok produk *bass string*, maka hasil pengiriman *bass string* dikurangi oleh sisa stok departemen selanjutnya, dan kelebihan tadi menjadi *inventory* oleh *bass string* ataupun departemen selanjutnya.

5.2 Analisis Matriks Integrasi WAM dan FMEA

Penentuan *lean tools* yang dianalisis pada matriks ditentukan melalui literatur ilmiah dan pendapat ahli, efektifitas tiap *lean tools* didapatkan melalui *brainstorming* dengan tim ahli agar sesuai dengan kondisi pada departemen *bass string*.

Tabel 17. Efektivitas *lean tools* terhadap eliminasi pemborosan.

Waste	Lean Tools									
	JIT	Kanban	VSM	Standardize Works	Cellular Layout	TPM	5S	Quality Circle	Jidoka	Kaizen
O	9	3	1							1
I	9	3	3							1
D	1	1	3	3	1	3		3	3	3
M				3	1		3			3
T					3		3			1
P			1	3	1	9				3
W			9		3	1	1			3

Skala efektivitas = 0 atau kosong (tidak ada hubungan), 1 (rendah), 3 (sedang), 9 (tinggi).

Pada WAM didapat nilai RPN yang mewakili kerusakan yang akan ditimbulkan apabila pemborosan tidak diatasi, nilai ini diintegrasikan kedalam matriks yang dibuat berdasarkan konsep FMEA, nilai tiap pemborosan yakni *Overproduction* 103.9, *Inventory* 209.04, *Defect* 282.67, *Motion* 193.62, *Transportation* 143.71, *Processing* 142.49 dan *Waiting* 146.44. Pada matriks nilai efektifitas dikalikan dengan nilai RPN, dan diakumulasikan untuk tiap *lean tools*, sehingga didapatkan nilai total efektifitas *tools* (*Total Effectiveness of Lean Tools*).

Tabel 18. Urutan nilai efektivitas tiap *tools* dari yang tertinggi dan kesulitan.

Lean Tools	Total Effectiveness of L_t	Difficulty (Cost & Skill)
Just-in-Time	3098.29	2
Value Stream Mapping	3048.36	2
Kaizen	2755.20	2
Total Preventive Maintenance	2277.83	1
Standardize Works	1856.34	1
Cellular Layout	1492.21	2
Kanban	1221.20	1
5S	1159.42	1
Quality Circle	848.003	1
Jidoka	848.003	2

Just-in-Time (JIT), Value Stream Mapping (VSM) dan Kaizen merupakan *lean tools* dengan keefektivitasan tertinggi secara berurutan untuk mengatasi pemborosan pada lini produksi *bass string*. Menggunakan JIT, produksi hanya akan disesuaikan dengan kebutuhan konsumen, dalam kasus ini merupakan departemen *stringing*, maka *safety stock* sebanyak target produksi tidak lagi dipenuhi atau paling tidak dikurangi tidak mencapai 100% dari target harian, hal ini akan sejalan dengan pengurangan *inventory* dan *overproduction* secara signifikan, serta mencegah produk menjadi cacat karena penyimpanan yang cukup lama.

Melalui VSM, dapat diketahui jumlah *inventory* dan waktu proses pada lini produksi, sehingga dapat dilakukan analisis untuk penyesuaian stok dan penyeimbangan proses, namun pengurangan terhadap *inventory* dan *overproduction* tidak akan seefektif JIT, dikarenakan penetapan stok tetap akan bergantung pada kebijakan perusahaan. Aktivitas *Value Added* dan *Non-value Added* juga dapat dipelajari melalui *mapping* yang baik, begitu pula limbah atau cacat yang dihasilkan pada tiap proses.

Kaizen merupakan prinsip untuk melakukan perbaikan sedikit demi sedikit secara berkelanjutan, maka setiap peluang untuk melakukan peningkatan akan dilakukan sehingga bisa mencakup tindakan eliminasi semua pemborosan, namun dalam penerapannya masih tidak memiliki struktur atau tahapan yang jelas dan membutuhkan dukungan *tools* lainnya.

