

**USULAN MINIMASI WASTE DENGAN PENDEKATAN
GREEN LEAN SIX SIGMA PADA PROSES PRODUKSI
AIR MINUM DALAM KEMASAN CUP 240 ML
DI PT BANYU REVERSE OSMOSIS**

SKRIPSI



Oleh:

DEWI DESTRYNA JUNO

3333150083

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2019

**USULAN MINIMASI WASTE DENGAN PENDEKATAN
GREEN LEAN SIX SIGMA PADA PROSES PRODUKSI
AIR MINUM DALAM KEMASAN CUP 240 ML
DI PT BANYU REVERSE OSMOSIS**

**Skripsi ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam mendapatkan
gelar Sarjana Teknik**



Oleh:

DEWI DESTRYNA JUNO

3333150083

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2019

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini:

NAMA : DEWI DESTRYNA JUNO

NIM : 3333150083

JURUSAN : TEKNIK INDUSTRI

JUDUL : USULAN MINIMASI *WASTE* DENGAN PENDEKATAN *GREEN LEAN SIX SIGMA* PADA PROSES PRODUKSI AIR MINUM DALAM KEMASAN *CUP* 240 ML DI PT BANYU REVERSE OSMOSIS

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul tersebut diatas adalah benar karya saya sendiri dengan arahan pembimbing I dan pembimbing II dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain terkecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan undang-undang yang berlaku.

Cilegon, Mei 2019



Dewi Destryna Juno

NIM. 3333150083

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

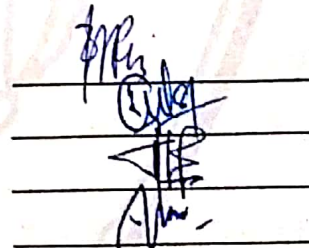
NAMA : DEWI DESTRYNA JUNO
NIM : 3333150083
JURUSAN : TEKNIK INDUSTRI
JUDUL : USULAN MINIMASI *WASTE* DENGAN PENDEKATAN *GREEN LEAN SIX SIGMA* PADA PROSES PRODUKSI AIR MINUM DALAM KEMASAN *CUP* 240 ML DI PT BANYU REVERSE OSMOSIS

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan Diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Pada hari : Rabu
Tanggal : 22 Mei 2019



DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Maria Ulfah, MT
Pembimbing II : Kulsum, ST., MT
Penguji I : Dr. Ing. Asep Ridwan, ST., MT
Penguji II : Yusraini Muharni, ST., MT



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri



Putro Ferry Ferdinant, ST., MT
NIP. 198103042008121001

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“USULAN MINIMASI WASTE DENGAN PENDEKATAN *GREEN LEAN SIX SIGMA* PADA PROSES PRODUKSI AIR MINUM DALAM KEMASAN *CUP 240 ML* DI PT BANYU REVERSE OSMOSIS”**. Adapun maksud dari penyusunan skripsi ini adalah sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Sarjana Fakultas Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, semangat, serta bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT.
2. Kedua orang tua, kakak, adik, dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan motivasi, semangat, dukungan baik bersifat moril maupun materil.
3. Bapak Putro Ferro Ferdinant ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
4. Ibu Ir. Maria Ulfa MT., selaku Dosen Pembimbing Skripsi 1 yang telah bersedia membimbing dan selalu memberikan arahan selama penyusunan skripsi.
5. Ibu Kulsum ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Skripsi 2 yang telah bersedia membimbing dan selalu memberikan arahan selama penyusunan skripsi.
6. Ibu Sri, selaku Kepala Manajemen PT Banyu Reverse Osmosis yang telah memberikan izin penelitian dan membantu kelancaran penelitian ini.
7. Bapak Sidik, selaku Kepala Produksi PT Banyu Reverse Osmosis yang selalu membantu dalam proses pengambilan data.

8. Ibu Uus, Bapak Edi, dan Bapak Romi yang bersedia meluangkan waktunya untuk mengisi kuesioner dan berdiskusi.
9. Teman-teman KULUK yang senantiasa memberikan semangat serta motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. M. Rifky Mulyawan yang selalu menemani, membantu dan memberikan semangat selama proses pembuatan skripsi.
11. Seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2015 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas saran dan motivasi yang diberikan dalam proses pembuatan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki Penulis. Oleh karena itu, segala saran dan kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun sangat diharapkan Penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Cilegon, Mei 2019

Dewi Destryna Juno
NIM. 3333150083

RINGKASAN

Dewi Destryna Juno. Usulan Minimasi *Waste* Dengan Pendekatan *Green Lean Six Sigma* Pada Proses Produksi Air Minum Dalam Kemasan *Cup* 240 ml Di PT Banyu Reverse Osmosis. Dibimbing oleh Ir. Maria Ulfah, MT dan Kulsum, ST., MT.

PT Banyu Reverse Osmosis merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Dalam proses produksi masih sering ditemukan adanya pemborosan (*waste*) yang mengakibatkan cacat produk sehingga menimbulkan adanya limbah dari produk cacat tersebut. Berdasarkan data produksi tahun 2018, produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml mengalami cacat sebanyak 451.344 pcs dari total produksi yang dihasilkan sebesar 21.819.648 pcs. Adanya cacat produk yang dihasilkan akan berdampak pada lingkungan, karena beberapa jenis cacat produk seperti cacat bocor *lid* dan cacat kotor air akan dipisahkan kemudian dibuka kembali kemasannya dan air yang ada di dalamnya dibuang air ke selokan. Hal tersebut menyebabkan adanya limbah cair dan limbah padat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi, menghitung nilai DPMO dan tingkat level *sigma* produk, menentukan penyebab cacat dominan produk AMDK *cup* 240 ml, mengidentifikasi limbah yang dihasilkan akibat adanya cacat produk, memberikan usulan perbaikan pada proses produksi, serta memberikan usulan untuk meminimasi penyebab kegagalan potensial pada produk AMDK *cup* 240 ml.

Penyelesaian permasalahan pada penelitian ini menggunakan pendekatan *green lean six sigma*, dengan usulan perbaikan menggunakan *recommended action planning* FMEA. Penelitian ini dirancang dan disusun dengan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Data-data kuantitatif seperti data jumlah produksi dan cacat produk dikumpulkan dan diolah dengan menggunakan tahapan dari siklus *define, measure, analyze, improve, dan control* (DMAIC), namun penelitian ini hanya sampai tahap *improve*.

Pada penelitian ini dilakukan identifikasi *waste* dengan cara menyebarkan kuesioner ke empat responden dan didapatkan hasil *waste* tertinggi yaitu *waste defect*, sehingga *waste defect* menjadi *waste* prioritas yang menjadi fokus dalam penelitian ini. Pada *waste defect* dilakukan identifikasi *critical to quality* yang didapatkan hasil 5 kategori jenis cacat, selanjutnya dipilih cacat paling dominan berdasarkan konsep diagram pareto yaitu cacat bocor *lid*, *lid* miring, dan *cup* penyok. Tahap selanjutnya identifikasi aktivitas proses produksi untuk mengklasifikasikan jenis aktivitas ke dalam tipe aktivitas *value added, necessary non value added* dan *non value added*, sehingga dapat dihitung *process cycle efficiency* kondisi awal yaitu sebesar 68,594 %. Tahap selanjutnya identifikasi dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat adanya cacat produk bocor *lid* dan dapat diketahui bahwa limbah yang dihasilkan yaitu air sebanyak 3.962.448 liter dan *cup* yang tidak terpakai lagi sebanyak 165.102 pcs. Tahap berikutnya pada perhitungan peta kendali P terdapat data yang berada di luar batas kendali atas

maupun batas kendali bawah. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat variasi penyebab khusus yang harus dihilangkan. Tahap berikutnya didapatkan level *sigma* sebesar 4,141 dan nilai DPMO sebesar 4133,920, karena tingkat *sigma* yang dihasilkan tidak mencapai target *sigma* yang diharapkan perusahaan maka perlu dilakukan perbaikan untuk mencapai target *six sigma*.

Pada tahap selanjutnya yaitu melakukan analisa dengan menggunakan diagram *fishbone* dan *failure mode and effect analysis*, sehingga didapatkan penyebab terjadi cacat bocor *lid* adalah *bucket* yang belum diperbaiki, penyebab cacat *lid* miring adalah kualitas bahan baku dari *supplier* kurang baik, dan penyebab cacat *cup* penyok adalah tidak ada SOP pemindahan material.

Untuk memperbaiki proses produksi maka usulan perbaikan yang disarankan yaitu mengeliminasi aktivitas transportasi *cup* dan gulungan *lid* ke ruang produksi dengan cara transportasi *cup* dan gulungan *lid* langsung ke mesin, sehingga waktu aktivitas yang semula 30 detik menjadi 0 detik, mereduksi waktu aktivitas transportasi ke penyimpanan sementara dengan cara mendekati penyimpanan sementara dengan stasiun inspeksi, sehingga waktu aktivitas yang semula 10 detik menjadi 5 detik, serta mengeliminasi aktivitas menunggu dimana *cup* dan gulungan *lid* menunggu untuk diletakan di mesin oleh karena itu usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah langsung meletakkan *cup* dan gulungan *lid* di mesin, sehingga waktu aktivitas yang semula 30 detik menjadi 0 detik. *Process cycle efficiency* mengalami peningkatan yang semula sebesar 68,594 % menjadi 70,573%. Usulan untuk meminimasi potensi kegagalan yaitu dilakukan dengan cara memperbaiki *bucket* dan melakukan *maintenance*, memeriksa kembali bahan baku dari *supplier*, melakukan *complain* kepada *supplier*, melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku, membuat SOP pemindahan material, meningkatkan pengawasan terhadap kinerja karyawan, dan memberikan teguran kepada pekerja yang kurang disiplin.

Kata Kunci: *Green Lean Six Sigma, Waste, Value Stream Mapping, FMEA*

ABSTRAK

Dewi Destryna Juno. USULAN MINIMASI WASTE DENGAN PENDEKATAN *GREEN LEAN SIX SIGMA* PADA PROSES PRODUKSI AIR MINUM DALAM KEMASAN CUP 240 ML DI PT BANYU REVERSE OSMOSIS. Dibimbing oleh IR. MARIA ULFAH, MT dan KULSUM, ST., MT.

PT Banyu Reverse Osmosis merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Dalam proses produksi masih sering ditemukan adanya pemborosan (*waste*) yang mengakibatkan cacat produk sehingga menimbulkan adanya limbah dari produk cacat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi, menghitung nilai DPMO dan tingkat level *sigma* produk, menentukan penyebab cacat dominan produk AMDK *cup* 240 ml, mengidentifikasi limbah yang dihasilkan akibat adanya cacat produk, memberikan usulan perbaikan pada proses produksi, serta memberikan usulan untuk meminimasi penyebab kegagalan potensial pada produk AMDK *cup* 240 ml. Penelitian ini menggunakan pendekatan *green lean six sigma*. Berdasarkan hasil penelitian, *waste* paling prioritas adalah *waste defect*. Tingkat kemampuan *sigma* yang dicapai PT Banyu Reverse Osmosis dalam produksi AMDK *Cup* 240 ml adalah 4,141 dengan nilai DPMO 4133,920. Dengan menggunakan diagram pareto maka dapat diketahui *critical to quality (CTQ)* kunci yaitu bocor *lid*, *lid* miring, dan *cup* penyok. Setelah itu dengan FMEA diketahui faktor yang paling berpengaruh menyebabkan ketiga jenis cacat tersebut. Usulan perbaikan terhadap limbah yang dihasilkan yaitu perusahaan melakukan kegiatan gotong-royong untuk membersihkan genangan air ataupun selokan, serta menjual *cup* tidak terpakai ke pemulung. Usulan perbaikan proses produksi yaitu mereduksi dan mengeliminasi aktivitas yang termasuk *waste*. Usulan untuk meminimasi potensi kegagalan yaitu dilakukan dengan cara memperbaiki *bucket* dan melakukan *maintenance*, memeriksa kembali bahan baku dari *supplier*, melakukan *complain* kepada *supplier*, melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku, membuat SOP pemindahan material, meningkatkan pengawasan terhadap kinerja karyawan, dan memberikan teguran kepada pekerja yang kurang disiplin.

Kata Kunci : *Green Lean Six Sigma, Waste, Value Stream Mapping, FMEA*

ABSTRACT

Dewi Destryna Juno. PROPOSED WASTE MINIMIZATION WITH GREEN LEAN SIX SIGMA APPROACH ON PRODUCTION PROCESS OF DRINKING WATER IN THE PACK OF CUP 240 ML AT THE PT BANYU REVERSE OSMOSIS. Dibimbing oleh IR. MARIA ULFAH, MT dan KULSUM, ST., MT.

PT Banyu Reverse Osmosis is a company engaged in the production of Bottled Drinking Water (AMDK). In the production process, waste is often found which results in product defects that cause waste from the defective product. This study aims to identify the waste that occurs in the production process, calculate the DPMO value and product sigma level, determine the dominant causes of defects in 240 ml cups of AMDK products, identify the waste produced due to product defects, provide recommendations for improvements in the production process, and provide suggestions to minimize the potential cause of failure in 240 ml cup AMDK products. This study uses the green lean six sigma approach. Based on the results of the research, the most priority waste is waste defect. The level of sigma capability achieved by PT Banyu Reverse Osmosis in the production of 240 ml AMDK Cup is 4,141 with DPMO 4133,920. By using the Pareto diagram, the key critical to quality (CTQ) can be identified, namely leaking lid, tilting lid, and dent cup. After that, with FMEA it was found that the most influential factors caused the three types of defects. Proposed improvements to the waste produced by the company carry out mutual cooperation activities to clean up stagnant water or sewers, and sell unused cups to scavengers. The proposed improvement in the production process is to reduce and eliminate activities that include waste. Proposal to minimize potential failures is done by improving buckets and doing maintenance, checking raw materials from suppliers, complaining to suppliers, communicating with suppliers regarding raw material specifications, making SOPs for material transfer, increasing supervision of employee performance, and giving reprimands to workers who lack discipline.

Keyword : Green Lean Six Sigma, Waste, Value Stream Mapping, FMEA

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul	i
Halaman Judul.....	ii
Pernyataan Keaslian Skripsi.....	iii
Halaman Pengesahan	iv
Prakata.....	v
Ringkasan.....	vii
Abstrak Bahasa Indonesia.....	ix
Abstrak Bahasa Inggris	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel	xv
Daftar Gambar.....	xvi
Daftar Arti Lambang, Singkatan, dan Istilah	xviii
Daftar Lampiran	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Batasan Masalah.....	8
1.5 Sistematika Penulisan.....	9
1.6 Penelitian Terdahulu	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Kualitas.....	15
2.2 Konsep <i>Green</i>	16
2.3 Limbah	18
2.4 Dampak Pencemaran Limbah Plastik dan Permasalahannya.....	20
2.5 <i>Design for Environment (DfE)</i>	20
2.5.1 Tipologi Model Aktivitas.....	22

2.5.2	Siklus Hidup Produk	23
2.6	Konsep <i>Lean Manufacturing</i>	26
2.6.1	Prinsip Dasar <i>Lean</i>	29
2.7	Pemborosan (<i>Waste</i>).....	30
2.7.1	Jenis-jenis Aktivitas	30
2.7.2	Jenis-jenis Pemborosan	31
2.8	<i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	32
2.8.1	Bagian-bagian <i>Value Stream Mapping</i>	32
2.8.2	Simbol-simbol <i>Value Stream Mapping</i>	34
2.9	<i>Value Stream Analysis Tools</i> (VALSAT)	35
2.10	<i>Six Sigma</i>	39
2.11	Tahapan <i>Six Sigma</i>	40
2.11.1	<i>Define</i>	41
2.11.2	<i>Measure</i>	41
2.11.3	<i>Analyze</i>	41
2.11.4	<i>Improve</i>	41
2.11.5	<i>Control</i>	42
2.12	<i>Tools Six Sigma</i>	42
2.12.1	Diagram SIPOC	42
2.12.2	<i>Critical to Quality</i> (CTQ).....	43
2.12.3	Diagram Pareto.....	44
2.12.4	Peta Kendali P.....	45
2.12.5	Perhitungan DPMO dan Level <i>Sigma</i>	46
2.12.6	Diagram <i>Fishbone</i>	47
2.13	<i>Lean Six Sigma</i>	48
2.14	<i>Green Lean Six Sigma</i>	49
2.15	<i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA).....	51
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Rancangan Penelitian	54
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	54
3.3	Cara Pengumpulan Data.....	55

3.3.1	Data Primer	55
3.3.2	Data Sekunder	55
3.4	Alur Penelitian.....	56
3.4.1	<i>Flow Chart</i> Penelitian Umum	56
3.4.2	<i>Flow Chart</i> Pemecahan Masalah <i>Green Lean Six Sigma</i>	58
3.4.3	<i>Flow Chart</i> Pemecahan Masalah <i>Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)</i>	58
3.5	Deskripsi Pemecahan Masalah.....	59
3.5.1	Deskripsi <i>Flow Chart</i> Penelitian Umum.....	60
3.5.2	Deskripsi <i>Flow Chart</i> Pemecahan Masalah <i>Green Lean Six Sigma</i>	62
3.5.3	Deskripsi <i>Flow Chart</i> Pemecahan Masalah <i>Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)</i>	65
3.6	Analisis Data	67
BAB IV HASIL PENELITIAN		
4.1	Pengumpulan Data	70
4.1.1	Profil Perusahaan.....	71
4.1.2	Data Produksi	72
4.2	Pengolahan Data.....	73
4.2.1	Tahap <i>Define</i>	73
4.2.1.1	Identifikasi Produk Amatan	74
4.2.1.2	Identifikasi Aliran Fisik Proses Produksi.....	74
4.2.1.3	Identifikasi <i>Critical to Quality (CTQ)</i> Produk.....	75
4.2.1.4	Identifikasi <i>Waste</i>	77
4.2.1.5	<i>Process Activity Mapping</i>	80
4.2.1.6	Identifikasi Aktivitas Proses Produksi	83
4.2.1.7	<i>Current State Value Stream Mapping</i> Produksi AMDK <i>Cup</i> 240 ml.....	85
4.2.1.8	Identifikasi Dampak Lingkungan.....	87
4.2.2	Tahap <i>Measure</i>	88
4.2.2.1	Perhitungan <i>Process Cycle Efficiency</i>	88
4.2.2.2	Diagram Pareto.....	89

4.2.2.3 Peta Kendali P	90
4.2.2.4 Perhitungan DPMO dan Level <i>Sigma</i>	93
4.2.2.5 Perhitungan Total Limbah Produk AMDK <i>Cup</i> 240 ml	95
4.2.3 Tahap <i>Analyze</i>	96
4.2.3.1 Diagram <i>Fishbone</i> Cacat Produk	96
4.2.3.2 Diagram <i>Fishbone</i> Limbah	100
4.2.3.3 CFMEA	102
4.2.3.4 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	104
4.2.4 Tahap <i>Improve</i>	109
4.2.4.1 <i>Action Planning</i> FMEA Cacat Produk	109
4.2.4.2 <i>Action Planning</i> FMEA Limbah	116
4.2.4.3 Usulan <i>Future State Value Stream Mapping</i>	119
4.2.4.4 Perbandingan Kondisi Awal dan Usulan Perbaikan	125
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	
5.1 Analisa Tahap <i>Define</i>	127
5.2 Analisa Tahap <i>Measure</i>	131
5.3 Analisa Tahap <i>Analyze</i>	133
5.3.1 Analisa Diagram <i>Fishbone</i>	133
5.3.2 Analisa <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	135
5.4 Analisa Tahap <i>Improve</i>	137
5.4.1 Analisa Usulan Perbaikan <i>Process Cycle Efficiency</i>	141
5.4.2 Analisa Usulan Penanganan Limbah	143
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
11.1 Kesimpulan	146
11.2 Saran	147
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terdahulu	11
Tabel 2. Simbol-simbol dalam <i>Value Stream Mapping</i>	34
Tabel 3. <i>Value Stream Mapping Tools</i>	36
Tabel 4. Tingkat Kualitas <i>Sigma</i>	40
Tabel 5. <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA)	53
Tabel 6. <i>Rating Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA).....	53
Tabel 7. Data Produksi	72
Tabel 8. Bobot Kuesioner <i>Waste</i> Proses Produksi AMDK <i>Cup</i> 240 ml.....	77
Tabel 9. <i>Value Stream Mapping Tools</i>	79
Tabel 10. <i>Value Stream Mapping Analysis Tools</i> (VALSAT).....	80
Tabel 11. <i>Value Added</i> (VA).....	83
Tabel 12. <i>Necessary Non Value Added</i> (NNVA).....	84
Tabel 13. <i>Non Value Added</i> (NVA)	85
Tabel 14. Persentase Pengelompokan Waktu Aktivitas Produksi	85
Tabel 15. Persentase Pengelompokan Waktu Aktivitas Produksi	88
Tabel 16. Persentase Jenis Cacat pada Produk AMDK <i>Cup</i> 240 ml	89
Tabel 17. Perhitungan Batas Kendali Peta P.....	91
Tabel 18. Perhitungan DPMO dan Level <i>Sigma</i>	93
Tabel 19. Perhitungan Total Limbah Produk AMDK <i>Cup</i> 240 ml.....	95
Tabel 20. <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA) Cacat Produk.....	105
Tabel 21. <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA) Limbah	108
Tabel 22. <i>Action Planning</i> FMEA Cacat Produk.....	112
Tabel 23. <i>Action Planning</i> FMEA Limbah	117
Tabel 24. Rencana Usulan Perbaikan <i>Necessary Non Value Added</i> (NNVA)	119
Tabel 25. Rencana Usulan Perbaikan <i>Non Value Added</i> (NVA)	120
Tabel 26. Perbandingan Kondisi Awal dan Usulan Perbaikan Aktivitas	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tujuan dan Karakteristik DfE	22
Gambar 2. Model Aktivitas Aliran Sumber Daya Material	23
Gambar 3. Siklus Hidup Fisik Produk dan Aliran Dumber Daya Material	24
Gambar 4. Diagram SIPOC	43
Gambar 5. Diagram Pareto.....	44
Gambar 6. Peta Kendali P Produk D.16.....	46
Gambar 7. Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Kerusakan Produk Air Minum Kemasan	48
Gambar 8. <i>Flow Chart</i> Penelitian Umum	57
Gambar 9. <i>Flow Chart</i> Pemecahan Masalah <i>Green Lean Six Sigma</i>	58
Gambar 10 <i>Flow Chart</i> Pemecahan Masalah FMEA	59
Gambar 11. Produk PT Banyu Reverse Osmosis.....	71
Gambar 12. Diagram SIPOC PT Banyu Reverse Osmosis.....	75
Gambar 13. Cacat Bocor <i>Lid</i>	75
Gambar 14. Cacat <i>Lid</i> Miring	76
Gambar 15. Cacat <i>Cup</i> Penyok	76
Gambar 16. Isi Tidak Sesuai Spesifikasi.....	76
Gambar 17. Cacat Kotor Air	77
Gambar 18. Persentase <i>Waste</i>	78
Gambar 19. Peta Aliran Proses AMDK <i>Cup</i> 240 ml	81
Gambar 20. <i>Current State Value Stream Mapping</i> PT Banyu Reverse Osmosis	86
Gambar 21. Diagram Pareto.....	90
Gambar 19. Peta Kendali P Produk AMDK <i>Cup</i> 240 ml	92
Gambar 20. Diagram <i>Fishbone</i> Cacat Bocor <i>Lid</i>	98
Gambar 21. Diagram <i>Fishbone</i> Cacat <i>Lid</i> Miring	99
Gambar 22. Diagram <i>Fishbone</i> Cacat <i>Cup</i> Penyok	100
Diagram <i>Fishbone</i> Limbah	101

Diagram CFMEA Cacat Bocor <i>Lid</i>	102
Diagram CFMEA Cacat <i>Lid</i> Miring	103
Diagram CFMEA Cacat <i>Cup</i> Penyok	103
Diagram CFMEA Limbah.....	104
Gambar 23. Rencana Usulan Peta Aliran Proses AMDK <i>Cup</i> 240 ml	122
Gambar 24. <i>Future State Value Stream Mapping</i> PT Banyu Reverse Osmosis	124



DAFTAR ARTI LAMBANG, SINGKATAN, DAN ISTILAH

Lambang/ Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama Kali pada Halaman
AMDK	Air Minum Dalam Kemasan	1
AMIU	Air minum isi ulang	1
Aspadin	Asosiasi Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan Indonesia)	1
HPP	Harga pokok produksi	8
GM	<i>Green manufacturing</i>	16
LM	<i>Lean Manufacturing</i>	17
TPA	Tempat pembuangan akhir	20
TPS	<i>Toyota production system</i>	27
VA	<i>Value adding activity</i>	30
NNVA	<i>Necessary non value adding activity</i>	30
NVA	<i>Non value adding activity</i>	31
VSM	<i>Value stream mapping</i>	32
PLT	<i>Production lead time</i>	33
VALSAT	<i>Value stream mapping tools</i>	35
PAM	<i>Process activity mapping</i>	36
SCRM	<i>Supply chain response matrix</i>	36
PVF	<i>Production variety funnel</i>	36
QFM	<i>Quality filter mapping</i>	36
DAM	<i>Demand amplification mapping</i>	36
DPA	<i>Decision point analysis</i>	36
PS	<i>Physical structure</i>	36
H	<i>High correlation and usefullness</i>	36
M	<i>Medium correlation and usefullness</i>	36
L	<i>Low correlation and usefullness</i>	36
DPMO	<i>Defects per million opportunities</i>	39
PPM	<i>Part per million</i>	39
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>	40
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output</i>	42
CTQ	<i>Critical to quality</i>	43
CL	<i>Center line</i>	46
UCL	<i>Upper control limit</i>	46
LCL	<i>Lower control limit</i>	46
DPU	<i>Defect per unit</i>	47
DPO	<i>Defect per opportunities</i>	47
FMEA	<i>Failure mode and effect analysis</i>	51
O	<i>Occurrence</i>	53
S	<i>Severity</i>	53
D	<i>Detection</i>	53

RPN	<i>Rank priority number</i>	53
Cp	Kapabilitas proses	92
Notasi	<i>Sigma</i>	39



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Harga Pokok Produksi 1 pcs AMDK *Cup* 240 ml

Lampiran 2. Kuesioner Penelitian



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok makhluk hidup mulai dari manusia, hewan, dan tumbuhan. Air memiliki banyak fungsi, contohnya dalam aktivitas rumah tangga air digunakan untuk minum, memasak, mencuci, mandi, dan sebagainya. Air minum merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia karena apabila kebutuhan air tidak terpenuhi maka akan berdampak pada kelangsungan hidup manusia. Air minum yang baik bagi kesehatan merupakan air yang bersih dan bebas kuman. Di wilayah perkotaan semakin sulit untuk mendapatkan air bersih dan bebas kuman karena sumber air yang tersedia seperti air sungai maupun air bawah tanah sudah banyak tercemar, sehingga harus diolah terlebih dahulu karena tidak layak dikonsumsi secara langsung.

Semakin berkembangnya teknologi maka semakin berkembang pula penyediaan air minum. Misalnya, pengadaan AMDK (Air Minum dalam Kemasan), persediaan Air Minum Isi Ulang (AMIU). Menurut data dari balai POM ada sekitar 376 merek air kemasan yang beredar di Indonesia. Perusahaan AMDK yang terdaftar di Deperindag ada 270 perusahaan dan memproduksi sekitar 150, sementara yang menjadi anggota Aspadin (Asosiasi Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan Indonesia) hanya sekitar 70 perusahaan. Dengan banyaknya perusahaan AMDK yang dibangun menimbulkan persaingan ketat diantara para produsen. Setelah mengalami perkembangan pesat ini, kini para pengusaha minuman harus ekstra hati-hati (Syamsul, 2010). Para konsumen akan memilih air minum yang memiliki kualitas yang baik dan harga yang sebanding dengan kualitas produk serta manfaat yang didapat jika mengkonsumsi air minum tersebut (Ningsih, dkk, 2016).

Kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, jasa, manusia atau tenaga kerja, proses dan tugas, serta lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan pelanggan atau konsumen (Amrina dan Fajrah,

2015). Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan pasar. Perusahaan harus benar-benar dapat memahami apa yang dibutuhkan konsumen atas suatu produk yang akan dihasilkan (Amrina dan Fajrah, 2015).

Dengan demikian produk-produk didesain, diproduksi, serta pelayanan diberikan untuk memenuhi keinginan pelanggan. Karena kualitas mengacu kepada segala sesuatu yang menentukan kepuasan pelanggan maka suatu produk yang dihasilkan baru dapat dikatakan berkualitas apabila sesuai dengan keinginan pelanggan, dapat dimanfaatkan dengan baik, serta diproduksi dengan cara yang baik dan benar. Kualitas juga dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang menentukan kepuasan pelanggan dan upaya perubahan kearah perbaikan terus-menerus (Amrina dan Fajrah, 2015).

Namun, perkembangan sekarang tidak hanya memperhatikan kualitas barang. Semakin munculnya isu-isu lingkungan semakin mendorong konsumen untuk ikut serta melestarikan lingkungan. Hal ini membuat konsumen juga menuntut produsen untuk ikut serta melakukan hal yang sama, melestarikan lingkungan. Produsen juga akan mencari cara supaya mereka bisa memenuhi keinginan konsumen dan lingkungan. Dengan banyaknya jumlah *defect* yang terjadi, terdapat indikasi besarnya dampak lingkungan yang terjadi pada proses produksi perusahaan (Arifin dan Supriyanto, 2012).

PT Banyu Reverse Osmosis merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). PT Banyu Reverse Osmosis atau biasa disebut PT BAROS terletak di Kecamatan Baros, Kabupaten Serang, Banten. Perusahaan ini memproduksi air minum kemasan dalam galon 19 liter, botol 600 ml dan *cup* 240 ml dengan *merk* dagang: Air Baros, Wonka dan Amitra. Air minum dalam kemasan tersebut dijual ke berbagai agen, distributor, toko dan lain sebagainya.

Dalam proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml masih sering ditemukan adanya pemborosan (*waste*), yaitu produksi berlebih, menunggu, persediaan berlebih, transportasi, ketidaksesuaian proses, gerakan yang tidak perlu, dan cacat produk. Pemborosan yang sering terjadi yaitu pemborosan cacat

produk. Hal tersebut disebabkan oleh produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan.

Sebagian besar pemborosan terjadi pada saat proses produksi air mineral ke dalam *cup* 240 ml. Beberapa kegiatan produksi masih manual seperti proses transportasi, inspeksi, penyortiran *cup*, serta transportasi produk jadi ke gudang. Berdasarkan data produksi tahun 2018, produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml mengalami cacat sebanyak 451.344 pcs dari total produksi yang dihasilkan sebesar 21.819.648 pcs. Jumlah cacat tersebut menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Oleh karena itu, perbaikan dapat dilakukan dengan cara meminimasi *waste*, sehingga diharapkan perusahaan dapat mendapatkan keuntungan yang maksimal.

Selain itu, adanya cacat produk yang dihasilkan akan berdampak pada lingkungan, karena beberapa jenis cacat produk seperti cacat bocor *lid* dan cacat kotor air akan dipisahkan kemudian dibuka kembali kemasannya dan air yang ada di dalamnya dibuang air ke penampungan yang kemudian dialirkan ke selokan. Hal tersebut menyebabkan adanya limbah cair dan limbah padat. Menurut Hozairi (2017), limbah merupakan suatu barang (benda) sisa dari kegiatan produksi yang tidak bermanfaat/bernilai ekonomi lagi. Limbah jika tidak ditangani dengan serius, akan menimbulkan banyak masalah. Diantaranya limbah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan contohnya pencemaran sungai, ini dapat membunuh ikan-ikan yang hidup di sungai yang dijadikan tempat pembuangan sampah.

Limbah cair yang dihasilkan akibat adanya cacat produk air minum ini berupa air hasil cacat produk yang ditampung kembali kemudian dialirkan ke selokan, sedangkan limbah padat yang dihasilkan yaitu limbah *cup* yang sudah tidak terpakai lagi. Limbah *cup* yang berupa plastik dapat mencemari lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik. Menurut Yana dan Badaruddin (2017) barang berbahan plastik tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air, tidak dapat berkarat dan tidak dapat untuk diuraikan (di degradasi) di dalam tanah yang pada akhirnya akan menyebabkan permasalahan bagi lingkungan.

Banyaknya limbah plastik yang terbuang akan meningkatkan jumlah limbah plastik yang ada di lingkungan. Hal tersebut juga merugikan perusahaan karena bahan baku yang sudah dibeli terbuang begitu saja sehingga tidak memberikan nilai jual bagi perusahaan sebagai mana mestinya. Dengan menurunnya jumlah *waste* yang terjadi, diharapkan nantinya akan terjadi penurunan total limbah dan dampak lingkungan yang terjadi.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada PT Banyu Reverse Osmosis, peneliti menggunakan pendekatan *green lean six sigma* untuk mendapatkan solusi dari permasalahan tersebut. Pendekatan *lean six sigma* yang dikombinasikan dengan manajemen lingkungan akan menghasilkan *green lean six sigma* yang dapat menghilangkan pemborosan dan meminimasi cacat serta mengukur dampak lingkungan dari proses produksi yang terjadi, (Gasperzs, 2007). Namun, menurut Raymond (2009) dalam aplikasi *green lean six sigma* tidak hanya dapat mengukur dampak lingkungan saja tetapi juga dapat diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan pemakaian energi, permasalahan dalam hal *packaging & logistics*, serta *solid waste* untuk mencapai performansi yang optimal.

Konsep *green* menjadi penting sebagai akibat dari meningkatnya tuntutan dan kesadaran ekologis konsumen tentang bagaimana produk mempengaruhi lingkungan. Ini berarti bahwa di samping keuntungan sebagai tujuan utama dari sebuah bisnis, proses peningkatan kualitas *green* menjadi sama pentingnya (Hasan, 2016). *Green sigma* ini dikembangkan oleh IBM untuk memantau dampak lingkungan dalam melakukan *quality improvement*. IBM menggunakan lima tahap implementasi *green sigma*. *Lean Green Six Sigma* merupakan sebuah ide kreatif dengan menggabungkan aspek kualitas, *flow process*, dan juga aspek lingkungan. Penelitian tersebut didasari dengan semakin bertumbuhnya kebutuhan untuk ikut serta menjaga lingkungan, sehingga, konsep *lean six sigma* yang telah diterapkan diarahkan untuk ramah lingkungan (Arifin dan Supriyanto, 2012).

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini dilakukan oleh Soedarmadji, dkk (2015) mengenai penerapan konsep *green manufacturing* pada botol minuman kemasan plastik. Penerapan *Green Manufacturing* dalam proses produksi botol minuman kemasan plastik melalui beberapa tahap yaitu proses

pewarnaan, persiapan pembersihan, perbaikan ramah lingkungan, dan kondisi ramah lingkungan, mineral, dan sisanya 20% untuk kemasan lainnya. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu variabel pewarnaan berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap variabel persiapan pembersihan, variabel persiapan pembersihan berpengaruh positif dan signifikan terhadap perbaikan ramah lingkungan, variabel perbaikan ramah lingkungan berpengaruh positif dan signifikan terhadap kondisi ramah lingkungan, variabel pewarnaan juga berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap kondisi ramah lingkungan.

Penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini dilakukan oleh Krusanto (2011) mengenai penerapan metode *lean manufacturing* pada proses produksi keramik. Penelitian ini mengidentifikasi aktivitas secara keseluruhan menggunakan *Big Picture Mapping*, *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT) dan menganalisa penyebab pemborosan yang ada selama proses produksi dengan *fish bone chart* dan memberikan usulan perbaikan dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*) untuk mengurangi *waste* yang ada pada proses produksi. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa *waste* terbesar adalah *Defect* (4,57) dan *waste* terkecil adalah *motion* (0,86) dengan kegiatan *Value Added* 76,19% dengan waktu aktivitas 63,35%. Kegiatan *Non Value Added* 7,14% dengan waktu aktivitas 16,46%. Kegiatan *Necessary but Non Value Added* 16,60% dengan waktu aktivitas 20,19%.

Penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian dilakukan oleh Rimantho dan Mariani (2017) mengenai penerapan metode *Six Sigma* pada pengendalian kualitas air baku pada produksi makanan. Penelitian ini menggunakan metode *Six Sigma* dengan konsep DMAIC. Dengan menggunakan diagram Pareto diketahui bahwa air cenderung asam, keruh, dan memiliki kandungan besi berlebih. Selanjutnya, diagram *fishbone* digunakan guna mengetahui persentase cacat terbesar. Perbaikan dilakukan dengan FMEA pada nilai RPN tertinggi yaitu pada *filter*. Sebagai tambahan, nilai level *sigma* sebelum perbaikan adalah 3,3 dengan kemungkinan cacat sebesar 34.491 untuk sejuta

proses. Kemudian, setelah perbaikan nilai *sigma* menjadi 4,09 dengan kemungkinan kegagalan proses sebesar 5.526.

Penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini dilakukan oleh Gultom, dkk (2013) melakukan penelitian mengenai penerapan *lean six sigma* pada produksi transformator dalam upaya menerapkan konsep pengendalian mutu dan pengurangan pemborosan. Metode yang digunakan adalah metode *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC) dan menggunakan alat analisis *value stream mapping*. Hasil penelitian menunjukkan kondisi *lean* kondisi setelah perbaikan adalah 82% dengan tingkat *sigma* pada tahap inspeksi 2 dan inspeksi 3 masing-masing sebesar 3,38 dan 4,01. Usulan perbaikan berupa penerapan prosedur kerja pada bagian penggulungan kumparan, penerapan metode 5S, perawatan mesin, dan pelatihan operator secara berkala.

Penelitian internasional yang berkaitan dengan penelitian ini dilakukan oleh Raymond (2009). Penelitian ini mengenai pendekatan *Six Sigma* yang diaplikasikan dalam manajemen energi dimana tujuannya adalah untuk meningkatkan integrasi operasi *supply chain*, pendekatan tersebut diberi nama *Green Sigma* yaitu dengan menerapkan metode *Lean Six Sigma* untuk isu-isu lingkungan. Penelitian tersebut dilakukan untuk mereduksi pemakaian energi yang dianalisis dari *energy use report* yang secara umum dapat dilakukan dengan melakukan identifikasi KPI lalu mengukur *baseline* energi kemudian melakukan optimisasi dengan melihat kepada proses dan faktor biaya.

Penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini dilakukan oleh Arifin dan Supriyanto (2012) mengenai aplikasi metode *lean six sigma* untuk usulan improvisasi lini produksi dengan mempertimbangkan faktor lingkungan. Penelitian ini dilakukan di PT Philips Lighting Surabaya. Pada pelaksanaan proses produksinya, perusahaan menemui beberapa kendala yang terkait dengan *waste*. Analisis *lean six sigma* dengan menggunakan *value stream mapping* menunjukkan terjadi *defect* di mesin *finishing* dan *waiting* di mesin *mounting*. EHS *waste* juga muncul yang mengindikasikan adanya dampak terhadap lingkungan dan kesehatan serta keselamatan pekerja.

Penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini dilakukan oleh Nugraha, dkk (2010) mengenai usulan efisiensi pemakaian energi listrik dengan pendekatan *green lean six sigma*. Penelitian ini dilakukan di divisi *Billet Steel Plant* dengan menetapkan *baseline* pemakaian energi listrik yang akan dibandingkan dengan pemakaian energi listrik aktual sebagai dasar terdapatnya *inefficiency* pemakaian energi listrik setelah itu menentukan prioritas penyebab kegagalan dengan menggunakan metode *multi attribute failure mode analysis* yang selanjutnya dirancang usulan perbaikannya dengan menggunakan 5W + 1H. Kontribusi penelitian ini adalah mengusulkan perbaikan yang dapat menghemat penggunaan energi sebagai peluang untuk menjaga daur hidup dari lingkungan dengan tetap mempertahankan kualitas produk dan meningkatkan produktivitas bagi perusahaan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka akan dilakukan penelitian untuk mengatasi masalah yang sedang dihadapi oleh PT Banyu Reverse Osmosis. Penelitian ini menggunakan pendekatan *green lean six sigma* untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml, mengetahui penyebab *waste*, menghitung nilai *sigma*, mengetahui jenis limbah yang dihasilkan, serta mengusulkan usulan perbaikan untuk meminimalisasi *waste* pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja *waste* yang terdapat pada proses produksi AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis?
2. Berapa nilai DPMO dan level *sigma* AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis?
3. Apa penyebab terjadinya cacat dominan pada produk AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis?
4. Apa limbah yang dihasilkan akibat adanya cacat produk AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis?

5. Bagaimana usulan perbaikan pada proses produksi AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis?
6. Bagaimana usulan perbaikan untuk meminimasi penyebab kegagalan potensial pada produk AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis *waste* yang terdapat pada proses produksi AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.
2. Menghitung nilai DPMO dan tingkat level *sigma* AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.
3. Menentukan penyebab terjadinya cacat dominan pada produk AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.
4. Mengidentifikasi limbah yang dihasilkan akibat adanya cacat produk AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.
5. Memberikan usulan perbaikan pada proses produksi AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.
6. Memberikan usulan perbaikan untuk meminimasi penyebab kegagalan potensial pada produk AMDK *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.

1.4 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yang berguna untuk membatasi penelitian yang dilakukan agar terarah. Berikut merupakan batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Data yang digunakan adalah data produksi dan cacat produk bulan Januari sampai Desember 2018.
2. Penelitian ini hanya sampai pada tahap *improve* pada siklus DMAIC.
3. Harga 1 pcs AMDK *cup* 240 ml sebesar Rp. 222,46., yang merupakan Harga Pokok Produksi (HPP).
4. Limbah yang dihitung hanya limbah yang dihasilkan oleh cacat produk akibat bocor *lid*.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar dalam penyusunan laporan ini dapat tersaji secara sistematis, maka dilakukan penyusunan sistematika penulisannya sebagai berikut ini:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang permasalahan yang mendasari dilakukannya penelitian, perumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan yang digunakan dalam penelitian, sistematika penulisan laporan penelitian, serta penelitian terdahulu yang menunjang penelitian ini.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori-teori yang merupakan landasan bagi pemecahan masalah, analisa, dan pembahasan hasil penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tahapan-tahapan penelitian mulai dari persiapan hingga penyusunan laporan. Berisikan rancangan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, cara pengumpulan data, alur dan deskripsi pemecahan masalah, serta analisis data.

