

**ANALISIS PENERAPAN *SIX SIGMA* UNTUK MENGURANGI
KEBOCORAN AKIBAT *DEFECT OF TOP SEAL* PADA PROSES
FILLING PRODUKSI SUSU GREENFIELDS
(STUDI KASUS DI PT GREENFIELDS INDONESIA)**

**SKRIPSI
KONSENTRASI PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**AGUNG SETYABUDI
NIM. 0610620013-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2011**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PENERAPAN *SIX SIGMA* UNTUK MENGURANGI KEBOCORAN AKIBAT *DEFECT OF TOP SEAL* PADA PROSES *FILLING* PRODUKSI SUSU GREENFIELDS (STUDI KASUS DI PT GREENFIELDS INDONESIA)

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:
AGUNG SETYABUDI
NIM. 0610620013-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng., Dr.Eng
NIP. 19750710 199903 1 004

Sugiarto, ST., MT.
NIP. 19690417 199512 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENERAPAN *SIX SIGMA* UNTUK MENGURANGI KEBOCORAN AKIBAT *DEFECT OF TOP SEAL* PADA PROSES *FILLING* PRODUKSI SUSU GREENFIELDS (STUDI KASUS DI PT GREENFIELDS INDONESIA)

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Disusun oleh :

AGUNG SETYABUDI
NIM. 0610620013-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan **lulus** pada
Tanggal 17 Nopember 2011

DOSEN PENGUJI

Skripsi I

Skripsi II

Purnami, ST., MT.
NIP. 19770707 200812 1 005

Ir. Djoko Sutikno, M.Eng
NIP. 19541009 198303 1 002

Komprehensif

Putu Hadi Setyarini, ST., MT.
NIP. 19770806 200312 2 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat dan karunia yang telah diberikan, juga *shalawat* dan salam penulis tujukan kepada Nabi Besar Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Penerapan Six Sigma Untuk Mengurangi Kebocoran Akibat Defect Of Top Seal Pada Proses Filling Produksi Susu Greenfields**”

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung atau tidak langsung membantu menyelesaikan skripsi ini dengan baik :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Mesin
2. Bapak Dr.Eng Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc., CSE, selaku Ketua Kelompok Pengajar Konsentrasi Produksi Jurusan Mesin.
4. Bapak Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng., Dr. Eng selaku dosen pembimbing pertama yang banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang membangun bagi penulis.
5. Bapak Sugiarto, ST., MT., selaku dosen pembimbing kedua yang banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang membangun bagi penulis
6. Bapak Fajar selaku pembimbing di PT. Greenfields Indonesia yang telah berkenan berbagi ilmu dan waktunya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Mas Adi selaku pengarah di PT. Greenfields Indonesia yang banyak membantu memberikan data yang penulis butuhkan selama penelitian disana.
8. Bapak Syamsul Qomar, Ibu Oenik Kamadiati, serta keluarga di Probolinggo yang telah memberikan dukungan moril dan materiil, serta nasehat yang sangat berarti sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Bang Ben terima kasih atas bantuannya selama ini.

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis selama ini.

Penulis menyadari bahwa ilmu yang dimiliki masih jauh dari kesempurnaan, begitu pula dengan skripsi ini. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna penyusunan karya ilmiah yang lebih baik lagi.

Malang, November 2011

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2. Definisi <i>Six Sigma</i>	4
2.3. Konsep <i>Six Sigma</i>	6
2.3.1. Filosofi <i>Six Sigma</i>	6
2.3.2. <i>Manufacturing Six Sigma</i>	6
2.3.3. <i>Six Sigma</i> Sebagai Metode.....	6
2.3.4. Proses DMAIC.....	7
2.3.4.1. Tahap <i>Define</i>	7
2.3.4.2. Tahap <i>Measure</i>	10
a. Tes Kecukupan Data	11
b. Penghitungan DPMO	11
c. Peta Kontrol.....	12
d. Jenis Data	13
2.3.4.3. Tahap <i>Analyze</i>	13
2.3.4.4. Tahap <i>Improve</i>	14
2.3.4.5. Tahap <i>Control</i>	15
2.4. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	15
2.5. Macam-Macam <i>Defect</i> Pada Proses <i>Filling</i>	21

2.6. Proses <i>Filling</i>	23
2.6.1. Mesin A1 Fino	25
2.6.2. Mesin TBA 8	27
2.6.3. Mesin TR 7	28
2.7. Alat Pengolah Data Statistik	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Metode Penelitian	31
3.2. Metode Pengumpulan Data	31
3.3. Fasilitas Pengumpulan Data	32
3.4. Waktu dan Tempat	32
3.5. Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Tahap <i>Define</i>	36
4.1.1. Mendefinisikan Peta Proses	36
4.1.2. Tahapan Proses Produksi	36
4.1.3. Analisis Pareto	38
4.2. Tahap <i>Measure</i>	39
4.2.1. Identifikasi CTQ	39
4.2.2. <i>Defect</i> Atribut Kebocoran <i>Top Seal</i>	40
4.2.3. Penghitungan DPMO dan Nilai <i>Sigma</i>	45
4.3. Tahap <i>Analyze</i>	45
4.3.1. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) resiko aktual ...	45
4.3.2. Diagram Sebab Akibat	51
4.4. Tahap <i>Improve</i>	53
4.4.1 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) perbaikan	54
BAB V PENUTUP	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Data <i>Defect</i> Greenfields bulan Januari-Mei 2011	1
Tabel 2.1	Perbandingan Level <i>Sigma</i>	5
Tabel 2.2	Nilai Normal Standar untuk Beberapa Tingkat Kepercayaan	11
Tabel 2.3	Hubungan <i>Sigma</i> dan DPMO	11
Tabel 2.4	Contoh Model Tabel FMEA untuk Resiko Aktual	16
Tabel 2.5	Kriteria Evaluasi & Sistem Peringkat <i>Severity of Effect</i> FMEA	17
Tabel 2.6	<i>Automotive Industry Action Group</i> (AIAG) <i>Occurrence Rating</i>	18
Tabel 2.7	<i>Automotive Industry Action Group</i> (AIAG) <i>Detection Rating</i>	19
Tabel 2.8	Contoh Model Tabel FMEA untuk Tindakan Resiko	20
Tabel 4.1	Data <i>Defect</i> Produk Selama Tahun 2009 – 2011	38
Tabel 4.2	<i>Defect</i> Atribut Produk Susu Greenfields	38
Tabel 4.3	CTQ Proyek dan Proyek dari <i>Voice of Customer</i>	40
Tabel 4.4	Data Kebocoran akibat <i>Defect of Top Seal</i>	40
Tabel 4.5	Penghitungan (LCL) dan (UCL) P Chart	42
Tabel 4.6	Penghitungan (LCL) dan (UCL) NP Chart	44
Tabel 4.7	Tabel FMEA Resiko Aktual	49
Tabel 4.8	Tabel FMEA Perbaikan	54

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Foto Uji <i>Defect Of Top Seal</i>	2
Gambar 2.1	Mengendalikan <i>input</i> untuk mengendalikan <i>output</i>	7
Gambar 2.2	Diagram Sebab Akibat	14
Gambar 2.3	Uji <i>Defect of Top Seal</i>	21
Gambar 2.4	<i>Defect of TS Blocked</i>	22
Gambar 2.5	<i>Defect Of LS</i>	22
Gambar 2.6	Mesin A1	26
Gambar 2.7	Mesin TBA 8	28
Gambar 2.8	Mesin TR 7 <i>Filling Machine</i>	29
Gambar 3.1	Diagram Alir yang digunakan Penelitian	34
Gambar 4.1	Peta Proses <i>Filling</i> Produksi Susu Greenfields	36
Gambar 4.2	Diagram Pareto untuk produk cacat atribut	39
Gambar 4.3	Diagram <i>p-chart</i> untuk produk cacat atribut	43
Gambar 4.4	Diagram <i>Np chart</i> untuk produk cacat atribut	44
Gambar 4.5	Diagram Sebab Akibat Kebocoran karena <i>Defect Of Top Seal</i>	51

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	
Lampiran 1.	Foto Produk Susu Greenfields.....	64
Lampiran 2.	Foto Uji <i>Defect of Top Seal</i>	66
Lampiran 3.	Konversi Nilai DPMO ke Nilai <i>Sigma</i>	68



DAFTAR SIMBOL

Besaran dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Gaya	Kilogram <i>force</i> atau kgf	F
Luas penampang	Milimeter persegi atau mm^2	A
Kekuatan impak	Kilogram milimeter per milimeter persegi ($\text{kg}\cdot\text{mm}/\text{mm}^2$)	E
Densitas	Gram per centimeter kubik (g/cm^3)	ρ
Massa	Kilogram	m
Volume	Meter kubik (m^3)	V
Putaran	Radius per menit atau rpm	n
Sudut	Derajat atau $^\circ$	α
Waktu	Menit atau m	t
Interval penduga		μ
Jumlah variasi		k
Jumlah pengulangan		n
Jumlah data yang diambil		N
Standar deviasi		δ

RINGKASAN

AGUNG SETYABUDI, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2011, *Analisis Penerapan Six Sigma Untuk Mengurangi Kebocoran Akibat Defect Of Top Seal Pada Proses Filling Produksi Susu Greenfields di PT. Geenfields Indonesia*, Dosen Pembimbing: Yudy Surya Irawan dan Sugiarto.

PT. Greenfields Indonesia merupakan salah satu perusahaan penghasil susu yang sudah menerapkan *quality control* yang ketat dalam setiap proses produksinya. Namun, sejauh ini masih terdapat *defect* dari proses produksi yang dilakukan terutama pada proses *filling*. *Defect* yang paling kritis pada proses ini adalah kebocoran akibat *defect of Top Seal*. Prosentase *defect of Top Seal* ini adalah 61,3 % dari total *defect* yang terjadi sejumlah 1.428 *pack* dengan total produk yang dihasilkan sejumlah 28.392 *pack*. Maka dalam proses tersebut perlu dianalisis sebagai upaya perbaikan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab kebocoran akibat *defect of Top Seal* dengan menggunakan analisis penerapan *Six Sigma* dan untuk mengetahui faktor yang dominan penyebab *defect* tersebut pada proses *filling* produksi susu Greenfields di PT. Greenfields Indonesia.

Six sigma merupakan suatu metode yang mengaplikasikan suatu pendekatan yang terstruktur dan sistematis dengan *improvement* melalui tahap DMAIC yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*. Pada penelitian ini penerapan *six sigma* dibatasi hanya sampai proses rancangan *Improve* dan obyek yang diteliti adalah produk susu Greenfields jenis ESL. Tahap pertama yang dilakukan adalah mendefinisikan peta proses dan melakukan analisis Pareto terhadap *defect* yang terjadi (*Define*). Tahap kedua adalah mengidentifikasi *CTQ* dan mengukur level *sigma* (*Measure*). Tahap ketiga adalah menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya *defect* tersebut menggunakan tabel FMEA resiko aktual dan *Fishbone* diagram (*Analyze*). Tahap keempat adalah merancang perbaikan proses dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengurangi *defect* produk (*Improve*).

Setelah dilakukan pengolahan data didapat nilai DPMO sebesar 30.853,76 yang dapat diartikan bahwa dalam satu juta kesempatan akan terdapat 30.853,76 kemungkinan produk yang dihasilkan mengalami kecacatan. Setelah dikonversi ke dalam tabel konversi DPMO, didapatkan nilai *sigma* sebesar 3,37. Produk cacat dari hasil produksi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya faktor mesin, faktor material dan faktor lingkungan. Dari ketiga faktor tersebut setelah dianalisa menggunakan tabel FMEA didapatkan urutan penyebab kebocoran akibat *defect of Top Seal* yang dominan yaitu: 1) Area *seal* basah; 2) Susu yang membasahi area *seal*; 3) *Pressure* pada *Top Squeezer* tidak sesuai; 4) Panas yang tidak merata pada *Top Squeezer*; 5) Suhu ruangan yang lembab; 6) Paper lembab; 7) *Water cooler* yang terlalu panas.

Kata Kunci : *six sigma, filling, defect of top seal, DMAIC, FMEA, fishbone* diagram.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerapan *Six Sigma* banyak digunakan untuk membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas produksi dengan peluang kegagalan tidak melebihi 3,4 per juta kesempatan (*defect per million opportunities*) dan meningkatkan pelayanan sehingga akan menghemat biaya produksi. *Six Sigma* melibatkan usaha dalam jangka waktu yang panjang atau terus menerus untuk mengurangi cacat dari proses ke tingkat minimum, sehingga secara layak dapat memenuhi atau melebihi harapan dan persyaratan *customer*. Tingkat kesalahan yang rendah dari suatu proses akan menuntun perusahaan untuk dapat menghasilkan kualitas yang konsisten.

PT. Greenfields Indonesia telah menerapkan sistem manajemen mutu ISO 9001 dan juga telah menerapkan sistem manajemen lingkungan ISO 14001. Namun, dalam proses produksi PT. Greenfields Indonesia masih ditemukan beberapa macam *defect*, salah satunya adalah *Defect Of Top Seal*. Prosentase *defect* ini adalah 61,3 % dari total *defect* sejumlah 1.428 *pack* yang terjadi dengan produk yang dihasilkan sejumlah 28.392 *pack* seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.1. Produk cacat dari hasil produksi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya faktor mesin yang disebabkan karena *setting* mesin yang kurang diatur dan terkontrol dengan baik. Selain itu juga disebabkan karena material yang digunakan terjadi kerusakan. Penyebab lainnya adalah faktor lingkungan yang mempengaruhi proses produksi.

Tabel 1.1 Data *Defect* Greenfields bulan Januari-Mei 2011

No	Jenis <i>defect</i>	Jumlah <i>Defect</i> (<i>pack</i>)	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	<i>Defect of Top seal</i>	876	61,3	61,3
2	Salah <i>Paper</i>	264	18,5	79,8
3	<i>Recap</i> bocor	228	16,0	95,8
4	Bocor	60	4,2	100
	Total	1.428	100	

Sumber : PT. Greenfields Indonesia (2011)



Gambar 1.1 Foto Uji *Defect of Top Seal*

Gambar 1.1 tersebut merupakan uji *defect of Top Seal* pada kemasan susu Greenfields ESL. *Defect* ini ditandai dengan melihat apakah tinta uji tersebut berada di area *top seal*. Jika ada tinta yang membasahi area *top seal*, maka itu menandakan terjadinya *defect*.

