



TUGAS AKHIR – TI 141501

**EVALUASI PERFORMANSI DAN STRATEGI PERBAIKAN
PADA LINI PRODUKSI *PRESS FORMING* DI PT
DIRGANTARA INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN
LEAN ASSESSMENT DAN *LEAN MANUFACTURING***

IMANDIO WICAKSONO
NRP 2513 100 175

DOSEN PEMBIMBING:
Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

DOSEN KO-PEMBIMBING:
Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT – TI 141501

**PERFORMANCE EVALUATION AND IMPROVEMENT
STRATEGY OF PRESS FORM PRODUCTION LINE IN PT.
DIRGANTARA INDONESIA USING LEAN ASSESSMENT AND
LEAN MANUFACTURING**

IMANDIO WICAKSONO
NRP 2513 100 175

SUPERVISOR:

Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

CO-SUPERVISOR:

Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

**EVALUASI PERFORMANSI DAN STRATEGI PERBAIKAN PADA LINI
PRODUKSI *PRESS FORMING* DI PT DIRGANTARA INDONESIA
DENGAN MENGGUNAKAN *LEAN ASSESSMENT* DAN *LEAN
MANUFACTURING***

TUGAS AKHIR

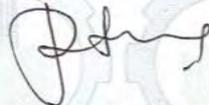
**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

Oleh:

IMANDIO WICAKSONO

NRP. 2513 100 175

**Mengetahui dan menyetujui,
Dosen Pembimbing**



Putu Dana Karningsih, S.T., M. Eng.Sc, Ph. D

NIP. 197405081999032001

Dosen Ko-Pembimbing

Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

NIDN. 0702058801

**DEPARTEMEN
TEKNIK INDUSTRI
SURABAYA**

2017

EVALUASI PERFORMANSI DAN STRATEGI PERBAIKAN PADA LINI PRODUKSI *PRESS FORMING* DI PT DIRGANTARA INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN *LEAN ASSESSMENT* DAN *LEAN MANUFACTURING*

Nama : Imandio Wicaksono
NRP : 2513100175
Pembimbing : Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
Ko-Pembimbing : Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

ABSTRAK

PT Dirgantara Indonesia merupakan industri pesawat terbang yang telah mengimplementasikan konsep *lean manufacturing* sejak tahun 2013. Namun, masih terdapat permasalahan pada proses produksinya, diantaranya adalah tidak tercapainya target SQCDP (*Safety, Quality, Cost, Delivery & People*) dan *lead time* produksi yang tinggi. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa implementasi *lean manufacturing* belum sesuai dengan rencana, sehingga perlu untuk dilakukan penilaian (*lean assessment*) dan perbaikan terhadap implementasi *lean manufacturing* tersebut. Dalam Tugas Akhir ini, *lean assessment* dilakukan dengan cara kuantitatif dan kualitatif. Dimensi yang diukur adalah efektivitas waktu, kualitas, proses, biaya, sumber daya manusia, pengiriman, pelanggan dan *inventory*. Setelah dilakukan pengukuran nilai *leaness* setiap dimensi digambarkan *value stream mapping* dan *activity classification* serta ditentukan dimensi dan *waste* kritis dengan *borda count method*. Kemudian dilakukan analisa penyebab *waste* kritis, analisa dampak permasalahan, penyusunan rekomendasi perbaikan, dan perhitungan nilai NPV untuk alternatif perbaikan terpilih. Berdasarkan hasil *lean assessment*, diketahui 3 dimensi kritis yaitu sumber daya manusia, pengiriman, dan efektivitas waktu. *Value stream mapping* yang diperoleh menunjukkan *value added time* sebesar 2.512 menit dari *production lead time* sebesar 18.844 menit. *Output* dari metode *borda* menunjukkan bahwa *waiting*, *motion*, dan *transportation* merupakan *waste* kritis. Untuk meminimasi pemborosan tersebut, perlu dilakukan penentuan jumlah mesin, operator, dan *material handling* yang optimal serta perhitungan jumlah *sampling* pada proses inspeksi.

Kata Kunci: *Borda Count Method, Lean Assessment, Lean Manufacturing, Net Present Value, Root Cause Analysis, Stringer, Value Stream Mapping.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERFORMANCE EVALUATION AND IMPROVEMENT STRATEGY OF PRESS FORM PRODUCTION LINE IN PT. DIRGANTARA INDONESIA USING LEAN ASSESSMENT AND LEAN MANUFACTURING

Name : Imandio Wicaksono
Student ID : 2513100175
Supervisor : Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
Co-Supervisor : Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

ABSTRACT

PT Dirgantara Indonesia is an aircraft industry that has been implementing lean manufacturing concept since 2013. However, there are still problems in its production process, such as not achieving SQCDP target (Safety, Quality, Cost, Delivery & People) and high production lead time. These problems indicate that lean manufacturing implementation is not in accordance with the plan, so it is necessary for the assessment (lean assessment) and improvements to implementation of lean manufacturing. In this Final Project, lean assessment is done in quantitative and qualitative ways. Dimensions measured are the effectiveness of time, quality, process, cost, human resources, delivery, customer and inventory. After measurement of leanness value each dimension is described value stream mapping and activity classification and determined dimension and critical waste with borda count method. Then the critical waste waste analysis, problem impact analysis, the preparation of improvement recommendations, and the calculation of the NPV value for selected improvement alternatives. Based on the results of lean assessment, known 3 critical dimensions of human resources, delivery, and time effectiveness. Value stream mapping obtained shows the value added time of 2.512 minutes of production lead time of 18,844 minutes. The output of the borda method indicates that waiting, motion, and transportation are critical waste. To minimize the waste, it is necessary to determine the optimal number of machines, operators, and material handling as well as the calculation of the number of samples in the inspection process.

Kata Kunci: *Borda Count Method, Lean Assessment, Lean Manufacturing, Net Present Value, Root Cause Analysis, Stringer, Value Stream Mapping.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, rizki, dan hidayah-Nya yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Performansi dan Strategi Perbaikan pada Lini Produksi *Press Forming* di PT Dirgantara Indonesia dengan Menggunakan *Lean Assessment* dan *Lean Manufacturing*” sebagai syarat untuk menyelesaikan studi strata satu (S-1) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis telah menerima banyak bantuan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang berperan penting dalam penelitian Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Kedua orang tua tercinta. Ibunda tercinta Ira Dewi Suvia dan Ayahanda tercinta Djoko Susanto yang selalu memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan kasih sayang serta doa yang tiada hentinya demi kesuksesan penulis. Kakak dan adik tersayang, Mba Inong, Mas Inyo, Mba Anty, dan Achmad. Serta keluarga besar penulis yang turut memberikan dukungan dan doa kepada penulis selama ini.
2. Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing penelitian Tugas Akhir. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan atas waktu, bimbingan, arahan, petunjuk, motivasi, dan kesabaran dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan tepat dengan waktunya
3. Ibu Dewanti Anggrahini S.T., M.T., selaku dosen ko-pembimbing penelitian Tugas Akhir. Terima kasih atas waktu, petunjuk, motivasi dalam membimbing dan mengarahkan penulis selama penelitian Tugas Akhir ini.

4. Kepada Prof. Ir. Udisubakti C., M.Eng.Sc., Ph.D. dan Bapak Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji penulis saat sidang. Terimakasih atas masukan, saran, dan waktu yang telah diberikan dalam menyempurnakan laporan Tugas Akhir penulis.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri ITS yang telah mendidik dan mengajarkan banyak ilmu dan pelajaran berharga kepada penulis selama masa perkuliahan di Jurusan Teknik Industri ITS khususnya Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri ITS, Bapak Dr. Adhitya Sudiarno selaku dosen koordinator Tugas Akhir, dan Bapak Ahmad Rusdiansyah, Ir., M.Eng., Dr.Eng selaku dosen wali penulis.
6. Kepada Pak Ridlo, Pak Lukman, Pak Patriot, Ibu Lucky, Mbak Denisa, Mbak Nisa, Mas Acep dan segenap karyawan PT Dirgantara Indonesia yang telah memfasilitasi proses pengambilan data dan membimbing penulis dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan yang ada. Penulis sangat terbuka dengan saran maupun masukan yang dapat membangun. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juni 2017

Imandio Wicaksono

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	9
2.1.1 Definisi <i>Lean Manufacturing</i>	9
2.1.2 <i>Waste</i>	11
2.1.3 Tipe Aktivitas dalam Proses Produksi	13
2.2 <i>Lean Assessment</i>	14
2.2.1 <i>Quantitative Lean Assessment</i>	15
2.2.2 <i>Qualitative Lean Assessment</i>	22
2.3 <i>Lean Radar Chart</i>	25
2.4 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	26
2.5 <i>Fuzzy Logic</i>	28
2.6 <i>Brown-Gibson Method</i>	30
2.7 <i>Borda Count Method (BCM)</i>	31
2.8 <i>Root Cause Analysis (RCA)</i>	32

2.9	Analisis Risiko	33
2.10	<i>Net Present Value</i> (NPV)	36
2.11	<i>Review</i> Penelitian Sebelumnya.....	36
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		38
3.1	Tahap Identifikasi Awal	40
3.2	Tahap Pengumpulan Data.....	41
3.3	Tahap <i>Define</i>	41
3.4	Tahap <i>Measure</i>	42
3.5	Tahap <i>Analyze</i>	43
3.6	Tahap <i>Improve</i>	44
3.7	Tahap Kesimpulan dan Saran	44
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		45
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	45
4.2	Tahap <i>Define</i>	51
4.2.1	Identifikasi Dimensi dan Indikator <i>Lean Assessment</i>	51
4.2.4	<i>Value Stream Mapping</i> Lini Produksi <i>Press Forming</i>	58
4.2.4	<i>Activity Classification</i>	64
4.3	Tahap <i>Measure</i>	71
4.3.1	<i>Lean Assessment</i>	72
4.3.2	Identifikasi <i>Waste</i> Kritis dengan <i>Borda Count Method</i> (BCM)	79
BAB 5 ANALISIS DAN PENYUSUNAN RENCANA PERBAIKAN		81
5.1	Tahap <i>Analyze</i>	81
5.1.1	Analisis <i>Lean Assessment</i>	81
5.1.2	Analisis <i>Value Stream Mapping</i>	84
5.1.3	Analisis <i>Waste</i> Kritis Berdasarkan <i>Lean Assessment</i> , <i>Value Stream Mapping</i> dan <i>Borda Count Method</i>	86
5.1.4	Pembangunan <i>Root Cause Analysis</i> (RCA).....	89
5.1.5	Analisis Penentuan Prioritas Sumber Penyebab <i>Waste</i> Kritis dengan Menggunakan Pendekatan Analisis Risiko.....	94
5.2	Tahap <i>Improve</i>	100
5.2.1	Analisa Alternatif Perbaikan	100
5.3	Penyelesaian Permasalahan	101
5.3.1	Penentuan Jumlah Mesin dan Operator.....	101

5.3.2	Penentuan Jumlah <i>Material Handling</i>	107
5.3.3	Penentuan Jumlah Sampling pada Proses Inspeksi (QA)	111
5.4	Perhitungan <i>Net Present Value</i> (NPV).....	116
5.4.1	Perhitungan NPV Penentuan Jumlah Mesin dan Operator	116
5.4.2	Perhitungan NPV Penentuan Jumlah <i>Material Handling</i>	118
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		121
6.1	Kesimpulan.....	121
6.2	Saran	123
DAFTAR PUSTAKA		124
LAMPIRAN.....		127
BIOGRAFI PENULIS.....		155

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Waktu Proses Bagian <i>Press Forming</i>	3
Tabel 1. 2 SQCDP lini produksi <i>press forming</i> Jan-Feb 2017	4
Tabel 2. 1 Indikator <i>Quality</i>	22
Tabel 2. 2 Indikator <i>Customer</i>	23
Tabel 2. 3 Indikator <i>Process</i>	23
Tabel 2. 4 Indikator <i>Human Resource</i>	24
Tabel 2. 5 Indikator <i>Delivery</i>	24
Tabel 2. 6 Contoh Perhitungan <i>Borda Count Method</i>	31
Tabel 2. 7 Kriteria <i>Likelihood</i>	34
Tabel 2. 8 Kriteria <i>Consequences</i>	34
Tabel 2. 9 <i>Risk Rating</i>	35
Tabel 2. 10 <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Peneliti	37
Tabel 4.1 Komponen Pesawat Terbang Lini Produksi <i>Press Forming</i>	47
Tabel 4.2 Rekomendasi Perbaikan Implementasi <i>Lean Manufacturing</i>	50
Tabel 4.3 Hubungan Antara Dimensi <i>Lean Assessment</i> terhadap Pemborosan....	51
Tabel 4.4 Indikator Dimensi Efektifitas Waktu	53
Tabel 4.5 Indikator Dimensi Kualitas	54
Tabel 4.6 Indikator Dimensi Proses	55
Tabel 4.7 Indikator Dimensi Biaya	55
Tabel 4.8 Indikator Dimensi Sumber Daya Manusia.....	56
Tabel 4.9 Indikator Dimensi Pengiriman	56
Tabel 4.10 Indikator Dimensi Pelanggan.....	57
Tabel 4.11 Indikator Dimensi <i>Inventory</i>	57
Tabel 4.12 Identifikasi <i>waste</i> pada VSM	63
Tabel 4. 13 Rekapitulasi NNVA & NVA	64
Tabel 4.14 Total Aktivitas NNVA dan NVA pada VSM	64
Tabel 4.15 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>Router</i>	65
Tabel 4.16 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>Fitter for Rubber Press</i>	66
Tabel 4.17 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>Rubber Press</i>	66

Tabel 4.18 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>Fitter for Rubber Press</i>	67
Tabel 4.19 Klasifikasi Aktivitas Proses <i>Quality Assessment</i>	68
Tabel 4.20 Rekapitulasi Jenis Aktivitas di Lini Produksi <i>Press Forming</i>	68
Tabel 4.21 Identifikasi <i>Waste</i> pada <i>Activity Classification</i>	69
Tabel 4.22 Total Aktivitas NNVA dan NVA pada <i>Activity Classification</i>	71
Tabel 4.23 Pemetaan sumber data <i>quantitative lean assessment</i>	72
Tabel 4.24 Hasil Perhitungan <i>Quantitative Lean Assessment</i>	74
Tabel 4.25 Nilai leannes <i>qualitative lean assessment</i>	76
Tabel 4.26 Kombinasi <i>Lean Assessment</i>	78
Tabel 4.27 Identifikasi <i>Waste</i> Kritis dengan <i>Borda Count Method</i>	79
Tabel 5.1 Hubungan Dimensi <i>Lean Assessment</i> dengan <i>Waste</i>	86
Tabel 5.2 RCA <i>Lean Assessment</i>	89
Tabel 5. 3 RCA VSM & <i>Activity Classification</i>	91
Tabel 5. 4 Identifikasi akar penyebab dan dampak setiap <i>waste</i> kritis.....	143
Tabel 5.5 Kriteria <i>Likelihood Waste</i> Kritis <i>Waiting, Motion, dan Transportation</i>	96
Tabel 5.6 <i>Consequences Waste</i> Kritis <i>Waiting</i>	96
Tabel 5.7 <i>Consequences Waste</i> Kritis <i>Motion</i>	96
Tabel 5. 8 <i>Consequences Waste</i> Kritis <i>Transportation</i>	97
Tabel 5. 9 <i>Consequences Waste</i> Kritis <i>Human Resource</i>	97
Tabel 5.10 Hasil Kuesioner Analisis Risiko Terhadap Akar Penyebab Permasalahan.....	98
Tabel 5. 11 Pemetaan Akar Penyebab <i>Waste</i> Kritis.....	100
Tabel 5. 12 Alternatif Perbaikan dari Sumber Penyebab Permasalahan.....	101
Tabel 5. 13 Rencana produksi produk di lini produksi <i>press forming</i>	102
Tabel 5. 14 Jumlah part yang di produksi di lini produksi <i>press forming</i>	103
Tabel 5. 15 Kebutuhan jumlah <i>batch / tahun</i>	104
Tabel 5. 16 Kebutuhan Jam Kerja per proses per tahun.....	104
Tabel 5. 17 Jumlah jam kerja tersedia per proses per tahun.....	105
Tabel 5. 18 Jumlah kebutuhan mesin dan operator per proses.....	105
Tabel 5.19 Jumlah kebutuhan mesin dan operator per proses alternatif penambahan <i>shift</i>	106
Tabel 5. 20 Jarak antar proses di lini produksi <i>press forming</i>	109

Tabel 5. 21 <i>Delivery Cycle Time</i>	109
Tabel 5. 22 <i>Delivery Available Time</i>	109
Tabel 5. 23 <i>Delivery Workload</i>	110
Tabel 5. 24 <i>Number of Material Handling Required</i>	110
Tabel 5. 25 Rasio <i>Availability</i> Terhadap Jumlah <i>Material Handling</i>	111
Tabel 5. 26 <i>AQL Standard</i>	113
Tabel 5. 27 Kode Huruf <i>Sample Size Military Standard</i>	113
Tabel 5. 28 Perbandingan metode <i>sampling</i>	115
Tabel 5. 29 Nilai <i>forecast</i> inflasi pada tahun 2017 hingga 2026.....	116
Tabel 5. 30 Hasil perhitungan nilai NPV penambahan jumlah mesin dan operator.....	117
Tabel 5. 31 Hasil perhitungan nilai NPV penambahan jumlah mesin dan operator dengan perubahan <i>shift</i>	117
Tabel 5. 32 Hasil perhitungan nilai NPV penambahan jumlah <i>material handling</i>	118
Tabel 5.33 Perhitungan nilai NPV alternatif perbaikan penambahan jumlah <i>material handling</i> dengan <i>availability</i> 0,7.....	119

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah Produksi Hingga Tahun 2017	1
Gambar 1. 2 Rencana Produksi dan <i>Delivery</i> tahun 2016	2
Gambar 2. 1 Elemen-Elemen <i>Lean Manufacturing</i>	11
Gambar 2. 2 Dimensi Model <i>Quantitative Lean Assessment</i>	15
Gambar 2. 3 Indikator <i>Time Effectiveness</i>	16
Gambar 2. 4 Indikator <i>Quality</i>	17
Gambar 2. 5 Indikator <i>Process</i>	18
Gambar 2. 6 Indikator <i>Cost</i>	18
Gambar 2. 7 Indikator <i>Human Resource</i>	19
Gambar 2. 8 Indikator <i>Delivery</i>	20
Gambar 2. 9 Indikator <i>Customer</i>	21
Gambar 2. 10 Indikator <i>Inventory</i>	21
Gambar 2. 11 Lean Radar <i>Chart</i>	26
Gambar 2. 12 Simbol <i>Value Stream Mapping</i>	27
Gambar 2. 13 Contoh <i>Value Stream Mapping</i>	28
Gambar 2. 14 Peta Risiko	35
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	39
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Dirgantara Indonesia	47
Gambar 4.2 Persentase Komponen Pesawat Lini Produksi <i>Press Forming</i>	48
Gambar 4.3 Struktur Model Implementasi Lean PT DI	49
Gambar 4.4 <i>Value Stream Mapping</i> Lini Produksi <i>Press Forming</i>	62
Gambar 4.5 <i>Lean Radar Chart</i>	78
Gambar 5.1 Tahap menentukan jumlah <i>sampling</i> dengan konsep <i>military standard</i>	115

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

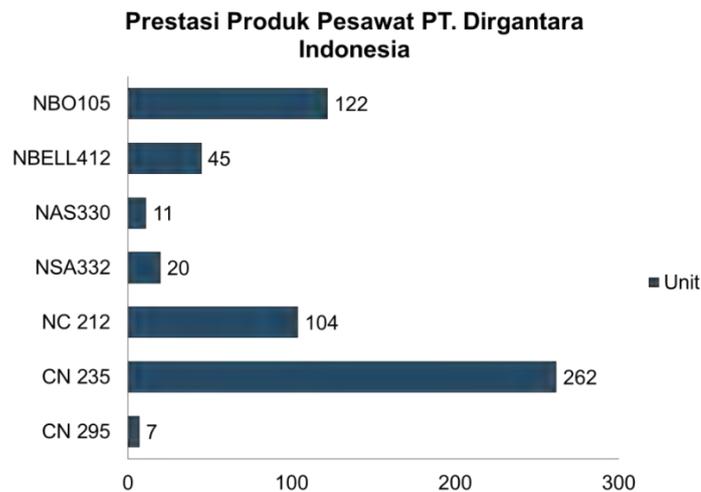
BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab Pendahuluan akan dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

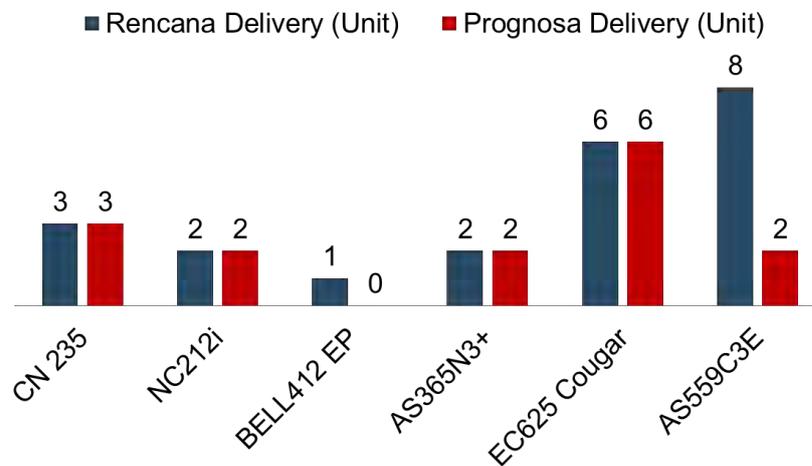
PT Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*) yang selanjutnya akan disebut dengan PT DI merupakan industri pesawat terbang yang termasuk kedalam Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dan berdiri sejak tahun 1976 di Kota Bandung. Hingga saat ini, bisnis utama PT DI adalah memproduksi pesawat terbang dan helikopter (Gambar 1.1) dengan jumlah yang terus bertambah setiap tahunnya.



Gambar 1. 1 Jumlah Produksi Hingga Tahun 2017 (Dirgantara Indonesia, 2017)

Saat ini, PT DI sedang dalam tahap melakukan pengembangan dan penyempurnaan proses pada fasilitas produksinya. Hal ini dilakukan karena terdapat permasalahan, yaitu PT DI belum sepenuhnya dapat memenuhi *on time delivery* terhadap produknya (Gambar 1.2). Produk yang tidak dikirimkan kepada konsumen sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan (*on time delivery*) menyebabkan adanya biaya pinalti yang dapat mengurangi profit bagi perusahaan.

Rencana Produksi dan *Delivery* Tahun 2016



Gambar 1. 2 Rencana Produksi dan *Delivery* tahun 2016 (Dirgantara Indonesia, 2017)

Salah satu usaha PT DI dalam melakukan pengembangan dan penyempurnaan proses pada fasilitas produksinya adalah menerapkan konsep *lean manufacturing* yang dimulai sejak tahun 2013. *Lean manufacturing* merupakan pendekatan untuk meningkatkan kualitas produk, meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya, dan meningkatkan kepuasan pelanggan dengan mengeliminasi *waste* (Manos dan Vincent, 2012). Meskipun konsep *lean manufacturing* pertama kali diterapkan dan berhasil pada industri otomotif, namun konsep *lean manufacturing* dapat juga dilakukan dan diterapkan dalam industri lainnya termasuk industri pesawat terbang (Crute *et al.*, 2003). Implementasi konsep *lean manufacturing* dilakukan di dalam Direktorat Produksi, yaitu pada bagian *machining*, *sheet metal forming*, dan *surface treatment* di divisi *Detail Part Manufacturing*. Implementasi tersebut seperti penggunaan *tools* 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, dan Rajin), optimalisasi *lay out*, *line balancing*, *total productive maintenance*, *kaizen* dan meningkatkan nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dari mesin produksi.

Namun, berdasarkan hasil diskusi dengan pihak perusahaan, walaupun telah mengimplementasikan konsep *lean manufacturing*, masih terdapat beberapa permasalahan dalam rantai produksi yang mengakibatkan keterlambatan pengiriman produk. Masalah tersebut diantaranya adalah tingginya produk *work in*

process (WIP) yang mengakibatkan *bottleneck*, waktu tunggu yang lama dari satu mesin ke mesin lain, *idle* pada proses produksi karena menunggu *order* dari SAP (*System Analysis and Program Database*), dan kemampuan pekerja yang tidak merata. Permasalahan ini tentunya memiliki dampak yang sangat besar terhadap *lead time produksi*.

Salah satu *customer* PT DI saat ini adalah perusahaan manufaktur pesawat terbang terbesar di dunia yaitu Airbus. Setiap harinya, PT DI secara berkala melakukan produksi dan mengirimkan komponen pesawat terbang yang dipesan oleh Airbus. Saat ini, Airbus sedang melakukan negosiasi perpanjangan kontrak terhadap komponen pesawat terbang yang diproduksi oleh PT DI. Salah satu aspek yang menjadi penilaian adalah implementasi *lean manufacturing* yang telah diterapkan, untuk mengetahui implementasi tersebut, PT DI menjadikan bagian *press forming* sebagai *pilot project* dalam melakukan penilaian terhadap implementasi *lean manufacturing* yang telah diterapkan. Pada Tabel 1.1 ditampilkan rincian proses produksi yang dilakukan pada bagian *press forming*.

Tabel 1. 1 Waktu Proses Bagian Press Forming

<i>No</i>	<i>Process</i>	<i>Standard Preparation Time (Minutes)</i>	<i>Standard Process Time (Minutes)</i>	<i>Actual Preparation Time (Minutes)</i>	<i>Actual Process Time (Minutes)</i>
1	<i>Router</i>	9	46,2	38	120
2	<i>Fitter for Router</i>	6	17,4	5	210
3	<i>Rubber Press</i>	3	2,4	27	30
4	<i>Fitter for Rubber Press</i>	6	47,4	10	150
5	<i>Quality Assessment</i>	0	4,2	5	7

Sumber: (Dirgantara Indonesia, 2017)

Pada Tabel 1.1 diatas terlihat adanya *gap* antara waktu standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan dengan waktu aktual yang terjadi selama proses produksi. *Gap* ini mengindikasikan adanya aktivitas selain *value added* yang terjadi selama proses produksi. Selain itu, dengan melihat data *key performance indicator* SQCDP (*Safety, Quality, Cost, Delivery, People*) lini produksi *press forming* pada periode bulan Januari tahun 2017 hingga bulan Februari tahun 2017 (Tabel 1.2), terdapat beberapa *performance indicator* yang tidak tercapai. Berdasarkan data

tersebut diketahui bahwa *delivery* dari lini produksi *press forming* belum mencapai target, terdapat *defect*, tingginya biaya produksi, dan budaya pekerja yang belum menunjang pencapaian target perusahaan.

Tabel 1. 2 SQCDP lini produksi *press forming* Jan-Feb 2017

<i>KPI</i>	<i>Safety (Accident)</i>		<i>Quality (Defect)</i>		<i>Cost (Min/Product)</i>		<i>Delivery (Unit)</i>		<i>People (%Absence)</i>	
	Jan-17	Feb-17	Jan-17	Feb-17	Jan-17	Feb-17	Jan-17	Feb-17	Jan-17	Feb-17
<i>Period</i>	Jan-17	Feb-17	Jan-17	Feb-17	Jan-17	Feb-17	Jan-17	Feb-17	Jan-17	Feb-17
<i>Real</i>	0	0	36	22	66,5	60,15	4879	5040	98,04	92,11
<i>Objective</i>	0	0	24	25	59,44	59,44	6951	6289	95,00	95,00
<i>Achievement</i>	✓	✓	×	✓	×	×	×	×	✓	×

Sumber: (Dirgantara Indonesia, 2017)

Ketidaktercapaian *key performance indicator* SQCDP tersebut memperlihatkan bahwa terdapat implementasi *lean manufacturing* yang belum memperoleh hasil sesuai dengan yang telah direncanakan. Pakdil dan Leonard (2014) menyatakan bahwa implementasi *lean* yang tidak tepat menjadi salah satu penyebab dari kegagalan implementasi *lean*. Implementasi *lean* yang tidak tepat dapat berupa kesalahan analisis dan penentuan sumber pemborosan, mengabaikan situasi perusahaan itu sendiri, pemilihan *tools* untuk eliminasi pemborosan yang tidak tepat, dan tidak menitikberatkan pada pemborosan yang kritis. Selain itu, kinerja *lean* yang mengalami performansi tinggi akan dipertahankan, sedangkan yang mengalami performansi rendah akan diperbaiki (Bhasin, 2008).

Berdasarkan deskripsi permasalahan dan analisa kondisi eksisting di atas, mengindikasikan bahwa perusahaan menyadari perlunya untuk melakukan pengukuran performansi dari implementasi *lean (lean assessment)* dan kebutuhan untuk melakukan perbaikan terhadap aplikasi *lean manufacturing* yang telah diterapkan di lini produksi *press forming*. *Lean assessment* merupakan langkah untuk mengukur tingkat implementasi *lean (leannes level)* saat ini dari suatu organisasi atau perusahaan (Almomani, et al., 2014). Perbaikan akan dilakukan dengan melakukan pengukuran setiap dimensi *lean assessment*, yaitu pengukuran kuantitatif dengan menggunakan pendekatan *fuzzy logic*, dan pengukuran kualitatif dengan menggunakan pendekatan *aggregate scoring* skala *likert*. Setiap dimensi

tersebut mewakili *waste* yang terjadi di proses produksi, yang terdiri dari dimensi *time effectiveness, quality, process, cost, human resources, delivery, customer* dan *inventory*. Kemudian akan dilakukan penggambaran *Value Stream Mapping (VSM)* untuk mengetahui aliran fisik, material, dan *production cycle efficiency* untuk dapat meminimalisir atau menghilangkan aktivitas selain *value added* yang ada. Adapun *waste* yang diperbaiki akan didasari pada preferensi *expert* dengan menggunakan metode *Borda Count Method (BCM)*. Tahap selanjutnya adalah menggunakan metode *Root Cause Analysis (RCA)* untuk mengetahui akar penyebab dari *waste* kritis tersebut. Setelah itu akar permasalahan yang akan diberikan alternatif perbaikan didasari dengan melakukan pendekatan analisis risiko. Dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan pada implementasi konsep *lean manufacturing* yang dilakukan, sehingga dapat membantu perusahaan dalam melakukan perbaikan secara terus-menerus (*continuous improvement*) untuk mencapai tujuan yang telah direncanakan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi permasalahan dan analisa kondisi eksisting yang terjadi, maka perumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana meningkatkan performansi lini produksi *press forming* di PT Dirgantara Indonesia dengan melakukan *lean assessment* dan *lean manufacturing*.

1.3 Tujuan

Berikut ini merupakan tujuan dari adanya penelitian tugas akhir ini, antara lain :

1. Mengidentifikasi dimensi kritis dari hasil *lean assessment*.
2. Mengidentifikasi *waste* kritis pada lini produksi *press forming* di PT Dirgantara Indonesia.
3. Mengetahui akar penyebab terjadinya permasalahan terhadap performansi implementasi *lean* dan *waste* kritis pada proses produksi di lini produksi *press forming* di PT Dirgantara Indonesia.

4. Memberikan rekomendasi perbaikan pada proses produksi lini produksi *press forming* di PT Dirgantara Indonesia.

1.4 Manfaat

Berikut ini merupakan manfaat yang dapat diperoleh dari adanya penelitian ini, antara lain:

1. Perusahaan mendapat pedoman dalam melakukan *assessment* terhadap penerapan *lean manufacturing*.
2. *Lead time* dan *production cost* pada proses produksi di lini produksi *press forming* akan menurun.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini meliputi batasan dan asumsi sebagai berikut

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Proses yang melalui tahap identifikasi dimulai dari pengaliran bahan baku hingga proses pendistribusian produk jadi ke gudang penyangga.
2. Produk yang menjadi objek amatan pada pembuatan *value stream mapping* bagian *press forming* adalah komponen *stringer*.
3. Penelitian ini sampai pada tahap penyusunan rekomendasi perbaikan tidak termasuk tahap implementasi dan kontrol.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Proses produksi di lini produksi *press forming* berjalan secara normal.
2. Tidak adanya perubahan kebijakan dan sistem produksi selama penelitian berlangsung.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab. Setiap bab memiliki keterkaitan dengan bab selanjutnya, sehingga akan ditulis

secara sistematis dan berurutan sesuai dengan urutan kegiatan yang dilakukan untuk melakukan analisis dan penyelesaian masalah yang digunakan dalam penelitian. Berikut ini merupakan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan akan dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri atas batasan dan asumsi yang digunakan, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori, konsep dan metode yang menjadi landasan dalam melaksanakan penelitian tugas akhir. Teori-teori yang digunakan bersumber dari berbagai literatur, jurnal, penelitian sebelumnya, dan lain-lain. Tinjauan pustaka yang di gunakan dalam penelitian ini meliputi *Lean Manufacturing*, *Lean Assessment*, *Lean Radar Chart*, *Value Stream Mapping (VSM)*, *Fuzzy Logic*, *Brown-Gibson Method*, *Borda Count Method (BCM)*, *Root Cause Analysis (RCA)*, *Analisis Risiko*, *Net Present Value (NPV)*, dan *review penelitian sebelumnya*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir. Metodologi yang digunakan tersebut menggambarkan alur pengerjaan penelitian dan kerangka berpikir yang digunakan dalam melaksanakan penelitian tugas akhir.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan dan diimplementasikan metodologi pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam penelitian. Pengumpulan dan pengolahan data akan dijelaskan secara sistematis dan detail serta hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian yang telah didefinisikan

BAB 5 ANALISIS DAN PENYUSUNAN RENCANA PERBAIKAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab pengumpulan dan pengolahan data. Selanjutnya akan dilakukan penyusunan rencana perbaikan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data, analisis, serta interpretasi hasil penelitian. Saran dan rekomendasi disampaikan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab Tinjauan Pustaka akan dijelaskan mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam penelitian yang meliputi konsep *Lean Manufacturing*, *Lean Assessment*, *Lean Radar Chart*, *Value Stream Mapping (VSM)*, *Fuzzy Logic*, *Brown-Gibson Method*, *Borda Count Method (BCM)*, *Root Cause Analysis (RCA)*, Analisis Risiko, *Net Present Value (NPV)*, dan *review* penelitian sebelumnya.

2.1 *Lean Manufacturing*

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai definisi *lean manufacturing*, *waste*, dan tipe aktivitas dalam proses produksi.

2.1.1 Definisi Lean Manufacturing

Lean merupakan suatu upaya terus menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) dari produk (barang dan/atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*) (Gaspersz, 2006). Konsep *lean* pertama kali diperkenalkan oleh industri manufaktur Jepang, yakni Toyota Motor Corporation pada tahun 1950. Pendekatan menggunakan konsep ini mengarahkan perusahaan untuk berupaya semaksimal mungkin dalam mengeliminasi segala jenis *waste* yang mungkin terjadi, sehingga performansi perusahaan dapat lebih ditingkatkan (Monden, 1983; Ohno, 1988; Shingo, 1988). Hines, Holweg dan Rich (2004) mengatakan bahwa *lean* membuat proses membutuhkan sumber daya yang lebih sedikit, mulai dari sumber daya manusia, biaya, dan juga waktu dari proses. Tujuan utama dari implementasi *lean* dalam suatu operasi adalah untuk meningkatkan produktivitas, dan memperbaiki kualitas, memperpendek *lead times*, mengurangi biaya, dan lain lain (Karlsson dan Ahlstrom, 1996). *Lean* fokus pada identifikasi dan eliminasi aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value added activities*) dalam desain, produksi, operasi, dan *supply chain management* yang berkaitan langsung dengan pelanggan. Konsep

ini bersifat fleksibel dan dapat diterapkan dalam berbagai bidang, salah satunya pada dunia manufaktur yang biasa dikenal dengan *lean manufacturing*.

Terdapat lima elemen inti dari *lean manufacturing*, diantaranya adalah *manufacturing flow*, *organization*, *process control*, *metrics*, dan *logistics*. Keseluruhan dari elemen tersebut merepresentasikan aspek-aspek yang dibutuhkan untuk mendukung penerapan program *lean manufacturing* dan membawa perusahaan menjadi perusahaan kelas dunia. Setiap elemen fokus terhadap area tertentu di dalam perusahaan dan sangat penting peranannya dalam kesuksesan penerapan *lean*. Namun kekuatan terbesar dapat dihasilkan melalui integrasi dari keseluruhan elemen tersebut (Feld, 2001). Berikut merupakan deskripsi dari masing-masing elemen inti dari *lean manufacturing*.

1. *Manufacturing Flow*

Manufacturing flow merupakan aspek yang berhubungan dengan perubahan fisik dan pembuatan standar desain yang dikembangkan sebagai bagian dalam sel.

2. *Organization*

Organization merupakan aspek yang fokus terhadap identifikasi dari peran maupun fungsi tenaga kerja, pelatihan, dan komunikasi antar bagian dari perusahaan.

3. *Process Control*

Process control merupakan aspek yang berhubungan langsung pada kegiatan *monitoring*, *controlling*, *stabilizing*, dan kegiatan untuk meningkatkan proses.

4. *Metrics*

Metrics merupakan aspek yang *visible*, mengacu pada hasil pengukuran performansi, target, perbaikan dan *team rewards/recognition*.

5. *Logistics*

Logistics merupakan aspek yang berkaitan dengan penyediaan aturan operasi dan mekanisme dalam perencanaan dan pengendalian aliran material.

Manufacturing Flow	Organization	Process Control	Metrics	Logistics
<ul style="list-style-type: none"> • Product/Quantity Assessment • Process Mapping • Routing Analysis • Takt Calculation • Workload Balancing • Kanban Sizing • Cell Layout • Standard Work • One-Piece Flow 	<ul style="list-style-type: none"> • Product-Focused, Multi Disciplined Team • Lean Manager Development • Touch Labour Cross-Training Skill Matrix • Training • Communication Plan • Roles and Responsibility 	<ul style="list-style-type: none"> • Total Productive Maintenance • Poka Yoke • SMED • Graphical Work Instructions • Visual Control • Continuous Improvement • Line Stop • SPC • 5S Housekeeping 	<ul style="list-style-type: none"> • On-Time Delivery • Process Lead-Time • Total Cost • Quality Yield • Inventory • Space Utilization • Travel Distance • Productivity 	<ul style="list-style-type: none"> • Forward Plan • Mix-Model Manufacturing • Level Loading • Workable Work • KanbanPull Signal • A,B,C Parts Handling • Service Cell Agreements • Customer/Supplier Alignment • Operational Rules

Gambar 2. 1 Elemen-Elemen *Lean Manufacturing* (Feld, 2001)

Gambar 2.1 menjelaskan mengenai elemen-elemen dari *lean manufacturing* yang fokus pada pembuatan desain yang dapat meningkatkan proses produksi menjadi lebih responsif, fleksibel, *predictable* dan konsisten. Hal ini membuat kegiatan produksi yang fokus pada *continuous improvement* dapat sejalan dengan keinginan konsumen dan perusahaan. *Lean manufacturing* dapat mengembangkan proses menggunakan *lean tools* dan teknik yang sesuai dengan kebutuhan untuk dapat memenuhi keinginan dari pelanggan.

2.1.2 Waste

Waste merupakan segala hal yang tidak memberikan nilai tambah pada produk dari perspektif konsumen (Ohno, 1988). Dalam penerapan proses berbasis *lean*, *waste* menjadi hal utama yang perlu untuk diperhatikan dan diminimalisir agar proses dapat berjalan secara efektif dan efisien. Dalam *value stream*, umumnya *waste* berpotensi terjadi pada proses pemenuhan *order* secara menyeluruh mulai dari *order* masuk, pengolahan *raw material*, proses produksi, hingga pengiriman produk.

Gaspersz (2006) mengategorikan *waste* kedalam 9 macam yang dikenal dengan istilah E-DOWNTIME. Berikut merupakan penjabaran dari kategori *waste* E-DOWNTIME:

1. *Environmental, Health, and Safety (EHS)*

Pemborosan yang terjadi akibat kelalaian dari pekerja dalam mematuhi prosedur EHS yang ada di perusahaan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja yang mengakibatkan timbulnya biaya, waktu, dan tenaga untuk mengatasinya.

2. *Defect*

Pemborosan ini terjadi akibat terdapat kerusakan pada produk yang menyebabkan dibutuhkan *rework* atau bahkan dibuang. *Defect* akan berdampak terhadap penambahan waktu dan biaya produksi.

3. *Overproduction*

Pemborosan ini terjadi ketika perusahaan memproduksi produk lebih dari yang dibutuhkan oleh konsumen. *Overproduction* dapat berdampak pada *waste* yang lain seperti meningkatnya *defect*, *waiting*, *motion*, dan *transportation* yang pada akhirnya akan berdampak pada biaya *inventory*.