BAB IV HASIL PENELITIAN

Bab ini berisikan data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh yaitu data hasil wawancara, observasi, dan penyebaran kuesioner. Data sekunder yaitu jumlah produksi dan jumlah cacat produk. Selain itu, juga terdapat tahap pengolahan data untuk mendapatkan solusi dari masalah pada perusahaan. Pada pengolahan data, digunakan pendekatan *green lean six sigma* dengan metode DMAIC. Tahap dari metode DMAIC yang digunakan dalam pengolahan data yaitu tahap *Define, Measure, Analyze, dan Improve*.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini meliputi analisis dari hasil pengolahan data dan alternatif dari pemecahan masalah. Tahap dari metode DMAIC yang digunakan dalam analisis pemecahan masalah adalah tahap *Define*, tahap *Measure*, tahap *Analyze*, dan tahap *Improve*. Pada bab ini juga

diuraikan mengenai beberapa usulan perbaikan yang dapat diberikan kepada perusahaan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil pemecahan masalah dan saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

1.6 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dan dijadikan acuan dalam penelitian ini:



Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Objek	Metode	Hasil Penelitian
Wisma Soedarmadji, Surachman, dan Eko Siswanto	Penerapan Konsep <i>Green Manufacturing</i> Pada Botol Minuman Kemasan Plastik	Proses produksi botol minuman kemasan plastik	<i>Green Manufacturing</i>	Hasil penelitian didapatkan bahwa variabel pewarnaan berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap variabel persiapan pembersihan, variabel persiapan pembersihan berpengaruh positif dan signifikan terhadap perbaikan ramah lingkungan, variabel perbaikan ramah lingkungan berpengaruh positif dan signifikan terhadap kondisi ramah lingkungan, variabel pewarnaan juga berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap kondisi ramah lingkungan.
Krusanto	Penerapan Metode <i>Lean Manufacturing</i> Pada Proses Produksi Keramik	Pada Proses Produksi Keramik	<i>Lean Manufacturing</i>	Hasil penelitian diketahui bahwa <i>waste</i> terbesar adalah <i>Defect</i> (4,57) dan <i>waste</i> terkecil adalah <i>motion</i> (0,86) dengan kegiatan <i>Value Added</i> 76,19% dengan waktu aktivitas 63,35%. Kegiatan <i>Non Value Added</i> 7,14% dengan waktu aktivitas 16,46%. Kegiatan <i>Necessary but Non Value Added</i> 16,60% dengan waktu aktivitas 20,19%.
Dino Rimantho dan Desak Made Mariani	Penerapan Metode Six Sigma Pada Pengendalian Kualitas Air Baku Pada Produksi Makanan	Kualitas Air Baku Pada Produksi Makanan	<i>Six Sigma</i>	Hasil penelitian didapatkan bahwa nilai level <i>sigma</i> sebelum perbaikan adalah 3,3 dengan kemungkinan cacat sebesar 34.491 untuk sejuta proses. Kemudian, setelah perbaikan nilai <i>sigma</i> menjadi 4,09 dengan kemungkinan kegagalan proses sebesar 5.526.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (lanjutan)

Sinurmaida Gultom, Tuti Sarma Sinaga, dan Sukaria Sinulingga	Studi Pengendalian Mutu Dengan Menggunakan Pendekatan <i>Lean Six Sigma</i> Pada PT. XYZ	Produksi Transformator	<i>Lean Six Sigma</i>	Hasil penelitian menunjukkan kondisi <i>lean</i> kondisi setelah perbaikan adalah 82% dengan tingkat <i>sigma</i> pada tahap inspeksi 2 dan inspeksi 3 masing-masing sebesar 3,38 dan 4,01. Usulan perbaikan berupa penerapan prosedur kerja pada bagian penggulangan kumparan, penerapan metode 5S, perawatan mesin, dan pelatihan operator secara berkala.
Larry Raymond	<i>A Sigma Approach to Energy Management.</i>	Manajemen Energi Rantai Pasokan IBM	<i>Green lean six sigma</i>	Hasil proses peningkatan integrasi operasi <i>supply chain</i> IBM menghemat energi sebanyak \$ 1M dan manajer situs memiliki alat dan data untuk mengelola energi dengan lebih baik.
Miftachul Arifin dan H. Hari Supriyanto	Aplikasi Metode <i>Lean Six Sigma</i> Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Studi Kasus: Departemen GLS (<i>General Lighting Services</i>) di PT Philips Lighting Surabaya	Proses produksi lampu pijar di Departemen GLS PT Philips Lighting Surabaya	Metode <i>Lean Six Sigma</i> dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan	<i>Value stream mapping</i> menunjukkan terjadi <i>defect</i> di mesin <i>finishing</i> dan <i>waiting</i> di mesin <i>mounting</i> . Dengan menggunakan konsep <i>value management</i> didapatkan alternatif terbaik dengan melakukan pembentukan dan pelatihan tim <i>Total productive maintenance</i> . Alternatif ini meningkatkan nilai <i>sigma defect</i> dari 2,92 menjadi 3,08 dan <i>sigma waiting</i> dari 2,83 menjadi 2,89. Indikator dampak lingkungan juga mengindikasikan penurunan yang sejalan.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (lanjutan)

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Objek	Metode	Hasil Penelitian
Aditya Yanuar Dwi Pradita dan Hari Supriyanto	Penerapan <i>Lean Six Sigma</i> Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Dengan Memperhatikan Faktor Lingkungan Studi Kasus : PT Loka Refractories Wira Jatim	Proses Produksi <i>Formed Refractories</i> di : PT Loka Refractories Wira Jatim	Penerapan <i>Lean Six Sigma</i> dengan Memperhatikan Faktor Lingkungan	Pada penelitian ini disusun tiga <i>alternative</i> yaitu membuat perbaikan dan pengawasan <i>Standar Operational Procedure (SOP)</i> , membuat rencana operasional mesin Rotary Kiln pada produksi BTA dan membuat rencana perbaikan <i>waste rework</i> dan <i>excess Processing</i>
Dyah Ika Rinawati, Diana Puspita Sari, Susatyo Nugroho WP, Fatrin Muljadi, dan Septiana Puji Lestari	Pengelolaan Produksi Menggunakan Pendekatan <i>Lean And Green</i> Untuk Menuju Industri Batik Yang Berkelanjutan (Studi Kasus di UKM Batik Puspa Kencana)	Proses Produksi Batik di UKM Batik Puspa Kencana	Pendekatan <i>Lean and Green</i>	Pada proses produksi batik tulis di UKM Batik Puspa Kencana ditemukan empat pemborosan, yaitu <i>defect, inappropriate processing, overproduction, dan waiting</i> . <i>Value added ratio</i> dari proses produksi yang terukur adalah sebesar 87,18%. Hasil pengukuran dengan pendekatan LCA menggunakan <i>software SIMAPRO</i> diperoleh <i>eco-cost</i> sebesar Rp. 98.734.748,41. Sedangkan <i>Eco-Efficiency Rate (EER)</i> sebesar 88,1%. Alternatif perbaikan proses produksi adalah dengan penerapan prinsip 5S pada proses persiapan pewarnaan dan proses pengeringan. Dengan melakukan perbaikan tersebut diperkirakan tingkat efisiensi akan naik menjadi 94,5%.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (lanjutan)

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Objek	Metode	Hasil Penelitian
Famila Dwi Winati, Adhe Rizky Anugerah dan Dwi Adi Purnama	Desain <i>Lean Production</i> Dengan Aspek <i>Sustainability</i> dan Logika <i>Fuzzy</i> pada <i>Value Stream Analysis Tools</i>	Proses Produksi Gendhis Bag	<i>Lean Production</i> Dengan Aspek <i>Sustainability</i>	Berdasarkan analisis <i>Current State Mapping</i> terdapat banyak aktivitas yang tidak penting dan harus dikurangi. Aspek <i>sustainability</i> dalam Gendhis Bag meliputi aspek lingkungan dengan batasan 10 % untuk limbah kulit dan 15 % untuk limbah PVC. Konsumsi energi pada untuk produksi yaitu 750 watt dan biaya untuk pekerja yaitu Rp 32.800,- per unit. Operator <i>safety</i> memiliki angka kecelakaan yang sangat kecil, sedangkan skor <i>Physical Load Index</i> terbesar terdapat di departemen pemotongan. <i>Future state</i> VSM menunjukkan bahwa waktu NNVA dan NVA dapat berkurang secara signifikan serta <i>lead time</i> dapat dikurangi, sehingga produksi dapat meningkat 12 unit per hari.
Prisman Cahya Nugraha, Faula Arina, dan Putro Ferro Ferdinant	Usulan Efisiensi Pemakaian Energi Listrik dengan Pendekatan <i>Green Lean Six Sigma</i> dan <i>Multi Attribute Failure Mode Analysis</i> (Studi Kasus: Divisi Billet Steel Plant Di PT. XYZ)	Energi listrik di Divisi Billet Steel Plant di PT. XYZ	Pendekatan <i>Green Lean Six Sigma</i>	Hasil penelitian didapatkan lima CTQ waste yang berpengaruh yang jika dihilangkan akan menghasilkan <i>baseline</i> pemakaian energi listrik sebesar 554,259 KWh/ton, sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam prosesnya terdapat inefisiensi yang setelah dianalisis terdapat 18 penyebab dengan penyebab utama yaitu <i>problem</i> KDL, dan usulan perbaikan yang diberikan yaitu operasi satu dapur atau dilakukan revitalisasi terhadap permesinan yang menggunakan pemakaian energi listrik yang besar.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kualitas

Menurut Gaspersz (2001) dalam Amrina dan Fajrah (2015) mutu (kualitas) memiliki definisi yang berbeda dan bervariasi dari yang konvensional sampai yang lebih strategis. Definisi konvensional dari kualitas biasanya menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk, seperti: performansi (*performance*), keandalan (*reliability*), mudah dalam penggunaan (*ease of use*), estetika (*esthetics*), dan sebagainya, sedangkan definisi strategis menyatakan bahwa kualitas adalah segala sesuatu yang mampu memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan (*meeting the needs of customers*).

Kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, jasa, manusia atau tenaga kerja, proses dan tugas, serta lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan pelanggan atau konsumen (Amrina dan Fajrah, 2015). Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan pasar. Perusahaan harus benar-benar dapat memahami apa yang dibutuhkan konsumen atas suatu produk yang akan dihasilkan (Amrina dan Fajrah, 2015). Menurut Nasution (2005) dalam Amrina dan Fajrah (2015) kualitas adalah kecocokan penggunaan produk (*fitness for use*) untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan.

Berdasarkan pengertian dasar tentang kualitas, tampak bahwa kualitas selalu berfokus pada pelanggan (*customer focused quality*). Dengan demikian produk-produk didesain, diproduksi, serta pelayanan diberikan untuk memenuhi keinginan pelanggan, karena kualitas mengacu kepada segala sesuatu yang menentukan kepuasan pelanggan maka suatu produk yang dihasilkan baru dapat dikatakan berkualitas apabila sesuai dengan keinginan pelanggan, dapat dimanfaatkan dengan baik, serta diproduksi dengan cara yang baik dan benar. Kualitas juga dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang menentukan kepuasan pelanggan dan upaya perubahan kearah perbaikan terus-menerus (Amrina dan Fajrah, 2015).

Selain ditinjau dari segi konsumen atau pelanggan, kualitas juga dapat ditinjau dari segi produsen. Menurut Prawirosentono (2004) dalam Amrina dan Fajrah (2015), jika ditinjau dari produsen, mutu adalah keadaan fisik, fungsi, dan sifat suatu produk bersangkutan yang dapat memenuhi selera dan kebutuhan konsumen dengan memuaskan sesuai nilai uang yang telah dikeluarkan. Mutu memiliki dua perspektif yaitu perspektif produsen dan perspektif konsumen. Bila kedua hal ini disatukan maka akan tercapai kesesuaian antara kedua sisi tersebut yang dikenal sebagai kesesuaian untuk digunakan konsumen.

2.2 Konsep *Green*

Green manufacturing merupakan suatu proses produksi yang menggunakan *input* dengan dampak lingkungan yang relatif rendah, sangat efisien, dan menghasilkan sedikit bahkan tidak ada limbah atau polusi. *Green manufacturing* juga mengarahkan untuk mendesain *system* manufaktur yang ramah lingkungan dengan cara mengubah pengelolaan bahan baku, penggunaan *energy*, proses produksi, dan mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. *Green manufacturing* juga dianggap sebagai proses inovatif karena potensi dan alasan yang bermanfaat seperti minimalisasi limbah, pencegahan polusi, konservasi energi dan masalah kesehatan dan keselamatan.

Konsep *green* meliputi proses pembuatan produk dengan penggunaan material minimal dan proses yang meminimasi dampak negatif terhadap lingkungan, hemat energi dan sumber daya alam, aman bagi karyawan, masyarakat, dan konsumen, dengan tetap bernilai ekonomis. Istilah *green* juga dapat digunakan untuk menunjukkan atau mengacu pada rangkaian kegiatan untuk mengurangi dampak dari sebuah proses atau sistem manufaktur terhadap lingkungan jika dibandingkan dengan kondisi awal, seperti pengurangan limbah berbahaya yang dihasilkan, mengurangi penggunaan pendingin (*coolant*) pada proses permesinan, atau mengubah campuran energi yang digunakan sehingga memungkinkan untuk penggunaan sumber energi terbarukan (Dornfeld, 2013).

Green Manufacturing (GM) juga dikenal dengan sejumlah nama yang berbeda atau istilah *clean manufacturing*, *environmentally conscious*

manufacturing, environmentally benign manufacturing, environmentally responsible manufacturing, sustainable manufacturing), atau *sustainable production* (Sangwan dan Mittal, 2015). GM adalah metode manufaktur yang meminimalkan limbah dan polusi melalui desain produk dan proses. *Green Manufacturing* lebih cenderung merupakan sebuah filosofi dibanding standar atau proses. Tujuan utama dari GM adalah keberlanjutan sehingga setiap sektor manufaktur harus memperhatikan bagaimana sumber daya alam yang digunakan saat ini dilestarikan agar terjamin ketersediaannya untuk generasi masa depan. Dalam hal ini, GM lebih melibatkan investasi pada perbaikan proses produksi dibanding membahas teknologi. Hal yang menarik apabila membahas GM adalah bagaimana membedakan *green* dengan *lean manufacturing* (LM). Kedua istilah tersebut kadang-kadang digunakan secara bergantian walaupun sebenarnya memiliki tujuan akhir yang berbeda. Praktek *lean* dan *green* bersifat saling melengkapi. *Lean manufacturing* (LM) fokus pada bagaimana menciptakan *value* yang lebih besar pada konsumen dengan pekerjaan yang lebih sedikit. *Lean* mengacu pada kegiatan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi apakah ada penggunaan sumber daya selain untuk menambah nilai pada konsumen akhir. Jika ada, maka penggunaan sumber daya tersebut didefinisikan sebagai pemborosan dan kemudian akan dicoba untuk dihilangkan (Dornfeld, 2013).

Tujuan *Green Manufacturing* (GM) adalah integrasi berkesinambungan dari perbaikan lingkungan dari proses industri dan produk untuk mengurangi atau mencegah polusi udara, air, dan tanah, mengurangi limbah pada sumbernya, dan untuk meminimalkan resiko terhadap manusia dan spesies lainnya. Tantangan berkaitan dengan implementasi GM adalah bagaimana memenuhi permintaan konsumen/pelanggan akan produk yang ramah lingkungan, mengembangkan skema daur ulang, minimasi penggunaan bahan baku, dan memilih bahan baku dengan dampak lingkungan yang minimal. Berkaitan dengan proses, GM bertujuan untuk konservasi bahan baku dan energi, menghilangkan penggunaan zat beracun, dan mengurangi limbah yang dihasilkan. Berkaitan dengan produk, GM mencoba untuk meminimalkan dampak lingkungan di sepanjang siklus hidup produk. Pada perspektif proses dan produk, terjadi saling tumpang tindih karena

mengadopsi siklus hidup produk yang berarti bahwa dampak lingkungan dari proses manufaktur juga harus dipertimbangkan (Amaranti, dkk, 2017).

Green manufacturing mencakup sejumlah aktivitas, yaitu pencegahan polusi, reduksi penggunaan zat beracun, dan desain untuk lingkungan. Pencegahan polusi fokus pada bagaimana menghindari dan meminimalkan limbah melalui pengurangan sumber limbah atau melakukan daur ulang di tempat. Mengurangi sumber limbah dapat dicapai dengan cara yang berbeda baik yang berhubungan dengan proses maupun dengan produk, diantaranya modifikasi produk dengan mengubah bentuk dan komposisi bahan baku produk; substitusi *input* sehingga penggunaan bahan baku dan bahan tambahan yang menyebabkan polusi serta penggunaan alat bantu proses (misalnya pelumas dan pendingin) lebih sedikit; modifikasi teknologi melibatkan perbaikan proses otomatisasi, proses optimasi, desain ulang peralatan dan substitusi proses; serta perubahan prosedur operasional dan manajemen untuk mengurangi atau menghilangkan limbah dan emisi (Amaranti, dkk, 2017).

Melalui kontrol *green*, efek organisasi bisa dicapai, kualitas produk yang lebih tinggi bersamaan dengan penurunan biaya operasi, waktu, energi dan material yang digunakan. Banyak perusahaan mengakui strategi bisnis *green* sebagai faktor kunci untuk keunggulan kompetitif dan efisiensi bisnis dalam dekade mendatang. Konsep *green* menjadi penting sebagai akibat dari meningkatnya tuntutan dan kesadaran ekologis konsumen tentang bagaimana produk mempengaruhi lingkungan. Ini berarti bahwa di samping keuntungan sebagai tujuan utama dari sebuah bisnis, proses peningkatan kualitas *green* menjadi sama pentingnya (Hasan, 2016).

2.3 Limbah

Limbah adalah zat atau bahan buangan yang dihasilkan dari proses kegiatan manusia. Limbah dapat berupa tumpukan barang bekas, sisa kotoran hewan, tanaman, atau sayuran. Menurut Peraturan Pemerintah Nomer 101 Tahun 2014, limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan. Limbah merupakan suatu barang (benda) sisa dari kegiatan produksi yang tidak bermanfaat/bernilai

ekonomi lagi. Jadi, dapat disimpulkan bahwa limbah merupakan barang yang sudah tidak terpakai yang dibuang karena sudah tidak memiliki nilai guna lagi. Jika kita membicarakan limbah ini sangat luas sekali karena sesuatu yang dibuang dan tidak digunakan lagi merupakan limbah. Limbah jika tidak ditangani dengan serius, akan menimbulkan banyak masalah. Diantaranya limbah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan contohnya pencemaran sungai, ini dapat membunuh ikan-ikan yang hidup di sungai yang dijadikan tempat pembuangan sampah. Lama-lama sampah yang dibuang di sungai akan menumpuk dan menghambat aliran sungai dan hal tersebut dapat menimbulkan banjir. Apalagi karena banyaknya kebutuhan manusia yang tidak pernah puas akan barang-barang dan makanan membuat limbah bukannya semakin menurun, akan tetapi semakin bertambah. Limbah sangat beragam dari bentuk, jenis, dan sifatnya (Hozairi, 2017).

Adapun karakteristik limbah secara umum menurut Nusa Idaman Said, (2011) dalam Hozairi (2017) adalah sebagai berikut:

1. Berukuran mikro, maksudnya ukurannya terdiri atas partikel-partikel kecil yang dapat kita lihat.
2. Penyebarannya berdampak banyak, maksudnya bukan hanya berdampak pada lingkungan yang terkena limbah saja melainkan berdampak pada sektor-sektor kehidupan lainnya, seperti sektor ekonomi, sektor kesehatan dan lain-lain.
3. Berdampak jangka panjang (antargenerasi), maksudnya masalah limbah tidak dapat diselesaikan dalam waktu singkat. Sehingga dampaknya akan ada pada generasi yang akan datang.

Menurut Ign Suharto (2011) dalam Hozairi (2017), limbah dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Limbah cair adalah limbah yang berwujud cair. Limbah cair terlarut dalam air, selalu berpindah, dan tidak pernah diam.
2. Limbah gas adalah limbah zat (zat buangan) yang berwujud gas. Limbah gas dapat dilihat dalam bentuk asap.

3. Limbah padat adalah limbah yang berwujud padat. Limbah padat bersifat kering, tidak dapat berpindah kecuali ada yang memindahkannya.

Di era *modern* ini limbah semakin banyak dan kebanyakan limbah yang dihasilkan merupakan limbah yang susah diurai seperti halnya limbah plastik. Limbah plastik banyak jenisnya diantaranya limbah kantong plastik, limbah botol air mineral juga limbah gelas plastik air mineral (Hozairi, 2017).

2.4 Dampak Pencemaran Limbah Plastik dan Permasalahannya

Limbah plastik memiliki masalah tersendiri setelah tidak dipakai lagi atau dibuang. Barang berbahan plastik tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air, tidak dapat berkarat dan tidak dapat untuk diuraikan (di degradasi) di dalam tanah yang pada akhirnya akan menyebabkan permasalahan bagi lingkungan. Limbah plastik yang ada saat ini pada umumnya dibuang tempat pembaungan akhir (TPA), dibakar atau beberapa diantaranya masih layak untuk didaur ulang (*recycle*). Namun demikian, proses tersebut masih belum dapat menyelesaikan semua permasalahan yang berkaitan dengan limbah plastik tersebut. Agar dapat menghilangkan sifat karsinogen dari pembakaran limbah plastik, maka limbah plastik tersebut dibakar pada suhu tinggi hingga 1000⁰C sehingga tidak ekonomis (Yana dan Badaruddin, 2017).

2.5 Design for Environment (DfE)

Beberapa refleksi tentang hubungan antara teknologi dan lingkungan membuktikan prinsip-prinsip dasar yang dapat berfungsi sebagai dasar untuk pengembangan metodologi yang lebih efektif untuk integrasi lengkap mereka (Allenby, 1994):

- Metodologi harus luas dan didasarkan pada sistemik pernyataan.
- Pendekatan harus multidisiplin (misalnya harus mencakup aspek teknis, hukum, ekonomi, dan politik).
- Teknologi memainkan peran penting dalam solusi lingkungan masalah; oleh karena itu perlu untuk mendorong evolusi teknologi proses dan produk yang berorientasi pada lingkungan perlindungan.

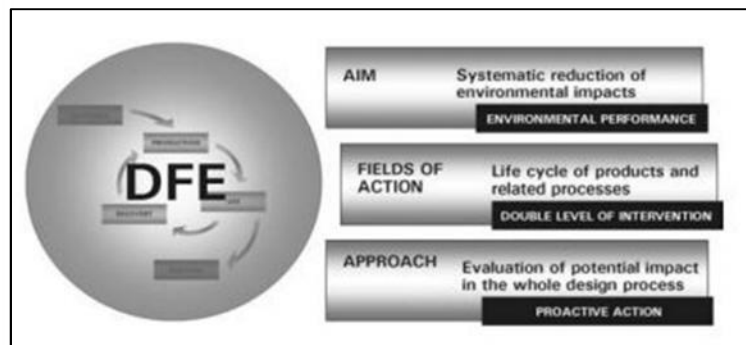
- Semua faktor ekonomi yang terlibat dalam proses pengembangan produk industri harus berasimilasi dengan sistem kendala lingkungan seluas mungkin.
- Kebijakan pembangunan dan tekanan legislatif harus mendorong pengembangan program penelitian dan eksperimen yang mendukung inovasi yang diperlukan oleh perubahan ini.

Penerapan prinsip-prinsip ini dalam praktik industri, di berbagai bidang tingkat dicatat, memerlukan keterlibatan langsung dari desain produk dan proses pengembangan, sebagai vektor penyebaran dan integrasi yang baru kebutuhan lingkungan. Desain untuk Lingkungan (DFE) berasal tepatnya ke memainkan peran strategis ini. Ini definisi, yang setidaknya pada awalnya tidak jelas univocal, telah berkembang selama dekade terakhir. Pertama kali disajikan secara reduktif cara sebagai pendekatan desain diarahkan pada pengurangan limbah industri dan optimalisasi penggunaan material (OTA, 1992), DFE selanjutnya memperoleh dimensi yang lebih tepat. Mempertahankan perhatian yang diperlukan tentang pengelolaan limbah dan sumber daya, dan mengintegrasikannya dalam suatu sistem visi jelas terinspirasi oleh prinsip-prinsip ekologi industri, dapat dipahami lebih lengkap sebagai "proses desain yang harus dipertimbangkan untuk melestarikan dan menggunakan kembali sumber daya bumi yang langka; di mana konsumsi energi dan material dioptimalkan, limbah minimal dihasilkan dan limbah keluaran aliran dari proses apa pun dapat digunakan sebagai bahan baku (*input*) dari yang lain.

Pada akhirnya, DFE dapat didefinisikan sebagai metodologi yang diarahkan pada sistematis pengurangan atau penghapusan dampak lingkungan yang terlibat dalam seluruh siklus hidup suatu produk, dari ekstraksi bahan baku hingga pembuangan. Metodologi ini didasarkan pada evaluasi dampak potensial di seluruh seluruh proses desain. Selain spesifik primernya obyektif dan orientasinya terhadap siklus hidup, DFE ditandai oleh:

- Tingkat dua intervensi, menyangkut produk dan proses.

- Tindakan intervensi proaktif, berdasarkan pada anggapan semakin besar efektivitas intervensi awal dalam pengembangan produk proses (misalnya pada fase desain awal).



Gambar 1. Tujuan dan Karakteristik DFE

Membawa konsep-konsep ini ke dalam dimensi praktik desain, serupa konsep yang dikenal sebagai *Green Engineering Design* menyarankan yang jelas, dua bagian pendekatan (Navin, Chandra, 1991):

- Evaluasi desain untuk menilai kompatibilitas lingkungannya, menggunakan spektrum indeks dan ukuran (“indikator hijau”).
- Analisis hubungan antara keputusan desain dan hijau indikator.

Dalam uraian pendekatan ini, perhatian khusus diberikan pada penggunaan indikator mengukur manfaat lingkungan dari pilihan desain. Ini menjadi bagian dari metrik lingkungan, yang umumnya dapat dipertimbangkan interpretasi algoritmik dari tingkat kinerja dalam kriteria lingkungan (yaitu, atribut produk yang ditemukan signifikan dalam menentukan kinerja lingkungan dari desain produk alternatif) (Veroutis dan Fava, 1996).

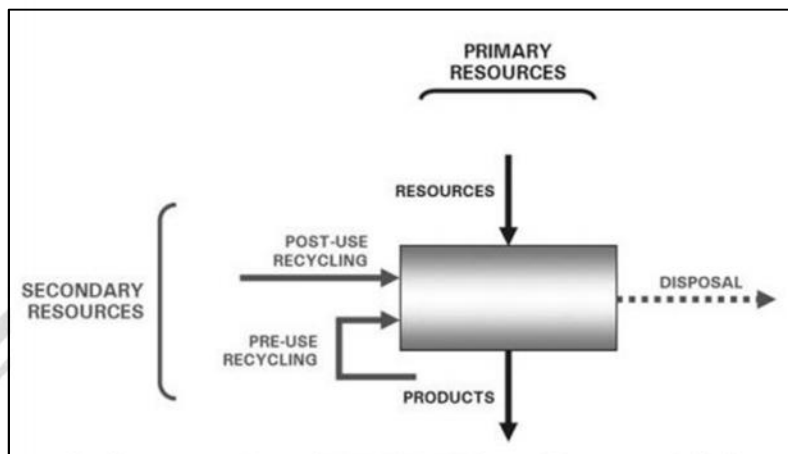
2.5.1 Tipologi Model Aktivitas

Dalam kasus di mana tujuannya adalah untuk mengembangkan model siklus hidup itu hanya mendukung analisis sumber daya material dalam permainan, pembacaan yang lebih sederhana dari kegiatan referensi dimungkinkan, seperti yang diwakili dalam Gambar 2.

Representasi ini hanya memperhitungkan aliran material ke dalam akun, mempertimbangkan sebagai input sumber daya yang memicu aktivitas, dan sebagai output produk dari aktivitas dan segala kemungkinan buangan dan

limbah. Mengenai input sumber daya, bagaimanapun, perlu untuk membuat perbedaan antara:

- Sumber daya primer atau sumber daya alami, datang langsung dari ekosfer.
- Sumber daya sekunder atau daur ulang.



Gambar 2. Model Aktivitas Aliran Sumber Daya Material

Yang terakhir dapat, pada gilirannya, dibagi menjadi:

- Sumber daya sekunder prakonsumsi (misalnya yang berasal dari *discards* dan limbah yang dihasilkan oleh aktivitas itu sendiri).
- Sumber daya sekunder pasca konsumsi (yaitu, yang berasal dari daur ulang produk setelah digunakan dan umur produk yang telah mencapai akhir).

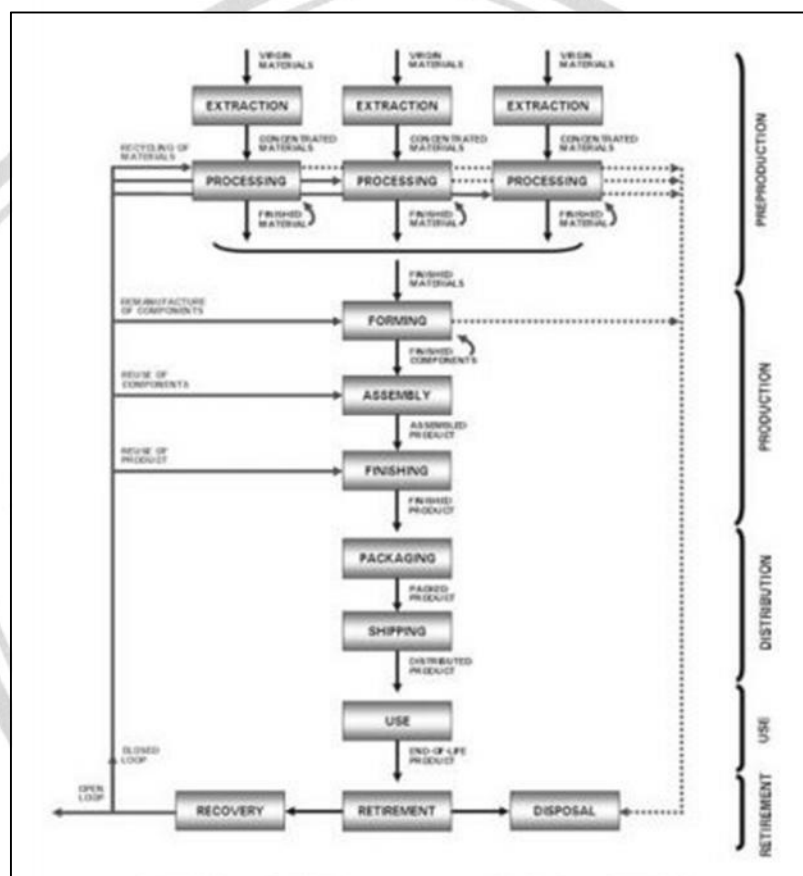
2.5.2 Siklus Hidup Produk

Semua proses transformasi sumber daya yang terlibat dalam produk seluruh siklus hidup fisik dapat dikelompokkan berdasarkan utama berikut fase (Manzini dan Vezzoli, 1998):

1. Praproduksi, di mana bahan dan potongan setengah jadi disiapkan untuk produksi komponen.
2. Produksi, yang melibatkan transformasi bahan, produksi komponen, perakitan produk, dan penyelesaian.
3. Distribusi, yang terdiri dari pengepakan dan pengangkutan yang sudah jadi produk.

4. Gunakan (juga penggunaan produk untuk fungsi yang dimaksudkan) juga termasuk segala kemungkinan operasi servis.
5. Pensiun (sesuai dengan akhir masa manfaat produk), dapat terdiri dari berbagai opsi, mulai dari penggunaan kembali produk hingga pembuangan limbah, tergantung pada tingkat pemulihan yang memungkinkan.

Masing-masing fase ini berinteraksi dengan ekosfer, karena didorong oleh *input* aliran material dan energi dan menghasilkan tidak hanya produk sampingan atau produk antara yang memicu fase berturut-turut, tetapi juga emisi dan limbah.



Gambar 3. Siklus Hidup Fisik Produk Dan Aliran Sumber Daya Material

Dengan mengembangkan setiap fase utama sesuai dengan kegiatan utama yang berbeda itu, dimungkinkan untuk mendapatkan visi seluruh kehidupan fisik suatu produk di mana aliran sumber daya material ditunjukkan sesuai dengan yang disederhanakan. Seperti disebutkan sebelumnya, tahap pertama praproduksi terdiri dari produksi bahan dan potongan setengah jadi yang diperlukan untuk tahap selanjutnya produksi komponen. Oleh karena itu, praproduksi mencakup

fase produksi semua bahan yang akan digunakan untuk membuat produk akhir. Setelah produk diproduksi, didistribusikan, dan digunakan, produk tersebut tiba di fase akhir dari pensiun dan pembuangan. Membagi semua fase ini sesuai dengan kegiatan utama mereka, Gambar 3. memberikan ikhtisar semua aliran limbah yang dihasilkan selama siklus, yang dalam model yang diusulkan terutama karena fase pemrosesan berbagai bahan dan komponen pembentuk, bersama dengan, secara alami, pembuangan produk. Gambar 3 juga menawarkan gambaran lengkap dari semua alternatif untuk membuang produk sebagai limbah di akhir masa pakainya. Ini juga menunjukkan bagaimana aliran pemulihan dapat didistribusikan dalam siklus hidup yang sama yang menghasilkannya, menyediakan sumber daya sekunder pasca konsumsi untuk berbagai kegiatan atau, sebagai alternatif, dapat diarahkan ke luar siklus. Bahkan, perlu membuat perbedaan antara dua tipologi aliran daur ulang yang berbeda:

- a. Daur ulang internal (*loop* tertutup). Sumber daya pulih masuk kembali siklus hidup dari produk yang sama yang menghasilkan arus, mengganti *input* sumber daya alam. Ini bisa terjadi secara langsung menggunakan kembali produk pada akhir masa pakainya, menggunakan kembali beberapa bagian, menggunakan kembali bagian lain setelah pemrosesan ulang yang sesuai (*remanufacturing*), atau dengan bahan daur ulang. Dari sudut pandang konsekuensi lingkungan, proses pemulihan ini mengarah pada peningkatan dalam pengeluaran dan emisi untuk perawatan dan kemungkinan pengangkutan volume ini sebelum memasuki kembali siklus. Proses pemulihan juga menyebabkan penurunan konsumsi bahan secara umum, karena pengurangan sebagian input sumber daya alami dan pengurangan volume yang dibuang sebagai limbah.
- b. Daur ulang eksternal (*loop* terbuka). Pada akhir masa pakai produk, beberapa bagian-bagiannya diarahkan ke proses produksi bahan lainnya atau produk di luar siklus yang sedang diperiksa. Ini dapat menghasilkan memulihkan bagian dari kandungan energi bahan yang akan dihilangkan, menghemat sumber daya dalam siklus produksi lainnya, dan

memperolehnya manfaat finansial melalui penjualan bahan untuk didaur ulang.

2.6 Konsep *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing adalah filosofi yang dimulai di manufaktur Jepang, untuk menghilangkan semua limbah dari prosesnya sambil mengejar peningkatan kualitas dalam menghasilkan produk jadi. Inti dari penerapan sistem *lean manufacturing* adalah dimana sistem ini berfokus pada kegiatan mengidentifikasi dan menghilangkan segala bentuk pemborosan sehingga membentuk sebuah sistem manufaktur yang ramping dan efisien (Satao, dkk, 2012).

Lean dapat didefinisikan sebagai suatu upaya terus menerus untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan serta meningkatkan nilai tambah produk. *Lean* berfokus pada identifikasi dan eliminasi aktivitas-aktivitas tidak bernilai tambah dalam desain, produksi (untuk bidang manufaktur) atau operasi (untuk bidang jasa), dan *supply chain management* yang berkaitan langsung dengan pelanggan (Hidayat dan Sari, 2016). Pendekatan *lean* adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan limbah atau kegiatan yang tidak menambah nilai (*Non Value Added*) melalui perbaikan terus-menerus. Hal ini dilakukan dengan mengalirkan produk, baik bahan baku, barang setengah jadi, maupun barang jadi, serta informasi menggunakan *pull system* dari konsumen internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan (Suyanto dan Noya, 2015).

Beberapa manfaat penerapan *Lean Manufacturing* di perusahaan meliputi pengurangan biaya produksi, eliminasi siklus waktu, dan pengurangan limbah. Tujuan utama *lean manufacturing* adalah mengurangi biaya dengan mengurangi kinerja *non* nilai tambah.

Pengertian *Lean manufacturing* adalah suatu pendekatan sistemik untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan melalui *improvement* atau perbaikan dan pengembangan yang terus-menerus dan berkelanjutan, berusaha membuat aliran industri dalam perusahaan menjadi lancar untuk berusaha menarik konsumen dalam upaya mencapai kesempurnaan. *Lean Manufacturing* adalah

sebuah filosofi, didasarkan pada TPS (*Toyota Production System*) yang bertujuan untuk mengurangi *waste* melalui *continuous improvement*.

James Womack dan Daniel Jones (2003) mendefinisikan *Lean Manufacturing* sebagai suatu proses yang terdiri dari lima langkah diantaranya adalah: mendefinisikan nilai bagi pelanggan, menetapkan *value stream*, membuatnya "mengalir", "ditarik" oleh pelanggan, dan berusaha keras untuk mencapai yang terbaik. Untuk menjadi sebuah proses manufaktur yang *Lean* diperlukan suatu pola pikir yang terfokus pada membuat produk mengalir melalui proses penambahan nilai tanpa *interupsi (one piece flow)*, suatu sistem "tarik" yang berawal dari permintaan pelanggan, dengan hanya menggantikan apa yang diambil oleh proses berikutnya dalam *interval* yang singkat dan suatu budaya dimana semua orang berusaha keras melakukan peningkatan secara terus-menerus (Liker, 2006).

Istilah "*Lean*" yang dikenal luas dalam dunia *manufacturing* dewasa ini dikenal dalam berbagai istilah yang berbeda, seperti: *Lean Production*, *Lean Manufacturing*, *Toyota Production System*, dan lain-lain. Namun, *Lean* dipercaya oleh sebagian orang dikembangkan di Negara Jepang, khususnya Toyota sebagai pelopor *system Lean Manufacturing*. Perusahaan dikatakan *Lean* jika perusahaan tersebut telah menerapkan TPS (*Toyota Production System*) ke dalam semua bagian proses produksinya karena yang pertama menerapkan sistem *Lean* ini adalah perusahaan *Toyota Motor Company*.

Ketika suatu perusahaan sudah menerapkan sistem TPS (*Toyota Production System*) ini, langkah awal yang bisa dilakukan oleh perusahaan adalah memeriksa proses manufaktur dari sudut pelanggan. Dari sini dapat diamati suatu proses dan memisahkan langkah-langkah yang menambah nilai dan yang tidak menambah nilai. Dari *waste* yang berhasil diminimalisasi ini diharapkan kepada pihak perusahaan untuk dapat menjadikannya sebagai suatu standarisasi kerja (Liker, 2006).

Apabila hal diatas disederhanakan, maka dapat dikatakan suatu aktifitas tergolong pemborosan secara umum apabila:

1. Melakukan sesuatu yang tidak bermanfaat (tidak bernilai tambah)

2. Melebihi dari apa yang dibutuhkan
3. Tidak tepat guna/sasaran

Gaspersz (2007) dalam Lisano dan Susanty (2016) menyatakan bahwa *Lean* dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau kegiatan-kegiatan tidak bernilai tambah (*non-value-adding activities*) melalui peningkatan terus-menerus secara radikal dengan cara mengalirkan produk (*material, work-in-process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan. Menurut Sutalaksana (1979) dalam Lisano dan Susanty (2016) tujuan dari penerapan *Lean Manufacturing* adalah untuk meningkatkan kinerja manufaktur. Sebagai gambaran, industri yang menerapkan *Lean Manufacturing* secara keseluruhan mencapai kemajuan berikut ini:

1. Mengurangi *manufacturing lead times*
2. Meningkatkan ketersediaan tenaga kerja langsung,
3. Meningkatkan keterpakaian tenaga kerja langsung,
4. Pengurangan persediaan (*inventory*)

Dalam istilah *Toyota Production System* (TPS) juga dikenal dengan *Muda*, *Mura*, dan *Muri*, yang berarti :

1. *Muda (waste)*: tidak menambah nilai. Ini adalah aktifitas yang tidak berguna yang memperpanjang *lead time*, menimbulkan gerakan tambahan untuk memperoleh komponen atau peralatan, menciptakan kelebihan persediaan, atau berakibat pada penambahan jenis waktu tunggu.
2. *Mura (inconsistency)*: adanya variasi dalam pembebanan kerja atau ketidakseimbangan. Di sistem produksi yang normal, kadang-kadang terdapat lebih banyak terdapat pekerjaan dibanding dengan yang dapat ditangani oleh orang atau mesin yang ada, dan pada saat lain hanya ada sedikit pekerjaan. Ketidakseimbangan diakibatkan oleh jadwal produksi yang tidak teratur atau volume produksi yang berfluktuasi karena masalah *internal*, seperti kerusakan mesin, kekurangan komponen, dan produk cacat. *Muda* berarti akibat dari *Mura*. Ketidakseimbangan tingkat produksi

berarti perlu memiliki peralatan, material, dan orang-orang yang melakukan tingkat produksi yang tertinggi, bahkan bila permintaan rata-ratanya jauh lebih rendah dari itu.

3. *Muri (irrationality)*: pembebanan yang melebihi kapasitas atau memberi beban berlebih kepada orang atau peralatan. Dari sudut pandang tertentu, hal ini merupakan ujung yang berseberangan dari *spectrum Muda*. Muri adalah memanfaatkan mesin atau orang dibatas kemampuannya, membebani orang secara berlebih akan menimbulkan masalah dalam keselamatan kerja dan kualitas. Membebani peralatan secara berlebih menyebabkan kerusakan dan produk cacat.

2.6.1 Prinsip Dasar *Lean*

Lean manufacturing merupakan metode yang pada awalnya diadaptasi dari sistem produksi perusahaan otomotif Jepang yang sangat sukses yaitu Toyota. Konsep ini kemudian diperkenalkan kepada dunia internasional melalui sebuah buku yang dibuat oleh James Womack dan Dan Jones yang berjudul “*The Machine That Changed The World*” pada tahun 1990. Dalam bukunya mereka menyebutkan bahwa dalam menerapkan *lean* diperlukan 5 prinsip utama yaitu (Kurniawan, 2012):

1. *Define value precisely*, yaitu menentukan apa yang menjadi *value* dari sudut pandang pelanggan.
2. *Identify the entire value stream*, yaitu mengidentifikasi semua tahapan yang diperlukan untuk *men-design*, order dan produksi barang ke dalam seluruh aliran nilai (*value stream*) untuk mencari *non-value adding activity*.
3. *Value-creating steps flow*, membuat *value flow*, yaitu semua aktivitas yang memberikan nilai tambah disusun kedalam suatu aliran yang tidak terputus (*continuous*).
4. *Design and provide what the customer wants only when customer wants it (pull)* yaitu mengetahui aktivitas-aktivitas penting yang digunakan untuk membuat apa yang diinginkan oleh *customer*.

5. *Pursue perfection*, yaitu perbaikan yang dilakukan secara terus-menerus sehingga *waste* yang terjadi dapat dihilangkan secara total dari proses yang ada.

2.7 Pemborosan (*Waste*)

Menurut Sinulingga (2009) dalam Putri (2017), pemborosan adalah suatu keadaan ketika melaksanakan suatu kegiatan digunakan sumber daya produksi yaitu waktu, bahan, tenaga ataupun biaya melebihi jumlah seharusnya. Menurut Jiju (2016) dalam Permatasari, dkk (2017) dalam perspektif *lean*, *waste* dapat diartikan sebagai kegiatan kerja yang hanya akan menambahkan biaya dan waktu tanpa menambahkan nilai tambah untuk produk tersebut.

Waste dapat diartikan sebagai kehilangan atau kerugian berbagai sumber daya, yaitu material, waktu (yang berkaitan dengan tenaga kerja dan peralatan) dan modal, yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan yang membutuhkan biaya secara langsung maupun tidak langsung tetapi tidak menambah nilai kepada produk akhir bagi pihak pengguna jasa konstruksi (Ratnasari, 2014).

Waste dapat juga digambarkan sebagai segala aktifitas manusia yang menyerap sumber daya dalam jumlah tertentu tetapi tidak menghasilkan nilai tambah, seperti kesalahan yang membutuhkan pembetulan, hasil produksi yang tidak diinginkan oleh pengguna, proses atau pengolahan yang tidak perlu, pergerakan tenaga kerja yang tidak berguna dan menunggu hasil akhir dari kegiatan-kegiatan sebelumnya (Ratnasari, 2014).

2.7.1 Jenis-jenis Aktivitas

Untuk memahami *waste* tersebut, perlu memahami definisi tiga tipe aktivitas yang terjadi dalam sistem produksi. Ketiga tipe aktivitas tersebut antara lain sebagai berikut (Siboro, 2014):

1. *Value adding activity* (VA)

Semua aktivitas untuk menghasilkan produk yang dapat memberikan nilai tambah dimata konsumen sehingga konsumen rela membayar atas aktivitas tersebut.

2. *Necessary non-value adding activity* (NNVA)

Semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu produk yang diproses. Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan namun dapat dijadikan lebih efektif dan efisien.

3. *Non value adding activity* (NVA)

Semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu produk yang di proses. Aktivitas ini bisa direduksi atau dihilangkan, karena aktivitas ini murni *waste* yang sangat merugikan.

2.7.2 Jenis-jenis Pemborosan

Menurut Shingo (1990) dalam Lisano dan Susanty (2016) berikut ini penjelasan mengenai tujuh tipe-tipe pemborosan, yaitu:

1. Produksi berlebih (*Overproduction*)

Stasiun kerja atau unit kerja sebelumnya memproduksi terlalu banyak sehingga mengakibatkan terganggunya aliran material dan *inventory* berlebih.

2. Menunggu (*Waiting*)

Kondisi dimana tidak terdapat aktivitas yang terjadi pada produk, maupun pekerja (misalnya: operator menunggu material atau *part* yang akan diproses, material atau *part* menunggu untuk diproses, operator menunggu instruksi kerja, dan sebagainya) sehingga mengakibatkan waktu tunggu yang lama.