Pada tahapan akhir pengolahan matriks, nilai efektivitas akan dibagi dengan tingkat kesulitan penerapan *tools* terkait, sehingga didapatkan nilai *Total Effectiveness to Difficulty Ratio*.

Tabel 19. *Lean Tools* prioritas

Lean Tool	Total Effectiveness to Difficulty Ratio	Rank of Lean Tools Priority
TPM	2277.83	1
Standardize Works	1856.34	2
JIT	1549.14	3
Value Stream Mapping	1524.18	4
Kaizen	1377.60	5
Kanban	1221.20	6
5S	1159.42	7
Quality Circle	848.00	8
Cellular Layout	746.10	9
Jidoka	424.00	10

Setelah nilai efektivitas dibagi dengan tingkat kesulitan penerapan maka peringkat prioritas berubah, pada PT. Yamaha Indonesia departemen *Bass String*, penerapan *lean tools* relatif tidak sulit, tingkat kesulitan tertinggi hanya berada pada nilai 2 (rendah), hanya saja *tools* paling efektif seperti JIT, VSM dan Kaizen tidak lebih mudah dari *tools* lainnya yang dapat dilaksanakan dengan tingkat kesulitan 1 (sangat rendah).

Pada rencana penerapan JIT dengan efektivitas 3098.29 berkurang menjadi 1549.18, menurut tim ahli hal ini karena kesulitan koordinasi pimpinan pada departemen *bass string* perlu menyesuaikan keadaan produksi dengan target produk dan kuantitas perusahaan karena alasan yang perlu telusuri lebih atau belum diketahui, selanjutnya juga suplai bahan baku yang diimpor dari Jepang, sehingga apabila bahan baku tidak distok dan di *batch* kedatangannya akan menambah biaya pengiriman.

Penerapan pemetaan VSM juga tidak sepenuhnya dapat mewakili keadaan lini produksi karena variabilitas model produk yang tinggi, limbah dari bahan baku *music wire* juga belum dilakukan penghitungan jumlahnya pada tiap proses sehingga harus dilakukan pekerjaan tambahan untuk menghitung dan melengkapi pemetaan, sehingga nilai efektivitasnya berubah dari 3048.36 menjadi 1524.18.

Penerapan Kaizen juga mendapatkan penurunan efektivitas dari 2755.20 menjadi 1377.60, prinsip ini merupakan perubahan budaya dan kesadaran terhadap perbaikan terus menerus, kendalanya pada kebutuhan prinsip ini untuk disadari semua orang yang terlibat dengan jalannya produksi, maka diperlukan koordinasi dan komunikasi yang menyeluruh, namun menurut ahli hal ini memiliki tantangan tersendiri karena persepsi yang berbeda-beda terhadap pelaksanaan prinsip ini.

Pada peringkat prioritas akhir, *Total Preventive Maintenance* (TPM), *Standardize Works* dan *JIT* menjadi prioritas tertinggi. Penerapan TPM mampu memaksimalkan reliabilitas mesin, menjaga kualitas produk, meningkatkan efisiensi mesin dan pekerja. Penjagaan terhadap mesin akan melibatkan operator mesin, tim *maintenance*, *engineer* dan juga manajer produksi. Penerapan TPM menjadi sangat mudah karena elemen pendukung yang diperlukan perusahaan seharusnya sudah dimiliki, hanya perlu dilakukan evaluasi terus menerus pada tindakannya.

Selanjutnya *Standardize Works*, pembuatan standar kerja dari tingkat manajemen hingga operator, maka terjadi terjadi pertukaran perspektif lebih terhadap proses yang ada, hal ini cukup sederhana tetapi dengan melibatkan pekerja maka akan menambah kesadaran terhadap pentingnya setiap langkah pada proses kerja, hal ini berpengaruh terhadap pencegahan produk *defect*, pemborosan gerakan (*motion*), dan standar kualitas (*process*). Sedangkan prioritas nomor tiga ditempati *JIT*, yang pada tingkat efektivitasnya berada pada nomor satu.

5.3 Kekurangan Penelitian

5.4.1 Waste Assessment Model

Penyebaran kuesioner dan *brainstorming* pada metode *waste assessment model* hanya dilakukan dengan kepala kelompok departemen *bass string* PT. Yamaha Indonesia, sehingga data yang diambil tidak dapat divalidasi karena jumlah responden hanya satu.