4. *Waiting*

Pemborosan ini terjadi ketika terdapat aktivitas menunggu dalam proses produksi seperti menunggu material, informasi, peralatan, dan *maintenance*. Waktu yang terbuang karena aktivitas menunggu akan berdampak pada biaya produksi.

5. *Not Utilizing Employee's Knowledge, Skill, and Ability*

Pemborosan ini terjadi karena penggunaan sumberdaya manusia yang kurang maksimal. Hal ini diakibatkan oleh kompetensi dari pekerja yang tidak sesuai dengan pekerjaan yang dikerjakan.

6. *Transportation*

Pemborosan ini terjadi akibat adanya perpindahan yang tidak perlu (*unnecessary movement*) terhadap informasi, barang, material, *part*, dan produk jadi dari suatu tempat ke tempat lain yang akan berdampak terhadap waktu, biaya, dan *resource*.

7. *Inventory*

Pemborosan ini terjadi akibat perencanaan *inventory* yang tidak tepat, seperti stok material yang kosong, atau terdapat *inventory* yang berlebihan pada material atau produk yang akan menghabiskan ruang untuk material

atau produk lain yang lebih diperlukan. Hal ini akan meningkatkan biaya *inventory*.

8. *Motion*

Pemborosan ini terjadi akibat adanya gerakan pekerja yang tidak diperlukan (*unnecessary motion*). Pemborosan ini dapat disebabkan oleh perencanaan yang kurang baik dari standar kerja, desain proses, dan *layout* dari ruang kerja.

9. *Excessive processing*

Pemborosan ini terjadi akibat adanya proses pengerjaan produk yang melebihi dari apa yang diinginkan oleh pelanggan atau melebihi standar perusahaan, seperti memproduksi produk dengan kualitas yang lebih tinggi dari yang dibutuhkan.

2.1.3 *Tipe Aktivitas dalam Proses Produksi*

Dalam suatu proses produksi, terdapat aktivitas-aktivitas yang diperlukan untuk menghasilkan produk yang akan disalurkan kepada pelanggan. Hal ini meliputi proses operasional, aliran antara *raw material* dengan proses, seluruh pengendalian aktivitas, dan aliran informasi (Edtmayr, et al., 2016). George (2010) membagi aktivitas tersebut kedalam 3 kategori, antara lain:

1. *Value Added (VA)*

Value added merupakan segala aktivitas di dalam sebuah proses yang menambahkan nilai kepada produk atau jasa kepada *customer*. Karakteristik dari VA yaitu:

- a. Harus dapat memenuhi kebutuhan *customer*.
- b. Menambahkan bentuk, fitur, dan atau fungsi pada produk maupun jasa yang dapat memberikan dampak positif terhadap nilai jual.
- c. Meliputi tugas atau pekerjaan yang membuat *customer* merasa ingin memiliki produk maupun jasa yang ditawarkan (aktivitas yang memberikan *value* pada produk atau jasa).

2. *Necessary But Not Value Added* (NNVA)

Necessary but non value added merupakan aktivitas yang memiliki efektivitas dan efisiensi yang tinggi dalam proses, namun tidak memberikan *value* secara langsung pada sudut pandang *customer*. Contoh dari aktivitas ini adalah penetapan standar keselamatan kerja, kedisiplinan kerja, dan lain-lain.

3. *Non-Value Added* (NVA)

Non-value added merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap proses maupun produk atau jasa yang dihasilkan untuk *customer*. Adapun aktivitas yang tergolong ke dalam NVA merupakan *waste* yang harus diminimalisir untuk meningkatkan produktivitas kerja.

2.2 ***Lean Assessment***

Lean assessment merupakan langkah pertama yang dilakukan dalam penerapan *lean manufacturing*. Menurut Feld (2001), terdapat 4 tahapan dalam penerapan *lean manufacturing*, yaitu *lean manufacturing assessment*, *current state gap*, *future state design*, dan *implementation*. Tujuan dari *lean assessment* adalah untuk mendefinisikan *leannes level* saat ini dari penerapan *lean* yang telah dilakukan oleh perusahaan atau organisasi (Almomani *et al.*, 2014). *Leannes* menciptakan keunggulan kompetitif yang berkelanjutan (Womack, J. P., & Jones, 1996). Namun kurangnya pemahaman yang jelas tentang performansi *lean* dan pengukurannya menjadi penyebab dari kegagalan implementasi dari *lean* itu sendiri, sehingga dapat dikatakan tidak memungkinkan untuk menerapkan *lean* tanpa mengukur performansinya (Behrouzi dan Wong, 2011).

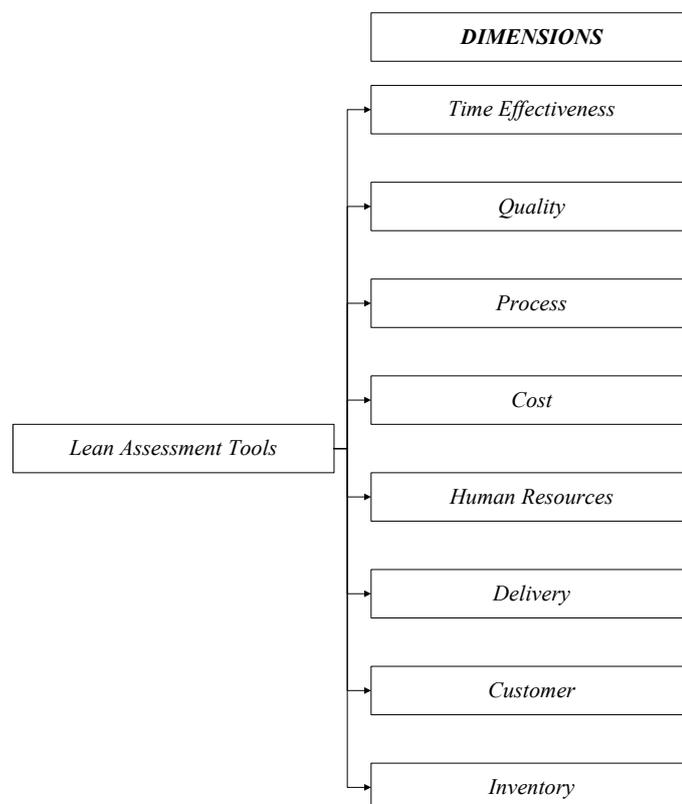
Menurut Pakdil dan Leonard (2014), penggunaan satu pendekatan pada proses *lean assessment* memungkinkan adanya bias. Pakdil dan Leonard (2014) mengembangkan model *lean assessment* dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu *quantitative assessment* dan *qualitative assessment*. *Quantitative assessment* dapat mengukur penerapan *lean* sesuai dengan hasil dan tujuan yang telah di implementasikan, sedangkan *qualitative assessment* dapat merefleksikan persepsi *stakeholder* atau dalam konteks perusahaan yang dapat menghasilkan persepsi

assessment yang berbeda. Kedua *lean assessment tools* (LAT) tersebut memberikan gambaran secara keseluruhan terhadap performansi *leannes* dari perusahaan.

Pada penelitian ini menggunakan model *lean assessment tools* (LAT) yang telah dikembangkan oleh Pakdil dan Leonard (2014) karena merupakan ringkasan dari sejumlah model *lean assessment* yang telah dikembangkan oleh para peneliti lainnya, mencakup pengukuran *qualitative* dan *quantitative* serta dapat digunakan secara luas ke setiap perusahaan.

2.2.1 *Quantitative Lean Assessment*

Quantitative lean assessment merupakan model pengukuran *lean* dengan menggunakan dimensi performansi yang terukur. Terdapat 8 dimensi dari *quantitative lean assessment tools* yang dikembangkan oleh Pakdil dan Leonard (2014). Berikut merupakan model *quantitative lean assessment* yang dikembangkan oleh Pakdil dan Leonard (2014).

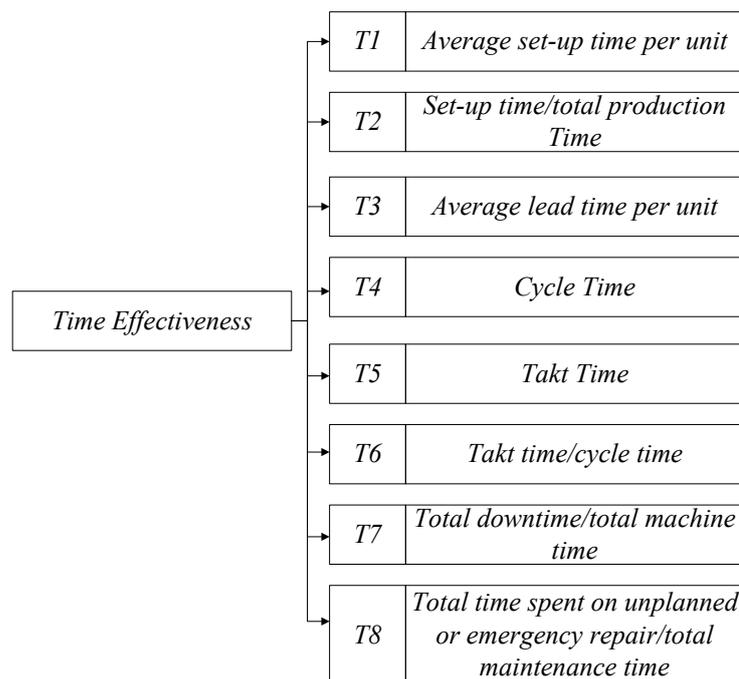


Gambar 2. 2 Dimensi Model *Quantitative Lean Assessment* (Pakdil dan Leonard, 2014)

Pada Gambar 2.2 ditampilkan dimensi yang digunakan dalam pengukuran *quantitative lean assessment*. Setiap dimensi memiliki indikator yang didasarkan pada *seven waste* yang merupakan fokus dari *lean*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing dimensi yang digunakan untuk melakukan *lean assessment* oleh Pakdil dan Leonard (2014):

1. *Time Effectiveness*

Time Effectiveness merupakan dimensi yang berhubungan dengan *waste waiting*. Kunci pengukuran matriks pada indikator ini adalah *lead time* yang merupakan pengukuran yang paling deskriptif yang digunakan pada implementasi *lean*. Gambar 2.3 merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat *time effectiveness* menurut Pakdil dan Leonard (2014).

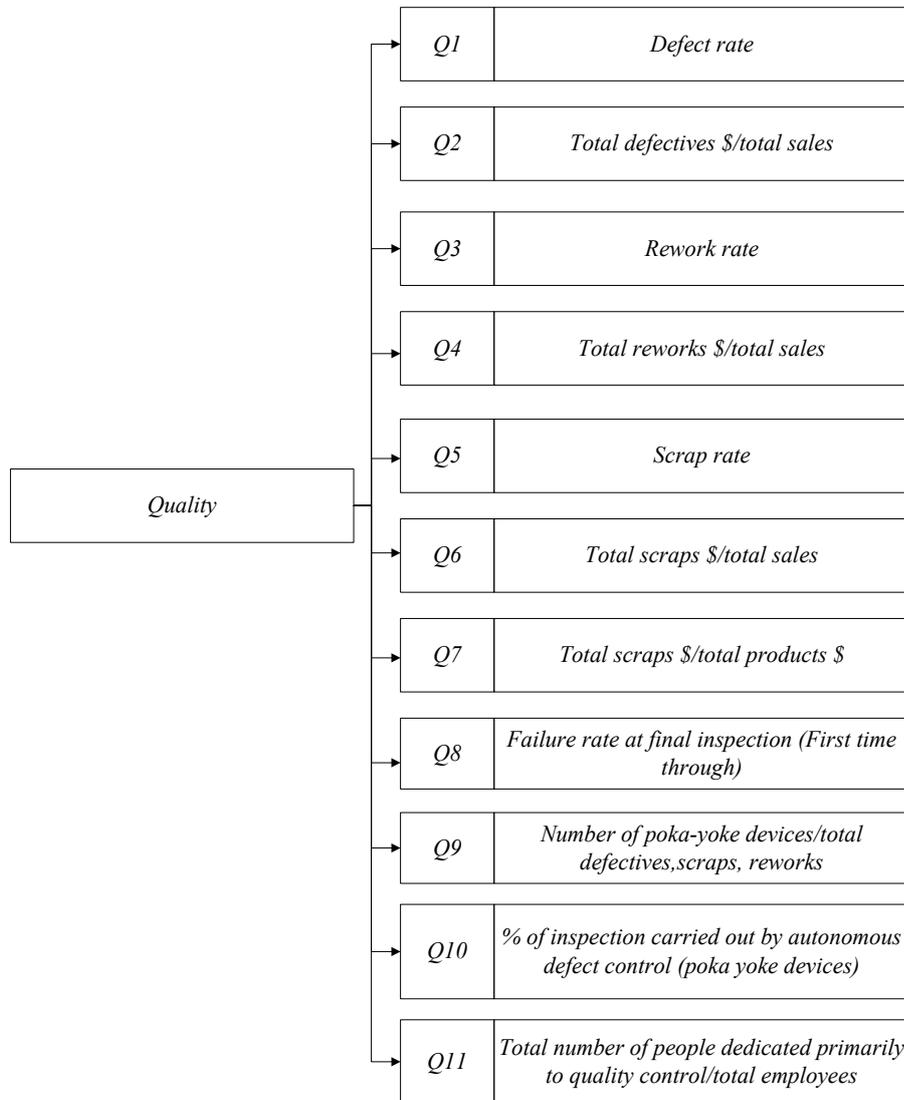


Gambar 2. 3 Indikator *Time Effectiveness* (Pakdil dan Leonard, 2014)

2. *Quality*

Quality merupakan dimensi yang berhubungan dengan *waste defect*. Kunci pengukuran matriks pada indikator ini adalah *defect*, *rework*, dan

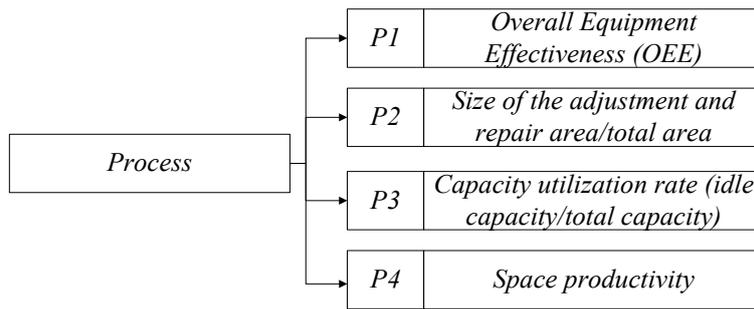
scrap rates karena standar dan spesifikasi kualitas merupakan hal yang harus dipenuhi. Gambar 2.4 merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat *quality* menurut Pakdil dan Leonard (2014).



Gambar 2. 4 Indikator *Quality* (Pakdil dan Leonard, 2014)

3. *Process*

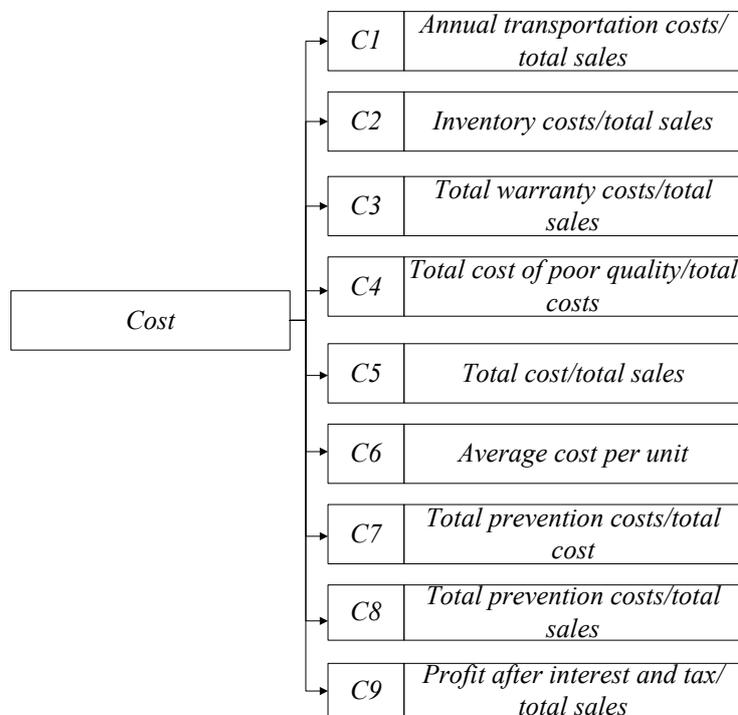
Process merupakan dimensi yang berhubungan dengan *waste overprocessing*. Pengukuran operasional dari proses diidentifikasi sebagai indikator kunci kesuksesan dari implementasi *lean*. Gambar 2.5 berikut merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur dimensi *process* menurut Pakdil dan Leonard (2014).



Gambar 2. 5 Indikator *Process* (Pakdil dan Leonard, 2014)

4. *Cost*

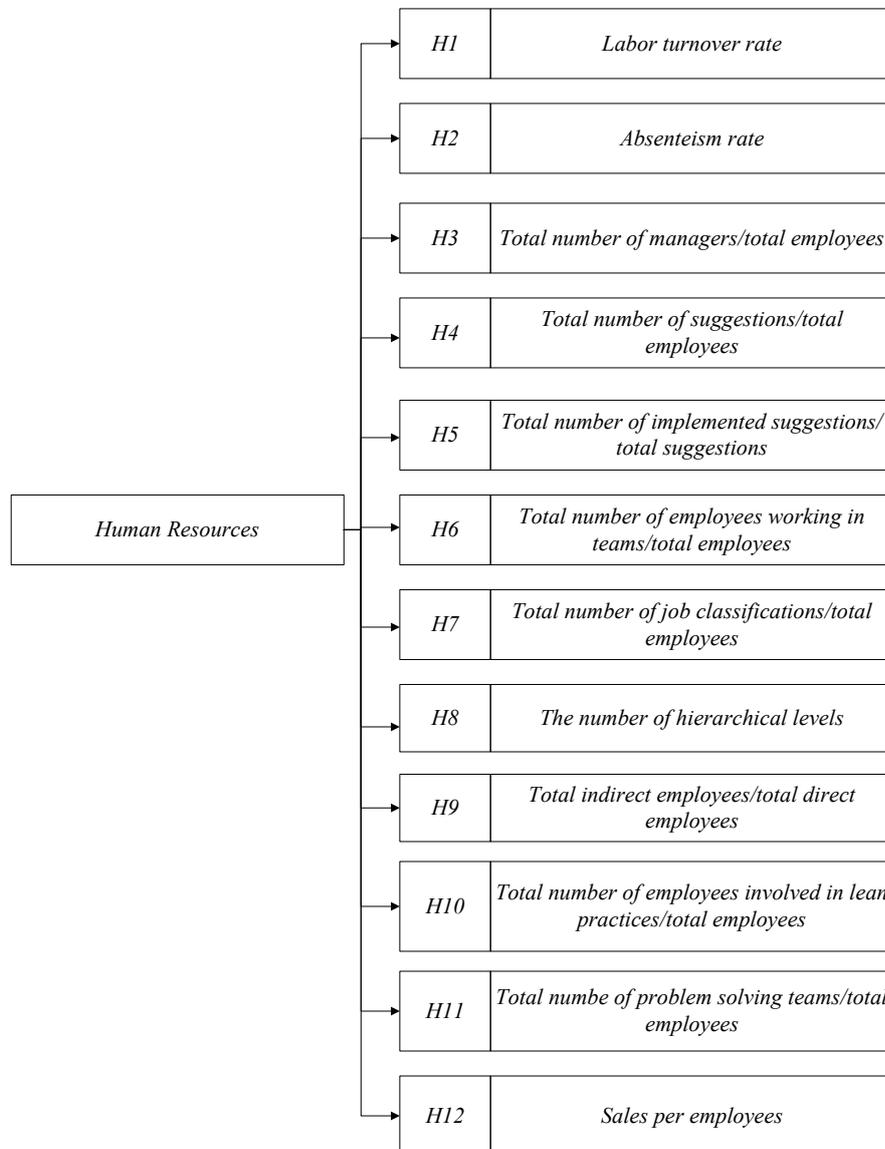
Cost merupakan dimensi yang berhubungan dengan biaya. Dengan mengimplementasikan *lean*, perusahaan dapat mereduksi biaya, meningkatkan kualitas produk secara kontinyu dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Sehingga, *cost* menjadi salah satu yang digunakan dalam melakukan *lean assessment* pada perusahaan. Gambar 2.6 berikut merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur dimensi *cost* menurut Pakdil dan Leonard (2014).



Gambar 2. 6 Indikator *Cost* (Pakdil dan Leonard, 2014)

5. Human Resources

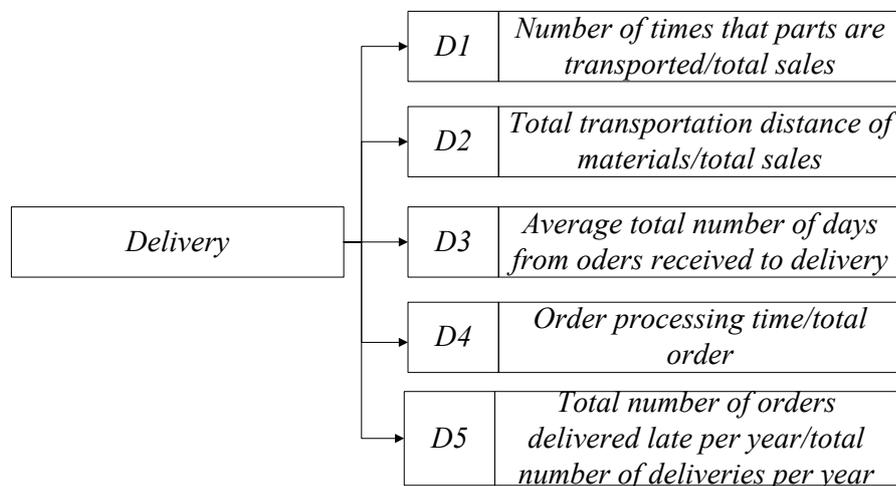
Human resource merupakan dimensi yang berhubungan dengan *waste motion*. Dimensi *human resource* sangat menentukan penerapan implementasi dari *lean*, karena dengan *human resource* yang baik dapat mendukung implementasi dari konsep *lean* yang direncanakan oleh perusahaan. Hal ini sesuai dengan diagram transformasi *lean*, dimana kunci kesuksesan *lean* didukung oleh integrasi dari *process*, *people*, dan *technology*. Gambar 2.7 berikut merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur dimensi dari *human resource* menurut Pakdil dan Leonard (2014).



Gambar 2. 7 Indikator *Human Resource* (Pakdil dan Leonard, 2014)

6. *Delivery*

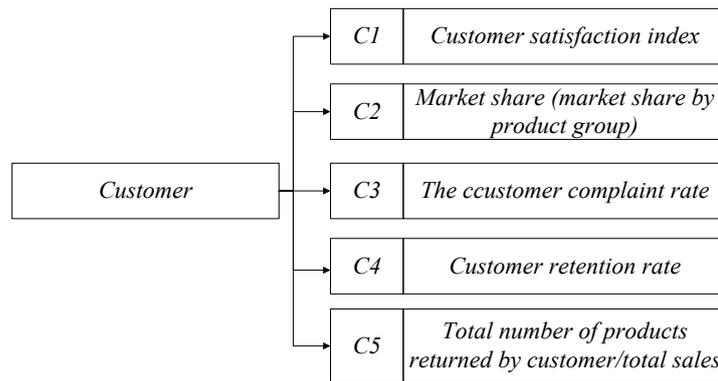
Delivery merupakan dimensi yang berhubungan dengan aktivitas pengiriman. Aktivitas pengiriman dibagi menjadi aktivitas internal dan aktivitas eksternal. Aktivitas internal meliputi perpindahan dari *part*, material, dan *semi-finished material* dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja lainnya. Sedangkan aktivitas pengiriman eksternal meliputi proses pengiriman produk kepada *customer* dan dari *supplier*. Gambar 2.8 merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur dimensi *delivery* menurut Pakdil dan Leonard (2014).



Gambar 2. 8 Indikator *Delivery* (Pakdil dan Leonard, 2014)

7. *Customer*

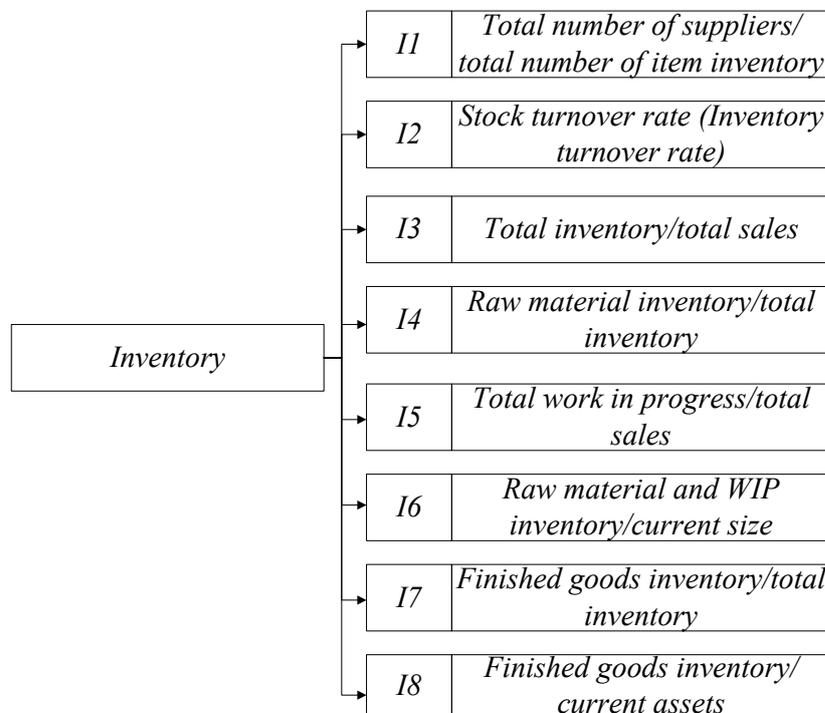
Customer merupakan dimensi yang berhubungan dengan pencapaian dari tujuan perusahaan. Singh, Garg, dan Sharma (2010) mengatakan bahwa seluruh perencanaan dan aktivitas yang dilakukan oleh suatu organisasi memiliki tujuan yaitu meningkatkan loyalti dan kepuasan dari pelanggan. Gambar 2.9 merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur dimensi *customer* menurut Pakdil dan Leonard (2014).



Gambar 2. 9 Indikator *Customer* (Pakdil dan Leonard, 2014)

8. *Inventory*

Inventory merupakan salah satu jenis *waste* yang didefinisikan dalam konsep *lean*, Karlsson dan Alstrim (1996) mengatakan bahwa sumber *waste* terbesar adalah *inventory*, seperti *part* dan produk jadi yang terdapat di gudang yang tidak menciptakan *value* baik kepada *customer* ataupun bagi perusahaan. Gambar 2.10 merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur dimensi *inventory* menurut Pakdil dan Leonard (2014).



Gambar 2. 10 Indikator *Inventory* (Pakdil dan Leonard, 2014)

2.2.2 *Qualitative Lean Assessment*

Dalam *lean assessment tools* yang digunakan, walaupun telah menggunakan pengukuran secara *quantitative*, pengukuran secara *qualitative* tetap diperlukan. Menurut Pakdil dan Leonard (2014), persepsi dari perusahaan merupakan data yang penting karena tidak dapat diakomodasi hanya dengan menggunakan data *quantitative*. Penerapan dari implementasi *lean assessment* harus dilakukan dengan melihat kondisi rantai produksi dan bertanya terhadap yang terlibat (Mann, 2014). Pada penelitian ini, pengukuran *qualitative lean assessment* menggunakan model dari penelitian yang dilakukan oleh Pakdil dan Leonard (2014) yang berbasis pada lima dimensi performansi, yaitu *quality*, *process*, *customer*, *human resources* dan *delivery*. Berikut ini merupakan dimensi dan indikator yang digunakan untuk melakukan *qualitative lean assessment*.

Tabel 2. 1 Indikator *Quality*

<i>Quality (Kualitas)</i>
Tenaga kerja mengidentifikasi adanya produk cacat dan menghentikan proses kerja
Tenaga kerja mengidentifikasi adanya produk cacar namun menghentikan proses kerja
Produk cacat dikembalikan kepada tenaga kerja yang bertanggung jawab terhadap cacat dan memperbaikinya
Kontrol terhadap proses produksi dilakukan ketika proses tersebut sedang berjalan
Kontrol terhadap proses produksi dilakukan setelah proses selesai dikerjakan untuk masing-masing proses produksi
Kontrol terhadap proses produksi dilakukan setelah proses selesai dikerjakan secara keseluruhan
Manajemen berfokus pada proses dan dilakukan pada keseluruhan aspek perusahaan
Perusahaan menyediakan informasi berkelanjutan pada area tertentu (bersifat <i>update</i>)
Perusahaan menyediakan informasi tertulis dan tidak tertulis (misal melalui briefing atau rapat) secara berkala
Perusahaan menyediakan informasi tertulis secara rutin
Adanya komitmen terhadap budaya untuk terus meminimasi <i>waste</i>

Sumber: (Pakdil dan Leonard, 2014)

Tabel 2.1 diatas merupakan indikator yang digunakan untuk melakukan *qualitative lean assessment* pada dimensi kualitas. Terdapat 11 indikator penilaian yang digunakan untuk melakukan *assessment*. Berikut ini merupakan indikator penilaian yang digunakan untuk dimensi pelanggan.

Tabel 2. 2 Indikator *Customer*

<i>Customer (Pelanggan)</i>
Perusahaan melibatkan pelanggan secara langsung dalam penawaran produk, baik saat ini maupun yang akan datang
Perusahaan sering melakukan <i>follow up</i> (respon) pelanggan terkait dengan <i>feedback</i> dari kualitas produk atau pelayanan yang diberikan

Sumber: (Pakdil dan Leonard, 2014)

Tabel 2.2 diatas merupakan indikator pada dimensi pelanggan. Terdapat 2 indikator penilaian yang digunakan, kedua indikator tersebut menunjukkan upaya yang dilakukan oleh perusahaan untuk dapat menjaga hubungan baik dengan pelanggan. Berikut ini merupakan indikator penilaian yang digunakan untuk dimensi proses.

Tabel 2. 3 Indikator *Process*

<i>Process (Proses)</i>
Perusahaan menggunakan kanban (kartu) atau alat sejenis untuk melakukan kontrol produksi
Perusahaan mengelompokkan peralatan yang digunakan untuk menghasilkan <i>continuous flow</i> dari produk
Perusahaan menempelkan catatan pemeliharaan peralatan di lantai produksi dan berkomunikasi secara aktif dengan tenaga kerja
Perusahaan menggunakan teknik <i>seven tools of quality</i> untuk mereduksi variasi proses
Perusahaan mengimplementasikan <i>Total Productive Maintenance</i>
Perusahaan mengintegrasikan 5S/5R dengan sistem manajemen
Perusahaan menggunakan <i>value stream mapping</i> pada sistem kerjanya
Perusahaan mengintegrasikan penyelesaian permasalahan berdasarkan akar penyebab permasalahan dengan sistem manajemen
<i>Layotu</i> produksi yang digunakan oleh perusahaan berbasis pada produk
Perusahaan mengimplementasikan desain eksperimen (misal metode Taguchi) untuk melakukan perbaikan secara terus-menerus
Perusahaan menyusun dan mempublikasikan SOP, serta siap tersedia di keseluruhan area
Perusahaan memiliki standarisasi pada aktivitas non-manufaktur
Perusahaan menerapkan program sekali <i>setup</i> untuk keseluruhan proses produksi
Perusahaan menerapkan sistem produksi tunggal, bukan dalam batch

Sumber: (Pakdil dan Leonard, 2014)

Tabel 2.3 diatas merupakan indikator pada dimensi proses. Terdapat 14 indikator yang digunakan yang menunjukkan penerapan yang telah dilakukan oleh perusahaan menggunakan berbagai *tools* dalam konsep *lean manufacturing* pada sistem operasi bisnis yang ada di perusahaan. Berikut ini merupakan indikator yang digunakan untuk dimensi sumber daya manusia.

Tabel 2. 4 Indikator *Human Resource*

<i>Human Resource (Sumber Daya Manusia)</i>
Perusahaan mendorong tenaga kerja untuk aktif memberikan pendapat/usulan
Tenaga kerja memimpin (menginisiasi) upaya perbaikan produk atau proses
Tenaga kerja menjalani pelatihan lintas fungsi atau lintas departemen
Pemimpin dalam satu tim dirotasi (digilir) antar anggota tim
Hubungan antara perbaikan berkelanjutan dan kompensasi terlihat dengan jelas
Operator dan <i>supervisor</i> mendapatkan pelatihan lintas fungsi dan siap untuk dialihkan pada jenis pekerjaan yang berbeda
Pemimpin mengisi waktu kerjanya dengan melakukan pelatihan pada tenaga kerja, memonitor proses dan melakukan perbaikan
Pemimpin bertanggung jawab terhadap pemenuhan <i>value added</i> (nilai tambah) pada produk

Sumber: (Pakdil dan Leonard, 2014)

Tabel 2.4 diatas merupakan indikator pada dimensi sumber daya manusia. Terdapat 8 indikator yang digunakan yang menunjukkan peran dari perusahaan dan tenaga kerja yang dimiliki untuk mendukung upaya implementasi dari penerapan konsep *lean* pada sistem operasi bisnis yang dijalankan oleh perusahaan. Berikut merupakan indikator yang digunakan untuk dimensi pengiriman.

Tabel 2. 5 Indikator *Delivery*

<i>Delivery (Pengiriman)</i>
Jumlah produk yang diproduksi didasarkan oleh produk yang harus dikirimkan
Jumlah produk yang diproduksi pada stasiun produksi didasarkan oleh permintaan pada stasiun berikutnya
Perusahaan menyadari bahwa kualitas merupakan kriteria utama dalam pemilihan <i>supplier</i>
Perusahaan secara berkala menyelesaikan permasalahan bersama dengan <i>supplier</i>
Perusahaan membantu <i>supplier</i> untuk meningkatkan kualitas produk mereka
Perusahaan memiliki program perbaikan berkelanjutan yang melibatkan <i>supplier</i> utama
Perusahaan melibatkan <i>supplier</i> utama pada aktivitas perencanaan dan penentuan tujuan
Perusahaan menganggap <i>supplier</i> sebagai <i>partner</i> perusahaan
Perusahaan melibatkan <i>supplier</i> secara langsung pada proses pengembangan produk baru
Perusahaan memiliki program sertifikasi <i>supplier</i> secara formal
<i>Supplier</i> utama mengirimkan <i>order ke plant</i> produksi dengan sistem <i>just in time</i>
Perusahaan memberikan <i>feedback</i> kepada <i>supplier</i> terkait dengan kualitas dan performansi pengiriman
Perusahaan dan <i>partner</i> dagang bertukar informasi yang membantu pengembangan perencanaan bisnis
Perusahaan selalu terdepan dan pertama dalam mengenalkan produk baru

Sumber: (Pakdil dan Leonard, 2014)

Pengukuran pada metode *quantitative lean assessment* menggunakan pendekatan *aggregate scoring*, untuk *qualitative assessment* digunakan rumus perhitungan seperti berikut (Almomani, et al., 2014).

$$MTAS = \text{skala pengukuran maksimum} \times q \dots\dots\dots(2.1)$$

$$LRS = \frac{AS}{MTAS} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

MTAS : *Maximum Total Score*

q : *Number of questions*

LRS : *Lean Radar Score*

AS : *Aggregate Score*

Nilai akhir yang dihasilkan dari *aggregate scoring* ini akan dikombinasikan dengan *lean radar score* dari hasil *quantitative lean assessment*. yang kemudian akan menjadi nilai yang dimasukkan kedalam plot grafik *lean radar chart*.

2.3 *Lean Radar Chart*

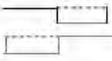
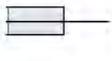
Lean radar chart merupakan diagram yang digunakan untuk memvisualisasikan performansi atau nilai dari hasil perhitungan *lean assessment*. Dengan menggunakan *radar chart*, manajer dapat dengan mudah melihat *leannes effort* dari perusahaan dan dapat membandingkannya dengan *chart* sejenis, bahkan lintas industri (Pakdil dan Leonard, 2014). Presentasi dengan *radar chart* merupakan cara yang lebih efisien untuk menampilkan variasi data ke dalam satu gambar (Saary, 2008). Pada *lean assessment* ini *radar chart* digunakan untuk melakukan plot nilai *leannes* dari masing-masing dimensi. Nilai pada *radar chart* dimulai dari titik pusat (0) hingga titik luar (100). Titik pusat merepresentasikan bahwa performansi dari dimensi tersebut masih kurang dan perlu untuk dilakukan *improvement*. Berikut merupakan contoh dari *lean radar chart* yang ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 *Lean Radar Chart* (Pakdil dan Leonard, 2014)

2.4 *Value Stream Mapping (VSM)*

Value Stream Mapping (VSM) adalah *tools* yang digunakan dalam penerapan *lean manufacturing*. *Value Stream* dapat didefinisikan sebagai kumpulan aktivitas (*value added* dan *non-value added*) yang dioperasikan untuk memproduksi suatu produk atau jasa maupun kombinasi dari keduanya untuk *customer* (Hamad, Crowe dan Arisha, 2012). Teknik VSM mendemonstrasikan aliran material dan informasi, memetakan aktivitas *value added* dan *non-value added*, serta memberikan informasi terkait performansi yang berdasarkan waktu. VSM efektif digunakan untuk mengidentifikasi adanya *waste* pada proses produksi. Simbol yang digunakan untuk membangun VSM ditunjukkan pada Gambar 2.12.

 Supplier/ customer	 Data box	 Process box	 Time Line	 Time line ends
 Electronic flow arrow	 Manual flow arrow	 Push arrow	 Shipment arrow	 Logistics
 Kanban	 Improvement	 First In First Out	 Load Leveling system	 Batch Kanban
 Withdrawal Kanban	 Production Kanban	 Inventory	 Safety Stock	 Sequenced pull

Gambar 2. 12 Simbol Value Stream Mapping

Terdapat 5 tahap yang dilakukan dalam membangun VSM, yaitu identifikasi produk, pembuatan *current state* VSM, evaluasi peta eksisting dan identifikasi permasalahan, pembuatan *future state* VSM, dan implementasi rencana akhir (Hines *et al.*, 1998). Berikut merupakan tahapan dalam membangun VSM:

1. Identifikasi Produk

Pada tahap ini dilakukan pemilihan produk secara spesifik sesuai keinginan konsumen sebelum dilakukan pembuatan peta produk.

2. Pembuatan *current state* VSM

Setelah menetapkan produk, selanjutnya dilakukan pembuatan *current state* VSM berdasarkan kondisi eksisting perusahaan mulai dari pesanan konsumen, proses operasi perusahaan, hingga produk sampai di tangan konsumen. Segala aliran material dan informasi dipetakan dalam peta ini.

3. Evaluasi peta eksisting dan identifikasi permasalahan

Pada tahap ini dilakukan analisis pada aktivitas yang ada. Aktivitas tersebut terbagi menjadi *value added activity*, *necessary but non-value added activity*, dan *non-value added activity*. Dengan dilakukannya pengkategorian aktivitas proses terhadap 3 jenis aktivitas ini, maka selanjutnya akan diketahui proses-proses yang tidak memberikan nilai tambah pada produk berdasarkan sudut pandang konsumen.