Peningkatan kualitas produksi secara terus menerus (*continuous improvement*) perlu dilakukan. Salah satu program perbaikan kualitas yang berkesinambungan adalah dengan menggunakan metode *Six Sigma*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis peningkatan kualitas dengan metode *Six Sigma* terdapat lima tahap yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC). Dengan analisis tersebut diharapkan memberi perubahan dan perbaikan yang sistematis, terus menerus sehingga dapat meningkatkan kualitas produksi susu Greenfields di PT. Greenfields Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yang akan diteliti yaitu,

Bagaimana cara mengetahui faktor-faktor penyebab kebocoran dan faktor penyebab yang dominan akibat *defect of Top Seal* dengan menggunakan analisis penerapan *Six Sigma* pada proses *filling* produksi susu Greenfields di PT. Greenfields Indonesia ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan solusi dari rumusan masalah di atas dan untuk menghindari meluasnya pembahasan terhadap permasalahan yang ada, maka

diberikan batasan terhadap masalah yang akan diteliti. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT Greenfields Indonesia Malang, Jawa Timur.
2. Data penelitian yang diambil adalah data tahun 2009, 2010 dan 2011 (bulan Januari – Mei).
3. Dalam penelitian ini hanya akan dilakukan satu siklus DMAIC sampai tahap rancangan *Improve*.
4. Masalah *defect* yang dibahas hanya pada proses *filling* dan masalah biaya tidak dibahas pada penelitian ini.
5. Obyek yang diteliti adalah kebocoran akibat *defect of Top Seal* pada kemasan susu Greenfields jenis ESL.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab kebocoran akibat *defect of Top Seal* dengan menggunakan analisis penerapan *Six Sigma* serta untuk mengetahui faktor yang dominan penyebab *defect* tersebut pada proses *filling* produksi susu Greenfields di PT. Greenfields Indonesia.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat antara lain:

1. Bagi pihak manajemen PT. Greenfields Indonesia sebagai masukan ataupun saran dan pertimbangan dalam menentukan kebijaksanaan dan peraturan yang berhubungan dengan peningkatan kualitas produk.
2. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menambah referensi bagi perusahaan dalam pengembangan peningkatan mutu, serta dapat dijadikan pedoman dalam penelitian sejenisnya.
3. Bagi pihak akademisi dapat sebagai referensi dalam menerapkan ilmu pengetahuan dan metodologi yang serupa untuk kemampuan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah diperoleh.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya Yusuf Latief, 2009 dijelaskan bahwa *Six sigma* (6-*sigma*) adalah salah satu metode yang saat ini sedang berkembang di dunia. Pada industri manufaktur, penerapan *six sigma* diharapkan dapat mengurangi kegagalan dalam pencapaian sasaran mutu yang diinginkan pada proyek konstruksi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi eksisting pengelolaan manajemen mutu dan penerapan pendekatan metode *six sigma* dalam penjaminan kualitas di dalam proyek konstruksi. Metode yang digunakan ialah dengan wawancara terstruktur dengan para pakar yang memiliki pengalaman dalam bidang konstruksi dan direkomendasikan oleh perusahaan mereka. Metode analisis yang digunakan adalah analisis non parametrik dengan prosedur distribusi frekuensi. Hasil wawancara terstruktur dengan para pakar, menunjukkan bahwa kondisi eksisting manajemen mutu pada proyek konstruksi di Indonesia telah menerapkan pendekatan metode *six sigma*, hanya saja perlu diperhatikan kesiapannya baik dari kondisi internal maupun eksternal proyek tersebut.

Pada penelitian sebelumnya Tri Wijaya N. Kusuma, 2008. Studi kasus di PT. Kimia Farma Unit Plant Watudakon. Telah berhasil menerapkan metode *Six Sigma* di perusahaan tersebut dan juga meningkatkan nilai level *sigmanya* yaitu dari 3,95 *sigma* menjadi 3,98 *sigma*.

Pada penelitian sebelumnya Noor Achmadi SK, 2009. Studi kasus di Pabrik PT. Coca Cola Gempol East Java. Telah berhasil meningkatkan level *sigma* pada perusahaan tersebut, yaitu nilai *sigma* untuk *Filling height* semula 3 *Sigma* menjadi 4,5 *Sigma*, untuk *Brix* semula 3 *Sigma* menjadi 4,7 *Sigma* dan untuk *Carbonation* juga terjadi peningkatan nilai *Sigma*, nilai semula 3 *Sigma* menjadi 4 *Sigma*

2.2 Definisi *Six Sigma*

Six Sigma, σ , adalah symbol yang digunakan untuk menunjukkan penyimpangan standar (standar deviasi), suatu indikator dari tingkat variasi dalam seperangkat pengukuran atau proses (Brue,2002). Tingkat kualitas *Sigma* biasanya juga dipergunakan untuk menggambarkan *output* dari suatu proses. Semakin tinggi tingkat *sigma* maka semakin kecil toleransi yang diberikan pada kecacatan dan semakin rendah variabilitas *output* yang dihasilkan.

Six Sigma adalah sebuah konsep statistik yang dapat menjawab kebutuhan *consumer* akan suatu kualitas yang tinggi dan proses bisnis yang bebas *defect* dengan tidak lebih dari 3,4 kegagalan (*error*) dari satu juta kesempatan. *Six Sigma* adalah *culture* yang berfokus untuk meningkatkan *consumer satisfaction*, menurunkan *Cost*, dan memperbaiki *profitabilitas* dengan cara menekan pemahaman, pengukuran dan perbaikan proses secara terus menerus.

Alat statistik *Six Sigma* bekerja untuk dapat mengungkapkan apa yang tidak diketahui. Menggunakan *Six Sigma* hanya difokuskan pada pemilihan alat, penggunaannya dan analisa data yang diperoleh dengan bantuan *software* untuk mengkalkulasinya, sehingga *six sigma* akan menyediakan suatu cara yang lebih efisien untuk menyelesaikan masalah dan membuat keputusan.

Pada tabel 2.1 diberikan perbandingan nilai *sigma* bila digambarkan dengan prosentase produk baik yang dihasilkan (*yield*), jumlah cacat yang dihasilkan setiap satu juta produk hasil produksi, tingkat suatu perusahaan dan biaya yang dikeluarkan untuk produk cacat.

Tabel 2.1 Perbandingan Level *Sigma*

<i>Sigma level</i>	<i>Yield (%)</i>	<i>Defect per million opportunities</i>	<i>Company Class</i>	<i>Cost of Poor Quality</i>
1	30,85	691.462	Sangat tidak kompetitif	Tidak dapat dihitung
2	69,15	308.538	Rata-rata industri di indonesia	Tidak dapat dihitung
3	93,32	66.807	industri di USA	25-40% dari penjualan
4	99,38	6.210	industri di USA	15-25% dari penjualan
5	99,977	233	Industri kelas dunia	5-15% dari penjualan
6	99,9997	3.4	Industri kelas dunia	Kurang dari 1% dari penjualan

Sumber : Gaspersz (2002); Pande (2002)

Pada Tabel 2.3 diatas, perusahaan yang memiliki level 1σ merupakan perusahaan yang sangat tidak kompetitif karena memiliki prosentase produk baik yang dihasilkan (*yield*) hanya 30,85% dari total produk yang dihasilkan atau terdapat suatu produk cacat sebanyak 691.462 setiap satu juta kesempatan produksi, sehingga biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan produk cacat tersebut sangat besar. Sedangkan perusahaan yang telah mencapai level 6σ merupakan perusahaan kelas dunia yang

mampu menghasilkan produk baik (*yield*) sebesar 99,9997% dari total produksi yang dihasilkan dan hanya terdapat 3,4 hasil produksi yang cacat setiap satu juta kesempatan produksi, serta biaya yang dikeluarkan untuk produk cacat kurang dari 1% dari penjualan.

2.3 Konsep Six Sigma

2.3.1 Filosofi Six Sigma

Aktivitas *Six Sigma* difokuskan pada *customer* dan *consumer*. Proyek ini melibatkan peran *internal customer* (pelanggan dalam suatu lintasan produksi), *external customer* (penerima produk tetapi bukan pengguna dari produk tersebut) dan *consumer* (pemakai akhir dari produk).

Sebelum proses *six sigma* dijalankan, “isyarat pelanggan”, yaitu suatu pertimbangan terhadap kecocokkan, fungsi perlu diterjemahkan terlebih dahulu kedalam proses *engineering*. Sebagai contoh:

- Komplain harus dijawab dengan tepat.
- Persediaan barang harus dikirim ke gudang tepat waktu.
- Barang yang dihasilkan harus sesuai dengan penawaran yang diberikan.

2.3.2 Manufacturing Six Sigma

Penerapan *Manufacturing Six Sigma* adalah suatu metode yang digunakan untuk alat *problem solving* dalam mengatasi suatu *defect* yang dapat didefinisikan dalam suatu proses *manufacturing* untuk mencapai *customer satisfaction*.

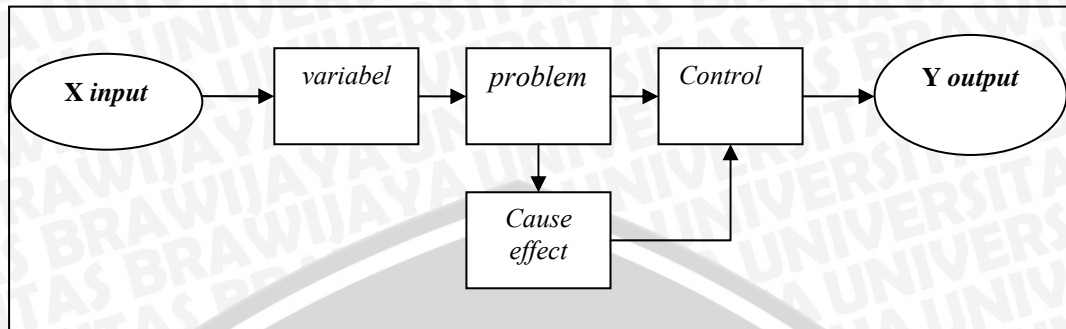
Titik berat dalam *manufacturing six sigma* antara lain:

- Fokus pada optimalisasi proses.
- Fokus pada sektor penting.
- Menemukan asal permasalahan.
- Aktivitas perbaikan yang dilakukan untuk pencegahan.
- Identifikasi keuntungan dari aktivitas perbaikan.
- Keputusan berdasarkan pada data yang dihimpun.
- Didapat suatu keuntungan dari tindakan perbaikan.

2.3.3 Six Sigma Sebagai Metode

Proses *Six Sigma* sangat memperhatikan permasalahan yang terjadi baik di dalam *manufacturing* maupun di luar *manufacturing*. Hal ini dapat diperbaiki dengan memfokuskan pada faktor yang menyebabkan masalah. Dalam *manufacturing* suatu

sebab akan menyebabkan suatu akibat tertentu menurut fungsi tertentu, yang secara matematis dapat digambarkan oleh formula sebagai berikut:



Gambar 2.1 Mengendalikan *input* untuk mengendalikan *output*
Sumber : Hendradi (2006:4)

2.3.4 Proses DMAIC

Six sigma merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dan peningkatan proses melalui fase DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*).

Akronim DMAIC merepresentasikan lima tahap dalam metodologi *six sigma*:

1. *Define* (mendefinisikan)
2. *Measure* (mengukur)
3. *Analyze* (menganalisa)
4. *Improve* (memperbaiki)
5. *Control* (mengendalikan)

2.3.4.1 Tahap *Define*

Tahap *Define* bertujuan untuk mengidentifikasi produk atau proses yang akan diperbaiki serta menentukan sumber daya apa yang dibutuhkan dalam proyek (perbaikan *Six Sigma*).

Define (D) merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas produk menggunakan metode *Six Sigma*. Tahap *define* adalah fase menentukan masalah dan menetapkan kebutuhan spesifik dari pelanggan yang dalam hal ini sering disebut dengan “suara pelanggan” (VOC – *Voice of Customer*). Setelah karakteristik kualitas yang terdefinisi dalam bahasa konsumen tersebut diketahui maka langkah selanjutnya dalam tahap ini adalah menerjemahkan ke dalam bahasa produsen yaitu dalam parameter teknis (VOC \Leftrightarrow CTQ).

Voice of Customer (VOC) dan Critical to Quality (CTQ)

Peter Drucker (1989) dalam Gaspersz (2002) menyatakan bahwa “Apa yang dipikirkan perusahaan tentang apa yang dihasilkannya bukanlah hal yang paling penting - khususnya tidak untuk masa depan perusahaan dan keberhasilannya. Yang lebih penting adalah apa yang dipikirkan pelanggan tentang apa yang dibeli dan “nilai” yang dirasakan, itulah yang menentukan perusahaan itu, apa yang dihasilkan dan apakah akan berhasil dalam aktifitasnya”.

Konsumen biasanya memiliki kriteria/persyaratan tertentu yang harus ada dalam produk yang mereka inginkan. Kriteria spesifik dari konsumen atas suatu produk disebut karakteristik kualitas riil (*Voice of Customer*). Karakteristik ini dapat diidentifikasi dengan pertanyaan “Apa yang dipandang penting oleh pelanggan?”.

Menurut Kano, *Voice of Customer* merupakan kumpulan kebutuhan pelanggan yang terdiri dari:

a. *Dissatisfiers*

Kebutuhan yang diharapkan dalam suatu produk. Kebutuhan ini merupakan pemberian, bukan bersumber dari pelanggan. Jika kebutuhan tersebut tidak ada pada suatu produk maka pelanggan akan tidak puas.

b. *Satisfiers*

Kebutuhan dimana pelanggan berkata “Kami menginginkannya!”. Pencapaian kebutuhan tersebut menciptakan kepuasan.

c. *Exciters/Delighters*

Fitur baru atau inovatif diluar ekspektasi pelanggan. Kehadiran fitur tersebut membawa pada persepsi tinggi akan kualitas.