3. Transportasi (*Transportation*)

Proses perpindahan baik manusia, material atau produk yang berlebihan sehingga mengakibatkan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya.

4. Proses tidak sesuai (*Unnecessary Process*)

Kesalahan proses produksi yang disebabkan oleh kesalahan penggunaan mesin atau maupun *system*.

5. Persediaan Tidak Perlu (*Unnecessary Inventory*)

Penyimpanan berlebih dan penundaan material dan produk sehingga mengakibatkan peningkatan biaya.

6. Gerakan Tidak Perlu (*Unnecessary Motion*)

Berhubungan dengan kondisi lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi performansi operator, misalnya terlalu banyak membungkuk, berjongkok.

7. Cacat (*Defect*)

Pengerjaan ulang (*rework*) pada produk maupun pada desain serta cacat pada produk yang dihasilkan.

2.8 Value Stream Mapping (VSM)

Value stream mapping merupakan suatu metode pemetaan yang berbentuk gambar aliran nilai proses produksi dari awal kedatangan bahan baku (*supplier*) hingga menjadi *output* dan menuju *customer*, dibuat secara mendetail untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan yang terjadi, serta memberikan perbaikan pada aliran proses produksi (Ridwan, dkk, 2018).

Dalam *value stream mapping*, ada dua pemetaan yang harus digambarkan yaitu pembuatan *current state map* dan *future state map*. Pembuatan *current state map* dilakukan untuk memetakan kondisi rantai produksi aktual, dimana segala informasi yang terdapat dalam setiap proses dicantumkan dalam pemetaan. *Current state map* digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan dan sumber pemborosan yang terjadi. Setelah identifikasi pemborosan dilakukan, maka dapat digambarkan *future state map*. *Future state map* merupakan pemetaan kondisi perusahaan di masa mendatang sebagai usulan rancangan perbaikan dari *current state map* yang ada.

Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk mengukur performansi dari *value stream*:

$$\text{Efisiensi dari aliran produksi} = \frac{\text{Total Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100 \% \quad (1)$$

2.8.1 Bagian-bagian Value Stream Mapping

Menurut Akbar (2011) baik *current stream mapping* maupun *future stream mapping* dalam VSM terdiri dari tiga bagian utama yaitu:

1. Aliran proses produksi atau aliran material

Aliran proses atau material ini terletak di antara aliran informasi dan *timeline*. Aliran proses digambar dari kiri ke kanan. Subtask atau subproses dan paralel proses digambar dengan bentuk yang identik di bawah aliran utama. Aliran proses tersebut mempermudah melihat antara proses yang memiliki subtask dan proses yang paralel dengan proses lainnya.

2. Aliran komunikasi/ informasi

Aliran informasi pada *value stream mapping* biasanya terletak di bagian atas. Adanya aliran informasi ini, dapat melihat seluruh jenis informasi dan komunikasi baik formal maupun informal yang terjadi dalam *value stream*. Aliran informasi juga dapat melacak informasi yang sebenarnya tidak perlu dan menjadi *non-value added* komunikasi yang tidak memberikan nilai tambah bagi produk itu sendiri.


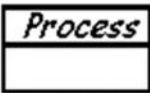
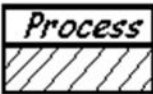



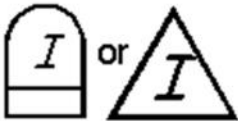
3. Garis waktu/ jarak tempuh

Pada bagian bawah VSM terdapat serangkaian garis yang mengandung informasi penting dalam VSM tersebut dan biasa disebut sebagai *timelines*. Kedua garis dalam *timelines* ini digunakan sebagai dasar perbandingan dari perbaikan yang akan diimplementasikan. Garis yang pertama yang berada di sebelah atas disebut sebagai *Production Lead Time (PLT)/ Process Lead time/ lead time*. PLT ini adalah waktu yang dibutuhkan produk dalam melewati semua proses dari bahan baku sampai ke tangan pelanggan dan biasanya dalam satuan hari. PLT yang berada tepat di bawah jeda antar proses ini dijumlahkan menjadi total PLT yang diletakkan di akhir proses. Garis yang kedua yang berada di sebelah bawah merupakan *cycle time* semua proses yang ada dalam aliran material dan ditulis di atas garis tepat di bawah prosesnya. Total dari seluruh *cycle time* ini disebut total *cycle time* dan ditulis pada garis akhir proses di bawah total PLT. Garis yang terakhir yang terletak di bawah *timelines* adalah jarak tempuh yang merupakan jarak yang ditempuh oleh produk, operator, *electronic forms* sepanjang aliran proses produksi.

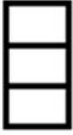



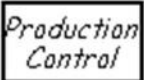


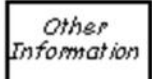
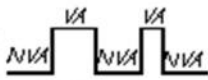
2.8.2 Simbol-simbol Value Stream Mapping

Adapun simbol-simbol yang digunakan pada *Value Stream Mapping* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Simbol-simbol dalam Value Stream Mapping

Nama	Lambang	Fungsi
<i>Customer/Supplier</i>		Merepresentasikan <i>Supplier</i> bila diletakkan di kiri atas, sebagai titik awal yang umum digunakan dalam penggambaran aliran material. Merepresentasikan <i>Customer</i> bila ditempatkan di kanan atas, biasanya sebagai titik akhir aliran material.
<i>Dedicated Process</i>		Menyatakan proses, operasi, mesin atau departemen yang melalui aliran material. Secara khusus, untuk menghindari pemetaan setiap langkah proses yang tidak diinginkan, maka lambang ini biasanya merepresentasikan satu departemen dengan aliran internal yang kontinu.
<i>Shared Process</i>		Menyatakan operasi, proses, departemen atau stasiun kerja dengan famili-famili yang saling berbagi dalam <i>value-stream</i> . Perkiraan jumlah operator yang dibutuhkan dalam <i>value stream</i> dipetakan, bukan sejumlah operator yang dibutuhkan untuk memproduksi seluruh produk
<i>Data Box</i>	 Data Box	Menyatakan informasi/data yang dibutuhkan untuk menganalisis dan mengamati sistem. C/T adalah waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu barang sampai barang yang akan diproduksi selanjutnya datang. C/O adalah <i>changeover time</i> yang merupakan waktu pergantian produksi satu produk dalam suatu proses untuk yang lainnya. <i>Uptime</i> adalah persentase waktu yang tersedia pada mesin untuk proses.
<i>Operator</i>		Menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan dalam proses.
<i>Work Cell</i>	 Workcell	Mengindikasikan banyak proses yang terintegrasi dalam sel-sel kerja manufaktur, seperti sel-sel yang biasa memproses famili terbatas dari produk yang sama atau produk tunggal. Produk berpindah dari satu langkah proses ke langkah proses lain dalam berbagai <i>batch</i> yang kecil atau bagian-bagian tunggal.
<i>Inventory</i>		Menunjukkan keberadaan suatu <i>inventory</i> diantara dua proses. Ketika memetakan <i>current state</i> , jumlah <i>inventory</i> dapat diperkirakan dengan satu perhitungan cepat, dan jumlah tersebut dituliskan dibawah gambar segitiga.

Tabel 2. Simbol-simbol dalam *Value Stream Mapping* (lanjutan)

Nama	Lambang	Fungsi
<i>Safety Stock</i>	 Safety Stock	Melambungkan sebuah persediaan “ <i>hedge</i> ” (<i>safety stock</i>) yang mengatasi masalah seperti <i>downtime</i> , untuk melindungi sistem dalam mengatasi fluktuasi pemesanan konsumen secara tiba-tiba atau terjadinya kerusakan pada sistem.
<i>Shipments</i>		Merepresentasikan pergerakan <i>raw material</i> dari <i>supplier</i> hingga menuju gudang penyimpanan akhir di pabrik. Atau pergerakan dari produk akhir di gudang penyimpanan pabrik hingga sampai ke konsumen.
<i>Push Arrows</i>		Merepresentasikan pergerakan material dari satu proses menuju proses berikutnya.
<i>Shipments</i>		Melambungkan pengiriman yang dilakukan dari <i>supplier</i> ke konsumen atau pabrik ke konsumen dengan menggunakan pengangkutan eksternal (di luar pabrik).
<i>Production Control</i>		Merepresentasikan penjadwalan produksi utama atau departemen pengontrolan, orang atau operasi.
<i>Manual Info</i>		Menunjukkan aliran informasi umum yang bisa diperoleh melalui catatan, laporan ataupun percakapan.
<i>Electronic Info</i>		Merepresentasikan aliran elektronik seperti melalui <i>Electronic Data Interchange</i> (EDI), internet, intranet, LANs (<i>Local Area Network</i>), WANS (<i>Wide Area Network</i>). Melalui anak panah ini, maka dapat diindikasikan jumlah informasi atau data yang dipertukarkan, jenis media yang digunakan seperti fax, telepon, dll.
<i>Other</i>		Menyatakan informasi atau hal lain yang penting.
<i>Timeline</i>		Menunjukkan waktu yang memberikan nilai tambah (<i>cycle time</i>) dan waktu yang tidak memberikan nilai tambah (waktu menunggu). Gunakan lambang ini untuk menghitung <i>Lead Time</i> dan <i>Total Cycle Time</i> .

(Sumber : Lisano dan Susanty, 2016)

2.9 Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Menurut Hines dan Rich (1997) dalam Lisano dan Susanty (2016) pada prinsipnya, *value stream analysis tool* digunakan sebagai alat bantu untuk memetakan secara *detail* aliran nilai (*value stream*) yang berfokus pada *value adding process*. *Detail mapping* ini kemudian dapat digunakan untuk menemukan

penyebab *waste* yang terjadi. Terdapat 7 macam *detail mapping tools* yang paling umum digunakan yaitu *Process Activity Mapping*, *Supply Chain Response Matrix*, *Production Variety Funnel*, *Quality Filter Mapping*, *Demand Amplification Mapping*, *Decision Point Analysis* serta *Physical Structure*. Masing-masing *tools* mempunyai kemampuan bobot *low*, *medium*, *high* sesuai ketentuan peringkatnya sekaligus menunjukkan skor yang dapat mengindikasikan sedikit atau besarnya pengaruh pemborosan pada *mapping* yang dipilih.

Tabel 3. Value Stream Mapping Tools

Waste	Mapping Tools						
	Process Activity Mapping (PAM)	Supply Chain Response Matrix (SCRM)	Production Variety Funnel (PVF)	Quality Filter Mapping (QFM)	Demand Amplification Mapping (DAM)	Decision Point Analysis (DPA)	Physical Structure (PS)
Overproduction	L	M		L	M	M	
Transportation	H						L
Waiting	H	H	L		M	M	
Unnecessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Processing	H		M	L		L	
Unnecessary Motion	H	L					
Defect	L			H			

(sumber: Hines & Rich, 1997)

Keterangan:

H (*High Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 9

M (*Medium Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 3

L (*Low Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 1

Menurut Hines & Rich (1997) *value stream analysis tools* digunakan sebagai alat bantu untuk memetakan secara detail aliran nilai (*value stream*) yang berfokus pada *value adding process*. *Detailed mapping* ini kemudian dapat digunakan untuk menemukan penyebab *waste* yang terjadi. Terdapat tujuh macam *detailed mapping tools* yang paling umum digunakan, sebagai berikut :

1. *Process Activity Mapping*

Merupakan pendekatan teknis yang bisa dipergunakan pada aktivitas-aktivitas di rantai produksi. Perluasan dari *tools* ini dapat digunakan untuk

mengidentifikasi *lead time* dan produktivitas baik aliran produk fisik maupun aliran informasi, tidak hanya dalam ruang lingkup perusahaan namun juga pada area lain dalam *supply chain*. Konsep dasar dari *tools* ini adalah memetakan setiap tahap aktivitas yang terjadi mulai dari *operation*, *transportation*, *inspection*, *delay*, dan *storage*, kemudian mengelompokkan ke dalam tipe-tipe aktivitas yang ada mulai dari *value adding activities*, *necessary non value adding activities* dan *non value adding activities*.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pendekatan ini terbagi menjadi lima tahapan, diantaranya adalah:

- a. Memahami aliran proses
- b. Mengidentifikasi *waste*
- c. Mempertimbangkan apakah suatu proses dapat diatasi kembali menjadi urutan yang lebih efisien
- d. Mempertimbangkan pola aliran yang lebih baik, yang melibatkan tata letak aliran yang berbeda atau rute transportasi
- e. Mempertimbangkan apakah segala sesuatu yang sedang dilakukan pada setiap tahap benar-benar diperlukan dan apa yang akan terjadi jika aktivitas yang berlebih dihilangkan.

2. *Supply Chain Response Matrix*

Merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara *inventory* dengan *lead time* pada jalur distribusi, sehingga dapat diketahui adanya peningkatan maupun penurunan tingkat persediaan dan waktu distribusi pada tiap area dalam *supply chain*. Dari fungsi yang diberikan, selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan manajemen untuk menaksir kebutuhan *stock* apabila dikaitkan pencapaian *lead time* yang pendek. Tujuannya untuk memperbaiki dan mempertahankan tingkat pelayanan pada setiap jalur.

3. *Production Variety Funnel*

Merupakan teknik pemetaan visual yang mencoba memetakan jumlah variasi produk di tiap tahapan proses manufaktur. *Tools* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik dalam sebuah produk *generic*

diproses menjadi beberapa produk yang spesifik. Selain itu, *tools* ini juga dapat digunakan untuk menunjukkan area *bottleneck* pada desain proses. Dengan fungsi-fungsi tersebut, selanjutnya dapat digunakan untuk merencanakan perbaikan kebijakan *inventory* (apakah dalam bentuk bahan baku, produk setengah jadi atau produk jadi).

4. *Quality Filter Mapping*

Merupakan *tool* yang digunakan untuk mengidentifikasi letak permasalahan cacat kualitas pada rantai *supply* yang ada. Evaluasi hilangnya kualitas yang sering terjadi dilakukan untuk pengembangan jangka pendek. *Tools* ini mampu menggambarkan tiga tipe cacat kualitas yang berbeda, sebagai berikut:

- a. *Product defect*, cacat fisik produk yang lolos ke *customer* karena tidak berhasil diseleksi pada saat proses inspeksi.
- b. *Scrap defect*, sering disebut juga sebagai *internal defect*, dimana cacat ini masih berada dalam internal perusahaan dan berhasil diseleksi pada saat proses inspeksi.
- c. *Service defect*, permasalahan yang dirasakan *customer* berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan. Hal yang paling utama berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan adalah ketidak tepatan waktu pengiriman (terlambat atau terlalu cepat). Selain itu, dapat disebabkan karena permasalahan dokumentasi, kesalahan proses *packing* maupun *labeling*, kesalahan jumlah (*quality*), dan permasalahan fraktur.

5. *Demand Amplification Mapping*

Peta yang digunakan untuk memvisualisasikan perubahan *demand* disepanjang rantai *supply*. Fenomena ini menganut *law of industrial dynamics*, dimana *demand* yang ditransmisikan disepanjang rantai *supply* melalui rangkaian kebijakan order dan *inventory* akan mengalami variasi yang semakin meningkat dalam setiap pergerakannya mulai dari *downstream* sampai dengan *upstream*. Dari informasi tersebut dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dan analisa lebih lanjut baik

untuk mengantisipasi adanya perubahan permintaan, *me-manage* fluktuasi, serta kebijakan *inventory*.

6. *Decision Point Analysis*

Menunjukkan berbagai *option* sistem produksi yang berbeda, dengan *trade off* antara *lead time* masing-masing *option* dengan tingkat *inventory* yang diperlukan untuk meng-*cover* selama proses *lead time*.

7. *Physical Structure*

Merupakan sebuah *tools* yang digunakan untuk memahami kondisi rantai *supply* di level produksi. Hal ini diperlukan untuk memahami kondisi industri itu, bagaimana operasinya, dan dalam mengarahkan perhatian pada area yang mungkin belum mendapatkan perhatian yang cukup untuk pengembangan.

2.10 *Six Sigma*

Sigma (σ) adalah sebuah abjad Yunani yang menotasikan standar deviasi atau simpangan baku suatu proses. Standar deviasi mengukur variasi atau jumlah persebaran suatu rata-rata proses. Tingkat kualitas *Sigma* biasanya juga dipakai untuk menggambarkan *output* dari suatu proses, semakin tinggi tingkat *Sigma* maka semakin kecil toleransi yang diberikan pada kecacatan, semakin tinggi kapabilitas proses oleh karena itu semakin baik (Hutahean, 2018).

Sigma merupakan unit pengukuran statistik yang mendeskripsikan distribusi tentang nilai rata-rata (*mean*) dari setiap proses atau prosedur. Suatu proses atau prosedur dapat mencapai lebih atau kurang dari kapabilitas *six sigma* dapat diharapkan memiliki tingkat cacat yang tidak lebih dari beberapa ppm (*part per milion*) (Hutahean, 2018).

Nilai *sigma* mengukur *Defects Per Million Opportunities* (DPMO). *Six Sigma* (6 σ) sama dengan 3,4 *defect* (cacat) per sejuta kesempatan. Alat ukur *sigma* memungkinkan untuk membandingkan proses yang berbeda dari segi jumlah yang dihasilkan pada proses dalam satu juta kesempatan. Tingkat kualitas *sigma* memberikan indikator seberapa sering abnormalitas terjadi. Artinya semakin

tinggi kualitas sigma mengindikasikan proses semakin sedikit menghasilkan produk cacat (Hutahean, 2018).

Six sigma adalah upaya terus menerus (*continuous improvement efforts*) untuk menurunkan variasi dari proses, agar meningkatkan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk (barang dan/jasa) yang bebas kesalahan (*zero defects*) target minimum 3,4 *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan untuk memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*).

Tingkat kualitas *sigma* adalah ukuran yang digunakan untuk menunjukkan seberapa sering cacat yang mungkin terjadi. *Sigma* adalah istilah matematika dan merupakan ukuran utama dari variabilitas. Ini menekankan perlunya kontrol kedua rata-rata dan variabilitas proses. Tingkat *sigma* yang berbeda terkait dengan cacat per juta peluang. Misalnya, *sigma* level 1 menunjukkan bahwa mentolerir 690.000 cacat per sejuta peluang dengan 69% dan *sigma* level 6 hanya mentolerir 3,4 cacat per juta peluang dengan 0,00034% (Hutahean, 2018). Tingkat kualitas *sigma* yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Tingkat Kualitas Sigma

<i>Sigma</i>	Cacat dalam Presentase	Cacat dalam Sejuta Kesempatan (DPMO)
1	69%	690.000
2	31%	308.537
3	6,7%	66.807
4	0,62%	6.210
5	0,023%	233
6	0,00034%	3.4

(sumber: Hutahean, 2018)

2.11 Tahapan *Six Sigma*

DMAIC adalah akronim dari metodologi *Six Sigma* (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*) yang paling banyak digunakan. Metodologi ini dikembangkan untuk perbaikan proses, aplikasi perancangan dan perancangan ulang.

2.11.1 Define

Define merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahapan ini kita perlu mengidentifikasi beberapa hal yang terkait dengan kriteria pemilihan proyek. Tahap ini untuk mendefinisikan beberapa hal yang terkait dengan membuat diagram aliran proses dan diagram *input* proses *output*. Hal-hal tersebut dibuat sesuai dengan rencana-rencana tindakan (*action plans*) yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci itu. Tahap *define* dilakukan untuk mengidentifikasi masalah utama yang akan diselesaikan.

2.11.2 Measure

Tahap ini merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Tahap *measure* bisa juga diartikan sebagai tahap mengukur *level sigma*. Pengukuran *level sigma* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas hasil produk perusahaan, karena dengan mengetahui tingkat *level sigma* dapat dijadikan sebagai salah satu parameter keberhasilan pencapaian target kualitas. Dimana semakin tinggi *level sigma* akan membuat tingkat kecacatan yang diproduksi per satu juta kesempatan (DPMO) semakin rendah.

2.11.3 Analyze

Tahap ini merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang dilakukan dengan menganalisa dan menentukan akar permasalahan dari suatu cacat atau kegagalan. Pada tahap ini akan dilakukan analisis penyebab akar masalah dengan menggunakan suatu alat bantu untuk menemukan kemungkinan penyebab akar suatu masalah.

2.11.4 Improve

Tahap ini merupakan langkah operasional keempat dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang merupakan tahap rancangan usulan perbaikan untuk kemudian diimplementasikan pada perusahaan.

2.11.5 Control

Control merupakan tahapan terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Tim *Six Sigma* kepada pemilik atau penanggung jawab proses, yang berarti proyek *Six Sigma* berakhir pada tahapan ini. Selanjutnya, proyek-proyek *Six Sigma* pada area lain dalam proses atau organisasi bisnis ditetapkan sebagai proyek-proyek baru yang harus mengikuti siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*).

2.12 Tools Six Sigma

Guna menerapkan *green lean six sigma* dengan baik, maka diperlukan *tools-tools* yang biasa digunakan untuk meningkatkan kualitas. Berikut ini merupakan *tools* yang digunakan dalam pendekatan *six sigma*:

2.12.1 Diagram SIPOC

Diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*) adalah model proses kerja yang menggambarkan kondisi aliran informasi, material dan produk dari pemasok hingga sampai kepada pelanggan. Adapun elemen diagram SIPOC adalah sebagai berikut (Hutahean, 2018):

1. *Supplier* (Pemasok)

Supplier adalah orang atau kelompok yang memberikan informasi kunci, bahan atau sumber daya lainnya yang dibutuhkan didalam proses, perusahaan yang menyalurkan dan menyediakan bahan dan segala sesuatu yang dikerjakan di dalam proses. Pihak *supplier* ini bisa berupa *supplier eksternal* dan *supplier internal*. *Supplier eksternal* adalah *supplier* yang berasal dari luar perusahaan, sedangkan yang dimaksud dengan *supplier internal* adalah *supplier* yang berasal dari dalam perusahaan yang biasanya berasal dari proses sebelumnya.

2. *Input* (Masukan)

Input tidak hanya berupa material atau bahan mentah yang diperlukan untuk proses produksi, akan tetapi juga dapat pula berupa informasi yang kemudian *input* ini akan diolah lebih lanjut di dalam proses.

3. *Process* (Proses)

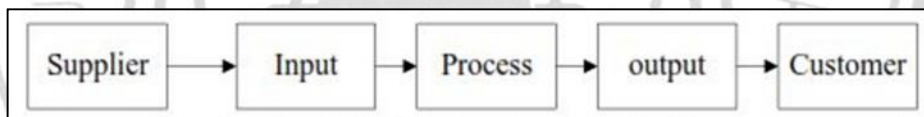
Proses adalah langkah-langkah yang diperlukan yang idealnya memberikan nilai tambah untuk *input*, baik langkah-langkah yang memberikan nilai tambah terhadap produk maupun yang tidak, untuk membuat produk mulai dari bahan mentah sampai menjadi produk jadi.

4. *Output* (Hasil)

Output adalah produk jadi, baik itu barang ataupun jasa atau informasi, yang dihasilkan oleh proses dimana hasil ini kemudian dikirimkan kepada konsumen.

5. *Customer* (pelanggan)

Pelanggan adalah orang maupun kelompok, proses, departemen atau perusahaan yang menerima *output*, dan juga bisa bersifat eksternal maupun internal terhadap perusahaan. Pelanggan eksternal adalah pelanggan yang berasal dari luar perusahaan yang biasanya membeli produk jadi, sedangkan pelanggan internal adalah pelanggan yang berasal dari dalam perusahaan yang biasanya berupa proses atau divisi yang selanjutnya yang akan menerima hasil dari proses sebelumnya.



Gambar 4. Diagram SIPOC
(sumber: Hutahean, 2018)

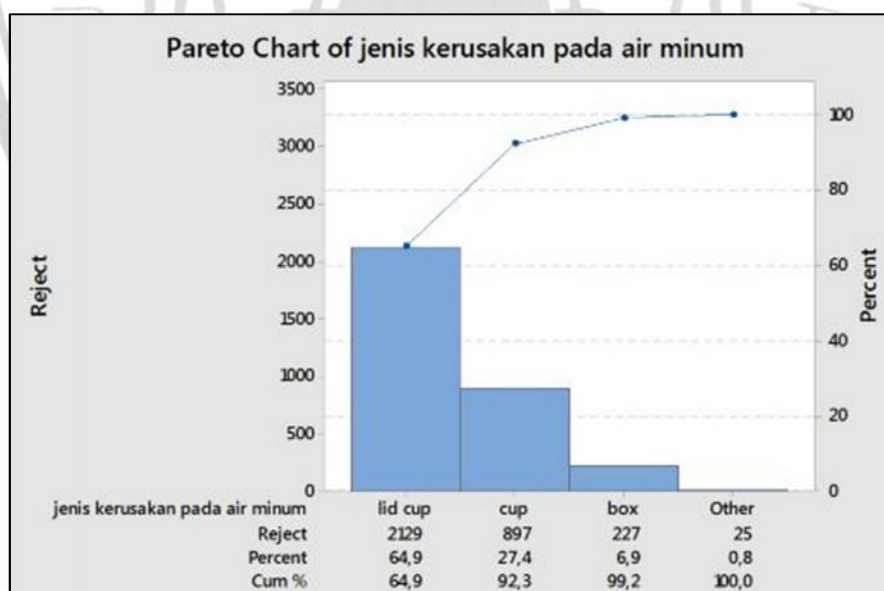
2.10.2 *Critical to Quality* (CTQ)

Critical to Quality adalah parameter kualitas kritis internal yang berhubungan dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan. Untuk menentukan variabel CTQ, dapat dilakukan dengan survei pelanggan, fokus wawancara kelompok, dengan mempelajari keluhan dan pujian pelanggan dari klaim garansi dan dengan melakukan studi pasar yang menguasai karakteristik produk (Putri, 2017).

2.10.3 Diagram Pareto

Diagram pareto diperkenalkan oleh Joseph M. Juran, yang menggunakan prinsip pareto "*the critical few the trivial many*". Pareto adalah nama seorang ekonom italia yang menemukan bukti empiris bahwa secara tipikal 80% dari kemakmuran suatu daerah hanya dikuasai oleh 20% populasi. Jika diaplikasikan dalam pengendalian mutu, prinsip ini dapat berarti hanya sedikit faktor (20%) sebagai penyebab timbulnya mayoritas (80%) masalah. Dengan diagram ini dapat diketahui faktor yang dominan dan yang tidak (Zaldianto, 2013).

Diagram pareto digunakan untuk menentukan kategori *defect* terbesar yang paling memengaruhi terjadinya cacat. Prinsip pareto (juga dikenal sebagai aturan 80-20) menyatakan bahwa untuk banyak kejadian, sekitar 80% daripada efeknya disebabkan oleh 20% dari penyebabnya (Satriyo dan Puspitasari, 2016). Sesuai dengan prinsip pareto yang menyatakan aturan 80/20 yang artinya 80 persen masalah kualitas disebabkan oleh 20 persen penyebab kecacatan, sehingga dipilih jenis-jenis cacat dengan kumulatif mencapai 80% dengan asumsi bahwa dengan 80% tersebut dapat mewakili seluruh jenis cacat yang terjadi (Gunawan, 2016).



Gambar 5. Diagram Pareto Jenis Kerusakan Pada Air Minum
(sumber: Nurfitriah, 2018)

Dalam implementasinya, prinsip 80/20 ini dapat diterapkan untuk hampir semua hal (Satriyo dan Puspitasari, 2016):

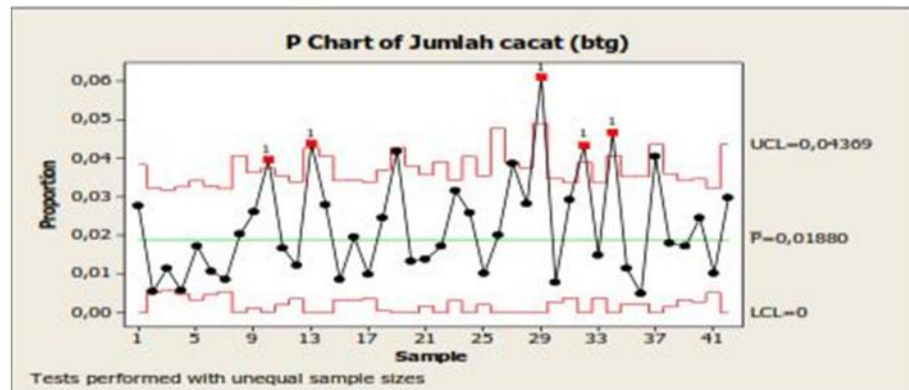
1. 80% dari keluhan pelanggan muncul dari 20% dari produk atau jasa.
2. 80% dari keterlambatan jadwal timbul dari 20% dari kemungkinan penyebab penundaan.
3. 20% dari produk atau jasa mencapai 80% dari keuntungan.
4. 20% dari tenaga penjualan memproduksi 80% dari pendapatan perusahaan.
5. 20% dari cacat sistem menyebabkan 80% masalah.

Langkah-langkah untuk pembuatan diagram pareto adalah (Amri, 2008):

1. Mengidentifikasi tipe-tipe yang tidak sesuai
2. Menentukan frekuensi untuk berbagai kategori ketidaksesuaian atau kecacatan
3. Mengurutkan daftar ketidaksesuaian menurut frekuensinya secara menurun
4. Menghitung frekuensi kumulatifnya
5. Membuat skala dan menebarkan balok frekuensi pareto

2.10.4 Peta Kendali P

Peta Kendali P, termasuk peta kendali yang menggunakan data bersifat atribut. Penggunaan data atribut relatif lebih menguntungkan dibandingkan data variabel. Untuk penganalisaan lebih lanjut, pengukuran perlu dilakukan untuk mendapatkan data variabel dan ini jelas akan berpengaruh terhadap biaya yang dikeluarkan untuk proses pengamatan. Untuk data atribut, biasanya telah tersedia tanpa perlu dilakukan pengukuran ulang, yang perlu dilakukan untuk penganalisaan adalah melaksanakan pengumpulan data terhadap jumlah ketidaksesuaian yang ada. Peta Kendali P, merupakan peta kendali yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang serbaguna untuk mengamati tingkat kecacatan. Peta Kendali P, adalah bagan yang digunakan untuk mengamati bagian yang ditolak karena tidak memenuhi spesifikasi (disebut bagian yang cacat).



Gambar 6. Peta Kendali P Produk D.16

(sumber: Ridwan, dkk 2018)

Bagian yang ditolak dapat didefinisikan sebagai rasio dari banyaknya barang yang tak sesuai yang ditemukan dalam pemeriksaan atau sederetan pemeriksaan terhadap total barang yang benar-benar diperiksa. Adapun nilai batas kendali untuk peta kendali p, dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Zaldianto, 2013):

- a. *Center Line* (CL) atau \bar{p}

$$CL = \frac{\text{Total Jumlah Cacat}}{\text{Total Jumlah diperiksa (produksi)}} \quad (2)$$

- b. *Upper Control Limit* (UCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3)$$

- c. *Lower Control Limit* (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (4)$$

2.10.5 Perhitungan DPMO dan Level *Sigma*

Perhitungan DPMO dan *Sigma* Level dilakukan untuk mengukur performansi perusahaan yaitu pada stasiun kerja yang menyebabkan ketidaksesuaian produk. Perhitungan DPMO dan nilai *Sigma* dilakukan berdasarkan penentuan CTQ (Zaldianto, 2013).

- a. *Defect Per Unit* (DPU)

$$\text{DPU} = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah diperiksa (produksi)}} \quad (5)$$

- b. *Defect Per Opportunities* (DPO)

$$\text{DPO} = \frac{\text{DPU}}{\text{CTQ}} \quad (6)$$

- c. *Defect Per Million Opportunities* (DPMO)

$$\text{DPMO} = \text{DPO} \times 1.000.000 \quad (7)$$

- d. *Level Sigma* (menggunakan *Microsoft Excel*)

$$\text{Sigma} = \text{Normsinv} ((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5 \quad (8)$$

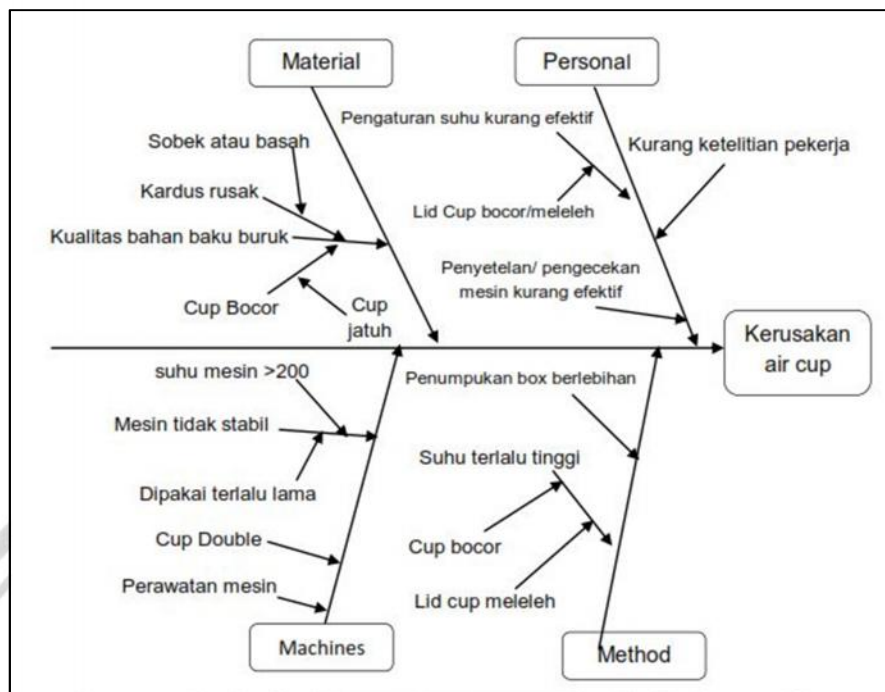
2.10.6 Diagram *Fishbone*

Masalah mutu dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor. Untuk mempermudah menganalisis penyebab dari suatu permasalahan mutu, Kaoru Ishikawa telah mengembangkan suatu alat pengendali mutu yang disebut dengan diagram sebab-akibat. Diagram sebab-akibat digunakan untuk mengembangkan variasi yang luas atas suatu topik dan hubungannya, termasuk untuk pengujian suatu proses maupun perencanaan suatu kegiatan (Herjanto, 2007 dalam Zaldianto, 2013). Diagram sebab-akibat merupakan diagram yang digunakan untuk melihat sejumlah kemungkinan yang menyebabkan berbagai permasalahan yang terjadi pada proses. Diagram ini juga memperlihatkan hubungan antara permasalahan yang terjadi dengan kemungkinan penyebabnya serta faktor-faktor yang mempengaruhinya (Nurfitriah, 2018).

Menurut Zaldianto (2013) langkah-langkah yang dilakukan untuk analisis diagram sebab-akibat ini adalah:

1. Mendefinisikan permasalahan
2. Menyeleksi metode analisis
3. Menggambarkan kotak masalah dan panah utama
4. Menspesifikasikan kategori utama sumber-sumber yang mungkin menyebabkan masalah

5. Mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah
6. Menganalisis sebab-sebab dan mengambil tindakan



Gambar 7. Diagram Fishbone Untuk Kerusakan Air Cup
(sumber: Nurfitriah, 2018)

2.13 *Lean Six Sigma*

Lean Six Sigma adalah metode pengendalian kualitas yang merupakan kombinasi antara *Lean* dan *Six Sigma* yang dapat didefinisikan sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus-menerus untuk mencapai tingkat kinerja *six sigma*, dengan cara mengalirkan produk (*material, work-inprocess, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan dengan hanya memproduksi 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi (Gaspersz, 2007).

Hal yang membedakan antara *lean* dan *six sigma* adalah *lean* berfokus pada mengurangi pemborosan membuat aliran proses berjalan dengan baik, sedangkan *six sigma* berfokus pada mengurangi variasi dan peningkatan kapabilitas proses (Russel dan Taylor, 2014). Pendekatan tersebut dibangun

melalui pembentukan budaya, ukuran-ukuran, kebijakan, prosedur, dan penggunaan teknik yang relevan. Hal tersebut membutuhkan usaha peningkatan terus-menerus yang didukung oleh manajemen dan karyawan melalui penciptaan pembelajaran bagi organisasi dan perubahan budaya.

Tujuan dari *Lean Six Sigma* adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value added activities*).
2. Melalui peningkatan terus-menerus radikal untuk mencapai tingkat kinerja enam *Sigma* (kapabilitas proses 6 *Sigma*).
3. Mengalirkan produk (*material, work in process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal.
4. Mengejar keunggulan dan kesempurnaan hanya dengan memproduksi 3,4 kecacatan untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi (3,4 DPMO).

Melalui *Lean Six Sigma* diharapkan dapat memenuhi harapan perusahaan yaitu (Putri, 2017):

1. Menjadi lebih responsif terhadap kebutuhan pelanggan.
2. Kualitas yang tinggi pada produk atau pelayanan yang diterima pelanggan.
3. Beroperasi dengan sumber daya yang paling optimal.

2.14 *Green Lean Six Sigma*

Green Lean Six Sigma pertama kali digagas oleh Watson Research Center dan A Dublin LSS *Black belt* yang memfokuskan *lean* dan *six sigma* dari segi *environment* dimana pada penelitiannya dilakukan untuk peningkatan *supply chain operations* dalam pengamatannya dilakukan untuk meningkatkan kinerja dari penggunaan energi, *packaging*, dan *logistic, solid waste, and supplier environment initiatives* (Nugraha, 2014).

Meningkatnya perkembangan isu lingkungan membuat industri berlomba-lomba untuk ikut serta dalam menjaga kelestarian lingkungan. Banyak industri yang sudah menjadikan lingkungan sebagai salah satu faktor pertimbangan di dalam perusahaan. Kondisi ini pada akhirnya menghasilkan pemikiran-pemikiran

baru mengenai cara untuk melakukan perbaikan proses tetapi dengan mempertimbangkan faktor lingkungan. Metode yang muncul kemudian adalah *lean green* dan *green sigma*. Penelitian mengenai *lean green* sudah diaplikasikan lebih dulu karena dianggap mempunyai kesamaan antara *lean* dan *green*. *Lean* dan *green* sama-sama bertujuan untuk menghilangkan *waste*, yang mana semakin banyak *waste*, maka dampak terhadap lingkungan juga akan semakin besar (Arifin dan Supriyanto, 2012).

Menurut Gasperzs (2007), pendekatan *lean six sigma* yang dikombinasikan dengan manajemen lingkungan akan menghasilkan *green lean six sigma* yang dapat menghilangkan pemborosan dan meminimasi cacat serta mengukur dampak lingkungan dari proses produksi yang terjadi. Namun, menurut Raymond (2009) dalam aplikasi *green lean six sigma* tidak hanya dapat mengukur dampak lingkungan saja tetapi juga dapat diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan pemakaian energi, permasalahan dalam hal *packaging & logistics*, serta *solid waste* untuk mencapai performansi yang optimal.

Pendekatan *green lean six sigma* berlandaskan pada prinsip 5P (*Profits, Products, Process, Project by project, and People*) yang saling berkaitan satu sama lain, sebagai berikut:

1. *Profits* (keuntungan perusahaan) akan meningkat apabila kinerja produk (*product performance*) meningkat sesuai atau melebihi kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.
2. *Products* (produk barang dan atau jasa) akan meningkat kinerjanya apabila *process* (proses-proses) yang menghasilkan produk itu meningkat.
3. *Process* (proses-proses) akan meningkat hanya apabila dilakukan peningkatan proses *value stream* melalui *lean six sigma continuous improvement projects (Project by project)*.
4. *Project* (proyek-proyek peningkatan terus-menerus) akan berhasil apabila *people* (orang-orang) meningkatkan pembelajaran dan pertumbuhan (*learning and growth*).

Raymond (2009) dalam Nugraha (2014) mendefinisikan *Green Lean Six Sigma* sebagai berikut:

1. Sebuah pengembangan dari metode lean six sigma untuk persoalan lingkungan.
2. Suatu sistem untuk memantau operasi yang tidak sesuai dari yang seharusnya. Menjamin keuntungan melalui peringatan, mengumpulkan data untuk pemberitaan dan analisis.

Menurut Raymond (2009) dalam Nugraha (2014) perbedaan *lean six sigma* biasa dengan *green lean six sigma* adalah sebagai berikut:

1. Sasaran pada aspek lingkungan – mereduksi pemakaian energi dari berbagai aspek dari fasilitas dan proses operasi.
2. Menggunakan *lean six sigma* dengan menambahkan metode penilaian berupa profil penggunaan energi.
3. Menempatkan sistem pengontrolan dengan analisa lebih lanjut.

Menurut Park (2008) *lean six sigma* dengan metodologi DMAIC, dapat digunakan untuk *green project's* seperti manajemen energi yang kebanyakan dapat diaplikasikan dengan pendekatan kualitas secara tradisional atau proyek perbaikan atau operasi yang menyertakan reduksi inventori, efisiensi produksi, atau perbaikan dalam kualitas.

2.15 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA (*failure mode and effect analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.

FMEA adalah sebuah teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, *error*, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen (Hanif, dkk, 2015).

Secara umum, FMEA didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal yaitu :

1. Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain, produk, dan proses selama siklus hidupnya.
2. Efek dari kegagalan tersebut.
3. Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain, produk, dan proses.

Tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan FMEA:

- a. Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan tingkat karakteristik signifikan.
- b. Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses.
- c. Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya.
- d. Untuk membantu *focus engineer* dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegahnya timbul permasalahan.

Langkah dasar FMEA adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi potensi *failure mode* proses produksi.
2. Mengidentifikasi fungsi pada proses produksi.
3. Mengidentifikasi penyebab - penyebab kegagalan proses produksi.
4. Mengidentifikasi kegagalan produksi.
5. Mengidentifikasi potensi kegagalan produksi.
6. Menentukan rating terhadap *severity, occurrence, detection* dan RPN proses produksi.
7. Usulan perbaikan.

Tabel 5. Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)

<i>Design (Item Function) Process (Function/requirement)</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Effect of Failure</i>	<i>Frequency of Occurrence (1-10)</i>	<i>Degree of Severity (1-10)</i>	<i>Chance of Detection (1-10)</i>	<i>RPM (1-1000) 5x6x7</i>	<i>Rank</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

(sumber: Hanif, dkk, 2015)

Tabel 6. Rating Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)

<i>Column Value</i>	<i>Frequency of Occurrence</i>	<i>Severity for Quality</i>	<i>Probability of Detectin</i>
1	Hampir tidak pernah terjadi (<i>remote</i>)	Tidak berpengaruh (<i>minor</i>)	Pasti terdeteksi (<i>very high</i>)
2	Hampir tidak pernah terjadi (<i>remote</i>)	Sedikit berpengaruh, tidak terlalu kritis (<i>low</i>)	Pasti terdeteksi (<i>very high</i>)
3	Sangat jarang, relatife (<i>low</i>)	Sedikit berpengaruh, tidak terlalu kritis (<i>low</i>)	Kemungkinan besar terdeteksi (<i>high</i>)
4	Sangat jarang, relatife (<i>low</i>)	Cukup berpengaruh, cukup kritis (<i>moderate</i>)	Kemungkinan besar terdeteksi (<i>high</i>)
5	Sangat jarang, relatife sedikit (<i>low</i>)	Cukup berpengaruh, cukup kritis (<i>moderate</i>)	Mungkin terdeteksi (<i>moderate</i>)
6	Kadang-kadang terjadi (<i>moderate</i>)	Cukup berpengaruh, cukup kritis (<i>moderate</i>)	Mungkin terdeteksi (<i>moderate</i>)
7	Kadang-kadang terjadi (<i>moderate</i>)	Sangat berpengaruh, kritis (<i>high</i>)	Kemungkinan kecil terdeteksi (<i>low</i>)
8	Sering terjadi (<i>high</i>)	Sangat berpengaruh, kritis (<i>high</i>)	Kemungkinan kecil terdeteksi (<i>low</i>)
9	Sulit untuk dihindari (<i>very high</i>)	Pasti berpengaruh, sangat merugikan, sangat kritis (<i>very high</i>)	Mungkin tidak terdeteksi (<i>very low</i>)
10	Sulit untuk dihindari (<i>very high</i>)	Pasti berpengaruh, sangat merugikan, sangat kritis (<i>very high</i>)	Tidak terdeteksi (<i>none</i>)

(sumber: Hanif, dkk, 2015)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah semua rencana yang akan dilaksanakan oleh seorang peneliti dalam penelitian untuk menyelesaikan suatu masalah yang sedang diteliti. Penelitian ini dirancang dan disusun dengan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Menurut Annisa, dkk (2014) penelitian deskriptif merupakan penelitian yang berusaha mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu, misalnya kondisi atau hubungan yang ada, pendapat yang berkembang, proses yang sedang berlangsung, akibat atau efek yang terjadi, atau tentang kecenderungan yang tengah berlangsung sedangkan penelitian kuantitatif adalah penelitian yang datanya berupa angka-angka (*score*, nilai) atau pernyataan-pernyataan yang diangkakan (*discore*, dinilai), dan dianalisis dengan analisis statistik.