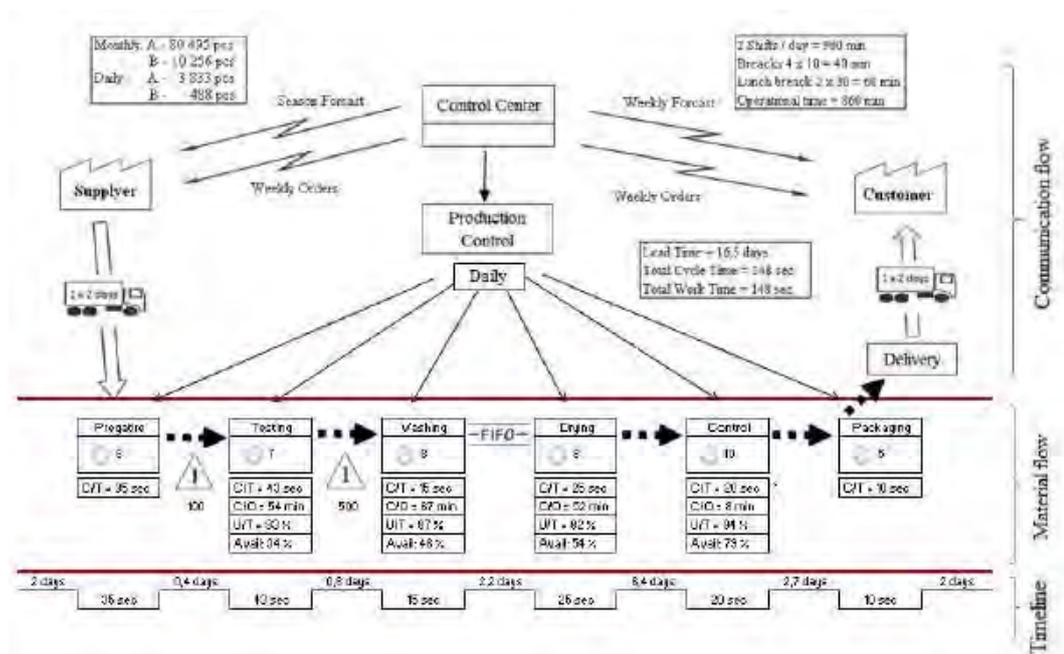
4. Pembuatan *future state* VSM

Setelah ditemukan permasalahan pada kondisi eksisting dan dilakukan perbaikan secara komprehensif, selanjutnya dilakukan pembuatan *future state VSM*.

5. Implementasi rencana akhir

Tahap ini merupakan tahapan akhir dari proses pembuatan VSM, yaitu melakukan implementasi dari rencana perbaikan untuk menciptakan proses yang lebih efektif dan efisien.

Berikut merupakan contoh dari *Value Stream Mapping* yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Contoh *Value Stream Mapping* (Suci dan Apreutesei, 2011)

2.5 Fuzzy Logic

Fuzzy logic merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan optimasi pada ketidakpastian dengan menggunakan *fuzzy numbers* atau *fuzzy set*. Behrouzi dan Wong (2011) pada penelitiannya mengembangkan model evaluasi *lean* dinamis menggunakan *fuzzy methodology*. Model tersebut digunakan untuk melakukan analisis terhadap upaya dari implementasi *lean* yang telah di terapkan di perusahaan. Pada penelitian *lean assessment* ini digunakan pendekatan *fuzzy set*

karena data yang dibutuhkan dalam jumlah yang besar, sistem produksi perusahaan yang bersifat *job order*, ketersediaan data periodik yang tidak menentu dan sangat memungkinkan kurangnya kepresisian pengukuran. Menggunakan *fuzzy set* diharapkan dapat menghasilkan pengukuran yang optimal. Untuk melakukan formulasi model *fuzzy logic*, digunakan definisi sebagai berikut:

1. *Fuzzy set* \tilde{A} pada seluruh bidang dari X dicirikan dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ yang berkaitan dengan setiap elemen x pada X, bilangan *real* dalam interval [0,1]. Nilai fungsi $\mu_{\tilde{A}}(x)$ menyatakan tingkatan dari keanggotaan x pada \tilde{A} (Zadeh, 1965).
2. Diketahui \tilde{A} merupakan *fuzzy set* dan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ merupakan fungsi keanggotaan untuk $x \in \tilde{A}$, jika $\mu_{\tilde{A}}(x)$ didefinisikan sebagai formula berikut:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } xi \leq a \\ 0 & \text{jika } xi \geq b \\ 1 - \frac{(xi-a)}{(b-a)} & \text{jika } a \leq xi < b \end{cases} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan ‘a’ dan ‘b’ merepresentasikan peformansi *lean* dan terburuk untuk setiap indikator (Behrouzi dan Wong, 2011).

Berdasarkan pada definisi *fuzzy set* tersebut, kemudian akan dilakukan perhitungan terhadap nilai *lean* dari dimensi yang bersangkutan. Nilai *lean* didefinisikan sebagai rata-rata dari nilai masing-masing indikator yang merupakan anggota *fuzzy*. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *lean* berdasarkan pada nilai masing-masing indikator yang merupakan anggota dalam *fuzzy set*.

$$\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{nj} \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)_{ij}}{ni}}{m} \times 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

m : jumlah dimensi

nj : jumlah indikator performansi pada tiap dimensi –j,j= 1, 2, ..., m

$\mu_{\tilde{A}}(x)_{ij}$: Nilai dari anggota *fuzzy* pada indikator performansi i dan dimensi j, i = 1, 2, ..., m

2.6 Brown-Gibson Method

Brown-Gibson *method* merupakan teknik yang digunakan dalam pemilihan suatu alternatif. Model pendekatan yang dikembangkan oleh Brown dan Gibson ini memilih alternatif dimensi berdasarkan ukuran preferensi tertentu dengan mempertimbangkan faktor objektif (kuantitatif) maupun faktor subjektif (kualitatif) (Wignjosoebroto, 2009). Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung nilai dari faktor objektif dan faktor subjektif.

1. Faktor Objektif

$$OF_i = (C_i \times \sum \frac{1}{C_i})^{-1} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

OF_i : Faktor objektif dimensi ke-i

C_i : Biaya dimensi ke-i

2. Faktor Subjektif

$$SF_i = w_1 \times R_{i1} + w_2 \times R_{i2} + \dots + w_n \times R_{in} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana:

SF_i : Faktor subjektif dimensi ke-i

R_{in} : Nilai dimensi i pada kriteria ke-n

w_n : Bobot kriteria ke-n

Untuk mendapatkan nilai dari faktor subjektif dan faktor objektif, dilakukan perhitungan *preference measure* (PM). Perhitungan ini mengkombinasikan antara faktor subjektif dengan faktor objektif dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PM_i = (k \times OF_i) + (1 - k) \times SF_i \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana:

PM_i : *Preference measure* untuk dimensi ke-i

k : *Preference index*

2.7 Borda Count Method (BCM)

Borda Count Method (BCM) merupakan metode yang digunakan untuk melakukan analisis keberagaman variabel yang diteliti. Metode ini dapat mengatasi

kesulitan pada metode lain dimana pada metode lain, sesuatu yang tidak berada pada ranking pertama akan secara otomatis dihapuskan (Emerson, 2013).

Metode ini digunakan untuk menentukan suatu alternatif terbaik dari beberapa alternatif yang akan dipilih. Alternatif-alternatif tersebut diberikan nilai oleh para *expert*, lalu sistem akan mengubah nilai tersebut menjadi peringkat dan pengambil keputusan memberikan nilai terhadap peringkat tersebut dengan memberikan nilai tertinggi untuk peringkat tertinggi, sedangkan peringkat terendah diberikan nilai 1 atau 0. Dengan menerapkan metode borda, dapat ditentukan hasil peringkat dengan meminimalisir jumlah variansi dari masing-masing kriteria peringkat (Lansdowne dan Woodward, 1996). Rumus yang digunakan dalam perhitungan borda adalah sebagai berikut:

$$b_i = \sum_k (N - r_{ik}) \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana:

b_i : nilai borda

N : jumlah kandidat alternatif

r_{ik} : peringkat dari alternatif i berdasarkan kriteria k

Berikut merupakan contoh penerapan *Borda Count Method*:

Tabel 2. 6 Contoh Perhitungan *Borda Count Method*

<i>Candidate</i>	<i>Voter 1</i>	<i>Voter 2</i>	<i>Voter 3</i>	<i>Voter 4</i>	<i>Points</i>	<i>Rank</i>
A	1	2	4	2	7	2
B	2	1	2	3	8	1
C	3	3	1	4	5	4
D	4	4	3	1	4	3

Sumber: (Fraenkel dan Grofman, 2014)

Dari hasil peringkat setiap *candidate*, akan dilakukan perhitungan nilai *borda* dengan menggunakan rumus 2.8 untuk menentukan *candidate* yang terpilih. Berikut merupakan contoh perhitungan pada *candidate* A:

dimana:

b_i : nilai *borda*

N : jumlah kandidat alternatif = 4

r_{ik} : peringkat dari alternatif i berdasarkan kriteria

$$b_A = (4 - 1) + (4 - 2) + (4 - 4) + (4 - 2) = 7$$

Sehingga berdasarkan perhitungan *borda*, *candidate* yang dipilih adalah *candidate* B.

2.8 **Root Cause Analysis (RCA)**

Root Cause Analysis (RCA) merupakan sebuah metode untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan yang terjadi pada suatu proses. Penyelesaian permasalahan perlu dilakukan dengan mengidentifikasi akar penyebab permasalahannya. Hal ini dikarenakan ketika permasalahan tidak diselesaikan berdasarkan akar penyebabnya, maka terdapat kemungkinan muncul permasalahan lain yang menyebabkan permasalahan tetap ada. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi dan eliminasi terhadap akar penyebab permasalahan (Doggett, 2005). Menurut Jing (2008), terdapat lima metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan sebagai berikut:

1. *Is/Is N Comparative Analysis*

Merupakan metode komparatif yang digunakan untuk permasalahan yang sederhana, dapat memberikan gambaran secara detail terhadap permasalahan yang terjadi dan sering digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan.

2. *5 Whys Method*

Merupakan *tool* analisis sederhana yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan secara mendalam dengan menjawab 5 *whys*.

3. *Fishbone Diagram*

Merupakan *tool* yang sangat baik untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan dalam jumlah besar dan mengelompokkan penyebab permasalahan dengan faktor tertentu.

4. *Cause and Effect Matrix*

Merupakan matriks sebab akibat yang disajikan dalam bentuk tabel dan dilakukan pembobotan terhadap setiap faktor penyebab permasalahan.

5. *Root Cause Tree*

Merupakan *tool* analisis sebabakibat dari suatu permasalahan yang paling sesuai digunakan ketika permasalahan yang dianalisis kompleks.

Tool dari RCA yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah 5 *why method* karena diperlukan analisis yang lebih dalam terhadap penyebab terjadinya permasalahan hingga menemukan akar penyebab dari permasalahan yang terjadi. Mekanisme yang dilakukan pada *tool* ini adalah dengan mengidentifikasi akar penyebab permasalahan sebanyak 5 klasifikasi. Adapun klasifikasi penyebab permasalahan yang dikatakan oleh Wedgood pada tahun 2006 adalah sebagai berikut:

1. *Why ke-1 : Symptom*
2. *Why ke-2 : Excuse*
3. *Why ke-3 : Blame*
4. *Why ke-4 : Cause*
5. *Why ke-5: Root Cause*

2.9 Analisis Risiko

Menurut Bowden et. Al. (2001), risiko adalah probabilitas suatu kejadian yang mengakibatkan kerugian ketika kejadian itu terjadi selama periode tertentu. Risiko akan memberikan pengaruh secara obyektif, terukur dalam fungsi *consequence* dan *likelihood*. *Consequence* adalah akibat yang ditimbulkan dari terjadinya suatu peristiwa. Sedangkan *likelihood* adalah penjelasan kualitatif mengenai probabilitas dan frekuensi terjadinya kejadian tersebut.

Menurut Anityasari dan Wessiani (2011), untuk dapat melakukan analisis terhadap risiko suatu kejadian, diperlukan identifikasi dan evaluasi untuk mempertimbangkan *range* dan konsekuensi dari kejadian tersebut. Risiko dapat dianalisis dengan menggunakan penaksiran terhadap peluang terjadinya dan konsekuensi jika terjadi. Ketika peluang (*likelihood*) dan dampak (*consequences*)

telah diidentifikasi, maka dapat dilakukan evaluasi dan memprioritaskan risiko yang paling signifikan untuk di atasi terlebih dahulu. Kriteria dalam melakukan nilai *Likelihood* yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Kriteria Likelihood

<i>Likelihood</i>	<i>Possibility of occurance</i>
<i>Rare</i>	<i>Possibility of occurance less than 5%</i>
<i>Unlikely</i>	<i>Possibility of occurance between 5%-25%</i>
<i>Possible</i>	<i>Possibility of occurance between 25%-50%</i>
<i>Likely</i>	<i>Possibility of occurance between 50%-75%</i>
<i>Almost Certain</i>	<i>Possibility of occurance more than 75%</i>

Sumber: (Anityasari dan Wessiani, 2011)

Sedangkan kriteria dari *consequence* yang digunakan dalam melakukan penilaian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 8 Kriteria Consequences

<i>Consequence</i>	<i>Description</i>
<i>Insignificant</i>	<i>Low financial loss, no injuries</i>
<i>Minor</i>	<i>Fist aid treatment, medium financial lost</i>
<i>Moderate</i>	<i>Medical treatment required, high financial loss</i>
<i>Major</i>	<i>Extensive injuries, loss of production capability, major financial loss</i>
<i>Catastropic</i>	<i>Death, huge financial loss</i>

Sumber: (Anityasari dan Wessiani, 2011)

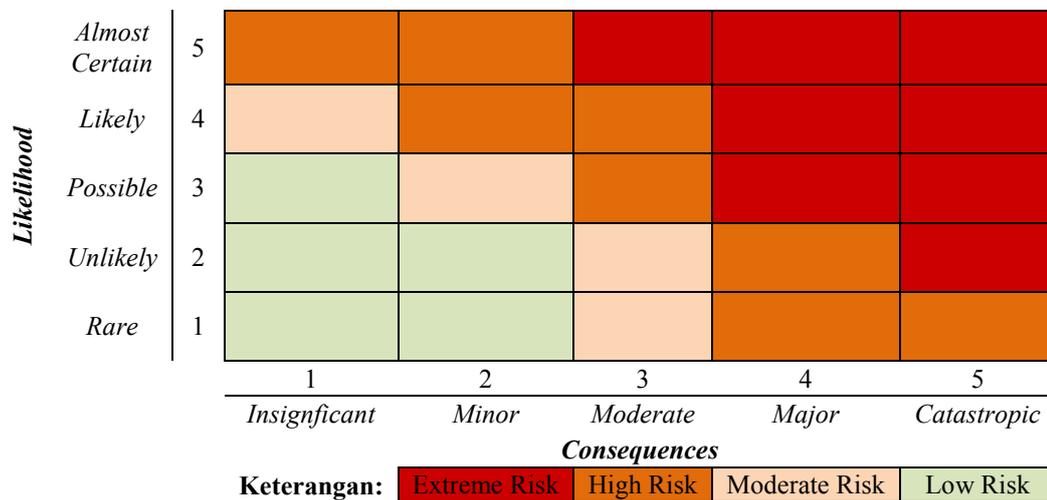
Adapun tingkat risiko yang digunakan adalah *extreme,high,moderate* atau *low*. Selain itu terdapat tingkatan risiko dan tindakan penganganannya yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 9 Risk Rating

<i>Risk Rating</i>	<i>Action required</i>
<i>Extreme Risk</i>	<i>Immediate action required</i>
<i>High Risk</i>	<i>Senior management attention needed</i>
<i>Moderate Risk</i>	<i>Management responsibility must be specified</i>
<i>Low Risk</i>	<i>Manage by routine procedures</i>

Sumber: (Anityasari dan Wessiani, 2011)

Berdasarkan nilai *risk rating* bisa digunakan sebagai dasar untuk menyusun peta risiko sebagai mana terdapat pada Gambar 2.14 di bawah ini.



Gambar 2. 14 Peta Risiko (Anityasari dan Wessiani, 2011)

Menurut Anityasari dan Wessiani (2011), tujuan dari melakukan analisis risiko adalah untuk memisahkan risiko mayor dan risiko minor, menyiapkan data dan mempersiapkan tahap selanjutnya yaitu melakukan evaluasi dan penanganan risiko. Analisis risiko akan menganalisis sumber risiko, mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko-risiko yang dapat dikendalikan, menetapkan dampak atau pengaruh risiko (*consequences*) dan peluang terjadinya (*likelihood*) serta *level-level* dari risiko tersebut. Pada penelitian ini, analisis risiko digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan prioritas terhadap sumber penyebab *waste* yang memiliki nilai yang paling tinggi untuk di perbaiki terlebih dahulu.

2.10 Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) atau yang biasa disebut juga dengan *Net Present Worth* (NPW) adalah nilai sekarang dari keseluruhan aliran kas pada tingkat bunga tertentu. Menurut Pujawan (2004), NPV digunakan dalam untuk menganalisis kelayakan dari suatu proyek atau investasi yang memiliki tujuan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan. Pada metode ini, seluruh aliran kas dikonversikan menjadi nilai sekarang (P) dan dijumlahkan, sehingga nilai P yang

diperoleh dapat mencerminkan nilai netto dari seluruh aliran kas yang terjadi selama horizon perencanaan yang telah ditetapkan.

Dalam pemilihan alternatif menggunakan NPV, apabila alternatif yang dibandingkan bersifat *mutually exclusive*, maka alternatif yang dipilih merupakan alternatif yang memiliki nilai P netto (NPV) tertinggi. Namun, apabila alternatif yang dibandingkan hanya menghasilkan ongkos atau biaya produksi, maka alternatif yang dipilih adalah alternatif yang memiliki nilai NPV terendah. Selain itu, jika alternatif yang dibandingkan bersifat independen, maka seluruh alternatif yang memiliki nilai NPV lebih besar dari nol ($NPV > 0$) atau yang menghasilkan tingkat pengembalian di atas MARR dapat dipilih karena secara ekonomi, seluruh alternatif tersebut dapat dinyatakan layak untuk dilaksanakan.

Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungan NPV:

$$NPV = \sum_{t=0}^n F_t(1 + i^*)^{-t} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana:

NPV : Net Present Value

F_t : aliran kas pada periode t

N : horizon perencanaan (periode)

*I** : MARR

2.11 *Review* Penelitian Sebelumnya

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai *review* dari penelitian sebelumnya terkait dengan metode *lean assessment* untuk mengetahui posisi penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan penjelasan secara rinci beberapa penelitian yang telah dilakukan pada topik penelitian *lean assessment* yang ditunjukkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Review Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Peneliti

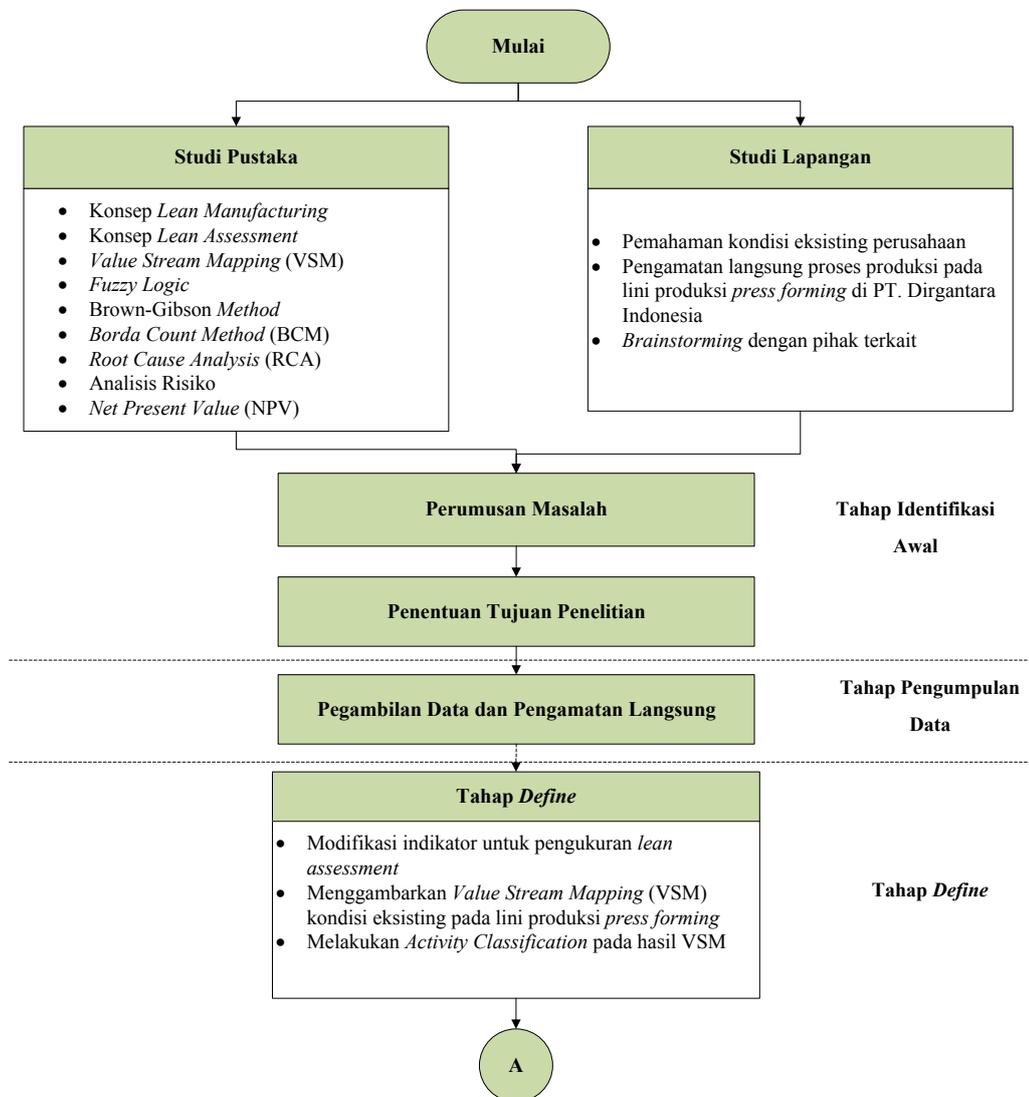
Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Metodologi							
			Quantitative Lean Assessment	Qualitative Lean Assessment	VSM	Fuzzy Logic	AHP	BCM	Risk Analysis	NPV
<i>A Review of Lean Assessment in Organizations: An Exploratory Study of Lean Practices by Electronics Manufacturers</i>	Toni L. Doolen dan Maria E. Hacker (Doolen dan Hacker, 2005)	2005	V	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lean Performance Evaluation of Manufacturing Systems: A Dynamic and Innovative Approach</i>	Farzad Behrouzi dan Kuan Yew Wong (Behrouzi dan Wong, 2011)	2011	-	V	-	V	-	-	-	-
<i>Criteria for A Lean Organisation: Development of A Lean Assessment Tool</i>	Fatma Pakdil dan Karen Moustafa Leonard (Pakdil dan Leonard, 2014)	2014	V	V	-	V	-	-	-	-
<i>A Proposed Integrated Model of Lean Assessment and Analytical Hierarchy Process for A Dynamic Road Map of Lean Implementation</i>	Mohamed Ali Almomani, Abdelhakim Abdelhadi dan Ahmad Mumani (Almomani <i>et al.</i> , 2014)	2014	V	-	-	-	V	-	-	-
Evaluasi Performansi Lini Produksi Press Forming di PT Dirgantara Indonesia Dengan Menggunakan Lean Assessment	Imandio Wicaksono	2017	V	V	V	V	-	V	V	V

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

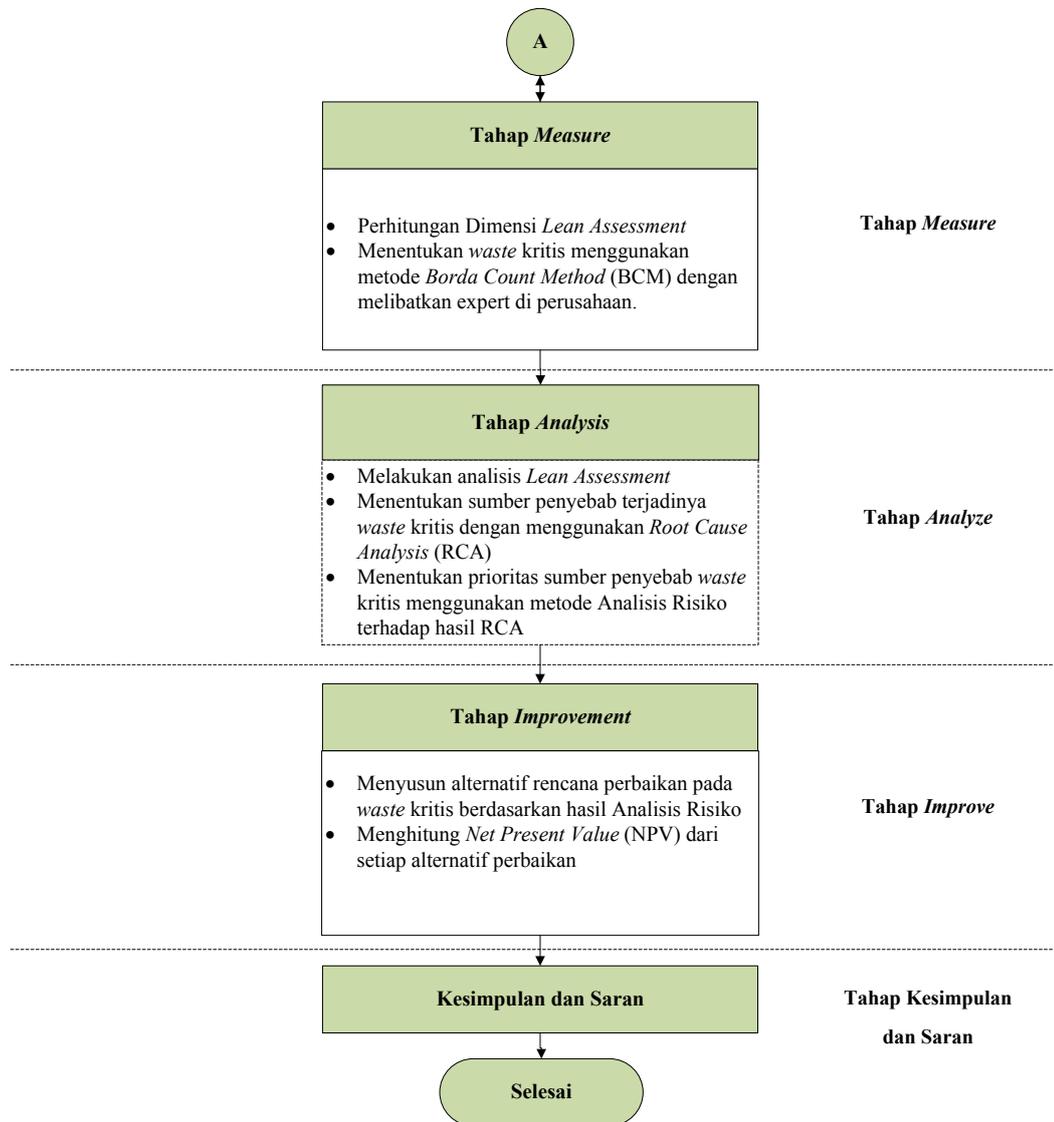
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab Metodologi Penelitian akan dijelaskan mengenai metodologi yang menjadi dasar dalam melakukan penelitian. Metodologi penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yang mengikuti *framework* DMAIC, yaitu tahap identifikasi awal, tahap pengumpulan data, tahap *define*, tahap *measure*, tahap *analyze*, tahap *improve* dan kesimpulan dan saran. Gambar 3.1 berikut merupakan *flowchart* dari penelitian tugas akhir yang digunakan.



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Identifikasi Awal

Tahap identifikasi awal merupakan tahap yang dilakukan pada saat awal pelaksanaan penelitian. Berikut ini merupakan tahap identifikasi awal, antara lain:

a. Studi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan studi lapangan terlebih dahulu untuk mengetahui kondisi permasalahan eksisting yang ada pada lini produksi *press forming* PT Dirgantara Indonesia. Informasi terkait studi lapangan diperoleh melalui pengamatan langsung dan diskusi dengan pihak perusahaan.

b. Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan untuk mendapatkan referensi terkait teori-teori yang dapat membantu peneliti dalam mendalami permasalahan dan menentukan rekomendasi alternatif perbaikan yang tepat.

c. Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil observasi awal peneliti, maka permasalahan yang dapat diselesaikan pada penelitian ini adalah bagaimana meningkatkan performansi lini produksi *press forming* di PT Dirgantara Indonesia dengan *lean assessment*.

d. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengidentifikasi dimensi dan *waste* kritis dari hasil *lean assessment*, mengetahui akar penyebab terjadinya permasalahan terhadap performansi implementasi *lean* dan *waste* kritis, dan memberikan rekomendasi perbaikan pada proses produksi di lini produksi *press forming* PT Dirgantara Indonesia.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan ini dilakukan pengumpulan data untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian. Data yang dikumpulkan pada tahap ini adalah data performansi perusahaan. Data yang diambil pada tahap ini dapat berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dari bagian yang menjadi objek amatan dengan diskusi dan wawancara terhadap pihak perusahaan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari rekapan laporan perusahaan.

3.3 Tahap *Define*

Pada tahap *define* akan dilakukan identifikasi kondisi eksisting dari perusahaan. Tahap *define* dari penelitian ini akan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

a. Modifikasi Indikator untuk Pengukuran *Lean Assessment*

Modifikasi indikator yang dilakukan pada pengukuran *lean assessment* pada penelitian ini dilakukan untuk melakukan penyesuaian antara kondisi

perusahaan dan data yang tersedia. Modifikasi indikator ini dilakukan dengan diskusi bersama Manajer *Lean & Development* dan Staf *Lean & Development* yang bertanggungjawab di bagian *press forming* mengenai indikator *lean assessment* yang digunakan. *Assessment* yang dilakukan terdiri dari *quantitative lean assessment* dan *qualitative lean assessment*.

- b. Menggambarkan *Value Stream Mapping* (VSM) Kondisi Eksisting
Penggambaran *Value Stream Mapping* kondisi eksisting dilakukan untuk mengetahui aliran informasi dan aliran fisik (material) yang terdapat di objek penelitian. Proses penggambaran VSM dilakukan dengan observasi terhadap proses produksi dan melakukan diskusi dengan Manajer *Lean & Development* dan Staf *Lean & Development*.
- c. Melakukan *Activity Classification* pada Hasil VSM
Activity Classification dilakukan untuk mengetahui *waste* yang terdapat pada lini produksi *press forming* dan diklasifikasikan berdasarkan jenis aktivitasnya yang terdiri dari *Value Added*, *Necessary But Not Value Added*, dan *Non-Value Added*. Pada tahap berikutnya *Activity Classification* akan dihubungkan dengan dimensi *lean assessment* yang kritis sehingga diketahui lokasi dimensi kritis dari *Value Stream Mapping* yang telah dibuat.

3.4 Tahap *Measure*

Pada tahap *measure* dilakukan pengukuran dan pengolahan terhadap data yang digunakan. Tahap *measure* terdiri dari:

- a. Perhitungan *Lean Assessment*
Tahap perhitungan nilai *leannes* dilakukan untuk mengetahui tingkat implementasi *lean* di lini produksi *press forming*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari indikator yang telah dimodifikasi dan dilakukan *quantitative lean assessment* menggunakan pendekatan *fuzzy*, sedangkan pada *qualitative lean assessment* dilakukan dengan menggunakan pendekatan *aggregate scoring* pada *Lean Assessment Tool* (LAT). Hasil pengukuran *quantitative lean assessment*

dan *qualitative lean assessment* akan dibobotkan dengan menggunakan metode Brown-Gibson untuk mendapatkan nilai *leanness* setiap dimensi.

b. Penentuan *Waste* Kritis

Pada tahap ini akan dilakukan penentuan *waste* kritis pada implementasi *lean* di lini produksi *press forming* menggunakan metode *Borda Count Method* (BCM) dengan melibatkan *expert* di perusahaan.

3.5 Tahap *Analyze*

Pada tahap *analyze* akan dilakukan analisa terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Tahap *analyze* pada penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa aktivitas sebagai berikut:

a. Analisis *Lean Assessment*

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui nilai *leanness* dari masing-masing dimensi yang digunakan dan mengetahui dimensi *Lean Assessment* yang kritis berdasarkan *Lean Radar Chart* yang dibangun. Dimensi *lean* yang kritis inilah yang kemudian akan menjadi objek pada tahap berikutnya yaitu mengukur akar penyebab *waste* terhadap dimensi kritis tersebut.

b. Menentukan sumber penyebab terjadinya *waste* kritis menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA)

Penyusunan *Root Cause Analysis* dilakukan untuk mengetahui sumber penyebab *waste* kritis yang ada pada hasil *Lean Assessment*. Penyusunan RCA dilakukan dengan menggunakan metode *5 Whys*. Hasil penyusunan RCA akan menjadi *input* pada tahap menentukan prioritas sumber penyebab terjadinya *waste*.

c. Menentukan prioritas sumber penyebab *waste* kritis

Tahap ini dilakukan untuk memprioritaskan sumber penyebab *waste* kritis yang akan di perbaiki terlebih dahulu dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis risiko. Pada penelitian tugas akhir ini, prioritas sumber penyebab *waste* kritis ditentukan oleh seberapa sering sumber penyebab *waste* terjadi (*likelihood*) dan dikalikan dengan dampak yang disebabkan (*consequences*).

3.6 Tahap *Improve*

Pada tahap *improve* akan dilakukan perbaikan terhadap sumber penyebab *waste* kritis yang menjadi prioritas dalam tahap perbaikan. Tahap *improve* terdiri dari penyusunan rencana perbaikan berdasarkan hasil Analisis Risiko dan menghitung nilai *Net Present Value* (NPV) dari setiap alternatif perbaikan. *Improvemet* yang dipilih adalah yang memiliki nilai $NPV \geq 1$ atau menghasilkan tingkat pengembalian diatas MARR sehingga alternatif perbaikan tersebut secara ekonomi layak untuk dilakukan oleh perusahaan.

3.7 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini kesimpulan diberikan berdasarkan pada tujuan penelitian yang telah ditentukan. Sedangkan saran dilakukan untuk memperbaiki penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang terdiri dari gambaran umum perusahaan, tahap *define* berupa modifikasi indikator *lean assessment*, *value stream mapping*, *activity classification* dan identifikasi *waste*, tahap *measure* yang meliputi perhitungan *lean assessment* dan penentuan dimensi dan *waste* kritis dengan menggunakan *Borda Count Method*.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*) merupakan industri pesawat terbang yang pertama dan satu-satunya di Indonesia dan di wilayah Asia Tenggara. Perusahaan ini dimiliki oleh Pemerintah Indonesia yang termasuk kedalam Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dan didirikan pada 26 April 1976 dengan nama PT. Industri Pesawat Terbang Nurtanio. Akte pendirian Perusahaan telah mengalami beberapa kali perubahan, yang antara lain oleh karena penggantian nama Perusahaan menjadi PT Industri Pesawat Terbang Nusantara atau PT IPTN pada tanggal 17 April 1986 dan penggantian nama PT IPTN menjadi PT Dirgantara Indonesia atau PT DI pada tanggal 9 Oktober 2000. Berdasarkan Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) tahun 2016, PT DI memiliki jumlah karyawan tetap dan kontrak sebanyak 4.375 orang dan memiliki beberapa kegiatan usaha utama, yaitu memproduksi, memasarkan, menjual dan mendistribusikan hasil produksi industri kedirgantaraan dan pertahanan dan keamanan berupa pesawat terbang dan helikopter, komponen pesawat terbang, pemeliharaan dan modifikasi pesawat terbang, sistem persenjataan dan jasa teknologi.

4.1.1 Visi, Misi, dan Tujuan Perusahaan

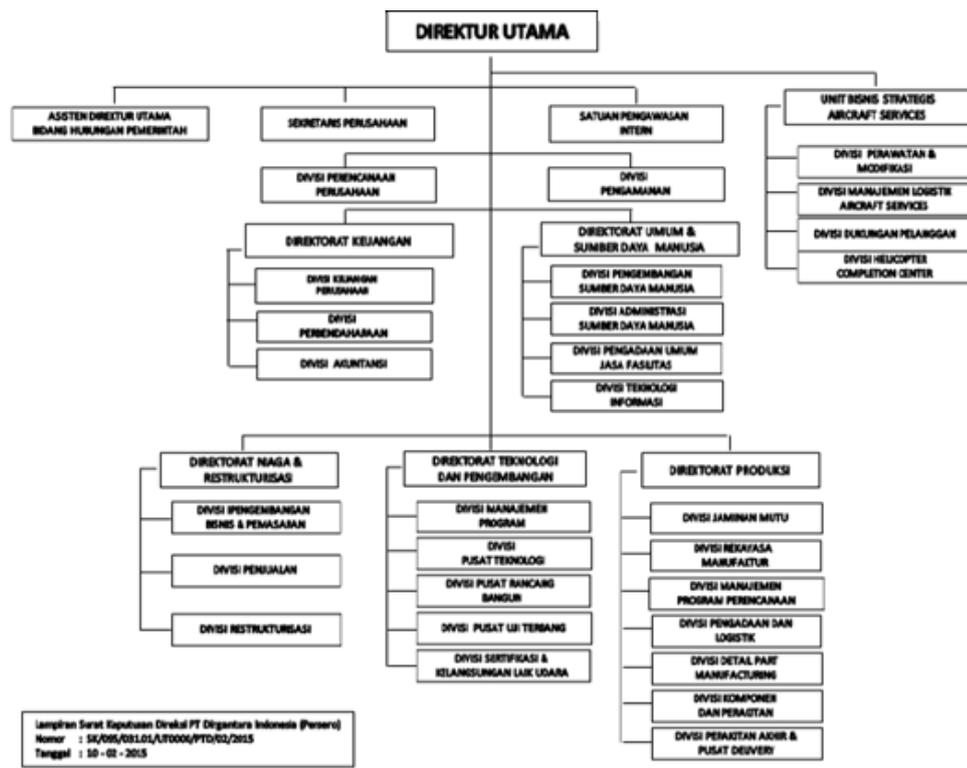
Visi PT DI adalah menjadi perusahaan kelas dunia dalam industri berbasis pada penguasaan teknologi tinggi dan mampu bersaing dalam pasar global dengan mengandalkan keunggulan biaya.

Misi PT DI adalah sebagai pusat keunggulan di bidang industri dirgantara terutama dalam rekayasa, rancang bangun, manufaktur, produksi dan pemeliharaan untuk kepentingan komersial dan militer dan juga aplikasi di luar industri dirgantara. Menjalankan usaha dengan selalu berorientasi pada aspek bisnis dan komersial dan dapat menghasilkan produk jasa yang memiliki keunggulan biaya.

PT DI didirikan dengan tujuan untuk melakukan usaha di bidang perhubungan, komunikasi, pertahanan dan keamanan dalam bentuk industri dan perdagangan produk dan jasa serta optimalisasi pemanfaatan sumber daya Perseroan untuk menghasilkan barang dan/atau jasa yang bermutu tinggi dan berdaya saing kuat untuk mendapatkan/mengejar keuntungan guna meningkatkan nilai Perseroan dengan menerapkan prinsip-prinsip Perseroan Terbatas.