Voice of Customer ini dikategorikan menjadi dua golongan, yaitu:

a. *Persyaratan output*

Persyaratan *output* berkaitan dengan karakteristik atau *feature* dari produk akhir (barang/jasa) yang diserahkan kepada pelanggan pada akhir dari suatu proses. Dalam hal ini dapat saja berupa banyak macam persyaratan *output*, namun pada dasarnya semua itu berkaitan dengan daya guna (*usability*) atau efektivitas produk akhir tersebut dari sudut pandang pelanggan.

Dalam banyak kasus, persyaratan *output* dapat didefinisikan secara spesifik dan objektif sepanjang pelanggan itu mengetahui apa yang diinginkannya. Sebagai misal, pelanggan dalam industri manufaktur yang menetapkan spesifikasi *output* produk

plywood dengan kualitas tanpa cacat. Pada situasi lain, daftar persyaratan *output* menjadi lebih rumit karena pelanggan tidak mengetahui secara spesifik apa yang diinginkannya. Sebagai misal, pelanggan hanya menginginkan agar sepatu olahraga yang dipakai terasa nyaman di kaki. Dalam hal ini, tim proyek *Six Sigma* harus mampu mendaftarkan semua persyaratan *output* yang mampu memberikan kenyamanan dalam pemakaiannya.

b. Persyaratan pelayanan

Merupakan petunjuk bagaimana pelanggan seharusnya diperlakukan atau dilayani selama eksekusi dari proses itu sendiri. Persyaratan pelayanan cenderung menjadi lebih subyektif dan peka terhadap situasi dibandingkan persyaratan *output* yang biasanya dapat didefinisikan secara konkret.

Membangun organisasi menuju kinerja *Six Sigma* berarti harus memantau dan meningkatkan persyaratan *output* maupun persyaratan pelayanan. Meskipun industri manufaktur sebagai misal: mobil, computer, televise, dll, tidak berarti bahwa pelanggan hanya membutuhkan kualitas *output* tetapi juga membutuhkan kualitas pelayanan.

Beberapa pedoman yang dapat digunakan dalam mendefinisikan kebutuhan spesifik pelanggan diantaranya:

1. Identifikasi situasi *output* (barang/jasa) dan pelayanan

Hal ini merupakan titik awal kunci untuk mengetahui apa persyaratan *output* dan persyaratan pelayanan yang harus didefinisikan dan dipenuhi.

2. Identifikasi pelanggan

Siapa yang akan menerima *output* dan pelayanan? Ketika memikirkan tentang pelanggan eksternal (orang yang menerima *output* yang berada di luar organisasi), harus memisahkan antara penyalur (distributor) dan pengguna akhir (*end users*)

3. Meninjau-ulang data yang tersedia tentang kebutuhan pelanggan, ekspektasi, komentar-komentar, keluhan-keluhan yang diterima dan lain-lain.

Seyogyanya menggunakan data yang dapat dikuantitaskan dan bersifat obyektif ketika mendefinisikan persyaratan-persyaratan *output* dan pelayanan, bukan perkiraan-perkiraan subyektif yang berbentuk anekdot (cerita-cerita)

4. Menulis draft awal tentang persyaratan-persyaratan *output* dan pelayanan.

Merupakan tahap menerjemahkan kebutuhan spesifik pelanggan kedalam persyaratan-persyaratan *output* dan pelayanan yang dapat diamati (*observable*) dan dapat diukur (*measurable*) serta mendefinisikan secara jelas tentang standar-

standar kinerja (*performance standarts*). Setelah merumuskan pernyataan persyaratan *output* dan pelayanan, maka draft awal tersebut perlu diuji kepada semua orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma* untuk mengetahui apakah orang-orang itu dapat dengan mudah memahami secara jelas, spesifik, dapat diukur, dapat dicapai dan seterusnya.

5. Melakukan validasi terhadap persyaratan-persyaratan *output* dan pelayanan

Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa persyaratan-persyaratan itu telah merefleksikan kebutuhan spesifik pelanggan secara akurat. Proses validasi dapat melibatkan pelanggan secara langsung dengan menanyakan kembali kebutuhan spesifik mereka, juga harus melibatkan orang-orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma* untuk menanyakan tentang pemahaman (*interpretasi*) mereka terhadap persyaratan-persyaratan yang ditetapkan dan bagaimana memenuhi persyaratan-persyaratan itu.

6. Merumuskan pernyataan akhir (*finalisasi*) dari persyaratan-persyaratan *output* dan pelayanan yang secara akurat telah merefleksikan kebutuhan-kebutuhan spesifik dari pelanggan.

Setelah mendata semua variabel yang dipandang penting oleh pelanggan sebagai *Voice of Customer*, selanjutnya perlu diberikan nilai terukur. Variabel terukur tersebut dinamakan karakteristik kualitas pengganti atau *Critical to Quality* (CTQ). Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi proses-proses yang menyertai CTQ tersebut. Kepuasan pelanggan ditentukan oleh seberapa baik proses yang menyertai CTQ tersebut.

2.3.4.2 Tahap *Measure*

Dalam tahap *Measure* dititikberatkan pada penentuan atau pemilihan karakteristik kualitas (*Critical To Quality / CTQ*) mengumpulkan informasi dasar tentang produk atau proses, dan memunculkan tujuan perbaikan.

Selama fase *measure* tim proyek memperbaiki kembali pemahaman mereka tentang proses dan memvalidasi sistem pengukuran mereka. Manajemen perusahaan membantu tim dalam memahami proses melalui kemampuan membuat peta proses yang mudah dipahami. Dalam fase ini manajemen perusahaan melakukan fungsi mengumpulkan, menyimpan, dan menampilkan data tentang proses. Terdapat dua hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *Measure*, yaitu:

1. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dilakukan pada tingkat *output*,

2. Mengukur kinerja saat ini (*current performance*) pada tingkat *output* untuk ditetapkan sebagai tolak ukur kinerja (*performance baseline*) pada awal proyek *Six Sigma*.

a. Tes Kecukupan Data

Adapun rumus yang digunakan untuk tes kecukupan data adalah sebagai berikut: (Rath & Strong's, 2005:44)

$$n = \left[\frac{Z_{\alpha/2}}{\omega} \right]^2 p.q \quad (2.1)$$

Keterangan:

- n = jumlah sampel yang diperlukan
 Z = Nilai tingkat distribusi normal
 ω = Tingkat kesalahan = 0,05
 p = Proporsi populasi (gunakan 0,5 jika tidak diketahui)
 q = (1 – p)
 α = Taraf Signifikansi

Tabel 2.2 Nilai $Z_{(\alpha/2)}$ (Normal Standar) untuk beberapa tingkat kepercayaan.

Level Kepercayaan	Nilai $Z_{(\alpha/2)}$
99 %	2,58
95 %	1,96
90 %	1,65
80 %	1,28

Sumber : Rath & Strong's (2005:46)

b. Penghitungan DPMO (*Defect Per million Opportunities*)

Cara menentukan DPMO adalah sebagai berikut (Rath & Strong's, 2005:34) :

$$DPMO = \frac{\sum Defect \times \sum Sample}{1.000.000} \quad (2.2)$$

Tabel 2.3 Hubungan *Sigma* dan DPMO

<i>Sigma</i>	<i>Parts per Million</i>
6 <i>Sigma</i>	3,4 <i>defects per million</i>
5 <i>Sigma</i>	233 <i>defects per million</i>
4 <i>Sigma</i>	6.210 <i>defects per million</i>

<i>Sigma</i>	<i>Parts per Million</i>
3 Sigma	66.807 defects per million
2 Sigma	308.537 defects per million
1 Sigma	690.000 defects per million

Sumber: Pande, Peter (2000)

c. Peta Kontrol

Peta kontrol memberikan prosedur pengendalian yang lebih efisien dan memberikan informasi yang lebih banyak. Berikut prosedur dalam pembuatan peta kontrol P dan NP (Besterfield,1994:116-125)

1 Prosedur pembuatan peta kontrol P

a. Pengumpulan data

Data yang diambil dari proses yang sama dan secara berurutan

b. Data disusun menurut subgrup.

c. Pencacatan data dilakukan pada suatu daftar data.

d. Menghitung nilai rata-rata P (Besterfield,1994:116).

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1}^g n_i} \quad (2.3)$$

e. Menghitung batas atas dan batas bawah (Besterfield,1994:117).

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.4)$$

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.5)$$

f. Membuat peta kontrol dan memetakan tiap harga rata-rata subgrup.

2 Prosedur Pembuatan Peta Kontrol NP

a. Gunakan subgrup yang sama dengan grafik P

b. Menghitung nilai rata-rata NP (Besterfield,1994:119).

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1}^g n_i} \quad (2.6)$$

- c. Menghitung batas atas (UCL) dan batas bawah (LCL) untuk grafik NP (Besterfield,1994: 120)

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{(n\bar{p}(1-\bar{p}))} \quad (2.7)$$

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{(n\bar{p}(1-\bar{p}))} \quad (2.8)$$

- d. Menggambar peta kontrol NP

d. Jenis Data

Data adalah catatan tentang sesuatu, baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif yang dipergunakan sebagai petunjuk untuk bertindak. Berdasarkan data, kita mempelajari fakta-fakta yang ada dan kemudian mengambil tindakan yang tepat berdasarkan pada fakta tersebut. Terdapat jenis data yang umum digunakan, yakni:

a. Data Atribut

Merupakan data kualitatif yang dihitung menggunakan daftar pencacahan (*tally*) untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data atribut bersifat diskrit. Jika catatan hanya merupakan suatu ringkasan atau klasifikasi yang berkaitan dengan sekumpulan persyaratan yang telah ditetapkan, maka catatan itu disebut sebagai “atribut”

Contoh: ketiadaan label pada kemasan produk, banyaknya jenis cacat pada produk, banyaknya produk kayu lapis yang cacat karena *corelap*, dll

Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk unit-unit ketidaksesuaian (*nonconformities*) atau cacat/kegagalan terhadap spesifikasi kualitas yang ditetapkan.

b. Data Variabel

Merupakan data kuantitatif yang diukur menggunakan alat pengukur tertentu untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data variabel bersifat kontinyu. Jika suatu catatan dibuat berdasarkan keadaan aktual, diukur secara langsung, maka karakteristik kualitas yang diukur itu disebut sebagai “variabel”.

Contoh: diameter pipa, ketebalan produk kayu lapis, berat semen dalam kantong, konsentrasi elektrolit dalam persen, dll.

Ukuran-ukuran berat, panjang, lebar, tinggi, diameter dan volume merupakan data variabel.

2.3.4.3 Tahap *Analyze*

Tahap *Analyze* bertujuan untuk menguji data yang dikumpulkan pada fase *measure* untuk menentukan daftar prioritas dari sumber variasi.

Pada tahap ini perlu dilakukan menentukan stabilitas dan kapabilitas dari proses,

menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*, mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan.

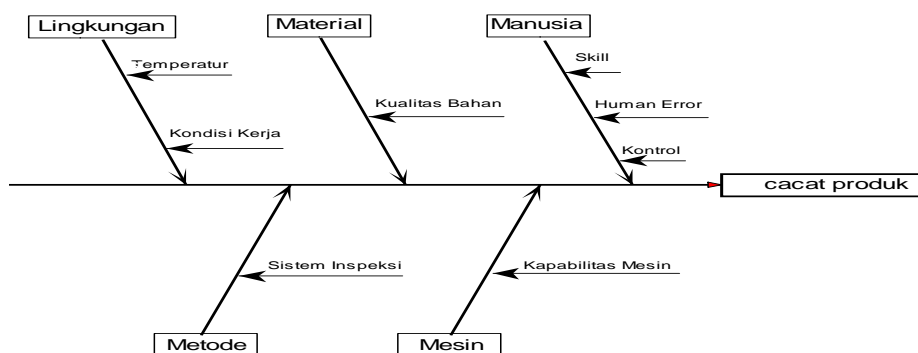
Analyze (A) merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Tahap *analyze* merupakan fase mencari dan menentukan akar permasalahan. Pada tahap ini perlu dilakukan beberapa hal berikut:

1. Menganalisa stabilitas dan kapabilitas proses, serta
2. Mengidentifikasi sumber-sumber penyebab kecacatan atau kegagalan

- **Diagram Sebab-Akibat**

Diagram sebab akibat yang terkenal dengan istilah lainnya diagram tulang ikan (*fish bone diagram*), diperkenalkan pertama kalinya oleh Prof. Kaoru Ishikawa (*Tokyo University*) pada tahun 1943. Kadang-kadang diagram ini juga dinamai diagram Ishikawa guna menghormati nama penemunya. Diagram ini berguna untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan di dalam menentukan karakteristik kualitas *output* kerja, disamping juga untuk mencari penyebab-penyebab yang sesungguhnya dari suatu masalah.

Dalam industri manufaktur, pembuatan diagram sebab-akibat ini dapat menggunakan konsep “4M-1E”, yaitu: *machines*, *method*, *material*, *measurement*, *men/women* dan *environment*. Sedangkan dalam bidang pelayanan dapat memakai pendekatan “3P-1E” yang terdiri dari: *procedures*, *policies*, *people* serta *equipment*.



Gambar 2.2 Diagram Sebab Akibat
Sumber : Ishikawa (1982)

2.3.4.4 Tahap *Improve*

Tahap *Improve* bertujuan untuk mengoptimasi solusi dan mengkonfirmasi bahwa solusi yang ditawarkan akan memenuhi atau melebihi tujuan perbaikan dari

proyek. Selama fase *improve*, tim proyek mengoptimasi proses kritis mereka melalui metode tertentu, misalnya tabel FMEA (*Failure Mode and Effect Analyze*), dan mendesain ulang proses sebagaimana dibutuhkan. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Setelah mengidentifikasi penyebab permasalahan yang terjadi, kemudian membangun tindakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan.

Didalam tahap *improve* ini difokuskan pada :

- Mencari hubungan-hubungan variable di antara beberapa faktor vital.
- Menetapkan toleransi pengoperasian di antara beberapa faktor vital.