Berdasarkan teori tersebut, penelitian mengenai *green lean six sigma* ini menggunakan data-data kuantitatif seperti data jumlah produksi dan cacat produk. data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan tahapan dari siklus DMAIC. Setelah mendapatkan nilai level *sigma* dan akar penyebab kecacatan produk, selain itu dilakukan juga perhitungan terhadap jumlah limbah yang dihasilkan akibat terjadinya cacat produk tersebut, kemudian tahap selanjutnya yaitu memberikan usulan perbaikan terhadap penyebab masalah pada proses produksi tersebut.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian merupakan suatu tempat atau wilayah dimana penelitian tersebut akan dilakukan. Penelitian ini dilaksanakan di PT Banyu Reverse Osmosis yang memiliki kantor pusat di Jl. Jayadiningrat No. 5, Kaloran, Serang-Banten, namun proses produksi berada di Kp. Kadubiuk Desa Suka Indah Kec. Baros, Kab. Serang-Banten. Pemilihan lokasi ini berdasarkan banyaknya

jumlah data cacat yang dihasilkan pada proses produksi. Adapun waktu penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Januari sampai Maret 2019.

3.3 Cara Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Berdasarkan cara memperolehnya, data dalam penelitian ini terbagi atas data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil secara langsung yang dilakukan dengan wawancara, observasi, dan penyebaran kuesioner. Wawancara dilakukan dengan tanya jawab dan *brainstorming* untuk mendapatkan informasi mengenai masalah yang sering terjadi mulai dari umum sampai khusus, mengetahui penyebab dominan penyebab *waste* selama proses produksi dan mengetahui jenis kecacatan produk yang sering terjadi di PT Banyu Reverse Osmosis. Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung proses produksi produk yang akan diteliti, guna mengetahui penyebab-penyebab yang mungkin menyebabkan *waste* serta mengetahui waktu proses produksi produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Selain itu, untuk mengetahui *waste* yang sering terjadi maka dilakukan pembagian kuesioner *seven waste* untuk mendapatkan informasi dari responden mengenai *seven waste* yang terdapat pada proses produksi air mineral dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung atau merupakan data *given* dari perusahaan. Data sekunder pada penelitian ini meliputi data profil perusahaan, data produksi dan data *reject* produk air mineral dalam kemasan *cup* 240 ml periode bulan Januari sampai Desember 2018. Data profil perusahaan berisi penjelasan mengenai letak perusahaan, jenis produk yang diproduksi serta penjelasan singkat mengenai proses produksi air minum dalam kemasan secara umum. Data produksi berisikan informasi mengenai banyaknya

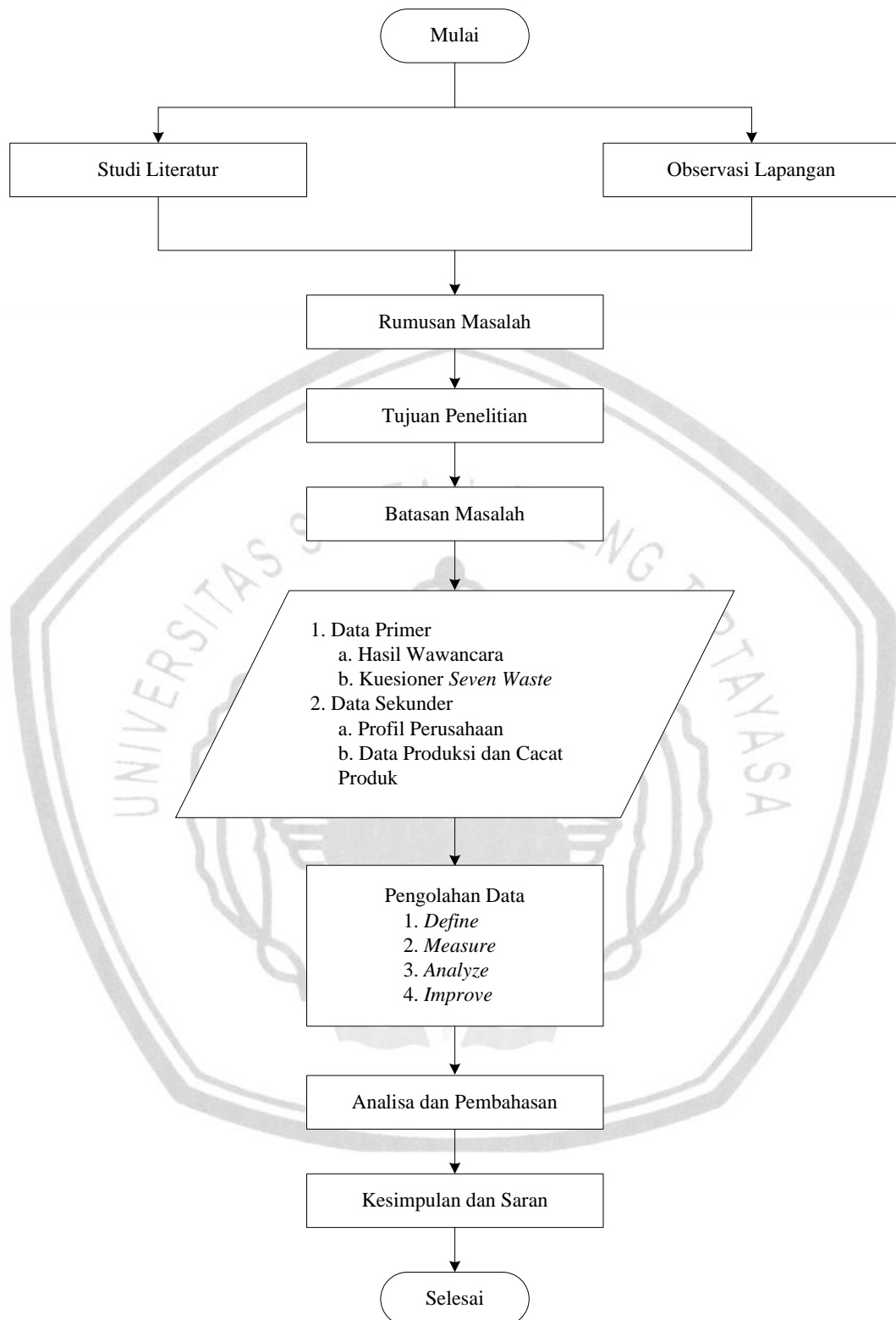
produk dari air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yang dihasilkan perbulannya selama periode bulan Januari sampai Desember 2018. Selain itu, dalam data produksi juga memberikan informasi terkait jumlah cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

3.4 Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan tahapan pemecahan masalah yang dilakukan selama melakukan penelitian. Pada penelitian ini, alur penelitian digambarkan dalam bentuk *flow chart* penelitian umum dan *flow chart* pemecahan masalah. Adapun *flow chart* pemecahan masalah pada penelitian ini yaitu *flow chart* pemecahan masalah *green lean six sigma* dan *flow chart* pemecahan masalah FMEA (*failure mode and effect analysis*).

3.4.1 Flow Chart Penelitian Umum

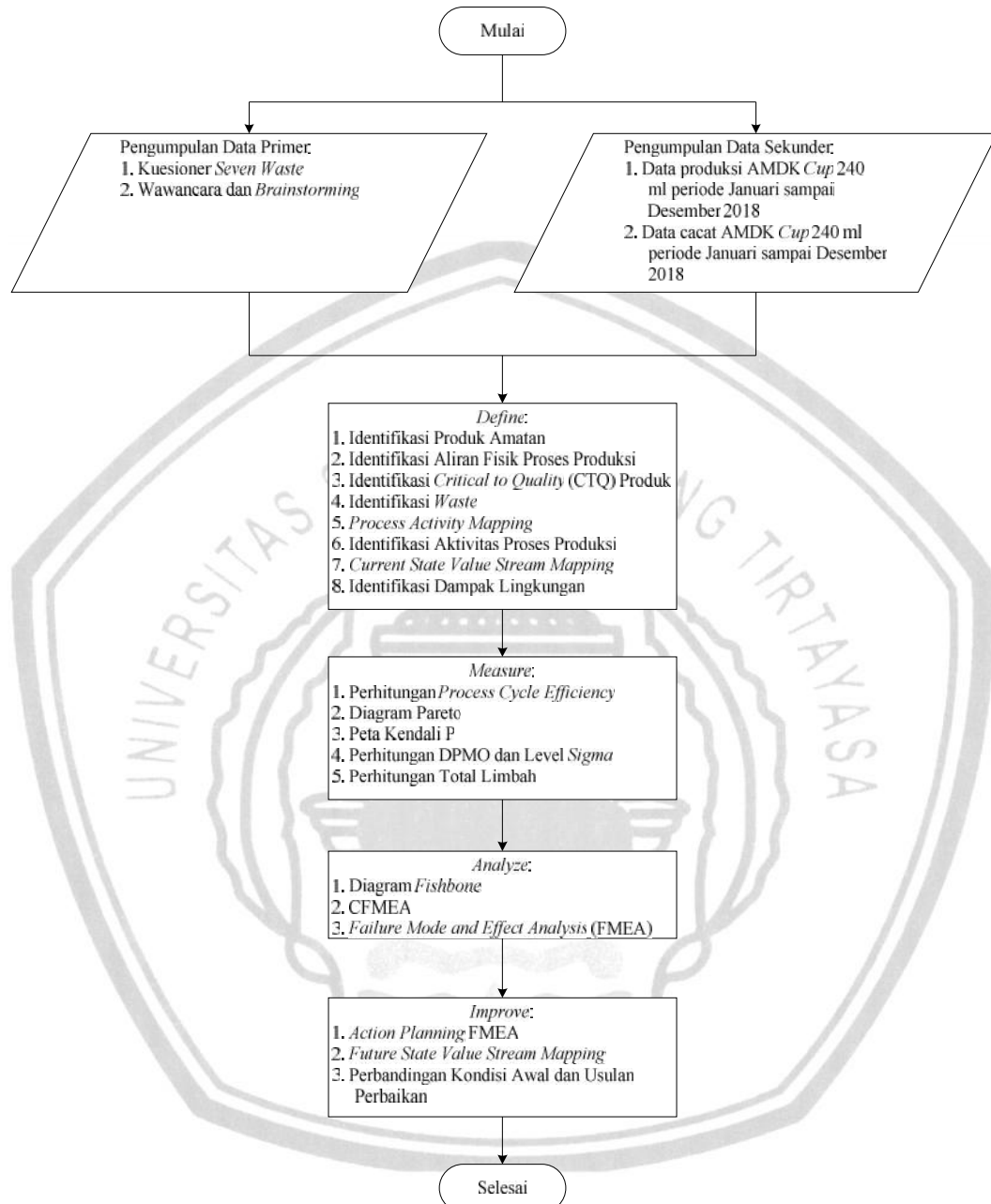
Flow chart penelitian umum merupakan gambaran dari urutan penelitian secara umum yang akan dilakukan pada penelitian *green lean six sigma*. Adapun langkah-langkah penelitian mengenai *green lean six sigma* pada PT Banyu Reverse Osmosis ini terdapat pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Flow Chart Penelitian Umum

3.4.2 Flow Chart Pemecahan Masalah Green Lean Six Sigma

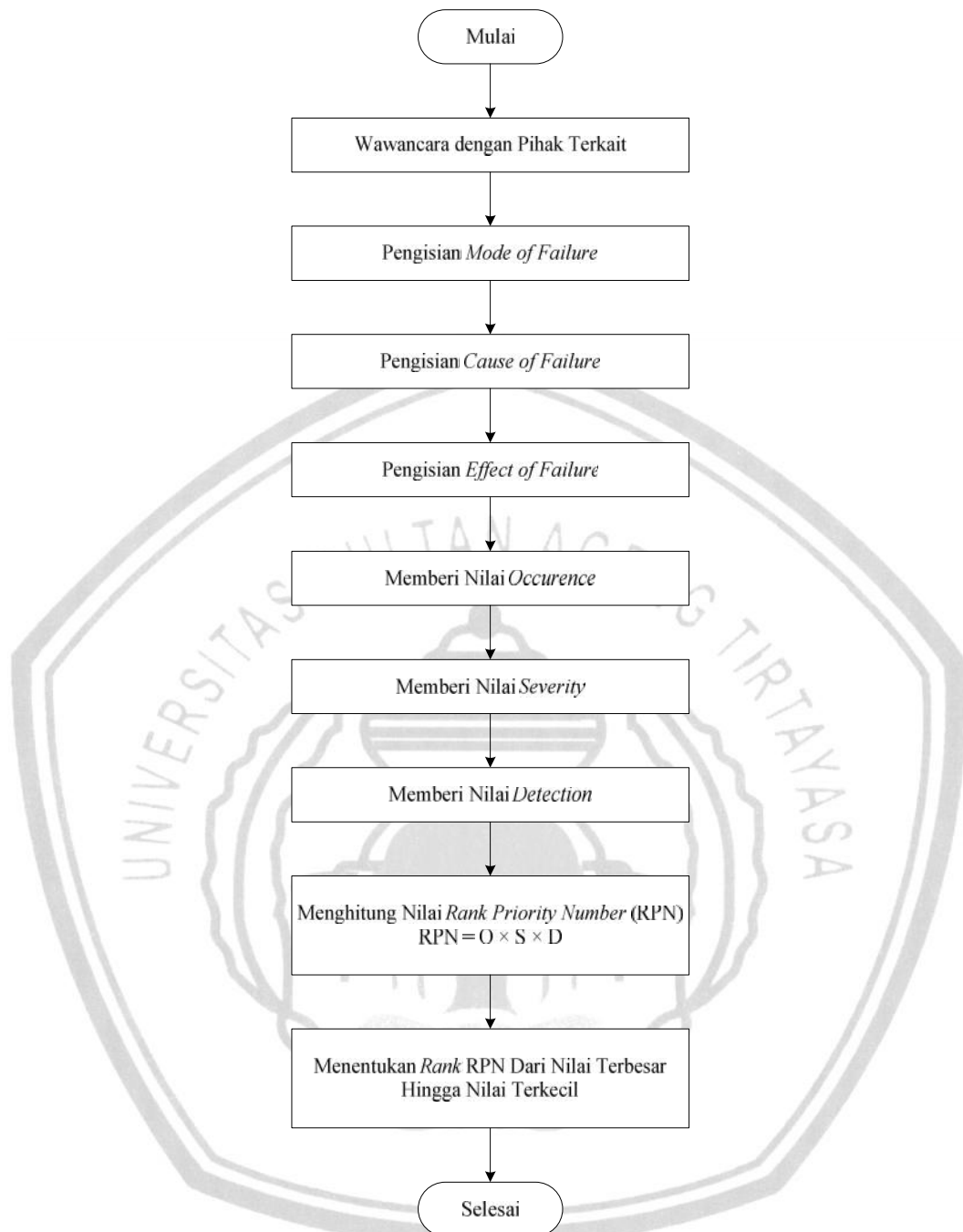
Berikut merupakan *flow chart* pemecahan masalah *green lean six sigma*:



Gambar 9. Flow Chart Pemecahan Masalah Green Lean Six Sigma

3.4.3 Flow Chart Pemecahan Masalah FMEA

Berikut merupakan *flow chart* pemecahan masalah *failure mode and effect analysis*:



Gambar 10. Flow Chart Pemecahan Masalah FMEA

3.5 Deskripsi Pemecahan Masalah

Pada penelitian *green lean six sigma* ini terbagi atas 3 jenis *flow chart*, yaitu *flow chart* penelitian umum, *flow chart* pemecahan masalah *green lean six sigma*, dan *flow chart* pemecahan masalah FMEA. Berikut merupakan deskripsi setiap *flow chart* pada penelitian ini:

3.5.1 Deskripsi *Flow Chart* Penelitian Umum

Berikut merupakan deskripsi *flow chart* penelitian umum dalam penelitian ini:

1. Mulai
Penelitian dimulai.
2. Studi pendahuluan
Studi pendahuluan merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dan diteliti dalam penelitian ini. Tahap ini dilakukan dengan cara wawancara dan observasi lapangan. Tahap wawancara dilakukan kepada kepala divisi produksi, staff produksi dan bagian *quality control*, sedangkan observasi lapangan dilakukan saat proses produksi berlangsung.
3. Studi literatur
Studi literatur merupakan tahap pencarian teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini. Tahap ini dilakukan dengan mencari teori pendukung terkait dengan penelitian *green lean six sigma*. Studi literatur dapat diperoleh dari literatur-literatur berupa jurnal maupun buku-buku yang membahas tentang metode tersebut atau bisa juga diperoleh dari penelitian terdahulu dan memiliki topik yang hampir sama.
4. Rumusan masalah
Setelah mengetahui permasalahan yang terjadi dari hasil studi pendahuluan dan studi literatur, tahap selanjutnya adalah merumuskan permasalahan yang terjadi. Rumusan masalah berguna untuk menemukan metode serta melakukan perbaikan dari masalah tersebut dan memudahkan penelitian dalam mencapai tujuannya.
5. Tujuan penelitian
Setelah merumuskan masalah, tahap selanjutnya yaitu menetapkan tujuan penelitian terhadap masalah yang terjadi pada perusahaan, yang mengacu pada latar belakang dan mengacu pada kepentingan perusahaan. Penetapan tujuan sesuai pada rumusan masalah yang sudah ada, sehingga penelitian yang dilaksanakan memiliki arah sasaran yang tepat. Tujuan dari

penelitian ini adalah mengetahui jenis *waste* yang terjadi dan paling dominan, menghitung nilai tingkat level *sigma*, mengidentifikasi limbah yang dihasilkan, memberikan usulan perbaikan pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml, serta memberikan usulan untuk meminimasi penyebab kegagalan potensial produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

6. Batasan masalah

Batasan masalah dibuat untuk mengidentifikasi faktor mana saja yang termasuk dalam ruang lingkup masalah penelitian dan faktor mana saja yang tidak termasuk dalam ruang lingkup masalah penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah produk yang diteliti yaitu air mineral dalam kemasan *cup* 240 ml, data yang digunakan adalah data produksi dan cacat produk bulan Januari sampai Desember 2018, harga 1 pcs air minum dalam kemasan *cup* 240 ml Rp. 222,46., penelitian ini hanya sampai pada tahap *improve* pada siklus DMAIC, dan limbah yang difokuskan pada penelitian ini hanya limbah air dan limbah *cup* yang dihasilkan akibat cacat produk bocor *lid*.

7. Pengumpulan data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data yang meliputi data primer dan data sekunder. Data yang dikumpulkan yaitu data profil perusahaan yang berisikan penjelasan mengenai letak perusahaan, jenis produk yang diproduksi serta penjelasan singkat mengenai proses produksi air minum dalam kemasan secara umum, data produksi yang berisikan informasi mengenai banyaknya produk dari air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yang dihasilkan dan jumlah cacat produk perbulannya selama periode bulan Januari sampai Desember 2018. Data-data tersebut termasuk ke dalam data sekunder, sedangkan data primer yang dikumpulkan berupa hasil wawancara terkait topik penelitian, alur proses produksi, penyebab terjadinya *waste*, dan jumlah jenis cacat produk. Selain itu, dilakukan juga tanya jawab untuk mengisi kuesioner *seven waste*.

8. Pengolahan data

Pengolahan data pada penelitian ini dimulai dengan identifikasi banyaknya jenis cacat produk, *waste* yang sering terjadi dan dampaknya terhadap lingkungan sehingga dari hasil pengolahan data tersebut dapat diberikan usulan perbaikan.

9. Analisa dan pembahasan

Setelah melakukan pengolahan data, tahap selanjutnya yaitu melakukan analisa hasil dari pengolahan data tersebut. Pada tahap ini hasil pengolahan data dapat dibahas dan dianalisa berdasarkan teori-teori yang telah ada. Analisa dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi *waste* yang terjadi pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml, faktor yang menyebabkan terjadinya cacat produk, nilai DPMO dan level *sigma*, dampak terhadap lingkungan, dan usulan perbaikan.

10. Kesimpulan dan saran

Tahap selanjutnya yaitu menarik kesimpulan yang sesuai dengan tujuan awal penelitian, serta memberikan saran untuk memaksimalkan penelitian selanjutnya.

11. Selesai

Penelitian selesai.

3.5.2 Deskripsi *Flow Chart* Pemecahan Masalah *Green Lean Six Sigma*

Berikut merupakan deskripsi *flow chart* pemecahan masalah *green lean six sigma* dalam penelitian ini:

1. Mulai

Pemecahan masalah *green lean six sigma* mulai.

2. Pengumpulan data primer

Data primer yang dikumpulkan dalam pemecahan masalah *green lean six sigma* yaitu hasil kuesioner *seven waste* yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis *waste* yang sering terjadi saat proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml, serta wawancara dan *brainstorming* guna mengetahui jenis cacat yang terjadi pada produk air minum dalam

kemasan *cup* 240 ml. Data hasil wawancara juga digunakan untuk mengetahui dampak lingkungan yang terjadi akibat adanya produk cacat.

3. Pengumpulan data sekunder

Selain data primer, dalam pemecahan masalah *green lean six sigma* juga mengumpulkan data sekunder yang terdiri atas data jumlah produksi dan cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai DPMO dan level *sigma*.

4. *Define*

Pada tahap *define*, pengolahan data yang dilakukan yaitu identifikasi produk amatan, *critical to quality* (CTQ), diagram SIPOC, identifikasi *waste*, *process activity mapping*, identifikasi aktivitas proses produksi, *current state value stream mapping*, dan identifikasi dampak lingkungan. Identifikasi produk amatan dilakukan untuk mengetahui jenis produk air minum dalam kemasan yang memiliki jumlah cacat paling tinggi. Selanjutnya *critical to quality* (CTQ) untuk menentukan jenis-jenis cacat produk yang paling dominan terjadi. Langkah selanjutnya yaitu membuat diagram SIPOC untuk menggambarkan alur proses bisnis secara umum. Diagram SIPOC menggambarkan alur bisnis mulai dari *supplier*, *input*, *process*, *output*, dan *customer*. Setelah membuat diagram SIPOC, langkah selanjutnya yaitu identifikasi *waste* berdasarkan hasil kuesioner *seven waste* yang telah diisi oleh empat orang responden untuk mengetahui jenis *waste* paling prioritas. Selanjutnya membuat *process activity mapping* untuk mengetahui alur aktivitas proses produksi air minum dalam kemasan yang kemudian aktivitas tersebut dipetakan dalam *current state value stream mapping* untuk mengetahui jenis-jenis aktivitas. Langkah selanjutnya yaitu identifikasi dampak lingkungan yang berguna untuk mengetahui apa saja dampak lingkungan yang timbul akibat adanya produk cacat air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

5. *Measure*

Tahap *measure* bisa juga diartikan sebagai tahap mengukur *level sigma*. Pengukuran *level sigma* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas

hasil produk perusahaan, karena dengan mengetahui tingkat *level sigma* dapat dijadikan sebagai salah satu parameter keberhasilan pencapaian target kualitas. Pengolahan data yang dilakukan pada tahap ini yaitu menghitung *process cycle efficiency*, membuat diagram pareto, peta kendali P, perhitungan DPMO dan *level sigma*, dan perhitungan total limbah. Perhitungan *process cycle efficiency* digunakan untuk mengukur efisiensi dari aktivitas proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Selanjutnya yaitu membuat diagram pareto untuk menentukan jenis cacat paling dominan. Selanjutnya perhitungan peta kendali P dilakukan terhadap data cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml untuk mengetahui bagian yang ditolak karena tidak memenuhi spesifikasi (disebut bagian yang cacat) juga untuk mengetahui apakah pengendalian proses produksi sudah baik atau tidak. Langkah selanjutnya yaitu perhitungan DPMO dan *level sigma* yang dilakukan untuk mengukur performansi perusahaan berdasarkan *level sigma* yang diperoleh. Perhitungan DPMO dan nilai *sigma* dilakukan berdasarkan penentuan CTQ. Selanjutnya yaitu perhitungan total limbah yang dilakukan untuk mengetahui total limbah yang timbul akibat adanya cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

6. *Analyze*

Tahap *analyze* merupakan tahap analisa yang dilakukan untuk menganalisa penyebab terjadinya jenis cacat dominan. Pada tahap ini menggunakan *tools* diagram *fishbone* dan *failure mode and effect analysis* (FMEA). Diagram *fishbone* digunakan untuk mencari akar penyebab masalah terjadinya cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml dan limbah yang dihasilkan akibat produk cacat berdasarkan faktor manusia, mesin, dan metode. Selanjutnya hasil dari diagram *fishbone* dianalisa menggunakan *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan akan didapatkan nilai *risk priority number* (RPN).

7. *Improve*

Tahap *improve* merupakan tahap perbaikan dimana pada penelitian ini akan diberikan usulan perbaikan mengenai kualitas produk dan efisiensi aliran proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Usulan perbaikan dilakukan dengan menggunakan *recommended action planning* FMEA untuk mendapatkan usulan perbaikan berdasarkan prioritas penyebab kecacatan produk. Selanjutnya yaitu pembuatan *future state value stream mapping* yang dilakukan untuk mengetahui efisiensi aliran proses produksi setelah melakukan eliminasi dan reduksi pada aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah tapi penting dan tidak bernilai tambah. Selanjutnya yaitu membandingkan kondisi awal dan setelah adanya perbaikan berdasarkan indikator *process cycle mapping* dan total limbah yang dihasilkan.

8. Selesai

Pemecahan masalah *green lean six sigma* selesai.

3.5.3 Deskripsi *Flow Chart* Pemecahan Masalah FMEA

Berikut merupakan deskripsi *flow chart* pemecahan masalah FMEA dalam penelitian ini:

1. Mulai

Pemecahan masalah *failure mode and effect analysis* mulai.

2. Wawancara dengan pihak terkait

Wawancara dilakukan dengan divisi produksi dan divisi *quality control* untuk mengidentifikasi kegagalan proses yang menyebabkan produk cacat.

3. Pengisian *mode of failure*

Pada tahap ini dilakukan untuk menggambarkan cara dimana sebuah produk atau proses menjadi gagal untuk melaksanakan fungsi yang diperlukan.

4. Pengisian *cause of failure*

Pada tahap ini, dilakukan pengisian terhadap apa yang menyebabkan timbulnya kegagalan pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

5. Pengisian *effect of failure*

Tahap ini merupakan pengisian dampak atau akibat yang ditimbulkan jika komponen tersebut gagal seperti yang disebutkan dalam *potential failure mode*.

6. Memberi nilai *occurrence*

Occurrence merupakan seberapa sering penyebab kegagalan spesifik dari suatu proyek tersebut akan terjadi. *Occurrence* ditunjukkan dalam 10 level dari yang hampir tidak pernah terjadi yaitu skala 1 sampai yang paling mungkin terjadi atau sulit dihindari yaitu skala 10.

7. Memberi nilai *severity*

Severity merupakan seberapa serius kondisi yang diakibatkan jika terjadi kegagalan.

8. Memberi nilai *detection*

Detection merupakan tingkat kemungkinan lolosnya penyebab dari kegagalan dari kontrol yang dipasang (terdeteksi atau tidaknya kegagalan tersebut).

9. Menghitung nilai *rank priority number* (RPN)

Pada tahap ini dilakukan perhitungan dengan mengalikan setiap bobot dari nilai *occurrence*, *severity*, dan *detection*.

$$RPN = Occurrence \times Severity \times Detection$$

Angka RPN berkisar dari 1 sampai 1000, dimana semakin tinggi nilai RPN, maka proses semakin berisiko untuk menghasilkan produk dengan spesifikasi yang diinginkan.

10. Menentukan *rank* RPN dari nilai terbesar hingga nilai terkecil

Menentukan *rank* atau tingkat prioritas dari mode kegagalan yang paling utama berdasarkan nilai RPN. Tingkat prioritas yang didahulukan untuk perbaikan disusun dari nilai RPN tertinggi hingga terendah.

11. Selesai

Pemecahan masalah *failure mode and effect analysis* selesai.

3.6 Analisis Data

Analisis data merupakan salah satu proses penelitian yang dilakukan setelah semua data yang diperlukan guna memecahkan permasalahan yang diteliti sudah diperoleh secara lengkap. Pada penelitian ini, analisis data digunakan untuk mengetahui dan membahas hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis dan pengolahan data pada penelitian ini menggunakan *software* Ms. Word, Ms. Excel, dan Ms. Visio.

Analisis data pada penelitian ini dijabarkan sesuai dengan metode *green lean six sigma* berdasarkan siklus DMAIC. Berikut merupakan tahapan analisis data pada penelitian ini:

1. *Define*

Pada tahap *define*, peneliti menganalisis hasil identifikasi produk amatan sesuai dengan hasil wawancara dan data-data yang diperoleh dari pihak perusahaan. Selanjutnya menganalisis *critical to quality* (CTQ) untuk mengetahui karakteristik kualitas dari produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Selanjutnya menganalisis alur proses bisnis menggunakan diagram SIPOC. Adanya analisis diagram SIPOC membuat peneliti mengetahui alur bisnis PT Banyu Reverse Osmosis dari mulai bahan baku dari *supplier* hingga ke menjual produk ke *customer*. Langkah selanjutnya yaitu menganalisis identifikasi *waste* berdasarkan hasil kuesioner *seven waste* yang telah diisi oleh empat orang responden untuk mengetahui jenis *waste* paling prioritas. Selanjutnya menganalisis *process activity mapping* untuk mengetahui alur aktivitas proses produksi air minum dalam kemasan yang kemudian aktivitas tersebut dipetakan dalam *current state value stream mapping* untuk mengetahui jenis-jenis aktivitas. Langkah selanjutnya yaitu menganalisis identifikasi dampak lingkungan yang berguna untuk mengetahui apa saja dampak lingkungan yang timbul akibat adanya produk cacat air minum dalam kemasan *cup* 240 ml

2. *Measure*

Pada tahap *measure*, peneliti menghitung *process cycle efficiency* guna mengetahui seberapa besar efisiensi aliran proses produksi air minum dalam kemasan cup 240 ml. Selanjutnya peneliti menentukan *critical to quality* (CTQ) kunci dengan menggunakan diagram pareto sehingga akan didapatkan hasil jenis cacat yang paling dominan terjadi berdasarkan konsep diagram pareto. Selanjutnya menganalisis jumlah cacat dengan menggunakan peta kendali P. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah terdapat data proporsi cacat yang melewati BKA dan BKB. Langkah selanjutnya yaitu perhitungan DPMO dan level *sigma* yang dilakukan untuk mengukur performansi perusahaan berdasarkan level *sigma* yang diperoleh. Perhitungan DPMO dan nilai *sigma* dilakukan berdasarkan penentuan CTQ. Selanjutnya yaitu menganalisa perhitungan total limbah untuk mengetahui total limbah yang timbul akibat adanya cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

3. *Analyze*

Pada tahap *analyze*, peneliti menganalisa akar penyebab terjadinya cacat produk air minum dalam kemasan cup 240 ml dengan menggunakan diagram *fishbone*. Peneliti menggunakan diagram *fishbone* untuk mengetahui akar penyebab kecacatan produk dan akar penyebab limbah yang dihasilkan berdasarkan faktor manusia, mesin, metode, dan material. Selanjutnya, analisis *failure mode and effect analysis* (FMEA) berdasarkan hasil diagram *fishbone* dan akan dianalisis kemungkinan resikonya. Pada *failure mode and effect analysis* (FMEA) juga akan dianalisis nilai prioritasnya sesuai dengan nilai *occurrence*, *severity* dan *detection*.

4. *Improve*

Pada tahap *improve*, peneliti menganalisis hasil usulan perbaikan untuk mengurangi cacat pada produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml dan mengurangi limbah hasil produk cacat menggunakan *tools action planning* FMEA. Selanjutnya menganalisis efisiensi aliran proses produksi yang digambarkan dalam *future state value stream mapping*. Selain itu, peneliti

juga menganalisis perbandingan kondisi awal dan usulan perbaikan berdasarkan indikator *process cycle efficiency* dan total limbah yang dihasilkan.



BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan di PT Banyu Reverse Osmosis yang meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data hasil wawancara, hasil observasi dan kuesioner, sedangkan data sekunder berupa data *given* dari perusahaan yaitu berupa data produksi dan data *reject* produk. Berikut ini adalah data-data yang telah dikumpulkan dalam penelitian:

1. Data primer

Data primer merupakan data yang diambil secara langsung yang dilakukan dengan wawancara, observasi, dan penyebaran kuesioner.

a. Teknik observasi

Teknik observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung proses produksi produk yang akan diteliti. Dalam penelitian ini data hasil observasi yaitu proses produksi AMDK.

b. Teknik wawancara

Teknik wawancara dilakukan dengan tanya jawab dan *brainstorming* untuk mendapatkan informasi mengenai *waste* di PT Banyu Reverse Osmosis.

c. Kuesioner

Membagikan kuesioner *seven waste* yang digunakan untuk mendapatkan informasi dari responden mengenai *seven waste* yang terdapat pada proses produksi air mineral dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung atau merupakan data *given* dari perusahaan. Data sekunder pada penelitian ini yaitu data produksi dan data *reject* produk air mineral dalam kemasan *cup* 240 ml periode bulan Januari sampai Desember 2018.

4.1.1 Profil Perusahaan

PT Banyu Reverse Osmosis merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dibidang produksi air minum dalam kemasan (AMDK) yang terletak di Kecamatan Baros, Kabupaten Serang, Banten. PT Banyu Reverse Osmosis yang disingkat menjadi PT BAROS adalah perusahaan air minum yang memproduksi air minum kemasan dalam galon, botol dan *cup* dengan *merk* dagang: Air Baros, Wonka dan Amitra. Air minum dalam kemasan tersebut dijual ke berbagai agen, distributor, toko dan lain sebagainya.



Gambar 11. Produk PT Banyu Reverse Osmosis

Proses produksi air minum dalam kemasan cup dilakukan di dalam ruang produksi yang higienis. Air baku di ambil dari mata air jernih di Kecamatan Baros, yang mana wilayah ini kaya akan sumber mata air yang bersih, jernih dan bebas dari polusi. Setiap hari sumber air baku dilakukan pembersihan dan pengecekan sebelum produksi. Dengan cara sanitasi lingkungan dekat sumber air, demikian juga pada *reservoir* air secara berkala yakni setiap 1 bulan sekali dilakukan pembersihan dan pengurusan, disamping itu untuk menjaga masuknya serangga atau tikus dilakukan pemasangan alat anti serangga dan anti tikus di dekat penampungan sumber air dan untuk memastikan tempat penampungan sumber air terkunci dan tidak terdapat celah maka setiap hari pula dilakukan pengecekan.

Proses produksi dimulai dari air baku dipompa dari bak penampungan luar gedung pabrik untuk dialirkan ke bak penampungan di dalam gedung pabrik. Selanjutnya, dipompa untuk dialirkan ke tabung *sand filter* dan *carbon active*. Setelah melewati kedua tabung filtrasi tersebut, air baku dipompa untuk melewati *catridge 5 micron*, selanjutnya ditampung di *reaction tank*. Dari *reaction tank* air

dialirkan ke *catridge 5 micron* dan *1 micron*, selanjutnya dialirkan ke *ultra filter*. Dari *ultra filter* air dialirkan ke *reaction tank*, untuk selanjutnya dicampur dengan ozon dari generator ozon, untuk membunuh kuman dan meningkatkan kandungan *oxygen* dalam air. Sebelum air dimasukkan ke dalam *cup* sebagai *finish good*, air tersebut dilewatkan ke *ultra violet*.

4.1.2 Data Produksi

Data produksi merupakan data yang bersifat sekunder, yaitu data *given* perusahaan atau data yang pengambilannya dilakukan secara tidak langsung. Data produksi merupakan data yang berisikan informasi mengenai banyaknya produk dari air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yang dihasilkan perbulannya selama tahun 2018. Data produksi ini terdiri dari data jumlah hasil produksi perbulan dan data jumlah *reject* produk. Berikut ini merupakan data produksi dan cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis:

Tabel 7. Data Produksi dan Caca Produk Tahun 2018

No	Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat Produk (Pcs)	Persentase Cacat Produk
1.	Januari	1.098.720	23.376	2,128%
2.	Februari	1.714.608	35.472	2,069%
3.	Maret	2.284.320	47.328	2,072%
4.	April	2321.280	46.656	2,010%
5.	Mei	1.462.656	30.480	2,084%
6.	Juni	656.496	13.200	2,011%
7.	Juli	2.452.848	49.920	2,035%
8.	Agustus	2.188.272	45.648	2,086%
9.	September	3.054.624	64.752	2,120%
10.	Oktober	1.715.664	35.088	2,045%
11.	November	1.300.560	27.216	2,093%
12.	Desember	1.569.600	32.208	2,052%
Jumlah		21.819.648	451.344	24,8%

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui jumlah produksi dan jumlah *reject* produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml dari bulan Januari sampai Desember 2018 di PT Banyu Reverse Osmosis. Jumlah produksi air mineral dalam kemasan *cup* yaitu sebanyak 21.819.648 pcs dengan jumlah *reject* produk sebanyak 451.344 pcs. Persentase jumlah cacat produk selama periode tahun 2018 yaitu sebesar 24,8 % dari jumlah produksi.

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode DMAIC dengan pendekatan *Green Lean Six Sigma*. Menurut Gasperzs (2007), pendekatan *lean six sigma* yang dikombinasikan dengan manajemen lingkungan akan menghasilkan *green lean six sigma* yang dapat menghilangkan pemborosan dan meminimasi cacat serta mengukur dampak lingkungan dari proses produksi yang terjadi. Namun, menurut Raymond (2009) dalam aplikasi *green lean six sigma* tidak hanya dapat mengukur dampak lingkungan saja tetapi juga dapat diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan pemakaian energi, permasalahan dalam hal *packaging & logistics*, serta *solid waste* untuk mencapai performansi yang optimal.

Adapun tahapan dari metode DMAIC yang digunakan pada pengolahan data adalah *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*. Namun, tahap *control* tidak dilakukan karena pada penelitian ini hanya sampai pada tahap *improve*.

4.2.1 Tahap *Define*

Tahap ini untuk mendefinisikan beberapa hal yang terkait dengan membuat diagram aliran proses dan diagram *input proses output*. Hal-hal tersebut dibuat sesuai dengan rencana-rencana tindakan (*action plans*) yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci itu. Tahap *define* dilakukan untuk mengidentifikasi masalah utama yang akan diselesaikan. Tahap *define* yang akan dijelaskan berupa identifikasi produk amatan, yaitu berupa penjelasan tentang produk yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini, kemudian identifikasi aliran fisik proses produksi menggunakan diagram SIPOC. Tahap selanjutnya, yaitu identifikasi *critical to quality* untuk mengetahui jenis-jenis cacat yang terjadi pada produk tersebut.

Tahap berikutnya, yaitu identifikasi *waste* dominan yang terjadi dengan menggunakan pendekatan VALSAT (*Value Stream Analysis Tools*). Selanjutnya, untuk memudahkan pembagian aktivitas yang tergolong ke dalam kategori

aktivitas *value added* (VA), *necessary non value added* (NNVA), dan *non value added* (NVA), maka peneliti membuat peta aliran proses produksi.

4.2.1.1 Identifikasi Produk Amanan

PT Banyu Reverse Osmosis memproduksi tiga jenis produk yaitu air minum dalam kemasan *cup* 240 ml, botol 600 ml dan galon 19 liter. Penentuan produk yang akan diamati pada penelitian ini adalah dari banyaknya pemborosan pada lini produksi. Dari ketiga produk tersebut yang akan dijadikan fokus penelitian yaitu produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

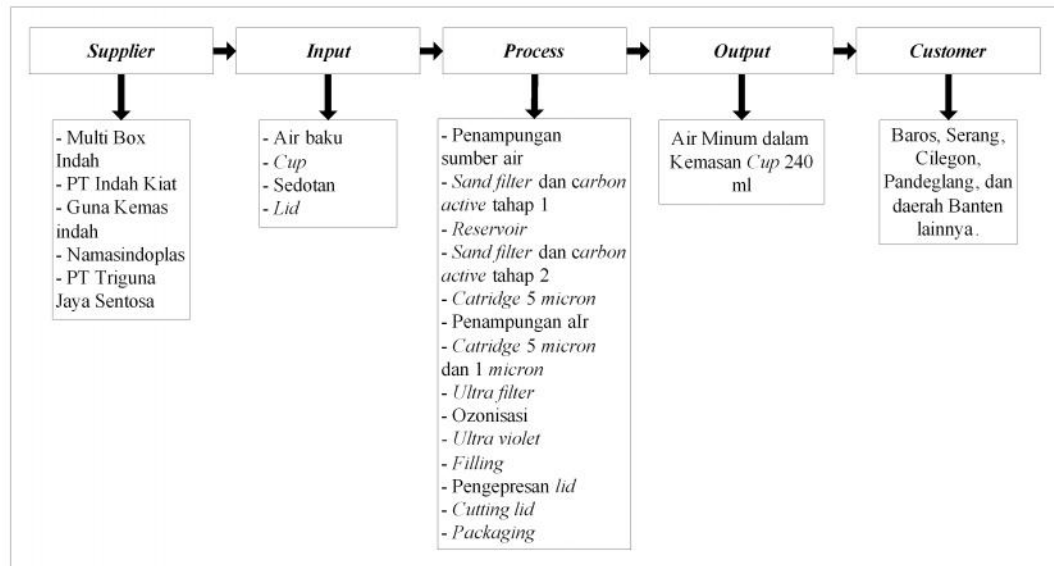
Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan, produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml memiliki jumlah *reject* yang lebih banyak dibandingkan dengan dua produk lainnya. Adapun total produk cacatnya yaitu sebanyak 451.344 pcs dari total produksi sebanyak 21.819.648 pcs.

4.2.1.2 Identifikasi Aliran Fisik Proses Produksi

Identifikasi aliran fisik proses produksi akan mengidentifikasi setiap elemen yang terlibat dalam proses pembuatan air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis. Pada penelitian ini aliran fisik produksi digambarkan dalam sebuah diagram SIPOC. Diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*) adalah model proses kerja yang menggambarkan kondisi aliran informasi, material dan produk dari pemasok hingga sampai kepada pelanggan.

Diagram SIPOC yang ditunjukkan pada Gambar 9 menjelaskan aliran proses pembuatan air minum kemasan pada PT Banyu Reverse Osmosis mulai dari *supplier* sampai *customer*. Pihak yang menjadi *suppliers* adalah Multi Box Indah, Guna Kemas Indah, Namasindoplas, PT Triguna Jaya Sentosa dan PT Indah Kiat. *Input* merupakan bahan baku pembuatan air minum kemasan yaitu air baku yang berasal dari sumber air pegunungan, sedotan, *cup* dan *lid*. Setelah itu, terdapat tahap proses merubah *input* menjadi *output*, diantaranya adalah penampungan sumber air, *sand filter* dan *carbon active* tahap 1, *reservoir*, *sand filter* dan *carbon active* tahap 2, *catridge 5 micron*, penampungan air, *catridge 5 micron* dan 1 *micron*, *ultra filter*, ozonisasi, *ultra violet*, *filling*, pengepresan *lid*,

cutting lid, dan *packaging*. *Output*-nya sendiri yaitu air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yang memiliki *customer* di Baros, Serang, Cilegon, Pandeglang, dan daerah Banten lainnya.



Gambar 12. Diagram SIPOC PT Banyu Reverse Osmosis
(sumber: PT BAROS, 2019)

4.2.1.3 Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ) Produk

Critical to Quality adalah parameter kualitas kritis internal yang berhubungan dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan. Berikut merupakan penjelasan dari setiap jenis-jenis cacat pada produk AMDK *cup* 240 ml:

1. Bocor *lid*

Cacat bocor *Lid* adalah cacat produk yang disebabkan oleh bocornya *lid*.



Gambar 13. Cacat Bocor Lid
(sumber: PT BAROS, 2019)

2. *Lid* miring

Cacat *lid* miring adalah merk pada *lid* tidak tepat dengan diameter gelas.