5.4.2 Integrasi WAM dan FMEA

Skala tingkat efektivitas dan kesulitan pada matriks yang digunakan merupakan hasil *brainstorming* tim ahli dan peneliti, sehingga nilai yang ada merupakan nilai subyektif. Matriks yang ada merupakan pendekatan baru, sehingga diperlukan penelitian lebih untuk menguji efektivitas dan ketepatan metode.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil identifikasi berdasarkan *Waste Assessment Model* menunjukkan pengaruh tiap pemborosan di PT. Yamaha Indonesia (*Bass String*) secara berurutan adalah *defect* 23.12%, *inventory* 17.10%, *motion* 15.83%, *waiting* 12.06%, *transportation* 11.75%, *process* 11.65% dan terakhir *overproduction* 8.49%.
2. *Defect* dapat menyebabkan *waiting* pada proses sebelumnya karena produk yang *defect* dapat diperbaiki langsung tergantung tingkat kerusakan, apabila tidak dapat diperbaiki maka produk menjadi *scrap* buangan. Kegagalan berpengaruh terhadap produktivitas pekerja karena telah menggunakan waktu namun tidak ada hasil, *waiting* tadi juga jadi semakin lama dengan proses inspeksi atau pemborosan *motion*. Sebaliknya apabila produk tidak bisa diperbaiki lagi, maka dilakukan pemilahan, produk dipindahkan ditempat khusus *scrap* dan terjadi pemborosan *transportation*.

Pemborosan *inventory* dapat memunculkan pemborosan *defect*, apabila produk disimpan terlalu lama atau disimpan dengan kurang baik, maka dapat terjadi *discolour* atau perubahan warna pada produk, sehingga dikategorikan cacat. Penyimpanan *inventory* juga meningkatkan pemborosan *motion*, dimana pada proses penyimpanan selalu melibatkan kegiatan mencari, memilah, menjangkau, menggenggam dan pemborosan gerakan lainnya. Pada akhirnya produk pada *inventory* dikirimkan kepada departemen selanjutnya, hal ini menyebabkan meningkatnya pemborosan *Transportation*. Tingginya tingkat *inventory* juga berpengaruh terhadap meningkatnya *lead time*.

Pemborosan *motion* terjadi pada kasus khusus, misalnya karyawan baru dimana kemampuannya dibawah rata-rata, kemampuan yang kurang menyebabkan kemungkinan menghasilkan produk *defect* lebih tinggi, hal ini juga sejalan dengan pemahaman terhadap teknologi yang ada dan termasuk pemborosan *process*. Tentunya pemborosan ini mempengaruhi produktivitas dan *lead time*. Pemborosan *waiting* membuat material pada proses sebelumnya tidak bisa mengirim material untuk diproses lagi, sehingga meningkatnya WIP yang dihitung sebagai pemborosan *inventory*, meskipun proses sebelumnya telah memenuhi targetnya, mesin tetap dipaksa bekerja hal ini untuk menjaga efisiensi mesin, maka terjadi pemborosan *overproduction*. Pemborosan *transportation* terjadi ketika barang dipindahkan, proses ini diikuti dengan kegiatan mencari barang maupun *handling* berulang, yang merupakan pemborosan *motion* dan kerusakan pada alat *handling* juga dapat menyebabkan produk cacat.

Mesin yang tidak dirawat dengan baik dapat menyebabkan produk yang cacat, hal ini merupakan pemborosan *Process*, perbedaan model juga menyebabkan setting ulang mesin dan perbedaan waktu pada proses menyebabkan buffer. Pemborosan *overproduction* terjadi apabila departemen yang di *supply* oleh departemen *bass string* terkendala dalam memenuhi target, apabila departemen selanjutnya masih memiliki stok produk *bass string*, maka hasil pengiriman *bass string* dikurangi oleh sisa stok departemen selanjutnya, dan kelebihan tadi menjadi *inventory* oleh *bass string* ataupun departemen selanjutnya.