4.1.2 Struktur Organisasi Perusahaan

PT DI merupakan perusahaan industri manufaktur pesawat terbang yang membagi perusahaan menjadi beberapa direktorat berdasarkan fungsinya atau menganut struktur organisasi fungsional. PT DI dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang membawahi lima direktorat utama dan satu unit bisnis, yaitu Direktorat Produksi, Direktorat Teknologi dan Pengembangan, Direktorat Niaga dan Restrukturisasi, Direktorat Keuangan, Direktorat Umum dan SDM serta Unit Bisnis Strategis *Aircraft Services*. Berikut ini adalah gambaran dari struktur organisasi yang terdapat pada PT DI yang ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Dirgantara Indonesia (Dirgantara Indonesia, 2017)

4.1.3 Gambaran Umum Lini Produksi Press Forming

Lini produksi *press forming* merupakan salah satu lini produksi yang ada di PT DI. Proses produksi utama yang dijalankan oleh lini produksi *press forming* meliputi proses *pressing* atau pemberian tekanan kepada *raw material* berupa logam aluminium menggunakan mesin maupun menggunakan tenaga operator secara manual. Beberapa kontrak komponen pesawat terbang yang dipesan oleh perusahaan Airbus dan dihasilkan di lini produksi *press forming* diantaranya adalah :

Tabel 4.1 Komponen Pesawat Terbang Lini Produksi Press Forming

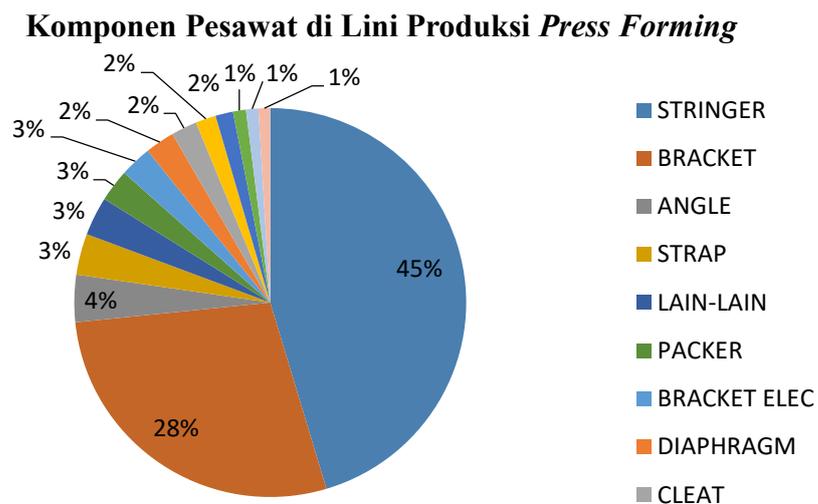
No	Komponen	Jumlah Pesanan Tahun 2016 (Unit)
1	Angle	1804
2	Angle Lower	490
3	Bracket	12875
4	Bracket Elec	1208
5	Cleat	980

Tabel 4.1 Komponen Pesawat Terbang Lini Produksi Press Forming

No	Komponen	Jumlah Pesanan Tahun 2016 (Unit)
6	<i>Diaphgram</i>	1121
7	Lain-lain	1478
8	<i>Landing</i>	667
9	<i>Packer</i>	1234
10	<i>Stifferener</i>	443
11	<i>Strap</i>	1570
12	<i>Stringer</i>	20850
13	<i>Top Hat</i>	774
14	<i>Zmember</i>	468
Total		45962

Sumber: (Dirgantara Indonesia, 2017)

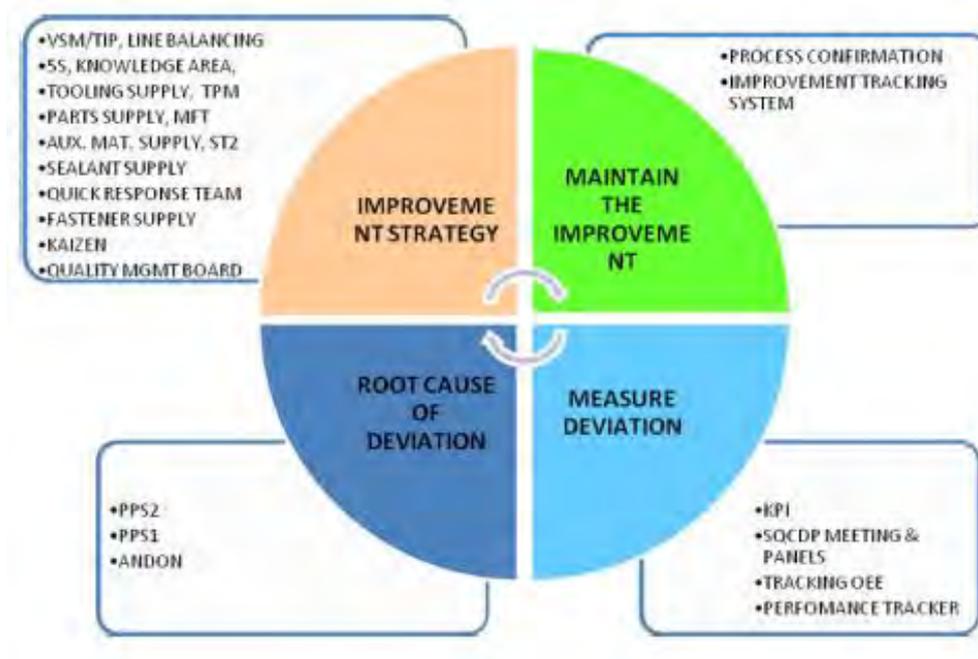
Gambar 4.2 berikut merupakan persentase jumlah total komponen yang diproduksi pada lini produksi *press forming* selama tahun 2016, yaitu periode Januari-Desember 2016. Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.2 diketahui bahwa komponen yang diproduksi dengan jumlah terbanyak pada tahun 2016 adalah *Stringer* dengan jumlah 20.850 unit atau 45% dari keseluruhan jumlah produksi pada lini produksi *press forming* pada tahun. Sehingga komponen yang menjadi objek amatan dalam penelitian ini adalah komponen *stringer*.



Gambar 4.2 Persentase Komponen Pesawat Lini Produksi Press Forming (Dirgantara Indonesia, 2017)

4.1.4 Penerapan Lean Manufacturing di Lini Produksi Press Forming

Lini produksi *press forming* merupakan salah satu lini produksi yang ada di PT DI. Proses produksi utama yang dijalankan adalah proses *pressing* atau pemberian tekanan terhadap material logam aluminum menggunakan mesin dan tenaga operator atau secara manual. Produk utama yang dihasilkan di lini produksi *press forming* adalah komponen *stringer*. Permasalahan yang masih terjadi di lini produksi *press forming* mengindikasikan terdapat implementasi *lean* yang belum optimal di perusahaan terutama di lini produksi *press forming*. Penerapan *lean manufacturing* di lini produksi *press forming* dilakukan oleh bagian *lean & development* menggunakan struktur dari model yang telah dikembangkan dan ditampilkan pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Struktur Model Implementasi Lean PT DI (Dirgantara Indonesia, 2017)

Penerapan *lean manufacturing* di PT DI khususnya lini produksi *press forming* dilakukan untuk dapat mengurangi *waste*, meningkatkan kemampuan bekerja dalam tim, mengukur proses, sebagai dasar dalam penentuan suatu perbaikan, dan penentuan standar untuk sebuah proses maupun aktivitas di keseluruhan perusahaan. Terdapat beberapa rekomendasi perbaikan yang telah

direkomendasikan oleh bagian *lean & development* di lini produksi *press forming* setelah mengimplementasikan konsep *lean manufacturing*, rekomendasi tersebut ada yang telah dilaksanakan, belum terlaksana dengan baik, dan ada yang belum terlaksana, rekomendasi tersebut ditampilkan pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Rekomendasi Perbaikan Implementasi *Lean Manufacturing* Lini Produksi *Press Forming*

No	Rekomendasi	Status	Keterangan
1	<i>Routing standardization</i>	Terlaksana	<i>Routing standardization</i> dilakukan dengan menambahkan mesin <i>press forming</i> dan mengklasifikasikan komponen berdasarkan ukuran material yang dikerjakan, sehingga terdapat dua mesin yang digunakan, yaitu untuk jenis material yang besar dan yang kecil, perubahan ini mempengaruhi pengurangan <i>lead time</i>
2	<i>Way of work for the new parts</i>	Belum terlaksana	Rekomendasi ini belum diimplementasikan, alur pembuatan part baru masih memakan waktu yang lama, rekomendasi ini dapat mengurangi <i>lead time</i>
3	<i>Integrated planning & work balancing</i>	Belum terlaksana	<i>Planning</i> yang dilakukan di lini produksi <i>press forming</i> masih belum baik, tidak adanya rencana penjadwalan baru apabila ada komponen yang terlambat dan banyaknya <i>order</i> baru yang mendahului <i>order</i> lama untuk dikerjakan, rekomendasi ini dapat mengurangi <i>lead time</i>
4	<i>Working process control & Handling Management</i>	Belum terlaksana	Rekomendasi ini belum dijalankan karena masih belum ada yang melakukan kontrol terhadap setiap operasi pada saat operasi berlangsung, masih operator sebagai kontrol dan satu lantai produksi hanya ada 2 operator yang bertugas sebagai <i>handling</i> , rekomendasi ini dapat mengurangi <i>lead time</i>
5	<i>Increase OEE</i>	Belum terlaksana	Rekomendasi ini belum dijalankan karena belum ada penjadwalan terhadap perawatan mesin baik secara berkala maupun perawatan harian oleh operator, perbaikan dilakukan ketika terdapat kendala dalam produksi atau kerusakan
6	<i>Maintenance policy</i>	Belum terlaksana	
7	<i>Quality standards</i>	Belum sepenuhnya terlaksana	Rekomendasi ini belum dijalankan sepenuhnya karena masih ada produk yang diluar standar pada setiap operasinya
8	<i>Lay out optimalization</i>	Belum sepenuhnya terlaksana	Rekomendasi ini telah dilakukan namun belum sepenuhnya dilakukan dengan baik karena masih terdapat permasalahan dalam transportasi maupun pergerakan produk dari suatu operasi ke operasi lainnya
9	<i>Multi-skill machine operators + Fitter finishing</i>	Terlaksana	Rekomendasi telah dilakukan dengan menambahkan mesin baru yang lebih baik dan operator yang memiliki <i>skill</i> baik untuk finishing, namun masih belum ada penjadwalan perawatan yang baik terhadap mesin tersebut sehingga <i>output</i> produk dr mesin tersebut belum sesuai standar
10	<i>Equipment Readiness</i>	Belum sepenuhnya terlaksana	Rekomendasi ini telah dilakukan dengan pengadaan <i>tool tower</i> untuk mempercepat operator dalam mengambil <i>tool</i> yang digunakan, namun seringkali <i>tool</i> maupun <i>program</i> yang dibutuhkan dalam operasi belum dibersihkan atau belum sesuai dengan produk yang akan dibuat

Sumber: (Dirgantara Indonesia, 2017)

4.2 Tahap *Define*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi indikator yang digunakan untuk melakukan *lean assessment* dan penggambaran aliran informasi dan aliran fisik dari produk amatan.

4.2.1 *Identifikasi Dimensi dan Indikator Lean Assessment*

Pada subbab ini dilakukan identifikasi terhadap dimensi dan indikator yang digunakan untuk melakukan *assessment* terhadap implementasi *lean* di lini produksi *press forming*. Identifikasi terhadap dimensi dan indikator ini dilakukan dengan berdasarkan jurnal yang berjudul “*Criteria for Lean Organization: Development of a Lean Assessment Tool*” yang ditulis oleh Pakdil & Leonard (2014), dimana pada jurnal tersebut Pakdil & Leonard (2014) mengembangkan model *lean assessment tool* (LAT) dengan menggunakan dua pendekatan atau dengan melakukan kombinasi antara *quantitative assessment* dan *qualitative assessment*. *Quantitative assessment* digunakan untuk mengukur penerapan *lean* sesuai dengan hasil dan tujuan yang telah di implementasikan, sedangkan *qualitative assessment* dapat merefleksikan persepsi *stakeholder*. Kedua *lean assessment tools* tersebut memberikan gambaran secara keseluruhan terhadap performansi *leannes* dari perusahaan. *Lean assessment* pada penelitian ini difokuskan pada eliminasi terhadap beberapa jenis pemborosan yang termasuk dalam sembilan pemborosan. Tabel 4.3 berikut merupakan hubungan antara dimensi *lean assessment* yang digunakan terhadap pemborosan pada konsep *lean*.

Tabel 4.3 Hubungan Antara Dimensi *Lean Assessment* terhadap Pemborosan

Dimensi	Pemborosan (<i>Waste</i>)	Keterangan
Efektifitas Waktu	<i>Waiting Time</i>	Menunjukkan penggunaan waktu yang tersedia untuk dapat menghasilkan <i>output</i> sesuai dengan yang ditargetkan. Efektifitas waktu yang tinggi menunjukkan waktu yang tersedia digunakan secara optimal dan waktu tunggu yang singkat
Kualitas	<i>Correction of Defect</i>	Menunjukkan komitmen perusahaan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi yang merupakan salah satu tuntutan global yang dihadapi oleh perusahaan

Tabel 4.3 Hubungan Antara Dimensi *Lean Assessment* terhadap Pemborosan

Dimensi	Pemborosan (<i>Waste</i>)	Keterangan
Proses	<i>Over Processing</i>	Menunjukkan optimalitas proses yang digunakan oleh perusahaan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan pesanan <i>customer</i> , khususnya untuk melakukan perbaikan dalam hal efisiensi, kecepatan respon dan fleksibilitas produksi
Biaya	-	Menunjukkan penggunaan alokasi biaya pada aktivitas operasional yang dilakukan oleh perusahaan, dimana konsep <i>lean</i> menekankan pada reduksi biaya yang harus terus diupayakan untuk menghasilkan sistem produksi yang <i>lean</i>
Sumber Daya Manusia	<i>Over Motion Environmental, Health and Safety (EHS) Not Utilizing Employee;s Knowledge, Skill, and Ability</i>	Menunjukkan strategi manajemen sumber daya manusia yang dilakukan perusahaan dalam upaya mengoptimalkan kemampuan dan keahlian sumber daya untuk melakukan aktivitas operasional perusahaan
Pengiriman	<i>Over Handling</i>	Menunjukkan performansi pengiriman dan keandalan pengiriman yang dilakukan oleh perusahaan, baik dalam lingkup internal maupun eksternal untuk dapat mereduksi biaya dan <i>lead time</i>
Pelanggan	-	Menunjukkan kemampuan perusahaan dalam menjaga hubungan dengan customer yang merupakan subjek pengguna produk yang dihasilkan perusahaan
<i>Inventory</i>	<i>Excess Inventory dan Over Production</i>	Menunjukkan kemampuan perusahaan dalam melakukan manajemen terhadap persediaan yang berkaitan dengan ketepatan <i>forecast</i> kebutuhan persediaan dan ketepatan dalam menentukan target produksi untuk meminimalisir adanya persediaan, dimana persediaan merupakan salah satu sumber pemborosan terbesar

Sumber: (Pakdil & Leonard, 2014)

Dimensi *lean assessment* yang digunakan pada *quantitative assessment* terdiri dari delapan dimensi, yaitu efektifitas waktu, kualitas, proses, biaya, sumber daya manusia, pengiriman, pelanggan dan *inventory*. Sedangkan dimensi yang digunakan pada *qualitative lean assessment* meliputi lima dimensi, yaitu kualitas, pelanggan, proses, sumber daya manusia, dan pengiriman. Pada *quantitative assessment*, dilakukan modifikasi terhadap indikator yang bertujuan untuk

menyesuaikan pengukuran *lean assessment* terhadap data yang tersedia di perusahaan dan kondisi dari perusahaan.

4.2.2 Modifikasi Indikator *Quantitative Lean Assessment*

Pada subbab ini dilakukan modifikasi terhadap indikator yang digunakan untuk melakukan pengukuran *quantitative lean assessment*. Modifikasi indikator dilakukan untuk melakukan penyesuaian antara pengukuran *lean assessment* terhadap data yang tersedia di perusahaan dan kondisi dari perusahaan. Modifikasi dilakukan dengan diskusi bersama *Manager Lean & Development* dan *Staf Lean & Development* yang bertanggungjawab di lini produksi *press forming*. Diskusi dilakukan dengan melakukan pembahasan terkait dengan setiap indikator yang digunakan sebagai pengukuran, menyesuaikan data yang tersedia dan kondisi perusahaan terhadap jenis *waste* yang terjadi untuk melakukan modifikasi indikator.

Quantitative lean assessment merupakan pengukuran terhadap dimensi *lean* berdasarkan indikator yang dapat dinilai secara numerik (angka) atau mengukur penerapan *lean* sesuai dengan hasil dan tujuan yang telah di implementasikan. Pengukuran pada dimensi ini didasarkan pada data historis perusahaan dan hasil pengamatan yang dilakukan secara langsung pada aktivitas operasional di lini produksi *press forming*. Berikut merupakan dimensi dan indikator yang digunakan pada *quantitative lean assessment* yang telah dimodifikasi

a. Dimensi Efektifitas Waktu

Tabel 4.4 berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai indikator penilaian pada dimensi efektifitas waktu beserta penjelasan dari setiap indikator yang digunakan.

Tabel 4.4 Indikator Dimensi Efektifitas Waktu

Kode	Indikator	Keterangan
T1	Rata-rata waktu <i>setup per</i> proses	Merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan <i>setup</i> sebelum maupun selama proses produksi berjalan
T2	Rasio waktu <i>setup</i> dengan total waktu produksi	Menunjukkan penggunaan waktu produksi total untuk aktivitas <i>setup</i> , baik <i>setup</i> sebelum maupun selama produksi

Tabel 4.4 Indikator Dimensi Efektifitas Waktu

Kode	Indikator	Keterangan
T3	Rata-rata <i>lead time</i> produksi	Merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan suatu operasi atau proses produksi berdasarkan keseluruhan proses produksi yang dilakukan
T4	Waktu siklus (<i>Cycle Time</i>)	Menunjukkan waktu proses pada setiap operasi yang dilakukan
T5	Rata-Rata <i>on time delivery</i> per proses	Menunjukkan kemampuan proses produksi untuk memproduksi produk tepat waktu atau sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan

b. Dimensi Kualitas

Tabel 4.5 berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai indikator penilaian pada dimensi kualitas beserta penjelasan dari indikator yang digunakan.

Tabel 4.5 Indikator Dimensi Kualitas

Kode	Indikator	Keterangan
Q1	<i>Defect rate</i>	Menunjukkan peluang terjadinya produk cacat dari sejumlah unit produksi tertentu
Q2	<i>Rework rate</i>	Menunjukkan peluang terjadinya produk yang memerlukan proses ulang dari proses produksi
Q3	<i>Scrap rate</i>	Menunjukkan peluang terjadinya produk <i>scrap</i> dari proses produksi
Q4	Laju kegagalan pada inspeksi akhir	Menunjukkan peluang terjadinya produk cacat pada aktivitas inspeksi akhir sebelum produk dikirim ke konsumen
Q5	Rasio jumlah inspektor dengan jumlah tenaga kerja	Menunjukkan ketersediaan tenaga inspektor dan kemampuan tenaga kerja dalam melakukan inspeksi terhadap keseluruhan tenaga kerja di perusahaan

c. Dimensi Proses

Tabel 4.6 berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai indikator penilaian pada dimensi proses beserta penjelasan dari indikator yang digunakan.

Tabel 4.6 Indikator Dimensi Proses

Kode	Indikator	Keterangan
P1	OEE	Menunjukkan tingkat efektifitas dari peralatan yang digunakan dalam sistem, khususnya peralatan yang kritis untuk produksi
P2	Rasio luas area untuk perbaikan dengan luas keseluruhan area	Menunjukkan ketersediaan area untuk melakukan perbaikan , khususnya perbaikan untuk fasilitas yang digunakan untuk aktivitas operasional
P3	Rasio kapasitas idle dengan total kapasitas	Menunjukkan tingkat penggunaan kapasitas sistem
P4	Produktivitas	Menunjukkan tingkat produktivitas , baik dari material, tenaga kerja maupun peralatan yang digunakan

d. Dimensi Biaya

Tabel 4.7 berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai indikator penilaian pada dimensi biaya beserta penjelasan dari indikator yang digunakan.

Tabel 4.7 Indikator Dimensi Biaya

Kode	Indikator	Keterangan
C1	Rata-rata biaya per unit	Menunjukkan biaya produksi untuk satu unit produk
C2	Rata-rata biaya scrap/defect per bulan	Menunjukkan biaya yang dikeluarkan untuk produk scrap/defect per bulan
C3	Rata-rata biaya scrap/defect per unit produk scrap/defect	Menunjukkan rata-rata biaya yang dikeluarkan per unit scrap/defect
C4	Rasio total biaya dengan total penjualan (profit margin)	Menunjukkan profit margin yang diterima perusahaan dari aktivitas produksi

e. Dimensi Sumber Daya Manusia

Tabel 4.8 berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai indikator penilaian pada dimensi sumber daya manusia beserta penjelasan dari indikator yang digunakan.

Tabel 4.8 Indikator Dimensi Sumber Daya Manusia

Kode	Indikator	Keterangan
H1	Laju absensi tenaga kerja	Menunjukkan ketersediaan tenaga kerja untuk melakukan aktivitas operasional
H2	Rasio jumlah saran dengan total tenaga kerja	Menunjukkan tingkat keaktifan dari tenaga kerja dalam menunjang perbaikan pada sistem
H3	Rasio jumlah saran yang diimplementasikan dengan total saran	Menunjukkan tingkat keterlibatan tenaga kerja dalam menunjang perbaikan sistem
H4	Rasio jumlah tenaga kerja yang bekerja secara tim dengan jumlah tenaga kerja	Menunjukkan kemampuan perusahaan dalam meningkatkan kemampuan kerjasama tim tenaga kerja dalam menunjang stabilitas perusahaan dan ketercapaian tujuan perusahaan
H5	Jumlah hirarki level pada struktur organisasi	Menunjukkan struktur kerja dan klasifikasi kerja yang dimiliki oleh perusahaan
H6	Rasio jumlah tenaga kerja langsung dengan tenaga kerja tidak langsung	Menunjukkan efektifitas penggunaan tenaga kerja untuk mendorong aktivitas operasional perusahaan
H7	Rasio jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam lean dengan jumlah tenaga kerja	Menunjukkan tingkat keterlibatan tenaga kerja dalam menunjang implementasi lean pada sistem
H8	Rasio jumlah tim penyelesaian permasalahan dengan total tenaga kerja	Menunjukkan keterlibatan tenaga kerja dalam pemecahan permasalahan yang dialami oleh tenaga kerja

f. Dimensi Pengiriman

Tabel 4.9 berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai indikator penilaian pada dimensi pengiriman beserta penjelasan dari indikator yang digunakan.

Tabel 4.9 Indikator Dimensi Pengiriman

Kode	Indikator	Keterangan
D1	Rata-rata waktu penyelesaian order	Menunjukkan kemampuan perusahaan untuk menyelesaian pesanan dari konsumen
D2	Rasio waktu proses dengan lead time	Menunjukkan efisiensi waktu yang digunakan untuk memproduksi produk dibandingkan dengan lead time produksi
D3	Rasio order yang telat pengirimannya dengan jumlah pengiriman per tahun	Menunjukkan persentase kemampuan dari perusahaan dalam mengirim order dengan tidak tepat waktu

g. Dimensi Pelanggan

Tabel 4.10 berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai indikator penilaian pada dimensi pelanggan beserta penjelasan dari indikator yang digunakan.

Tabel 4.10 Indikator Dimensi Pelanggan

Kode	Indikator	Keterangan
C1	Customer Satisfaction Index (CSI)	Menunjukkan tingkat kepuasan konsumen terhadap pelayanan dan performansi perusahaan dalam memenuhi pesanan yang dilakukan
C2	Laju komplain dari pelanggan	Menunjukkan kemampuan perusahaan dalam memberikan produk sesuai dengan keinginan pelanggan
C3	Rasio jumlah produk yang dikembalikan oleh pelanggan untuk diperbaiki (rework) dengan total pelanggan	Menunjukkan tingkat kepuasan konsumen terhadap performansi perusahaan dalam memenuhi spesifikasi kualitas produk yang diinginkan oleh konsumen

h. Dimensi *Inventory*

Tabel 4.11 berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai indikator penilaian pada dimensi *inventory* beserta penjelasan dari indikator yang digunakan.

Tabel 4.11 Indikator Dimensi *Inventory*

Kode	Indikator	Keterangan
I1	Rasio total inventory dengan total penjualan	Menunjukkan efisiensi persediaan yang dilakukan oleh perusahaan agar dapat meminimalisir biaya persediaan
I2	Rasio inventory untuk material dengan total inventory	Menunjukkan persentase persediaan yang digunakan untuk persediaan material terhadap total persediaan yang dilakukan oleh perusahaan
I3	Rasio total WIP dengan total penjualan	Menunjukkan persentase biaya yang ditanggung oleh perusahaan karena adanya persediaan dalam bentuk WIP terhadap total penjualan yang dilakukan oleh perusahaan

4.2.3 *Qualitative Lean Assessment*

Qualitative lean assessment merupakan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan indikator yang tidak dapat dinyatakan secara numerik (angka). *Qualitative assessment* dilakukan untuk merefleksikan persepsi *stakeholder*. Dimensi yang digunakan pada *qualitative lean assessment* pada penelitian ini meliputi dimensi kualitas, pelanggan, proses, sumber daya manusia, dan pengiriman seperti yang terdapat pada Bab 2 Subbab 2.2.2.

4.2.4 *Value Stream Mapping Lini Produksi Press Forming*

Value stream mapping merupakan salah satu *tools lean manufacturing* yang digunakan untuk mengidentifikasi aliran material fisik (material) dan aliran informasi yang terjadi di perusahaan, pada penelitian ini dilakukan penggambaran *value stream mapping* (VSM) dari lini produksi *press forming* untuk proses produksi komponen *stringer* untuk mengetahui efektifitas waktu dan proses yang dilakukan oleh perusahaan. Penggambaran VSM ini dilakukan untuk dapat memahami secara menyeluruh aktivitas operasional yang dilakukan oleh perusahaan. Terdapat 3 tahapan dalam melakukan penggambaran VSM, yaitu pemahaman aliran informasi di perusahaan, pemahaman aliran fisik (material), dan penggambaran VSM secara keseluruhan.

4.2.4.1 *Aliran Informasi*

Berikut merupakan aliran informasi pada aktivitas operasional yang terjadi di lini produksi *press forming* untuk komponen *stringer* :

1. Pemesanan produk (*demand*) dilakukan oleh *customer* yang langsung menghubungi *Project Management Officer* (PMO) Airbus melalui *email* atau *by phone*. Pada tahap ini dilakukan diskusi dan negosiasi terhadap detail pesanan seperti spesifikasi desain produk/komponen, kuantitas/jumlah dari setiap produk/komponen, kesepakatan harga, dan waktu pengiriman yang disepakati.
2. Pesanan yang telah disepakati disampaikan ke bagian *Production Planning & Inventory Control* (PPIC) untuk rancangan rencana produksi harian per

produk yang di *input* melalui SAP (*System Analysis and Program Database*).

3. Data pesanan yang telah di *input* oleh Bagian PPIC melalui SAP terhubung ke Bagian Produksi berupa *workorder* dan spesifikasi desain, material dan kuantitas/jumlah dari produk/komponen.
4. Selain menuju Bagian Produksi, data pesanan yang telah di *input* oleh Bagian PPIC melalui SAP juga terhubung ke Bagian Pengadaan & Logistik berupa *material order* berupa jenis dan jumlah material yang dibutuhkan sesuai dengan spesifikasi produk/komponen tersebut.
5. Setelah Bagian Pengadaan dan Logistik menerima *material order*, akan dilanjutkan dengan melakukan pemesanan bahan baku dengan menghubungi *supplier* untuk memberikan spesifikasi bahan baku yang dipesan, jumlah/kuantitas dan waktu/tanggal dibutuhkan dari bahan baku tersebut.
6. Bahan baku yang telah dikirim oleh *supplier* dan telah sampai di perusahaan kemudian diterima oleh bagian penerimaan dan dilakukan inspeksi dari bahan baku tersebut untuk memastikan bahan baku yang datang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.
7. Bagian Produksi melanjutkan *workorder* yang ada di SAP ke sistem dari setiap proses produksi yang akan dicek oleh operator sebagai *order* yang harus dikerjakan/diselesaikan pada rentang waktu tertentu.
8. Bagian Produksi melakukan koordinasi dan pengawasan terhadap setiap proses yang dilakukan melalui SAP dengan melihat *barcode* yang di *input* oleh operator di setiap proses untuk mengetahui *progress* dari produk/komponen tersebut di rantai produksi hingga proses *final inspection*.

4.2.4.2 Aliran Fisik (Material)

Berikut merupakan aliran fisik pada aktivitas operasional yang terjadi di lini produksi *press forming* untuk komponen *stringer* :

1. Bahan baku dari *supplier* yang telah datang diterima oleh Bagian Penerimaan untuk dilakukan inspeksi terhadap spesifikasi dan jumlah dari

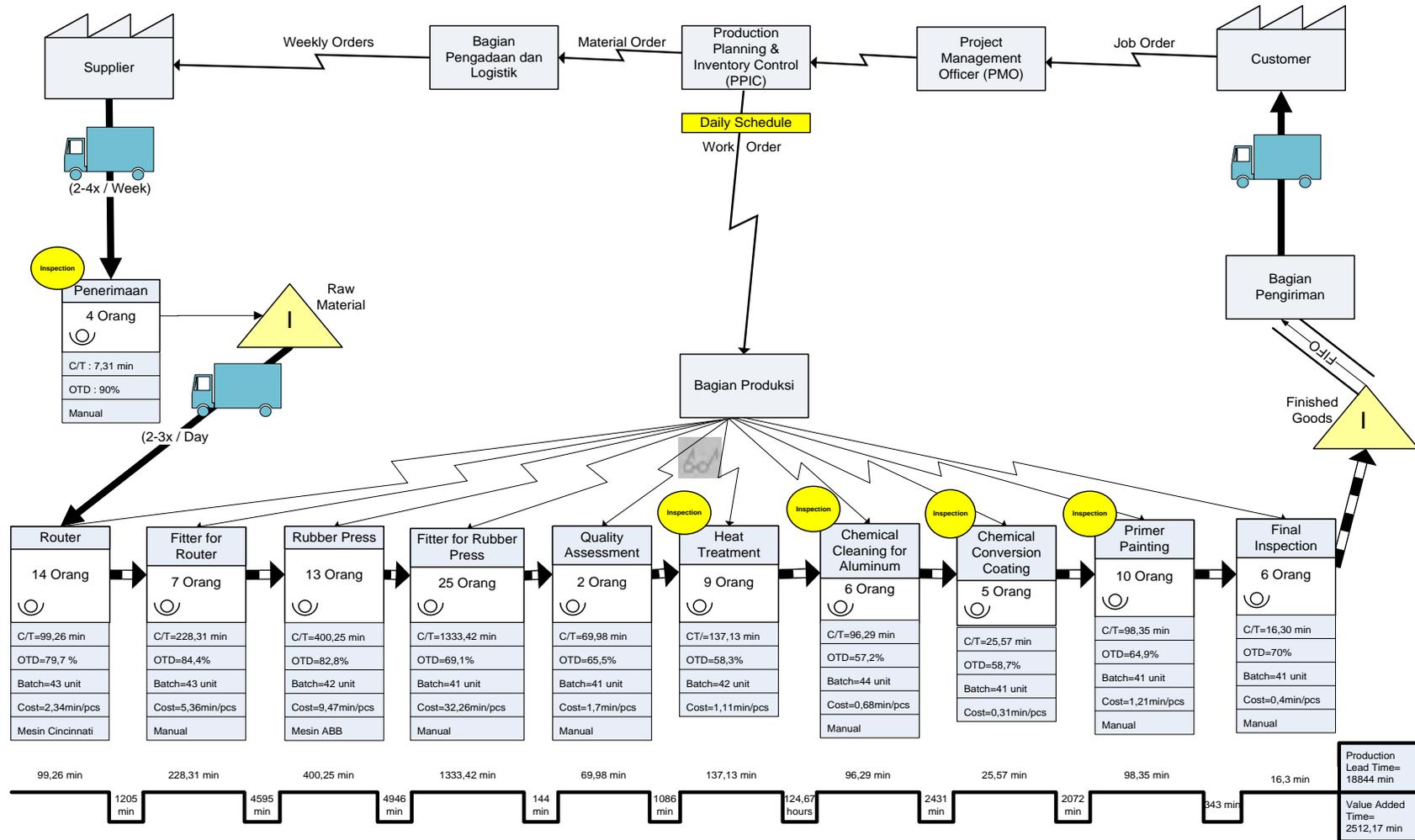
bahan baku yang dipesan. Selain itu juga dilakukan pemasangan *sticker* berupa keterangan dari jenis bahan baku tersebut.

2. Kemudian dilakukan penyimpanan terhadap bahan baku yang telah melalui proses inspeksi dan pemasangan *sticker* hingga rentang waktu yang dibutuhkan sesuai dengan SAP terhadap bahan baku tersebut untuk digunakan.
3. Bahan baku kemudian dikirimkan menggunakan *truck* ke Bagian Produksi untuk dilakukan proses *Router*. Pada proses *Router*, bahan baku berupa lembaran logam dilakukan pemotongan menjadi beberapa unit *stringer* oleh mesin Cincinnati dengan bantuan dari operator. Kemudian operator memindahkan komponen *stringer* tersebut ke rak *outfeed* untuk disimpan hingga dilakukan proses berikutnya.
4. Proses selanjutnya adalah *fitter for router*, pada proses ini produk *stringer* hasil *router* dihaluskan dan dilakukan perbaikan terhadap hasil pemotongan pada proses *router* menggunakan *tool* yang ada. Perbaikan dilakukan pada bagian pinggir, permukaan, dan setiap lubang dari komponen tersebut oleh operator. Kemudian operator memindahkan komponen *stringer* tersebut ke rak *outfeed* untuk disimpan hingga dilakukan proses berikutnya.
5. Proses selanjutnya adalah *rubber press* menggunakan mesin ABB yaitu dilakukan penekanan untuk membentuk komponen *stringer* sesuai dengan spesifikasi dan menyesuaikan dengan pola yang telah disiapkan. Kemudian operator memindahkan komponen *stringer* tersebut ke rak *outfeed* untuk disimpan hingga dilakukan proses berikutnya
6. Proses berikutnya adalah *fitter for rubber press* yang dilakukan oleh operator, komponen *stringer* dilakukan pengecekan dan perbaikan terhadap hasil *rubber press* dengan menyesuaikan produk tersebut dengan spesifikasi desain gambar yang ada yaitu memiliki sudut antara 89° hingga 91° dan kedalaman *joggle* 1,55 mm. Setelah itu dilakukan penghalusan terhadap permukaan komponen *stringer* dan operator memindahkan komponen *stringer* tersebut ke rak *outfeed* untuk disimpan hingga dilakukan proses berikutnya.

7. Setelah komponen *stringer* dilakukan penyesuaian dan perbaikan di *fitter for rubber press*, komponen *stringer* dipindahkan ke bagian *quality assessment* (QA) untuk dilakukan inspeksi akhir sebelum masuk ke proses *Surface Treatment*. Setelah komponen *stringer* memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan, komponen tersebut dipindahkan ke rak *outfeed* untuk menuju proses *surface treatment*.
8. Pada proses *surface treatment*, komponen *stringer* diberikan beberapa perlakuan diantaranya adalah *heat treatment*, *chemical cleaning*, dan *chemical conversion coating* untuk menyesuaikan dan memberikan daya tahan komponen tersebut dalam penggunaannya di industri pesawat terbang.
9. Proses berikutnya adalah *primer painting* atau melakukan pengecatan untuk memberikan daya tahan komponen terhadap karat dan kesesuaian dengan spesifikasi.
10. Proses berikutnya adalah *final inspection* untuk melakukan inspeksi akhir sebelum komponen *stringer* dikirim ke *customer*.
11. Setelah melalui proses inspeksi akhir, komponen *stringer* di simpan di bagian *inventory* bagian penyimpanan untuk dilakukan *packaging* dan kemudian dikirim ke *customer*.

4.2.4.3 Penggambaran Value Stream Mapping Lini Produksi Press Forming

Berdasarkan aliran informasi dan aliran fisik (*material*) yang ada di lantai produksi untuk melakukan proses produksi komponen *stringer* di lini produksi *press forming*, berikut merupakan *value stream mapping* dari komponen *stringer* di lini produksi *press forming* yang ditampilkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Value Stream Mapping Lini Produksi Press Forming

4.2.4.4 Identifikasi Waste pada Value Stream Mapping

Setelah melakukan pemetaan terhadap proses produksi dengan menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM) langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi *waste* / pemorosan yang dapat dilihat melalui VSM. Adapun kategori *waste* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 9 *waste* oleh Vincent Gasperzs seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.1.2. Berikut merupakan identifikasi *waste* yang dapat diidentifikasi melalui VSM pada lini produksi *press forming*.

Tabel 4.12 Identifikasi waste pada VSM

No	Proses / Aktivitas	Keterangan		
		VA	NNVA	NVA
1	Proses <i>router</i>	V		
2	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>router</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>fitter for router</i>			V
3	Proses <i>fitter for router</i>	V		
4	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>fitter for router</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>rubber press</i>			V
5	Proses <i>rubber press</i>	V		
6	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>rubber press</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>fitter for rubber press</i>			V
7	Proses <i>fitter for rubber press</i>	V		
8	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>fitter for rubber press</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>quality assessment</i>			V
9	Proses <i>quality assessment</i>		V	
Total		4	1	4
Percentage		44%	11%	44%

Tabel 4.12 menunjukkan proses produksi komponen *stringer* di lini produksi *press forming*, pada aktivitas dan proses *router* hingga *quality assessment* diketahui bahwa terdapat aktivitas *value added* (VA) sebesar 44%, aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 11%, dan aktivitas *Non Value Added* (NVA) sebesar 44%.

Terdapat 4 aktivitas *Non Value Added* (NVA) dan 1 aktivitas *Necessary but Non Value added* (NNVA), berikut merupakan identifikasi jenis *waste* yang terjadi pada aktivitas NVA dan NNVA tersebut.

Tabel 4. 13 Rekapitulasi NNVA & NVA pada proses di lini produksi *press forming*

No	Proses / Aktivitas	Keterangan		Jenis Waste
		NNVA	NVA	
1	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>router</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>fitter for router</i>		V	<i>Waiting</i>
2	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>fitter for router</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>rubber press</i>		V	<i>Waiting</i>
3	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>rubber press</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>fitter for rubber press</i>		V	<i>Waiting</i>
4	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>fitter for rubber press</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>quality assessment</i>		V	<i>Waiting</i>
5	Proses <i>quality assessment</i>	V		<i>Motion</i>

Tabel 4.14 Total Aktivitas NNVA dan NVA pada VSM

Waste	Waiting		Motion	
	NNVA	NVA	NNVA	NVA
(%)	(4) 80%		(1) 20%	
Jumlah	0	4	1	0
(%)	0%	100%	100%	0%

Pada Tabel 4.13 didapatkan berdasarkan hasil perhitungan aktivitas NNVA dan NVA pada identifikasi aktivitas dan proses produksi di lini produksi *press forming*, *waste* terbesar adalah *waste waiting* sebesar 80% dan *motion* sebesar 20%.

4.2.4 Activity Classification

Setelah melakukan identifikasi *value stream mapping* terhadap proses produksi komponen *stringer* di lini produksi *press forming*, selanjutnya akan dilakukan identifikasi lebih dalam dengan terhadap aktivitas yang ada pada setiap

proses di lini produksi *press forming*, yaitu pada proses *Router*, *Fitter for Router*, *Rubber Press*, *Fitter for Rubber Press*, dan *Quality Assessment*. Aktivitas-aktivitas pada setiap proses ini akan dibedakan dengan mengklasifikasikan kedalam tiga jenis aktivitas, yaitu *value added activity* (VA), *necessary but non value added activity* (NNVA), dan *non added value activity* (NVA). Setiap proses pada lini produksi *press forming*

Berikut ini merupakan klasifikasi aktivitas pada proses *Router*, *Fitter for Router*, *Rubber Press*, *Fitter for Rubber Press*, dan *Quality Assessment* di lini produksi *press forming*.

Tabel 4.15 Klasifikasi Aktivitas Proses *Router*

No	Aktivitas	Keterangan		
		VA	NNVA	NVA
1	Operator mengecek kesesuaian material lembaran logam paragon dengan order di SAP		V	
2	Operator membuat program untuk proses pemotongan material menggunakan <i>software</i> yang terintegrasi dengan mesin router		V	
3	Operator memindahkan material ke mesin router		V	
4	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem		V	
5	Proses pemotongan material oleh mesin router	V		
6	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu selesai proses di sistem		V	
7	Operator memindahkan stringer hasil pemotongan oleh mesin router ke rak <i>outfeed</i>		V	
8	Operator memindahkan sisa material hasil pemotongan ke tempat penyimpanan material sisa			V
Total		1	6	1
<i>Percentage</i>		13%	75%	13%

Tabel 4.15 menunjukkan pada proses *router* diketahui terdapat aktivitas *value added* (VA) sebesar 13%, aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 75%, dan aktivitas *Non Value Added* (NVA) sebesar 13%.

Tabel 4.16 Klasifikasi Aktivitas Proses *Fitter for Rubber Press*

No	Aktivitas	Keterangan		
		VA	NNVA	NVA
1	Operator memindahkan produk stringer hasil router ke meja kerja			V
2	Operator mengecek kesesuaian produk stringer hasil router dengan desain gambar		V	
3	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem		V	
4	Operator menghaluskan bagian pinggir produk stringer dan lubang menggunakan kikir dan <i>breaksharp</i>	V		
5	Operator menghaluskan bagian lubang dengan menggunakan bor	V		
6	Operator menghaluskan permukaan dengan menggunakan penggosok <i>scotch brite</i>	V		
7	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu selesai proses di sistem		V	
8	Operator memindahkan produk stringer hasil <i>fitter</i> ke rak <i>outfeed</i>			V
Total		3	3	2
Percentage		38%	38%	25%

Tabe; 4.16 menunjukkan pada proses *fitter for router* diketahui terdapat aktivitas *value added* (VA) sebesar 38%, aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 38%, dan aktivitas *Non Value Added* (NVA) sebesar 25%.