2.3.4.5 Tahap Control

Tahap *Control* bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan pada proses, sekali diimplementasikan, proses akan bertahan, dan proses tidak akan kembali pada keadaan sebelumnya.

Dalam fase *control*, tim proyek mengkomunikasikan proses baru dan parameternya ke lapangan. Personel operasional memonitor proses tersebut dan memastikan bahwa ini berfungsi dalam batas yang dispesifikasikan. Manajemen perusahaan harus mempermudah tim proyek dalam mengkomunikasikan proses baru pada tim operasional dengan batas operasional yang telah diidentifikasi dengan jelas. Pada fase ini juga dilakukan pendokumentasian akan segala sesuatu tentang proses setelah melalui proses kontrol. Dokumentasi yang dapat diakses dengan mudah akan mendukung langkah perbaikan pada tahap DMAIC selanjutnya.

2.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA digunakan secara aktif untuk mengidentifikasi resiko yang terjadi dalam sebuah produk dan memberikan tindakan yang sesuai untuk mencegah mode kesalahan. Teknik analisis yang menggabungkan teknologi dan pengalaman dalam mengidentifikasi kegagalan proses produksi dan merencanakan untuk mencegah terulang.

Proses FMEA yang dilakukan sebagai berikut:

- *Brainstrom* atas kesalahan yang potensial *failure mode*.
- Pembobotan untuk masing-masing potensial *failure mode*.
- Penentuan alat kontrol pengukuran yang dipakai untuk mengeliminasi mode kesalahan yang penting (*significant failure modes*).

- Pengambilan tindakan untuk mengurangi resiko yang terjadi pada semua *significant failure modes*.

Terdapat banyak variasi didalam FMEA, tetapi semua itu memiliki tujuan untuk mencapai:

1. Mengenali dan memprediksi potensial kegagalan dari produk atau proses yang dapat terjadi
2. Memprediksi dan mengevaluasi pengaruh dari kegagalan pada fungsi dalam sistem yang ada.
3. Menunjukkan prioritas terhadap perbaikan suatu proses atau sub sistem melalui daftar peningkatan proses atau sub sistem yang harus diperbaiki
4. Mengidentifikasi dan membangun tindakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan atau pengaruh pada sistem
5. Mendokumentasikan proses secara keseluruhan

Berikut ini adalah contoh model tabel FMEA untuk resiko aktual:

Tabel 2.4 Contoh Model Tabel FMEA untuk Resiko Aktual

Resiko Aktual											
Aliran proses	Tujuan	Jenis kegagalan		Dampak Kegagalan pada: A. Customer B. proses selanjutnya C. proses lokal		Severity	Penyebab kegagalan	Occurrence	System apa yang bisa mendeteksi kegagalan?	Detection	RPN
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Sumber : Manggala (2005)

Tabel FMEA diatas adalah untuk resiko aktual yang timbul, dimana untuk kolom:

1. Aliran proses, berisi tentang jenis aliran proses yang dilakukan.
2. Tujuan, merupakan tujuan proses dari aliran proses kolom 1.
3. Nomer urut untuk jenis kegagalan.
4. Jenis kegagalan yang terjadi.
5. Dampak kegagalan pada masing-masing kategori, A. Dampak pada customer, B. Dampak pada proses selanjutnya, C. Dampak pada proses lokal.

6. Dampak kegagalan yang terjadi.
7. *Severity*, adalah nilai range dari 1-10, yang menunjukkan tingkat keseriusan dari kegagalan, semakin besar nilai yang diberikan maka semakin besar pula tingkat keseriusannya.

Tabel 2.5 Kriteria Evaluasi dan sistem Peringkat untuk *Severity of effect* dalam FMEA process

<i>Effect</i>	<i>Severity of Effect for FMEA</i>	<i>Rating</i>
Tidak Ada	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk kegagalan tidak memiliki pengaruh 	1
Sangat Minor	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi • <i>Fit & finish</i> atau <i>squeak & rattle</i> produk tidak sesuai • Sebagian kecil produk harus dikerjakan ulang ditempat • Pelanggan yang jeli menyadari <i>defect</i> tersebut 	2
Minor	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi • Sebagian produk harus dikerjakan secara on-line ditempat • <i>Fit & finish</i> atau <i>squeak & rattle</i> tidak sesuai • Sebagian pelanggan menyadari <i>defect</i> tersebut 	3
Sangat Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi • Sebagian produk harus dipilah dan sebagian dikerjakan ulang • <i>Fit & finish</i> atau <i>squeak & rattle</i> tidak sesuai • Pelanggan secara umum menyadari <i>defect</i> tersebut 	4
Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi • 100% produk harus dikerjakan ulang • Produk dapat beroperasi, tetapi sebagian item tambahan beroperasi dengan performansi yang berkurang 	5
Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi • Sebagian produk harus dikerjakan ulang (tanpa ada pemilahan) • Produk dapat beroperasi, tetapi sebagian item tambahan tidak dapat berfungsi 	6
Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan minor pada lini produksi • Produk harus dipilah dan sebagian dibongkar ulang • Produk dapat beroperasi, performansinya berkurang 	7
Sangat tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan major pada lini produksi • 100% produk harus dibongkar • Produk tidak dapat dioperasikan dan kehilangan fungsi utamanya 	8

<i>Effect</i>	<i>Severity of Effect for FMEA</i>	<i>Rating</i>
Berbahaya dengan peringatan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat membahayakan operator mesin • Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan operasional produk atau tidak sesuai dengan peraturan • Kegagalan akan terjadi dengan didahului peringatan 	9
Berbahaya tanpa adanya peringatan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat membahayakan operator mesin • Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan operasional produk atau tidak sesuai dengan peraturan pemerintah Kegagalan akan terjadi tanpa adanya peringatan terlebih dahulu	10

Sumber : Gasperz (2002:32)

8. Penyebab kegagalan.
9. *Occurrence*, adalah nilai range 1-10, yang menunjukkan frekuensi kejadian yang terjadi. semakin besar nilai yang diberikan maka semakin sering pula kejadiannya.

Table 2.6 *Automotive Industry Action Group (AIAG) Occurrence Rating*

<i>Probability of Failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Cpk</i>	<i>Rating</i>
Sangat Tinggi:	1 in 2	< 0.33	10
Kegagalan hampir tak bisa dihindari	1 in 3	≥ 0.33	9
Tinggi:	1 in 8	≥ 0.51	8
Umumnya berkaitan dengan proses sebelumnya yang kadang mengalami kegagalan tetapi tidak dalam jumlah besar	1 in 20	≥ 0.67	7
Sedang:	1 in 80	≥ 0.83	6
Umumnya berkaitan dengan proses sebelumnya yang mempunyai dampak besar terhadap proses selanjutnya	1 in 400	≥ 1.00	5
	1 in 2000	≥ 1.17	4
Rendah:	1 in 15.000	≥ 1.33	3
Kegagalan terisolasi berkaitan proses serupa			
Sangat rendah:	1 in 150.000	≥ 1.50	2
Hanya kegagalan terisolasi yang berkaitan dengan proses hampir identik			
Remote:	1 in 1.500.000	≥ 1.67	1
Kegagalan mustahi. Tak pernah ada kegagalan terjadi dalam proses yang identik			

Sumber : Gasperz (2002:32)

10. Sistem yang digunakan untuk mendeteksi kegagalan.

11. *Detection*, kemampuan sistem untuk mendeteksi terjadinya cacat atau kegagalan.

Nilai yang kecil menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kegagalan dengan cepat.

Tabel 2.7 *Automotive Industry Action Group (AIAG) Detection Rating*

<i>Detection</i>	<i>Likelihood of Detection</i>	<i>% R & R</i>	<i>% Repeatability & % Reproducibility</i>		<i>Rank</i>
			<i>% Repeatability</i>	<i>% Reproducibility</i>	
Hampir tidak mungkin	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi	$\geq 80\%$	\geq	\geq	10
Sangat jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan	$\geq 80\%$	$<$	$<$	9
Jarang	Alat pengontrol saat ini sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	$\geq 60\%$	\geq	\geq	8
Sangat rendah	Kemampuan alat pengontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah	$\geq 60\%$	$<$	$<$	7
Rendah	Kemampuan alat pengontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah	$\geq 40\%$	\geq	\geq	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang	$\geq 40\%$	$<$	$<$	5
Agak tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	$\geq 20\%$	\geq	\geq	4
Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan tinggi	$\geq 20\%$	$<$	$<$	3

<i>Detection</i>	<i>Likelihood of Detection</i>	<i>% R & R</i>	<i>% Repeatability & % Reproducibility</i>		<i>Rank</i>
			<i>% Repeatability</i>	<i>% Reproducibility</i>	
Sangat tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	$\geq 20\%$	\geq	\geq	2
			$<$	$<$	
Hampir pasti	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk penyebab kegagalan hampir pasti	$\geq 20\%$	\geq	\geq	1
			$<$	$<$	

Sumber : Gasperz (2002:32)

12. RPN (*Risk Priority Number*), adalah hasil perkalian dari *Severity*, *Occurrence*, *Detection* yang merupakan nilai atau bobot akhir dari data resiko aktual. semakin besar nilai RPN-nya maka semakin besar pula resiko aktualnya.

Berikut ini adalah contoh model FMEA untuk tindakan resiko:

Tabel 2.8 Contoh Model Tabel FMEA untuk Tindakan Resiko

Tindakan Resiko									
Tindakan yang disarankan	Pelaksana	Waktu		Hasil	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	RPN	
		mulai	selesai						
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Sumber : Manggala (2005)

Tabel FMEA diatas adalah untuk tindakan resiko, dimana untuk kolom:

13. Nomer urut untuk tindakan yang disarankan, sesuai dengan nomer urut kolom 3 (jenis kegagalan).
14. Tindakan yang disarankan.
15. Pelaksana dari tindakan tersebut, misalnya: operator, mekanik, elektrik, dll
16. Waktu mulai pelaksanaan, misal periodik, waktu saat ditemukan cacat.
17. Waktu selesai pelaksanaan, misal periodik, waktu saat tidak ditemukan cacat.
18. Hasil yang dicapai.
19. *Severity*, sama dengan kolom 7.

20. *Occurrence*, sama dengan kolom 9.

21. *Detection*, sama dengan kolom 11.

22. RPN, sama dengan kolom 12.

2.5 Macam-Macam *Defect* Pada Proses *Filling*

Sepanjang tahun 2011 sejak bulan Januari-Mei ditemukan beberapa macam *defect* yang terjadi pada proses *filling* susu Greenfield, diantaranya :

1. *Defect of Top Seal*

Defect ini terjadi pada kemasan susu Greenfield yang terletak pada sisi sambungan bagian atas sehingga akan menyebabkan terjadinya kebocoran pada kemasan susu.



Gambar 2.3 Uji *Defect of Top Seal*
Sumber : PT. Greenfields Indonesia

2. Salah *Paper*

Defect semacam ini sering terjadi produk susu Real Good tetapi juga terjadi pada susu Greenfield. Terjadinya kesalahan dalam menggunakan kemasan ini misalnya produk susu ekspor yang seharusnya menggunakan kemasan ekspor ternyata menggunakan kemasan lokal.

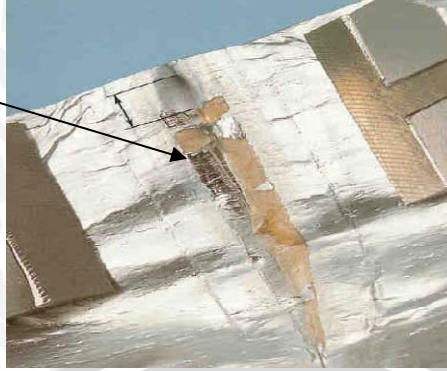
3. *Recap* Bocor

Defect ini terjadi pada penutup botol susu Greenfield yang tidak sempurna sehingga menyebabkan terjadinya kebocoran dari kemasan tersebut.

4. *TS Blocked (Transversal Seal)*

Defect ini terjadi pada kemasan susu Real Good. Terjadi kebocoran karena sambungan kemasan pada bagian samping tidak menutup sempurna.

Seal
(Sambungan)



Gambar 2.4 *Defect of TS Blocked*
Sumber : PT. Greenfields Indonesia

5. *Overlap*

Terjadi *defect* karena sambungan yang dihasilkan melebihi batas sambungan. *Defect* semacam ini sering kali terjadi pada kemasan susu Real Good.

6. *Paper sisi LS (Longitudinal Seal)* melepuh, kasar dan sobek

Defect yang terjadi karena ditemukan cacat pada kemasan susu. *Defect* semacam ini seringkali terjadi pada kemasan susu Real Good.



Gambar 2.5 *Defect of LS*
Sumber : PT. Greenfields Indonesia

7. *Design Corection*

Terjadi kesalahan pada *design* kemasan. Kesalahan semacam ini biasanya terjadi pada produk khusus yang dipesan oleh *customer*. Sehingga kemasan yang digunakan adalah kemasan khusus yang di *design* sesuai permintaan..

2.6 Proses *Filling*

Di dalam proses produksi susu Greenfield di PT. Greenfields Indonesia, terdapat tahapan-tahapan pengolahan susu, diantaranya:

1. Penerimaan susu segar dan *terminasi*
2. *Separasi* dan *terminasi*
3. *Storage*
4. *Mixing* dan *Blending*
5. Sterilisasi
6. *Filling* dan *Packaging*
7. *Store* dan inkubasi
8. *Stuffing* dan *Shipment*

Dari beberapa proses yang ada diatas, proses *filling* mengalami *defect* produk yang paling banyak dibanding dengan proses yang lainnya. Sehingga peneliti memfokuskan pembahasan penelitian pada proses *filling*.