3. *Tools* yang paling efektif dalam mengeleminasi pemborosan pada departemen *bass string* adalah JIT (3098.29), VSM (3048.36) dan Kaizen (2755.20), namun apabila dimasukkan variabel tingkat kesulitan maka terjadi perubahan prioritas penggunaan *tools* yakni TPM (2277.83), *standardize works* (1856.34) dan JIT (1549.14).

6.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya peneliti menyarankan untuk melakukan analisis kemampuan menggambarkan keadaan aktual perusahaan terhadap skala yang digunakan dalam matriks integrasi WAM dan FMEA.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, B., Jaweed, S., & Fahad, M. (2015). Implementation of Waste Assessment Matrix and Line Balancing For Productivity Improvement in a High Variety/High Volume Manufacturing Plant. *5th INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING CONGRESS (FIMEC-2015)* (hal. 9-10). Karachi: Proceedings of ESMD.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Indonesia 2018*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Deshkar, A., Kamle, S., Giri, J., & Korde, V. (2018). Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit. . *Materials Today: Proceedings*, 5, 7668-7677.
- El-Namrouty, K. A., & AbuShaaban, M. S. (2013). Seven wastes elimination targeted by lean manufacturing case study “gaza strip manufacturing firms”. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences* , 68-80.
- Gleeson, F., Coughlan, P., Goodman, L., Newell, A., & Hargaden, V. (2019). Improving manufacturing productivity by combining cognitive engineering. *Procedia CIRP*, 81, 641-646.
- Gopinath, S., & Freiheit, T. I. (2012). A waste relationship model and center point tracking metric for lean manufacturing systems. *IIE Transactions*, 44:2, 136-154.
- Goshime, Y., Kitaw, D., & Jilcha, K. (2018). "Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction: A literature review on metals and engineering industries. *International Journal of Lean Six Sigma*, 691-714.
- Harry, M., Mann, P., Hodgins, O. D., Hulbert, R., & Lacke, C. J. (2010). *The Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17, 46-64.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean, Lean Enterprise Research Center*. Cardiff: Cardiff Business School.
- Karam, A.-A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED Project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886-892.

- Kolla, S., Minufekr, M., & Plapper, P. (2019). Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model. *Procedia CIRP*, 81, 753-758.
- Masuti, P., & Dabade, U. (2019). Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company. *Materials Today: Proceedings*, 19, 606-610.
- Möldner, A. K., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2018). Exploring lean manufacturing practices' influence on process innovation. *Journal of Business Research*, 106, 90, 233-249.
- Mostafa, S., & Dumrak, J. (2015). Waste Elimination for Manufacturing Sustainability. *Procedia Manufacturing*, 11-16.
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 3075-3090.
- Perico, P., Arica, E., Powell, D. J., & Gaiardelli, P. (2019). MES as an Enabler of Lean Manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 52, 48-53.
- Pujawan, I. N., & Geraldin, L. H. (2009). House of risk: a model for proactive supply chain risk management. *Business Process Management Journal*, 15, 953-967.
- Ramakrishnan, V., Jayaprakash, J., Elanchezian, C., & Ramnath, B. V. (2019). Implementation of Lean Manufacturing in Indian SMEs-A case study. *Materials Today: Proceedings*, 16, 1244-1250.
- Rawabdeh, I. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 800-822.
- Schüler, P., & Buckley, B. (2015). *Re-Engineering Clinical Trials: Best Practices for Streamlining the Development Process*. London: Elsevier.
- Stadnicka, D., & Litwin, P. (2018). Value Stream Mapping and System Dynamics Integration for Manufacturing Line Modelling and Analysis. *International Journal of Production Economics*.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. New York: McGraw-Hill.
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245.