Tabel 4.17 Klasifikasi Aktivitas Proses *Rubber Press*

No	Aktivitas	Keterangan		
		VA	NNVA	NVA
1	Operator memindahkan produk stringer hasil <i>fitter</i> ke meja kerja			V
2	Operator menyesuaikan produk stringer dengan gambar		V	
3	Operator mengambil <i>tool</i> yang digunakan untuk proses <i>pressing</i>		V	
4	Operator membersihkan <i>tool</i> (<i>cleaning</i>)		V	
5	Operator melakukan <i>setting</i> tempat pada mesin <i>pressing</i> dengan <i>tool</i>		V	
6	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem		V	
7	Operator memindahkan produk stringer ke tray pada mesin ABB		V	
8	Operator mengoperasikan mesin ABB untuk proses <i>rubber press</i>	V		
9	Operator melepas <i>tool</i> pada tray mesin ABB untuk mengeluarkan produk hasil <i>rubber press</i>		V	

Tabel 4.17 Klasifikasi Aktivitas Proses Rubber Press

No	Aktivitas	Keterangan		
		VA	NNVA	NVA
10	Operator melakukan scan barcode untuk menginput waktu selesai proses di sistem		V	
11	Operator memindahkan produk hasil <i>rubber press</i> ke rak <i>outfeed</i>			V
Total		1	8	2
Percentage		9%	73%	18%

Tabel 4.17 menunjukkan pada proses *rubber press* diketahui terdapat aktivitas *value added* (VA) sebesar 9%, aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 73%, dan aktivitas *Non Value Added* (NVA) sebesar 18%.

Tabel 4.18 Klasifikasi Aktivitas Proses Fitter for Rubber Press

No	Aktivitas	Keterangan		
		VA	NNVA	NVA
1	Operator memindahkan produk hasil <i>rubber press</i> ke meja kerja			V
2	Operator menyesuaikan produk stringer dengan gambar		V	
3	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem		V	
4	Operator menyesuaikan sudut pada produk stringer dengan desain dengan menggunakan alat bevel protactor	V		
5	Operator meratakan permukaan produk stringer pada meja kerja (<i>straightening</i>)	V		
6	Operator menyesuaikan kedalaman <i>joggle</i> dengan menggunakan alat ukur <i>filler gauge</i>	V		
7	Operator memindahkan produk stringer ke meja penggosok			V
8	Operator menghaluskan goresan untuk menghilangkan <i>scrap</i> / goresan pada produk stringer	V		
9	Operator melakukan scan barcode untuk menginput waktu selesai proses di sistem		V	
10	Operator memindahkan produk hasil <i>fitter for rubber press</i> ke rak <i>outfeed</i>			V
Total		4	3	3
Percentage		40%	30%	30%

Tabel 4.18 menunjukkan pada proses *fitter for rubber press* diketahui terdapat aktivitas *value added* (VA) sebesar 40%, aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 30%, dan aktivitas *Non Value Added* (NVA) sebesar 30%.

Tabel 4.19 Klasifikasi Aktivitas Proses *Quality Assessment*

No	Aktivitas	Keterangan		
		VA	NNVA	NVA
1	Operator memindahkan produk hasil fitter ke meja kerja			V
2	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem		V	
3	Operator melihat desain gambar produk		V	
4	Operator melakukan pengecekan terhadap sudut stringer		V	
5	Operator melakukan pengecekan terhadap kedalaman joggle		V	
6	Operator melakukan pengecekan visual terhadap produk		V	
7	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu selesai proses di sistem		V	
8	Operator memindahkan produk hasil QA ke rak <i>outfeed</i>			V
Total		0	6	2
Percentage		0%	75%	25%

Tabel 4.19 menunjukkan pada proses *quality assessment* diketahui terdapat aktivitas *value added* (VA) sebesar 0%, aktivitas *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebesar 75%, dan aktivitas *Non Value Added* (NVA) sebesar 25%.

Untuk mengetahui klasifikasi aktivitas secara keseluruhan di lini produksi *press forming*, maka dari itu dilakukan rekapitulasi terhadap masing-masing aktivitas pada proses produksi yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Berikut ini ditunjukkan klasifikasi aktivitas pada proses produksi di lini produksi *press forming* untuk komponen *stringer*.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Jenis Aktivitas di Lini Produksi *Press Forming*

No	Proses	VA	NNVA	NVA
1	<i>Router</i>	1	6	1
2	<i>Fitter for Router</i>	3	3	2
3	<i>Rubber Press</i>	1	8	2
4	<i>Fitter for Rubber Press</i>	4	3	3
5	<i>Quality Assessment</i>	0	6	2
Total		9	26	10
Total %		20%	58%	22%

Rekapitulasi yang ditampilkan pada Tabel 4.20 menunjukkan persentase keseluruhan dari aktivitas yang dilakukan di lini produksi *press forming*, secara

keseluruhan menunjukkan terdapat 20% *value added activity*, 58% *necessary but non value added activity*, dan 22% *non value added activity*.

4.2.4.1 Identifikasi Waste pada Activity Classification

Setelah melakukan identifikasi terhadap proses produksi dengan *Activity Classification*, langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi *waste* / pemrosesan. Adapun kategori *waste* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 9 *waste* oleh Vincent Gasperzs seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.1.2. Proses identifikasi *waste* ini dilakukan terhadap aktivitas *necessary but not value added* dan aktivitas *non value added* di proses *router*, *fitter for router*, *rubber press*, *fitter for rubber press* dan *quality assessment*. Berikut merupakan identifikasi *waste* yang dapat diidentifikasi dari *activity classification* yang ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Identifikasi Waste pada Activity Classification

No	Aktivitas	NNVA	NVA	Jenis Waste
1	Operator mengecek kesesuaian material lembaran logam paragon dengan <i>order</i> di SAP	V		<i>Motion</i>
2	Operator membuat program untuk proses pemotongan material menggunakan <i>software</i> yang terintegrasi dengan mesin router	V		<i>Motion</i>
3	Operator memindahkan material ke mesin router	V		<i>Transportation</i>
4	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
5	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu selesai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
6	Operator memindahkan <i>stringer</i> hasil pemotongan oleh mesin router ke rak <i>outfeed</i>	V		<i>Transportation</i>
7	Operator memindahkan sisa material hasil pemotongan ke tempat penyimpanan material sisa		V	<i>Transportation</i>
8	Operator memindahkan produk <i>stringer</i> hasil <i>router</i> ke meja kerja		V	<i>Transportation</i>
9	Operator mengecek kesesuaian produk <i>stringer</i> hasil <i>router</i> dengan desain gambar	V		<i>Motion</i>

Tabel 4.21 Identifikasi Waste pada Activity Classification

No	Aktivitas	NNVA	NVA	Jenis Waste
10	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
11	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu selesai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
12	Operator memindahkan produk <i>stringer</i> hasil <i>fitter</i> ke rak <i>outfeed</i>		V	<i>Transportation</i>
13	Operator memindahkan produk <i>stringer</i> hasil <i>fitter</i> ke meja kerja		V	<i>Transportation</i>
14	Operator menyesuaikan produk <i>stringer</i> dengan gambar	V		<i>Motion</i>
15	Operator mengambil <i>tool</i> yang digunakan untuk proses <i>pressing</i>	V		<i>Motion</i>
16	Operator membersihkan <i>tool</i> (<i>cleaning</i>)	V		<i>Motion</i>
17	Operator melakukan <i>setting</i> tempat pada mesin <i>pressing</i> dengan <i>tool</i>	V		<i>Motion</i>
18	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
19	Operator memindahkan produk <i>stringer</i> ke <i>tray</i> pada mesin ABB	V		<i>Transportation</i>
20	Operator melepas <i>tool</i> pada <i>tray</i> mesin ABB untuk mengeluarkan produk hasil <i>rubber press</i>	V		<i>Motion</i>
21	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu selesai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
22	Operator memindahkan produk hasil <i>rubber press</i> ke rak <i>outfeed</i>		V	<i>Transportation</i>
23	Operator memindahkan produk hasil <i>rubber press</i> ke meja kerja		V	<i>Transportation</i>
24	Operator menyesuaikan produk <i>stringer</i> dengan gambar	V		<i>Motion</i>
25	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
26	Operator memindahkan produk <i>stringer</i> ke meja penggosok		V	<i>Transportation</i>
27	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu selesai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
28	Operator memindahkan produk hasil <i>fitter for rubber press</i> ke rak <i>outfeed</i>		V	<i>Transportation</i>
29	Operator memindahkan produk hasil <i>fitter</i> ke meja kerja		V	<i>Transportation</i>
30	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu mulai proses di sistem	V		<i>Motion</i>

Tabel 4.21 Identifikasi Waste pada Activity Classification

No	Aktivitas	NNVA	NVA	Jenis Waste
31	Operator melihat desain gambar produk	V		<i>Motion</i>
32	Operator melakukan pengecekan terhadap sudut <i>stringer</i>	V		<i>Motion</i>
33	Operator melakukan pengecekan terhadap kedalaman <i>joggle</i>	V		<i>Motion</i>
34	Operator melakukan pengecekan visual terhadap produk	V		<i>Motion</i>
35	Operator melakukan <i>scan barcode</i> untuk menginput waktu selesai proses di sistem	V		<i>Motion</i>
36	Operator memindahkan produk hasil QA ke rak <i>outfeed</i>		V	<i>Transportation</i>

Tabel 4.22 Total Aktivitas NNVA dan NVA pada Activity Classification

<i>Waste</i>	<i>Transportation</i>		<i>Motion</i>	
(%)	(13) 36%		(23) 64%	
Jenis Aktivitas	NNVA	NVA	NNVA	NVA
Jumlah	3	10	23	0
(%)	23%	77%	100%	0%

Tabel 4.22 menunjukkan hasil perhitungan aktivitas NNVA dan NVA pada proses produksi di lini produksi *press forming* menggunakan *activity classification*, *waste* terbesar adalah *waste motion* sebesar 64% dan *transportation* sebesar 36%.

4.3 Tahap Measure

Pada tahap *measure* akan dilakukan pengukuran dan pengolahan terhadap data yang diperoleh dan akan di analisa pada tahap selanjutnya. Pada tahap *measure*, akan dilakukan perhitungan *lean assessment* di lini produksi *press forming* dan penentuan terhadap dimensi dan *waste* kritis menggunakan *Borda Count Method (BCM)*.

4.3.1 Lean Assessment

Pada subbab ini akan dilakukan perhitungan nilai *leannes* untuk mengetahui tingkat implementasi *lean* di lini produksi *press forming*. Perhitungan dilakukan secara kuantitatif (*quantitative lean assessment*) dan kualitatif (*qualitative lean*

assessment). Berikut merupakan perhitungan nilai *leannes* secara kuantitatif dan kualitatif.

4.3.1.1 *Quantitative Lean Assessment*

Pada *quantitative lean assessment*, dilakukan pengukuran terhadap indikator yang telah dimodifikasi menggunakan *fuzzy logic* dengan menggunakan rumus (2.3) yang telah dijelaskan pada Subbab 2.5. Terdapat tiga nilai yang digunakan pada pengukuran lean secara kuantitatif, yaitu nilai terendah, nilai eksisting dan nilai terbaik. Nilai terendah merupakan nilai terburuk yang tidak diharapkan oleh perusahaan terjadi pada indikator yang bersangkutan, pada nilai terendah juga terdapat nilai terendah yang pernah dicapai oleh perusahaan. Nilai eksisting merupakan nilai yang saat ini dicapai oleh perusahaan berdasarkan indikator yang digunakan. Sedangkan nilai terbaik merupakan nilai yang diharapkan perusahaan untuk dapat terjadi berdasarkan indikator yang digunakan dan menjadi target performansi perusahaan.

Penentuan nilai terendah, nilai eksisting dan nilai tertinggi menggunakan pengamatan langsung dan data historis dari perusahaan serta menggunakan standar nilai performansi yang telah ditetapkan oleh Pakdil dan Leonard (2014) dengan melakukan diskusi dengan pihak *expert* terkait dengan kriteria penilaian terhadap setiap indikator yang ada. Nilai terendah dan nilai terbaik inilah yang menjadi acuan dalam menentukan nilai *leannes* perusahaan pada masing-masing indikator *lean* yang digunakan.

Tabel 4.23 Pemetaan sumber data *quantitative lean assessment*

No	Metode Pengumpulan Data	Kode Indikator <i>Lean</i>
1	Data Historis	T1,T2,T3,T4,T5,Q1,Q2,Q3,Q4,P1,P3,P4,B1,B2,B3,B4, H1,H2,H5,H6,D1,D2,D3,C1,C2,C3,i1,i2,i3
2	Pengamatan Langsung	Q5, P2, H3,H4,H7,H8

Setelah dilakukan pengumpulan data menggunakan data historis di lini produksi *press forming* dan pengamatan langsung, akan dilakukan perhitungan nilai

leannes dari masing-masing indikator pada setiap dimensi dengan menggunakan *fuzzy logic* sesuai dengan rumus (2.3). Berikut merupakan contoh perhitungan nilai *leannes* pada dimensi *time effectiveness* (rata-rata waktu *setup*):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } xi \leq a \\ 0 & \text{jika } xi \geq b \\ 1 - \frac{(xi-a)}{(b-a)} & \text{jika } a \leq xi < b \end{cases}$$

Nilai waktu *setup* terendah memiliki nilai sebesar 10,5 menit, nilai eksisting sebesar 7,58 menit, dan nilai terbaik yang telah ditetapkan oleh perusahaan ada sebesar 4 menit. Berikut merupakan perhitungan nilai *leannes* dari indikator rata-rata waktu *setup* menggunakan *fuzzy logic*:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 1 - \frac{(xi - a)}{(b - a)}$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 1 - \frac{(10,5 - 4)}{(7,58 - 4)}$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 0,449$$

Dengan perhitungan nilai *leannes* menggunakan *fuzzy logic* tersebut, dilakukan perhitungan nilai *leannes* pada keseluruhan indikator yang digunakan dan telah dimodifikasi sesuai dengan Tabel 4.4 hingga Tabel 4.11. Berikut merupakan perhitungan terhadap nilai *leanness quantitative lean assessment*.

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan *Quantitative Lean Assessment*

Dimensi Efektivitas Waktu					
No	Kode Indikator	Nilai Terendah (b)	Nilai Eksisting (xi)	Nilai Terbaik (a)	Nilai <i>Leanness</i>
1	T1	10,5	7,58	4	0,449
2	T2	0,324	0,031	0,022	0,972
3	T3	41,92	35,4	20,04	0,298
4	T4	579,75	264,9	227,94	0,895
5	T5	59%	79%	94%	0,571

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan *Quantitative Lean Assessment*

Total <i>Leanness</i> Dimensi Efektivitas Waktu					0,6085256
Dimensi Kualitas					
No	Kode Indikator	Nilai Terendah (b)	Nilai Eksisting (xi)	Nilai Terbaik (a)	Nilai <i>Leanness</i>
1	Q1	100,000%	0,022%	0,000%	0,9998
2	Q2	100,000%	0,007%	0,000%	0,9999
3	Q3	100,000%	0,116%	0,000%	0,9988
4	Q4	100,000%	0,437%	0,000%	0,9956
5	Q5	0,000%	10,606%	100,000%	0,106
Total <i>Leanness</i> Dimensi Kualitas					0,8200492
Dimensi Proses					
No	Kode Indikator	Nilai Terendah (b)	Nilai Eksisting (xi)	Nilai Terbaik (a)	Nilai <i>Leanness</i>
1	P1	0%	82%	85%	0,965
2	P2	100%	40%	0%	0,600
3	P3	100%	3,78%	0%	0,962
4	P4	0%	76,76%	90%	0,853
Total <i>Leanness</i> Dimensi Proses					84,49555
Dimensi Biaya					
No	Kode Indikator	Nilai Terendah (b)	Nilai Eksisting (xi)	Nilai Terbaik (a)	Nilai <i>Leanness</i>
1	B1	66,50	60,15	59,44	0,899
2	B2	\$552,36	\$1.244,96	\$2.276,09	0,402
3	B3	\$38,82	\$23,58	\$10,67	0,541
4	B4	0%	45%	70%	0,643
Total <i>Leanness</i> Dimensi Biaya					62,13698
Dimensi Sumber Daya Manusia					
No	Kode Indikator	Nilai Terendah (b)	Nilai Eksisting (xi)	Nilai Terbaik (a)	Nilai <i>Leanness</i>
1	H1	92,11%	96,78%	98,04%	0,788
2	H2	0,00%	64,00%	100%	0,64
3	H3	0,00%	43,08%	100,00%	0,431
4	H4	0,00%	100,00%	100,00%	1,000
5	H5	3 Level	6 level	6 level	1,000
6	H6	1,00%	4,00%	5,00%	0,750
7	H7	0,00%	2,08%	100,00%	0,021
8	H8	0,00%	3,89%	25,00%	0,156
Total <i>Leanness</i> Dimensi Sumber Daya Manusia					51,88849
Dimensi Pengiriman					
No	Kode Indikator	Nilai Terendah (b)	Nilai Eksisting (xi)	Nilai Terbaik (a)	Nilai <i>Leanness</i>
1	D1	24,92	21,03	20,04	0,797
2	D2	0,0539	0,0350	0,0042	0,380

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan *Quantitative Lean Assessment*

3	D3	100%	21%	0%	0,791
Total Leanness Dimensi Pengiriman					58,86163
Dimensi Pelanggan					
No	Kode Indikator	Nilai Terendah (b)	Nilai Eksisting (xi)	Nilai Terbaik (a)	Nilai Leanness
1	C1	0%	79%	100%	0,790
2	C2	0,411%	0,1382%	0,03%	0,71619
3	C3	0,058%	0,007%	0,000%	0,87706
Total Leanness Dimensi Pelanggan					79,44159
Dimensi Inventory					
No	Kode Indikator	Nilai Terendah (b)	Nilai Eksisting (xi)	Nilai Terbaik (a)	Nilai Leanness
1	i1	100%	3,59%	0%	0,9641258
2	i2	100%	14%	10%	0,9570042
3	i3	100%	3,83%	0%	0,9616877
Total Leanness Dimensi Inventory					96,09392

Keterangan Kode Indikator : (Pakdil & Leonard, 2014) Data Historis PT DI

Berdasarkan Tabel 4.24 diatas, diketahui urutan dimensi dengan nilai *leannes* terendah adalah dimensi sumber daya manusia, pengiriman, efektivitas waktu, biaya, pelanggan, proses, kualitas dan *inventory*.

4.3.1.2 *Qualitative Lean Assessment*

Pada *qualitative lean assessment*, dilakukan penyebaran kuesioner kepada pihak perusahaan meliputi Staf *Lean & Development* yang bertanggungjawab terhadap lini produksi *press forming*. Keseluruhan data terkait lini produksi *press forming* dikumpulkan kepada Staf *Lean & Development* sehingga responden tersebut mengetahui keseluruhan proses dan aktivitas produksi di lini produksi *press forming*.

Kuisisioner yang digunakan pada *qualitative lean assessment* terdiri dari dimensi kualitas, pelanggan, proses, sumber daya manusia, dan pengiriman dengan indikator-indikator pada tiap dimensi sesuai dengan yang telah dijelaskan pada subbab 2.2.2. Berikut merupakan intepretasi skala penilaian yang digunakan pada *qualitative lean assessment* yang berupa skala *likert* dengan skala 1 hingga skala 5:

- Skala 1: Indikator belum direncanakan untuk diimplementasikan,

- Skala 2: Indikator sudah direncanakan tapi belum diimplementasikan,
- Skala 3: Indikator sudah diimplementasikan,
- Skala 4: Indikator telah diimplementasikan dengan cukup baik,
- Skala 5: Indikator telah diimplementasikan dengan sangat baik.

Setelah responden melakukan pengisian terhadap masing-masing indikator yang ada pada kuesioner *qualitative lean assessment*, dilakukan pengolahan data dengan mengukur *leannes* pada masing-masing indikator menggunakan metode *Lean Assessment Tool* (LAT) dengan rumus (2.1) dan (2.2) yang telah dijelaskan pada subbab 2.2.2 Berikut merupakan contoh perhitungan pada dimensi kualitas.

$$MTAS = \text{skala pengukuran maksimum} \times q$$

$$MTAS = 5 \times 11$$

$$MTAS = 55$$

$$LRS = \frac{AS}{MTAS}$$

$$LRS (\text{Nilai } leannes) = \frac{36}{55}$$

$$LRS (\text{Nilai } leannes) = 0,655$$

Dengan menggunakan LAT tersebut dilakukan pengukuran terhadap setiap dimensi yang menjadi dimensi pengukuran untuk *qualitative lean assessment*. Berikut merupakan rekapitulasi pengukuran *qualitative lean assessment* yang ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.25 Nilai *leannes qualitative lean assessment*

Dimensi	Skor Agregat (AS)	Jumlah Pertanyaan (q)	Skor Total Maksimum (MTS)	<i>Leannes</i>
Kualitas	36	11	55	0,655
<i>Customer</i>	7	2	10	0,700
Proses	42	14	70	0,600
SDM	16	8	40	0,400
<i>Delivery</i>	37	14	75	0,493

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *leannes* tersebut, urutan dimensi dengan nilai *leannes* terendah adalah dimensi sumber daya manusia, *delivery*, proses, kualitas, dan *customer*.

4.3.1.4 Kombinasi Lean Assessment

Setelah mengetahui nilai *leanness* dari masing-masing pengukuran *quantitative lean assessment* dan *qualitative lean assessment*, kemudian akan dilakukan pengkombinasian terhadap nilai *leanness* untuk mendapatkan nilai *leanness* akhir dari kedua nilai *leanness* tersebut. Pengkombinasian nilai *leanness* pada penelitian ini hanya dilakukan pada dimensi kualitas, proses, pelanggan, sumber daya manusia, dan pengiriman. Untuk dimensi efektifitas waktu, biaya dan *inventory* hanya memperhitungkan nilai *leanness* secara kuantitatif karena pengukuran nilai *leanness* pada ketiga dimensi tersebut lebih efektif dengan menggunakan pengukuran kuantitatif. Kombinasi dari kedua pengukuran ini menggunakan metode Brown-Gibson dengan rumus (2.5), (2.6), dan (2.7) yang telah dijelaskan pada subbab 2.6. Terdapat tiga indeks preferensi yang digunakan pada penelitian ini, meliputi:

- $k = 0.4$, dimana nilai *leanness* pada *quantitative lean assessment* memiliki preferensi yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai *leanness* pada *qualitative lean assessment*
- $k = 0.5$, dimana nilai *leanness* pada *quantitative lean assessment* dan *qualitative lean assessment* memiliki preferensi yang sama,
- $k = 0.6$, dimana nilai *leanness* pada *quantitative lean assessment* memiliki preferensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *leanness* pada *qualitative lean assessment*.

Berdasarkan nilai *leanness* dari pengukuran *quantitative lean assessment* yang ditunjukkan pada Tabel 4.23 dan *qualitative lean assessment* yang ditunjukkan pada Tabel 4.24, dilakukan kombinasi *leanness* menggunakan indeks preferensi (k) yang telah ditentukan. Berikut merupakan hasil kombinasi *leanness* dari kedua pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.26 Kombinasi Lean Assessment

Dimensi	Kuantitatif	Kualitatif	PMi	PMi	PMi
			0,6 (Ofi) ; 0,4 (Sfi)	0,5 (Ofi) ; 0,5 (Sfi)	0,4 (Ofi) ; 0,6 (Sfi)
Kualitas	0,820	0,655	0,754	0,737	0,721

<i>Customer</i>	0,794	0,700	0,757	0,747	0,738
<i>Proses</i>	0,845	0,600	0,747	0,722	0,698
<i>SDM</i>	0,529	0,400	0,477	0,464	0,452
<i>Delivery</i>	0,589	0,493	0,551	0,541	0,531
<i>Average</i>			0,655861	0,64148	0,6270992

Keterangan :

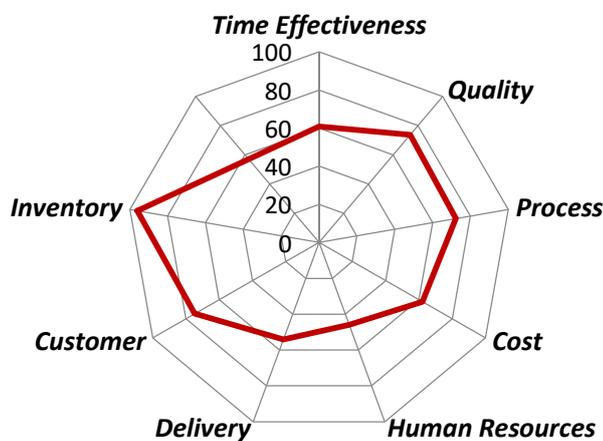
PMi : *Preference Measure Index*

Ofi : *Objective Factor Index*

Sfi : *Subjective Factor Index*

Dari hasil perhitungan kombinasi nilai *leanness quantitative lean assessment* dan *qualitative lean assessment*, dengan melakukan diskusi dengan pihak perusahaan dilakukan pengambilan nilai *leanness* dengan mempertimbangkan indeks preferensi (k) dimana masing-masing faktor memiliki bobot yang sama yaitu sebesar 0,5. Berikut merupakan *lean radar chart* dari hasil kombinasi lima dimensi *lean assessment* dan tiga dimensi hasil *quantitative lean assessment*.

Lean Radar Chart



Gambar 4.5 Lean Radar Chart

Berdasarkan hasil perhitungan keseluruhan dimensi *lean assessment* pada lini produksi *press forming*, diketahui *leanness* dari lini produksi *press forming* adalah sebesar 67,47. Urutan dimensi berdasarkan nilai terendah adalah dimensi

human resource, delivery, time effectiveness, cost, process, quality, customer dan inventory.

4.3.2 Identifikasi Waste Kritis dengan Borda Count Method (BCM)

Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi *waste* kritis dengan menggunakan *Borda Count Methodu* (BCM), penggunaan metode borda ini digunakan untuk mengetahui jenis *waste* kritis yang didapatkan dari penilaian masing-masing responden dalam kuesioner yang dibagikan. Kuesioner diberikan kepada Manager *Lean & Development, Supervisor Lean & Development* dan *Staf Lean & Development* di lini produksi *press forming*. Melalui kuesioner yang diberikan, para responden atau *expert* perusahaan diminta untuk memberikan nilai peringkat terhadap 9 jenis *waste* berdasarkan kondisi *real* di dalam proses produksi. Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari kuesioner yang telah diisi oleh *expert* terkait dengan lini produksi *press forming* di PT DI.

Tabel 4.27 Identifikasi Waste Kritis dengan Borda Count Method

No	Jenis Waste	Responden			Total Nilai Borda	Ranking
		1	2	3		
1	<i>Environmental, Health and Safety (EHS)</i>	8	7	8	4	8
2	<i>Defect</i>	7	8	7	5	7
3	<i>Overproduction</i>	9	9	9	0	9
4	<i>Waiting</i>	1	1	2	23	1
5	<i>Not Utilizing Employee's Knowledge, Skill, and Ability</i>	5	4	3	15	4
6	<i>Transportation</i>	3	2	4	18	3
7	<i>Inventory</i>	4	5	5	13	5
8	<i>Motion</i>	2	3	1	21	2
9	<i>Excessive Processing</i>	6	6	6	9	6

Keterangan :

- 1 : *Waste* yang memiliki frekuensi tertinggi dan dampak keparahan terbesar
- 9 : *Waste* yang memiliki frekuensi terendah dan dampak keparahan terkecil

Adapun contoh perhitungan dari nilai *Borda Count Method* (BCM) pada kategori *Environmental, Health, and Safety* (EHS) yang ditunjukkan pada Tabel 4.26 adalah sebagai berikut.

$$b_{EHS} = (9-8) + (9-7) + (9-8) = 4$$

Berdasarkan total nilai borda dan *ranking* yang telah ditunjukkan pada Tabel 4.26, diketahui urutan jenis *waste* dari yang paling kritis adalah *waiting, motion, transportation, not utilizing employe's knowledge, skill, and ability, inventory, excessive processing, defect* dan *environmental, health, and safety* (EHS).

BAB 5

ANALISIS DAN PENYUSUNAN RENCANA PERBAIKAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahap *analyze* dan *improve* berdasarkan *framework* DMAIC *Six Sigma*. Pada tahap *analyze* dilakukan analisis terhadap hasil *lean assessment*, pembangunan *root cause analysis* (RCA), dan menentukan prioritas sumber penyebab *waste* kritis dengan pendekatan analisis risiko. Sedangkan pada tahap *improve* akan dilakukan penyusunan rencana perbaikan berdasarkan hasil analisis risiko dengan menghitung nilai *net present value* (NPV) dari setiap alternatif perbaikan.

5.1 Tahap *Analyze*

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya serta pembangunan *root cause analysis* (RCA) untuk mengetahui akar penyebab permasalahan dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

5.1.1 Analisis Lean Assessment

Pengukuran terhadap implementasi lean (*lean assessment*) pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu secara kuantitatif dan kualitatif. Dimensi dan indikator pengukuran yang digunakan berdasarkan pada model yang telah dikembangkan dalam jurnal yang berjudul “*Criteria for Lean Organization: Development of a Lean Assessment Tool*” yang ditulis oleh Pakdil & Leonard (2014). Berdasarkan jurnal tersebut, terdapat delapan dimensi yang menjadi pengukuran *leanness* di lini produksi *press forming*, diantaranya adalah efektifitas waktu, kualitas, proses, biaya, sumber daya manusia, pengiriman, pelanggan dan *inventory*. Pengukuran yang dilakukan secara kuantitatif dilakukan dengan menggunakan delapan dimensi tersebut dan dilakukan modifikasi terhadap setiap indikator yang ada. Modifikasi ini dilakukan untuk menyesuaikan setiap indikator tersebut dengan kondisi dan data yang tersedia di perusahaan, dalam tahap modifikasi juga dilakukan diskusi dengan Manager *Lean & Development* dan Staf

Lean & Development yang bertanggungjawab di bagian *press forming* untuk mengembangkan indikator baru yang sesuai dengan dimensi dan jenis *waste* terkait yang tepat untuk diukur pada lini produksi *press forming*. Sedangkan pengukuran secara kualitatif dilakukan dengan menggunakan lima dimensi, yaitu kualitas, proses, sumber daya manusia, pengiriman dan pelanggan. Tiga dimensi yang tidak diukur secara kualitatif adalah dimensi efektifitas waktu, biaya dan *inventory*. Hal ini dilakukan sesuai dengan referensi jurnal terkait dan pihak manajemen perusahaan menilai bahwa pengukuran kuantitatif terhadap ketiga dimensi tersebut telah merepresentasikan kondisi sesungguhnya sesuai dengan kondisi *real* tanpa harus melakukan pengukuran secara kualitatif.

Berdasarkan kombinasi pengukuran yang telah dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif pada tahap *measure*, diketahui dimensi dengan nilai *leanness* terendah hingga tertinggi dengan skala 0-100 adalah dimensi sumber daya manusia, pengiriman, efektifitas waktu, biaya, proses, kualitas, pelanggan dan *inventory*. Menurut hasil diskusi dengan pihak perusahaan, terdapat tiga dimensi kritis yang memerlukan analisa lebih lanjut, yaitu dimensi sumber daya manusia, pengiriman, dan efektifitas waktu.

Dimensi sumber daya manusia memiliki nilai *leanness* terkecil, yaitu sebesar 46,4. Rendahnya nilai *leanness* pada dimensi ini didapatkan dari penilaian secara kuantitatif sebesar 52,9 dan kualitatif sebesar 40. Pada penilaian secara kuantitatif, dimensi ini memiliki nilai rendah yang disebabkan karena sedikitnya jumlah saran dengan total tenaga kerja, pada lini produksi *press forming* tahun 2016 terdapat total 65 saran yang telah terdata dari total keseluruhan jumlah pekerja sebanyak 720 pekerja. Hal ini dikarenakan tidak adanya tempat/media pengumpulan saran pada rantai produksi, sehingga saran hanya dari bagian strategis di lini produksi *press forming*. Selain itu, rasio jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam *lean* dan jumlah tim penyelesaian permasalahan dengan jumlah keseluruhan tenaga kerja juga menjadi penyebab rendahnya nilai pada indikator ini, jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam *lean* berjumlah 15 orang dan jumlah tim penyelesaian permasalahan berjumlah 15 orang dari keseluruhan pekerja sebanyak 720 orang. Hal ini menyebabkan informasi dan tujuan implementasi *lean* belum dapat dilakukan oleh keseluruhan pekerja dan dapat membuat implementasi *lean* di

lini produksi *press forming* menjadi tidak sesuai dengan telah direncanakan. Selain itu jumlah tim penyelesaian permasalahan yang sedikit menyebabkan saran, permasalahan maupun rekomendasi perbaikan yang telah diidentifikasi belum dapat secara penuh merepresentasikan permasalahan yang terjadi di rantai produksi. Pada penilaian secara kualitatif, diketahui beberapa indikator yang memiliki nilai rendah (1) diantaranya adalah belum adanya pelatihan lintas fungsi atau lintas departemen terhadap tenaga kerja, operator, dan supervisor, belum adanya rotasi pemimpin antar anggota tim, dan belum adanya hubungan antara perbaikan berkelanjutan dan kompensasi yang didapatkan. Hal ini tentunya belum sejalan dengan nilai-nilai dalam penerapan *lean* yaitu *continuous improvement* atau perbaikan yang berkelanjutan, hal ini sesuai dengan penilaian kuantitatif yaitu belum adanya pemahaman atau keterlibatan keseluruhan pekerja dalam implementasi *lean* menjadi permasalahan utama pada dimensi ini.

Dimensi pengiriman merupakan dimensi kedua yang memiliki nilai *leanness* terendah dengan nilai *leanness* sebesar 54,09. Penilaian ini didapatkan dari penilaian secara kuantitatif sebesar 58,9 dan kualitatif sebesar 49,3. Pada penilaian secara kuantitatif, dimensi ini memiliki nilai rendah yang disebabkan karena perbandingan antara waktu proses dengan *lead time* sangat tinggi, dimana keseluruhan waktu proses produksi hanya membutuhkan 2512,17 menit, sedangkan *lead time* produksi sebesar 18.844 menit. Selain itu tingginya *lead time* mempengaruhi jumlah produk yang selesai dengan tepat waktu (*on time delivery*) sesuai dengan penjadwalan atau target waktu yang telah direncanakan sesuai dengan SAP. Hal ini menjadi faktor utama rendahnya nilai *leanness* dari dimensi pengiriman / *delivery*. Pada pengukuran secara kualitatif, indikator yang memiliki nilai rendah (1) diantaranya adalah perusahaan belum membantu *supplier* untuk meningkatkan kualitas produk, perusahaan belum memiliki program perbaikan berkelanjutan yang melibatkan *supplier*, perusahaan belum melibatkan *supplier* dalam pengembangan produk baru, belum adanya program sertifikasi *supplier* secara formal, dan perusahaan belum fokus terhadap pengenalan produk baru karena keterlambatan dalam pembuatan produknya.

Dimensi efektifitas waktu menjadi dimensi ketiga yang memiliki nilai *leanness* terendah dengan nilai *leanness* sebesar 60,9. Hal ini disebabkan ole rata-

rata waktu *setup* yang melebihi standar yaitu sebesar 7,58 menit dari standar waktu *setup* sebesar 4 menit. Selain itu rata-rata *lead time* produksi yang tinggi sebesar 11,8 hari dengan standar sebesar 6,7 hari menandakan banyaknya aktivitas selain *value added* yang berdampak terhadap nilai efektifitas dan efisiensi waktu produksi. Kemudian rata-rata *on time delivery* per proses di lini produksi *press forming* sebesar 79% dari nilai standar sebesar 94% juga membuat nilai *leanness* pada dimensi ini menjadi rendah.

Berdasarkan hasil diskusi dengan pihak perusahaan dan analisa diatas, ketiga dimensi tersebut merupakan dimensi kritis yang perlu untuk dilakukan perbaikan, menurut pihak perusahaan, terdapat hubungan antar ketiga dimensi tersebut, diantaranya adalah *human resource* atau sumber daya manusia yang berhubungan langsung dengan proses produksi, yang pada akhirnya mempengaruhi pengiriman produk dan berdampak pada efektifitas waktu. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap penyebab permasalahan untuk mengetahui akar penyebab rendahnya nilai *leanness* dari ketiga dimensi tersebut.

5.1.2 Analisis Value Stream Mapping

Penggambaran *value stream mapping* dilakukan dengan mengidentifikasi aliran fisik (material) dan aliran informasi. Aliran fisik yang menjadi objek penelitian dalam penelitian ini yaitu proses produksi dari komponen *stringer*. Pemilihan komponen ini sebagai objek penelitian berdasarkan jumlah keseluruhan komponen yang di produksi di lini produksi *press forming* selama tahun 2016, produksi komponen *stringer* mencapai 45% atau sebanyak 20.850 unit. Sehingga perbaikan yang dilakukan dengan memperbaiki komponen *stringer* diharapkan dapat menjadi masukan bagi jenis komponen lainnya di lini produksi *press forming*. Komponen *stringer* diproduksi dengan menggunakan *raw material* berupa lembaran logam aluminum paragon. Terdapat lima proses utama pada lini produksi *press forming*, yaitu proses *router*, *fitter for router*, *rubber press*, *fitter for rubber press*, dan *quality assessment*. Sedangkan aliran informasi yang ada pada *value stream mapping* dimulai dari *demand customer* hingga produk dikirim kepada *customer*.

Berdasarkan *value stream mapping* kondisi eksisting perusahaan, dapat dilihat bahwa terdapat indikasi *waste* yang terjadi di beberapa proses produksi komponen *stringer*. Hal ini dapat dilihat dari tingginya *production lead time* yang mencapai 18.844 menit, sedangkan *value added time* hanya membutuhkan waktu 2512,17 menit atau hanya 13,33% dari keseluruhan waktu produksi. Pada VSM tersebut dapat diketahui aktivitas yang mengakibatkan *production lead time* menjadi tinggi adalah aktivitas menunggu antar proses, pada Tabel 4.12 telah dilakukan identifikasi *waste* pada VSM, terdapat aktivitas menunggu pada setiap proses yang termasuk kedalam *non value added activity*. Aktivitas menunggu ini termasuk kedalam jenis *waste waiting*. Diketahui dengan adanya *waiting* ini juga mengakibatkan tingginya produk *work in process* dan *inventory* yang dibutuhkan. Selain itu terdapat aktivitas *necessary but non value added* yaitu *quality assessment*. Aktivitas ini tergolong kedalam jenis *waste motion* karena tidak memberikan *value added* kepada produk, selain itu dengan melihat *activity classification* dan observasi langsung di rantai produksi pada proses *quality assessment*, diketahui bahwa inspeksi yang dilakukan pada proses ini adalah 100% *inspection*, hal ini mengakibatkan lamanya waktu yang dibutuhkan jika dibandingkan dengan jumlah produk per tahun yang dihasilkan pada lini produksi *press forming* untuk komponen *stringer*.

Selain itu, dengan melihat hasil *activity classification* terhadap lima proses produksi komponen *stringer* di lini produksi *press forming* dapat diketahui terdapat aktivitas *value added* sebesar 20%, *necessary but non value added* sebesar 58%, dan *non value added* sebesar 22%. Aktivitas selain *value added* tersebut mengindikasikan adanya *waste* yang terjadi selama proses produksi, diantaranya adalah *waste transportation* sebanyak 13 aktivitas (36%) dan *waste motion* sebanyak 23 aktivitas (64%). Hal ini tentunya memberikan dampak terhadap lamanya waktu produksi pada setiap proses di lini produksi *press forming*. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap penyebab permasalahan untuk mengetahui akar penyebab terjadinya *waste* tersebut.

5.1.3 Analisis Waste Kritis Berdasarkan Lean Assessment, Value Stream Mapping dan Borda Count Method

Berdasarkan hasil *lean assessment*, penggambaran *value stream mapping* dan *activity classification* sesuai dengan kondisi eksisting di lini produksi *press forming*, dilakukan identifikasi *waste* kritis dengan menggunakan *borda count method* (BCM). Identifikasi *waste* kritis dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada tiga responden, yaitu *Manager Lean & Development*, *Supervisor Lean & Development*, dan *Staf Lean & Development* di lini produksi *press forming*. Pada kuesioner yang diberikan, ditampilkan hasil *lean assessment* dan *value stream mapping* beserta *activity classification* sebagai gambaran kondisi eksisting dan bahan pertimbangan *expert* dalam menentukan *waste* kritis.