Proses *filling* merupakan proses pengisian produk kedalam kemasan. Proses ini dilakukan secara steril karena transfer produk dari tangki *aseptic* ke pipa pengisian secara *aseptic* melalui katup. Selain itu kertas kemasan juga disterilisasi dengan menggunakan larutan H_2O_2 , dimana kertas dicelupkan dalam larutan H_2O_2 kemudian diperas menggunakan *squeeze rooler* kemudian dikeringkan dengan udara panas. Menurut Smith (2006), Fungsi pencelupan kedalam larutan H_2O_2 adalah:

1. Sebagai disinfektan
2. Merupakan asam lemah yang mempunyai sifat oksidator kuat

Hydrogen peroksida secara umum memiliki spektrum penghambatan luas, meliputi bakteri, kapang, khamir, virus dan mikroorganisme penghasil spora. Dimana hydrogen peroksida akan mengikat oksigen sehingga membentuk suasana anaerob yang akan membuat tidak nyaman pada bakteri jenis aerob (Davidson dan Branen, 1993). Pada saat pengisian produk kedalam kemasan dilakukan penyinaran dengan menggunakan sinar UV (*Ultra Violet*) dengan panjang gelombang 258nm, fungsi sinar UV adalah:

1. Merusak DNA sel mikroorganisme sehingga memicu kematian sel
2. Merupakan salah satu sinar yng bersifat letal bagi mikroorganisme
3. Mampu membunuh mikroorganisme yang ada dalam susu

Proses *filling* dimulai dengan mengalirkan bahan pengemas melewati *roler*. Pada salah satu sisi bahan pengemas dilekatkan *strip*, selanjutnya direndam dalam *bath*

hydrogen peroxide dan dikeringkan. Proses selanjutnya yaitu pembentukan kemasan dengan melekatkan kedua sisinya dengan menggunakan *seal*, serta pengisian produk dalam kemasan. Sterilisasi lingkungan pada saat pengisian produk menggunakan *angina* steril bertekanan pada *chamber aseptic*.

Pada proses *filling*, ada 3 macam mesin yang digunakan :

1. mesin A1 fino
2. mesin TBA 8
3. mesin TR 7

Pada bagian *filling* terdapat 3 jenis mesin untuk pengisian produk ke dalam kemasan yaitu mesin jenis A1 sebanyak 4 unit, jenis TBA8 sebanyak 1 unit dan jenis TR7 sebanyak 1 unit.

Produk dari *aseptic tank* 1 akan masuk ke mesin TBA8 dan TR7, sedangkan produk dari *aseptic tank* 2 akan masuk ke mesin A1.

Untuk mesin jenis TBA8 dan A1, produk yang dihasilkan adalah susu UHT dengan proses pengisian secara *aseptic* (serba tertutup). Sedangkan untuk mesin jenis TR7, produk yang diisikan adalah susu ultra pasteurisasi / ESL.

Perbedaan susu UHT dan susu ultra pasteurisasi

Susu UHT :

- Pemanasan di atas 140 °C dan segera dikemas secara steril
- Pengisian harus dilakukan secara tertutup (dengan mesin A1 atau TBA8)
- Cita rasa susunya sudah tidak terlalu bagus karena telah melalui proses pemanasan dengan suhu tinggi.
- Dapat bertahan 6 bulan hingga 1 tahun dengan penyimpanan pada suhu ruang untuk kemasan yang belum dibuka
- Bahan baku susu bisa dari *dairy farm*, KUD ataupun kemitraan

Susu ultra pasteurisasi :

- Pemanasan di bawah 140 °C
- Pengisian dilakukan pada mesin TR7 dengan sistem terbuka
- Masa penyimpanan ± 40 hari dengan suhu maksimum 4°C
- Bahan baku susu kualitas premium dari *dairy farm*
- Kualitas susu lebih baik dari susu UHT

2.6.1 Mesin A1 Fino

Mesin A1 fino 180 ml dengan kapasitas 10.700 *pack*/jam, terdiri dari 4 unit yaitu line B, C, D dan E. Langkah awal proses *filling* adalah persiapan produk. Produk yang disimpan dalam *aseptic tank* dialirkan menuju *aseptic filling machine* (AFM) untuk dilakukan proses pengisian dan pengemasan produk. Proses pengisian (*filling*) pada mesin A1 fino melalui beberapa tahapan, antara lain:

1. *Preheating I*

Mesin bekerja memanaskan elemen SA (*strip applicator*), *heating chamber* atau *aseptic chamber*, *line steril* sistem dan elemen *super heater* dengan tujuan agar *strip* dapat menempel sebagian disalah satu tepian *paper* melalui *roll* pengepres dengan suhu 460-530⁰C. Yang dimaksud *line steril system* yaitu sistem yang dilewati oleh peroksida, sedangkan elemen *super heater* adalah elemen yang terletak di dalam *super heater* yang berfungsi untuk memanaskan udara.

2. *Preheating II*

Pada tahap ini terjadi pemanasan LS (*longitudinal sealing*). Pemanasan yang terjadi adalah bagian sisa *strip* yang menempel tadi akan menempel dibagian LS (*longitudinal sealing*) pada waktu *tube seal* (pembentukan tabung) dengan suhu 190-280⁰C dan tekanan 0,10 bar

Tujuan *preheating I* dan II adalah untuk pemanasan LS dan SA sehingga saat *tube seal strip* melekat kuat pada kertas. Waktu yang dibutuhkan yaitu ± 10 menit

3. *Tube Sealing*

Saat dimulai proses *sealing* (perekatan) antara SA dan LS akan terbentuk bulatan *paper* (menyerupai tabung) dimana *pack* mesin berbentuk bulat dalam keadaan kosong belum terisi produk

4. *Preheating filling system*

Proses ini merupakan pemanasan awal yang bertujuan untuk mengeringkan seluruh bagian yang akan dilewati produk. Pada proses ini membutuhkan waktu sekitar 15 menit

5. *Spraying*

Larutan H₂O₂ 35% lalu disemprotkan melalui *nozlle*. Tujuan dari proses ini adalah sterilisasi pada bahan pengemas

6. *Drying*

Paper dikeringkan didalam *heating chamber* dengan suhu 190-280⁰C. sebelum menuju *heating chamber*, sisa-sisa larutan H₂O₂ yang mungkin masih

menempel dikeringkan juga dengan *squee gee roller*. Pada proses ini tujuannya adalah untuk mengeringkan peroksida yang telah disemprotkan

7. *Filling*

Paper dilewatkan pada elemen LS dengan suhu 270⁰C dan tekanan 0.1 bar sehingga *paper* berbentuk silinder. Setelah itu bisa dilakukan proses pengisian secara *aseptic* dan dilakukan *transversal sealing* pada bagian atas dan bawah *paper*. Dalm hal ini signal yang dikirim dari *Aseptic Filling Machine* (AFM) sudah dibalas oleh signal dari *aseptic tank*. Menandakan bahwa mesin *filling* sudah siap dioperasikan dan *aseptic tank* sudah terisi oleh produk. Produk dari AFM kemudian disalurkan melalui *belt conveyor* menuju ruang *packaging* sekaligus diberikan waktu kadaluarsa dengan menggunakan mesin domino. Waktu kadaluarsa yang diberikan meliputi tanggal, bulan dan tahun. Produk UHT realgood memiliki waktu kadaluarsa 6 bulan setelah diproduksi.

8. *Packing* (pengemasan)

Produk yang sudah standar ditransfer melalui ban berjalan (*belt conveyor*) kebagian pengepakan. Produk dikemas dengan kemasan sekunder berupa karton dengan jumlah 36 *pack*/karton. Karton-karton kemudian ditumpuk dengan tumpukan maksimal 7 karton di atas *palet* dengan jumlah 12 karton/*layer*. Hal ini dilakukan agar produk tidak bersentuhan secara langsung dengan lantai dan memudahkan penanganan produk untuk menyimpan dan pengangkutan.

Untuk mesin A1, dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.6 Mesin A1
Sumber: www.tetrapack.com

Spesifikasi mesin A1 adalah untuk membuat kemasan *Tetra Fino Aseptic* (TFA) 180 ml. mesin A1 memiliki kapasitas produksi 10.700 *pack*/jam.

Spesifikasi suhu dan tekanan pada mesin A1:

- *Air Pressure regulating Valve* 6,0 Bar
- *Pressure Drop sensore* 0,2 Bar
- *Steril Air Pressure* 0,63 Bar
- *Air Into Heating Chamber* 160 ml
- *LS Pressure* 0,10 Bar
- *Steam Temperature* 125⁰-145⁰ C
- *Heating Chamber Temperature* Min 93⁰C
- *Air Super Heater* 350⁰C
- *LS Temperature* 190⁰-280⁰C

2.6.2 Mesin TBA 8

Produk susu yang diproduksi dengan mesin TBA8 adalah produk UHT dengan volume 1.000 mL. Untuk mesin A1, *packaging material* yang digunakan adalah jenis TBA (*Tetra Brix Aseptic*). Produk-produk TBA8 antara lain fullcream, low fat, skim chocomalt, whipping cream pada kemasan 1 liter.

Cara kerja mesin TBA8 :

1. Saat produksi, *paper* mulai dari *packaging material, reel* akan berjalan melewati *crease wheel*. *Paper* akan dibentuk (dengan cara ditekuk) kemudian akan diberi cetakan kode produksi pada *dating* unit.
2. Proses selanjutnya, *paper* akan dipanaskan pada bagian salah satu sisinya untuk kemudian ditempleli dengan LS/SA *strip* dengan cara diberi tekanan.
3. Kemudian *paper* akan disterilisasi dengan hydrogen peroksida dalam peroxide bath 30-50 % yang dipanasi oleh *water bath* yang bersuhu 80-85⁰C.
4. *Paper* akan melewati *squee-gee roller* yang berfungsi untuk menghilangkan hydrogen peroksida yang menempel pada *paper*. Untuk menghilangkan sisa hydrogen peroksida yang masih ada, digunakan *air knife / steril air* dengan suhu 125-130⁰C. Kemudian *paper* yang telah steril akan melewati *roller* dan mulai dibentuk *tube*.
5. Setelah terbentuk *tube* dengan *seal* LS/SA, *paper* akan diisi dengan produk.

6. Kemudian *transversal seal* akan bekerja untuk membentuk *pack* yang utuh.
7. *Photo cell* akan mendeteksi *barcode* yang terdapat pada kertas untuk memastikan *pack* terpotong pada posisi yang tepat.
8. Setelah *pack* melewati *jaw system*, *pack* akan masuk ke *final folder*. Di sini *pack* akan *flap sealing* atas dan bawah.



Gambar 2.7 Mesin TBA 8
Sumber: www.tetrapack.com

2.6.3 Mesin TR 7

Mesin TR7 dikhususkan untuk pengisian produk ultra pasteurisasi. Mesin TR7 mempunyai sistem terbuka, pada saat proses produksi berlangsung *chamber* tempat proses pengisian berlangsung tidak tertutup dari udara (kedap udara). Hal ini sangat berbeda dengan mesin TBA8 dan A1. Pada kedua mesin tersebut pada saat proses *chamber* dalam keadaan tertutup. Produk-produk TR7 antara lain fullcream, low fat, skim, chocomalt dalam kemasan 1 liter.

Cara kerja mesin TR7 :

Berbeda dengan mesin A1 dan TBA8, *packaging material* TR7 tidak berbentuk lembaran, melainkan sudah dalam bentuk lipatan kemasan. Saat proses berjalan kemasan yang masih terlipat dibentuk. Bagian bawah kemasan direkatkan dengan

pemanasan. Sebelum proses pengisian, kemasan disterilisasi terlebih dahulu dengan menyemprotkan larutan H_2O_2 0,1% dan melewati kemasan di bawah sinar UV. Setelah proses pengisian dilakukan perekatan bagian atas kemasan dan pemberian kode produksi. Produk siap di-*packing* ke dalam karton.

Kode yang dicantumkan di kemasan produk memiliki penjelasan sebagai berikut

:

BT 1 3 10:21

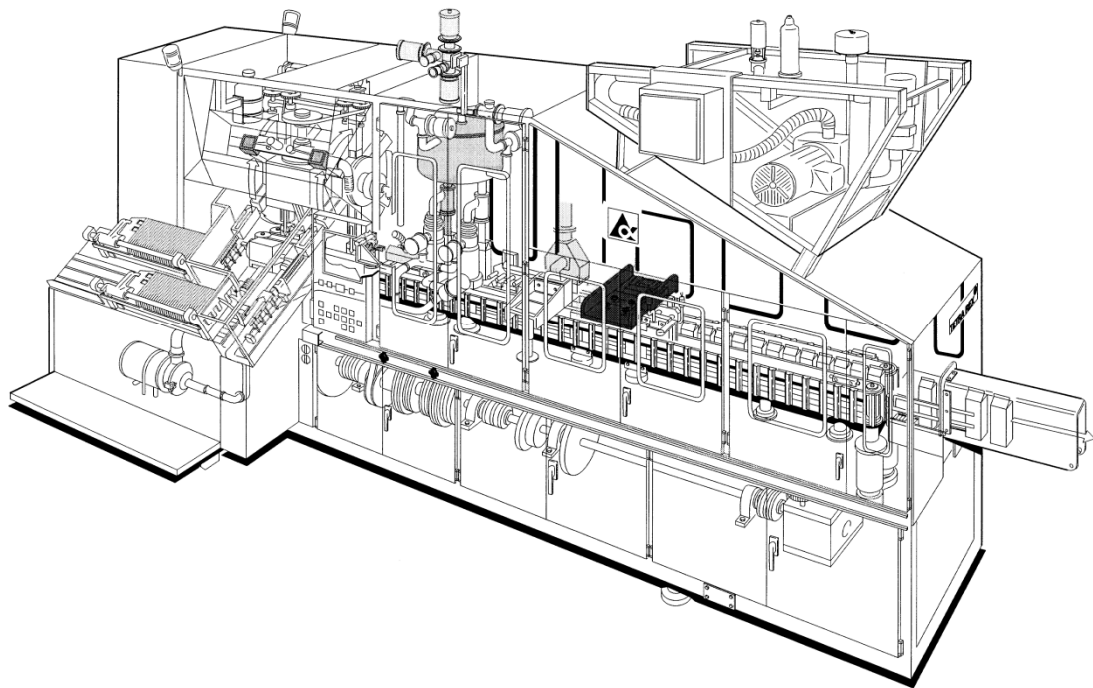
B : mesin B

T : kode operator

1 : nomor kertas

3 : nomor *seal*

10:21 : jam pengisian



Gambar 2.8 Mesin TR 7 *Filling Machine*
Sumber: PT. Greenfields Indonesia

2.7 Alat Pengolah Data Statistik

Dalam pengolahan data statistik untuk penelitian dengan menggunakan *Six Sigma* ini, dipakai suatu perangkat lunak yang disebut Minitab. Minitab yang digunakan adalah Minitab versi 15 dari Minitab inc. Minitab sendiri adalah salah satu *software* yang sering digunakan oleh perusahaan-perusahaan atau digunakan dalam penelitian untuk

mengolah data statistik. Minitab mengkombinasikan kemudahan penggunaan layaknya Microsoft Excel dengan kemampuannya melakukan analisis statistik yang kompleks. *Software* ini digunakan penulis sebagai alat bantu untuk sebagian proses penyelesaian permasalahan secara statistik di dalam proses *Six Sigma*.



BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tahapan-tahapan dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, agar tujuan dari proses penelitian dapat berjalan dengan baik terarah dan sistematis. Tahapan-tahapan disusun sedemikian rupa baik secara keseluruhan (dari tahap awal hingga tahap akhir) sesuai dengan siklus pada *Six Sigma*.

3.1 Metode penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah deskriptif, sebuah studi untuk mengadakan perbaikan terhadap suatu keadaan terdahulu. Penelitian dilakukan terhadap suatu permasalahan yang ada dengan tujuan untuk memperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya. Penelitian dilakukan untuk mencari fakta-fakta yang jelas tentang beberapa hal dan keadaan perusahaan.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara :

a. *Field Research*

Field Research merupakan suatu cara penelitian yang dilakukan secara langsung di lapangan atau di tempat penelitian dilaksanakan. Teknik yang digunakan dalam metode *field research* ini adalah sebagai berikut :

1. Observasi

Merupakan cara pengumpulan data dengan jalan mengamati langsung terhadap jalannya aktivitas-aktivitas dari objek yang diteliti

2. *Interview*

Merupakan cara pengumpulan data dengan jalan mengadakan wawancara langsung kepada pihak-pihak yang terkait di dalam perusahaan, yang membantu memberikan penjelasan tentang masalah yang diteliti.

3. Dokumentasi

Merupakan cara pengumpulan data yang ada dalam perusahaan yang berupa catatan-catatan atau arsip yang telah ada, seperti data produksi dan permintaan, data persediaan bahan baku dan lain-lain.

b. *Library Research*

Library Research merupakan suatu cara penelitian dengan mempelajari buku-buku atau literatur-literatur yang ada hubungannya dengan pokok permasalahan yang dihadapi.

3.3 Fasilitas Pengumpulan Data

Fasilitas-fasilitas yang dipakai dalam pengumpulan dan pengolahan data adalah :

- a. Kertas dan alat tulis yang digunakan untuk mencatat segala hal mengenai objek yang diteliti.
- b. Arsip-arsip perusahaan yang digunakan untuk mengambil data yang diperlukan berkenaan dengan objek yang diteliti.
- c. Laptop, yang digunakan untuk pengetikan dan pengolahan data.

3.4 Waktu dan Tempat

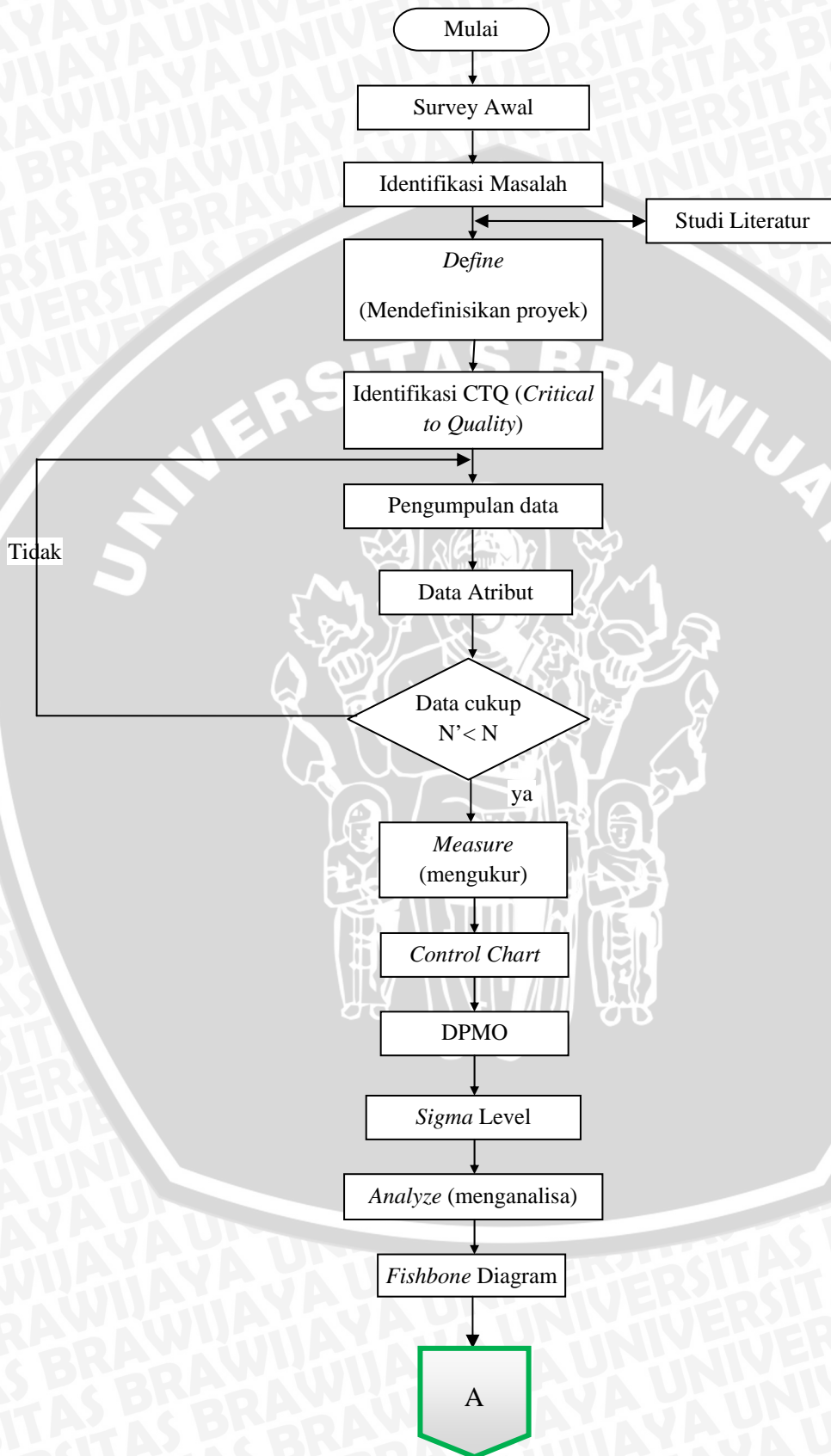
1. Waktu penelitian

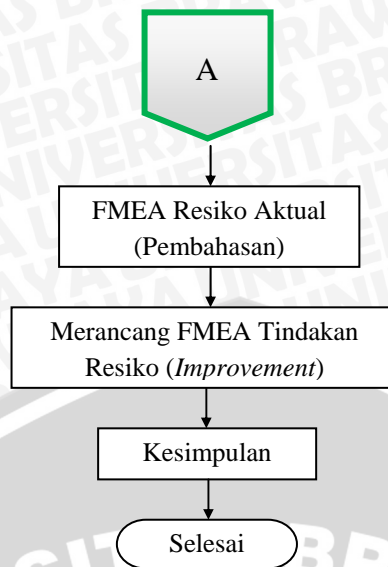
Penelitian dilakukan mulai bulan Juni - November 2011.

2. Tempat penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di PT. Greenfields Indonesia yang terletak di Kabupaten Malang – Jawa Timur.

3.5 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah metode penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Fase *DEFINE*:

1. Mempelajari pola kerja di PT. Greenfield Indonesia.
2. Menentukan masalah yang terjadi selama rentang waktu yang diteliti.
3. Mengumpulkan data *defect* yang terjadi pada proses *filling* susu Greenfield.
4. Mengumpulkan teori-teori terkait yang berhubungan dengan permasalahan yang terjadi.
5. Melakukan diskusi sekaligus interview dengan pembimbing di PT. Greenfield Indonesia, dalam hal ini adalah Manager Quality Assurance.
6. Membuat diagram Pareto

2. Fase *MEASURE*

1. Mengklasifikasikan data..
2. Membuat *Control Chart*.
3. Membuat DPMO.
4. Menyimpulkan level *sigma*.

3. Fase *ANALYZE*

1. Menyimpulkan masalah dengan Diagram Sebab Akibat.
2. Melakukan interview dengan beberapa pihak terkait masalah yang terjadi.
3. Membuat tabel FMEA resiko aktual.
4. Membuat pembahasan.

4. Fase *IMPROVE*

1. Membuat tabel FMEA tindakan resiko.
2. Membuat kesimpulan.
3. Menyerahkan hasil penelitian kepada pihak perusahaan sebagai rekomendasi untuk melakukan perbaikan.



BAB IV PENGOLAHAN DATA & PEMBAHASAN

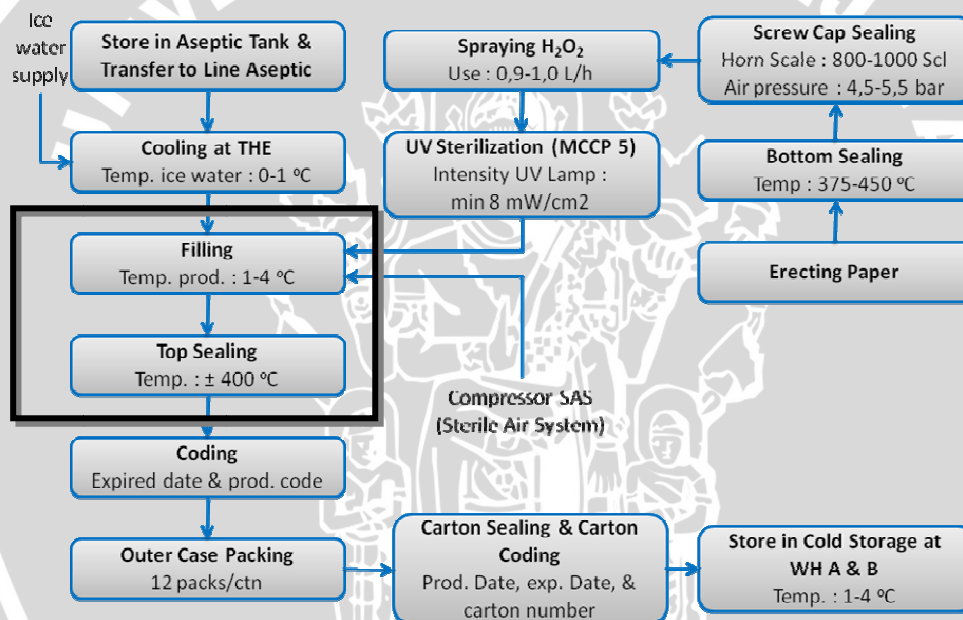
Tahapan siklus DMAIC pada metode *Six Sigma* yang akan diterapkan pada proses *filling* produksi susu Greenfields di PT. Greenfields Indonesia adalah sebagai berikut:

4.1 Tahap Define

Tahap *Define* merupakan tahap pertama dari siklus DMAIC. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap *define* antara lain adalah :

4.1.1 Mendefinisikan Peta Proses

Peta proses operasi yang menggambarkan proses *filling* produksi susu Greenfields di PT. Greenfields Indonesia digambarkan pada gambar 4.1, berikut :



Gambar 4.1 Peta Proses *Filling* Produksi Susu Greenfields
Sumber : PT. GREENFIELDS INDONESIA (2011)

4.1.2 Tahapan Proses Produksi

Tahapan proses *filling* produksi susu ESL Greenfields meliputi :

1. *Erecting Paper*

Kemasan yang masih berbentuk lembaran mulai dimasukkan ke dalam mesin dan pada proses ini lembaran tersebut dibentuk menjadi kemasan susu.

2. *Bottom Sealing*

Proses *sealing* bagian bawah kemasan dengan temperatur antara 375-450°C. Pada proses ini awal mulanya adalah memanaskan bagian bawah yang

nantinya akan ditekuk, setelah dipanaskan bagian bawah tersebut ditekuk sesuai pola yang sudah ditentukan dan terakhir disegel.

3. *Screw Cap Sealing*

Tahap selanjutnya adalah pemasangan tutup kemasan. Pada proses ini menggunakan bantuan mesin *screw cap applicator*. Skala yang digunakan adalah 800-1.000 Scl dan tekanan udara 4,5-5,5 bar.

4. *Spraying H₂O₂*

Kemasan susu disemprot larutan H₂O₂ bertujuan untuk mematikan bakteri yang terdapat pada kemasan. Kapasitas larutan yang disemprotkan adalah 0,9-1,0 L/h.

5. *UV Sterilization (MCCP 5)*

Ini merupakan tahap kedua dalam upaya membunuh bakteri pada kemasan. Intensitas cahaya UV adalah 8 mW/cm².

6. *Filling*

Proses memasukkan susu ke dalam kemasan. Susu yang sudah melalui proses UHT dimasukkan ke dalam kemasan dengan temperatur yang dikontrol antara 1-4°C. Susu tersebut berasal dari *Store in Aseptic Tank* yang kemudian didinginkan di dalam *Turbuler Heat Exchanger* dengan temperatur pendinginan 0-1°C. Pada saat yang bersamaan dengan susu yang dimasukkan ke dalam *pack*, disemprotkan uap panas melalui *Compressor Sterile Air System*. Hal ini bertujuan agar susu yang masuk ke dalam kemasan tidak terkontaminasi udara luar.

7. *Top Sealing*

Ini merupakan proses menutup bagian atas *pack*. Prosesnya hampir sama dengan *Bottom Sealing* tapi sedikit berbeda pada urutan prosesnya. Pada proses ini bagian atasnya ditekuk terlebih dahulu sesuai pola kemudian setelah itu dipanaskan dan terakhir dilakukan proses *sealing*. Temperatur pemanasan adalah $\pm 400^{\circ}\text{C}$.