LAMPIRAN

A. Hasil Kuesioner hubungan pemborosan

1. *Defect dan Motion*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah D mengakibatkan M?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara D dan M?	a. Jika D naik maka M naik	2
		b. Jika D naik maka M tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap M karena D?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak D terhadap M dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak D terhadap M terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
6	Sebesar apa dampak D terhadap M akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

2. *Defect dan Transportation*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah D mengakibatkan T?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara D dan T?	a. Jika D naik maka T naik	2
		b. Jika D naik maka T tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap T karena D?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak D terhadap T dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak D terhadap T terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak D terhadap T akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

3. *Defect dan Waiting*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah D mengakibatkan W?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2		a. Jika D naik maka W naik	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
	Apakah tipe keterkaitan antara D dan W?	b. Jika D naik maka W tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap W karena D?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak D terhadap W dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak D terhadap W terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
6	Sebesar apa dampak D terhadap W akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

4. Motion dan Defect

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah M mengakibatkan D?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara M dan D?	a. Jika M naik maka D naik	2
		b. Jika M naik maka D tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap D karena M?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
4	Menghilangkan dampak M terhadap D dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak M terhadap D terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
6	Sebesar apa dampak M terhadap D akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

5. Motion dan Processing

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah M mengakibatkan P?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara M dan P?	a. Jika M naik maka P naik	2
		b. Jika M naik maka P tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap P karena M?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak M terhadap P dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5		a. Kualitas Produk	1

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
	Dampak M terhadap P terutama mempengaruhi...	b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak M terhadap P akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

6. *Motion dan Waiting*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah M mengakibatkan W?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara M dan W?	a. Jika M naik maka W naik	2
		b. Jika M naik maka W tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap W karena M?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak M terhadap W dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak M terhadap W terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak M terhadap W akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

7. Transportation dan Defect

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah T mengakibatkan D?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara T dan D?	a. Jika T naik maka D naik	2
		b. Jika T naik maka D tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap D karena T?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak T terhadap D dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak T terhadap D terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak T terhadap D akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		c. Rendah	0

8. *Transportation dan Motion*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah T mengakibatkan M?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara T dan M?	a. Jika T naik maka M naik	2
		b. Jika T naik maka M tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap M karena T?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak T terhadap M dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak T terhadap M terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak T terhadap M akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

9. *Transportation dan Waiting*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah T mengakibatkan W?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara T dan W?	a. Jika T naik maka W naik	2
		b. Jika T naik maka W tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap W karena T?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak T terhadap W dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak T terhadap W terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak T terhadap W akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

10. *Processing dan Defect*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah P mengakibatkan D?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara P dan D?	a. Jika P naik maka D naik	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		b. Jika P naik maka D tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap D karena P?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak P terhadap D dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak P terhadap D terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak P terhadap D akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

11. Processing dan Motion

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah P mengakibatkan M?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara P dan M?	a. Jika P naik maka M naik	2
		b. Jika P naik maka M tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap M karena P?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
4	Menghilangkan dampak P terhadap M dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak P terhadap M terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
6	Sebesar apa dampak P terhadap M akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

12. *Processing dan Waiting*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah P mengakibatkan W?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara P dan W?	a. Jika P naik maka W naik	2
		b. Jika P naik maka W tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap W karena P?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak P terhadap W dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5		a. Kualitas Produk	1

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
	Dampak P terhadap W terutama mempengaruhi...	b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak P terhadap W akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

13. *Waiting dan Defect*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah W mengakibatkan D?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara W dan D?	a. Jika W naik maka D naik	2
		b. Jika W naik maka D tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap D karena W?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak W terhadap D dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak W terhadap D terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak W terhadap D akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

14. *Overproduction dan Inventory*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah O mengakibatkan I?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara O dan I?	a. Jika O naik maka I naik	2
		b. Jika O naik maka I tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap I karena O?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak O terhadap I dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak O terhadap I terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak O terhadap I akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

15. *Overproduction dan Defect*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah O mengakibatkan D?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
2	Apakah tipe keterkaitan antara O dan D?	a. Jika O naik maka D naik	2
		b. Jika O naik maka D tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap D karena O?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak O terhadap D dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak O terhadap D terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak O terhadap D akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

16. *Overproduction dan Motion*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah O mengakibatkan M?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara O dan M?	a. Jika O naik maka M naik	2
		b. Jika O naik maka M tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap M karena O?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak O terhadap M dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak O terhadap M terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak O terhadap M akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