Gambar 14. Cacat Lid Miring

(sumber: PT BAROS, 2019)

3. *Cup* penyok

Cacat *cup* penyok adalah cacat produk yang disebabkan oleh *cup* penyok.



Gambar 15. Cacat Cup Penyok

(sumber: PT BAROS, 2019)

4. Isi tidak sesuai spesifikasi

Cacat isi tidak sesuai spesifikasi adalah cacat produk yang disebabkan oleh kurang atau lebih isi air dalam *cup*.



Gambar 16. Cacat Isi Tidak Sesuai Spesifikasi

(sumber: PT BAROS, 2019)

5. Kotor air

Cacat kotor air adalah cacat produk yang disebabkan oleh terdapatnya kotoran pada air.



Gambar 17. Cacat Kotor Air
(sumber: PT BAROS, 2019)

4.2.1.4 Identifikasi *Waste*

Identifikasi *waste* pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml dilakukan dengan cara pengisian kuesioner *seven waste*. Kuesioner tersebut diberikan kepada empat orang responden yang memiliki pengalaman dan bertanggung jawab atas berlangsungnya proses produksi di PT Banyu Reverse Osmosis. Berikut merupakan rekapitulasi kuesioner penelitian yang terdiri dari empat orang responden PT Banyu Reverse Osmosis, yaitu:

Tabel 8. Bobot Kuesioner *Waste* Proses Produksi AMDK *Cup* 240 ml

No.	Jenis <i>Waste</i>	Bobot				Total	Rata-rata	Peringkat
		1	2	3	4			
1.	<i>Overproduction</i>	2	3	3	3	11	2,75	2
2.	<i>Transportation</i>	0	1	0	0	1	0,25	7
3.	<i>Waiting</i>	1	0	1	0	2	0,5	6
4.	<i>Unnecessary Inventory</i>	1	0	1	1	3	0,75	5
5.	<i>Unnecessary Processing</i>	3	3	2	2	10	2,5	3
6.	<i>Unnecessary Motion</i>	2	2	2	3	9	2,25	4
7.	<i>Defect</i>	3	4	3	4	14	3,5	1
Total		12	13	12	13	50	12,5	

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Bobot } \textit{Defect} &= \text{bobot responden 1} + \dots + \text{bobot responden 4} \\
 &= 3 + 4 + 3 + 4 \\
 &= 14
 \end{aligned}$$

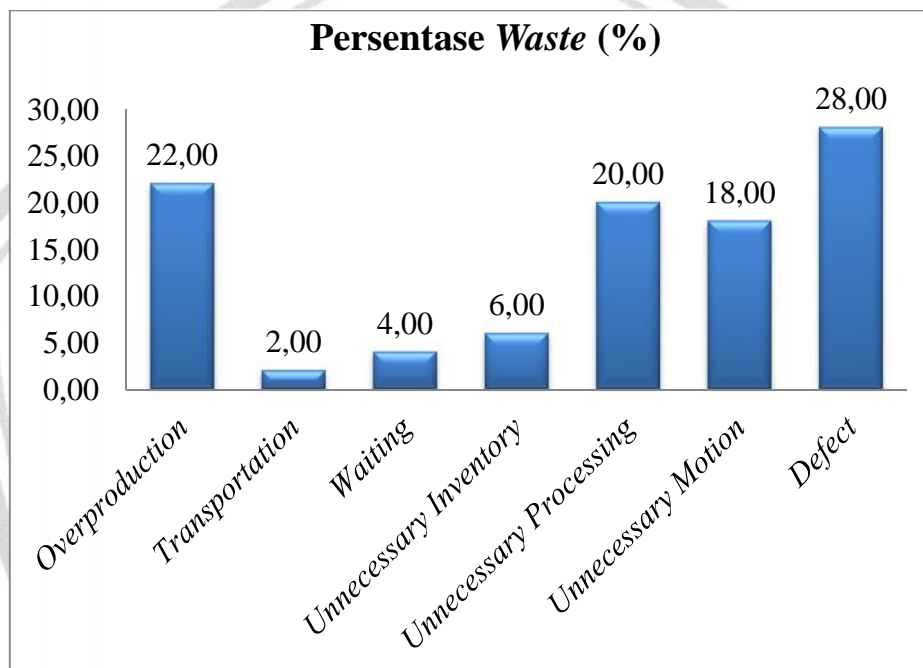
$$\text{Rata-rata Total Bobot } \textit{Defect} = \frac{\text{Total Bobot } \textit{Defect}}{\text{Jumlah Responden}}$$

$$= \frac{14}{4}$$

$$= 3,5$$

Berdasarkan tabel identifikasi bobot *waste* di atas dapat diketahui bahwa *waste overproduction* memiliki rata-rata bobot sebesar 2,75, *transportation* sebesar 0,25, *waiting* sebesar 0,5, *unnecessary inventory* sebesar 0,75, *unnecessary processing* sebesar 2,5, *unnecessary motion* sebesar 2,25, dan *defect* sebesar 3,5.

Berikut merupakan persentase dari setiap *waste* yang terjadi pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis:



Gambar 18 . Persentase Waste

Contoh Perhitungan:

$$(\%) \text{ Waste overproduction} = \frac{\text{Total Bobot Waste Overproduction}}{\text{Total Bobot Waste}} \times 100\%$$

$$= \frac{11}{50} \times 100\%$$

$$= 22 \%$$

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa persentase *waste* yang terdapat pada proses pengemasan air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis. Adapun besar persentase *waste overproduction* sebesar

22%, *transportation* sebesar 2%, *waiting* sebesar 4%, *unnecessary inventory* sebesar 6%, *unnecessary processing* sebesar 20%, *unnecessary motion* sebesar 18% dan *defect* sebesar 28%. Dari hasil perhitungan bobot tiap *waste* didapatkan *waste* yang paling sering terjadi yaitu *waste defect*, sehingga *waste defect* menjadi *waste* yang paling prioritas untuk ditindaklanjuti.

Adapun *waste defect* yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan cacat pada produk jadi yang tidak sesuai standar. Berdasarkan *critical to quality* (CTQ) produk, jenis cacat tersebut terdiri atas cacat bocor *lid*, *lid* miring, *cup* penyok, isi tidak sesuai spesifikasi dan kotor air.

Tahap berikutnya adalah melakukan *mapping tools* menggunakan VALSAT (*Value Stream Mapping Analysis Tools*). *Mapping tools* dilakukan dengan cara mengalikan nilai bobot rata-rata tiap *waste* dengan faktor pengali hubungan antara *waste* dengan *mapping tools* VALSAT. Adapun untuk faktor pengalinya dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Value Stream Mapping Tools

Waste	Mapping Tools						Physical Structure (PS)
	Process Activity Mapping (PAM)	Supply Chain Response Matrix (SCRM)	Production Variety Funnel (PVS)	Quality Filter Mapping (QFM)	Demand Amplification Mapping (DAM)	Decision Point Analysis (DPA)	
Overproduction	L	M		L	M	M	
Transportation	H						L
Waiting	H	H	L		M	M	
Unnecessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Processing	H		M	L		L	
Unnecessary Motion	H	L					
Defect	L			H			

(sumber: Hines & Rich, 1997)

Keterangan :

H (*High Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 9

M (*Medium Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 3

L (*Low Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 1

Berikut merupakan hasil pembobotan *value stream mapping analysis tools* dari hasil perhitungan kuesioner *seven waste*:

Tabel 10. Value Stream Mapping Analysis Tools (VALSAT)

Waste	Bobot	Mapping Tools						
		PAM	SCRM	PRV	QFM	DAM	DPA	PS
<i>Overproduction</i>	2,75	2,75	8,25	0	2,75	8,25	8,25	0
<i>Transportation</i>	0,25	2,25	0	0	0	0	0	0,25
<i>Waiting</i>	0,5	4,5	4,5	0,5	0	1,5	1,5	0
<i>Unnecessary Inventory</i>	0,75	2,25	6,75	2,25	0	6,75	2,25	0,75
<i>Unnecessary Processing</i>	2,5	22,5	0	7,5	2,5	0	2,5	0
<i>Unnecessary Motion</i>	2,25	20,25	2,25	0	20,25	0	0	0
<i>Defect</i>	3,5	3,5	0	0	31,5	31,5	0	0
Total	12,5	58	21,75	10,25	57	48	14,5	1

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Contoh Perhitungan:

PAM *Overproduction* = bobot \times pembobotan *seven waste*

$$= 2,75 \times 1$$

$$= 2,75$$

Total Bobot PAM = Bobot PAM *Overproduction* + ... + Bobot PAM *Defect*

$$= 2,75 + 2,25 + 4,5 + 2,25 + 22,5 + 20,25 + 3,5$$

$$= 58$$

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui nilai dari masing-masing *mapping tools*. Nilai tertinggi yaitu *mapping tools process activity mapping* (PAM) yaitu sebesar 58. Konsep dasar dari *tools* ini adalah memetakan setiap tahap aktivitas yang terjadi mulai dari *operation*, *transportation*, *inspection*, *delay*, dan *storage*, kemudian mengelompokkan ke dalam tipe-tipe aktivitas yang ada mulai dari *value adding activities*, *necessary non value adding activities* dan *non value adding activities*.

4.2.1.5 Process Activity Mapping

Process activity mapping merupakan pendekatan teknis yang bisa dipergunakan pada aktivitas-aktivitas di rantai produksi. Perluasan dari *tools* ini

dapat digunakan untuk mengidentifikasi *lead time* dan produktivitas baik aliran produk fisik maupun aliran informasi, kemudian mengelompokkan ke dalam tipe-tipe aktivitas yang ada mulai dari *value added*, *necessary non value added* dan *non value added*. Berikut merupakan peta aliran proses pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT BAROS:

Peta Aliran Proses AMDK Cup 240 ml									
No.	Kegiatan	○	⇒	□	D	▽	Jarak (meter)	Waktu (detik)	Keterangan
1.	Inspeksi air baku di penampungan air							60"	
2.	Air baku dialirkan ke <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 1						5	10"	Pipa
3.	Proses penyaringan di <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 1							120"	
4.	Air dialirkan ke <i>reservoir</i>						15	60"	Pipa
5.	Proses pengecekan pH, TDS, mikrobiologi, warna, rasa, bau, dan kebersihan							150"	
6.	Air dialirkan ke <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 2						7	60"	Pipa
7.	Proses penyaringan air dari kotoran yang ukurannya besar dan halus							180"	
8.	Air dialirkan ke <i>catridge 5 micron</i>						5	10"	Pipa
9.	Proses penyaringan air dari partikel halus							180"	
10.	Air dialirkan ke <i>reaction tank</i>						10	15"	Pipa
11.	Proses pemurnian air							120"	
12.	Air dialirkan ke <i>catridge 5 micron</i> dan <i>1 micron</i>						5	10"	Pipa
13.	Proses penyaringan air dari partikel halus							120"	
14.	Air dialirkan ke <i>ultra filter</i>						10	20"	Pipa
15.	Proses <i>nano filtrasi</i>							120"	
16.	Air dialirkan ke <i>reaction tank</i>						6	10"	Pipa
17.	Proses pemurnian air							150"	
18.	Air dialirkan ke generator ozon						10	20"	Pipa
19.	Proses ozonisasi							120"	
20.	Air dialirkan ke ultra violet						5	5"	Pipa
21.	Proses desinfeksi							60"	

Gambar 19. Peta Aliran Proses AMDK Cup 240 ml

Peta Aliran Proses AMDK Cup 240 ml					
No.	Kegiatan	○ → □ D ▽	Jarak (meter)	Waktu (detik)	Keterangan
22.	Air dialirkan ke mesin <i>filling</i>		25	60"	Pipa
23.	Transportasi <i>cup</i> dan gulungan <i>lid</i> ke ruang produksi		2	30	Manual
24.	<i>Cup</i> dan gulungan <i>lid</i> menunggu untuk diletakkan di mesin			30	
25.	Transportasi <i>cup</i> dan gulungan <i>lid</i> ke mesin		1,5	10	Manual
26.	Proses peletakkan <i>cup</i> ke <i>feeding</i>			15"	
27.	Proses pemasangan gulungan <i>lid</i> ke mesin			45"	
28.	<i>Set up</i> mesin <i>filling</i>			300"	
29.	Proses pengisian air ke <i>cup</i>			5"	
30.	Transportasi produk ke mesin <i>seal 1</i>		0,8	10"	Bucket
31.	Proses pengepressan <i>lid</i>			5"	
32.	Transportasi produk ke mesin <i>seal 2</i>		0,1	3"	Bucket
33.	Proses pengepressan <i>lid</i>			5"	
34.	Transportasi produk ke mesin <i>cutting lid</i>		0,2	5"	Bucket
35.	Proses <i>cutting lid</i>			5"	
36.	Transportasi produk dari <i>bucket</i> ke <i>conveyor</i>		0,25	5"	Bucket
37.	Transportasi produk jadi ke stasiun inspeksi		1	25"	Conveyor
38.	Inspeksi			10"	
39.	Penyortiran produk cacat			20"	
40.	Proses <i>packaging</i>			120"	
41.	Transportasi ke penyimpanan sementara		2	10"	Manual
42.	<i>Finish good product</i>				

Gambar 19. Peta Aliran Proses AMDK Cup 240 ml (lanjutan)

Berdasarkan peta aliran proses di atas dapat diketahui terdapat sebanyak 42 kegiatan dalam proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis. Kegiatan yang terdapat pada proses produksi air minum dalam kemasan meliputi kegiatan operasi, transportasi, inspeksi, menunggu, dan *storage*.

4.2.1.6 Identifikasi Aktivitas Proses Produksi

Identifikasi aktifitas proses produksi digunakan untuk mengetahui dan mengklasifikasikan kegiatan-kegiatan yang termasuk ke dalam kategori *value added* (VA), *necessary non value added* (NNVA) dan *non value added* (NVA).

1. *Value Added* (VA) proses produksi AMDK *cup* 240 ml

Aktivitas *value added* merupakan semua aktivitas untuk menghasilkan produk yang dapat memberikan nilai tambah. Berikut merupakan aktivitas *value added* pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

Tabel 11. Value Added (VA)

No	Aktivitas	Waktu (detik)
1.	Inspeksi air baku di penampungan air	60
2.	Proses penyaringan di <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 1	120
3.	Proses pengecekan pH, TDS, mikrobiologi, warna, rasa, bau, dan kebersihan	150
4.	Proses penyaringan air dari kotoran yang ukurannya besar dan halus	180
5.	Proses penyaringan air dari partikel halus	180
6.	Proses pemurnian air	120
7.	Proses penyaringan air dari partikel halus	120
8.	Proses <i>nano filtrasi</i>	120
9.	Proses pemurnian air	150
10.	Proses ozonisasi	120
11.	Proses desinfeksi	60
12.	Proses peletakkan <i>cup</i> ke <i>feeding</i>	15
13.	Proses pemasangan gulungan <i>Lid</i> ke mesin	45
14.	Proses pengisian air ke <i>cup</i>	5
15.	Proses pengepressan <i>Lid</i>	5
16.	Proses pengepressan <i>Lid</i>	5
17.	Proses <i>cutting Lid</i>	5
18.	Inspeksi	10
19.	Proses <i>packaging</i>	120
Total		1.590

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui terdapat 19 aktivitas dalam proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yang termasuk ke dalam aktivitas *value added* (VA) dengan total waktu aktivitas sebesar 1.590 detik.

2. *Necessary non value added* (NNVA) proses produksi AMDK *cup* 240 ml

Aktivitas *necessary non value added* merupakan semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu produk yang diproses. Aktivitas

ini tidak dapat dihilangkan namun dapat dijadikan lebih efektif dan efisien. Berikut merupakan aktivitas *necessary non value added* pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

Tabel 12. Necessary Non Value Added (NNVA)

No	Aktivitas	Waktu (detik)
1.	Air baku dialirkan ke <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 1	10
2.	Air dialirkan ke <i>reservoir</i>	60
3.	Air dialirkan ke <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 2	60
4.	Air dialirkan ke <i>catridge 5 micron</i>	10
5.	Air dialirkan ke <i>reaction tank</i>	15
6.	Air dialirkan ke <i>catridge 5 micron</i> dan <i>1 micron</i>	10
7.	Air dialirkan ke <i>ultra filter</i>	20
8.	Air dialirkan ke <i>reaction tank</i>	10
9.	Air dialirkan ke generator ozon	20
10.	Air dialirkan ke ultra violet	5
11.	Air dialirkan ke mesin <i>filling</i>	60
12.	Transportasi <i>cup</i> dan gulungan <i>Lid</i> ke ruang produksi	30
13.	Transportasi <i>cup</i> dan gulungan <i>Lid</i> ke mesin	10
14.	<i>Set up</i> mesin <i>filling</i>	300
15.	Transportasi produk ke mesin <i>seal 1</i>	10
16.	Transportasi produk ke mesin <i>seal 2</i>	3
17.	Transportasi produk ke mesin <i>cutting Lid</i>	5
18.	Transportasi produk dari <i>bucket</i> ke <i>conveyor</i>	5
19.	Transportasi produk jadi ke stasiun inspeksi	25
20.	Penyortiran produk cacat	20
21.	Transportasi ke penyimpanan sementara	10
Total		698

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui terdapat 21 kegiatan dalam proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yang termasuk ke dalam aktivitas *necessary non value added* (NNVA) dengan total waktu aktivitas sebesar 698 detik.

3. Non Value Added (NVA) proses produksi AMDK *cup* 240 ml

Aktivitas *non value added* (NVA) merupakan semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu produk yang di proses. Aktivitas ini bisa direduksi atau dihilangkan, karena aktivitas ini murni *waste* yang sangat merugikan.

Tabel 13. Non Value Added (NVA)

No	Aktivitas	Waktu (detik)
1.	Cup dan gulungan <i>Lid</i> menunggu untuk diletakkan di mesin	30
Total		30

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui terdapat 1 kegiatan dalam proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yang termasuk ke dalam aktivitas *non value added* (NVA) dengan total waktu aktivitas sebesar 30 detik.

Dari hasil identifikasi aktivitas *value added* (VA), *necessary non value added* (NNVA), dan *non value added* (NVA), total waktu produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis dapat dikelompokkan sebagai berikut:

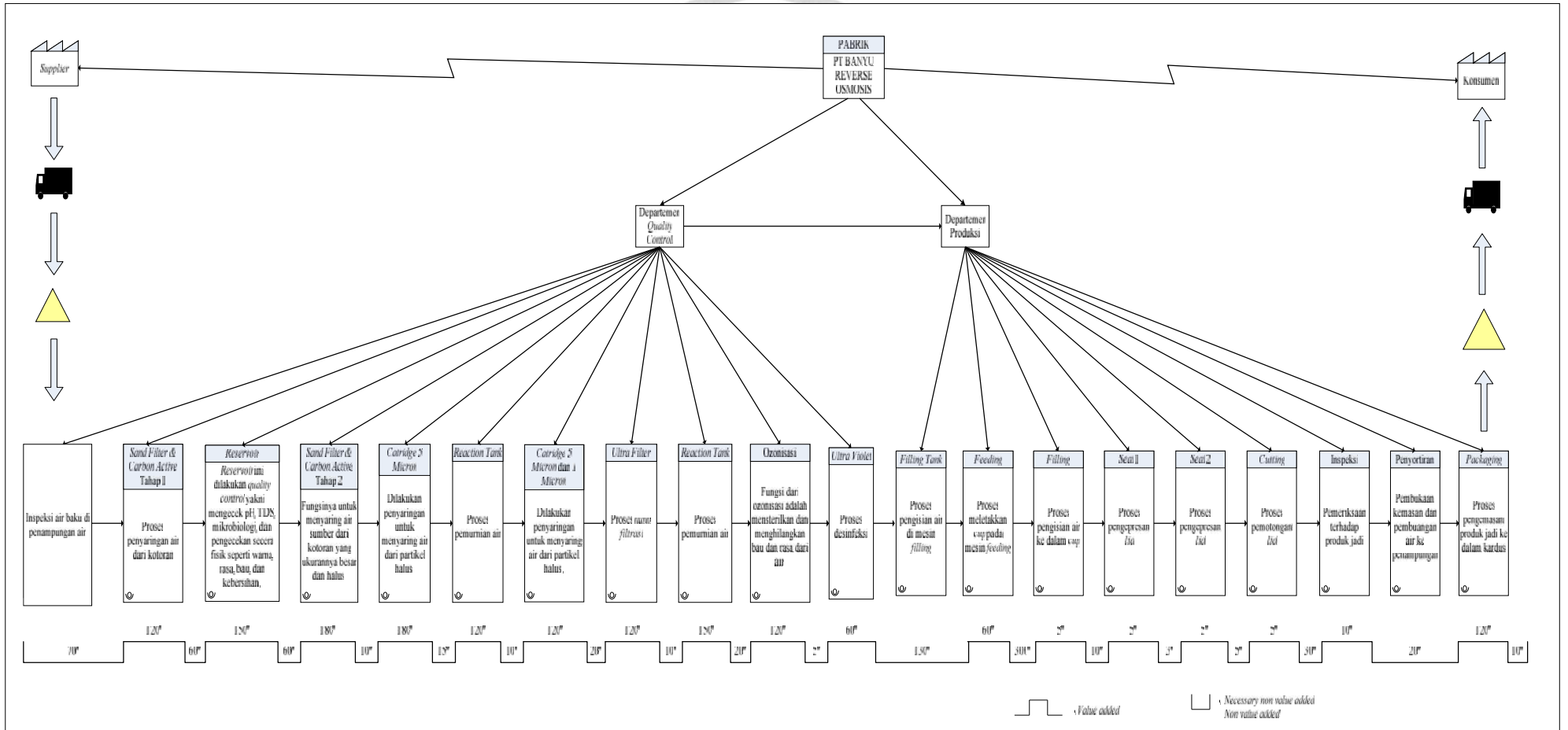
Tabel 14. Persentase Pengelompokan Waktu Aktivitas Produksi

No	Kelompok Aktivitas	Waktu Proses (detik)	% Penggunaan Waktu
1.	<i>Value Added</i>	1.590	68,594
2.	<i>Necessary Non Value Added</i>	698	30,112
3.	<i>Non Value Added</i>	30	1,294
Total		2.318	100

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui *lead time* dari proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yaitu sebesar 2.318 detik. Adapun persentase penggunaan waktu aktivitas *value added* yaitu sebesar 68,594 %, *necessary non value added* sebesar 30,112 %, dan *non value added* sebesar 1,294 %.

4.2.1.7 Current State Value Stream Mapping Produksi AMDK Cup 240 ml

Current state value stream mapping dilakukan untuk memetakan kondisi rantai produksi aktual, dimana segala informasi yang terdapat dalam setiap proses dicantumkan dalam pemetaan. Berikut merupakan *current state value stream mapping* produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis:



Gambar 20. Current State Value Stream Mapping PT Banyu Reverse Osmosis

Pada gambar 20 mengenai *current state value stream mapping* di PT Banyu Reverse Osmosis dapat diketahui terdapat beberapa aktivitas yang termasuk ke dalam aktivitas *necessary non value added* dan *non value added*.

4.2.1.8 Identifikasi Dampak Lingkungan

Identifikasi dampak lingkungan dilakukan untuk mengetahui apakah proses produksi air minum menghasilkan dampak baik atau buruk bagi lingkungan sekitar. Berdasarkan identifikasi produk amatan dapat diketahui bahwa banyaknya cacat produk yang dihasilkan berasal dari produk air minum dalam kemasan cup 240 ml, dimana terdapat 5 jenis *critical to quality* (CTQ) yaitu bocor *lid*, *lid* miring, *cup* penyok, isi tidak sesuai spesifikasi, dan kotor air.

Hasil wawancara dengan pihak perusahaan, produk air minum dalam kemasan yang tidak lolos inspeksi seperti cacat *cup* penyok, isi tidak sesuai spesifikasi, dan *lid* miring dipisahkan dari produk yang sesuai spesifikasi, dan masih dapat dijual dengan harga yang lebih murah, sedangkan cacat bocor *lid* dan kotor air akan dipisahkan, kemudian kemasannya dibuka lagi dan airnya akan dibuang ke penampungan air. Proses tersebut menghasilkan dampak adanya limbah cair dan limbah padat. Menurut Hozairi (2017), limbah merupakan suatu barang (benda) sisa dari kegiatan produksi yang tidak bermanfaat/bernilai ekonomi lagi. Limbah jika tidak ditangani dengan serius, akan menimbulkan banyak masalah. Diantaranya limbah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan contohnya pencemaran sungai, ini dapat membunuh ikan-ikan yang hidup di sungai yang dijadikan tempat pembuangan sampah.

Limbah cair yang dihasilkan akibat adanya cacat produk air minum ini berupa air hasil *reject* cacat produk yang ditampung kembali kemudian dibuang ke selokan, sedangkan limbah padat yang dihasilkan yaitu berupa limbah plastik *cup* yang sudah tidak bisa dipakai.

Limbah plastik memiliki masalah tersendiri setelah tidak dipakai lagi atau dibuang. Barang berbahan plastik tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air, tidak dapat berkarat dan tidak dapat untuk untuk diuraikan (di degradasi) di

dalam tanah yang pada akhirnya akan menyebabkan permasalahan bagi lingkungan.

4.2.2 Tahap *Measure*

Tahap *measure* bisa juga diartikan sebagai tahap mengukur *level sigma*. Pengukuran *level sigma* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas hasil produk perusahaan, karena dengan mengetahui tingkat *level sigma* dapat dijadikan sebagai salah satu parameter keberhasilan pencapaian target kualitas. Dimana semakin tinggi *level sigma* akan membuat tingkat kecacatan yang diproduksi per satu juta kesempatan (DPMO) semakin rendah. Sebelum mengukur *level sigma*, pada penelitian ini juga melakukan perhitungan *process cycle efficiency* (PCE) untuk mengetahui efisiensi proses produksi, membuat diagram pareto untuk menentukan kategori *defect*, peta kendali P untuk mengetahui apakah terdapat data yang berada di luar batas kendali, dan menghitung total limbah yang timbul akibat adanya cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

4.2.2.1 Perhitungan *Process Cycle Efficiency*

Process cycle efficiency (PCE) adalah efisiensi relatif dalam sebuah proses. PCE mewakili persentase dari waktu yang dipergunakan untuk menambahkan nilai pada produk dibandingkan total waktu yang dipergunakan produk selama proses per satu siklus dalam satuan waktu (Gasperz, 2008). Pada tahap ini dilakukan untuk melihat apakah proses sudah dapat dikatakan efisien. Berikut data persentase pengelompokan waktu aktivitas produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml berdasarkan *current state value stream mapping*:

Tabel 15. Persentase Pengelompokan Waktu Aktivitas Produksi

No	Kelompok Aktivitas	Waktu Proses (detik)	% Penggunaan Waktu
1.	<i>Value Added</i>	1.590	68,594
2.	<i>Necessary Non Value Added</i>	698	30,112
3.	<i>Non Value Added</i>	30	1,294
Total		2.318	100

(sumber: Data Diolah, 2019)

Dari Tabel 15 data waktu aktivitas di atas maka dapat menghitung *process cycle efficiency*. Berikut merupakan perhitungan *process cycle efficiency*:

$$\begin{aligned}
 \text{Process Cycle Efficiency (PCE)} &= \frac{\text{Total Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100 \% \\
 &= \frac{1.590}{2.318} \times 100 \% \\
 &= 68,594 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat diketahui *process cycle efficiency* (PCE) produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml adalah sebesar 68,594 %.

4.2.2.2 Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk menentukan kategori *defect* terbesar yang paling mempengaruhi terjadinya cacat. Berikut merupakan persentase kumulatif dan gambar diagram pareto dari jenis cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

Tabel 16. Persentase Jenis Cacat pada Produk AMDK Cup 240 ml

No.	Jenis Cacat	Jumlah Cacat	% Cacat	% Kumulatif
1.	Bocor Lid	165.102	36,58008083	36,58008083
2.	Lid Miring	127.587	28,26823886	64,84831969
3.	Cup Penyok	90.865	20,13209437	84,98041405
4.	Isi Tidak Sesuai Spesifikasi	57.807	12,80774753	97,78816158
5.	Kotor Air	9.983	2,21183842	100
Total		451.344	100	

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

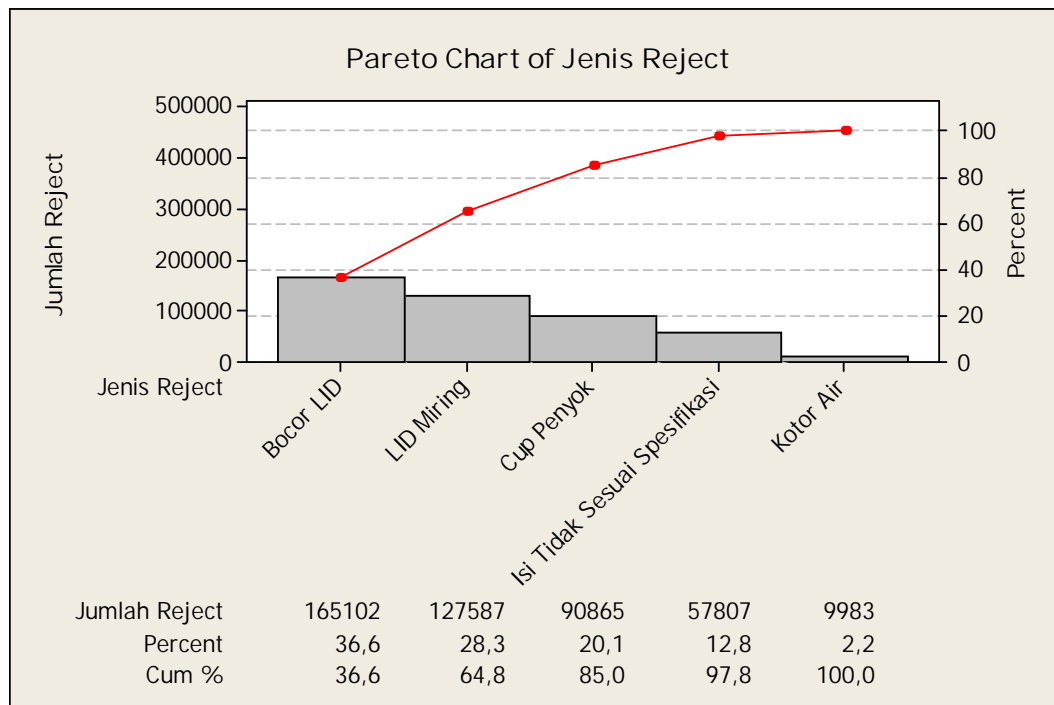
Contoh Perhitungan:

Bocor LID

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Reject} &= \frac{\text{Jumlah Reject Bocor LID}}{\text{Total Keseluruhan Reject}} \times 100\% \\
 &= \frac{165.102}{451.344} \times 100\% \\
 &= 36,58008083
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Kumulatif} &= \% \text{ reject bocor LID} + \% \text{ reject LID Miring} \\
 &= 36,58008083 + 28,26823886 \\
 &= 64,84831969 \%
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan diagram pareto dari hasil persentase kumulatif jenis cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:



Gambar 21. Diagram Pareto

Berdasarkan gambar diagram pareto di atas diketahui bahwa ada 3 jenis cacat yang menyebabkan 80% total cacat yang terjadi yaitu bocor *lid*, *lid* miring, dan *cup* penyok. Adapun jenis cacat yang tertinggi adalah cacat bocor *lid* dengan persentase sebesar 36,6%, selanjutnya cacat *lid* miring dengan persentase sebesar 28,3%, *cup* penyok sebesar 20,1%, isi tidak sesuai spesifikasi sebesar 12,8%, dan kotor air sebesar 2,2%. Maka CTQ kunci pada penelitian ini yaitu bocor *lid*, *lid* miring, dan *cup* penyok.

4.2.2.3 Peta Kendali P

Peta Kendali P, merupakan peta kendali yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang serbaguna untuk mengamati tingkat kecacatan. Peta Kendali P adalah bagan yang digunakan untuk mengamati bagian yang ditolak karena tidak memenuhi spesifikasi (disebut bagian yang cacat).

Bagian yang ditolak dapat didefinisikan sebagai rasio dari banyaknya barang yang tak sesuai yang ditemukan dalam pemeriksaan atau sederetan

pemeriksaan terhadap total barang yang benar-benar diperiksa. Berikut merupakan hasil pengolahan data produk cacat air minum dalam kemasan *cup* 240 ml menggunakan peta kendali P:

Tabel 17. Perhitungan Batas Kendali Peta P

No	Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat Produk (Pcs)	Proporsi	CL	UCL	LCL
1.	Januari	1.098.720	23.376	0,0212757	0,0206852	0,0210926	0,0202779
2.	Februari	1.714.608	35.472	0,0206881	0,0206852	0,0210113	0,0203591
3.	Maret	2.284.320	47.328	0,0207186	0,0206852	0,0209677	0,0204027
4.	April	2.321.280	46.656	0,0200993	0,0206852	0,0209655	0,020405
5.	Mei	1.462.656	30.480	0,0208388	0,0206852	0,0210383	0,0203322
6.	Juni	656.496	13.200	0,0201067	0,0206852	0,0212122	0,0201582
7.	Juli	2.452.848	49.920	0,0203519	0,0206852	0,0209578	0,0204126
8.	Agustus	2.188.272	45.648	0,0208603	0,0206852	0,0209739	0,0203966
9.	September	3.054.624	64.752	0,021198	0,0206852	0,0209295	0,0204409
10.	Oktober	1.715.664	35.088	0,0204516	0,0206852	0,0210112	0,0203592
11.	November	1.300.560	27.216	0,0209264	0,0206852	0,0210596	0,0203108
12.	Desember	1.569.600	32.208	0,0205199	0,0206852	0,021026	0,0203444
Jumlah		21.819.648	451.344				

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Contoh Perhitungan:

a. Proporsi Cacat (P_i)

$$\begin{aligned}
 P_i &= \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah diperiksa (produksi)}} \\
 &= \frac{23.376}{1.098.720} \\
 &= 0,0212757
 \end{aligned}$$

b. *Center Line* (CL) atau \bar{p}

$$\begin{aligned}
 CL &= \frac{\text{Total Jumlah Cacat}}{\text{Total Jumlah diperiksa (produksi)}} \\
 &= \frac{451.344}{21.819.648} \\
 &= 0,0206852
 \end{aligned}$$

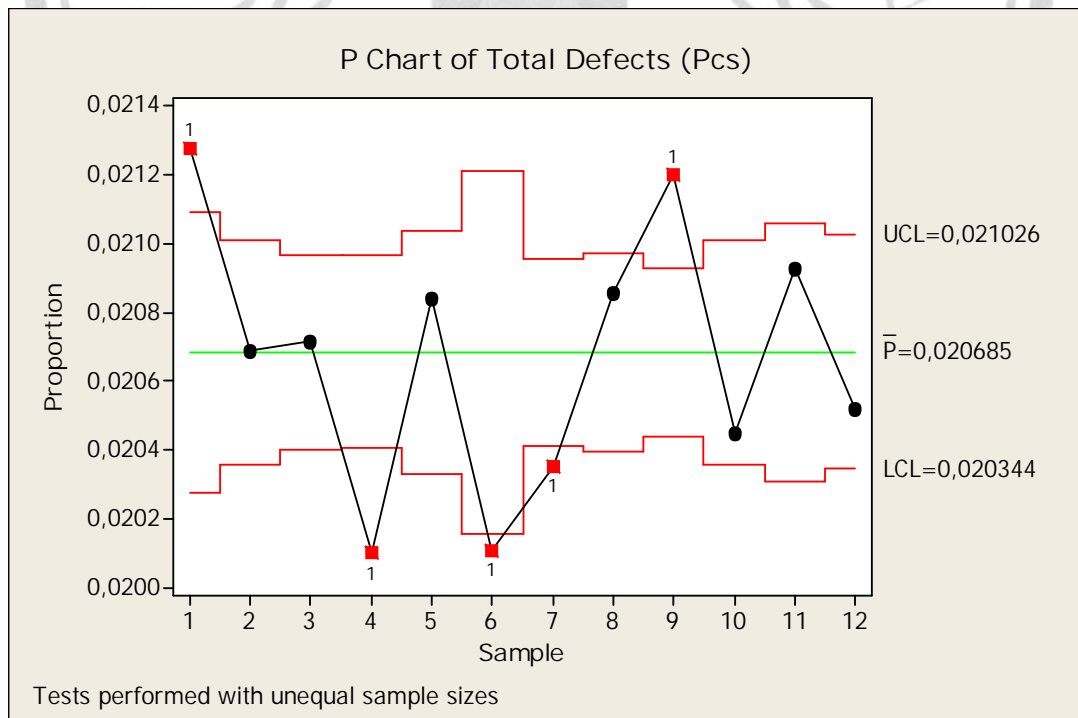
c. *Upper Control Limit (UCL)*

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ &= 0,0206852 + 3 \sqrt{\frac{0,0206852(1-0,0206852)}{1.098.720}} \\ &= 0,0210926 \end{aligned}$$

d. *Lower Control Limit (LCL)*

$$\begin{aligned} \text{LCL} &= \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ &= 0,0206852 - 3 \sqrt{\frac{0,0206852(1-0,0206852)}{1.098.720}} \\ &= 0,0202779 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel di atas, dapat digambarkan peta kendali dengan menggunakan *software* minitab 16. Berikut merupakan hasil grafik statistik peta kendali p untuk produk cacat air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.



Gambar 22. Peta Kendali P Produk AMDK 240 ml

Berdasarkan Gambar 19, dapat terlihat adanya data yang melewati batas kendali atas dan bawah. Jumlah data yang melewati batas kendali atas sebanyak 2 data, sedangkan yang melewati batas kendali bawah sebanyak 3 data. Hal ini menandakan bahwa proses produksi belum stabil, sehingga perlu melakukan perbaikan agar proses produksi menjadi stabil dan terkendali.

4.2.2.4 Perhitungan DPMO dan Level *Sigma*

Perhitungan DPMO dan *sigma* level dilakukan untuk mengukur performansi perusahaan yaitu pada stasiun kerja yang menyebabkan ketidaksesuaian produk. Perhitungan DPMO dan nilai *sigma* dilakukan berdasarkan penentuan CTQ. Berikut merupakan perhitungan DPMO dan level *sigma* pada produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

Tabel 18. Perhitungan DPMO dan Level *Sigma*

No	Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	CTQ	DPU	DPO	DPMO	Nilai <i>Sigma</i>
1.	Januari	1.098.720	23.376	5	0,0212757	0,0042551	4255,133	4,131
2.	Februari	1.714.608	35.472	5	0,0206881	0,0041376	4137,622	4,141
3.	Maret	2.284.320	47.328	5	0,0207186	0,0041437	4143,728	4,140
4.	April	2.321.280	46.656	5	0,0200993	0,0040199	4019,851	4,150
5.	Mei	1.462.656	30.480	5	0,0208388	0,0041678	4167,761	4,138
6.	Juni	656.496	13.200	5	0,0201067	0,0040213	4021,350	4,150
7.	Juli	2.452.848	49.920	5	0,0203519	0,0040704	4070,370	4,146
8.	Agustus	2.188.272	45.648	5	0,0208603	0,0041721	4172,059	4,138
9.	September	3.054.624	64.752	5	0,021198	0,0042396	4239,605	4,132
10.	Oktober	1.715.664	35.088	5	0,0204516	0,0040903	4090,311	4,145
11.	November	1.300.560	27.216	5	0,0209264	0,0041853	4185,274	4,137
12.	Desember	1.569.600	32.208	5	0,0205199	0,004104	4103,976	4,143
Total		21.819.648	451.344	Rata-rata	0,02067	0,004134	4133,920	4,141

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Contoh Perhitungan:

a. *Defect Per Unit* (DPU)

$$\text{DPU} = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah diperiksa (produksi)}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{23.376}{1.098.720} \\
 &= 0,021275666
 \end{aligned}$$

b. *Defect Per Opportunities* (DPO)

$$\begin{aligned}
 \text{DPO} &= \frac{\text{DPU}}{\text{CTQ}} \\
 &= \frac{0,021275666}{5} \\
 &= 0,004255133
 \end{aligned}$$

c. *Defect Per Million Opportunities* (DPMO)

$$\begin{aligned}
 \text{DPMO} &= \text{DPO} \times 1.000.000 \\
 &= 0,004255133 \times 1.000.000 \\
 &= 4255,133
 \end{aligned}$$

d. *Level Sigma* (menggunakan *Microsoft Excel*)

$$\begin{aligned}
 \text{Sigma} &= \text{Normsinv} ((1.000.000 - \text{DPMO}) / 1.000.000) + 1,5 \\
 &= \text{Normsinv} ((1.000.000 - 4255,133) / 1000.000) + 1,5 \\
 &= 4,131
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui nilai DPMO dan *sigma* masing-masing data. Adapun nilai DPMO rata-rata yang didapat yaitu sebesar 4133,920 dan menghasilkan nilai *sigma* rata-rata sebesar 4,141.

Selanjutnya untuk mengetahui apakah proses produksi saat ini telah dianggap mampu atau tidak maka perlu dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses (C_p). Berikut merupakan perhitungan indeks kapabilitas proses pada produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

$$\text{Level Sigma} = C_p \times 3$$

$$\begin{aligned}
 C_p &= \frac{\text{Level Sigma}}{3} \\
 &= \frac{4,141}{3} \\
 &= 1,380
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan nilai indeks kapabilitas proses di atas didapatkan nilai C_p sebesar 1,380. Nilai $C_p < 2$, maka proses produksi masih perlu dilakukan perbaikan terus-menerus hingga mencapai target 6-*sigma* ($C_p = 2$).

4.2.2.5 Perhitungan Total Limbah Produk AMDK Cup 240 ml

Berdasarkan diagram pareto diketahui bahwa terdapat 3 jenis CTQ kunci yang menyebabkan cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Jenis cacat tersebut yaitu cacat bocor *lid* sebanyak 165.102 pcs, *lid* miring sebanyak 127.587 pcs, dan *cup* penyok sebanyak 90.865 pcs. Adanya cacat bocor *lid* menyebabkan banyaknya limbah yang dihasilkan karena adanya proses penyortiran produk dengan cara membuka kembali kemasan dan membuang air yang ada di dalamnya. Limbah yang dihasilkan akibat adanya cacat produk air minum dalam kemasan terbagi menjadi 2 jenis, yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair berupa air yang dibuang ke penampungan, sedangkan limbah padat berupa *cup*. Adapun cacat *lid* miring, *cup* penyok dan isi tidak sesuai spesifikasi tidak dilakukan pembukaan kemasan dan pembuangan air sehingga tidak menimbulkan limbah. Berikut merupakan tabel total limbah yang dihasilkan akibat cacat bocor *lid*:

Tabel 19. Total Limbah

Jenis Limbah	Jumlah Produk Cacat Bocor Lid (Pcs)	Satuan	Total
Air	165.102	240 ml	39.624.480 ml
<i>Cup</i>		pcs	165.102 pcs

(sumber: Data Diolah, 2019)

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Limbah Air} &= \text{jumlah produk cacat bocor } lid \text{ (pcs)} \times \text{satuan} \\
 &= 165.102 \text{ pcs} \times 240 \text{ ml} \\
 &= 39.624.480 \text{ ml} \quad 3.962.448 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui bahwa total limbah air yang dihasilkan akibat adanya cacat bocor *lid* pada air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yaitu sebanyak 3.962.448 liter dan limbah padat yang dihasilkan yaitu

sebanyak 165.102 pcs. Adanya cacat produk tersebut merugikan perusahaan karena banyaknya air dan *cup* yang terbuang begitu saja. Adapun kerugian secara finansial dari cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml dapat dihitung dengan mengalikan jumlah produk cacat bocor *lid* dengan harga jual per 1 pcs air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Pada penelitian ini harga jual per 1 pcs air minum dalam kemasan *cup* 240 ml sebesar Rp. 222,46. Berikut perhitungan total kerugian akibat cacat bocor *lid*.

$$\begin{aligned} \text{Total potensi kerugian} &= \text{Jumlah produk cacat bocor } lid \times \text{harga jual per 1 pcs} \\ &= 165.102 \times \text{Rp. } 222,46 \\ &= \text{Rp. } 36.728.590,92 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa total potensi kerugian yang akan dialami perusahaan akibat adanya cacat produk karena bocor *lid* yaitu sebesar Rp. 36.728.590,92

4.2.3 Tahap *Analyze*

Tahap ini merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang dilakukan dengan menganalisa dan menentukan akar permasalahan dari suatu cacat atau kegagalan. Penelitian ini menggunakan diagram *fishbone* dan FMEA (*failure mode and effect analysis*) untuk menganalisa akar permasalahan yang menjadi penyebab terjadinya cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis.