Pada hasil *lean assessment*, diketahui tiga dimensi kritis yaitu *human resource*, *delivery*, dan *time effectiveness*. Masing-masing dimensi tersebut merepresentasikan jenis *waste* yang terdapat dalam konsep *lean manufacturing* yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hubungan Dimensi *Lean Assessment* dengan *Waste*

Dimensi	Pemborosan (<i>Waste</i>)	Keterangan
Sumber Daya Manusia	<i>Over Motion Environmental, Health and Safety (EHS) Not Utilizing Employee;s Knowledge, Skill, and Ability</i>	Menunjukkan strategi manajemen sumber daya manusia yang dilakukan perusahaan dalam upaya mengoptimalkan kemampuan dan keahlian sumber daya untuk melakukan aktivitas operasional perusahaan termasuk aktivitas tata cara kerja dari pekerja
Pengiriman	<i>Over Handling (Transportation)</i>	Menunjukkan performansi pengiriman dan keandalan pengiriman yang dilakukan oleh perusahaan, baik dalam lingkup internal maupun eksternal untuk dapat mereduksi biaya dan <i>lead time</i>
Efektifitas Waktu	<i>Waiting Time</i>	Menunjukkan penggunaan waktu yang tersedia untuk dapat menghasilkan <i>output</i> sesuai dengan yang ditargetkan. Efektifitas waktu yang tinggi menunjukkan waktu yang tersedia digunakan secara optimal dan waktu tunggu yang singkat

Berdasarkan hasil diskusi dengan *Staf Lean & Development* dan data yang tersedia, diketahui jenis *waste Environmental Health and Safety* dan *not utilizing employee's Knowledge, Skill, and Ability* tidak terjadi dan tidak memiliki dampak yang signifikan pada lini produksi *press forming*, hal ini dikarenakan tidak adanya

kecelakaan kerja selama tahun 2016 dan keseluruhan operator memiliki latar belakang yang sesuai dengan pekerjaan mereka yaitu lulusan SMK permesinan. Sehingga hasil pengukuran *lean assessment* didapatkan tiga jenis *waste*, yaitu *over motion*, *over handling (transportation)*, dan *waiting time*.

Kemudian dalam penggambaran *value stream mapping* (VSM), diketahui terdapat indikasi *waste* yang terjadi, diantaranya adalah adanya aktivitas terhadap komponen *stringer* untuk menunggu di antara suatu proses sebelum dikerjakan pada proses berikutnya yang termasuk kedalam jenis *waste waiting*. Selain itu juga terdapat aktivitas *quality assessment* untuk melakukan 100% inspeksi terhadap komponen *stringer* yang termasuk kedalam jenis *waste motion*. Setelah itu dilakukan *activity classification* untuk mengetahui aktivitas yang terjadi pada setiap proses di lini produksi *press forming*, melalui *activity classification* dapat diketahui terdapat 9 (20%) aktivitas *value added*, 26 (58%) aktivitas *necessary but non value added*, dan 10 (22%) aktivitas *non value added*. Pada aktivitas selain *value added* ini terdapat 13 (36%) *waste transportation* dan 23 (64%) *waste motion*. Sehingga secara keseluruhan melalui VSM dan *activity classification*, dapat diketahui terdapat tiga jenis *waste* yang terjadi, yaitu *waste waiting*, *transportation*, dan *motion*.

Setelah dilakukan *lean assessment* dan penggambaran *value stream mapping* beserta *activity classification*, dilakukan penentuan *waste* kritis dengan melibatkan *expert* di perusahaan dalam memilih *waste* yang paling memiliki dampak di lini produksi *press forming*. Berdasarkan hasil kuesioner identifikasi *waste* kritis dengan *borda count method* yang ditunjukkan pada subbab 4.2.2, diketahui bahwa *waste* kritis yang perlu untuk ditangani pada lini produksi *press forming* adalah *waiting*, *motion*, dan *transportation*. Hasil ini sesuai dengan identifikasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *lean assessment* dan *value stream mapping* yang menunjukkan bahwa ketiga jenis *waste* tersebut terdapat di lini produksi *press forming* sebagai aktivitas NNVA dan NVA.

Pada *waste waiting* yang diidentifikasi dengan VSM dan observasi di lantai produksi, diketahui terjadi diantar setiap proses *router*, *fitter for router*, *rubber press*, *fitter for rubber pres* dan *quality assessment*. Aktivitas menunggu ini menyebabkan *production lead time* menjadi sangat tinggi jika dibandingkan dengan

value added time atau sebesar 86,67% (16331 menit) dari keseluruhan *lead time* produksi (18844 menit) merupakan aktivitas menunggu. Aktivitas menunggu ini diantaranya disebabkan oleh adanya ketidakseimbangan antara jumlah mesin, pekerja, dan *workorder* yang ada, terdapat produk prioritas yang mengakibatkan produk yang sedang dikerjakan saat ini (WIP) menjadi terhenti dan menunggu untuk dikerjakan karena harus menyelesaikan produk prioritas terlebih dahulu, menunggu *handling* antar proses yang lama karena hanya terdapat 2 operator *handling* untuk keseluruhan rantai produksi, menunggu operator membersihkan *tool* sebelum melakukan operasi, dan menunggu operator membuat program ulang untuk setiap *workorder* di setiap operasinya. Aktivitas-aktivitas tersebut masing-masing memberikan dampak yang signifikan terhadap *waste waiting* yang ada di lini produksi *press forming*.

Pada *waste motion* yang diidentifikasi dengan VSM, *activity classification* dan observasi di rantai produksi, diketahui terjadi pada setiap proses yang ada. Diantaranya adalah aktivitas *scan barcode* yang dilakukan pada setiap *workorder* secara repetitif menghasilkan waktu yang lama apabila waktu tersebut dijumlahkan dengan jumlah keseluruhan *workorder*. Selain itu aktivitas mengambil dan menaruh material atau produk WIP ke rak penyimpanan yang dilakukan oleh operator yang sama dengan operator pada proses produksi di setiap prosesnya menyebabkan adanya aktivitas tambahan dan gerakan berlebih yang sebaiknya dihindari karena tergolong kedalam *non value added activity*. Kemudian aktivitas membuat program dan pembersihan *tool* yang dilakukan oleh operator pada proses *router* dan *rubber press* menyebabkan adanya gerakan tambahan bagi operator tersebut yang juga menyebabkan *waste* lainnya seperti *waiting*. Selain itu, pada proses *quality assessment* dilakukan 100% inspeksi terhadap komponen *stringer*, hal ini menyebabkan adanya gerakan yang berlebihan karena tidak harus melakukan inspeksi terhadap keseluruhan komponen *stringer* yang diproduksi di lini produksi *press forming*.

Pada *waste transportation* yang telah diidentifikasi menggunakan *activity classification* dan observasi di rantai produksi yaitu banyaknya aktivitas operator dalam mengambil dan menaruh komponen WIP, selain itu jumlah operator

handling dengan *material handling* yang terbatas (2 operator) untuk keseluruhan rantai produksi dirasa tidak sebanding dengan jumlah produk yang ada.

5.1.4 Pembangunan Root Cause Analysis (RCA)

Setelah melakukan identifikasi *waste* kritis pada bagian sebelumnya, akan dilakukan pembangunan *root cause analysis* untuk mencari akar penyebab permasalahan dari *waste* kritis tersebut. Pembangunan RCA ini akan dilakukan dengan menggunakan metode 5 *whys*. Akar permasalahan didapatkan dengan menanyakan ke setiap penyebab dengan pertanyaan mengapa sampai diketahui akar permasalahan yang menyebabkan *waste* tersebut terjadi. Pembangunan RCA dilakukan pada dimensi *lean* yang kritis dan *waste* kritis yang telah diidentifikasi sebelumnya dengan menggunakan *value stream mapping* dan *activity classification*.

5.1.4.1 RCA Lean Assessment

Pembangunan RCA dilakukan berdasarkan hasil *lean assessment* dengan dimensi *lean* yang kritis. Berdasarkan hasil analisis pada bagian sebelumnya, diketahui dimensi *lean* yang kritis yaitu dimensi sumber daya manusia, pengiriman, dan efektifitas waktu. Sehingga pembangunan RCA dilakukan untuk mengetahui akar penyebab kritisnya dimensi *lean* tersebut. Tabel 5.2 menampilkan RCA dari dimensi *lean* yang kritis berdasarkan *lean assessment*.

Tabel 5.2 RCA Lean Assessment

Dimensi	Indikator	Akar Penyebab Permasalahan
<i>Human Resource</i>	Rasio jumlah saran dengan total tenaga kerja	Tidak adanya media yang memudahkan pekerja untuk menyampaikan saran / permasalahan
	Rasio jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam <i>lean</i> dengan jumlah tenaga kerja	Belum melibatkan operator secara langsung dan hanya mengandalkan data yang ada di SAP / sistem
	Rasio jumlah tim penyelesaian permasalahan dengan total tenaga kerja	Belum melibatkan operator secara langsung dan hanya mengandalkan data yang ada di SAP / sistem
<i>Delivery</i>	Rasio waktu proses dengan <i>lead time</i>	Tidak seimbangny mesin, operator, <i>material handling</i> terhadap order yang ada

Tabel 5.2 RCA Lean Assessment

Dimensi	Indikator	Akar Penyebab Permasalahan
<i>Waiting</i>	Rata-rata <i>lead time</i> produksi	Tidak seimbangnya mesin, operator, <i>material handling</i> terhadap <i>workorder</i> yang ada

Tabel 5.2 diatas menunjukkan hasil identifikasi akar penyebab permasalahan yang terjadi pada *lean assessment* yang telah dilakukan. Pembangunan RCA dilakukan hingga menemukan penyebab terakhir dari permasalahan hingga mencapai pertanyaan ke-5 (5 *whys*). Detail dari proses pembangunan RCA menggunakan metode 5 *whys* dapat dilihat pada Lampiran. Akar penyebab dari masing-masing *waste* yang terjadi akan menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan penyusunan rencana perbaikan yang akan dikembangkan dan dilakukan analisis risiko pada subbab berikutnya.

5.1.4.2 RCA Value Stream Mapping & Activity Classification

Pembangunan RCA pada bagian ini berdasarkan hasil *value stream mapping* dan *activity classification* yang telah dilakukan. Diketahui, dengan melihat hasil *value stream mapping* dan *activity classification* sebagai preferensi dalam pemilihan *waste* kritis dengan *borda count method* yang dilakukan, terdapat tiga *waste* kritis, yaitu *waiting*, *motion*, dan *transportation*. Sehingga pembangunan RCA dilakukan untuk mengetahui akar penyebab terhadap ketiga *waste* tersebut. Berikut merupakan RCA untuk ketiga jenis *waste* tersebut.

Tabel 5. 3 RCA VSM & Activity Classification

Waste	Sub Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why4	Why 5
Waiting	Waktu tunggu komponen <i>stringer</i> / material untuk dikerjakan diantara setiap proses	Mesin / operator belum siap untuk mengerjakan <i>workorder</i> tersebut	Banyaknya <i>workorder</i> yang ada	Ketidakeimbangan antara <i>workorder</i> dengan jumlah mesin	NA	NA
	Produk jadi hasil setiap proses menunggu <i>material handling</i> untuk diantar kepada proses berikutnya	Menunggu availabilitas operator dan <i>material handling</i> untuk memindahkan	Banyaknya produk yang harus di pindahkan	Hanya terdapat 2 operator dan <i>material handling</i> untuk keseluruhan lantai produksi	Ketidakeimbangan antara jumlah <i>material handling</i> terhadap <i>workorder</i> yang ada	NA
	Produk WIP menunggu untuk dikerjakan / diselesaikan kembali	Perencanaan yang kurang baik	Terdapat produk prioritas yang harus segera untuk dikerjakan	Pekerja terbiasa jika ada produk yang dibutuhkan dalam waktu dekat, dikerjakan mendahului produk yang sedang dikerjakan	Budaya pekerja yang kurang tegas dalam melakukan perencanaan dan menentukan produk yang dibuat	Tidak adanya SOP dalam perencanaan pembuatan produk, jika suatu produk dibutuhkan, langsung di produksi
Motion	Aktivitas <i>scan barcode</i> yang repetitif terhadap keseluruhan <i>workorder</i>	Karena dibutuhkan data waktu pengerjaan setiap <i>workorder</i> menggunakan <i>barcode</i>	Karena tidak ada pencatatan waktu secara otomatis oleh mesin / operator khusus pada setiap operasi	NA	NA	NA
	Aktivitas pembuatan program pada setiap <i>workorder</i> yang dikerjakan oleh operator proses <i>router</i>	Belum adanya program untuk melakukan operasi terhadap <i>workorder</i> tersebut	Operator belum membuat program	Tidak adanya operator khusus untuk membuat program untuk setiap <i>workorder</i>	NA	NA

Tabel 5. 3 RCA VSM & Activity Classification

Waste	Sub Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why4	Why 5
	Aktivitas pembersihan <i>tool</i> pada setiap operasi di proses <i>rubber press</i>	<i>Tool</i> belum siap	<i>Tool</i> belum bersih	<i>Tool</i> tidak dibersihkan setelah digunakan	Tidak adanya operator / penanggungjawab khusus terhadap kebersihan <i>tool</i>	NA
	Inspeksi produk jadi memakan waktu yang lama	Dilakukan inspeksi 100%	Belum adanya standar <i>sampling</i> dalam melakukan inspeksi terhadap jumlah produk yang ada	NA	NA	NA
Transportation	Aktivitas mengambil material dan menaruh produk jadi ke rak yang repetitif pada setiap <i>workorder</i>	Dilakukan oleh operator yang melakukan operasi pada proses tersebut	Tidak adanya operator khusus untuk mengambil dan menaruh produk	NA	NA	NA
	Lamanya pengiriman produk diantara setiap proses	Menunggu availabilitas operator dan <i>material handling</i> untuk memindahkan	Banyaknya produk yang harus dipindahkan	Hanya terdapat 2 operator dan material handling untuk keseluruhan lantai produksi	ketidakseimbangan antara jumlah <i>material handling</i> terhadap <i>workorder</i> yang ada	NA

Melalui Tabel 5.3 diketahui akar permasalahan dari setiap *sub waste* yang telah diidentifikasi. Pada *waste waiting*, *sub waste* pertama yaitu terdapat waktu tunggu terhadap komponen *stringer* untuk dikerjakan diantara setiap proses yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara jumlah *workorder* yang ada dengan jumlah mesin yang ada. *Sub waste* kedua adalah terdapat waktu tunggu terhadap produk yang telah selesai pada suatu proses karena menunggu *material handling* untuk menuju proses berikutnya yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara jumlah *material handling* terhadap jumlah *workorder* yang ada. *Sub waste* ketiga adalah produk yang sedang dikerjakan (*work in process/WIP*) menunggu untuk diselesaikan karena terdapat *workorder* prioritas harus segera untuk diselesaikan sehingga membuat produk yang saat ini sedang dikerjakan menjadi tertunda, hal ini disebabkan oleh tidak adanya SOP dalam perencanaan produksi / pembuatan produk, sehingga jika terdapat suatu produk yang dibutuhkan, dapat langsung di produksi.

Pada *waste motion*, *sub waste* pertama pada *waste* ini adalah adanya aktivitas operator secara repetitif melakukan *scan* barcode per *workorder* yang dikerjakan sebelum memulai proses dan setelah melakukan proses tersebut, hal ini disebabkan oleh tidak adanya pencatatan waktu secara otomatis oleh mesin / operator khusus pada setiap operasinya. *Sub waste* kedua adalah adanya aktivitas pembuatan program untuk melakukan operasi *router* yang harus dibuat untuk setiap *workorder*, hal ini disebabkan oleh tidak adanya operator khusus untuk membuat program, sehingga pekerjaan ini diberikan kepada operator di proses *router*. *Sub waste* ketiga adalah adanya aktivitas pembersihan terhadap *tool* oleh operator yang dilakukan setiap sebelum operasi pada proses *rubber press* dilakukan, hal ini disebabkan oleh tidak adanya operator khusus yang bertanggungjawab untuk membersihkan *tool* tersebut, sehingga pekerjaan ini diberikan kepada operator di proses *rubber press*. *Sub waste* keempat adalah adanya aktivitas inspeksi yang dilakukan pada proses *quality assessment*, pada proses ini inspeksi terhadap komponen *stringer* dilakukan 100%, hal ini dikarenakan belum adanya standar *sampling* dalam melakukan inspeksi terhadap jumlah produk yang ada.

Pada *waste transportation*, *sub waste* pertama adalah adanya aktivitas mengambil dan menaruh kembali material/produk saat sebelum dan sesudah dikerjakan dari meja kerja yang dilakukan oleh operator pada proses tersebut untuk setiap *workorder*, hal ini disebabkan karena tidak adanya operator khusus untuk mengambil dan menaruh material/produk tersebut. *Sub waste* kedua adalah lamanya pengiriman produk diantara setiap proses, hal ini disebabkan karena adanya ketidakseimbangan antara jumlah *material handling* dengan jumlah *workorder*.

5.1.5 Analisis Penentuan Prioritas Sumber Penyebab Waste Kritis dengan Menggunakan Pendekatan Analisis Risiko

Setelah didapatkan akar penyebab permasalahan pada tiap *waste* kritis dengan menggunakan *tools* dari RCA yaitu 5 *whys*, selanjutnya akan dilakukan prioritas terhadap sumber penyebab *waste* kritis yang akan di perbaiki terlebih dahulu yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis risiko. Pada penelitian tugas akhir ini, prioritas sumber penyebab *waste* kritis ditentukan oleh seberapa sering sumber penyebab *waste* terjadi (*likelihood*) dan dikalikan dengan dampak yang disebabkan (*consequences*). Berikut merupakan hasil identifikasi yang terhadap jenis *waste* yang terjadi, akar penyebab permasalahan dan dampak yang disebabkan untuk melakukan pendekatan analisa risiko.

Tabel 5. 4 Identifikasi akar penyebab dan dampak setiap *waste* kritis

<i>Waste</i>	Kode <i>Waste</i>	Akar Penyebab	Dampak
<i>Human Resource</i>	R1	Tidak adanya media yang memudahkan pekerja untuk menyampaikan saran / permasalahan	Kurangnya saran / permasalahan terhadap proses produksi dari pekerja
	R2	Belum melibatkan operator secara langsung dan hanya mengandalkan data yang ada di SAP / sistem	Perbaikan yang dilakukan hanya berdasarkan data di SAP tidak memperbaiki hingga ke sumber permasalahan yang ada di rantai produksi
<i>Waiting</i>	R3	Ketidakseimbangan antara <i>workorder</i> dengan jumlah mesin	Banyaknya produk yang menunggu untuk dikerjakan

Tabel 5. 4 Identifikasi akar penyebab dan dampak setiap waste kritis

<i>Waste</i>	<i>Kode Waste</i>	<i>Akar Penyebab</i>	<i>Dampak</i>
	R4	Ketidakseimbangan <i>workorder</i> dengan jumlah <i>material handling</i>	Produk yang telah selesai tidak langsung dikerjakan pada proses berikutnya karena menunggu untuk dikirim
	R5	Tidak adanya SOP dalam perencanaan produksi, jika suatu produk dibutuhkan, langsung di produksi	Banyaknya produk prioritas yang dikerjakan mendahului produk yang saat ini dikerjakan (WIP)
<i>Motion</i>	R6	Tidak ada pencatatan waktu secara otomatis oleh mesin / operator khusus pada setiap operasi	Operator harus melakukan <i>scan barcode</i> terhadap produk saat sebelum dan sesudah operasi untuk semua <i>workorder</i>
	R7	Tidak adanya operator khusus untuk membuat program pengoperasian mesin untuk setiap <i>workorder</i>	Operator <i>router</i> harus membuat program untuk setiap <i>workorder</i> dan material menunggu untuk dikerjakan (operasi tidak berjalan)
	R8	Tidak adanya operator / penanggungjawab khusus terhadap kebersihan tool	Operator <i>rubber press</i> harus membersihkan <i>tool</i> setiap sebelum operasi dan material menunggu untuk dikerjakan (operasi tidak berjalan)
	R9	Belum adanya standar <i>sampling</i> dalam melakukan inspeksi terhadap jumlah produk yang ada	Inspeksi 100% terhadap keseluruhan produk
<i>Transportation</i>	R10	Tidak adanya operator khusus untuk mengambil dan menaruh produk	Banyaknya gerakan yang berlebih terhadap operator untuk mengambil dan menaruh produk

Pada Tabel 5.4 dilakukan identifikasi terhadap sumber penyebab dan dampak yang dihasilkan pada setiap jenis *waste* kritis. Pada Tabel 5.4 Tersebut juga dilakukan penggabungan antara dimensi atau *waste* kritis yang memiliki akar penyebab yang sama sehingga diketahui terdapat 10 kode *waste* atau akar penyebab. Selanjutnya adalah melakukan pengukuran terhadap peluang (*likelihood*) dan dampak (*consequences*) pada setiap dimensi dan *waste* kritis. Berikut merupakan kriteria (Anityasari dan Wessiani, 2011) yang telah dimodifikasi sesuai dengan kondisi di lini produksi *press forming* untuk melakukan

penilaian terhadap peluang dan dampak yang dihasilkan dari setiap dimensi dan *waste* kritis.

Tabel 5.4 Kriteria Likelihood Waste Kritis Waiting, Motion, dan Transportation

Nilai	Likelihood	Possibility of occurrence	Description
1	Rare	Possibility of occurrence less than 5%	Lebih dari 30 hari sekali
2	Unlikely	Possibility of occurrence between 5%-25%	Diantara 14-30 hari sekali
3	Possible	Possibility of occurrence between 25%-50%	Diantara 7-14 hari sekali
4	Likely	Possibility of occurrence between 50%-75%	Diantara 3-7 hari sekali
5	Almost Certain	Possibility of occurrence more than 75%	Setiap Hari

Pada tabel 5.5 telah diidentifikasi kriteria terhadap peluang (*likelihood*) pada jenis *waste* kritis *waiting*, *motion*, dan *transportation*. Nilai dari setiap kriteria tersebut berdasarkan peluang terjadi dari sumber penyebab *waste* kritis. Berikut merupakan dampak yang dihasilkan dari setiap *waste* kritis.

Tabel 5.5 Consequences Waste Kritis Waiting

Nilai	Consequences	Description
1	Insignificant	Menyebabkan waktu tunggu <1 jam
2	Minor	Menyebabkan waktu tunggu 1-5 jam
3	Moderate	Menyebabkan waktu tunggu 5-8 jam
4	Major	Menyebabkan waktu tunggu lebih dari 1 hari
5	Catastropic	Menyebabkan waktu tunggu >3 hari dan <7 hari

Pada Tabel 5.6, dampak yang dihasilkan dari *waste waiting* diukur berdasarkan jumlah waktu tunggu yang dihasilkan dari setiap *sub waste* yang ada.

Tabel 5.6 Consequences Waste Kritis Motion

Nilai	Consequences	Description
1	Insignificant	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 1-30 menit
2	Minor	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 30 menit-1 jam
3	Moderate	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 1-3 jam
4	Major	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 3-5 jam
5	Catastropic	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 5-8 jam

Pada Tabel 5.7, dampak yang dihasilkan dari *waste motion* diukur berdasarkan jumlah waktu yang dihasilkan dari adanya gerakan tambahan dari setiap *sub waste* yang ada.

Tabel 5. 7 Consequences Waste Kritis Transportation

Nilai	Consequences	Description
1	<i>Insignificant</i>	Menyebabkan penambahan waktu 1-30 menit
2	<i>Minor</i>	Menyebabkan penambahan waktu 30 menit-1 jam
3	<i>Moderate</i>	Menyebabkan penambahan waktu 1-3 jam
4	<i>Major</i>	Menyebabkan penambahan waktu 3-5 jam
5	<i>Catastropic</i>	Menyebabkan penambahan waktu 5-8 jam

Pada Tabel 5.8, dampak yang dihasilkan dari *waste transportation* diukur berdasarkan jumlah penambahan waktu yang dihasilkan dari setiap *sub waste* yang ada.

Tabel 5. 8 Consequences Waste Kritis Human Resource

Nilai	Consequences	Description
1	<i>Insignificant</i>	Tidak mempengaruhi proses produksi secara langsung
2	<i>Minor</i>	Menyebabkan permasalahan ringan (30-1jam) pada proses produksi
3	<i>Moderate</i>	Menyebabkan permasalahan sedang (1-5jam) pada proses produksi
4	<i>Major</i>	Menyebabkan permasalahan berat (>5 jam) pada proses produksi
5	<i>Catastropic</i>	Menyebabkan proses produksi berhenti total

Pada Tabel 5.9, dampak yang dihasilkan dari *waste human resources* diukur berdasarkan pengaruh terhadap proses produksi yang dihasilkan dari setiap *sub waste* yang ada.

Setelah skala *likelihood* dan *consequences* pada setiap *waste* kritis telah ditetapkan, langkah selanjutnya adalah membagikan kuesioner pendekatan analisis risiko yang bertujuan untuk mengetahui klasifikasi *risk rating* yang terjadi pada setiap akar permasalahan. Dalam penelitian ini disebarakan kuesioner kepada *expert* yaitu *Staf Lean & Development* di lini produksi *press forming*. Berikut merupakan

hasil rekap kuesioner analisis risiko dari setiap akar permasalahan yang telah diidentifikasi yang ditampilkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 9 Hasil Kuesioner Analisis Risiko Terhadap Akar Penyebab Permasalahan

Kode Risiko	Akar Penyebab	Dampak	Nilai Likelihood	Nilai Consequence	Nilai Risiko	Rating
R1	Tidak adanya media yang memudahkan pekerja untuk menyampaikan saran / permasalahan	Kurangnya saran / permasalahan terhadap proses produksi dari pekerja	5	1	5	High
R2	Belum melibatkan operator secara langsung dan hanya mengandalkan data yang ada di SAP / sistem	Perbaikan yang dilakukan hanya berdasarkan data di SAP tidak memperbaiki hingga ke sumber permasalahan yang ada di lantai produksi	5	1	5	High
R3	Ketidakseimbangan antara <i>workorder</i> dengan jumlah mesin	Banyaknya produk yang menunggu untuk dikerjakan	5	4	20	Extreme
R4	Ketidakseimbangan <i>workorder</i> dengan jumlah <i>material handling</i>	Produk yang telah selesai tidak langsung dikerjakan pada proses berikutnya karena menunggu untuk dikirim	5	4	20	Extreme
R5	Tidak adanya SOP dalam perencanaan produksi, jika suatu produk dibutuhkan, langsung di produksi	Banyaknya produk prioritas yang dikerjakan mendahului produk yang saat ini dikerjakan (WIP)	4	3	12	High

Tabel 5. 9 Hasil Kuesioner Analisis Risiko Terhadap Akar Penyebab Permasalahan

Kode Risiko	Akar Penyebab	Dampak	Nilai Likelihood	Nilai Consequence	Nilai Risiko	Rating
R6	Tidak ada pencatatan waktu secara otomatis oleh mesin / operator khusus pada setiap operasi	Operator harus melakukan <i>scan barcode</i> terhadap produk saat sebelum dan sesudah operasi untuk semua <i>workorder</i>	5	1	5	High
R7	Tidak adanya operator khusus untuk membuat program pengoperasian mesin untuk setiap <i>workorder</i>	Operator <i>router</i> harus membuat program untuk setiap <i>workorder</i> dan material menunggu untuk dikerjakan (operasi tidak berjalan)	5	2	10	High
R8	Tidak adanya operator / penanggungjawab khusus terhadap kebersihan tool	Operator <i>rubber press</i> harus membersihkan <i>tool</i> setiap sebelum operasi dan material menunggu untuk dikerjakan (operasi tidak berjalan)	5	1	5	High
R9	Belum adanya standar <i>sampling</i> dalam melakukan inspeksi terhadap jumlah produk yang ada	Inspeksi 100% terhadap keseluruhan produk	5	3	15	Extreme
R10	Tidak adanya operator khusus untuk mengambil dan menaruh produk	Banyaknya gerakan yang berlebih terhadap operator untuk mengambil dan menaruh produk	5	2	10	High

Dari hasil kuesioner penentuan *rating* untuk setiap akar permasalahan yang ditunjukkan pada Tabel 5.10, didapatkan tiga akar permasalahan yang termasuk *extreme* dan tujuh permasalahan yang termasuk *high*. Nilai risiko didapatkan dari hasil perkalian nilai *likelihood* dan nilai *consequences*. Akar permasalahan yang termasuk kedalam *extreme* adalah R1, R2, dan R9. Sedangkan akar permasalahan yang termasuk kedalam *high* adalah R3, R4, R5, R6, R7, R8, R10 dan R11. Berikut merupakan penyusunan peta risiko berdasarkan nilai *rating* dari setiap akar permasalahan yang telah diidentifikasi.

Tabel 5. 10 Pemetaan Akar Penyebab *Waste* Kritis

<i>Likelihood</i>	Almost Certain	5	R1, R2, R6, R8	R7, R10		R3, R4, R9	
	Likely	4			R5		
	Possible	3					
	Unlikely	2					
	Rare	1					
			1	2	3	4	5
			<i>Insignificant</i>	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>	<i>Catastrophic</i>
			Consequences				
Keterangan:			<i>Extreme Risk</i>	<i>High Risk</i>	<i>Moderate Risk</i>	<i>Low Risk</i>	

Pada Tabel 5.11 ditampilkan hasil pemetaan terhadap setiap akar permasalahan yang ada, akar permasalahan dengan nilai *rating* tertinggi dan berada pada bagian *extreme* akan dipilih untuk dibuat alternatif rekomendasi perbaikan. Hal ini dilakukan dengan melihat Tabel 2.9 pada subbab 2.9 bahwa kategori *rating extreme* menyatakan bahwa permasalahan tersebut membutuhkan perbaikan dengan waktu yang sesingkat-singkatnya (*Immediate action required*).

5.2 Tahap *Improve*

Pada tahap *improve* akan dilakukan perbaikan terhadap sumber penyebab *waste* kritis yang menjadi prioritas dalam tahap perbaikan. Tahap *improve* terdiri

dari penyusunan rencana perbaikan berdasarkan hasil Analisis Risiko dan menghitung nilai Net Present Value (NPV) dari setiap alternatif perbaikan.

5.2.1 Analisa Alternatif Perbaikan

Setelah dilakukan pemetaan terhadap setiap sumber penyebab permasalahan yang ada, diketahui nilai sumber penyebab permasalahan yang memiliki nilai *risk rating* tertinggi dan berada pada kategori *extreme risk*, yaitu sumber permasalahan dengan kode risiko R3, R4 dan R9. Tahap berikutnya adalah penyusunan alternatif perbaikan untuk setiap sumber penyebab permasalahan yang telah ditentukan berdasarkan pemetaan sumber penyebab *waste* kritis pada subbab 5.1.5. Berikut merupakan alternatif perbaikan dari setiap sumber penyebab permasalahan.

Tabel 5. 11 Alternatif Perbaikan dari Sumber Penyebab Permasalahan

Kode Risiko	Akar Penyebab	Dampak	Alternatif Perbaikan
R3	Ketidakseimbangan antara <i>workorder</i> dengan jumlah mesin	Banyaknya produk yang menunggu untuk dikerjakan	Penentuan jumlah mesin optimal
R4	Ketidakseimbangan antara jumlah <i>material handling</i> terhadap <i>workorder</i> yang ada	Produk yang telah selesai tidak langsung dikerjakan pada proses berikutnya karena menunggu untuk dikirim	Penentuan jumlah <i>material handling</i>
R9	Belum adanya standar <i>sampling</i> dalam melakukan inspeksi terhadap jumlah produk yang ada	Inspeksi 100% terhadap keseluruhan produk	Perancangan jumlah minimum <i>sample</i> yang di inspeksi per <i>batch</i>

Pada Tabel 5.12 diketahui terdapat tiga alternatif perbaikan yang diberikan untuk menyelesaikan masing-masing sumber penyebab permasalahan yang telah dipilih. Rekomendasi tersebut diantaranya adalah dengan menentukan jumlah mesin optimal, menentukan jumlah *material handling* yang optimal dan perancangan jumlah minimum *sample* yang di inspeksi per unit produk.

5.3 Penyelesaian Permasalahan

Pada tahap ini akan dilakukan penyusunan terhadap alternatif perbaikan yang telah direncanakan pada subbab 5.2.1. Berikut merupakan alternatif perbaikan

dari masing-masing sumber penyebab permasalahan hasil pemetaan menggunakan pendekatan analisis risiko.

5.3.1 Penentuan Jumlah Mesin dan Operator

Pada penyelesaian permasalahan ini dilakukan dengan menentukan jumlah mesin yang optimal pada proses produksi di lini produksi *press forming* untuk menyelesaikan sumber permasalahan *waste* kritis R3. Pada alternatif perbaikan ini diharapkan dapat menentukan jumlah mesin untuk dapat memenuhi permintaan produksi yang telah direncanakan, menentukan banyaknya tenaga kerja yang dibutuhkan, dan menentukan penjadwalan *shift* yang optimal di lini produksi *press forming*. Sehingga jumlah mesin, operator, dan *shift* yang ada sesuai dengan permintaan / *workorder* yang telah ditentukan dan dipesan oleh *customer*. Hal ini dilakukan karena pada perencanaan produksi tahun 2019 telah direncanakan sebanyak 79.440 unit produk dengan realisasi produksi sejumlah 45.962 unit produk. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan jumlah mesin dan operator ini adalah sebagai berikut (Groover, 2007):

1. Menentukan jumlah produksi per tahun di lini produksi *press forming*,
2. Menentukan jumlah kuantitas produk yang di produksi per *batch*,
3. Menentukan jumlah *batch* yang diperlukan,
4. Menentukan lama waktu proses produksi setiap proses per *batch*,
5. Menentukan availabilitas waktu yang tersedia per *batch*,
6. Menentukan total waktu yang dibutuhkan untuk produksi per tahun,
7. Menentukan *theoretical machine* / operator yang dibutuhkan,
8. Menentukan mesin / operator yang dibutuhkan (*roundup*).

Berikut merupakan rencana jumlah produksi di lini produksi *press forming* selama tahun 2016.

Tabel 5. 12 Rencana produksi produk di lini produksi *press forming*

Rencana Produksi di lini produksi <i>press forming</i>	Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
		6951	6289	6951	5958	6620	5627
		Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember

		6951	6951	6620	7282	7282	5958
--	--	------	------	------	------	------	------

Sumber: (Dirgantara Indonesia, 2017)

Pada Tabel 5.13 ditampilkan rencana jumlah produk yang di produksi pada tahun 2016 di lini produksi *press forming*. Diketahui jumlah keseluruhan rencana produksi pada tahun 2016 adalah sebanyak 79.440 unit. Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan jumlah mesin dan operator di lini produksi *press forming*.

a) Total unit/parts yang di produksi di lini produksi *press forming* per tahun

$$n_{pf} = PQn_p \dots \dots \dots (5.1)$$

Dimana:

- n_{pf} = Total unit/parts yang di produksi per tahun
- P = Jumlah tipe/variasi produk
- Q = Jumlah unit yang di produksi per tahun
- n_p = Jumlah komponen per unit

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

- P = 1 (*stringer*)
- Q = 79.440 unit
- n_p = 1
- n_{pf} = 1 x 79.440 x 1 = 79.440 unit / tahun

Tabel 5. 13 Jumlah part yang di produksi di lini produksi *press forming*

No	Process	Part Produced/Year (unit)
1	<i>Router</i>	79440
2	<i>Fitter for Router</i>	79440
3	<i>Rubber Press</i>	79440
4	<i>Fitter for Rubber Press</i>	79440
5	<i>QA</i>	79440

Sumber: (Dirgantara Indonesia, 2017)

b) Jumlah *batch* yang dibutuhkan per tahun

$$n_{bn} = \frac{PQnp}{nb} \dots\dots\dots(5.2)$$

Dimana:

nb = Jumlah unit yang di produksi per *batch*

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

nb = 43 unit / *batch*

$n_{bn} = \frac{79.440}{43} = 1.845$ *batch* / tahun

Tabel 5. 14 Kebutuhan jumlah *batch* / tahun

No	Process	Quantity/Year (unit)	Quantity/Batch	Batch Needed
1	Router	79440	43	1847
2	Fitter for Router	79440	43	1847
3	Rubber Press	79440	42	1891
4	Fitter for Rubber Press	79440	41	1938
5	QA	79440	41	1938

c) Jumlah jam kerja yang dibutuhkan per proses per tahun

$$Total\ time = n_{bn} Op_t \dots\dots\dots(5.3)$$

Dimana:

Total time = Jumlah jam kerja yang dibutuhkan per tahun

Op_t = Waktu operasi per *batch*

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

Op_t = 180 Menit (3 Jam)

Total Time = 1.847 x 3 = 5.542 Jam / Tahun

Tabel 5. 15 Kebutuhan Jam Kerja per proses per tahun

No	Process	Time / Process (hour)	Total Time Needed (hour/)
1	Router	3,0	5542
2	Fitter for Router	6,7	12316
3	Rubber Press	7,7	14501
4	Fitter for Rubber Press	24,0	46501

5	QA	25,7	49731
---	----	------	-------

d) Jumlah jam kerja yang tersedia per proses per tahun

$$Available\ time = Total\ Shift \times Machine\ Hour/Shift \times days/year \dots\dots (5.4)$$

Dimana:

Available time = Jumlah jam kerja yang tersedia per proses per tahun

Total Shift = Jumlah *shift* kerja per proses per hari

Machine Hour/Shift = Jumlah jam kerja mesin/operator per *shift*

Days/year = Jumlah hari kerja tersedia per tahun

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

$$Total\ Shift = 2\ shift$$

$$Machine\ Hour/Shift = 5\ hours$$

$$Days/year = 260\ days$$

$$Available\ time = 2 \times 5 \times 260 = 2600\ hour / tahun$$

Tabel 5. 16 Jumlah jam kerja tersedia per proses per tahun

No	Process	Shift	Operation Machine Time (hour)	Total Available Time (Machine/Worker) (hour)
1	Router	2	5	2600
2	Fitter for Router	2	5	2600
3	Rubber Press	1	6	1560
4	Fitter for Rubber Press	1	7	1820
5	QA	1	7	1820

e) Jumlah kebutuhan mesin per proses per tahun

$$n_m = \frac{Total\ Time}{Available\ Time} \dots\dots\dots (5.5)$$

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

$$Total\ Time = 5.542\ hour / tahun$$

$$Available\ time = 2600\ hour / tahun$$

$$n_m = \frac{5542}{2600} = 2,13\ mesin \sim 3\ mesin\ (roundup)$$

Tabel 5. 17 Jumlah kebutuhan mesin dan operator per proses

<i>No</i>	<i>Process</i>	<i>Total Time</i>	<i>AT</i>	<i>Theoretical Total Machine / Worker</i>	<i>Roundup Machine / Worker</i>	<i>Actual Machine / Worker In Factory</i>	<i>Status</i>
1	<i>Router</i>	5542	2600	2,13	3	2	Kurang 1
2	<i>Fitter for Router</i>	12316	2600	4,73	5	7	Lebih 2
3	<i>Rubber Press</i>	14501	1560	9,29	10	2	Kurang 8
4	<i>Fitter for Rubber Press</i>	46501	1820	25,55	26	25	Kurang 1
5	<i>QA</i>	49731	1820	27,32	28	2	Kurang 26

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah mesin dan operator yang optimal sesuai dengan kebutuhan jumlah produksi yang ada pada Tabel 5.18, diketahui kebutuhan jumlah mesin pada proses *router* sebanyak 3 unit, operator pada proses *fitter for router* sebanyak 5 orang, mesin pada proses *rubber press* sebanyak 10 unit, operator para proses *fitter for router* sebanyak 26 orang, dan operator pada proses QA sebanyak 28 orang. Diketahui proses yang masih belum memiliki jumlah mesin dan operator sesuai dengan kebutuhan adalah pada proses *router* kurang 1 mesin, pada proses *rubber press* kurang 8 mesin, operator pada proses *fitter for rubber press* kurang 1 orang, dan operator untuk QA kurang 26 orang. Sedangkan jumlah operator pada proses *fitter for router* diketahui sudah memenuhi kebutuhan produksi namun memiliki jumlah yang lebih dari jumlah optimal sebanyak 2 orang.

Pada alternatif perbaikan ini diberikan dua alternatif, yang pertama adalah penambahan jumlah mesin dan operator sesuai dengan jumlah optimal yang dibutuhkan, dan yang kedua adalah penambahan jumlah *shift* pada proses *rubber press* dan proses QA karena memiliki kekurangan jumlah mesin dan operator yang sangat besar jika dibandingkan dengan proses *router* dan *fitter for router*. Berikut merupakan jumlah kebutuhan mesin dan operator apabila pada proses *rubber press* dan QA memiliki 2 *shift* kerja.

Tabel 5. 18 Jumlah kebutuhan mesin dan operator per proses alternatif penambahan *shift*

<i>No</i>	<i>Process</i>	<i>Total Time</i>	<i>AT</i>	<i>Theoretical Total Machine / Worker</i>	<i>Roundup Machine / Worker</i>	<i>Actual Machine / Worker In Factory</i>	<i>Status</i>
1	<i>Router</i>	5542	2600	2,13	3	2	Kurang 1
2	<i>Fitter for Router</i>	12316	2600	4,74	5	7	Lebih 2
3	<i>Rubber Press</i>	14501	3120	4,65	5	2	Kurang 3
4	<i>Fitter for Rubber Press</i>	46501	1820	25,55	26	25	Kurang 1
5	<i>QA</i>	49731	3640	13,66	14	2	Kurang 12

Pada Tabel 5.19 dengan melakukan penambahan jumlah *shift* kerja pada proses *rubber press* dan QA diketahui dapat mengurangi jumlah kebutuhan mesin dan operator yang dibutuhkan, walaupun pada proses *rubber press* masih memiliki kekurangan sebanyak 3 mesin dan pada proses QA masih memiliki kekurangan sebanyak 12 operator, alternatif penambahan *shift* ini dapat mengurangi jumlah kebutuhan mesin dan operator yang dibutuhkan.