8. *Coding*

Setelah semua proses di atas selesai, tahap selanjutnya adalah memberikan tanggal kadaluarsa dan tanggal produksi.

9. *Outer Case Packing*

Pada tahap ini kemasan yang sudah jadi dimasukkan ke dalam kardus. Kapasitas kardus adalah 12 *pack*.

10. Carton Sealing & Carton Coding

Kardus yang sudah terisi kemudian disegel dan dilakukan proses coding terkait tanggal produksi, tanggal kadaluarsa dan nomor kardus.

11. Store in Cold Storage at WH A & B

Kardus kemudian di tempatkan di tempat penyimpanan yaitu di *Ware House* A & B dengan suhu ruangan 1-4°C.

4.1.3 Analisis Pareto

Dari tahun ke tahun jumlah *defect* tidak menunjukkan penurunan, sehingga penelitian memfokuskan pembahasan pada proses *filling*. Berikut data *defect* produk selama tahun 2009 – 2011 (sampai dengan bulan Mei 2011) :

Tabel 4.1 Data *Defect* Produk Selama Tahun 2009 – 2011 (*pack*)

Produksi	Tahun		
	2009	2010	2011
Total Produksi	16.492.862	19.575.672,88	6.394.679
<i>Defect</i>	6.000	8.119	3.576

Sumber : PT. Greenfields Indonesia (2011)

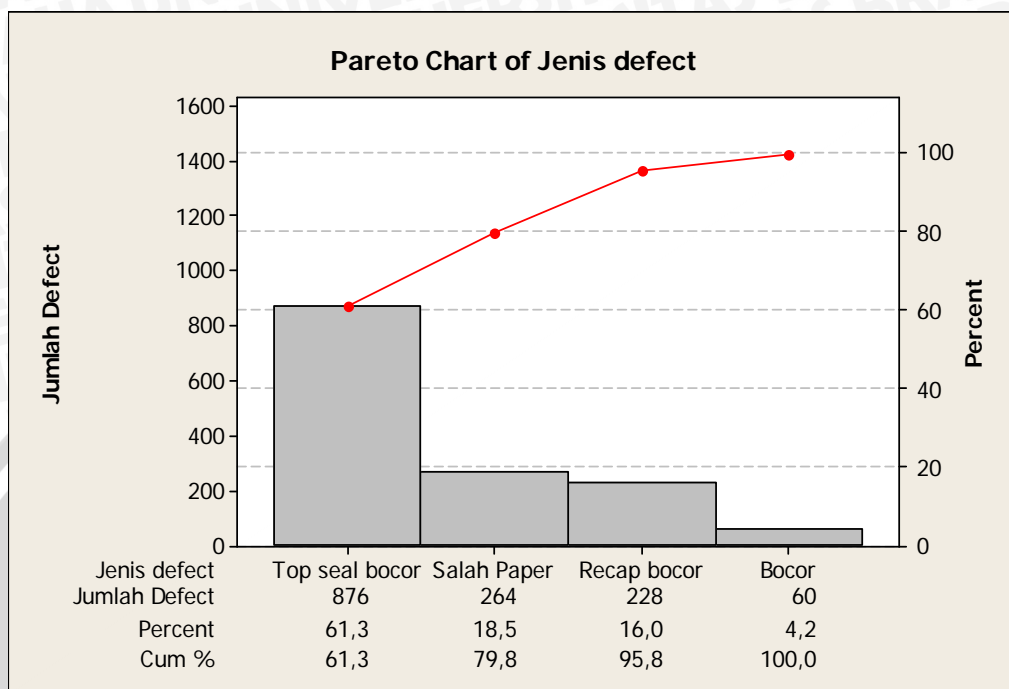
Pada tabel 4.1 tersebut dapat dilihat bahwa prosentase *defect* PT. Greenfields Indonesia dari tahun ke tahun tidak mengalami penurunan. Hal ini menandakan bahwa upaya yang dilakukan untuk mengatasi setiap masalah yang terjadi agar tidak terjadi pada proses selanjutnya masih lemah. Dengan menggunakan metode *Six Sigma* harapannya terjadi penurunan prosesntase jumlah *defect* yang terjadi serta bisa meningkatkan efisiensi perusahaan daripada sebelumnya.

Berdasarkan *defect* yang sering muncul sejak bulan Januari-Mei 2011, maka didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.2 *Defect* Atribut produk susu Greenfields

No	Jenis <i>defect</i>	Jumlah <i>Defect</i> (<i>pack</i>)	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	<i>Defect of Top Seal</i>	876	61,3	61,3
2	Salah <i>Paper</i>	264	18,5	79,8
3	<i>Recap</i> bocor	228	16,0	95,8
4	Bocor	60	4,2	100
	Total	1.428	100	

Dari data pada tabel 4.2 tersebut dapat digambarkan dengan diagram pareto di bawah ini:



Gambar 4.2 Diagram Pareto untuk Produk Cacat Atribut

Dari diagram pareto pada Gambar 4.2 tersebut, 3 defect tertinggi dari defect pada produk dapat dilihat bahwa 80 % defect yang terjadi pada produk berasal dari defect *Top Seal* 61,3 %, *Salah Paper* 18,5 % , dan 16,0 % untuk *Recap Bocor*. Sebagaimana hal tersebut di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan usaha perbaikan proses yang difokuskan untuk mengurangi defect yang berupa *defect Top Seal*.

4.2 Tahap Measure

4.2.1 Identifikasi CTQ

Sebagaimana sebuah proyek, proyek DMAIC pada tahap *Define* juga mempunyai tujuan yang ingin dicapai yang selanjutnya disebut “Proyek Perbaikan”. Proyek perbaikan dikembangkan dari CTQ proyek yang bersumber dari *voice of customer*. CTQ proyek dan proyek Y yang menjadi tujuan dari siklus DMAIC dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.3 CTQ Proyek dan Proyek dari *Voice of Customer*.

Proyek 'Y'	CTQ	Spesifikasi	Obyek
Produk susu Greenfields	1. <i>Top Seal</i>	1. Produk keadaan baik dan tidak ada kerusakan fisik	<i>Top Seal</i> susu Greenfields (ESL).
	2. <i>Paper produk</i>	2. <i>Paper</i> sesuai dengan jenis susu	<i>Paper</i> susu Greenfields (ESL)..
	3. <i>Recap</i>	3. Produk keadaan baik dan tidak ada kerusakan fisik.	<i>Recap</i> susu Greenfields (ESL).
	4. Bocor	4. Produk keadaan baik dan tidak ada kerusakan fisik.	Kerusakan produk

Sumber: PT. Greenfields Indonesia

Dari tabel 4.3 tersebut dapat diketahui bahwa yang menjadi *Critical to Quality* proyek berdasarkan *Voice of Customer* adalah 1) *Top seal*, 2) *Paper produk*, 3) *Recap* dan 4) Kebocoran di luar spesifikasi tiga point sebelumnya. Hal ini yang akan menjadi proyek *six sigma* dalam upaya untuk menjaga produk agar tidak terjadi *defect* yang terkait dengan keempat point CTQ di atas.

4.2.2 Defect Atribut Kebocoran *Top Seal*

Pada proses *filling* selama penelitian terdapat beberapa *defect top seal* bocor. Berikut data *top seal* bocor selama bulan Januari – Mei 2011 :

Tabel 4.4. Data Kebocoran akibat *Defect of Top Seal (pack)*

No.	Produk Susu	Jumlah Produksi	Defect
1	GREENFIELDS ESL 1000 SKIM IP HK	5016	396
2	GREENFIELDS ESL 1000 SKIM IP HK	3696	324
3	GREENFIELDS ESL 1000 FULL CREAM IP EXP	14676	118
4	GREENFIELDS ESL 1000 FULL CREAM IP EXP	2832	22
5	GREENFIELDS ESL 1000 FULL CREAM IP EXP	2172	16

Sebelum dianalisis lebih lanjut, data pada tabel 4.4 diuji terlebih dahulu apakah memenuhi kecukupan data atau tidak. Data dikatakan memenuhi kecukupan data jika n hasil penghitungan dengan menggunakan persamaan 2.1

lebih kecil daripada jumlah produksi. Hasil uji kecukupan data adalah sebagai berikut :

$$n = \left[\frac{Z_{\alpha/2}}{\omega} \right] p \cdot q \quad (2.1)$$

$$n = \left[\frac{1,96}{0,05} \right] 0,5 \cdot 0,5 = 10$$

Berdasarkan pengujian kecukupan data di atas, didapatkan nilai n sebesar 10, dimana nilai n tersebut lebih kecil daripada jumlah produksi yang diteliti. Sehingga, dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa kecukupan data telah terpenuhi karena jumlah data yang penulis analisa sejumlah 28.392 data.

Proses analisis berikutnya adalah dengan menggunakan *Control Chart* (*p-chart* dan *np-chart*). Berikut control chart yang dibentuk berdasarkan pada data hasil pengamatan :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1}^g n_i} = \frac{876}{28.392} = 0,030854 \quad (2.3)$$

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.4)$$

$$LCL_1 = 0,030854 - 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{5.016}} = 0,023529$$

$$LCL_2 = 0,030854 - 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{3.696}} = 0,022321$$

$$LCL_3 = 0,030854 - 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{14.676}} = 0,026572$$

$$LCL_4 = 0,030854 - 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{2.832}} = 0,021106$$

$$LCL_5 = 0,030854 - 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{2.172}} = 0,019723$$

Batas kendali bawah (LCL) yang digunakan adalah batas yang paling rendah (bernilai paling kecil), yakni $LCL_5 = 0,0197$

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2.5)$$

$$UCL_1 = 0,030854 + 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{5.016}} = 0,038178$$

$$UCL_2 = 0,030854 + 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{3.696}} = 0,039387$$

$$UCL_3 = 0,030854 + 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{14.676}} = 0,035136$$

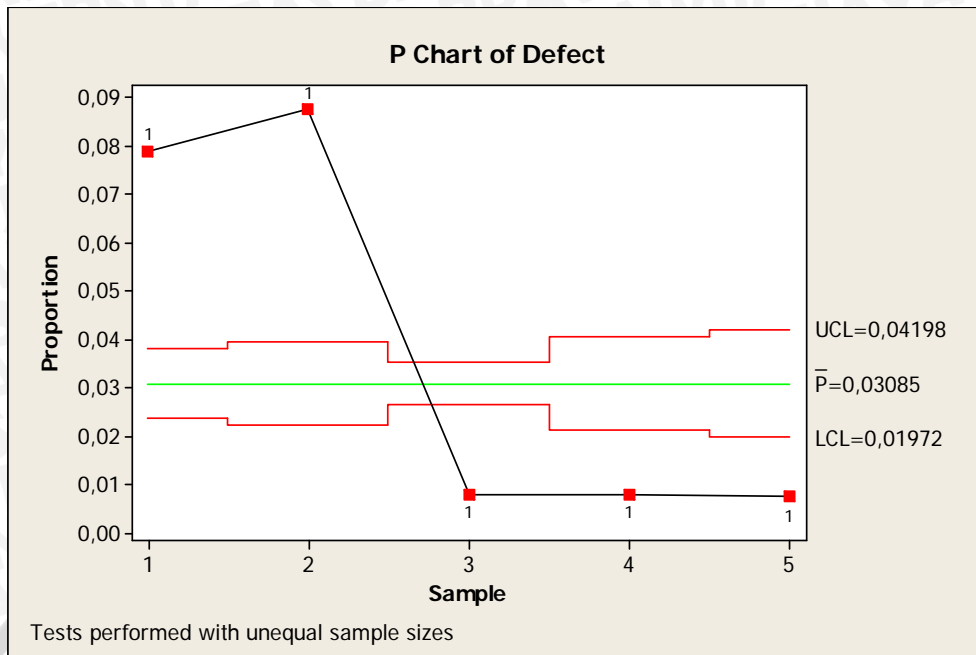
$$UCL_4 = 0,030854 + 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{2.832}} = 0,040602$$

$$UCL_5 = 0,030854 + 3\sqrt{\frac{0,030854(1-0,030854)}{2.172}} = 0,041985$$

Batas kendali atas (UCL) yang digunakan adalah batas yang paling tinggi (bernilai paling tinggi), yakni $UCL_5 = 0,041985$

Tabel 4.5 Penghitungan batas kendali bawah (LCL) dan batas kendali atas (UCL) P Chart

No.	Produk Susu	Jumlah Produksi	Defect	p	LCL	UCL
1	GREENFIELDS ESL 1.000 SKIM IP HK	5.016	396	0,078947	0,023529	0,038178
2	GREENFIELDS ESL 1.000 SKIM IP HK	3.696	324	0,087662	0,022321	0,039387
3	GREENFIELDS ESL 1.000 FULL CREAM IP EXP	14.676	118	0,00804	0,026572	0,035136
4	GREENFIELDS ESL 1.000 FULL CREAM IP EXP	2.832	22	0,007768	0,021106	0,040602
5	GREENFIELDS ESL 1.000 FULL CREAM IP EXP	2.172	16	0,007366	0,019723	0,041985
	Total	28.392	876			



Gambar 4.3 Diagram p-chart untuk produk cacat atribut

Berdasarkan pada P-chart pada Gambar 4.3 dapat dijelaskan bahwa proses *filling* susu Greenfields memiliki kualitas yang tidak baik karena *defect top seal* tidak terpusat pada garis kendali. Selama pengamatan *defect of top seal* berada di luar garis kendali, baik garis kendali atas maupun garis kendali bawah. Sehingga proses *filling* harus diperbaiki kualitasnya terutama pada permasalahan *defect of top seal*..