4.2.3.1 Diagram *Fishbone* Cacat Produk

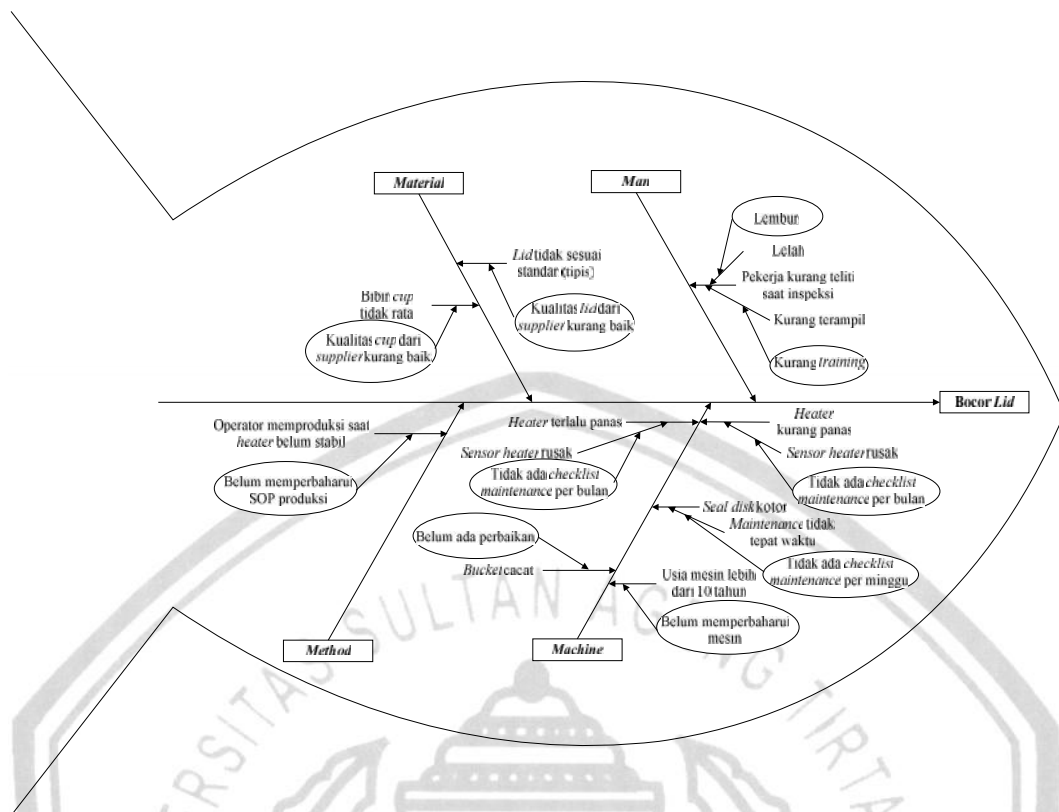
Diagram *fishbone* atau diagram sebab-akibat merupakan diagram yang digunakan untuk melihat sejumlah kemungkinan yang menyebabkan berbagai permasalahan yang terjadi pada proses. Diagram ini juga memperlihatkan hubungan antara permasalahan yang terjadi dengan kemungkinan penyebabnya serta faktor-faktor yang mempengaruhinya (Nurfitriah, 2018).

Penelitian ini menggunakan diagram *fishbone* untuk menganalisis dan menemukan akar penyebab masalah dari permasalahan yang terjadi pada produk

air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Berdasarkan diagram pareto diketahui bahwa terdapat 3 jenis cacat yang menjadi CTQ kunci. Dari ketiga jenis cacat tersebut masing-masing dicari akar permasalahannya menggunakan diagram *fishbone*. Berikut merupakan diagram *fishbone* dari cacat bocor *lid*, *lid* miring, dan *cup* penyok produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT banyu Reverse Osmosis:

1. Diagram *fishbone* cacat bocor *lid*

Berdasarkan Gambar 23 dapat dapat dijelaskan bahwa terjadinya produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml mengalami cacat bocor *lid* disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adalah: faktor manusia, yaitu pekerja kurang teliti saat inspeksi produk jadi yang disebabkan oleh lelah akibat lembur, selain itu pekerja kurang teliti juga disebabkan karena pekerja kurang terampil akibat kurangnya *training*. Pada faktor material, cacat bocor *lid* disebabkan oleh *lid* tidak sesuai standar (tipis) dan bibir *cup* tidak rata, kedua hal tersebut disebabkan oleh kualitas *lid* dan *cup* yang kurang baik dari *supplier*. Pada faktor mesin, cacat bocor *lid* disebabkan oleh *bucket* cacat karena belum diperbaiki, *seal disk* kotor karena *maintenance* tidak tepat waktu yang disebabkan tidak adanya *checklist maintenance* per minggu, penyebab lainnya yaitu *heater* kurang panas karena sensor *heater* rusak yang disebabkan tidak adanya *checklist maintenance* per bulan, *heater* terlalu panas karena sensor *heater* rusak yang disebabkan tidak adanya *checklist maintenance* per bulan, dan penyebab lainnya yaitu karena usia mesin lebih dari 10 tahun yang disebabkan belum memperbaharui mesin. Selain itu, pada faktor metode cacat bocor *lid* disebabkan oleh operator memproduksi saat *heater* belum stabil karena belum memperbaharui SOP produksi. Berikut merupakan diagram *fishbone* cacat bocor *lid* produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis:

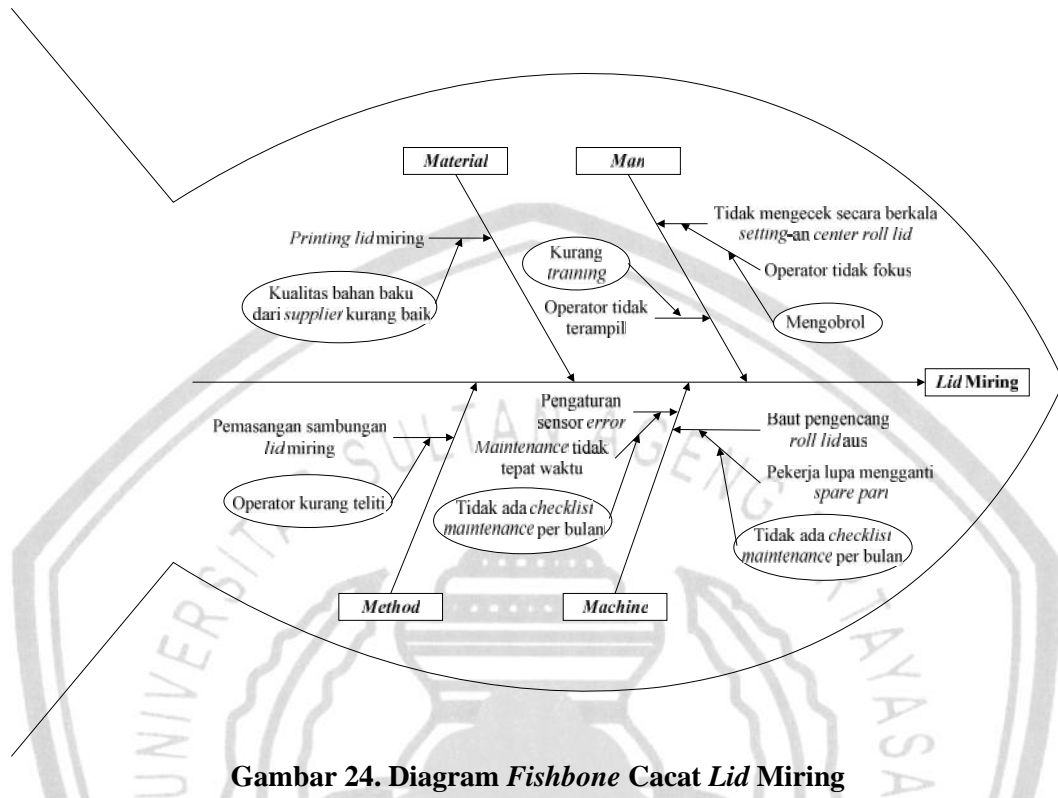


Gambar 23. Diagram Fishbone Cacat Bocor Lid

2. Diagram fishbone cacat lid miring

Berdasarkan Gambar 24 dapat dapat dijelaskan bahwa terjadinya produk air minum dalam kemasan cup 240 ml mengalami cacat lid miring disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adalah: faktor manusia, tidak mengecek secara berkala setting-an center roll lid yang disebabkan oleh operator kurang fokus, penyebab lain yaitu operator tidak terampil karena kurang training. Pada faktor material, cacat lid miring disebabkan oleh printing lid yang miring, hal tersebut terjadi karena kualitas bahan baku dari supplier kurang baik. Pada faktor mesin, cacat lid miring disebabkan oleh baut pengencang roll lid aus karena pekerja lupa mengganti spare part yang disebabkan tidak adanya checklist maintenance per bulan, selain itu cacat lid miring disebabkan oleh pengaturan sensor error karena maintenance yang tidak tepat waktu yang disebabkan oleh tidak adanya checklist maintenance per bulan. Pada faktor metode, cacat lid miring disebabkan oleh pengaturan belt rem kurang tepat karena tidak ada SOP

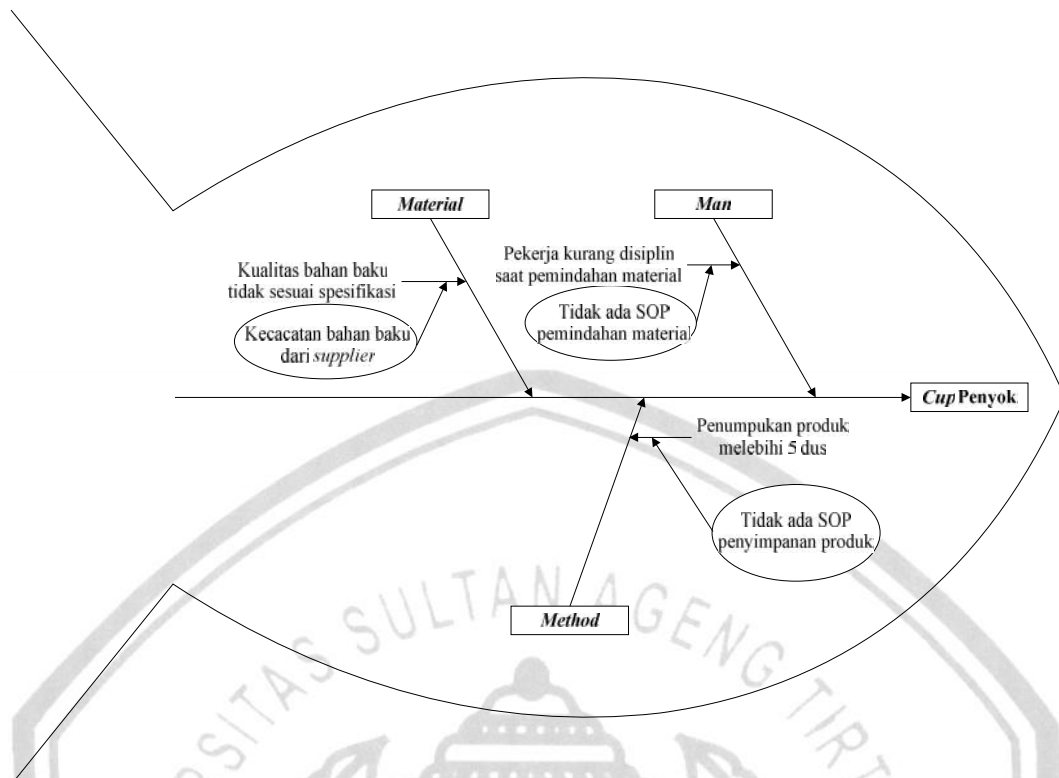
pengaturan *belt rem*. Berikut merupakan diagram *fishbone* cacat *lid miring* produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis:



Gambar 24. Diagram Fishbone Cacat Lid Miring

3. Diagram *fishbone* cacat *cup* penyok

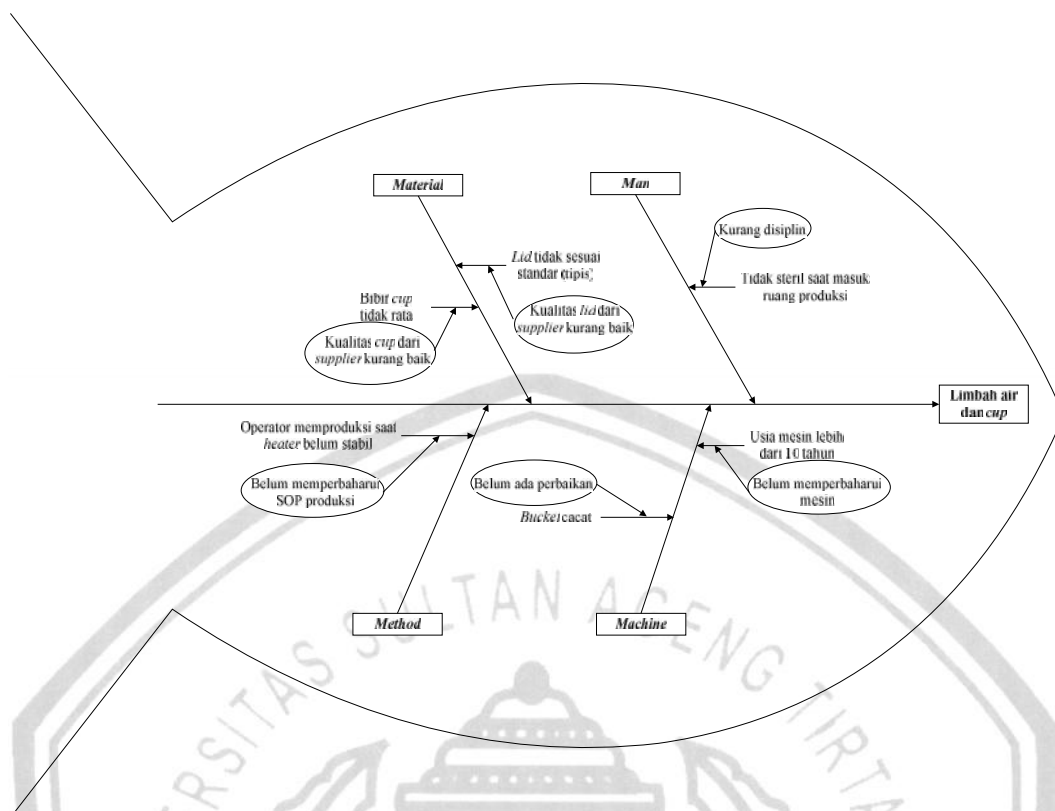
Berdasarkan Gambar 25 dapat dapat dijelaskan bahwa terjadinya produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml mengalami cacat *cup* penyok disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adalah: faktor manusia, yaitu pekerja kurang disiplin saat pemindahan material yang disebabkan oleh tidak adanya SOP pemindahan material. Pada faktor material, penyebab terjadinya cacat *cup* penyok adalah kualitas bahan baku tidak sesuai spesifikasi, hal tersebut terjadi karena kecacatan bahan baku dari *supplier*. Pada faktor metode, cacat *cup* penyok disebabkan oleh penumpukan produk melebihi 5 dus karena tidak ada SOP penyimpanan produk. Berikut merupakan diagram *fishbone* cacat *cup* penyok produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis:



Gambar 25. Diagram *Fishbone* Cacat *Cup Penyok*

4.2.3.2 Diagram *Fishbone* Limbah

Pada tahap identifikasi limbah dijelaskan bahwa limbah disebabkan karena adanya produk yang tidak sesuai spesifikasi, diantaranya yaitu karena cacat bocor *lid* dan cacat kotor air. Produk cacat yang dihasilkan menimbulkan adanya limbah cair dan limbah padat. Untuk mengetahui akar permasalahan timbulnya limbah tersebut, maka melakukan analisis dengan menggunakan diagram *fishbone*. Berikut merupakan diagram *fishbone* limbah di PT Banyu Reverse Osmosis:



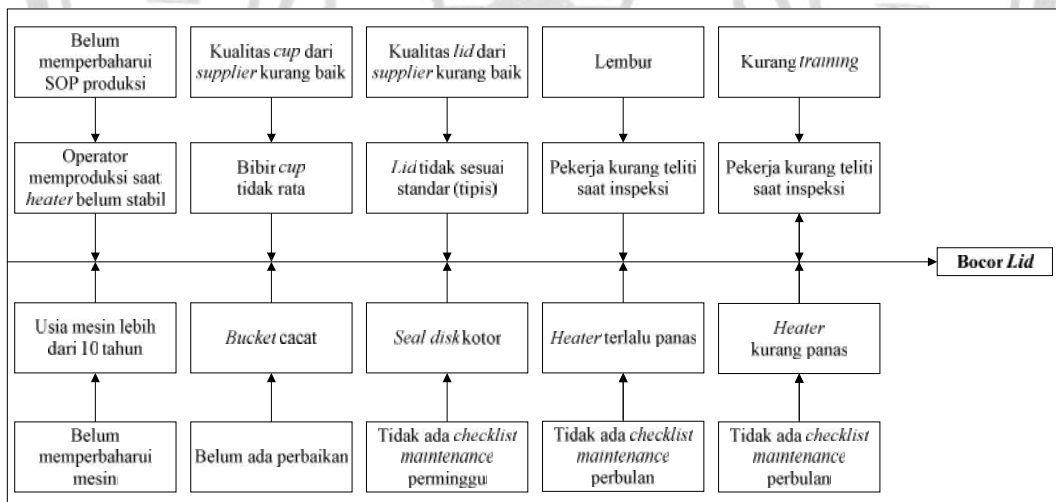
Gambar 26. Diagram *Fishbone* Limbah

Gambar 26 menjelaskan bahwa penyebab adanya limbah disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah: faktor manusia, yaitu tidak steril saat masuk ruang produksi sehingga pada saat proses produksi berlangsung, air dapat terkontaminasi oleh debu atau kotoran yang dibawa pekerja hal tersebut disebabkan karena kurang disiplin untuk mematuhi peraturan yang telah ditetapkan perusahaan. Pada faktor material, limbah disebabkan karena bibir *cup* yang tidak rata sehingga saat proses pengepressan tidak berjalan optimal dan menyebabkan cacat produk, hal tersebut disebabkan oleh kualitas *cup* dari *supplier* kurang baik. Selain itu, *lid* tidak sesuai standar akibat kualitas *lid* dari *supplier* kurang baik juga menjadi penyebab adanya limbah. Hal tersebut dikarenakan *lid* yang tipis memiliki potensi yang besar mengalami kebocoran yang nantinya akan menghasilkan produk yang cacat. Pada faktor mesin, disebabkan oleh usia mesin lebih dari 10 tahun yang disebabkan belum memperbaharui mesin, selain itu juga yang menjadi penyebab adanya limbah yaitu *bucket* cacat karena belum memperbaiki *bucket*. Kedua penyebab tersebut

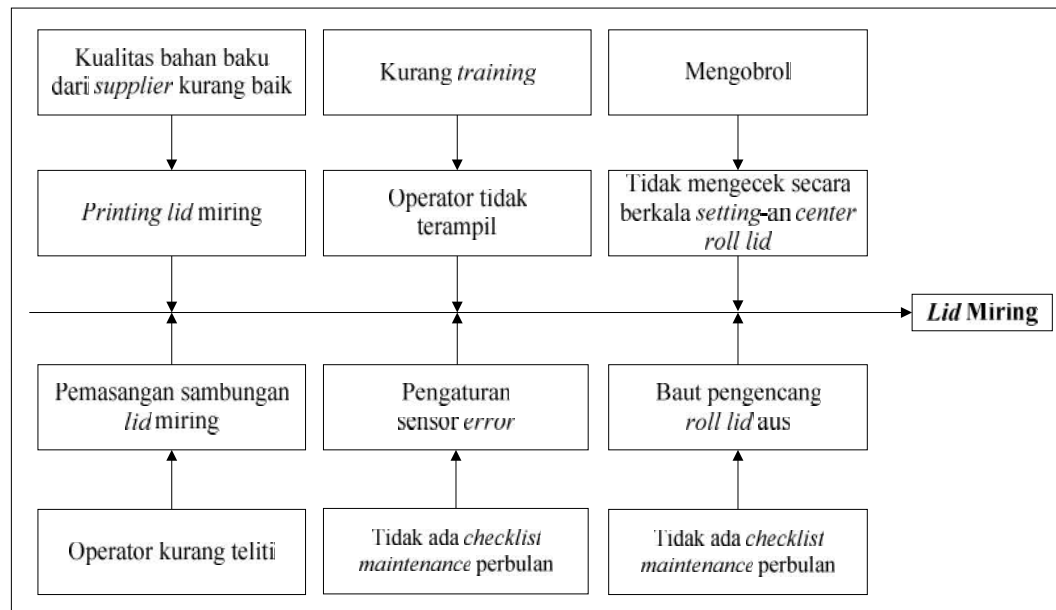
dapat menghasilkan limbah karena dengan menggunakan mesin yang usianya lebih dari 10 tahun banyak komponen yang harus diperhatikan dengan serius seperti *sensor heater*, *seal disk*, dan sebagainya. Selain itu, *bucket* cacat juga mengakibatkan proses produksi tidak berjalan optimal karena *cup* tidak tertahan oleh *bucket* saat proses pengepressan sehingga produk yang dihasilkan dapat mengalami cacat sehingga menimbulkan limbah. Pada faktor metode, limbah disebabkan oleh operator memproduksi saat *heater* belum stabil karena belum memperbaharui SOP produksi sehingga proses produksi tidak berjalan sebagaimana mestinya dan mengakibatkan produk yang dihasilkan menjadi cacat dan berdampak pada timbulnya limbah air dan *cup*.

4.2.3.3 CFMEA

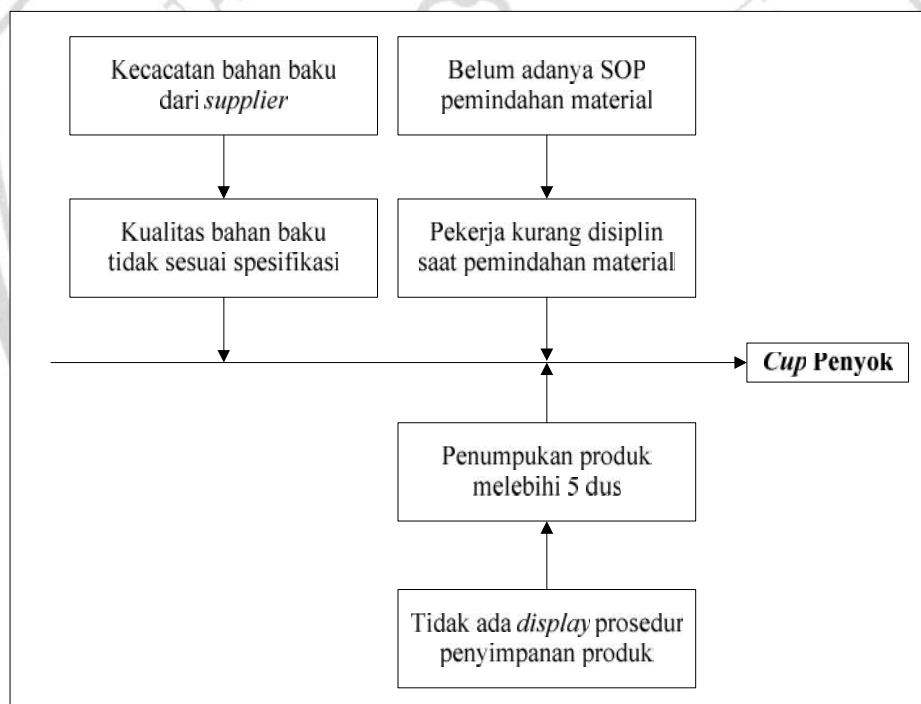
Diagram CFMEA ini digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab paling dasar dari suatu permasalahan. Berikut ini merupakan CFMEA cacat bocor *lid*, cacat *lid* miring, cacat *cup* penyok, dan limbah pada PT Banyu Reverse Osmosis:



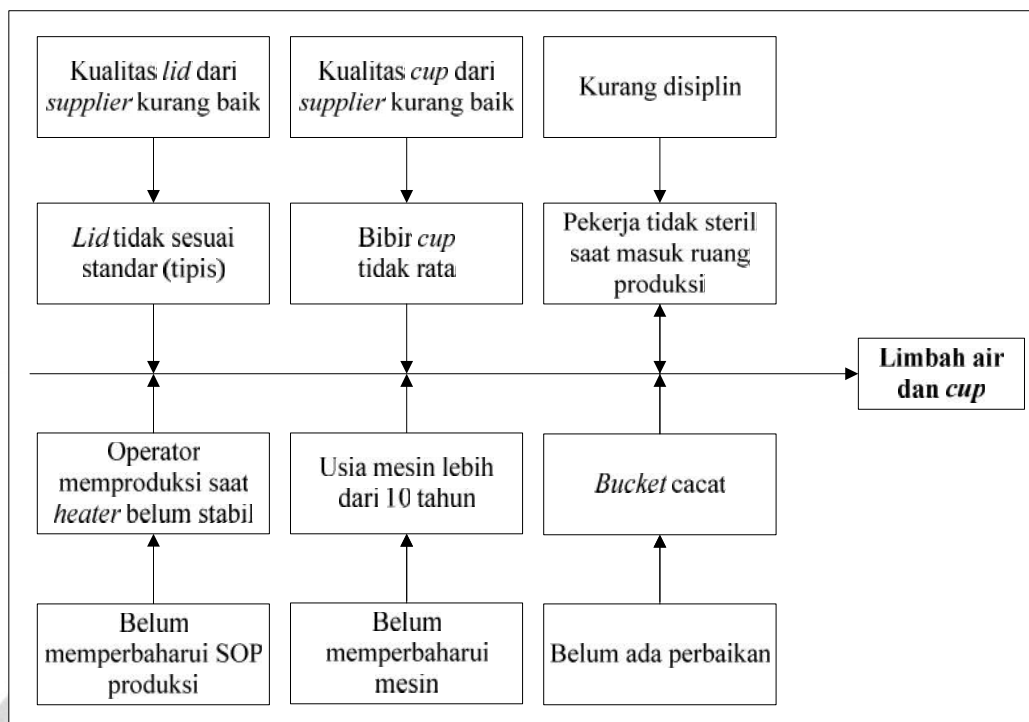
Gambar 27. Diagram CFMEA Cacat Bocor *Lid*



Gambar 28. Diagram CFMEA Cacat Lid Miring



Gambar 29. Diagram CFMEA Cacat Cup Penyok



Gambar 30. Diagram CFMEA Limbah

4.2.3.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA (*failure mode and effect analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas.

FMEA adalah sebuah teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, *error*, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen (Hanif, 2015). Pada penelitian ini, terdapat dua tabel FMEA yang terdiri atas tabel FMEA cacat produk dan FMEA limbah.

1. Failure mode and effect analysis cacat produk

Berikut merupakan *failure mode and effect analysis* pada cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

Tabel 20. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Cacat Produk

<i>Process</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Effect of Failure</i>	<i>Occurrence (1-10)</i>	<i>Severity (1-10)</i>	<i>Detection (1-10)</i>	<i>RPN (1-1000)</i>	<i>Rank</i>
Bocor Lid	Pekerja kurang teliti	Lembur	Bocor lid halus tidak terdeteksi	5	7	4	140	4
	Lid tidak sesuai standar (tipis)	Kualitas lid dari supplier kurang baik	Lid mudah sobek saat proses pengepresan	6	9	3	162	2,5
	Bibir cup tidak rata	Kualitas cup dari supplier kurang baik	Lid tidak menempel pada cup	4	7	4	112	5
	Bucket cacat	Belum dilakukan perbaikan bucket	Bibir cup tidak tertahan oleh bucket saat pengepresan	10	9	2	180	1
	Seal disk kotor	Tidak ada checklist maintenance per minggu	Penempelan lid dengan cup tidak maksimal dan juga dapat menyebabkan lid sobek	6	9	3	162	2,5
	Heater terlalu panas	Tidak ada checklist maintenance per bulan	Lid sobek	4	7	2	56	15
	Heater kurang panas	Tidak ada checklist maintenance per bulan	Lid kurang merekat pada cup	3	7	2	42	17,5
	Operator memproduksi saat heater belum stabil	Belum memperbaharui SOP produksi	Penempelan lid dengan cup tidak maksimal	4	9	2	72	14
Usia mesin lebih dari 10 tahun	Belum memperbaharui mesin	Banyak komponen yang sudah rusak sehingga proses produksi kurang maksimal dan masih menghasilkan cacat produk	9	9	1	81	12	

Tabel 20. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Cacat Produk (lanjutan)

<i>Process</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Effect of Failure</i>	<i>Occurrence (1-10)</i>	<i>Severity (1-10)</i>	<i>Detection (1-10)</i>	<i>RPN (1-1000)</i>	<i>Rank</i>
<i>Lid Miring</i>	Pengaturan <i>belt rem</i> kurang tepat	Tidak ada SOP pengaturan <i>belt rem</i>	Gulungan <i>lid</i> kendur atau terlalu kencang	3	6	3	54	16
	<i>Printing lid</i> miring	Kualitas bahan baku dari <i>supplier</i> kurang baik	<i>Lid</i> miring sebelum proses produksi	6	9	2	108	6,5
	Baut pengencang <i>roll lid</i> aus	Tidak ada <i>checklist maintenance</i> per bulan	<i>Lid</i> goyang saat <i>pressing</i>	6	7	2	84	10,5
	Tidak mengecek secara berkala <i>setting-an center roll lid</i>	Operator tidak fokus	<i>Lid</i> tidak <i>center</i> dengan bibir <i>cup</i>	6	8	2	96	8,5
	Operator tidak terampil	Kurang <i>training</i>	<i>Setting-an</i> mesin tidak tepat	3	7	2	42	17,5
	Pengaturan sensor <i>error</i>	Tidak ada <i>checklist maintenance</i> per bulan	<i>Lid</i> tidak <i>center</i> dengan bibir <i>cup</i>	4	5	4	80	13
<i>Cup Penyok</i>	Pekerja kurang disiplin	Tidak ada SOP pemindahan material	Bahan baku rusak saat proses pemindahan material	4	9	3	108	6,5
	Kualitas bahan baku tidak sesuai spesifikasi	Kecacatan bahan baku dari <i>supplier</i>	<i>Cup</i> penyok sebelum proses produksi	3	7	4	84	10,5
	Penumpukan produk melebihi 5 dus	Tidak adanya SOP penyimpanan produk	Penumpukan <i>cup</i> yang banyak menyebabkan <i>cup</i> yang berada di bawah penyok	4	6	4	96	8,5

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Berdasarkan Tabel 20 FMEA di atas dapat diketahui masing-masing nilai RPN (*Risk Priority Number*) untuk setiap *mode of failure* atau jenis kegagalan yang mengakibatkan cacat pada produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis. Nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 180 dengan jenis kegagalan berupa *bucket* cacat sehingga menyebabkan cacat bocor *lid*.

2. *Failure mode and effect analysis* limbah

Berdasarkan Tabel 21 dapat diketahui masing-masing nilai RPN (*Risk Priority Number*) untuk setiap *mode of failure* atau jenis kegagalan yang mengakibatkan adanya limbah air dan *cup* di PT Banyu Reverse Osmosis. Nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 180 dengan jenis kegagalan berupa *bucket* cacat sehingga menyebabkan cacat bocor *lid*, oleh karena itu yang menjadi prioritas perbaikan agar jumlah limbah yang dihasilkan dapat diminimasi yaitu dengan cara melakukan perbaikan *bucket*. Berikut merupakan *failure mode and effect analysis* pada limbah hasil produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

Tabel 21. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Limbah

<i>Process</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Effect of Failure</i>	<i>Occurrence (1-10)</i>	<i>Severity (1-10)</i>	<i>Detection (1-10)</i>	<i>RPN (1-1000)</i>	<i>Rank</i>
Limbah air dan <i>cup</i>	Pekerja tidak steril saat masuk ruang produksi	Kurang disiplin	Air akan terkontaminasi debu dan kotoran yang terdapat pada pekerja	5	7	4	140	3
	<i>Lid</i> tidak sesuai standar (tipis)	Kualitas <i>lid</i> dari <i>supplier</i> kurang baik	<i>Lid</i> mudah sobek saat proses pengepresan sehingga menyebabkan cacat produk	6	9	3	162	2
	Bibir <i>cup</i> tidak rata	Kualitas <i>cup</i> dari <i>supplier</i> kurang baik	<i>Lid</i> tidak menempel pada <i>cup</i> sehingga menyebabkan cacat produk	4	7	4	112	4
	<i>Bucket</i> cacat	Belum dilakukan perbaikan <i>bucket</i>	Bibir <i>cup</i> tidak tertahan oleh <i>bucket</i> saat pengepresan sehingga menyebabkan cacat produk	10	9	2	180	1
	Usia mesin lebih dari 10 tahun	Belum memperbaharui mesin	Banyak komponen yang sudah rusak sehingga proses produksi kurang maksimal dan masih menghasilkan cacat produk	9	9	1	81	5
	Operator memproduksi saat <i>heater</i> belum stabil	Belum memperbaharui SOP produksi	Penempelan <i>lid</i> dengan <i>cup</i> tidak maksimal	4	9	2	72	6

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

4.2.4 Tahap *Improve*

Tahap ini merupakan langkah operasional keempat dalam program peningkatan kualitas *six sigma* yang merupakan tahap rancangan usulan perbaikan untuk kemudian diimplementasikan pada perusahaan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *recommended action planning* FMEA untuk perbaikan pada produk cacat air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Perbaikan pada efisiensi aliran proses produksi dilakukan dengan cara mengeleminasi dan mereduksi aktivitas yang termasuk pemborosan dan tidak memiliki nilai tambah, selanjutnya untuk mengetahui *lead time* dan efisiensi proses produksi setelah dilakukan perbaikan maka dibuatlah usulan *future state value stream mapping*.

4.2.4.1 *Action Planning* FMEA Cacat Produk

Action planning FMEA merupakan tahap lanjutan dari *failure mode and effect analysis* yang digunakan sebagai tahap perbaikan. Pada proses FMEA telah didapatkan *ranking* dari hasil pengurutan nilai RPN berdasarkan prioritas. Hal tersebut dilakukan agar perbaikan dimulai dari jenis kegagalan dengan nilai tertinggi terlebih dahulu. Usulan perbaikan tidak hanya diberikan pada nilai di atas 100, tetapi semua jenis kegagalan yang sudah teridentifikasi tetap diberikan usulan perbaikan sebagai bahan pertimbangan untuk perusahaan. Berikut merupakan *action planning* FMEA pada setiap jenis cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

Tabel 22. Action Planning FMEA Cacat Produk

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Action Planning</i>	<i>Design Validation</i>
1	<i>Bucket cacat</i>	<i>Bocor Lid</i>	Belum ada perbaikan <i>bucket</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaiki <i>bucket</i> yang cacat. - Melakukan <i>maintenance</i>. 	Bagian <i>maintenance</i> memperbaiki <i>bucket</i> dengan cara mengecor ulang <i>bucket conveyor</i> .
2,5	<i>Seal disk kotor</i>	<i>Bocor Lid</i>	Tidak ada <i>checklist maintenance</i> perminggu	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat <i>checklist maintenance</i> per minggu - Melakukan inspeksi kondisi <i>sealing unit</i> sebelum melakukan proses produksi - Setiap satu minggu sekali mengamplas <i>sealing disk</i> yang permukaannya sudah tidak rata - Membersihkan <i>seal disk</i> setelah dipakai 	Bagian <i>maintenance</i> membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan, selain itu mengamplas permukaan <i>seal disk</i> secara teratur. Setiap operator membersihkan seal disk baik sebelum memulai produksi maupun setelah produksi.
2,5	<i>Lid tidak sesuai standar (tipis)</i>	<i>Bocor Lid</i>	Kualitas <i>Lid</i> dari <i>supplier</i> kurang baik	<ul style="list-style-type: none"> - Memeriksa kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i>. - Melakukan komunikasi terhadap <i>supplier</i> terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai. 	Bagian produksi mengecek dan menyortir kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i> dan pada saat akan produksi, selain itu juga menghubungi manajemen untuk menyampaikan spesifikasi bahan baku yang sesuai kebutuhan kepada <i>supplier</i> .
4	<i>Pekerja kurang teliti</i>	<i>Bocor Lid</i>	Lembur	<ul style="list-style-type: none"> - Memberikan waktu untuk istirahat kurang lebih 10 menit setiap jam nya. - Memberikan pengawasan kepada pekerja. - Memberikan <i>training</i> (pembinaan) dan teguran agar lebih teliti. 	Koordinator setiap shift membuat jadwal pergantian istirahat pekerja. Kepala produksi melakukan pengawasan pada saat proses produksi berlangsung. Bagian produksi juga mengadakan <i>training</i> (bimbingan) terhadap operator agar operator lama maupun baru dapat terampil dan tidak melakukan kesalahan.

Tabel 22. Action Planning FMEA Cacat Produk (lanjutan)

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Action Planning</i>	<i>Design Validation</i>
5	Bibir <i>cup</i> tidak rata	Bocor <i>Lid</i>	Kualitas <i>cup</i> dari <i>supplier</i> kurang baik	<ul style="list-style-type: none"> - Memeriksa kembali bahan baku baik saat datang dari <i>supplier</i> maupun sebelum proses produksi berlangsung. - Melakukan komunikasi terhadap <i>supplier</i> terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai. - Menyortir bahan baku yang kualitasnya kurang baik sebelum proses produksi. 	Bagian produksi mengecek dan menyortir kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i> dan pada saat akan produksi, selain itu juga menghubungi manajemen untuk menyampaikan spesifikasi bahan baku yang sesuai kebutuhan kepada <i>supplier</i> .
6,5	Pekerja kurang disiplin	<i>Cup</i> Penyok	Tidak ada SOP pemindahan material	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat prosedur pemindahan material yang baik dan benar - Meningkatkan pengawasan terhadap kinerja dan secara berkala melakukan <i>briefing</i> kepada pekerja bagian produksi dan operator. - Memberikan teguran kepada pekerja yang kurang disiplin. 	Bagian produksi membuat prosedur pemindahan material yang baik dan benar, selain itu kepala produksi juga melakukan pengawasan dan memberi teguran terhadap pekerja yang kurang disiplin.
6,5	<i>Printing Lid</i> miring	<i>Lid</i> Miring	Kualitas bahan baku dari <i>supplier</i> kurang baik	<ul style="list-style-type: none"> - Memeriksa kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i>. - Melakukan <i>complain</i> kepada <i>supplier</i> - Melakukan komunikasi terhadap <i>supplier</i> terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai. 	Bagian produksi mengecek dan menyortir kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i> dan pada saat akan produksi, selain itu juga menghubungi manajemen untuk menyampaikan spesifikasi bahan baku yang sesuai kebutuhan kepada <i>supplier</i> .

Tabel 22. Action Planning FMEA Cacat Produk (lanjutan)

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Action Planning</i>	<i>Design Validation</i>
8,5	Penumpukan produk melebihi 5 dus	<i>Cup Penyok</i>	Tidak ada SOP penyimpanan produk	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat SOP penyimpanan produk yang baik dan benar. - Memberikan pengawasan kepada pekerja. - Memberikan teguran agar lebih disiplin. 	Bagian produksi membuat SOP penyimpanan yang baik dan benar, selain itu kepala produksi juga melakukan pengawasan dan memberi teguran terhadap pekerja yang kurang disiplin.
8,5	Tidak mengecek secara berkala <i>setting-an center roll lid</i>	<i>Lid Miring</i>	Operator tidak fokus	<ul style="list-style-type: none"> - Memberikan pengawasan kepada pekerja. - Memberikan teguran agar lebih disiplin. 	Kepala produksi mengawasi dan memberikan teguran kepada karyawan agar lebih disiplin.
10,5	Baut pengencang <i>roll Lid</i> aus	<i>Lid Miring</i>	Tidak ada <i>checklist maintenance</i> per bulan	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan. - Mengganti komponen jika <i>life time</i> sudah habis sesuai dengan ketentuan. - Memberi pelumas secara teratur. - Memberikan bimbingan (<i>training</i>) kepada operator agar tidak melakukan kesalahan. 	Bagian <i>maintenance</i> membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan, selain itu mengganti komponen yang sudah rusak, memberi pelumasa secara teratur. Bagian produksi juga mengadakan <i>training</i> (bimbingan) terhadap operator agar operator lama maupun baru dapat terampil dan tidak melakukan kesalahan.

Tabel 22. Action Planning FMEA Cacat Produk (lanjutan)

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Action Planning</i>	<i>Design Validation</i>
10,5	Kualitas bahan baku tidak sesuai spesifikasi	Cup Penyok	Kecacatan bahan baku dari <i>supplier</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan <i>complain</i> kepada <i>supplier</i> - Memeriksa kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i>. - Melakukan komunikasi terhadap <i>supplier</i> terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai. - Menyortir bahan baku yang kualitasnya kurang baik sebelum proses produksi. 	Bagian produksi memeriksa kembali dan menyortir bahan baku yang datang dari <i>supplier</i> , namun apabila terdapat cacat maka melaporkannya kepada pihak manajemen agar pihak manajemen melakukan <i>complain</i> terhadap <i>supplier</i> .
12	Usia mesin lebih dari 10 tahun	Bocor Lid	Belum memperbaharui mesin	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaharui mesin - Melakukan <i>maintenance</i> sesuai waktu yang ditentukan. 	Bagian produksi menyampaikan kepada manajemen terkait kondisi mesin. Bagian <i>maintenance</i> perlu memperhatikan perawatan mesin dengan teratur untuk meminimasi kondisi mesin rusak.
13	Pengaturan sensor error	Lid Miring	Tidak ada <i>checklist maintenance</i> per bulan	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan - Memeriksa kondisi mesin sebelum melakukan proses produksi. - Melakukan <i>maintenance</i> sesuai waktu yang ditentukan. 	Bagian <i>maintenance</i> membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan dan melakukan <i>maintenance</i> sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan. Operator memeriksa kondisi mesin sebelum melakukan proses produksi.

Tabel 22. Action Planning FMEA Cacat Produk (lanjutan)

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Action Planning</i>	<i>Design Validation</i>
14	Operator memproduksi saat <i>heater</i> belum stabil	Bocor <i>Lid</i>	Belum memperbaharui SOP produksi	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaharui SOP produksi. - Memberikan pengawasan kepada pekerja. - Memberikan teguran agar lebih disiplin. 	Bagian produksi memperbaharui SOP produksi, selain itu kepala produksi juga melakukan pengawasan dan memberikan teguran kepada pekerja agar lebih disiplin dalam menjalankan tugas.
15	<i>Heater</i> terlalu panas	Bocor <i>Lid</i>	Tidak ada <i>checklist maintenance</i> per bulan	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan - Memeriksa kondisi <i>sealing unit</i> sebelum melakukan proses produksi. - Memeriksa temperatur suhu sebelum proses produksi. - Melakukan <i>maintenance</i> sesuai waktu yang ditentukan. 	Bagian <i>maintenance</i> membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan dan melakukan <i>maintenance</i> sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan. Operator memeriksa kondisi mesin sebelum melakukan proses produksi.
16	Pengaturan <i>belt rem</i> kurang tepat	<i>Lid</i> Miring	Tidak ada SOP pengaturan <i>belt rem</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat SOP pengaturan <i>belt rem</i> - Memberikan bimbingan (<i>training</i>) dan teguran kepada operator agar tidak melakukan kesalahan - Melakukan inspeksi dan pengawasan secara intensif terhadap operator 	Bagian produksi membuat SOP pengaturan <i>belt rem</i> , selain itu kepala produksi juga melakukan pengawasan dan memberikan teguran kepada pekerja agar lebih disiplin dalam menjalankan tugas. Bagian produksi mengadakan <i>training</i> (bimbingan) terhadap operator agar operator lama maupun baru dapat terampil dan tidak melakukan kesalahan.