Selain itu, pada proses QA akan dilakukan penyusunan alternatif perbaikan pada tahap berikutnya untuk dapat mengurangi waktu proses yang dibutuhkan dengan tidak melakukan 100% inspeksi, sehingga akan mengurangi waktu proses yang dibutuhkan dan mengurangi jumlah operator yang dibutuhkan pada proses tersebut.

5.3.2 Penentuan Jumlah Material Handling

Pada penyelesaian permasalahan ini dilakukan penentuan jumlah *material handling* yang optimal sesuai dengan kondisi di lini produksi *press forming* untuk menyelesaikan sumber permasalahan *waste* kritis R4. Dengan menghitung jumlah kebutuhan *material handling* diharapkan akan mengurangi *waiting time* dari aktivitas menunggu terhadap produk yang telah selesai untuk dikirimkan diantara setiap proses dengan waktu tunggu hingga 4945 menit atau mencapai 10,3 hari. Hal ini di akibatkan oleh sedikitnya jumlah operator *handling* (2 orang) untuk

keseluruhan rantai produksi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan jumlah *material handling* adalah sebagai berikut (Groover, 2007):

1. Menentukan T_c atau waktu *delivery cycle time (min/del)*,
2. Menentukan *Available Time (min/hr per vehicle)*,
3. Menentukan *Workload*,
4. Menentukan *Number of carriers required* atau jumlah *material handling* yang dibutuhkan.

Berikut merupakan jarak antar proses di lini produksi *press forming*.

Tabel 5. 19 Jarak antar proses di lini produksi *press forming*

JARAK ANTAR PROSES (METER)					
<i>From /To</i>	1	2	3	4	5
1		24,8	63,55	75,95	141,05
2	24,8		38,75	51,15	130,2
3	63,55	38,75		12,4	105,4
4	75,95	51,15	12,4		93
5	141,05	130,2	105,4	93	

Berikut merupakan rumus yang digunakan beserta perhitungan yang dilakukan untuk menentukan jumlah *material handling* di lini produksi *press forming*.

a) *Delivery cycle time*

$$T_c = T_L + \frac{L_d}{V_c} + T_u + \frac{L_e}{V_e} \dots \dots \dots (5.6)$$

Dimana:

T_c = *Delivery cycle time (min/del)*

T_L = *Time to load at load station (min)*

L_d = *Distance the vehicle travels between load and unload station (m)*

V_c = *carrier velocity (m/min)*

T_u = *Time to unload at unload station (min)*

L_e = *Distance the vehicle travels empty until the start of the next delivery cycle (m)*

V_e = *carrier empty velocity (m/min)*

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

$$T_L = 5 \text{ (min)}$$

$$L_d = 38,75 \text{ (m)}$$

$$V_c = 30 \text{ (m/min)}$$

$$T_u = 8 \text{ (min)}$$

$$L_e = 38,75 \text{ (m)}$$

$$V_e = 50 \text{ (m/min)}$$

$$T_c = 5 + \frac{38,75}{30} + 8 + \frac{38,75}{50} = 15,06666667 \text{ (min / delivery)}$$

Di lini produksi *press forming*, penggunaan *material handling* terdapat pada perpindahan produk dari proses *fitter for router* ke *rubber press* dan *fitter for rubber press* ke *QA*

Tabel 5. 20 Delivery Cycle Time

Process	TC						
	TL	LD	VC	TU	LE	VE	TC
<i>Fitter for Router – Rubber Press</i>	5	38,75	30	8	38,75	50	15,07
<i>Fitter for rubber press- QA</i>	8	93	30	12	93	50	24,96

b) *Available time*

$$AT = 60 \times A \times T_f \times E \dots\dots\dots(5.7)$$

Dimana:

$$AT = \text{Available Time (min/hr per vehicle)}$$

$$A = \text{Availability}$$

$$T_f = \text{Traffic Factor}$$

$$E = \text{Worker Efficiency}$$

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

$$A = 0,2$$

$$T_f = 0,8$$

$$E = 0,9$$

$$AT = 60 \times 0,2 \times 0,8 \times 0,9 = 8,64$$

Tabel 5. 21 Delivery Available Time

Process	AT			
	A	T	E	AT
<i>Fitter for Router – Rubber Press</i>	0,2	0,8	0,9	8,64
<i>Fitter for rubber press- QA</i>	0,2	0,8	0,9	8,64

c) *Workload per vehicle*

$$WL = R_f T_c \dots \dots \dots (5.8)$$

Dimana:

$$R_f = \text{Total Delivery / hour}$$

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

$$R_f = 3x \text{ delivery / shift (8hour)} = 126 / 8 = 16 \text{ unit / hour}$$

$$WL = 16 x 15 = 237$$

Tabel 5. 22 Delivery Workload

Process	WL		
	RT	TC	WL
<i>Fitter for Router – Rubber Press</i>	16	15	237
<i>Fitter for rubber press- QA</i>	16	25	393

d) *Number of Carriers Required*

$$n_c = \frac{WL}{AT} \dots \dots \dots (5.9)$$

Contoh perhitungan, diketahui pada lini produksi *press forming* pada proses *router*:

$$WL = 237$$

$$AT = 8,64$$

$$n_c = 27,46 \sim 28$$

Tabel 5. 23 Number of Material Handling Required

Process	NC	Roundup	Actual MH	Status
<i>Fitter for Router – Rubber Press</i>	27,4	28	2	Kurang 26
<i>Fitter for rubber press- QA</i>	45,5	46	2	Kurang 44

Tabel 5.24 menunjukkan hasil perhitungan jumlah *material handling* optimal diantara proses *fitter for router* menuju *rubber press* dan *fitter for rubber press* menuju *QA*. Pada perhitungan tersebut dibutuhkan masing-masing sebanyak 28 unit *hand truck* dan 46 unit *hand truck*. Dengan melihat kondisi aktual di lini produksi *press forming* saat ini, diketahui pada proses *fitter for router* menuju *rubber press* masih membutuhkan *material handling* sebanyak 26 unit dan pada proses *fitter for rubber press* menuju *QA* membutuhkan *material handling* sebanyak 44 unit. Jumlah kebutuhan *material handling* yang cukup banyak ini sangat dipengaruhi oleh *availability* terhadap masing-masing proses. Dengan meningkatkan *availability* diantara proses tersebut, akan dapat mengurangi jumlah *material handling* yang dibutuhkan. Berikut merupakan rasio peningkatan *availability* dari *material handling* terhadap jumlah penambahan *material handling* dengan persamaan:

$$A = \frac{WL}{nc \times 60 \times T \times E} \dots\dots\dots(5.10)$$

Tabel 5. 24 Rasio Availability Terhadap Jumlah Material Handling

<i>Process</i>	NC	WL	T	E	A
<i>Fitter for Router – Rubber Press</i>	27,4	237,3	0,8	0,9	0,2
	20	237,3	0,8	0,9	0,274652778
	15	237,3	0,8	0,9	0,366203704
	10	237,3	0,8	0,9	0,549305556
	8	237,3	0,8	0,9	0,686631944
	6	237,3	0,8	0,9	0,915509259
<i>Fitter for rubber press- QA</i>	45,5	393,12	0,8	0,9	0,2
	40	393,12	0,8	0,9	0,2275
	30	393,12	0,8	0,9	0,303333333
	20	393,12	0,8	0,9	0,455
	15	393,12	0,8	0,9	0,606666667
	10	393,12	0,8	0,9	0,91

Berdasarkan Tabel 5.25 diketahui jumlah *material handling* yang dibutuhkan akan semakin sedikit apabila *availability* semakin besar. Peningkatan *availability* di lini produksi *press forming* dapat dilakukan dengan pengadaan *handling* yang hanya beroperasi di proses tersebut saja. Saat ini digunakan

availability sebesar 0,2 karena banyaknya pekerjaan *handling* yang harus dilakukan oleh operator *handling* tidak hanya di salah satu proses, namun juga di proses lain. Dengan fokus terhadap *handling* disetiap proses tentunya akan meningkatkan *availability*. Sehingga jumlah *material handling* pada setiap prosesnya akan sesuai dengan beban kerja yang ada.

5.3.3 Penentuan Jumlah Sampling pada Proses Inspeksi (QA)

Pada penyelesaian permasalahan ini dilakukan penentuan jumlah *sampling* yang dilakukan pada proses *Quality Assessment (QA)* di lini produksi *press forming* untuk memperbaiki akar penyebab R9. Hal ini dilakukan untuk mengurangi *cycle time* atau waktu proses inspeksi yang dilakukan. Saat ini, pada proses QA dilakukan 100% inspeksi terhadap komponen *stringer* yang tentunya membutuhkan waktu dan biaya yang tinggi. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi dengan pihak perusahaan, 100% inspeksi dilakukan karena tidak adanya standar dalam menentukan jumlah *sample* yang diambil untuk dapat menentukan *lot/batch* tersebut diterima. Walaupun komponen pesawat terbang memiliki sifat yang sangat sensitif dan harus diperiksa secara detail, komponen *stringer* merupakan jenis komponen yang sudah biasa di produksi oleh pekerja, sehingga pekerja sudah mengetahui bagian-bagian penting untuk pembuatan komponen *stringer*. Hal ini membuat *defect rate* dari komponen *stringer* lebih kecil dibandingkan dengan komponen lainnya yaitu sebesar 0,12%.

Sampling penerimaan dalam komponen *stringer* digunakan karena beberapa alasan, diantaranya adalah :

- a) Dalam pembuatan komponen *stringer* sudah melewati dua tahapan inspeksi yang dilakukan oleh operator dengan melakukan pengecekan dan perbaikan langsung terhadap produk yaitu pada proses *fitter for router* dan *fitter for rubber press* sehingga produk yang diterima oleh bagian QA sudah dalam kondisi baik.
- b) Populasi / *lot / batch* dari komponen *stringer* bervariasi dimulai dari puluhan hingga ratusan.
- c) Jumlah tenaga kerja yang sedikit untuk proses inspeksi (2 orang).

- d) Inspeksi secara manual dan dilakukan 100% dapat menimbulkan adanya kelelahan dan bosan sehingga dapat mempengaruhi operator dalam melakukan proses *screening product* dan penerimaan terhadap produk yang diinspeksi.

Dalam melakukan *sampling* penerimaan di lini produksi *press forming*, digunakan langkah *sampling* sesuai dengan *military standard* 105E (ANS/ASQC ZI,4,ISO 2859). Penggunaan konsep *military standard* ini dilakukan karena kemudahan untuk dimengerti dan dilaksanakan oleh operator karena produk yang diterima oleh operator memiliki jumlah yang beragam (tidak pasti). Berikut merupakan prosedur dalam melakukan inspeksi dengan konsep *military standard*.

1. Menetapkan nilai AQL (*Acceptance Quality Level*), persentase *defective* minimum. Dalam penelitian ini, nilai AQL menggunakan pertimbangan perencanaan *Dodge Romig sampling AQL-Oriented* yaitu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.26

Tabel 5. 25 AQL Standard

<i>AQL</i>	<i>Defective Parts per Million</i>
10%	100.000
1%	10.000
0,1%	1.000
0,01%	100
0,001%	10
0,0001%	1

(Sumber: Montgomery, 2009)

2. Menentukan level inspeksi (level I, level II, dan level III) level II digunakan apabila proses dan tingkat kesalahan produk dalam kondisi normal, level I digunakan apabila proses dan tingkat kesalahan produk lebih baik atau diatas kondisi normal, dan level III digunakan apabila proses dan tingkat kesalahan produk dibawah atau melebihi kondisi normal.
3. Menentukan jumlah *batch / lot size* dari jumlah produk yang akan diinspeksi.
4. Menentukan kode huruf pada tabel *military standard* sesuai dengan Tabel 5.27 dibawah ini.

Tabel 5. 26 Kode Huruf *Sample Size Military Standard*

<i>Lot or Batch Size</i>	<i>General Inspection Levels</i>		
	I	II	III
2 to 8	A	A	B
9 to 15	A	B	C
16 to 25	B	C	D
26 to 50	C	D	E
51 to 90	C	E	F
91 to 150	D	F	G
151 to 280	E	G	H
281 to 500	F	H	J
501 to 1200	G	J	K
1201 to 3200	H	K	L
3201 to 10000	J	L	M
10001 to 35000	K	M	N
35001 to 150000	L	N	P
150001 to 500000	M	P	Q
500001 <i>and over</i>	N	Q	R

- Menentukan jumlah *normal inspection* dan *reduction inspection* yang akan digunakan berdasarkan tabel *military standard* untuk mengetahui nilai sampel yang harus diambil (n), nilai penerimaan (c) dan nilai penolakan (r) yang ditunjukkan pada Lampiran.

Setelah mengetahui prosedur dalam menentukan jumlah sampel yang diambil menggunakan konsep *military standard*, akan ditentukan nilai sampel yang diambil (n), nilai penerimaan (n), dan nilai penolakan (c) dari *batch* yang ada di lini produksi *press forming*. Berikut merupakan tahapan dalam menentukan setiap nilai tersebut berdasarkan prosedur yang ada:

- Dengan melihat Tabel 5.26 dan membandingkan dengan jumlah produk *defect* di lini produksi *press forming* per tahunnya, diperoleh nilai AQL sebesar 0,1%.
- Level inspeksi yang akan digunakan adalah level II dengan mengasumsikan proses berjalan secara normal.
- Jumlah *batch* yang akan diinspeksi di lini produksi *press forming* sebesar 42 unit.

Pada Tabel 5.28 diketahui dengan menggunakan metode 100% inspeksi, waktu yang dibutuhkan adalah sebanyak 69,96 menit, sedangkan dengan menggunakan metode *sampling*, waktu yang dibutuhkan hanya 14,99 menit. Sehingga jika dibandingkan dengan waktu yang sama (69,96) menit, jumlah produk yang dapat di inspeksi menjadi lebih banyak dengan menggunakan metode *sampling*. Terdapat penghematan waktu yang dilakukan dengan melakukan alternatif perbaikan metode *sampling* dalam proses *quality assessment* sebesar 78,57% (54,97 menit).

5.4 Perhitungan *Net Present Value* (NPV)

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai perhitungan nilai *net present value* (NPV) terhadap alternatif penambahan jumlah mesin, operator, dan *material handling*. Pada alternatif perhitungan jumlah *sampling* tidak dilakukan perhitungan NPV, hal ini dikarenakan tidak adanya investasi yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan alternatif perbaikan ini. Perhitungan NPV dilakukan untuk mengukur kelayakan dari pelaksanaan setiap alternatif perbaikan secara ekonomi. Apabila nilai NPV yang dihasilkan memiliki nilai positif ($NPV > 0$), maka secara ekonomi alternatif tersebut layak untuk dilaksanakan. Namun jika nilai NPV yang dihasilkan memiliki nilai negatif ($NPV < 0$), maka secara ekonomi alternatif perbaikan tersebut tidak layak untuk dilaksanakan. Perhitungan nilai NPV dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.9) pada subbab 2.10. Dalam perhitungan nilai NPV, jangka waktu yang digunakan adalah selama 10 tahun dan dengan nilai inflasi sesuai dengan Tabel 5.29 setiap tahunnya. Berikut merupakan perhitungan nilai NPV dari setiap alternatif perbaikan.

Tabel 5. 28 Nilai *forecast* inflasi pada tahun 2017 hingga 2026

Tahun	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inflasi	4,63 %	4,61 %	4,59 %	4,57 %	4,56 %	4,56 %	4,55 %	4,55 %	4,55 %	4,55 %

(Sumber: OECD *long term forecast*, 2017)

5.4.1 Perhitungan NPV Penentuan Jumlah Mesin dan Operator

Perhitungan nilai NPV pada penentuan jumlah mesin dan operator mempertimbangkan beberapa hal dalam menentukan *cash flow* pengeluaran dan penerimaan. Diantaranya adalah :

1. Harga mesin yang digunakan pada proses *router* dan *rubber press*,
2. Biaya / Gaji operator dalam satu tahun,
3. Jumlah mesin dan operator optimal yang dibutuhkan.

Nilai pendapatan didapatkan berdasarkan selisih antara jumlah rencana produksi pada tahun 2016 (79.440 unit) dengan realisasi jumlah produksi pada tahun 2016 (59.142 unit) di lini produksi *press forming*. Selisih tersebut memiliki jumlah sebesar 20.298 unit. Selisih ini dikalikan dengan harga produk per unit (\$49) yang menjadi pendapatan setiap tahunnya dengan mempertimbangkan nilai inflasi. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan nilai NPV pada alternatif penambahan jumlah mesin dan operator sesuai dengan Tabel 5.18. Tabel perhitungan secara menyeluruh dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 5. 29 Hasil perhitungan nilai NPV penambahan jumlah mesin dan operator

No	Process	Jumlah kebutuhan mesin/operator	NPV
1	<i>Router</i>	Kurang 1 mesin	\$1.082.228
2	<i>Fitter for Router</i>	Lebih 2 operator	
3	<i>Rubber Press</i>	Kurang 8 mesin	
4	<i>Fitter for Rubber Press</i>	Kurang 1 operator	
5	<i>QA</i>	Kurang 26 operator	

Berdasarkan Tabel 5.30 diketahui bahwa alternatif perbaikan dengan penambahan jumlah mesin, penambahan jumlah operator, dan pengurangan jumlah operator di lini produksi *press forming* secara ekonomi layak untuk dilakukan. Dengan melihat jumlah kebutuhan mesin dan operator pada Tabel 5.29, dapat dilihat pada proses *rubber press* dan QA membutuhkan jumlah mesin dan operator yang cukup banyak yaitu 8 mesin dan 26 operator. Jumlah mesin dan operator yang cukup banyak ini tentunya memiliki dampak lainnya diantaranya adalah kebutuhan tempat pada area produksi yang terbatas. Permasalahan ini diminimalisir dengan mencari alternatif untuk mengurangi jumlah mesin yang dibutuhkan yaitu dengan

menambah jumlah *shift* kerja pada proses *rubber press* dan QA menjadi 2 *shift*. Berikut merupakan perhitungan nilai NPV penambahan jumlah mesin dengan 2 *shift* pada proses *rubber press* dan QA.

Tabel 5. 30 Hasil perhitungan nilai NPV penambahan jumlah mesin dan operator dengan perubahan *shift*

No	Process	Status	NPV
1	Router	Kurang 1	\$1.464.423
2	Fitter for Router	Lebih 2	
3	Rubber Press	Kurang 3	
4	Fitter for Rubber Press	Kurang 1	
5	QA	Kurang 12	

Berdasarkan perhitungan nilai NPV pada Tabel 5.30 dan 5.31, diketahui kedua alternatif tersebut memiliki nilai $NPV > 0$ (positif) sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua alternatif tersebut layak secara ekonomi. Dalam pemilihan alternatif yang dilakukan, dipilih alternatif penambahan jumlah mesin dan operator dengan perubahan *shift* karena memiliki nilai NPV yang lebih besar jika dibandingkan dengan alternatif pertama.

5.4.2 Perhitungan NPV Penentuan Jumlah Material Handling

Perhitungan nilai NPV pada penentuan jumlah *material handling* mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya adalah :

1. Harga *material handling*,
2. Biaya / Gaji operator dalam satu tahun,
3. Jumlah *material handling* optimal yang dibutuhkan.

Nilai pendapatan didapatkan berdasarkan *inventory cost* yang direduksi dalam satu tahun. Berdasarkan hasil diskusi dengan pihak perusahaan, di dapatkan nilai *inventory cost* sebesar 14% dari total harga produk. Nilai *inventory cost* ini akan dikalikan dengan jumlah unit produk yang di kirim setiap harinya dalam satu tahun. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan nilai NPV pada alternatif perhitungan jumlah *material handling* sesuai dengan Tabel 5.24. Tabel perhitungan secara menyeluruh dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 5. 31 Hasil perhitungan nilai NPV penambahan jumlah *material handling*

<i>Process</i>	Jumlah <i>material handling</i> yang dibutuhkan	NPV
<i>Fitter for router – Rubber Press</i>	26	-\$598.996
<i>Fitter for rubber press- QA</i>	44	

Pada Tabel 5.32 diketahui bahwa penambahan jumlah *material handling* dengan jumlah tersebut memiliki nilai NPV<0 (negatif). Sehingga alternatif ini dapat secara ekonomi tidak layak untuk dilakukan. Hal ini karena banyaknya *material handling* yang dibutuhkan berbanding lurus dengan kebutuhan operator *handling* yang dibutuhkan sehingga biaya gaji operator per tahun menjadi tinggi. Dalam alternatif perbaikan penambahan jumlah *material handling*, terdapat beberapa alternatif, diantaranya adalah dengan meningkatkan *availability* dari *material handling* tersebut yang fokus hanya terhadap satu proses. Peningkatan nilai *availability* ini tentunya memiliki dampak terhadap jumlah penambahan *material handling* yang dibutuhkan. Berikut merupakan perhitungan nilai NPV dengan *availability* sebesar 70% atau 0,7.

Tabel 5.32 Perhitungan nilai NPV alternatif perbaikan penambahan jumlah *material handling* dengan *availability* 0,7

<i>Process</i>	Jumlah <i>material handling</i> yang dibutuhkan	NPV
<i>Fitter for router – Rubber Press</i>	8	\$2.705
<i>Fitter for rubber press- QA</i>	15	

Dengan melihat nilai NPV pada Tabel 5.33 diketahui dengan meningkatkan *availability* akan menghasilkan jumlah *material handling* yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit. Hal ini membuat nilai NPV>0 sehingga secara ekonomi alternatif perbaikan penambahan jumlah *material handling* yang dibutuhkan dengan nilai *availability* diatas 0,7 layak untuk dilakukan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari pelaksanaan penelitian ini:

1. Terdapat delapan dimensi yang digunakan pada *lean assessment* meliputi dimensi efektivitas waktu, kualitas, proses, biaya, sumber daya manusia, pengiriman, pelanggan, dan *inventory*. Kedelapan dimensi tersebut dinilai secara kuantitatif dan hanya lima dimensi yang dinilai secara kualitatif yaitu dimensi kualitas, proses, sumber daya manusia, pengiriman dan pelanggan. Dimensi *lean assessment* yang kritis adalah dimensi sumber daya manusia dengan nilai *leanness* 46,4, dimensi pengiriman dengan nilai *leanness* 54,1 dan dimensi efektivitas waktu dengan nilai *leanness* 60,8. Skala nilai *leanness* yang digunakan berada pada skala 0-100.
2. Berdasarkan hasil identifikasi dengan menggunakan *lean assessment*, *value stream mapping*, *activity classification* dan pengolahan data kuesioner *waste* kritis dengan menggunakan *borda count method*, dapat diketahui terdapat 3 *waste* kritis yang ditemukan di lini produksi *press forming*, yakni *waiting*, *motion*, dan *transportation*.
3. Akar permasalahan terjadinya *waste waiting* diantaranya adalah ketidakseimbangan antara jumlah mesin, operator, dan *material handling* dengan jumlah *workorder*. Kemudian akar permasalahan terjadinya *waste motion* diantaranya adalah tidak adanya pencatatan waktu secara otomatis selama proses produksi berlangsung, tidak adanya operator khusus untuk pembuatan program pengoperasian mesin *router*, tidak adanya penanggungjawab terhadap kebersihan *tool* yang digunakan untuk proses *rubber press* dan tidak adanya standar pengambilan *sampling* dalam

melakukan inspeksi. Selanjutnya akar permasalahan terjadinya *waste transportation* diantaranya adalah tidak adanya operator khusus untuk mengambil dan menaruh produk dan ketidakseimbangan antara jumlah *material handling* terhadap *workorder* yang ada.

4. Rekomendasi perbaikan yang dipilih untuk dapat meminimalisir akar permasalahan dari *waste* kritis yang ditentukan dari hasil pendekatan analisa risiko diantaranya adalah penentuan jumlah mesin, operator, dan *material handling* yang sesuai dengan kondisi di lini produksi *press forming* serta perhitungan jumlah *sampling* dalam proses inspeksi yang dilakukan. Berdasarkan perhitungan nilai NPV yang dilakukan terhadap setiap alternatif perbaikan, diketahui kelayakan secara ekonomi dari setiap alternatif perbaikan untuk dilakukan. Pada alternatif perbaikan pertama dihasilkan nilai NPV sebesar \$1.464.423 dengan penambahan jumlah mesin *router* sebanyak 1 unit, mengurangi jumlah operator proses *fitter for router* sebanyak 2 orang, penambahan jumlah mesin *rubber press* sebanyak 3 unit dan perubahan jumlah *shift* kerja menjadi 2 *shift*, penambahan jumlah operator pada proses *fitter for rubber press* sebanyak 1 orang dan perubahan jumlah *shift* kerja menjadi 2 *shift*, dan penambahan operator pada proses QA sebanyak 12 orang. Pada alternatif perbaikan kedua dihasilkan nilai NPV sebesar \$2.705 dengan penambahan jumlah *material handling* diantara proses *fitter for router* dan *rubber press* sebanyak 8 unit dan diantara proses *fitter for rubber press* dan QA sebanyak 15 unit dengan nilai *availability* dari *material handling* 0,7. Alternatif perbaikan berikutnya dihasilkan jumlah *sampling* yang diambil dalam 1 *batch* sebanyak 8 unit menghasilkan penghematan waktu proses inspeksi sebesar 78,57% dari 69,96 menit menjadi 14,99 menit.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran dan masukan yang dapat diberikan pada penelitian ini:

1. Untuk mengatasi permasalahan terkait dengan tidak adanya operator yang bertanggungjawab untuk membuat program pada proses *router*, perusahaan dapat mengalihkan pekerjaan tersebut kepada bagian lain sehingga operator dapat lebih fokus terhadap pekerjaan di proses tersebut.
2. Perusahaan diharapkan dapat melakukan perencanaan produksi yang pasti sehingga mengurangi adanya produk prioritas yang dapat mempengaruhi operasi pada setiap proses produksi yang sedang dilakukan.
3. Penelitian selanjutnya dapat melakukan identifikasi di bagian lain selain bagian *press forming* di rantai produksi, sehingga didapatkan akar penyebab permasalahan dan alternatif perbaikan secara menyeluruh terhadap keseluruhan proses produksi pembuatan komponen *stringer*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Almomani, M. A., Abdelhadi, A., Mumani, A., Momani, A. dan Aladeemy, M. (2014) "A proposed integrated model of lean assessment and analytical hierarchy process for a dynamic road map of lean implementation," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(1–4), hal. 161–172.
- Anityasari, M. dan Wessiani, N. A. (2011) *Analisa Kelayakan Usaha*. 1 ed. Surabaya: Guna Widya.
- Behrouzi, F. dan Wong, K. Y. (2011) "Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach," in *Procedia Computer Science*, hal. 388–395.
- Bhasin, S. (2008) "Lean and performance measurement," *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(5), hal. 670–684.
- Crute, V., Ward, Y., Brown, S. dan Graves, A. (2003) "Implementing Lean in aerospace - Challenging the assumptions and understanding the challenges," *Technovation*, 23(12), hal. 917–928.
- Dirgantara Indonesia, PT. (2017) *Rencana Kerja & Anggaran Produksi (RKAP)*.
- Doggett, A. M. (2005) "Root cause analysis: a framework for tool selection," *The Quality Management Journal*, 12(4), hal. 34–45.
- Doolen, T. L. dan Hacker, M. E. (2005) "A review of lean assessment in organizations: An exploratory study of lean practices by electronics manufacturers," *Journal of Manufacturing Systems*, hal. 55–67.
- Emerson, P. (2013) "The original Borda count and partial voting," *Social Choice and Welfare*, 40(2), hal. 353–358.
- Feld, W. M., (2001). *Lean Manufacturing : Tools, Techniques, and How To Use Them*. Florida: The St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management.
- Fraenkel, J. dan Grofman, B. (2014) "The Borda Count and its real-world alternatives : Comparing scoring rules in Nauru and Slovenia," *Australian Journal of Political Science*, 49(2), hal. 186–205.

- Gaspersz, V. (2006). *Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- George, M. O., (2010). *The Lean Six Sigma Guide to Doing More with Less : Cut Costs, Reduce Waste, and Lower Your Overhead*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Groover, M. P., (2007). *Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*, New Jersey: Prentice Hall Press.
- Hamad, W. A., Crowe, J. dan Arisha, A. (2012) "Towards leaner healthcare facility: Application of simulation modelling and value stream mapping," *1st International Workshop on Innovative Simulation for Health Care, IWISH 2012, Held at the International Multidisciplinary Modeling and Simulation Multiconference, I3M 2012, September 19, 2012 - September 21, 2012*, 19, hal. 149–155.
- Hines, P., Rich, N., Bicheno, J., Brunt, D., Taylor, D., Butterworth, C. dan Sullivan, J. (1998) "Value Stream Management," *The International Journal of Logistics Management*, 9(1), hal. 25–42.
- Jing, G. (2008) "Digging For The Root Cause," *Six Sigma Forum Magazine*, hal. 19–24.
- Karlsson, C. dan Ahlstrom, P. (1996) "Assessing changes towards lean production," *International Journal of Operations & Production Management*, 16(2), hal. 24.
- Knoema. (2017). *Indonesia Inflation Forecasat 2016-2026 and up to 2060*.
- Lansdowne, Z. F. & Woodward, B. S., (1996). *Applying Borda Ranking Method*. *Air Force Journal of Logistics*, hal. 27-29.
- Manos, A. dan Vincent, C. (2012) *The Lean Certification Handbook : A Guide To The Bronze Certification Body of Knowledge*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Mann, D. (2014) *Creating a Lean Culture - Tools to Sustain Lean Conversions, 2014*.
- Monden, Y., (1983). *The Toyota Production System*. s.l.:Productivity Press.
- Montgomery, D. C., (2009). *Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Ohno, T. (1988) *Toyota Production System, International Journal of Operations*.
- Pakdil, F. dan Leonard, K. M. (2014) "Criteria for a lean organisation: development of a lean assessment tool," *International Journal of Production Research*, 52(15), hal. 4587–4607.
- Pujawan, I. N., (2004). *Ekonomi Teknik*. 1st ed. Surabaya: Guna Widya.
- Saary, M. J. (2008) "Radar plots: a useful way for presenting multivariate health care data," *Journal of Clinical Epidemiology*, 61(4), hal. 311–317.
- Shingo, S., (1988). *Non-Stock Production : The Shingo System for Continuous Improvement*. Cambridge: Productivity Press.
- Suciu, E. S. dan Apreutesei, M. (2011) "Value stream mapping - a lean production methodology," 11(1), hal. 184–196.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996) "Lean Thinking by Womack and Jones," *Review Literature And Arts Of The Americas*, (November), hal. 5.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN KUISIONER *LEAN ASSESSMENT*

KUISIONER *LEAN ASSESSMENT*

MODIFIKASI INDIKATOR PADA DIMENSI *LEAN ASSESSMENT*

Kuisisioner ini bertujuan untuk melakukan modifikasi terhadap indikator *lean assessment* untuk mengetahui implementasi *lean manufacturing* di lini produksi *press forming* PT Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*) sesuai dengan kondisi dan data yang tersedia di perusahaan. Hasil kuisisioner ini akan diolah lebih lanjut dan digunakan untuk kepentingan akademik (penelitian tugas akhir).

Adapun dalam pengukuran *lean assessment*, terdapat 8 dimensi pengukuran. Setiap dimensi tersebut merepresentasikan jenis *waste* yang terjadi dalam konsep *lean manufacturing*. Dimensi tersebut terdiri dari *Time Effectiveness, Quality, Process, Cost, Human Resources, Delivery, Customer* dan *Inventory*.

Saudara dipersilahkan untuk melakukan verifikasi terhadap setiap indikator dan menyesuaikan dengan jenis data yang tersedia di lini produksi *press forming* PT Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*).

Berikut merupakan Tabel hubungan antara dimensi *lean assessment* dengan jenis pemborosan (*waste*) pada implementasi *lean*.

Tabel 1 Hubungan Dimensi Lean Assessment dengan Jenis Pemborosan (Waste)

Dimensi	Pemborosan (Waste)	Keterangan
Efektifitas Waktu	<i>Waiting Time</i>	Menunjukkan penggunaan waktu yang tersedia untuk dapat menghasilkan <i>output</i> sesuai dengan yang ditargetkan. Efektifitas waktu yang tinggi menunjukkan waktu yang tersedia digunakan secara optimal dan waktu tunggu yang singkat
Kualitas	<i>Correction of Defect</i>	Menunjukkan komitmen perusahaan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi yang merupakan salah satu tuntutan global yang dihadapi oleh perusahaan
Proses	<i>Over Processing</i>	Menunjukkan optimalitas proses yang digunakan oleh perusahaan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan pesanan <i>customer</i> , khususnya untuk melakukan perbaikan dalam hal efisiensi, kecepatan respon dan fleksibilitas produksi
Biaya	-	Menunjukkan penggunaan alokasi biaya pada aktivitas operasional yang dilakukan oleh perusahaan, dimana konsep <i>lean</i> menekankan pada reduksi biaya yang harus terus diupayakan untuk menghasilkan sistem produksi yang <i>lean</i>
Sumber Daya Manusia	<i>Over Motion</i>	Menunjukkan strategi manajemen sumber daya manusia yang dilakukan perusahaan dalam upaya mengoptimalkan kemampuan dan keahlian sumber daya untuk melakukan aktivitas operasional perusahaan
Pengiriman	<i>Over Handling</i>	Menunjukkan performansi pengiriman dan keandalan pengiriman yang dilakukan oleh perusahaan, baik dalam lingkup internal maupun eksternal untuk dapat mereduksi biaya dan <i>lead time</i>
Pelanggan	-	Menunjukkan kemampuan perusahaan dalam menjaga hubungan dengan customer yang merupakan subjek pengguna produk yang dihasilkan perusahaan
<i>Inventory</i>	<i>Excess Inventory dan Over Production</i>	Menunjukkan kemampuan perusahaan dalam melakukan manajemen terhadap persediaan yang berkaitan dengan ketepatan <i>forecast</i> kebutuhan persediaan dan ketepatan dalam menentukan target produksi untuk meminimalisir adanya persediaan, dimana persediaan merupakan salah satu sumber pemborosan terbesar

Berikut merupakan indikator-indikator yang digunakan sebagai penilaian pada setiap dimensi *lean assessment*.

Tabel 2 Indikator Efektifitas Waktu

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
Rata-rata waktu <i>setup</i> per unit	Merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan <i>setup</i> sebelum maupun selama proses produksi berjalan	Ada / Tidak Ada	
Rasio waktu <i>setup</i> dengan total waktu produksi	Menunjukkan penggunaan waktu produksi total untuk aktivitas <i>setup</i> , baik <i>setup</i> sebelum maupun selama produksi	Ada / Tidak Ada	
Rata-rata <i>lead time</i> per unit	Merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit produk berdasarkan proses produksi yang dilakukan	Ada / Tidak Ada	
Waktu siklus	Menunjukkan efisiensi waktu yang digunakan untuk memproduksi unit produk	Ada / Tidak Ada	
<i>Takt time</i>	Menunjukkan waktu yang diinginkan konsumen perusahaan dapat memenuhi pesanan yang dilakukan	Ada / Tidak Ada	
Rasio <i>takt time</i> dengan waktu siklus	Menunjukkan performansi perusahaan dalam memenuhi permintaan konsumen	Ada / Tidak Ada	
Rasio total <i>downtime</i> dengan total waktu permesinan	Menunjukkan ketersediaan jam mesin untuk melakukan proses produksi	Ada / Tidak Ada	
Rasio total waktu <i>emergency repair</i> dengan total waktu <i>maintenance</i>	Menunjukkan efektifitas aktivitas <i>maintenance</i> yang dilakukan	Ada / Tidak Ada	

Tabel 3 Indikator Kualitas

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
<i>Defect rate</i>	Menunjukkan peluang terjadinya produk cacat dari sejumlah unit produksi tertentu	Ada / Tidak Ada	
Rasio total biaya untuk produk cacat dengan total penjualan	Menunjukkan penggunaan biaya untuk produk cacat , baik biaya <i>loss</i> maupun biaya untuk memperbaiki produk yang cacat	Ada / Tidak Ada	
<i>Rework rate</i>	Menunjukkan peluang terjadinya produk yang memerlukan proses ulang dari proses produksi	Ada / Tidak Ada	
Rasio total biaya untuk produk <i>rework</i> dengan total penjualan	Menunjukkan penggunaan biaya untuk melakukan proses ulang pada produk yang cacat	Ada / Tidak Ada	
<i>Scrap rate</i>	Menunjukkan peluang terjadinya produk <i>scrap</i> dari proses produksi	Ada / Tidak Ada	

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
Rasio total biaya untuk <i>scrap</i> dengan total penjualan	Menunjukkan persentase penggunaan biaya untuk produk scrap berdasarkan penjualan	Ada / Tidak Ada	
Rasio total biaya untuk <i>scrap</i> dengan total biaya produksi	Menunjukkan persentase penggunaan biaya untuk berdasarkan biaya produksi	Ada / Tidak Ada	
Laju kegagalan pada inspeksi akhir	Menunjukkan peluang terjadinya produk cacat pada aktivitas inspeksi akhir sebelum produk dikirim ke konsumen	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah peralatan poka yoke dengan total produk <i>defect</i>	Menunjukkan ketersediaan peralatan pendeteksi adanya kegagalan pada proses produk sehingga produk cacat dapat diminimalisir	Ada / Tidak Ada	
Persentase inspeksi yang dilakukan secara <i>autonomous</i>	Menunjukkan keterlibatan tenaga kerja langsung dalam melakukan inspeksi terhadap produk yang dihasilkan dari proses yang diemban	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah inspektor dengan jumlah tenaga kerja	Menunjukkan ketersediaan tenaga inspektor dan kemampuan tenaga kerja dalam melakukan inspeksi terhadap keseluruhan tenaga kerja di perusahaan	Ada / Tidak Ada	

Tabel 4 Indikator Proses

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
OEE	Menunjukkan tingkat efektifitas dari peralatan yang digunakan dalam sistem, khususnya peralatan yang kritis untuk produksi	Ada / Tidak Ada	
Rasio luas area untuk perbaikan dengan luas keseluruhan area	Menunjukkan ketersediaan area untuk melakukan perbaikan, khususnya perbaikan untuk fasilitas yang digunakan untuk aktivitas operasional	Ada / Tidak Ada	
Rasio kapasitas <i>idle</i> dengan total kapasitas	Menunjukkan tingkat penggunaan kapasitas sistem	Ada / Tidak Ada	
Produktivitas	Menunjukkan tingkat produktivitas , baik dari material, tenaga kerja maupun peralatan yang digunakan	Ada / Tidak Ada	

Tabel 5 Indikator Biaya

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
Rasio total biaya transportasi per tahun dengan total penjualan	Menunjukkan penggunaan biaya untuk melakukan transportasi, baik untuk pengadaan material maupun untuk pengiriman produk	Ada / Tidak Ada	
Rasio biaya <i>inventory</i> dengan total penjualan	Menunjukkan persentase penggunaan biaya untuk menunjukkan persediaan di gudang terhadap total penjualan yang dihasilkan	Ada / Tidak Ada	
<i>Rasio biaya garansi dengan total penjualan</i>	Menunjukkan persentase biaya garansi sebagai jaminan atau after sales service yang diberikan oleh perusahaan kepada konsumen terhadap total penjualan yang dilakukan	Ada / Tidak Ada	
Rasio total biaya untuk produk dengan kualitas rendah dengan total penjualan	Menunjukkan persentase biaya yang ditanggung oleh perusahaan karena adanya produk berkualitas rendah terhadap total penjualan. Biaya ini juga dapat dikatakan sebagai loss sales	Ada / Tidak Ada	
<i>Rasio total biaya dengan total penjualan</i>	Menunjukkan profit margin yang diterima perusahaan dari aktivitas produksi	Ada / Tidak Ada	
Rata-rata biaya per unit	Menunjukkan biaya produksi untuk satu unit produk	Ada / Tidak Ada	
Rasio total biaya untuk menghindari adanya produk <i>defect</i> dengan total biaya	Menunjukkan persentase biaya yang ditanggung perusahaan akibat adanya risiko kualitas dari proses produksi yang digunakan	Ada / Tidak Ada	
Rasio total biaya untuk menghindari adanya produk <i>defect</i> dengan total penjualan	Menunjukkan persentase biaya yang ditanggung perusahaan akibat adanya risiko kualitas dari proses produksi yang digunakan	Ada / Tidak Ada	
Rasio profit setelah pajak dan bunga dengan total penjualan	Menunjukkan net profit margin yang diterima oleh perusahaan dari penjualan produk	Ada / Tidak Ada	