17. *Overproduction dan Transportation*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah O mengakibatkan T?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara O dan T?	a. Jika O naik maka T naik	2
		b. Jika O naik maka T tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap T karena O?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak O terhadap T dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak O terhadap T terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak O terhadap T akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

18. *Overproduction dan Waiting*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah O mengakibatkan W?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2		a. Jika O naik maka W naik	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
	Apakah tipe keterkaitan antara O dan W?	b. Jika O naik maka W tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap W karena O?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak O terhadap W dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak O terhadap W terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak O terhadap W akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

19. *Inventory dan Overproduction*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah I mengakibatkan O?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara O dan I?	a. Jika O naik maka I naik	2
		b. Jika O naik maka I tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap I karena O?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak I terhadap O dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak I terhadap O terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak O terhadap I akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

20. *Inventory dan Defect*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah I mengakibatkan D?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara I dan D?	a. Jika I naik maka D naik	2
		b. Jika I naik maka D tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap D karena I?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak I terhadap D dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak I terhadap D terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak I terhadap D akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

21. *Inventory dan Motion*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah I mengakibatkan M?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara I dan M?	a. Jika I naik maka M naik	2
		b. Jika I naik maka M tetap	1

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap M karena M?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak I terhadap M dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak I terhadap M terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
6	Sebesar apa dampak I terhadap M akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

22. *Inventory dan transportation*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah I mengakibatkan T?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara I dan T?	a. Jika I naik maka T naik	2
		b. Jika I naik maka T tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap T karena I?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak I terhadap T dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak I terhadap T terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak I terhadap T akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

23. *Defect dan overproduction*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah D mengakibatkan O?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara D dan O?	a. Jika D naik maka O naik	2
		b. Jika D naik maka O tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap O karena D?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak D terhadap O dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak D terhadap O terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak D terhadap O akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

24. *Defect dan Inventory*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah D mengakibatkan I?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara D dan I?	a. Jika D naik maka I naik	2
		b. Jika D naik maka I tetap	1

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap I karena D?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak D terhadap I dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak D terhadap I terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak D terhadap I akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

25. *Motion dan Inventory*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah M mengakibatkan I?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara M dan I?	a. Jika M naik maka I naik	2
		b. Jika M naik maka I tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap I karena M?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak M terhadap I dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak M terhadap I terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak M terhadap I akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

26. *Transportation and Overproduction*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah T mengakibatkan O?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara T dan O?	a. Jika T naik maka O naik	2
		b. Jika T naik maka O tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap T karena O?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak T terhadap O dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak T terhadap O terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak T terhadap O akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

27. *Transportation and Inventory*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah T mengakibatkan I?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara T dan I?	a. Jika T naik maka I naik	2
		b. Jika T naik maka I tetap	1

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap T karena I?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak T terhadap I dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak T terhadap I terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
6	Sebesar apa dampak T terhadap I akan meningkatkan <i>lead time</i>	g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
		a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

28. *Processing and Overproduction*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah P mengakibatkan O?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara P dan O?	a. Jika P naik maka O naik	2
		b. Jika P naik maka O tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap O karena P?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak P terhadap O dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak P terhadap O terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak P terhadap O akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

29. *Processing and Inventory*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah P mengakibatkan I?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara P dan I?	a. Jika P naik maka I naik	2
		b. Jika P naik maka I tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap I karena P?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak P terhadap I dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak P terhadap I terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak P terhadap I akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

30. *Waiting and Overproduction*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah W mengakibatkan O?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara W dan O?	a. Jika W naik maka O naik	2
		b. Jika W naik maka O tetap	1

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap O karena W?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak W terhadap O dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak W terhadap O terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak W terhadap O akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

31. *Waiting and Inventory*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah W mengakibatkan I?	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Apakah tipe keterkaitan antara W dan I?	a. Jika W naik maka I naik	2
		b. Jika W naik maka I tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap I karena W?	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak W terhadap I dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi Instruksional	0
5	Dampak W terhadap I terutama mempengaruhi...	a. Kualitas Produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktifitas dan <i>lead time</i>	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak W terhadap I akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat Tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