Tabel 22. Action Planning FMEA Cacat Produk (lanjutan)

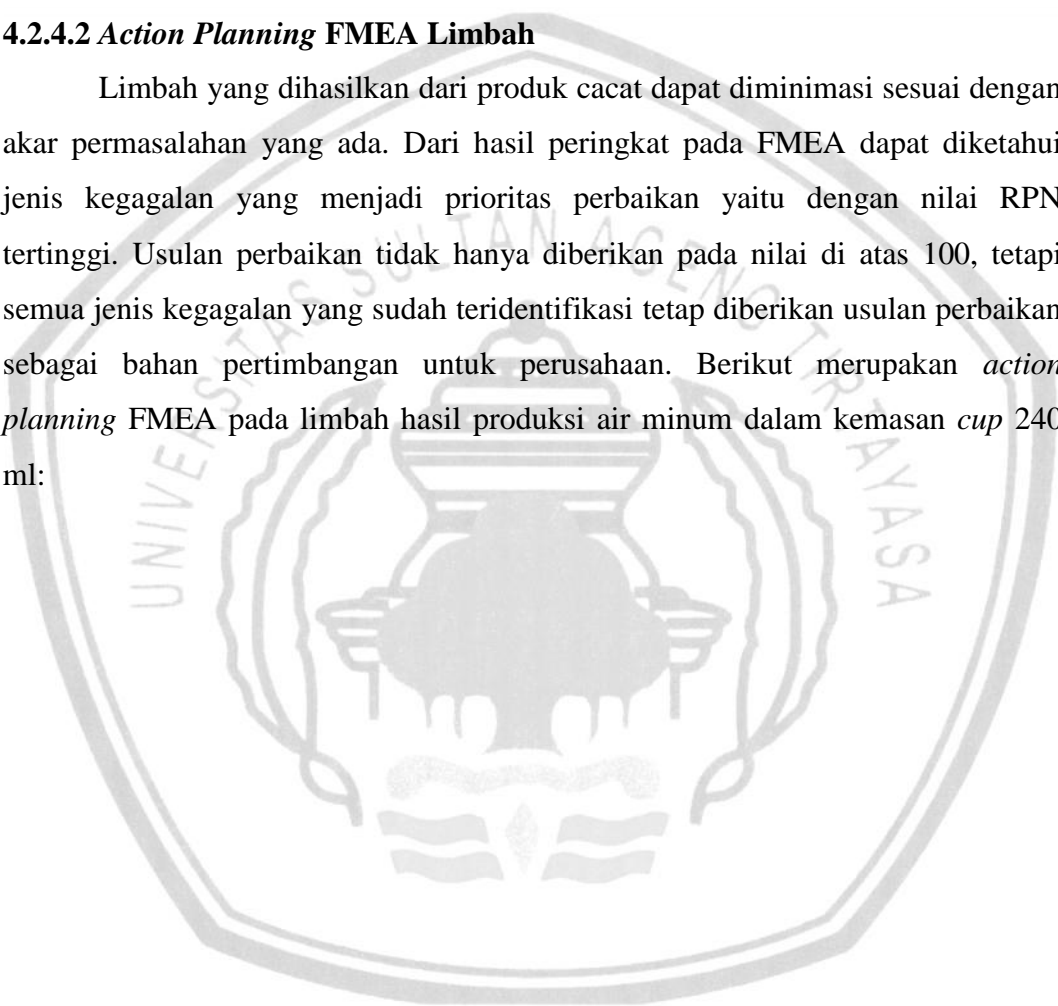
<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Action Planning</i>	<i>Design Validation</i>
17,5	Heater kurang panas	Bocor Lid	Tidak ada <i>checklist maintenance</i> per bulan	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan - Memeriksa kondisi <i>sealing unit</i> sebelum melakukan proses produksi. - Memeriksa temperatur suhu sebelum proses produksi. - Melakukan <i>maintenance</i> sesuai waktu yang ditentukan. 	Bagian maintenance membuat <i>checklist maintenance</i> per bulan dan melakukan maintenance sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan. Opertaor memeriksa kondisi mesin sebelum melakukan proses produksi.
17,5	Operator tidak terampil	Lid Miring	Kurang <i>training</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Memberikan <i>training</i> kepada operator baru maupun lama. - Melakukan inspeksi dan pengawasan secara intensif terhadap operator. 	Bagian produksi mengadakan <i>training</i> (bimbingan) terhadap operator agar operator lama maupun baru dapat terampil dan tidak melakukan kesalahan.

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Berdasarkan tabel *recommended action planning* FMEA di atas dapat diketahui jumlah jenis kegagalan pada proses produksi air minum dalam kemasan yang menyebabkan efek potensial kegagalan cacat bocor *lid*, *lid* miring dan *cup* penyok. Selain itu, dijelaskan pula usulan perbaikan pada setiap jenis kegagalan yang mengakibatkan timbulnya cacat produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml.

4.2.4.2 Action Planning FMEA Limbah

Limbah yang dihasilkan dari produk cacat dapat diminimasi sesuai dengan akar permasalahan yang ada. Dari hasil peringkat pada FMEA dapat diketahui jenis kegagalan yang menjadi prioritas perbaikan yaitu dengan nilai RPN tertinggi. Usulan perbaikan tidak hanya diberikan pada nilai di atas 100, tetapi semua jenis kegagalan yang sudah teridentifikasi tetap diberikan usulan perbaikan sebagai bahan pertimbangan untuk perusahaan. Berikut merupakan *action planning* FMEA pada limbah hasil produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:



Tabel 23. Action Planning FMEA Limbah

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Action Planning</i>	<i>Design Validation</i>
1	<i>Bucket cacat</i>	<i>Bocor Lid</i>	Belum ada perbaikan <i>bucket</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaiki <i>bucket</i> yang cacat. - Melakukan <i>maintenance</i>. 	Bagian <i>maintenance</i> memperbaiki <i>bucket</i> dengan cara mengecor ulang <i>bucket conveyor</i> .
2	<i>Lid tidak sesuai standar (tipis)</i>	<i>Bocor Lid</i>	Kualitas <i>Lid</i> dari <i>supplier</i> kurang baik	<ul style="list-style-type: none"> - Memeriksa kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i>. - Melakukan komunikasi terhadap <i>supplier</i> terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai. 	Bagian produksi mengecek dan menyortir kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i> dan pada saat akan produksi, selain itu juga menghubungi manajemen untuk menyampaikan spesifikasi bahan baku yang sesuai kebutuhan kepada <i>supplier</i> .
3	Pekerja tidak steril saat masuk ruang produksi	Kotor air	Pekerja kurang disiplin	<ul style="list-style-type: none"> - Memberikan pengawasan kepada pekerja. - Memberikan teguran jika tidak mematuhi peraturan 	Kepala produksi melakukan pengawasan terhadap pekerja yang masuk ke ruang produksi agar menaati peraturan yaitu membersihkan tangan dengan alkohol dan memakai perlengkapan kerja, selain itu juga memberikan teguran apabila ada pekerja yang melanggar.
4	Bibir <i>cup</i> tidak rata	<i>Bocor Lid</i>	Kualitas <i>cup</i> dari <i>supplier</i> kurang baik	<ul style="list-style-type: none"> - Memeriksa kembali bahan baku baik saat datang dari <i>supplier</i> maupun sebelum proses produksi berlangsung. - Melakukan komunikasi terhadap <i>supplier</i> terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai. - Menyortir bahan baku yang kualitasnya kurang baik sebelum proses produksi. 	Bagian produksi mengecek dan menyortir kembali bahan baku yang datang dari <i>supplier</i> dan pada saat akan produksi, selain itu juga menghubungi manajemen untuk menyampaikan spesifikasi bahan baku yang sesuai kebutuhan kepada <i>supplier</i> .

Tabel 23. Action Planning FMEA Limbah

<i>Rank</i>	<i>Mode of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Action Planning</i>	<i>Design Validation</i>
5	Usia mesin lebih dari 10 tahun	Bocor Lid	Belum memperbaharui mesin	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaharui mesin - Melakukan <i>maintenance</i> sesuai waktu yang ditentukan. 	Bagian produksi menyampaikan kepada manajemen terkait kondisi mesin. Bagian maintenance perlu memperhatikan perawatan mesin dengan teratur untuk meminimasi kondisi mesin rusak.
6	Operator memproduksi saat <i>heater</i> belum stabil	Bocor Lid	Belum memperbaharui SOP produksi	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaharui SOP produksi. - Memberikan pengawasan kepada pekerja. - Memberikan teguran agar lebih disiplin. 	Bagian produksi memperbaharui SOP produksi, selain itu kepala produksi juga melakukan pengawasan dan memberikan teguran kepada pekerja agar lebih disiplin dalam menjalankan tugas.

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

4.2.4.3 Usulan *Future State Value Stream Mapping*

Pada tahap *measure*, pembuatan *current state value stream mapping* dilakukan untuk mengetahui *lead time* dan efisiensi aliran proses produksi aktual produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Adapun *lead time* dan efisiensi aliran proses produksi pada *current state value stream mapping* yaitu masing-masing sebesar detik dan %. Selanjutnya, untuk meningkatkan efisiensi proses produksi dilakukan eliminasi dan reduksi terhadap aktivitas pemborosan. Pada penelitian ini, pemborosan aktivitas transportasi termasuk ke dalam aktivitas *necessary non value added* (NNVA), selain itu ada juga aktivitas menunggu yang termasuk ke dalam aktivitas *non value added* (NVA). Berikut merupakan tabel penjelasan rencana usulan perbaikan *necessary non value added* (NNVA):

Tabel 24. Rencana Usulan Perbaikan *Necessary Non Value Added* (NNVA)

Aktivitas	Waktu (detik)	Keterangan	Waktu (detik)
Air baku dialirkan ke <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 1	10	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	10
Air dialirkan ke <i>reservoir</i>	60	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	60
Air dialirkan ke <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 2	60	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	60
Air dialirkan ke <i>catridge 5 micron</i>	10	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	10
Air dialirkan ke <i>reaction tank</i>	15	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	15
Air dialirkan ke <i>catridge 5 micron</i> dan <i>1 micron</i>	10	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	10
Air dialirkan ke <i>ultra filter</i>	20	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	20
Air dialirkan ke <i>reaction tank</i>	10	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	10
Air dialirkan ke generator ozon	20	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	20
Air dialirkan ke ultra violet	5	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	5
Air dialirkan ke mesin <i>filling</i>	60	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan pipa	60
Transportasi <i>cup</i> dan gulungan <i>lid</i> ke ruang produksi	30	Aktivitas ini dapat dihilangkan dengan cara transportasi <i>cup</i> dan gulungan <i>lid</i> langsung ke mesin	0

Tabel 24. Rencana Usulan Perbaikan *Necessary Non Value Added* (NNVA) (lanjutan)

Aktivitas	Waktu (detik)	Keterangan	Waktu (detik)
Transportasi <i>cup</i> dan gulungan <i>lid</i> ke mesin	10	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena diperlukan agar bahan baku dapat diletakkan di mesin	10
<i>Set up</i> mesin <i>filling</i>	300	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena <i>set up</i> perlu dilakukan untuk menyiapkan mesin sebelum proses produksi	300
Transportasi produk ke mesin <i>seal</i> 1	10	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan <i>bucket conveyor</i>	10
Transportasi produk ke mesin <i>seal</i> 2	3	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan <i>bucket conveyor</i>	3
Transportasi produk ke mesin <i>cutting lid</i>	5	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan <i>bucket conveyor</i>	5
Transportasi produk dari <i>bucket</i> ke <i>conveyor</i>	5	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan <i>bucket conveyor</i>	5
Transportasi produk jadi ke stasiun inspeksi	25	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena menggunakan <i>bucket conveyor</i>	25
Penyortiran produk cacat	20	Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan	20
Transportasi ke penyimpanan sementara	10	Aktivitas ini dapat dikurangi dengan mendekati penyimpanan sementara dengan stasiun inspeksi	5
Total	698		663

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Berdasarkan tabel rencana usulan perbaikan *necessary non value added* (NNVA) di atas dapat diketahui bahwa terdapat aktivitas transportasi yang dieleminasi yaitu transportasi *cup* dan gulungan *lid* ke ruang produksi dengan cara transportasi *cup* dan gulungan *lid* langsung ke mesin tanpa harus melakukan transportasi ke ruang produksi agar bahan baku langsung dipasang di mesin, karena pada kondisi eksisting bahan baku disimpan sementara di ruang produksi untuk menunggu operator memakai perlengkapan kerja, oleh karena itu sebaiknya operator sudah siap dengan perlengkapan kerjanya pada saat akan memulai proses produksi. Adapun aktivitas transportasi yang direduksi yaitu transportasi ke penyimpanan sementara dengan cara mendekati penyimpanan sementara dengan stasiun inspeksi. Pada kondisi aktual, setelah melakukan *packaging* pekerja mengangkat dus ke penyimpanan sementara yang berupa *pallet* kayu dengan jarak 2 meter, agar tidak memakan waktu maka diusulkan mendekati *pallet* kayu tersebut 50 cm dari pekerja.

Selain usulan perbaikan aktivitas *necessary non value added* (NNVA), juga dilakukan eliminasi aktivitas *non value added* (NVA). Berikut merupakan tabel penjelasan rencana usulan perbaikan *non value added* (NVA):

Tabel 25. Rencana Usulan Perbaikan *Non Value Added* (NVA)

Aktivitas	Waktu (detik)	Keterangan	Waktu (detik)
<i>Cup</i> dan gulungan <i>lid</i> menunggu untuk diletakkan di mesin	30	Aktivitas ini dapat dihilangkan dengan cara langsung meletakkan <i>cup</i> dan gulungan <i>lid</i> di mesin	0
Total	30		0

(sumber: PT BAROS, Data Diolah, 2019)

Berdasarkan tabel rencana usulan perbaikan *non value added* (NVA) di atas dapat diketahui bahwa terdapat aktivitas menunggu yang dieleminasi yaitu *cup* dan gulungan *lid* menunggu untuk diletakkan di mesin dengan cara langsung meletakkan *cup* dan gulungan *lid* di mesin. Hal tersebut dilakukan karena aktivitas menunggu merupakan aktivitas pemborosan, dimana kedua bahan baku tersebut tidak mendapat *treatment* apapun karena saat itu operator sedang menyiapkan diri seperti memakai sarung tangan yang seharusnya sudah dilakukan saat masuk ke ruang produksi, oleh karena itu seharusnya operator memakai perlengkapan kerja sebelum masuk ke ruang produksi agar bahan baku dapat langsung diletakkan dan dipasang di mesin.

Berikut merupakan peta aliran proses produksi produk air minum dalam kemasan 240 ml:

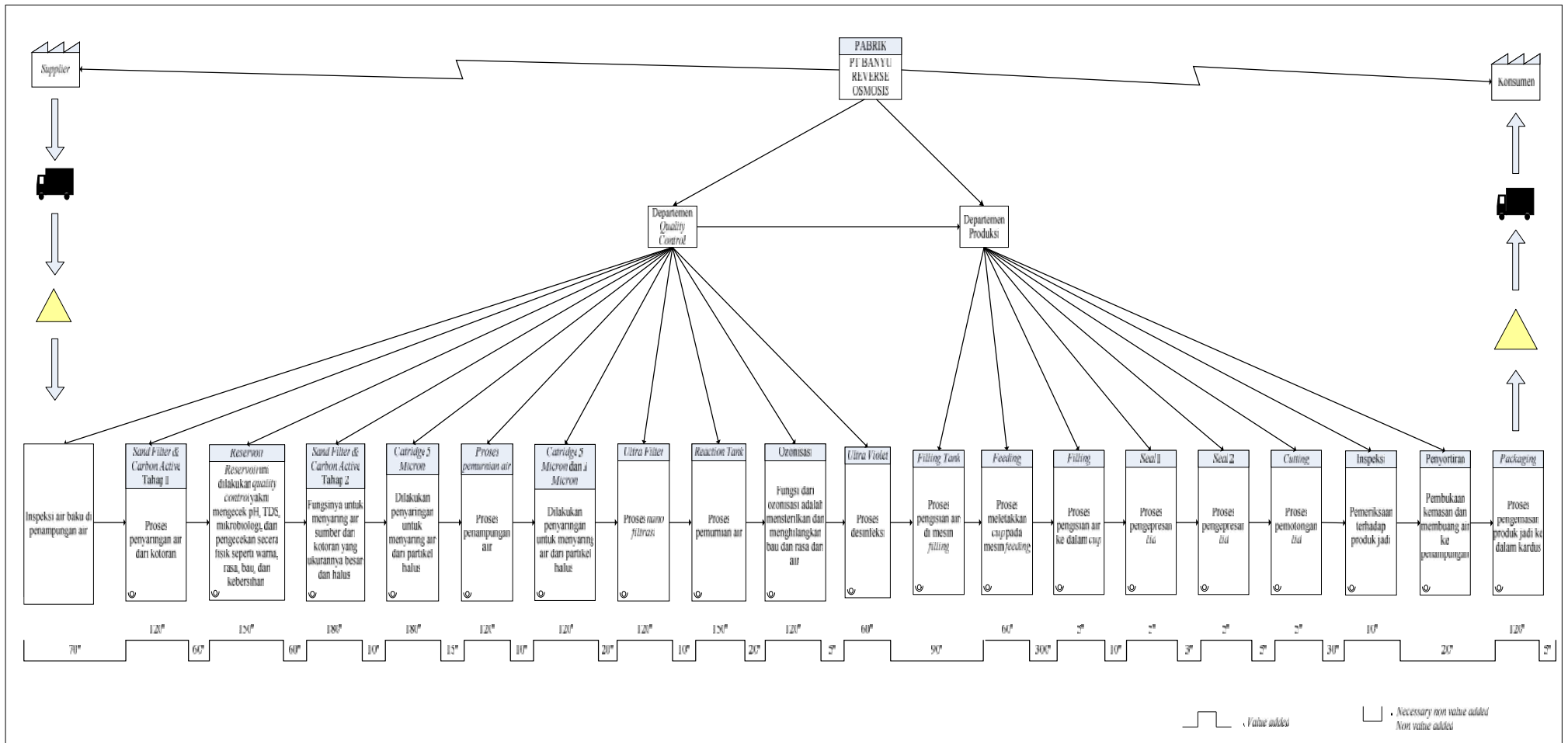
Peta Aliran Proses AMDK Cup 240 ml									
No.	Kegiatan	○	⇒	□	D	▽	Jarak (meter)	Waktu (detik)	Keterangan
1.	Inspeksi air baku di penampungan air							60"	
2.	Air baku dialirkan ke <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 1						5	10"	Pipa
3.	Proses penyaringan di <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 1							120"	
4.	Air dialirkan ke <i>reservoir</i>						15	60"	Pipa
5.	Proses pengecekan pH, TDS, mikrobiologi, warna, rasa, bau, dan kebersihan							150"	
6.	Air dialirkan ke <i>sand filter</i> dan <i>carbon active</i> tahap 2						7	60"	Pipa
7.	Proses penyaringan air dari kotoran yang ukurannya besar dan halus							180"	
8.	Air dialirkan ke <i>catridge 5 micron</i>						5	10"	Pipa
9.	Proses penyaringan air dari partikel halus							180"	
10.	Air dialirkan ke <i>reaction tank</i>						10	15"	Pipa
11.	Proses purnian air							120"	
12.	Air dialirkan ke <i>catridge 5 micron</i> dan <i>1 micron</i>						5	10"	Pipa
13.	Proses penyaringan air dari partikel halus							120"	
14.	Air dialirkan ke <i>ultra filter</i>						10	20"	Pipa
15.	Proses <i>nano filtrasi</i>							120"	
16.	Air dialirkan ke <i>reaction tank</i>						6	10"	Pipa
17.	Proses purnian air							150"	
18.	Air dialirkan ke generator ozon						10	20"	Pipa
19.	Proses ozonisasi							120"	
20.	Air dialirkan ke ultra violet						5	5"	Pipa
21.	Proses desinfeksi							60"	

Gambar 31. Rencana Usulan Peta Aliran Proses AMDK Cup 240 ml

Peta Aliran Proses AMDK Cup 240 ml						
No.	Kegiatan	○ → □ ▢ ▽	Jarak (meter)	Waktu (detik)	Keterangan	
22.	Air dialirkan ke mesin <i>filling</i>		25	60"	Pipa	
23.	Transportasi <i>cup</i> dan gulungan <i>lid</i> ke mesin		1.5	10	Manual	
24.	Proses peletakkan <i>cup</i> ke <i>feeding</i>			15"		
25.	Proses pemasangan gulungan <i>lid</i> ke mesin			45"		
26.	<i>Set up</i> mesin <i>filling</i>			300"		
27.	Proses pengisian air ke <i>cup</i>			5"		
28.	Transportasi produk ke mesin <i>seal</i> 1		0,8	10"	Bucket	
29.	Proses pengepressan <i>lid</i>			5"		
30.	Transportasi produk ke mesin <i>seal</i> 2		0,1	3"	Bucket	
31.	Proses pengepressan <i>lid</i>			5"		
32.	Transportasi produk ke mesin <i>cutting lid</i>		0,2	5"	Bucket	
33.	Proses <i>cutting lid</i>			5"		
34.	Transportasi produk dari <i>bucket</i> ke <i>conveyor</i>		0,25	5"	Bucket	
35.	Transportasi produk jadi ke stasiun inspeksi		1	25"	Conveyor	
36.	Inspeksi			10"		
37.	Penyortiran produk cacat			20"		
38.	Proses <i>packaging</i>			120"		
39.	Transportasi ke penyimpanan sementara		0,5	5"	Manual	
40.	<i>Finish good product</i>					

Gambar 31. Rencana Usulan Peta Aliran Proses AMDK Cup 240 ml (lanjutan)

Berdasarkan Tabel 24 dan 25 rencana usulan perbaikan yang dilakukan terhadap proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml adalah dengan cara mengeliminasi aktivitas transportasi *cup* dan gulungan *lid* ke ruang produksi dan aktivitas *cup* dan gulungan *lid* menunggu untuk dibawa ke mesin serta mereduksi aktivitas transportasi ke penyimpanan sementara. Selanjutnya, untuk mengetahui efisiensi dari aliran proses tersebut, maka dibuat usulan *future state value stream mapping*. Berikut merupakan usulan *future state value stream mapping* produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:



Gambar 32. Future State Value Stream Mapping PT Banyu Reverse Osmosis

Untuk mengetahui *process cycle efficiency* (PCE) setelah melakukan perbaikan maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Process Cycle Efficiency (PCE)} &= \frac{\text{Total Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100 \% \\ &= \frac{1.590}{2.253} \times 100 \% \\ &= 70,573 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan Gambar 32, setelah dilakukan perbaikan terhadap aktivitas proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml didapatkan hasil yaitu *lead time* menjadi lebih kecil, yaitu sebesar 2.253 detik dari yang sebelumnya sebesar 2.318 detik dan peningkatan nilai efisiensi aliran proses produksi menjadi sebesar 68,594 % sedangkan sebelumnya sebesar 70,573 %.

4.2.4.4 Perbandingan Kondisi Awal dan Usulan Perbaikan

Perbandingan kondisi awal dan usulan perbaikan dilakukan untuk melihat perubahan yang terjadi setelah adanya perbaikan terhadap proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Berikut merupakan tabel perbandingan kondisi awal dan usulan perbaikan proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml:

Tabel 25. Perbandingan Kondisi Awal dan Usulan Perbaikan Aktivitas

Indikator	Kondisi Awal	Usulan Perbaikan
PCE	68,594 %	70,573 %
VA	1.590 detik	1.590 detik
NNVA	698 detik	663 detik
NVA	30 detik	0 detik

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa terdapat peningkatan pada *process cycle efficiency* (PCE) dan penurunan waktu pada aktivitas *necessary non value added* dan *non value added*. Adanya usulan perbaikan pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml diharapkan dapat meminimasi *waste defect* yang terjadi, sehingga limbah hasil dari produk cacat juga dapat berkurang bahkan tidak menghasilkan limbah.

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Metode *Green Lean Six Sigma* merupakan pendekatan *lean six sigma* yang dikombinasikan dengan manajemen lingkungan yang dapat menghilangkan pemborosan dan meminimasi cacat serta mengukur dampak lingkungan dari proses produksi yang terjadi (Gasperzs, 2007). *Lean Six Sigma* adalah metode pengendalian kualitas yang merupakan kombinasi antara *Lean* dan *Six Sigma* yang dapat didefinisikan sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus-menerus untuk mencapai tingkat kinerja *six sigma*, dengan cara mengalirkan produk (material, *work-in-process*, *output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan dengan hanya memproduksi 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi (Gasperzs, 2007). Metode *Green Lean Six Sigma* pada penelitian ini digunakan untuk memperbaiki kualitas produk, pengendalian proses produksi serta dampak lingkungan akibat adanya limbah hasil produksi. Hal ini disebabkan terdapat permasalahan pada pengendalian proses produksi, sehingga menimbulkan pemborosan dan permasalahan mengenai kualitas produk serta dampak lingkungan.

Pendekatan *green* digunakan untuk mengetahui limbah yang dihasilkan akibat adanya cacat produk AMDK *cup* 240 ml, sehingga akan diberikan usulan untuk menanggulangi limbah yang dihasilkan agar tidak berdampak negatif bagi lingkungan dan masyarakat.

Pendekatan *lean* digunakan untuk memperbaiki aliran proses produksi AMDK *cup* 240 ml dengan cara mereduksi waktu aktivitas serta mengeliminasi aktivitas yang termasuk ke dalam aktivitas tidak bernilai tambah. Pendekatan *lean* akan memberikan peningkatan nilai *process cycle efficiency*. Jika nilai *process*

cycle efficiency sesudah perbaikan mengalami peningkatan, maka proses produksi menjadi lebih baik.

Pendekatan *six sigma* digunakan untuk mereduksi variasi penyebab khusus dan menjaga kualitas produk AMDK *cup* 240 ml. Pendekatan *six sigma* akan meningkatkan *level sigma*. Pengukuran *level sigma* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas hasil produk perusahaan, karena dengan mengetahui tingkat *level sigma* dapat dijadikan sebagai salah satu parameter keberhasilan pencapaian target kualitas. Dimana semakin tinggi *level sigma* akan membuat tingkat kecacatan yang diproduksi per satu juta kesempatan (DPMO) semakin rendah.

Pada penelitian ini data diolah menggunakan tahapan siklus *define*, *measure*, *analyze*, *improve*, dan *control*, namun penelitian ini hanya sampai pada tahap *improve*. DMAIC dikembangkan untuk perbaikan proses, aplikasi perancangan dan perancangan ulang.

5.1 Analisa Tahap *Define*

Tahap *define* merupakan tahap identifikasi permasalahan yang terjadi di PT Banyu Reverse Osmosis. Identifikasi permasalahan pada penelitian ini difokuskan pada kualitas produk, pengendalian proses produksi serta dampak terhadap lingkungan. Tahap identifikasi produk amatan dilakukan untuk mengidentifikasi produk yang akan dijadikan objek penelitian. Produk yang menjadi objek penelitian yaitu produk AMDK *cup* 240 ml, dimana produk ini memiliki jumlah cacat terbanyak dibandingkan dengan produk lainnya. Jumlah cacat produk AMDK *cup* 240 ml selama tahun 2018 yaitu sebanyak 451.344 pcs dari total produksi sebanyak 21.819.648 pcs.

Tahapan kedua pada tahap *define* adalah identifikasi aliran fisik proses produksi dengan menggunakan diagram SIPOC untuk menggambarkan kondisi aliran informasi, material dan produk dari pemasok hingga sampai kepada pelanggan. *Supplier* adalah orang atau kelompok yang memberikan informasi kunci, bahan atau sumber daya lainnya yang dibutuhkan didalam proses. *Supplier* PT Banyu Reverse Osmosis antara lain Multi Box Indah dan PT Indah Kiat sebagai pemasok dus, Guna Kemas Indah dan Namasindoplas sebagai pemasok

cup, dan PT Triguna Jaya Sentosa sebagai pemasok *lid* dan sedotan. *Input* merupakan segala sesuatu yang akan diolah saat proses produksi, adapun *input* dalam proses produksi AMDK *cup* 240 ml yaitu air baku, *cup*, *lid*, sedotan, dan dus.

Proses adalah langkah-langkah yang diperlukan yang idealnya memberikan nilai tambah untuk *input*. Proses produksi AMDK *cup* 240 ml terdiri atas beberapa tahap, yaitu inspeksi air baku di penampungan sumber air, proses penyaringan di *sand filter* dan *carbon active* tahap 1, proses pengecekan pH, TDS, mikrobiologi, warna, rasa, bau dan kebersihan di *reservoir*, proses penyaringan air di *sand filter* dan *carbon active* tahap 2, proses penyaringan air di *catridge 5 micron*, proses pemurnian air di *reaction tank*, proses penyaringan air di *catridge 5 micron* dan *1 micron*, proses nano filtrasi di *ultra filter*, proses ozonisasi di generator ozon, proses desinfeksi di *ultra violet*, proses *filling*, proses pengepresan *lid*, proses *cutting lid*, dan *packaging*. *Output* merupakan hasil dari proses berupa produk AMDK *cup* 240 ml. *Customer* adalah orang maupun kelompok, proses, departemen atau perusahaan yang menerima *output*. *Customer* produk AMDK *cup* 240 ml adalah beberapa agen dan retail yang menjual produk minuman.

Tahapan ketiga pada tahap *define* adalah melakukan identifikasi *critical to quality* (CTQ). Menurut Putri (2017), CTQ adalah parameter kualitas kritis internal yang berhubungan dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan, ditemukan 5 jenis CTQ pada produk AMDK *cup* 240 ml, yaitu cacat bocor *lid*, *lid* miring, *cup* penyok, isi tidak sesuai spesifikasi, dan kotor air. Cacat bocor *lid* merupakan cacat yang terjadi pada penutup (*lid*) produk AMDK *cup* 240 ml yang terdapat lubang halus maupun *lid* tidak menempel dengan sempurna dengan *cup*. *Lid* miring merupakan cacat dimana *lid* produk AMDK *cup* 240 ml tidak tepat dengan diameter gelas sehingga produk akhir menghasilkan produk dengan letak *merk* yang terlalu atas atau bawah. *Cup* penyok merupakan cacat dimana kemasan gelas (*cup*) memiliki bentuk yang tidak sempurna. Isi tidak sesuai spesifikasi merupakan cacat kurang atau lebihnya *volume* air di dalam kemasan produk, kurangnya *volume* ditandai dengan air tidak mencapai batas yang semestinya sedangkan lebihnya *volume* air

ditandai dengan air yang melebihi batas semestinya sehingga membuat kemasan terlalu penuh dan menimbulkan potensi kemasan mudah bocor atau pecah jika ditekan. Kotor air merupakan cacat adanya partikel-partikel halus di dalam air yang sudah diproduksi, hal tersebut disebabkan air terkontaminasi saat proses produksi berlangsung.

Tahap *define* selanjutnya yaitu identifikasi *waste* yang dilakukan untuk mengidentifikasi *waste* yang sering terjadi pada proses produksi AMDK *cup* 240 ml. Menurut Lisano dan Susanty (2016) terdapat tujuh tipe *waste* (pemborosan), yaitu *overproduction*, *waiting*, *unnecessary inventory*, *transportation*, *unnecessary process*, *unnecessary motion*, dan *defect*. Identifikasi *waste* dilakukan dengan penyebaran kuesioner *seven waste* kepada empat orang responden, yaitu 1 kepala divisi produksi, 1 koordinator produksi, 1 operator serta 1 bagian *quality control*. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner yang terdapat pada Tabel 8, dapat diketahui hasil rata-rata bobot dari setiap *waste*. Jenis *waste overproduction* memiliki rata-rata bobot sebesar 2,75, *transportation* sebesar 0,25, *waiting* sebesar 0,5, *unnecessary inventory* sebesar 0,75, *unnecessary process* sebesar 2,5, *unnecessary motion* sebesar 2,25, dan *defect* sebesar 3,5.

Bobot yang telah didapatkan tersebut digunakan dalam perhitungan *value stream mapping analysis tools* dengan mengalikan bobot tersebut dengan faktor pengali matriks pada VALSAT. Bobot terbesar yang didapatkan pada *tools mapping* yaitu *process activity mapping* (PAM). PAM digunakan untuk mengidentifikasi *lead time* dan produktivitas baik aliran produk fisik maupun aliran informasi, kemudian mengelompokkan ke dalam tipe-tipe aktivitas yang ada mulai dari *value added*, *necessary non value added* dan *non value added* pada produk AMDK *cup* 240 ml.

Tahap *define* selanjutnya adalah identifikasi aktivitas proses produksi. Identifikasi aktivitas proses produksi digunakan untuk mengetahui dan mengklasifikasikan kegiatan-kegiatan yang termasuk ke dalam kategori *value added* (VA), *necessary non value added* (NNVA) dan *non value added* (NVA). VA adalah semua aktivitas untuk menghasilkan produk yang dapat memberikan nilai tambah. Pada Tabel 11 dapat diketahui terdapat 19 aktivitas yang termasuk

ke dalam aktivitas *value added* dengan total waktu aktivitas sebesar 1.590 detik. Pada 19 aktivitas tersebut terdiri atas 2 aktivitas inspeksi dan 17 aktivitas proses.

NNVA adalah semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu produk yang diproses. Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan namun dapat dijadikan lebih efektif dan efisien. Pada Tabel 12 dapat diketahui terdapat 21 kegiatan yang termasuk ke dalam aktivitas *necessary non value added* dengan total waktu aktivitas sebesar 698 detik. Pada 21 aktivitas tersebut terdiri atas 1 aktivitas *set up*, 1 aktivitas proses, dan 19 aktivitas transportasi. NVA adalah semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu produk yang di proses. Aktivitas ini bisa direduksi atau dihilangkan, karena aktivitas ini murni *waste* yang sangat merugikan. Pada Tabel 13 dapat diketahui terdapat 1 kegiatan yang termasuk ke dalam aktivitas *non value added* dengan total waktu aktivitas sebesar 30 detik. Satu aktivitas tersebut merupakan aktivitas menunggu. Berdasarkan Tabel 14 dapat diketahui *lead time* dari proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml yaitu sebesar 2.318 detik. Adapun persentase penggunaan waktu aktivitas *value added* yaitu sebesar 68,594 %, *necessary non value added* sebesar 30,112 %, dan *non value added* sebesar 1,294 %.

Tahap *define* selanjutnya yaitu identifikasi dampak lingkungan. Identifikasi dampak lingkungan dilakukan untuk mengetahui apakah proses produksi air minum menghasilkan dampak baik atau buruk bagi lingkungan sekitar. Hasil wawancara dengan pihak perusahaan, produk air minum dalam kemasan yang tidak lolos inspeksi seperti cacat *cup* penyok, isi tidak sesuai spesifikasi, dan *lid* miring dipisahkan dari produk yang sesuai spesifikasi, dan masih dapat dijual dengan harga yang lebih murah, sedangkan cacat bocor *lid* dan kotor air akan dipisahkan, kemudian kemasannya dibuka lagi dan airnya akan dibuang ke penampungan air yang selanjutnya akan dibuang ke selokan. Proses tersebut menghasilkan dampak adanya limbah cair dan limbah padat. Limbah cair yang dihasilkan akibat adanya cacat produk air minum ini berupa air hasil *reject* cacat produk yang ditampung kembali kemudian dibuang ke selokan, sedangkan limbah padat yang dihasilkan yaitu berupa limbah plastik *cup* yang sudah tidak bisa dipakai.

5.2 Analisa Tahap *Measure*

Tahap *measure* merupakan tahap kedua dalam siklus DMAIC, pada tahap ini dilakukan pengukuran terhadap masalah yang terjadi. Pada penelitian ini, tahap *measure* terdiri dari beberapa bagian. Tahap pertama adalah menghitung *process cycle efficiency* (PCE). Menurut Gasperz (2008) PCE mewakili persentase dari waktu yang dipergunakan untuk menambahkan nilai pada produk dibandingkan total waktu yang dipergunakan produk selama proses per satu siklus dalam satuan waktu. Tabel 15 memperlihatkan hasil persentase pengelompokan waktu aktivitas produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml berdasarkan *current state value stream mapping*, sehingga didapatkan nilai PCE kondisi awal sebesar 68,594 %.

Tahap kedua yaitu mengukur dan menentukan jenis cacat dengan menggunakan diagram pareto. Menurut Satriyo dan Puspitasari (2016) diagram pareto digunakan untuk menentukan kategori *defect* terbesar yang paling mempengaruhi terjadinya cacat. Pada Gambar 18 menyatakan hasil cacat dari yang terbesar hingga terkecil. Sesuai dengan prinsip pareto yang menyatakan aturan 80/20 yang artinya 80 persen masalah kualitas disebabkan oleh 20 persen penyebab kecacatan, sehingga dipilih jenis-jenis cacat dengan kumulatif mencapai 80% dengan asumsi bahwa dengan 80% tersebut dapat mewakili seluruh jenis cacat yang terjadi (Gunawan, 2016). Pada penelitian ini terdapat 3 jeni cacat yang mencapai kumulatif 80% yaitu cacat bocor *lid* dengan persentase sebesar 36,6%, cacat *lid* miring dengan persentase sebesar 28,3%, dan cacat *cup* penyok sebesar 20,1%.

Tahap *measure* selanjutnya adalah melakukan pengukuran mengenai pengendalian proses produksi AMDK *cup* 240 ml untuk mengetahui apakah proses produksi terkendali secara statistik atau tidak. Pengukuran pengendalian proses produksi dilakukan dengan menggunakan peta kendali P. Menurut Zaldianto (2013) peta kendali P adalah bagan yang digunakan untuk mengamati bagian yang ditolak karena tidak memenuhi spesifikasi (disebut bagian yang cacat). Berdasarkan Gambar 22 dapat terlihat masih ada data yang berada di luar batas kendali atas maupun batas kendali bawah, yaitu pada data ke 1, 4, 6, 7, dan 9. Hal

tersebut menandakan bahwa proses produksi AMDK *cup* 240 ml belum stabil, sehingga perlu melakukan perbaikan agar proses produksi menjadi stabil dan terkendali.

Tahap *measure* selanjutnya adalah menghitung DPMO dan level *sigma* untuk mengukur performansi perusahaan yaitu pada stasiun kerja yang menyebabkan ketidaksesuaian produk. Pengukuran *level sigma* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas hasil produk perusahaan, karena dengan mengetahui tingkat *level sigma* dapat dijadikan sebagai salah satu parameter keberhasilan pencapaian target kualitas. Dimana semakin tinggi *level sigma* akan membuat tingkat kecacatan yang diproduksi per satu juta kesempatan (DPMO) semakin rendah. Pada Tabel 18, diperoleh hasil rata-rata nilai DPMO sebesar 4133,920 dan menghasilkan nilai *sigma* rata-rata sebesar 4,141. Hal tersebut menunjukkan bahwa dari sejuta kesempatan yang ada akan terdapat 4133,920 kemungkinan bahwa hasil produksi AMDK *cup* 240 ml akan mengalami cacat. Untuk mengetahui apakah proses-proses produksi saat ini telah dianggap mampu atau tidak maka perlu dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses (C_p) yang berdasarkan hasil perhitungan bernilai 1,380. Menurut Aldiandru (2017) nilai $C_p < 2$, maka proses produksi masih perlu dilakukan perbaikan terus-menerus hingga mencapai target 6-*sigma* ($C_p = 2$).

Tahap selanjutnya adalah menghitung total limbah yang dilakukan untuk mengetahui berapa banyak limbah yang dihasilkan akibat adanya cacat bocor *lid* AMDK *cup* 240 ml. Tabel 19 menunjukkan terdapat 2 jenis limbah yaitu limbah air dan *cup*. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan total limbah air yang dihasilkan akibat adanya cacat bocor *lid* pada AMDK *cup* 240 ml yaitu sebanyak 3.962.448 liter dan limbah padat yang dihasilkan yaitu sebanyak 165.102 pcs. Adanya cacat produk tersebut merugikan perusahaan karena banyaknya air dan *cup* yang terbuang begitu saja. Adapun potensi kerugian secara finansial dari cacat produk AMDK *cup* 240 ml yaitu sebesar Rp. 36.728.590,92.

5.3 Analisa Tahap *Analyze*

Tahap ini merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang dilakukan dengan menganalisa dan menentukan akar permasalahan dari suatu cacat atau kegagalan. Pada tahap ini akan dilakukan analisis penyebab akar masalah dengan menggunakan suatu alat bantu untuk menemukan kemungkinan penyebab akar suatu masalah. Penelitian ini menggunakan diagram *fishbone* untuk mengetahui penyebab yang menjadi akar permasalahan cacat produk AMDK *cup* 240 ml dan FMEA untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*).

5.3.1 Analisa Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* atau diagram sebab-akibat merupakan diagram yang digunakan untuk melihat sejumlah kemungkinan yang menyebabkan berbagai permasalahan yang terjadi pada proses. Diagram ini juga memperlihatkan hubungan antara permasalahan yang terjadi dengan kemungkinan penyebabnya serta faktor-faktor yang mempengaruhinya (Nurfitriah, 2018).

Penelitian ini menggunakan diagram *fishbone* untuk menganalisis dan menemukan akar penyebab masalah dari permasalahan yang terjadi pada produk air minum dalam kemasan *cup* 240 ml. Berdasarkan diagram pareto diketahui bahwa terdapat 3 jenis cacat yang menjadi CTQ kunci. Dari ketiga jenis cacat tersebut masing-masing dicari akar permasalahannya menggunakan diagram *fishbone*.

Pada cacat bocor *lid* disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah: faktor manusia, yaitu pekerja kurang teliti saat inspeksi produk jadi yang disebabkan oleh lelah akibat lembur. Pada faktor material, cacat bocor *lid* disebabkan oleh *lid* tidak sesuai standar (tipis) dan bibir *cup* tidak rata, kedua hal tersebut disebabkan oleh kualitas *lid* dan *cup* yang kurang baik dari *supplier*. Pada faktor mesin, cacat bocor *lid* disebabkan oleh *bucket* cacat karena belum diperbaiki, *seal disk* kotor karena *maintenance* tidak tepat waktu yang disebabkan tidak adanya *checklist maintenance* per minggu, penyebab lainnya yaitu *heater*

kurang panas karena sensor *heater* rusak yang disebabkan tidak adanya *checklist maintenance* per bulan, dan *heater* terlalu panas karena sensor *heater* rusak yang disebabkan tidak adanya *checklist maintenance* per bulan. Faktor metode disebabkan oleh operator memproduksi saat *heater* belum stabil karena belum memperbaharui SOP produksi.

Pada cacat *lid* miring disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah: faktor manusia, tidak mengecek secara berkala penyetelan *center roll lid* yang disebabkan oleh operator kurang fokus, penyebab lain yaitu operator tidak terampil karena kurang *training*. Faktor material disebabkan oleh *printing lid* yang miring, hal tersebut terjadi karena kualitas bahan baku dari *supplier* kurang baik. Faktor mesin disebabkan oleh baut pengencang *roll lid* aus karena pekerja lupa mengganti *spare part* yang disebabkan tidak adanya *checklist maintenance* per bulan. Faktor metode disebabkan oleh pengaturan *belt rem* kurang tepat karena tidak ada SOP pengaturan *belt rem*.

Pada cacat *cup* penyok disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah: faktor manusia, yaitu pekerja kurang disiplin saat pemindahan material yang disebabkan oleh tidak adanya SOP pemindahan material. Faktor material disebabkan oleh kualitas bahan baku tidak sesuai spesifikasi, hal tersebut terjadi karena kecacatan bahan baku dari *supplier*. Faktor metode, cacat *cup* penyok disebabkan oleh penumpukan produk melebihi 5 dus karena tidak ada SOP penyimpanan produk.

Selain mencari akar permasalahan penyebab cacat produk, dicari juga akar permasalahan penyebab limbah air dan *cup* yang tidak terpakai. Penyebab adanya limbah disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah: faktor manusia, yaitu tidak steril saat masuk ruang produksi sehingga pada saat proses produksi berlangsung, air dapat terkontaminasi oleh debu atau kotoran yang dibawa pekerja hal tersebut disebabkan karena kurang disiplin untuk mematuhi peraturan yang telah ditetapkan perusahaan. Pada faktor material, limbah disebabkan karena bibir *cup* yang tidak rata sehingga saat proses pengepressan tidak berjalan optimal dan menyebabkan cacat produk, hal tersebut disebabkan oleh kualitas *cup* dari *supplier* kurang baik. Selain itu, *lid* tidak sesuai standar akibat kualitas *lid* dari

supplier kurang baik juga menjadi penyebab adanya limbah. Hal tersebut dikarenakan *lid* yang tipis memiliki potensi yang besar mengalami kebocoran yang nantinya akan menghasilkan produk yang cacat. Pada faktor mesin, disebabkan oleh usia mesin lebih dari 10 tahun yang disebabkan belum memperbaharui mesin, selain itu juga yang menjadi penyebab adanya limbah yaitu bucket cacat karena bumer memperbaiki bucket. Kedua penyebab tersebut dapat menghasilkan limbah karena dengan menggunakan mesin yang usianya lebih dari 10 tahun banyak komponen yang harus diperhatikan dengan serius seperti *sensor heater*, *seal disk*, dan sebagainya. Selain itu, *bucket* cacat juga mengakibatkan proses produksi tidak berjalan optimal karena *cup* tidak tertahan oleh *bucket* saat proses pengepressan sehingga produk yang dihasilkan dapat mengalami cacat sehingga menimbulkan limbah. Pada faktor metode, limbah disebabkan oleh operator memproduksi saat *heater* belum stabil karena belum memperbaharui SOP produksi sehingga proses produksi tidak berjalan sebagaimana mestinya dan mengakibatkan produk yang dihasilkan menjadi cacat dan berdampak pada timbulnya limbah air dan *cup*.