Tabel 6 Indikator Sumber Daya Manusia

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
<i>Labor turnover rate</i>	Menunjukkan kemampuan manajemen yang dilakukan oleh perusahaan untuk menciptakan lingkungan kerja yang dinamis dan nyaman bagi tenaga kerja	Ada / Tidak Ada	

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
Laju absensi tenaga kerja	Menunjukkan ketersediaan tenaga kerja untuk melakukan aktivitas operasional	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah manajer dengan total tenaga kerja	Menunjukkan beban kerja kepemimpinan yang diemban oleh manajer untuk dapat memimpin sejumlah tenaga kerja yang berada di hirarki bawahnya	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah saran dengan total tenaga kerja	Menunjukkan tingkat keaktifan dari tenaga kerja dalam menunjang perbaikan pada sistem	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah saran yang diimplementasikan dengan total saran	Menunjukkan tingkat keterlibatan tenaga kerja dalam menunjang perbaikan sistem	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah tenaga kerja yang bekerja secara tim dengan jumlah tenaga kerja	Menunjukkan kemampuan perusahaan dalam meningkatkan kemampuan kerjasama tim tenaga kerja dalam menunjang stabilitas perusahaan dan ketercapaian tujuan perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio <i>job classification</i> dengan total tenaga kerja	Menunjukkan efisiensi penggunaan tenaga kerja terhadap <i>job classification</i> yang digunakan oleh perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Jumlah hirarki level pada struktur organisasi	Menunjukkan struktur kerja dan klasifikasi kerja yang dimiliki oleh perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah tenaga kerja langsung dengan tenaga kerja tidak langsung	Menunjukkan efektifitas penggunaan tenaga kerja untuk mendorong aktivitas operasional perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam <i>lean</i> dengan jumlah tenaga kerja	Menunjukkan tingkat keterlibatan tenaga kerja dalam menunjang implementasi lean pada sistem	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah tim penyelesaian permasalahan dengan total tenaga kerja	Menunjukkan keterlibatan tenaga kerja dalam pemecahan permasalahan yang dialami oleh tenaga kerja	Ada / Tidak Ada	
<i>Sales</i> per tenaga kerja	Menunjukkan produktivitas tenaga kerja dalam mendukung ketercapaian target <i>sales</i> perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah terjadinya kecelakaan tenaga kerja dengan jumlah tenaga kerja	Menunjukkan tingkat penerapan K3 dalam melakukan pekerjaan oleh tenaga kerja	Ada / Tidak Ada	

Tabel 7 Indikator Pengiriman

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
Rasio jumlah perpindahan <i>part</i> dengan total penjualan	Menunjukkan efisiensi layout produksi yang digunakan guna menunjang perpindahan material untuk dapat mengurangi lead time dan biaya operasional	Ada / Tidak Ada	
Rasio jarak perpindahan material dengan total penjualan			
Rata-rata waktu penyelesaian <i>order</i>	Menunjukkan kemampuan perusahaan untuk menyelesaian pesanan dari konsumen	Ada / Tidak Ada	
Rasio waktu proses dengan total <i>order</i>	Menunjukkan workload yang ditanggung oleh perusahaan untuk dapat memenuhi pesanan	Ada / Tidak Ada	
Rasio <i>order</i> yang telat pengirimannya dengan jumlah pengiriman per tahun	Menunjukkan performansi pengiriman yang dilakukan oleh perusahaan dalam rangka memenuhi deadline pengiriman yang telah disepakati dengan konsumen	Ada / Tidak Ada	

Tabel 8 Indikator Pelanggan

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
<i>Customer Satisfaction Index</i> (CSI)	Menunjukkan tingkat kepuasan konsumen terhadap pelayanan dan performansi perusahaan dalam memenuhi pesanan yang dilakukan	Ada / Tidak Ada	
Laju komplain dari pelanggan			
<i>Market Share</i>	Menunjukkan pangsa pasar yang dikuasai oleh perusahaan berdasarkan produk yang dihasilkan	Ada / Tidak Ada	
<i>Customer Retention Rate</i> (CRR)	Menunjukkan kemampuan manajemen konsumen yang dilakukan oleh perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio jumlah produk yang dikembalikan oleh pelanggan dengan total pelanggan	Menunjukkan tingkat kepuasan konsumen terhadap performansi perusahaan dalam memenuhi spesifikasi kualitas produk yang diinginkan oleh konsumen	Ada / Tidak Ada	

Tabel 9 Indikator Inventory

Indikator	Keterangan	Status	Keterangan Tambahan
Rasio jumlah <i>supplier</i> dengan jumlah item di gudang	Menunjukkan efisiensi penggunaan <i>supplier</i> terhadap kebutuhan material untuk melakukan proses produksi	Ada / Tidak Ada	
<i>Inventory turn over rate</i>	Menunjukkan laju perputaran barangbarang yang terdapat digudang, baik karena digunakan maupun karena terjual	Ada / Tidak Ada	
Rasio total <i>inventory</i> dengan total penjualan	Menunjukkan efisiensi persediaan yang dilakukan oleh perusahaan agar dapat meminimalisir biaya persediaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio <i>inventory</i> untuk material dengan total <i>inventory</i>	Menunjukkan persentase persediaan yang digunakan untuk persediaan material terhadap total persediaan yang dilakukan oleh perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio total WIP dengan total penjualan	Menunjukkan persentase biaya yang ditanggung oleh perusahaan karena adanya persediaan dalam bentuk WIP terhadap total penjualan yang dilakukan oleh perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio material dan WIP dengan <i>asset</i> saat ini	Menunjukkan efektifitas adanya persediaan dalam bentuk material dan WIP terhadap <i>asset</i> yang saat ini dimiliki oleh perusahaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio <i>inventory</i> untuk <i>finished good</i> dengan total <i>inventory</i>	Menunjukkan persentase persediaan dalam bentuk <i>finished good</i> yang dilakukan oleh perusahaan terhadap total persediaan	Ada / Tidak Ada	
Rasio <i>inventory</i> untuk <i>finished good</i> dengan <i>asset</i> saat ini	Menunjukkan efektifitas adanya persediaan dalam bentuk <i>finished good</i> terhadap <i>asset</i> yang dimiliki oleh perusahaan	Ada / Tidak Ada	

Atas ketersediaan saudara mengisi kuesioner ini, saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Bandung, Mei 2017

.....

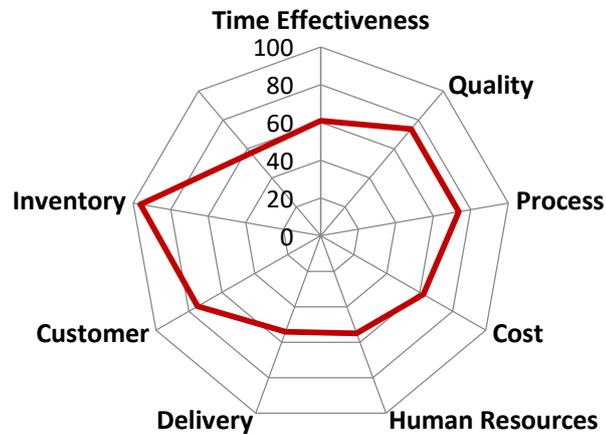
LAMPIRAN KUISIONER BCM

KUISIONER *BORDA COUNT METHOD* (BCM) PEMILIHAN *WASTE* KRITIS PADA IMPLEMENTASI *LEAN MANUFACTURING* DI LINI PRODUKSI *PRESS FORMING* PT DIRGANTARA INDONESIA

Kuisisioner ini merupakan alat ukur yang bertujuan untuk melakukan identifikasi dan analisis terhadap waste yang terjadi di lini produksi *press forming* PT Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*). Hasil kuisisioner ini akan diolah lebih lanjut dan digunakan untuk kepentingan akademik (penelitian tugas akhir).

Dalam hal ini, pengambilan data dilakukan secara langsung kepada *expert* yang mengetahui implementasi *lean* dan proses produksi di lini produksi *press forming*. Saudara dipersilahkan untuk memberikan peringkat terhadap setiap *waste* (1 untuk *waste* paling kritis hingga 9) kritis untuk dilakukan perbaikan di lini produksi *press forming* PT Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*). Berikut merupakan *lean radar chart* hasil pengukuran *lean assessment* yang telah dilakukan.

Lean Assessment : Sheet Press Forming

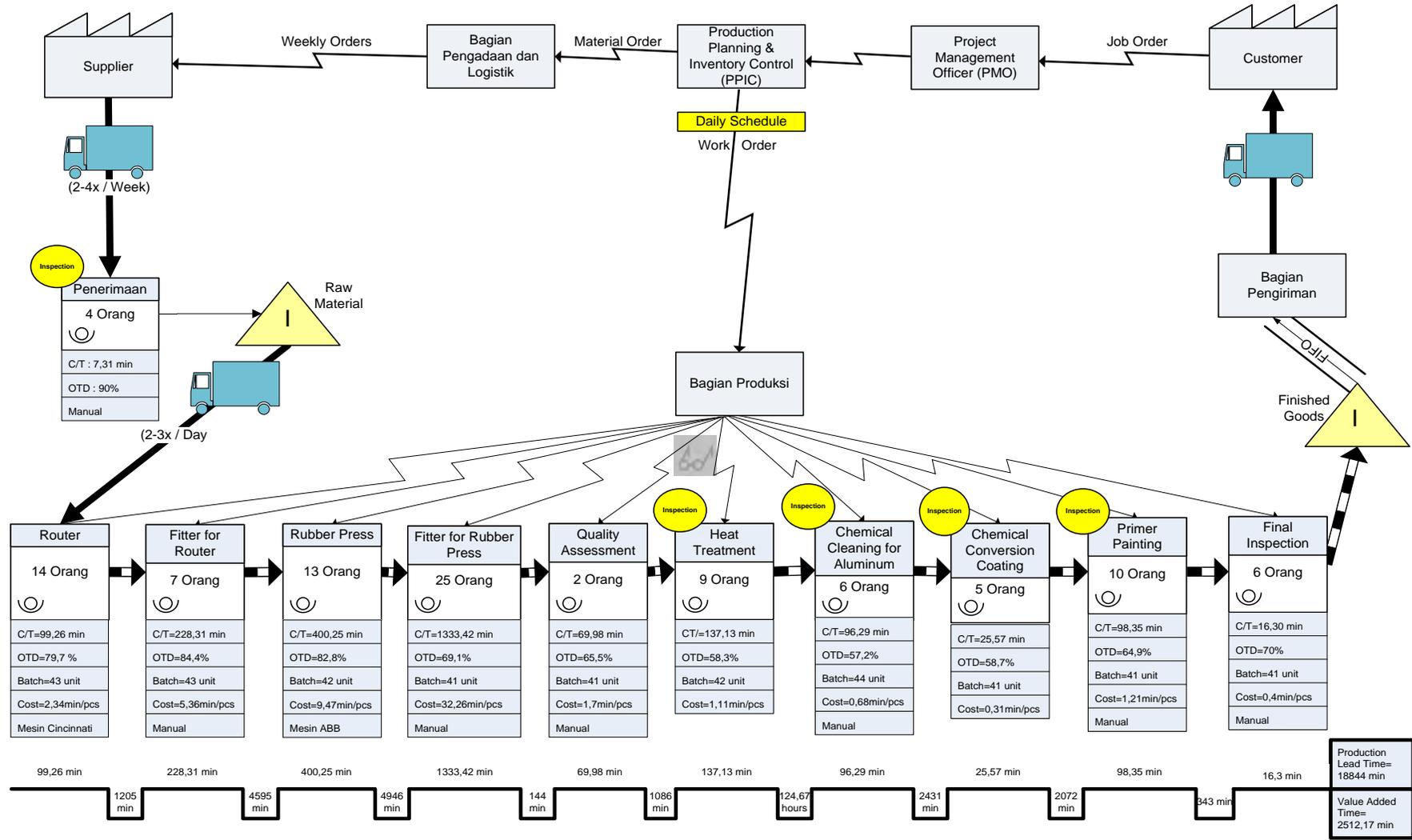


Berikut merupakan hasil penilaian dari setiap dimensi *lean assessment*.

No	Dimensi	Leannes
1	Time Effectiveness	60,85
2	Quality	73,73
3	Process	72,24
4	Cost	62,14
5	Human Resources	46,44
6	Delivery	54,10
7	Customer	74,72
8	Inventory	96,09
<i>Average Leannes Sheet Press Forming Area</i>		67,54

Berikut merupakan indikator yang diukur pada setiap dimensi *lean assessment*.

No	Indikator Time Effectiveness
1	Rata-rata waktu setup
2	Rasio waktu setup dengan total waktu produksi
3	Rata-rata lead time produksi
4	Waktu siklus
5	Rata-Rata on time delivery per proses
No	Indikator Quality
1	Defect rate
2	Rework rate
3	Scrap rate
4	Laju kegagalan pada inspeksi akhir
5	Rasio jumlah inspektor dengan jumlah tenaga kerja
No	Indikator Process
1	OEE
2	Rasio luas area untuk perbaikan dengan luas keseluruhan area
3	Rasio kapasitas idle dengan total kapasitas
4	Produktivitas
No	Indikator Cost
1	Rata-rata biaya per unit
2	Rata-rata biaya scrap/defect per bulan
3	Rata-rata biaya scrap/defect per unit produk scrap/defect
4	Rasio total biaya dengan total penjualan (profit margin)
No	Indikator Human Resource
2	Laju absensi tenaga kerja
4	Rasio jumlah saran dengan total tenaga kerja
6	Rasio jumlah tenaga kerja yang bekerja secara tim dengan jumlah tenaga kerja
8	Jumlah hirarki level pada struktur organisasi
No	Indikator Delivery
1	Rata-rata waktu penyelesaian order
2	Rasio waktu proses dengan lead time
3	Rasio order yang telat pengirimannya dengan jumlah pengiriman per tahun
No	Indikator Customer
1	Customer Satisfaction Index (CSI)
2	Laju komplain dari pelanggan
3	Rasio jumlah produk yang dikembalikan oleh pelanggan untuk diperbaiki (rework) dengan total pelanggan
No	Indikator Inventory
1	Rasio total inventory dengan total penjualan
2	Rasio inventory untuk material dengan total inventory
3	Rasio total WIP dengan total penjualan



Identifikasi waste pada VSM

No	Proses / Aktivitas	Keterangan		
		VA	NNVA	NVA
1	Proses <i>router</i>	V		
2	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>router</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>fitter for router</i>			V
3	Proses <i>fitter for router</i>	V		
4	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>fitter for router</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>rubber press</i>			V
5	Proses <i>rubber press</i>	V		
6	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>rubber press</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>fitter for rubber press</i>			V
7	Proses <i>fitter for rubber press</i>	V		
8	Komponen <i>stringer</i> hasil proses <i>fitter for rubber press</i> menunggu untuk dikerjakan pada proses <i>quality assessment</i>			V
9	Proses <i>quality assessment</i>		V	
Total		4	1	4
Percentage		44%	11%	44%

Total Aktivitas NNVA dan NVA pada Activity Classification

Waste	Transportation		Motion	
	NNVA	NVA	NNVA	NVA
(%)	(13) 36%		(23) 64%	
Jenis Aktivitas	NNVA	NVA	NNVA	NVA
Jumlah	3	10	23	0
(%)	23%	77%	100%	0%

Berikut merupakan tabel peringkat *waste* kritis *lean assessment*.

Dimensi	Peringkat
<i>Environment Health & Safety</i>	
<i>Defect</i>	
<i>Overproductions</i>	
<i>Waiting</i>	
<i>Not Utilized Employee's Skill & Ability</i>	
<i>Excessive Processing</i>	
<i>Motion</i>	
<i>Transportation</i>	
<i>Inventory</i>	

Hasil dari kuisisioner ini adalah menentukan *waste* kritis yang terdapat pada lini produksi *press forming* yang kemudian akan menjadi prioritas penyelesaian permasalahan.

Bandung, Mei 2017

LAMPIRAN KUISIONER ANALISA RISIKO

IDENTIFIKASI AKAR PERMASALAHAN PADA WASTE KRITIS MENGUNAKAN KONSEP RISK RATING DI LINI PRODUKSI *PRESS* *FORMING* PT DIRGANTARA INDONESIA

Kuesioner ini merupakan alat untuk mengetahui tingkat frekuensi kejadian (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*consequence*) dari masing-masing akar penyebab *waste* kritis yang telah diidentifikasi melalui *Root Cause Analysis* (RCA). Kuesioner ini ditujukan langsung kepada responden yang merupakan ahli (*expert*) dan mengetahui keseluruhan proses produksi di lini produksi *press forming*. Hasil kuesioner akan diolah lebih lanjut dan digunakan sebagai kepentingan penelitian Tugas Akhir.

Berikut merupakan hasil identifikasi yang terhadap jenis *waste* yang terjadi, akar penyebab permasalahan dan dampak yang disebabkan untuk melakukan pendekatan analisa risiko

Identifikasi akar penyebab dan dampak setiap waste kritis

<i>Waste</i>	Kode Waste	Akar Penyebab	Dampak
<i>Waiting</i>	R1	Ketidakeimbangan antara <i>workorder</i> dengan jumlah mesin	Banyaknya produk yang menunggu untuk dikerjakan
	R2	Ketidakeimbangan antara jumlah material handling terhadap <i>workorder</i> yang ada	Produk yang telah selesai tidak langsung dikerjakan pada proses berikutnya karena menunggu untuk dikirim
	R3	Tidak adanya SOP dalam perencanaan produksi, jika suatu produk dibutuhkan, langsung di produksi	Banyaknya produk prioritas yang dikerjakan mendahului produk yang saat ini dikerjakan (WIP)
<i>Motion</i>	R4	Tidak ada pencatatan waktu secara otomatis oleh mesin / operator khusus pada setiap operasi	Operator harus melakukan <i>scan barcode</i> terhadap produk saat sebelum dan sesudah operasi untuk semua <i>workorder</i>
	R5	Tidak adanya operator khusus untuk membuat program pengoperasian mesin untuk setiap <i>workorder</i>	Operator <i>router</i> harus membuat program untuk setiap <i>workorder</i> dan material menunggu untuk dikerjakan (operasi tidak berjalan)

Identifikasi akar penyebab dan dampak setiap waste kritis

Waste	Kode Waste	Akar Penyebab	Dampak
	R6	Tidak adanya operator / penanggungjawab khusus terhadap kebersihan tool	Operator <i>rubber press</i> harus membersihkan <i>tool</i> setiap sebelum operasi dan material menunggu untuk dikerjakan (operasi tidak berjalan)
	R7	Belum adanya standar <i>sampling</i> dalam melakukan inspeksi terhadap jumlah produk yang ada	Inspeksi 100% terhadap keseluruhan produk
Transportation	R8	Tidak adanya operator khusus untuk mengambil dan menaruh produk	Banyaknya gerakan yang berlebih terhadap operator untuk mengambil dan menaruh produk
	R9	Ketidakseimbangan antara jumlah <i>material handling</i> terhadap <i>workorder</i> yang ada	Produk yang telah selesai tidak langsung dikerjakan pada proses berikutnya karena menunggu untuk dikirim
Human Resource	R10	Tidak adanya media yang memudahkan pekerja untuk menyampaikan saran / permasalahan	Kurangnya saran / permasalahan terhadap proses produksi dari pekerja
	R11	Belum melibatkan operator secara langsung dan hanya mengandalkan data yang ada di SAP / sistem	Perbaikan yang dilakukan hanya berdasarkan data di SAP tidak memperbaiki hingga ke sumber permasalahan

Selanjutnya adalah melakukan pengukuran terhadap peluang (*likelihood*) dan dampak (*consequences*) pada setiap *waste* kritis. Berikut merupakan kriteria yang telah dimodifikasi sesuai dengan kondisi di lini produksi *press forming* untuk melakukan penilaian terhadap peluang dan dampak yang dihasilkan dari setiap *waste* kritis.

Kriteria Likelihood Waste Kritis Waiting, Motion, dan Transportation

Nilai	Likelihood	Possibility of occurrence	Description
1	Rare	Possibility of occurrence less than 5%	Lebih dari 30 hari sekali
2	Unlikely	Possibility of occurrence between 5%-25%	Diantara 14-30 hari sekali
3	Possible	Possibility of occurrence between 25%-50%	Diantara 7-14 hari sekali
4	Likely	Possibility of occurrence between 50%-75%	Diantara 3-7 hari sekali
5	Almost Certain	Possibility of occurrence more than 75%	Setiap Hari

Setelah diidentifikasi kriteria terhadap peluang (*likelihood*) pada jenis *waste* kritis *waiting*, *motion*, dan *transportation*. Nilai dari setiap kriteria tersebut berdasarkan peluang terjadi dari sumber penyebab *waste* kritis. Berikut merupakan dampak yang dihasilkan dari setiap *waste* kritis.

Tabel 5.33 Consequences Waste Kritis Waiting

Nilai	Consequences	Description
1	<i>Insignificant</i>	Menyebabkan waktu tunggu <1 jam
2	<i>Minor</i>	Menyebabkan waktu tunggu 1-5 jam
3	<i>Moderate</i>	Menyebabkan waktu tunggu 5-8 jam
4	<i>Major</i>	Menyebabkan waktu tunggu lebih dari 1 hari
5	<i>Catastropic</i>	Menyebabkan waktu tunggu >3 hari dan <7 hari

Dampak yang dihasilkan dari *waste waiting* diukur berdasarkan jumlah waktu tunggu yang dihasilkan dari setiap *sub waste* yang ada.

Tabel 5.34 Consequences Waste Kritis Motion

Nilai	Consequences	Description
1	<i>Insignificant</i>	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 1-30 menit
2	<i>Minor</i>	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 30 menit-1 jam
3	<i>Moderate</i>	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 1-3 jam
4	<i>Major</i>	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 3-5 jam
5	<i>Catastropic</i>	Menyebabkan gerakan tambahan dengan waktu 5-8 jam

Dampak yang dihasilkan dari *waste motion* diukur berdasarkan jumlah waktu yang dihasilkan dari adanya gerakan tambahan dari setiap *sub waste* yang ada.

Consequences Waste Kritis Transportation

Nilai	Consequences	Description
1	<i>Insignificant</i>	Menyebabkan penambahan waktu 1-30 menit
2	<i>Minor</i>	Menyebabkan penambahan waktu 30 menit-1 jam
3	<i>Moderate</i>	Menyebabkan penambahan waktu 1-3 jam
4	<i>Major</i>	Menyebabkan penambahan waktu 3-5 jam
5	<i>Catastropic</i>	Menyebabkan penambahan waktu 5-8 jam

Dampak yang dihasilkan dari *waste transportation* diukur berdasarkan jumlah penambahan waktu yang dihasilkan dari setiap *sub waste* yang ada.

Consequences Waste Kritis Human Resource

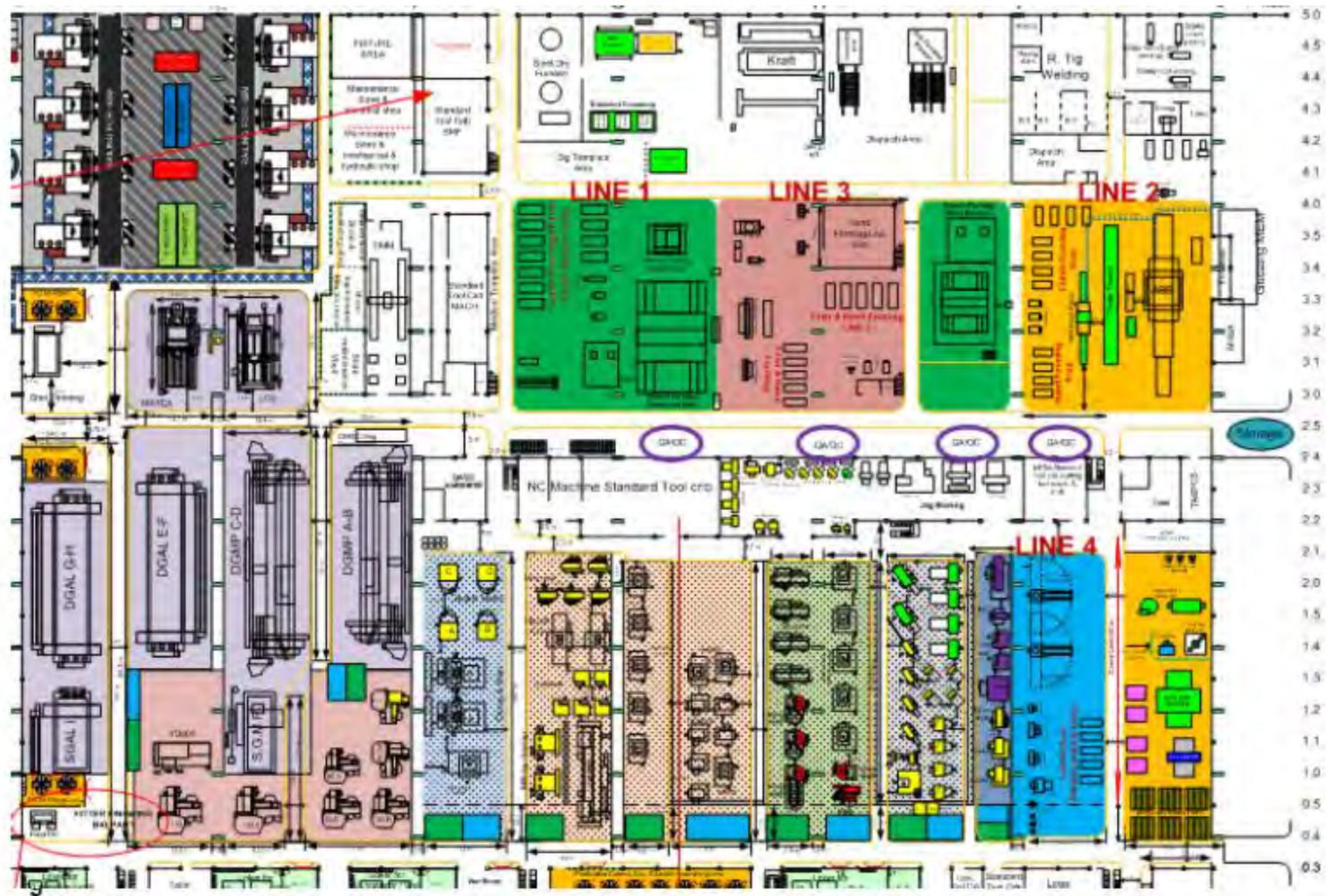
Nilai	Consequences	Description
1	<i>Insignificant</i>	Tidak mempengaruhi proses produksi secara langsung
2	<i>Minor</i>	Menyebabkan permasalahan ringan (30-1jam) pada proses produksi
3	<i>Moderate</i>	Menyebabkan permasalahan sedang (1-5jam) pada proses produksi
4	<i>Major</i>	Menyebabkan permasalahan berat (>5 jam) pada proses produksi
5	<i>Catastropic</i>	Menyebabkan proses produksi berhenti total

Kode Risiko	Akar Penyebab	Dampak	Nilai Likelihood	Nilai Consequence
R1	Ketidakseimbangan antara <i>workorder</i> dengan jumlah mesin	Banyaknya produk yang menunggu untuk dikerjakan		
R2	Ketidakseimbangan antara jumlah material handling terhadap <i>workorder</i> yang ada	Produk yang telah selesai tidak langsung dikerjakan pada proses berikutnya karena menunggu untuk dikirim		
R3	Tidak adanya SOP dalam perencanaan produksi, jika suatu produk dibutuhkan, langsung di produksi	Banyaknya produk prioritas yang dikerjakan mendahului produk yang saat ini dikerjakan (WIP)		
R4	Tidak ada pencatatan waktu secara otomatis oleh mesin / operator khusus pada setiap operasi	Operator harus melakukan <i>scan barcode</i> terhadap produk saat sebelum dan sesudah operasi untuk semua <i>workorder</i>		
R5	Tidak adanya operator khusus untuk membuat program pengoperasian mesin untuk setiap <i>workorder</i>	Operator <i>router</i> harus membuat program untuk setiap <i>workorder</i> dan material menunggu untuk dikerjakan (operasi tidak berjalan)		
R6	Tidak adanya operator / penanggungjawab khusus terhadap kebersihan tool	Operator <i>rubber press</i> harus membersihkan <i>tool</i> setiap sebelum operasi dan material menunggu untuk dikerjakan		
R7	Belum adanya standar <i>sampling</i> dalam melakukan inspeksi	Inspeksi 100% terhadap keseluruhan produk		

Kode Risiko	Akar Penyebab	Dampak	Nilai Likelihood	Nilai Consequence
	terhadap jumlah produk yang ada			
R8	Tidak adanya operator khusus untuk mengambil dan menaruh produk	Banyaknya gerakan yang berlebih terhadap operator untuk mengambil dan menaruh produk		
R9	Ketidakseimbangan antara jumlah <i>material handling</i> terhadap <i>workorder</i> yang ada	Produk yang telah selesai tidak langsung dikerjakan pada proses berikutnya karena menunggu untuk dikirim		
R10	Tidak adanya media yang memudahkan pekerja untuk menyampaikan saran / permasalahan	Kurangnya saran / permasalahan terhadap proses produksi dari pekerja		
R11	Belum melibatkan operator secara langsung dan hanya mengandalkan data yang ada di SAP / sistem	Perbaikan yang dilakukan hanya berdasarkan data di SAP		

Atas ketersediaan saudara mengisi kuesioner ini, saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Bandung, Juni 2017



Gambar *Layout* Produksi

5 Why Lean Assessment

Dimensi	Indikator	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Human Resource	Rasio jumlah saran dengan total tenaga kerja	Jumlah saran yang didapatkan tidak sebanding dengan jumlah tenaga kerja	Belum adanya inisiatif tenaga kerja untuk menyampaikan saran / permasalahan yang ada langsung kepada bagian strategis di perusahaan	Tidak adanya media yang memudahkan pekerja untuk menyampaikan saran / permasalahan	NA	NA
	Rasio jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam lean dengan jumlah tenaga kerja	Belum adanya penjelasan secara menyeluruh terhadap tujuan dan implementasi <i>lean</i> terhadap keseluruhan pekerja	Tahap implementasi <i>lean</i> yang dilakukan masih sebatas pihak manajer / strategis di lini produksi <i>press forming</i>	implementasi dan perbaikan yang direkomendasikan diusulkan oleh bagian strategis di lini produksi <i>press forming</i> / belum melibatkan operator secara langsung	permasalahan maupun perbaikan yang direkomendasikan berdasarkan data yang tersedia di SAP / sistem	belum melibatkan operator secara langsung dan hanya mengandalkan data yang ada di SAP / sistem
	Rasio jumlah tim penyelesaian permasalahan dengan total tenaga kerja	Dalam menyelesaikan permasalahan hanya melibatkan bagian strategis di lini produksi <i>press forming</i> / belum melibatkan operator secara langsung	permasalahan maupun perbaikan yang direkomendasikan berdasarkan data yang tersedia di SAP / sistem	belum melibatkan operator secara langsung dan hanya mengandalkan data yang ada di SAP / sistem	NA	NA

Dimensi	Indikator	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Delivery	Rasio waktu proses dengan <i>lead time</i>	<i>Lead Time</i> yang tinggi jika dibandingkan dengan waktu proses	Terdapat aktivitas selain <i>value added</i>	Lamanya waktu tunggu antar proses	Banyaknya <i>order</i> yang ada sehingga terdapat aktivitas menunggu	tidak seimbangnya mesin, operator, material handling terhadap order yang ada

Dimensi	Indikator	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Time Effectiveness	Rata-rata <i>lead time</i> produksi	<i>Lead time</i> produksi tinggi	Terdapat aktivitas selain <i>value added</i>	Lamanya waktu tunggu antar proses	Banyaknya <i>order</i> yang ada sehingga terdapat aktivitas menunggu	tidak seimbangnya mesin, operator, material handling terhadap order yang ada

Penambahan Mesin dan Operator Alternatif 1

Inflasi			4,63%	4,61%	4,59%	4,57%	4,56%	4,56%	4,55%	4,55%	4,55%	4,55%
Prosess	Harga Mesin / Biaya Gaji Operator per tahun	Jumlah Penambahan Mesin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Router</i>	\$79.500	1	- \$72.300	-\$7.532	-\$7.530	-\$7.529	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528
<i>Fitter for Router</i>	\$7.200	-2	\$14.400	- \$13.736	-\$13.739	-\$13.742	-\$13.743	-\$13.743	-\$13.745	-\$13.745	-\$13.745	-\$13.745
<i>Rubber Press</i>	\$82.500	8	- \$602.400	- \$54.945	-\$54.956	-\$54.968	-\$54.973	-\$54.973	-\$54.979	-\$54.979	-\$54.979	-\$54.979
<i>Fitter for Rubber Press</i>	\$7.200	1	-\$7.200	-\$7.532	-\$7.530	-\$7.529	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528
<i>QA</i>	\$7.200	26	- \$187.200	- \$195.630	-\$195.592	-\$195.555	-\$195.536	-\$195.536	-\$195.518	-\$195.518	-\$195.518	-\$195.518
Total Pengeluaran			- \$854.700	- \$279.375	-\$279.349	-\$279.323	-\$279.310	-\$279.310	-\$279.297	-\$279.297	-\$279.297	-\$279.297
Total Pendapatan			0	\$994.602	\$1.040.254,23	\$1.040.055,31	\$1.039.955,85	\$1.039.955,85	\$1.039.856,39	\$1.039.856,39	\$1.039.856,39	\$1.039.856,39
<i>Total Cashflow</i>			- \$854.700	\$715.227	\$760.906	\$760.733	\$760.646	\$760.646	\$760.560	\$760.560	\$760.560	\$760.560

\$1.082.228,16

NPV

Penambahan Mesin dan Operator Alternatif II Penambahan Jumlah Shift

Inflasi			4,63%	4,61%	4,59%	4,57%	4,56%	4,56%	4,55%	4,55%	4,55%	4,55%
Prosess	Harga Mesin / Biaya Gaji Operator per tahun	Jumlah Penambahan Mesin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Router	\$79.500	1	\$72.300	-\$7.532	-\$7.530	-\$7.529	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528
Fitter for Router	\$7.200	-2	\$14.400	\$13.736	-\$13.739	-\$13.742	-\$13.743	-\$13.743	-\$13.745	-\$13.745	-\$13.745	-\$13.745
Rubber Press	\$82.500	3	\$204.300	\$41.208	-\$41.217	-\$41.226	-\$41.230	-\$41.230	-\$41.234	-\$41.234	-\$41.234	-\$41.234
Fitter for Rubber Press	\$7.200	1	-\$7.200	-\$7.532	-\$7.530	-\$7.529	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528	-\$7.528
QA	\$7.200	12	\$172.800	\$181.430	-\$181.392	-\$181.355	-\$181.336	-\$181.336	-\$181.318	-\$181.318	-\$181.318	-\$181.318
Total Pengeluaran			\$442.200	\$251.438	-\$251.410	-\$251.381	-\$251.366	-\$251.366	-\$251.352	-\$251.352	-\$251.352	-\$251.352
Total Pendapatan			0	\$994.602	\$1.040.254,23	\$1.040.055,31	\$1.039.955,85	\$1.039.955,85	\$1.039.856,39	\$1.039.856,39	\$1.039.856,39	\$1.039.856,39
Cashflow			\$442.200	\$743.164	\$788.845	\$788.675	\$788.589	\$788.589	\$788.504	\$788.504	\$788.504	\$788.504

NPV

\$1.464.422,88

Perhitungan Jumlah *Material Handling*

Inflasi			4,63%	4,61%	4,59%	4,57%	4,56%	4,56%	4,55%	4,55%	4,55%	4,55%
Prosess	Harga Mesin / Biaya Gaji Operator per tahun	Jumlah Penabahan Mesin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fitter for Router - Rubber Press	\$60	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			\$188.760	\$178.570	\$178.608	\$178.645	\$178.664	\$178.664	\$178.682	\$178.682	\$178.682	\$178.682
Fitter for Rubber Press - QA	\$60	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			\$189.840	\$178.570	\$178.608	\$178.645	\$178.664	\$178.664	\$178.682	\$178.682	\$178.682	\$178.682
Total Pengeluaran			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			\$378.600	\$357.140	\$357.215	\$357.290	\$357.327	\$357.327	\$357.365	\$357.365	\$357.365	\$357.365
Total Pendapatan			0	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734
Cashflow			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			\$378.600	\$132.407	\$132.481	\$132.556	\$132.594	\$132.594	\$132.631	\$132.631	\$132.631	\$132.631

(\$598.996,22)

NPV

Perhitungan Jumlah *Material Handling Availability 0,7*

Inflasi			4,63%	4,61%	4,59%	4,57%	4,56%	4,56%	4,55%	4,55%	4,55%	4,55%
Prosess	Harga Mesin / Biaya Gaji Operator per tahun	Jumlah Penabahan Mesin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fitter for Router - Rubber Press	\$60	8	-\$58.080	-\$54.945	-\$68.695	-\$68.710	-\$68.717	-\$68.717	-\$68.724	-\$68.724	-\$68.724	-\$68.724
Fitter for Rubber Press - QA	\$60	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			\$108.900	\$103.021	\$103.043	\$103.064	\$103.075	\$103.075	\$103.086	\$103.086	\$103.086	\$103.086
Total Pengeluaran			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			\$166.980	\$157.966	\$171.738	\$171.774	\$171.792	\$171.792	\$171.810	\$171.810	\$171.810	\$171.810
Total Pendapatan			0	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734	\$224.734
Cashflow			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			\$166.980	\$66.768	\$52.996	\$52.960	\$52.942	\$52.942	\$52.924	\$52.924	\$52.924	\$52.924

NPV

\$2.704,5
5

MIL STD 105D

TABLE I Sample size code letters			TABLE II-A Single sampling plans for normal inspection (Master table)																					
Lot or batch size	General inspection levels			Sample size code letter	Sample size	Acceptable Quality Levels (normal inspection)																		
	I	Level Normally Used II	III			0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	
						Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
2 to 8	A	A	B	A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2		
9 to 15	A	B	C	B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3		
16 to 25	B	C	D	C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4		
26 to 50	C	D	E	D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6		
51 to 90	C	E	F	E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8		
91 to 150	D	F	G	F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11		
151 to 280	E	G	H	G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15		
281 to 500	F	H	J	H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15 21 22		
501 to 1200	G	J	K	J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15 21 22		
1201 to 3200	H	K	L	K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15 21 22		
3201 to 10000	J	L	M	L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15 21 22		
10001 to 35000	K	M	N	M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15 21 22		
35001 to 150000	L	N	P	N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15 21 22		
150001 to 500000	M	P	Q	P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15 21 22		
500001 and over	N	Q	R	Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓	1 2 2 3 3 4 5 6 7 8 10 11 14 15 21 22		
				R	2000	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		

Ac Acceptance number. ↓ Use first sampling plan below arrow. If sample size equals, or exceeds, lot or batch size, do 100 percent inspection.
 Re Rejection number. ↑ Use first sampling plan above arrow.

Military Standard 105E

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Imandio Wicaksono lahir di Jakarta pada tanggal 7 Oktober 1994. Penulis merupakan anak keempat dari lima bersaudara pasangan Djoko Susanto dan Ira Dewi Suvia. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis berawal dari SD Al-Azhar 6 Jakapermai, SMP Negeri 115 Jakarta, SMA Negeri 8 Jakarta, hingga ke jenjang sarjana di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kepanitiaan, organisasi, serta penelitian. Penulis pernah tercatat sebagai Pemandu di Fakultas Teknologi Industri. Penulis juga aktif dalam kepanitiaan berbagai *event*, salah satu *event* yang terbesar yakni Gerigi 2015 yang diselenggarakan oleh BEM ITS. Dalam *event* ini, penulis berperan sebagai *Instructure Committee (IC)*.

Pada bulan September 2015, penulis berkesempatan untuk menjadi salah satu asisten dari Laboratorium Sistem Manufaktur Departemen Teknik Industri ITS. Selama menjadi asisten, penulis pernah menjabat sebagai Kepala Departemen *General Affair* serta menjadi asisten beberapa mata kuliah, seperti Proses Manufaktur, Sistem Manufaktur, Teknik Pengendalian Kualitas, Ekologi Industri, serta Pemeliharaan dan Teknik Keandalan. Selain itu, penulis turut berperan aktif dalam beberapa penelitian yang dikerjakan oleh dosen di bawah naungan Laboratorium Sistem Manufaktur. Dalam rangka pengaplikasian keilmuan Teknik Industri, penulis pernah melakukan kerja praktik di PT Garuda Indonesia (Persero) Jakarta, khususnya pada Fungsi *Business Development Analyst (JKT-DB)*. Penulis dapat dihubungi melalui email imandiowicaksono@gmail.com.