B. Hasil Kuesioner hubungan pemborosan

No	Aspek dan daftar pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Skor
Kategori 1: Man			
1	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk seluruh pekerjaan atau mesin sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh berbagai operator?	To Motion	0.5
2	Apakah supervisor menentukan standar target untuk jumlah waktu dan kualitas produk dalam produksi?	From Motion	1
3	Apakah pengawasan untuk pekerjaan shift malam sudah cukup?	From Defect	1
4	Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja karyawan?	From Motion	1
5	Apakah ada program pelatihan untuk karyawan yang baru?	From Motion	1
6	Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab pada pekerjaannya?	From Defect	1
7	Apakah perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di area pekerjaan ini?	From Process	1
Kategori 2: Material			
8	Apakah lead time dari proses produksi tersedia untuk mengatur jadwal produksi?	To Waiting	1

No	Aspek dan daftar pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Skor
9	Apakah sudah terdapat pengecekan jadwal untuk persediaan material sebelum memulai produksi?	From Waiting	1
10	Apakah part bisa diterima dalam satu muatan?	From Transportation	1
11	Apakah bagian perencanaan produksi memberi cukup pemberitahuan sebelumnya kepada tenaga kerja part control mengenai aktivitas penyimpanan barang?	From Inventory	1
12	Apakah manajemen gudang dapat memberikan peringatan terhadap perubahan perencanaan persediaan?	From Inventory	1
13	Apakah terdapat akumulasi material berlebihan yang menunggu diperbaiki, dikerjakan ulang, atau dikembalikan ke proses produksi?	From Defect	1
14	Apakah terdapat material yang tidak penting disekitar tempat tumpukan material	From Inventory	0
15	Apakah tenaga kerja produksi berdiri disekitar area produksi menunggu kedatangan material?	From Waiting	0
16	Apakah material dipindahkan lebih sering dari yang dibutuhkan?	To Defect	0.5
17	Apakah part yang rapuh sering rusak pada aktivitas transportasi?	From Defect	0.5
18	Apakah wip area dikacaukan dengan part atau material yang digunakan atau dipindah oleh proses berikutnya?	From Transportation	0
19	Apakah material yang dibongkar muat secara mekanik harus ditangani secara manual?	To Motion	1
20	Apakah menggunakan wadah sebelum pengemasan untuk mempermudah perhitungan jumlah dan material handling?	From Waiting	1

No	Aspek dan daftar pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Skor
21	Apakah item yang identik disimpan disuatu tempat untuk meminimalkan waktu yang digunakan dalam proses pencarian?	From Motion	1
22	Apakah tersedia wadah besar yang mudah dibawa untuk menghindari pengulangan handling dengan wadah kecil?	From Transportation	1
23	Apakah material diuji untuk mengetahui kesesuaian terhadap spesifikasi ketika material diterima?	From Defect	1
24	Apakah material dengan tepat diidentifikasi melalui nomor part?	From Motion	1
25	Apakah anda menyimpan barang yang masih dalam proses untuk diproses kemudian?	From Inventory	0
26	Apakah material tertimbun tanpa diproses?	From Inventory	0
27	Apakah anda melonggarkan rute aliran work in process?	To Waiting	1
28	Apakah anda harus mengerjakan ulang untuk produk cacat?	From Defect	1
29	Apakah raw material tiba tepat waktu ketika dibutuhkan?	From Waiting	1
30	Apakah anda memiliki tumpukan barang jadi di dalam gudang yang tidak memiliki konsumen yang dijadwalkan	From Overproduction	0
31	Apakah sparepart disimpan dengan baik?	To Motion	1
Kategori 3: Machine			
32	Apakah pengujian terhadap efisiensi mesin dan pengujian standar spesifikasi manufaktur sudah dilakukan secara periodik?	From Process	1
33	Apakah beban kerja untuk setiap mesin dapat diprediksi dengan jelas?	To Waiting	1