5.3.2 Analisa Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA (*failure mode and effect analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas (Hanif, dkk, 2015).

Penggunaan metode FMEA karena metode ini dapat menganalisa mulai dari jenis kegagalan, efek kegagalan dan mengetahui nilai resikoatas terjadinya kegagalan tersebut berdasarkan frekuensi terjadinya kegagalan, seberapa serius kondisi yang diakibatkan oleh kegagalan tersebut, dan seberapa mungkin lolosnya penyebab kegagalan dari kontrol yang dipasang. Dalam rangka menganalisa dari *mode* kegagalan yang terjadi, perlu dipahami beberapa terminologi yang berhubungan dengan penggunaan FMEA (Arviana, 2016). Pengisian nilai *occurrence*, *severity*, dan *detection* dari *mode* kegagalan dilakukan oleh empat orang responden, bobot pengisian dari skala 1 sampai 10.

Occurrence merupakan seberapa sering penyebab kegagalan spesifik dari suatu proyek tersebut akan terjadi. *Severity* merupakan seberapa serius kondisi yang diakibatkan jika terjadi kegagalan. *Detection* merupakan tingkat kemungkinan lolosnya penyebab dari kegagalan dari kontrol yang dipasang (terdeteksi atau tidaknya kegagalan tersebut).

Setelah penilaian *occurrence*, *severity*, dan *detection* didapatkan, maka dilakukan perhitungan RPN dengan mengalikan setiap bobot dari nilai *occurrence*, *severity*, dan *detection*. Angka RPN berkisar dari 1 sampai 1000, dimana semakin tinggi nilai RPN, maka proses semakin berisiko untuk menghasilkan produk dengan spesifikasi yang diinginkan. Tingkat prioritas yang didahulukan untuk perbaikan disusun dari nilai RPN tertinggi hingga terendah.

Pada Tabel 20, didapatkan hasil pada *mode* kegagalan terjadinya *bucket* cacat karena belum dilakukan perbaikan *bucket*, nilai RPN yang diperoleh sebesar 180. *Mode* kegagalan terjadinya *seal disk* kotor karena tidak ada *checklist maintenance* per minggu, nilai RPN yang diperoleh sebesar 162. *Mode* kegagalan terjadinya *lid* tidak sesuai standar karena kualitas *lid* dari *supplier* kurang baik, nilai RPN yang diperoleh sebesar 162. *Mode* kegagalan terjadinya pekerja kurang teliti karena adanya lembur, nilai RPN yang diperoleh sebesar 140. *Mode* kegagalan terjadinya bibir *cup* tidak rata karena kualitas *cup* dari *supplier* kurang baik, nilai RPN yang diperoleh sebesar 112. *Mode* kegagalan terjadinya pekerja kurang disiplin karena tidak ada SOP pemindahan material, nilai RPN yang diperoleh sebesar 108. *Mode* kegagalan terjadinya *printing lid* miring karena kualitas bahan baku dari *supplier* kurang baik, nilai RPN yang diperoleh sebesar 108. *Mode* kegagalan terjadinya penumpukan produk melebihi 5 dus karena tidak ada SOP penyimpanan produk, nilai RPN yang diperoleh sebesar 96. *Mode* kegagalan terjadinya tidak mengecek secara berkala *setting-an center roll lid* karena operator tidak fokus dengan nilai RPN yang diperoleh sebesar 96.

Mode kegagalan terjadinya baut pengencang *roll lid* aus karena tidak ada *checklist maintenance* per bulan, nilai RPN yang diperoleh sebesar 84. *Mode* kegagalan terjadinya kualitas bahan baku tidak sesuai spesifikasi karena kecacatan bahan baku dari *supplier*, nilai RPN yang diperoleh sebesar 84. *Mode* kegagalan

terjadinya usia mesin lebih dari 10 tahun karena belum memperbaharui mesin, nilai RPN yang diperoleh sebesar 81. *Mode* kegagalan terjadinya pengaturan sensor *error* karena tidak ada *checklist maintenance* per bulan, nilai RPN yang diperoleh sebesar 80. *Mode* kegagalan terjadinya operator memproduksi saat *heater* belum stabil karena belum memperbaharui SOP produksi, nilai RPN yang diperoleh sebesar 72. *Mode* kegagalan terjadinya *heater* terlalu panas karena tidak ada *checklist maintenance* per bulan, nilai RPN yang diperoleh sebesar 56. *Mode* kegagalan terjadinya pengaturan *belt* rem kurang tepat karena tidak ada SOP pengaturan *belt* rem, nilai RPN yang diperoleh sebesar 54. *Mode* kegagalan terjadinya *heater* kurang panas karena tidak ada *checklist maintenance* per bulan, nilai RPN yang diperoleh sebesar 42. *Mode* kegagalan terjadinya operator tidak terampil karena kurang *training* dengan nilai RPN yang diperoleh sebesar 42. Perbaikan yang diutamakan yaitu yang memiliki nilai RPN tertinggi, namun pada penelitian ini semua *mode* kegagalan diberikan usulan perbaikan.

Pada Tabel 21, diketahui penyebab limbah air dan *cup*, yaitu pada *mode* kegagalan terjadinya *bucket* cacat karena belum dilakukan perbaikan *bucket*, nilai RPN yang diperoleh sebesar 180. *Mode* kegagalan terjadinya *lid* tidak sesuai standar karena kualitas *lid* dari *supplier* kurang baik, nilai RPN yang diperoleh sebesar 162. *Mode* kegagalan terjadinya pekerja tidak steril saat masuk ruang produksi karena pekerja kurang disiplin, nilai RPN yang diperoleh sebesar 140. *Mode* kegagalan terjadinya bibir *cup* tidak rata karena kualitas *cup* dari *supplier* kurang baik, nilai RPN yang diperoleh sebesar 112. *Mode* kegagalan terjadinya usia mesin lebih dari 10 tahun karena belum memperbaharui mesin, nilai RPN yang diperoleh sebesar 81. *Mode* kegagalan terjadinya operator memproduksi saat *heater* belum stabil karena belum memperbaharui SOP produksi, nilai RPN yang diperoleh sebesar 72.

5.4 Analisa Tahap Improve

Tahap *improve* merupakan langkah operasional keempat dalam program peningkatan kualitas *six sigma* yang merupakan tahap rancangan usulan perbaikan untuk kemudian diimplementasikan pada perusahaan. Penelitian ini menggunakan

pendekatan *action planning* FMEA untuk perbaikan pada produk cacat AMDK *cup* 240 ml. Perbaikan pada efisiensi aliran proses produksi dilakukan dengan cara mengeleminasi dan mereduksi aktivitas yang termasuk pemborosan dan tidak memiliki nilai tambah, selanjutnya untuk mengetahui *lead time* dan efisiensi proses produksi setelah dilakukan perbaikan maka dibuatlah usulan *future state value stream mapping*.

Action planning FMEA merupakan tahap lanjutan dari *failure mode and effect analysis* yang digunakan sebagai tahap perbaikan. Pada proses FMEA telah didapatkan *ranking* dari hasil pengurutan nilai RPN berdasarkan prioritas. Hal tersebut dilakukan agar perbaikan dimulai dari jenis kegagalan dengan nilai tertinggi terlebih dahulu. Usulan perbaikan tidak hanya diberikan pada nilai di atas 100, tetapi semua jenis kegagalan yang sudah teridentifikasi tetap diberikan usulan perbaikan sebagai bahan pertimbangan untuk perusahaan.

Mode kegagalan peringkat 1 yaitu *bucket* cacat yang disebabkan belum ada perbaikan *bucket*, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memperbaiki *bucket* dan melakukan *maintenance*. *Mode* kegagalan peringkat 2,5 yaitu *seal disk* kotor yang disebabkan tidak ada *checklist maintenance* perminggu, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah membuat *checklist maintenance* per minggu, melakukan inspeksi kondisi *sealing* unit sebelum melakukan proses produksi, dan setiap satu minggu sekali mengamplas *sealing disk* yang permukaannya sudah tidak rata. *Mode* kegagalan peringkat 2,5 yaitu *lid* tidak sesuai standar (tipis) yang disebabkan oleh kualitas *lid* dari *supplier* kurang baik, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memeriksa kembali bahan baku yang datang dari *supplier*, dan melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai.

Mode kegagalan peringkat 4 yaitu pekerja kurang teliti yang disebabkan oleh adanya lembur, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memberikan waktu untuk istirahat kurang lebih 10 menit setiap jam-nya, memberikan pengawasan kepada pekerja, dan memberikan *training* (pembinaan) dan teguran agar lebih teliti. *Mode* kegagalan peringkat 5 yaitu bibir *cup* tidak rata yang disebabkan oleh kualitas *cup* dari *supplier* kurang baik, adapun usulan

perbaikan yang direkomendasikan adalah memeriksa kembali bahan baku baik saat datang dari *supplier* maupun sebelum proses produksi berlangsung, melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai, dan menyortir bahan baku yang kualitasnya kurang baik sebelum proses produksi. *Mode* kegagalan peringkat 6,5 yaitu pekerja kurang disiplin saat proses pemindahan material yang disebabkan oleh tidak ada SOP pemindahan material, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah membuat prosedur pemindahan material yang baik dan benar, meningkatkan pengawasan terhadap kinerja dan secara berkala melakukan *briefing* kepada pekerja bagian produksi dan operator, dan memberikan teguran kepada pekerja yang kurang disiplin.

Mode kegagalan peringkat 6,5 yaitu *printing lid* miring yang disebabkan oleh kualitas bahan baku dari *supplier* kurang baik, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memeriksa kembali bahan baku yang datang dari *supplier*, melakukan *complain* kepada *supplier*, dan melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai. *Mode* kegagalan peringkat 8,5 yaitu penumpukan produk melebihi 5 dus yang disebabkan oleh tidak ada SOP penyimpanan produk, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah membuat SOP penyimpanan produk yang baik dan benar, memberikan pengawasan kepada pekerja, dan memberikan teguran agar lebih disiplin. *Mode* kegagalan peringkat 8,5 yaitu tidak mengecek secara berkala *setting-an center roll lid* yang disebabkan oleh operator tidak fokus, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memberikan pengawasan kepada pekerja, dan memberikan teguran agar lebih disiplin.

Mode kegagalan peringkat 10,5 yaitu baut pengencang *roll lid aus* yang disebabkan oleh tidak ada *checklist maintenance* per bulan, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah membuat *checklist maintenance* per bulan, mengganti komponen jika *life time* sudah habis sesuai dengan ketentuan, memberi pelumas secara teratur, dan memberikan bimbingan (*training*) kepada operator agar tidak melakukan kesalahan. *Mode* kegagalan peringkat 10,5 yaitu kualitas bahan baku tidak sesuai spesifikasi yang disebabkan oleh kecacatan bahan baku dari *supplier*, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah

melakukan *complain* kepada *supplier*, memeriksa kembali bahan baku yang datang dari *supplier*, melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai, dan menyortir bahan baku yang kualitasnya kurang baik sebelum proses produksi. *Mode* kegagalan peringkat 12 yaitu usia mesin lebih dari 10 tahun yang disebabkan oleh belum memperbaharui mesin, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memperbaharui mesin dan melakukan *maintenance* sesuai waktu yang ditentukan. *Mode* kegagalan peringkat 13 yaitu pengaturan sensor *error* yang disebabkan oleh tidak ada *checklist maintenance* per bulan, membuat *checklist maintenance* per bulan, memeriksa kondisi mesin sebelum melakukan proses produksi, dan melakukan *maintenance* sesuai waktu yang ditentukan. *Mode* kegagalan peringkat 14 yaitu operator memproduksi saat *heater* belum stabil yang disebabkan oleh belum memperbaharui SOP produksi, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memperbaharui SOP produksi, memberikan pengawasan kepada pekerja, dan memberikan teguran agar lebih disiplin.

Mode kegagalan peringkat 15 yaitu *heater* terlalu panas yang disebabkan oleh tidak ada *checklist maintenance* per bulan, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah membuat *checklist maintenance* per bulan, memeriksa kondisi *sealing unit* sebelum melakukan proses produksi, memeriksa temperatur suhu sebelum proses produksi, dan melakukan *maintenance* sesuai waktu yang ditentukan. *Mode* kegagalan peringkat 16 yaitu pengaturan *belt rem* kurang tepat yang disebabkan oleh tidak ada SOP pengaturan *belt rem*, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah membuat SOP pengaturan *belt rem*, memberikan bimbingan (*training*) dan teguran kepada operator agar tidak melakukan kesalahan, dan melakukan inspeksi dan pengawasan secara intensif terhadap operator.

Mode kegagalan peringkat 17,5 yaitu *heater* kurang panas yang disebabkan oleh tidak ada *checklist maintenance* per bulan, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah membuat *checklist maintenance* per bulan, memeriksa kondisi *sealing unit* sebelum melakukan proses produksi, memeriksa temperatur suhu sebelum proses produksi, dan melakukan *maintenance* sesuai waktu yang

ditentukan. *Mode* kegagalan peringkat 17,5 yaitu operator tidak terampil yang disebabkan oleh kurang *training*, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memberikan *training* kepada operator baru maupun lama, dan melakukan inspeksi dan pengawasan secara intensif terhadap operator.

Selain memberika usulan untuk meminimasi cacat produk, dilakukan juga pemberian usulan untuk meminimasi limbah yang dihasilkan akibat cacat produk tersebut. Pada Tabel 21, diketahui penyebab limbah air dan *cup*. Pada *mode* kegagalan peringkat 1 yaitu *bucket* cacat karena belum dilakukan perbaikan *bucket*, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memperbaiki *bucket* dan melakukan *maintenance*. *Mode* kegagalan peringkat 2 yaitu *lid* tidak sesuai standar karena kualitas *lid* dari *supplier* kurang baik, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memeriksa kembali bahan baku yang datang dari *supplier*, dan melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai. *Mode* kegagalan peringkat 3 yaitu pekerja tidak steril saat masuk ruang produksi karena pekerja kurang disiplin, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memberikan pengawasan kepada pekerja dan memberikan teguran jika tidak mematuhi peraturan. *Mode* kegagalan peringkat 4 yaitu bibir *cup* tidak rata karena kualitas *cup* dari *supplier* kurang baik, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memeriksa kembali bahan baku baik saat datang dari *supplier* maupun sebelum proses produksi berlangsung, melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku yang sesuai, dan menyortir bahan baku yang kualitasnya kurang baik sebelum proses produksi. *Mode* kegagalan peringkat 5 yaitu usia mesin lebih dari 10 tahun karena belum memperbaharui mesin, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memperbaharui mesin dan melakukan *maintenance* sesuai waktu yang ditentukan. *Mode* kegagalan peringkat 6 yaitu operator memproduksi saat *heater* belum stabil karena belum memperbaharui SOP produksi, adapun usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah memperbaharui SOP produksi, memberikan pengawasan kepada pekerja, dan memberikan teguran agar lebih disiplin.

5.4.1 Analisa Usulan Perbaikan *Process Cycle Efficiency*

Perbaikan selanjutnya memfokuskan pada pengendalian proses produksi dengan memperbaiki *process cycle efficiency* produk AMDK *cup* 240 ml. Hal tersebut dilakukan dengan cara mereduksi waktu aktivitas dan menghilangkan beberapa aktivitas yang termasuk ke dalam pemborosan (*waste*), adapun waktu aktivitas yang direduksi yaitu pada jenis aktivitas transportasi, sedangkan aktivitas yang dihilangkan yaitu jenis aktivitas menunggu. Selanjutnya, membuat *future state value stream mapping* untuk mengetahui *process cycle efficiency* produk AMDK *cup* 240 ml setelah melakukan perbaikan.

Perbaikan *process cycle efficiency* aliran proses produksi AMDK *cup* 240 ml dilakukan dengan mereduksi waktu aktivitas transportasi yang termasuk ke dalam aktivitas NNVA dan menghilangkan aktivitas menunggu yang termasuk ke dalam aktivitas NVA. Menurut Siboro (2014), NNVA adalah semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu produk yang diproses. Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan namun dapat dijadikan lebih efektif dan efisien, sedangkan NVA adalah semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu produk yang di proses. Aktivitas ini bisa direduksi atau dihilangkan, karena aktivitas ini murni *waste* yang sangat merugikan.

Berdasarkan Tabel 24 diketahui bahwa terdapat aktivitas transportasi yang dieleminasi yaitu transportasi *cup* dan gulungan *lid* ke ruang produksi dengan cara transportasi *cup* dan gulungan *lid* langsung ke mesin, sehingga waktu aktivitas yang semula 30 detik menjadi 0 detik. Selain itu juga terdapat waktu aktivitas transportasi yang direduksi yaitu transportasi ke penyimpanan sementara dengan cara mendekatkan penyimpanan sementara dengan stasiun inspeksi, sehingga waktu aktivitas yang semula 10 detik menjadi 5 detik. Pada Tabel 25 diketahui bahwa terdapat aktivitas yang dieleminasi karena merupakan aktivitas yang termasuk *waste*, yaitu aktivitas menunggu dimana *cup* dan gulungan *lid* menunggu untuk diletakan di mesin oleh karena itu usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah langsung meletakkan *cup* dan gulungan *lid* di mesin, sehingga waktu aktivitas yang semula 30 detik menjadi 0 detik.

Setelah melakukan eliminasi aktivitas dan mereduksi waktu aktivitas dan digambarkan dalam *future state value stream mapping* didapatkan PCE usulan perbaikan sebesar 70,573%, sehingga PCE produk AMDK *cup* 240 ml mengalami kenaikan sebesar 1,979% dari kondisi awal yang digambarkan oleh *current state value stream mapping* sebesar 68,594%. Adanya usulan perbaikan pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml diharapkan dapat meminimasi *waste defect* yang terjadi, sehingga limbah hasil dari produk cacat juga dapat berkurang bahkan tidak menghasilkan limbah.

5.4.2 Analisa Usulan Penanganan Limbah

Sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan pada Pasal 5 UU Pengelolaan Lingkungan Hidup No.23 Th.1997, bahwa masyarakat berhak atas lingkungan hidup yang baik dan sehat. Untuk mendapatkan hak tersebut, pada pasal 6 dinyatakan bahwa masyarakat dan pengusaha berkewajiban untuk berpartisipasi dalam memelihara kelestarian fungsi lingkungan, mencegah dan menaggulangi pencemaran dan kerusakan lingkungan. Terkait dengan ketentuan tersebut, dalam UU NO. 18 Tahun 2008 secara eksplisit juga dinyatakan, bahwa setiap orang mempunyai hak dan kewajiban dalam pengelolaan sampah.

Berdasarkan undang-undang tersebut pihak perusahaan berkewajiban untuk memperhatikan lingkungan agar limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan sekitar. Hasil wawancara dengan pihak perusahaan, produk AMDK *cup* 240 ml yang cacat menghasilkan dampak adanya limbah cair dan limbah padat. Limbah cair yang dihasilkan akibat adanya cacat produk air minum ini berupa air hasil *reject* cacat produk yang ditampung kembali kemudian dibuang ke selokan, sedangkan limbah padat yang dihasilkan yaitu berupa limbah plastik *cup* yang sudah tidak bisa dipakai.

Limbah cair yang berupa air buangan akibat cacat produk merupakan air bersih karena air tersebut merupakan hasil pengolahan dengan sistem *reverse osmosis*. Menurut Ariyanti (2011) prinsip *reverse osmosis* ini dapat memisahkan air dari komponen-komponen yang tidak diinginkan dan dengan demikian akan didapatkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Oleh karena itu air yang

dibuang oleh perusahaan tidak membahayakan lingkungan. Meskipun air yang dibuang merupakan air bersih. Namun, perusahaan tetap perlu memperhatikan selokan tempat pembuangan air tersebut agar tidak menimbulkan dampak bagi lingkungan sekitar. Salah satu dampak yang perlu diperhatikan adalah munculnya sarang nyamuk yang dapat menyebabkan penyakit pada tubuh manusia.

Menurut Wuryanto (2009) *aedes aegypti* tidak hanya berkembangbiak di tempat penampungan air dalam rumah dan berisi air bersih, tetapi juga mampu berkembangbiak di luar rumah dan berisi air kotor seperti selokan dan sumur galian. Dimana jumlah jentik dan pupa yang ditemukan tidak jauh berbeda dari yang ditemukan di tempat penampungan air bersih. Menurut Amelia (2014) tempat perindukan nyamuk sebaiknya ditiadakan dengan cara selalu menjaga kebersihan lingkungan. Secara rutin membersihkan selokan, tidak membiarkan sampah menumpuk, dan minimal seminggu sekali sebaiknya melakukan kegiatan membersihkan lingkungan dengan gotong royong. Hal ini juga merupakan upaya kegiatan pengendalian vektor nyamuk.

Oleh karena itu, sebaiknya perusahaan melakukan kegiatan gotong-royong untuk membersihkan lingkungan sekitar perusahaan yang sekiranya terdapat genangan air ataupun selokan yang dapat menjadi potensi munculnya sarang nyamuk atau serangga lain yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat.

Selain limbah cair, produk AMDK cup 240 ml yang cacat juga menghasilkan limbah padat berupa *cup* plastik. Limbah plastik memiliki masalah tersendiri setelah tidak dipakai lagi atau dibuang. Barang berbahan plastik tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air, tidak dapat berkarat dan tidak dapat untuk diuraikan (didegradasi) di dalam tanah yang pada akhirnya akan menyebabkan permasalahan bagi lingkungan. Limbah plastik yang ada saat ini pada umumnya dibuang tempat pembuangan akhir (TPA), dibakar atau beberapa diantaranya masih layak untuk didaur ulang (*recycle*). Namun demikian, proses tersebut masih belum dapat menyelesaikan semua permasalahan yang berkaitan dengan limbah plastik tersebut. Agar dapat menghilangkan sifat karsinogen dari pembakaran limbah plastik, maka limbah plastik tersebut dibakar pada suhu tinggi hingga 1000⁰C sehingga tidak ekonomis (Yana dan Badaruddin, 2017).

Konsep yang paling sederhana dalam penanggulangan limbah plastik yaitu dengan menggunakan pendekatan atau konsep 4 R (*Reduce, Reuse, Recovery dan Recycle*). *Reduce* yaitu dengan cara mengurangi material sehingga kuantitas limbah plastik dapat ditekan jumlahnya. *Reuse* yaitu menggunakan kembali bahan-bahan habis pakai dengan penanganan khusus seperti kemasan mineral *cup*, dan lainnya. *Recovery* yaitu mengambil kembali material limbah yang masih dapat digunakan. *Recycle* yaitu mendaur ulang limbah plastik yang dibuang untuk digunakan kembali, contohnya berbagai jenis limbah plastik yang dapat didaur ulang seperti jenis PP, PET, HDPE dan lainnya. Disamping itu, berbagai jenis limbah plastik dapat dikelola dengan pendekatan daur ulang yang tentunya selain mengendalikan keberadaan limbah plastik di lingkungan dan sekaligus memiliki nilai tambah bagi si pengelolanya (Yana dan Badaruddin, 2017).

PT Banyu Reverse Osmosis melakukan penanganan terhadap limbah *cup* kurang baik karena perusahaan ini tidak mengolah secara langsung limbah *cup* yang dihasilkan. Penanganan limbah yang dilakukan oleh perusahaan yaitu dengan cara mengumpulkan *cup* tersebut kemudian menjualnya kepada pemulung yang nantinya akan dikumpulkan di sebuah agen untuk diolah menjadi plastik cacah. Menurut Yana dan Badaruddin (2017), pengolahan limbah plastik yang paling sederhana namun memiliki nilai ekonomi bagi pengelolanya yaitu pengolahan limbah plastik menjadi plastik cacah, sedangkan menurut Marliani (2014), agar pengelolaan sampah berlangsung dengan baik dan mencapai tujuan yang diinginkan, maka setiap kegiatan pengelolaan sampah harus mengikuti filosofi pengelolaan sampah. Filosofi pengelolaan sampah adalah bahwa semakin sedikit dan semakin dekat sampah dikelola dari sumbernya, maka pengelolaannya akan menjadi lebih mudah dan baik, serta lingkungan yang terkena dampak juga semakin sedikit. Oleh karena itu, PT Banyu Reverse Osmosis perlu memperhatikan limbah yang dihasilkan dengan cara memperbaiki proses produksi agar dapat meminimalisir banyaknya jumlah *cup* plastik yang terbuang begitu saja akibat adanya cacat produk, sehingga apabila jumlah cacat produk berkurang maka jumlah limbah yang dihasilkan pun ikut berkurang serta dampak terhadap pencemaran lingkungan pun akan berkurang.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT Banyu Reverse Osmosis, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Waste* yang terjadi pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis yaitu *overproduction*, *waiting*, *unnecessary inventory*, *transportation*, *unnecessary process*, *unnecessary motion*, dan *defect*. *Waste defect* menjadi prioritas perbaikan karena memiliki nilai rata-rata terbesar.
2. Nilai DPMO rata-rata yang didapat yaitu sebesar 4133,920 dengan level *sigma* rata-rata sebesar 4,141.
3. Jenis cacat paling dominan adalah bocor *lid*, *lid* miring, dan *cup* penyok. Penyebab cacat bocor *lid* adalah belum adanya perbaikan *bucket* yang cacat. Cacat *lid* miring disebabkan oleh kualitas bahan baku dari *supplier* kurang baik, sedangkan penyebab cacat *cup* penyok adalah tidak ada SOP pemindahan material.
4. Limbah yang dihasilkan akibat adanya cacat produk air minum kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair sendiri berupa air yang dibuang ke selokan, sedangkan limbah padatnya berupa *cup* yang sudah tidak terpakai lagi.
5. Usulan perbaikan untuk memperbaiki proses produksi yang disarankan yaitu sebagai berikut:
 - a. Mengeliminasi aktivitas transportasi *cup* dan gulungan *lid* ke ruang produksi dengan cara transportasi *cup* dan gulungan *lid* langsung ke mesin, sehingga waktu aktivitas yang semula 30 detik menjadi 0 detik.
 - b. Mereduksi waktu aktivitas transportasi ke penyimpanan sementara dengan cara mendekatkan penyimpanan sementara dengan stasiun inspeksi, sehingga waktu aktivitas yang semula 10 detik menjadi 5 detik.

- c. Mengeliminasi aktivitas menunggu, dimana *cup* dan gulungan *lid* menunggu untuk diletakan di mesin oleh karena itu usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah langsung meletakkan *cup* dan gulungan *lid* di mesin, sehingga waktu aktivitas yang semula 30 detik menjadi 0 detik.

Process cycle efficiency mengalami peningkatan yang semula sebesar 68,594% menjadi 70,573%.

6. Usulan untuk meminimasi potensi kegagalan yaitu dilakukan dengan cara memperbaiki *bucket* dan melakukan *maintenance*, memeriksa kembali bahan baku dari *supplier*, melakukan *complain* kepada *supplier*, melakukan komunikasi terhadap *supplier* terkait spesifikasi bahan baku, membuat SOP pemindahan material, meningkatkan pengawasan terhadap kinerja karyawan, dan memberikan teguran kepada pekerja yang kurang disiplin.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang diberikan kepada perusahaan dan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya:

1. Sebaiknya perusahaan mempertimbangkan usulan perbaikan proses produksi AMDK *cup* 240 ml untuk diimplementasikan.
2. Pada penelitian selanjutnya, disarankan mengukur tingkat ekofisiensi dengan menggunakan *Life Cycle Assessment (LCA)*.
3. Pada penelitian selanjutnya, disarankan sampai pada tahap *control* untuk melihat peningkatan nilai *sigma*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Faisal. 2011. Perancangan Lean Production System dengan Pendekatan Cost Integrated Value Stream Mapping (Studi Kasus Pada Industri Otomotif). (*Skripsi*). Depok: Universitas Indonesia.
- Amaranti, Reni, Irianto, Drajad, dan Govindaraju, Rajesri. 2017. *Green Manufacturing: Kajian Literatur*. Bandung: Universitas Islam Bandung.
- Amrina, Elita dan Fajrah, Nofriani. 2015. Analisis Ketidaksesuaian Produk Air Minum Dalam Kemasan di PT Amanah Insanillahia. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Universitas Andalas, Vol 14 No 1: 99-115.
- Arifin, Miftachul dan Supriyanto, H. Hari. 2012. Aplikasi Metode *Lean Six Sigma* Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Studi Kasus: Departemen GLS (*General Lighting Services*) PT Philips Lighting Surabaya. *Jurnal Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember* Vol 1.
- Dornfeld, D. A. 2014. Moving Towards Green and Sustainable Manufacturing. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 1(1), 63–66.
- Gultom, Sinurmaida., Sarma Sinaga, Tuti, dan Sinulingga, Sukaria. 2013. Studi Pengendalian Mutu Dengan Menggunakan Pendekatan Lean Six Sigma Pada PT. XYZ. *E-Jurnal Teknik Industri FT Usu* Vol 3, No. 2: 23-30.
- Gunawan, Clara Valentina. 2016. Analisis Kinerja Proses Dan Identifikasi Cacat Dominan Pada Pembuatan Bag Dengan Metode Statistical Proses Control (Studi Kasus: Pabrik Alat Kesehatan PT.XYZ, Serang, Banten). *Jurnal Teknik Industri, Vol. XI, No. 1*.
- Hanif, R.Y. Rukmi, H.S dan Susanty, Susy. 2015. Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury Di PT. X Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. Vol.03 No.03.
- Hasan, Ali. 2016. Green Management System. *Jurnal Media Wisata*, Vol 14 No 1.
- Hines, P. and N. Rich., 1997. *The Seven Value Stream Mapping Tools*. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School, Cardiff, UK. *International Journal of Operation & Production Management*, Vol 17 No 1: 46-04.

- Hozairi, Achmad. 2017. Pemanfaatan Limbah Gelas Plastik Air Mineral Sebagai Bahan Ukir Bertema Kehidupan Anak Jalanan. *Jurnal Pendidikan Seni Rupa*, Universitas Negeri Surabaya, Vol 05 No 01: 19–26.
- Hutahaean, Evelyn Raflesia. 2018. Reduksi Waste dan Perbaikan Kualitas Produk Air Minum dalam Kemasan (AMDK) dengan Pendekatan Lean Six Sigma dan Weighted Product. (*Skripsi*). Universitas Sumatera Utara.
- Krusanto. 2011. Penerapan Metode Lean Manufacturing Pada Proses Produksi Keramik Single Firing 40 X 40 cm Di PT. X Gresik. Universitas Pembangunan Nasional.
- Lestari, Ika Putriana. 2017. Analisis Strategi Bisnis Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) PT Dharma Guna Citra Bandar Lampung. (*Skripsi*). Bandar Lampung: Universitas Lampung
- Lisano, Noka dan Susanty, Aries. 2016. Analisa *Waste Waiting* pada Pembuatan Produk *Full Hard* dengan Menggunakan *Process Activity Mapping* pada *Plant Cold Rolling Mill*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Marliani, Novi. 2014. Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Sampah Anorganik) Sebagai Bentuk Implementasi Dari Pendidikan Lingkungan Hidup. Universitas Indraprasta.
- Ningsih, F. Nas, Sakdanur dan Syabus, H. 2016. Pengaruh Kualitas Produk dan Harga Terhadap Keputusan Pembelian Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Merek Aqua (Studi Pada Mahasiswa Program Studi Pendidikan Ekonomi Universitas Riau). Riau: Univeristas Riau
- Nugraha, P.C. Arina, Faula dan Ferdinant P.F. 2016. Usulan Efisiensi Pemakaian Energi Listrik dengan Pendekatan Green Lean Six Sigma dan Multi Attribute Failure Mode Analysis (Studi Kasus : Divisi Billet Steel Plant Di PT. XYZ. Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Nurfitriah. 2018. Analisis Pengendalian Mutu Produk Air Mineral Pada Ud. Jabal Nur Pangkep, Sulawesi Selatan. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Putri, Vanessa Aulia. 2017. Pengendalian Kualitas untuk Mereduksi Waste dengan Pendekatan Metode Lean Six Sigma pada PT. Sinar Utama Nusantara (SUN). (*Skripsi*). Universitas Sumatera Utara.
- Ratnasari, Sri. 2014. Studi Mengenai *Construction Waste* Pada Proyek Konstruksi di Surakarta. (*Skripsi*). Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Raymond, L. 2009. *A Sigma Approach to Energy Management*. USA: IBM Corporation.

- Ridwan, A., Ferdinant, P.F., dan Aldiandru, R. 2018. Perancangan Perbaikan *Lean Six Sigma* Dalam Proses Produksi Baja Tulangan Dengan Integrasi *Value Stream Mapping* Dan *Design Of Experiment*. *Journal Industial Service*, Vol 3 No 2.
- Rinawati, D.I. 2013. Pengelolaan Produksi Menggunakan Pendekatan Lean dan Green Untuk Menuju Industri Batik Yang Berkelanjutan (Studi Kasus Di UKM Batik Puspa Kencana), *Jurnal Teknik Industri*, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Vol VIII No 1: 43-50.
- Rimantho, Dino, dan Mariani, Desak Made. 2017. Penerapan Metode Six Sigma Pada Pengendalian Kualitas Air Baku Pada Produksi Makanan. *Jurnal Teknik Industri*, Vol.16: 1-12.
- Sangwan, K. S., & Mittal, V. K. 2015. A bibliometric analysis of green manufacturing and similar frameworks. *Management of Environmental Quality: An International Journal*,26(4), 566–587.
- Satriyo, Bimo dan Puspitasari, Diana. 2016. Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* Untuk Meminimumkan Cacat Pada *Crank Bed* Di Lini *Painting* PT. Sarandi Karya Nugraha. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sanny, A.F., Mustafid, Dan Hoyyi, A. 2015. Implementasi Metode *Lean Six Sigma* Sebagai Upaya Meminimalisasi Cacat Produk Kemasan Cup Air Mineral 240 Ml (Studi Kasus Perusahaan Air Minum). *Jurnal Gaussian*, Universitas Diponegoro, Vol 4 No 2: 227 – 236.
- Siboro, Y. R. 2014. Usulan Perbaikan Proses Produksi IWF 200 dengan Metode Lean Six Sigma di Section Mill Plant PT XYZ. (*Skripsi*). Cilegon: Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Soedarmadji, W., & Siswanto, E. 2015. Penerapan Konsep Green Manufacturing Pada Botol Minuman Kemasan Plastik. *JEMIS*, 3(2), 76–81.
- Syamsul, Muharti. 2010. Studi Tentang Kualitas Fisik Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Sebelum Dan Sesudah Terpapar Oleh Cahaya Matahari di Kota Makassar. (*Skripsi*). Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
- Winati, F.D. Anugerah, A.R dan Purnama, D.A. 2017. Desain Lean Production Dengan Aspek Sustainability dan Logika Fuzzy pada Value Stream Analysis Tools. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Universitas Islam Indonesia.
- Yana, Syaifuddin dan Badaruddin. 2017. Pengelolaan Limbah Plastik Sebagai Upaya Pengurangan Pencemaran Lingkungan Melalui Transformasi Yang

Memiliki Nilai Tambah Ekonomi. *Serambi Engineering*, Universitas Serambi Mekkah, Vol II, No 4.

Zaldianti, Eko. 2013. Perbaikan Kualitas Pada Proses Produksi Roti Dengan Menggunakan Metode Six Sigma. (*Skripsi*). Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.





LAMPIRAN

Lampiran 1. Harga Pokok Produksi AMDK Cup 240 ml

PT BANYU REVERSE OSMOSIS PERHITUNGAN HARGA POKOK PRODUKSI PERIODE 1 BULAN		
BIAYA BAHAN BAKU LANGSUNG		
Cup	Rp. 99,96	
Lid	Rp. 27,50	
Sedotan	Rp. 6,67	
Dus	Rp. 58,00	
Air	Rp. 0	
BIAYA BAHAN BAKU		Rp. 192
BIAYA TENAGA KERJA		Rp. xxx
BIAYA UMUM PABRIK		
Upah pekerja tak langsung	Rp xxx	
Listrik	Rp xxx	
Pemeliharaan mesin	Rp xxx	
Penyusutan	Rp xxx	
Lain-lain	Rp xxx	
TOTAL		Rp 30,46
JUMLAH BIAYA PRODUKSI		Rp 222,46
HARGA POKOK PRODUKSI		Rp 222,46

Lampiran 2. Kuesioner Penelitian

KUESIONER PENELITIAN *SEVEN WASTE*

Responden Yth,

Kuesioner ini dibuat dalam rangka menunjang penelitian Tugas Akhir tentang *Green Lean Six Sigma*. Saya Dewi Destryna Juno mahasiswa dari Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, sedang melakukan penelitian tentang *Green Lean Six Sigma* di PT Banyu Reverse Osmosis.

Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui seberapa sering terjadinya kategori *waste* atau pemborosan pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis yang selanjutnya setelah didapatkan penilaian *waste* akan dilakukan perhitungan *value stream mapping tools* untuk menentukan *detailed mapping tools*.

Waste dalam *lean manufacturing* dibagi mejadi 7 (*seven waste*) yaitu *overproduction, waiting, transportation, unnecessary proces, unnecessary inventory, unnecessary motion, dan defects*.

Demi kelancaran dan kesuksesan dalam penelitian ini, saya mengharapkan ketersediaan Ibu/ Bapak untuk mengisi kuesioner *seven waste* sesuai dengan kondisi sebenarnya pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis. Atas kerjasama dan partisipasi saya ucapkan terima kasih.

I. Identitas Responden

Nama :
Jenis Kelamin :
Jabatan :

II. Petunjuk Pengisian

Berikut ini merupakan petunjuk pengisian kuesioner dalam pengisian kuesioner mengenai *waste* yang terdapat pada proses produksi air minum dalam kemasan *cup* 240 ml di PT Banyu Reverse Osmosis:

Jenis Waste	Pembobotan
1. <i>Overproduction</i>	<p>0 = tidak terjadi <i>overproduction</i></p> <p>1 = <i>overproduction</i> memakan tempat (<i>space utilization</i>) tapi belum mengganggu <i>flow process</i></p> <p>2 = <i>overproduction</i> memakan tempat yang sudah mulai mengganggu <i>flow process</i></p> <p>3 = <i>overproduction</i> mulai meimbulkan <i>inventory</i> yang memakan tempat yang mengganggu <i>flow process</i> dan meningkatkan <i>inventory cost</i></p> <p>4 = <i>overproduction</i> memakan terlalu banyak bahan baku yang mengakibatkan terganggunya <i>flow process</i> produksi berikutnya</p> <p>5 = <i>overproduction</i> menimbulkan kerusakan barang akibat barang terlalu lama di gudang penyimpanan</p>
2. <i>Waiting</i>	<p>0 = tidak terjadi <i>waiting</i> selama proses produksi</p> <p>1 = terdapat <i>waiting</i> namun belum mengganggu proses produksi</p> <p>2 = <i>waiting</i> yang terjadi mulai menyebabkan potensi bertambahnya <i>lead time</i> produksi</p> <p>3 = <i>waiting</i> menyebabkan <i>poor workflow continuity</i> yang memperpanjang <i>lead time</i> produksi</p> <p>4 = <i>waiting</i> yang terjadi menyebabkan <i>poor workflow and material flow</i> pada proses produksi dan berpotensi timbulnya keterlambatan pengiriman</p> <p>5 = <i>waiting</i> menyebabkan keterlambatan pengiriman produk</p>
3. <i>Transportation</i>	<p>0 = tidak terjadi transportasi berlebih</p> <p>1 = terjadi transportasi berlebih namun belum mengganggu proses produksi</p> <p>2 = transportasi berlebih mengakibatkan kualitas komunikasi yang buruk (<i>poor communication</i>) antar bagian</p> <p>3 = transportasi berlebih mengakibatkan konsumsi <i>floor space</i> yang lebih banyak</p> <p>4 = meningkatkan waktu <i>work in progress</i> yang mengakibatkan bertambahnya <i>lead time</i> produksi</p> <p>5 = menimbulkan potensi kerusakan pada produk</p>
4. <i>Unnecessary Processing</i>	<p>0 = tidak terjadi <i>unnecessary processing</i></p> <p>1 = pengerjaan yang dilakukan berada di bawah atau di atas spesifikasi yang dibutuhkan namun efeknya tidak signifikan pada hasil <i>processing</i></p> <p>2 = pengerjaan yang dilakukan berada di bawah atau di atas spesifikasi yang dibutuhkan dan menimbulkan efek yang signifikan pada hasil <i>processing</i></p> <p>3 = <i>It consumes resource</i> - mengakibatkan konsumsi bahan baku yang lebih banyak</p> <p>4 = <i>It increases production time</i> – mengakibatkan bertambahnya waktu produksi sehingga memperpanjang <i>lead time</i></p> <p>5 = <i>unnecessary processing</i> menimbulkan <i>defect</i> atau menimbulkan kerusakan pada mesin produksi dan berpotensi menimbulkan bahaya pada manusia</p>
5. <i>Unnecessary Inventory</i>	<p>0 = tidak terjadi <i>unnecessary inventory</i></p> <p>1 = terdapat <i>inventory</i> yang tidak perlu namun belum mengganggu proses produksi dan tidak membutuhkan <i>extra inventory cost</i></p>

	<p>2 = menimbulkan <i>extra resource to manage</i>.</p> <p>3 = <i>inventory</i> yang tidak perlu mulai mengganggu proses produksi</p> <p>4 = membutuhkan <i>extra storage space</i> dan menimbulkan potensi kerusakan barang</p> <p>5 = membutuhkan <i>extra storage space</i> dan menimbulkan kerusakan barang yang tidak diketahui karena banyaknya <i>inventory</i>.</p>
6. <i>Unnecessary Motion</i>	<p>0 = tidak terdapat <i>unnecessary motion</i></p> <p>1 = terdapat pergerakan yang tidak perlu namun belum mengganggu proses produksi</p> <p>2 = terdapat pergerakan-pergerakan yang menyela <i>production flow</i></p> <p>3 = terdapat pergerakan-pergerakan yang menyela <i>production flow</i> dan berpotensi memperpanjang <i>lead time</i> produksi</p> <p>4 = <i>unnecessary motion</i> memperpanjang <i>lead time</i> dan mengurangi produktivitas pekerja</p> <p>5 = berpotensi menimbulkan cedera pada manusia</p>
7. <i>Defect</i>	<p>0 = tidak terjadi <i>defect</i></p> <p>1 = <i>defect</i> terjadi di <i>own process step</i> yang mengakibatkan <i>minor rework</i></p> <p>2 = <i>defect</i> terjadi di <i>next process step</i> yang mengakibatkan <i>minor delay</i></p> <p>3 = <i>defect</i> terjadi di <i>later process step</i> yang membutuhkan <i>rework</i> atau berpotensi menimbulkan <i>reschedule</i></p> <p>4 = <i>defect</i> terjadi saat sebelum sampai ke <i>customer</i> atau <i>defect</i> yang membutuhkan <i>significant rework</i>, mengakibatkan keterlambatan pengiriman, dan membutuhkan <i>additional inspection</i></p> <p>5 = <i>defect</i> ditemukan oleh <i>customer</i>. Menimbulkan <i>warranty cost</i>, <i>admin cost</i>, dan berkurangnya reputasi.</p>

III. Lembar Kuesioner

Isilah kuesioner sesuai dengan petunjuk pengisian.

No.	Jenis Waste	Score
1.	<i>Overproduction</i>	
2.	<i>Waiting</i>	
3.	<i>Transportation</i>	
4.	<i>Unnecessary Processing</i>	
5.	<i>Unnecessary Inventory</i>	
6.	<i>Unnecessary Motion</i>	
7.	<i>Defect</i>	
Total		

Serang.....