No	Aspek dan daftar pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Skor
34	Sekali suatu mesin dipasang, apakah ada tindak lanjut untuk melihat jika mesin tersebut telah bekerja berdasarkan spesifikasinya?	Form Process	1
35	Apakah kapasitas peralatan handling cukup untuk mengangkat pekerjaan yang paling berat?	From Transportation	0.5
36	Jika peralatan material handling digunakan apakah jumlah material yang dibawa cukup?	To Motion	1
37	Apakah kebijakan produksi menekan anda untuk memproduksi lebih dalam rangka mencapai pemanfaatan mesin yang terbaik?	From Overproduction	1
38	Apakah mesin sering berhenti karena gangguan mekanis?	From Waiting	0.5
39	Apakah perkakas yang diperlukan sudah tersedia dan cukup untuk setiap proses?	From Waiting	1
40	Apakah peralatan material handling membahayakan terhadap part yang dibawa?	To Defect	0
41	Apakah waktu setup yang lama menyebabkan penundaan terhadap proses produksi?	From Waiting	0
42	Apakah anda memiliki perkakas yang tidak terpakai namun tersedia ditempat kerja?	To Motion	1
43	Apakah anda mempertimbangkan untuk meminimalkan frekuensi dari setup dengan menyesuaikan penjadwalan dan desain?	From Process	0.5
Kategori 4: Method			
44	Apakah luas area stock tersedia untuk menghindari kemacetan lalu lintas?	To Transportation	1
45	Apakah ada sistem penomoran saat pengambilan material yang dapat memudahkan pencarian dan penyimpanan meterial?	From Motion	1

No	Aspek dan daftar pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Skor
46	Apakah ruang penyimpanan digunakan secara efektif?	From Waiting	1
47	Apakah gudang dibagi menjadi dua area? Area aktif untuk order yang paling sering dan stock cadangan untuk order lainnya?	To Motion	1
48	Apakah waktu produksi disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan (due date)?	To Waiting	1
49	Apakah jadwal produksi dikomunikasikan antar departemen?	To Defect	1
50	Apakah standar produksi yang dibentuk untuk memudahkan loading mesin sudah benar?	From Motion	1
51	Apakah sudah ada sistem quality control dalam perusahaan yang telah diterapkan?	From Defect	1
52	Apakah pekerjaan dan operasi mempunyai waktu standar yang dibentuk melalui metode ilmu teknik industri?	From Motion	1
53	Jika suatu delay ditemukan apakah delay tersebut dikomunikasikan ke semua departemen?	To Waiting	1
54	Apakah kebutuhan untuk part yang umum dijadwalkan sehingga tidak ada pengulangan setup yang tidak semestinya untuk produksi item yang sama?	From Process	0.5
55	Apakah ada suatu kemungkinan mengkombinasikan langkah-langkah tertentu untuk membuat suatu langkah tunggal?	From Process	0.5
56	Apakah ada prosedur untuk menginspeksi produk yang dikembalikan?	To Defect	0.5
57	Apakah arsip inventori digunakan untuk tujuan seperti membeli material dan menjadwalkan produksi?	From Inventory	1

No	Aspek dan daftar pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Skor
58	Apakah jalur selalu dibersihkan dan dirapikan dengan baik?	To Transportation	1
59	Apakah area penyimpanan diberi tanda pada bagian-bagian tertentu?	To Motion	1
60	Apakah luas jalur cukup untuk pergerakan alat-alat?	To Transportation	1
61	Apakah area gudang digunakan untuk menyimpan material yang tidak seharusnya disimpan?	To Motion	0
62	Apakah ada jadwal tetap untuk membersihkan pabrik?	To Motion	1
63	Apakah kebanyakan aliran produksi mengalir satu arah?	From Motion	1
64	Apakah ada suatu kelompok yang berurusan dengan desain, konstruksi komponen, drafting, dan bentuk lain serta standarisasi?	From Motion	1
65	Apakah standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	From Motion	1
66	Apakah dapat meramalkan jumlah produksi?	From Overproduction	1
67	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu ada atau tidak berlebih?	From Process	1
68	Apakah hasil Quality Control, uji produk, dan evaluasi dilakukan melalui ilmu keteknikan?	From Defect	1