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1}^g n_i} = \frac{876}{28.392} = 0,030854 \quad (2.6)$$

$$\bar{np}_1 = 5.016 * 0,030854 = 154,7625$$

$$\bar{np}_2 = 3.696 * 0,030854 = 114,0355$$

$$\bar{np}_3 = 14.676 * 0,030854 = 452,8098$$

$$\bar{np}_4 = 2.832 * 0,030854 = 87,37785$$

$$\bar{np}_5 = 2.172 * 0,030854 = 67,01437$$

\bar{np} yang digunakan adalah \bar{np} yang bernilai paling rendah, yakni

$$\bar{np}_5 = 67,01437$$

Karena nilai np yang paling rendah berada pada pengamatan ke-5, maka Batas Kendali Bawah dan Batas Kendali Atas yang digunakan adalah batas kendali pada pengamatan ke-5.

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{(n\bar{p})(1-\bar{p})} = 67,01437 - 3\sqrt{(67,01437)(1-0,030854)} = 42,83751$$

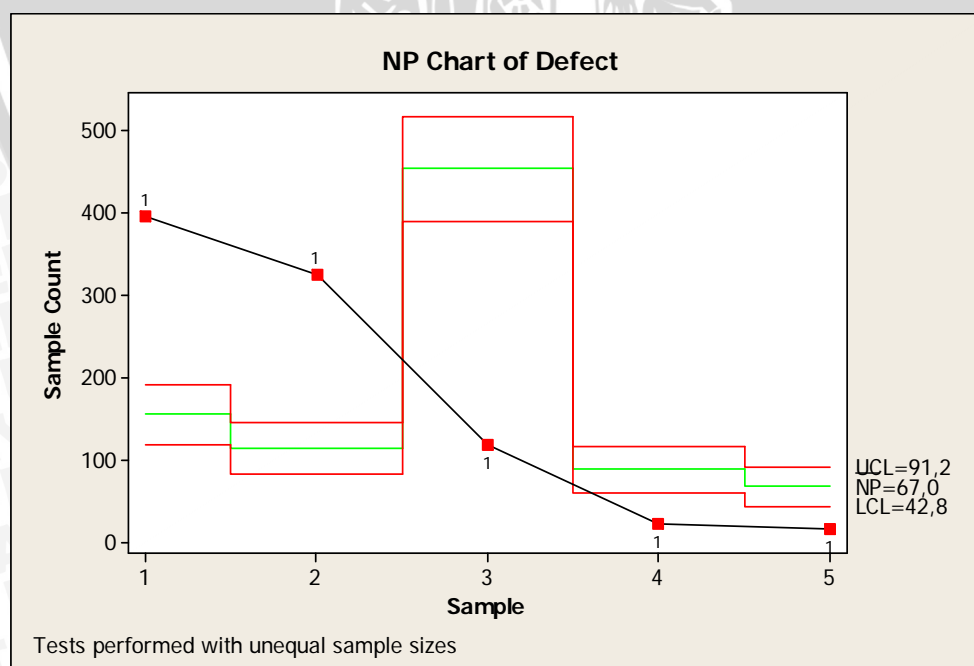
(persamaan 2.7)

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{(n\bar{p})(1-\bar{p})} = 67,01437 + 3\sqrt{(67,01437)(1-0,030854)} = 91,19123$$

(persamaan 2.8)

Tabel 4.6 Penghitungan batas kendali bawah (LCL) dan batas kendali atas (UCL) NP Chart

No.	Produk Susu	Jumlah Produksi	Defect	p	np	LCL	UCL
1	GREENFIELDS ESL 1.000 SKIM IP HK	5.016	396	0,078947	154,7625	30,27356	103,7552
2	GREENFIELDS ESL 1.000 SKIM IP HK	3.696	324	0,087662	114,0355	35,47624	98,5525
3	GREENFIELDS ESL 1.000 FULL CREAM IP EXP	14.676	118	0,00804	452,8098	4,168923	129,8598
4	GREENFIELDS ESL 1.000 FULL CREAM IP EXP	2.832	22	0,007768	87,37785	39,40754	94,6212
5	GREENFIELDS ESL 1.000 FULL CREAM IP EXP	2.172	16	0,007366	67,01437	42,83751	91,19123
	Total	28.392	876				



Gambar 4.4 Diagram Np chart untuk produk cacat atribut

Berdasarkan pada NP-chart pada Gambar 4.4 dapat dijelaskan bahwa proses *filling* susu Greenfields memiliki kualitas yang tidak baik karena *top seal* bocor tidak terpusat pada garis kendali. Selama pengamatan *top seal* bocor berada di luar garis kendali, baik garis kendali atas maupun garis kendali bawah. Sehingga proses *filling* harus diperbaiki kualitasnya terutama pada permasalahan *top seal* bocor.

4.2.3 Penghitungan DPMO dan Nilai Sigma

Berdasarkan pada tabel 4.3 data defect akibat *top seal* bocor, dapat dihitung nilai DPO dan DPMO sebagai berikut :

$$DPO = \frac{\sum \text{defect}}{\sum \text{Unit Diperiksa} \times CTQ} \quad (2.2)$$

$$DPO = \frac{876}{28.392 \times 1} = 0,03085$$

$$DPMO = DPO \times 10^6$$

$$DPMO = 0,03084 \times 10^6 = 30.853,76$$

Dari penghitungan nilai DPMO di atas, didapatkan nilai DPMO proses *filling* sebesar 30.853,76. Jika nilai DPMO tersebut dikonversikan ke dalam tabel konversi DPMO, didapatkan nilai *sigma* sebesar 3,37.

4.3 Tahap Analyze

Tahap *Analyze* bertujuan untuk menguji data yang dikumpulkan pada fase *Measure* untuk menentukan daftar prioritas dari sumber variasi.

4.3.1 Failure Modes Effect and Analysis (FMEA) Resiko Aktual

Karena penelitian merupakan proyek DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*) pertama yang dilakukan pada proses ini, maka seperti disebutkan sebelumnya tidak dapat dihindari bahwa perbaikan yang dilakukan merupakan hal yang mendasar pada perusahaan. Target utama dalam proyek DMAI pertama ini adalah menciptakan suatu sistem (proses) yang stabil dan tentunya dengan kapabilitas proses yang meningkat.

Penetapan angka pada tabel 4.7 “Tabel FMEA Resiko Aktual” berdasarkan pada teori di Bab II pada point 2.6 tentang *Failure Mode and Effect Analysis*

(FMEA) halaman 20-25. Penetapan angka *Severity* berdasarkan pada tabel 2.7 “Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Severity of Effect* dalam FMEA *Process*”. Sedangkan penetapan *Occurance* berdasarkan pada tabel 2.8 “*Automotive Industry Action Group (AIAG) Occurrence Rating*” begitu juga dengan *Detection* berdasarkan pada tabel 2.9 “*Automotive Industry Action Group (AIAG) Detection Rating*”. Dari ketiga angka tersebut didapat hasil RPN (*Risk Priority Number*) yang merupakan perkalian dari angka *Severity* x *Occurance* x *Detection*. RPN merupakan nilai atau bobot akhir dari data resiko aktual. semakin besar nilai RPN-nya maka semakin besar pula resiko aktualnya.

Severity menunjukkan tingkat keseriusan dari kegagalan, semakin besar nilai yang diberikan maka semakin besar pula tingkat keseriusannya. Tingkat keseriusan ini berdasarkan pada sejauh mana efek yang ditimbulkan terhadap proses produksi. Angka *severity* pada *defect of top seal* pada penelitian ini yaitu 8. Hal ini karena *defect* ini mempunyai efek major pada lini produksi yang menyebabkan terhentinya proses produksi. Selain itu jika terjadi *defect of top seal* maka mengharuskan 100 % produk tersebut harus dirombak dan kehilangan fungsi utamanya.

Occurance menunjukkan frekuensi kejadian yang terjadi. semakin besar nilai yang diberikan maka semakin sering pula kejadiannya. Dalam hal ini berarti sesering apakah penyebab tersebut dalam menyebabkan *defect*. Karena data yang ada tidak menjelaskan detail terkait penyebab *defect of top seal* maka penilaian berdasarkan analisa yang dilakukan melalui beberapa sumber data yang didapatkan.

- a. *Defect of top seal* yang disebabkan areal *seal* basah berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *occurance* 6 yang masuk dalam kategori sedang. Hal ini didasarkan karena penyebab ini berhubungan dengan proses sebelumnya yaitu adanya cairan susu dan penyebab tersebut mempunyai dampak besar terhadap proses selanjutnya yaitu pembentukan *top sealing*. Selain karena adanya cairan susu penyebab lain yang mempengaruhi area *seal* basah yaitu *rubber nozzle* bocor dan *UPV Valve* rusak atau sudah aus.
- b. *Defect of top seal* yang disebabkan susu membasahi area *seal* berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *occurance* 5 yang masuk dalam kategori sedang. Hal ini didasarkan karena penyebab ini berhubungan dengan

proses sebelumnya yaitu adanya cairan susu dan penyebab tersebut mempunyai dampak besar terhadap proses selanjutnya yaitu pembentukan *top sealing*.

- c. *Defect of top seal* yang disebabkan *pressure* tidak sesuai dan panas tidak merata berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *occurance* 7. Hal ini didasarkan karena penyebab ini yang paling sering menyebabkan *defect* sehingga masuk dalam kategori tinggi dan penyebab ini berhubungan dengan proses sebelumnya yaitu pada saat setting mesin yang kurang tepat yang menyebabkan tekanan *Top Squeezer Pressure* terkadang melebihi atau kurang dari standard. Terkait panas pada *Top Squeezer* tidak merata, ini disebabkan oleh beberapa hal diantaranya 1) *Heater* kotor; 2) posisi *Heater* tidak pas; c) posisi *Top Squeezer* tidak pas.
- d. *Defect of top seal* yang disebabkan suhu ruangan lembab berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *occurance* 5 yang masuk dalam kategori sedang. Hal ini didasarkan karena penyebab ini berhubungan dengan proses sebelumnya terkait pengkondisian *paper* untuk kemasan produk. Jika salah dalam melakukan pengkondisian awal maka bisa menyebabkan *defect*.
- e. *Defect of top seal* yang disebabkan *paper* lembab berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *occurance* 4 yang masuk dalam kategori sedang. Hal ini didasarkan karena penyebab ini berhubungan dengan proses sebelumnya yang salah dalam mengkondisikan *paper* sehingga menyebabkan lembab.
- f. *Defect of top seal* yang disebabkan *water cooler* panas berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *occurance* 6 yang masuk dalam kategori sedang. Hal ini didasarkan karena penyebab ini berhubungan dengan proses sebelumnya yaitu penyumbatan pada sirkulasi air es yang menuju *water cooler*.

Detection kemampuan sistem untuk mendeteksi terjadinya cacat atau kegagalan. Nilai yang kecil menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kegagalan dengan cepat dan akurat.

- a. Sistem pendeteksi jika terjadi penyebab *defect* berupa areal *seal* basah, susu membasahi area *seal* dan paper lembar adalah menggunakan *Quality Control System* yang dilakukan oleh operator. Berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *detection* 5. Hal ini didasarkan karena kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan dalam kategori sedang. Karena tingkat kecepatan dan akurasinya dinilai masih belum maksimal

untuk mendeteksi kegagalan sehingga masih terjadi kemungkinan *defect* tersebut masih lolos dari pengamatan.

- b. Sistem pendeteksi jika terjadi penyebab *defect* berupa *pressure* tidak sesuai, panas tidak merata dan *water cooler* panas adalah menggunakan *Alarm System*. Berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *detection* 5. Hal ini didasarkan karena kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan dalam kategori tinggi. Karena tingkat kecepatan dan akurasi dinilai maksimal untuk mendeteksi kegagalan yang terjadi.
- c. Sistem pendeteksi jika terjadi penyebab *defect* berupa suhu ruangan lembab adalah menggunakan *Thermometer* dan *Hygrometer System*. Berdasarkan analisa yang dilakukan mempunyai nilai *detection* 4. Hal ini didasarkan karena kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan dalam kategori agak tinggi. Karena tingkat kecepatan dan akurasi dinilai belum maksimal untuk mendeteksi kegagalan yang terjadi.

FMEA dilakukan dengan *brainstorming* bersama pihak perusahaan atau dalam hal ini dengan bagian *product engineering* (PE) yang berkompeten dalam hal proses. Hal-hal yang dibahas dalam FMEA resiko aktual ini adalah mengenai penyebab kegagalan dikarenakan *defect of Top Seal* sehingga menyebabkan kebocoran pada proses *filling*.



Tabel 4.7 Tabel FMEA Resiko Aktual

Resiko Aktual										
Aliran proses	Tujuan	Jenis kegagalan	Dampak Kegagalan pada: A. <i>Customer</i> B. proses selanjutnya		Severity	Penyebab kegagalan	Occurrence	Sistem apa yang bisa mendeteksi kegagalan?	Detection	RPN
Line 1	Proses filling	Defect of Top Seal	B	Produk <i>Reject</i> dan tidak lolos proses selanjutnya	8	<i>Machine</i> Areal <i>seal</i> basah	6	<i>QC/Operator</i>	5	240
						<i>Material (susu)</i> Produk membasahi area <i>seal</i>	5	<i>QC/Operator</i>	5	200
						<i>Machine</i> <i>Pressure</i> tidak sesuai	7	<i>Alarm System</i>	3	168
						<i>Machine</i> Panas tidak merata	7	<i>Alarm System</i>	3	168
						<i>Environment</i> Suhu ruangan lembab	5	<i>Thermomete+ Hygrometer</i>	4	160
						<i>Material (pack)</i> <i>Paper</i> lembab	4	<i>QC/Operator</i>	5	160
						<i>Machine</i> <i>Water cooler</i> panas	6	<i>Alarm System</i>	3	144

Berdasarkan analisa menggunakan tabel 4.7 FMEA resiko aktual ada tiga penyebab utama yang menyebabkan terjadinya *defect of top seal*. Tiga faktor utama tersebut meliputi faktor 1) Mesin, 2) Material dan 3) Lingkungan. Ketiga faktor tersebut akan menjadi fokus pembahasan untuk menentukan apa yang menjadi akar permasalahan dan mencari solusi yang tepat bagaimana agar permasalahan tersebut tidak terulang lagi pada proses produksi selanjutnya melalui tabel FMEA perbaikan.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dari faktor mesin terdapat empat penyebab yang menjadi sumber masalah terjadinya *defect*. Keempat masalah tersebut meliputi

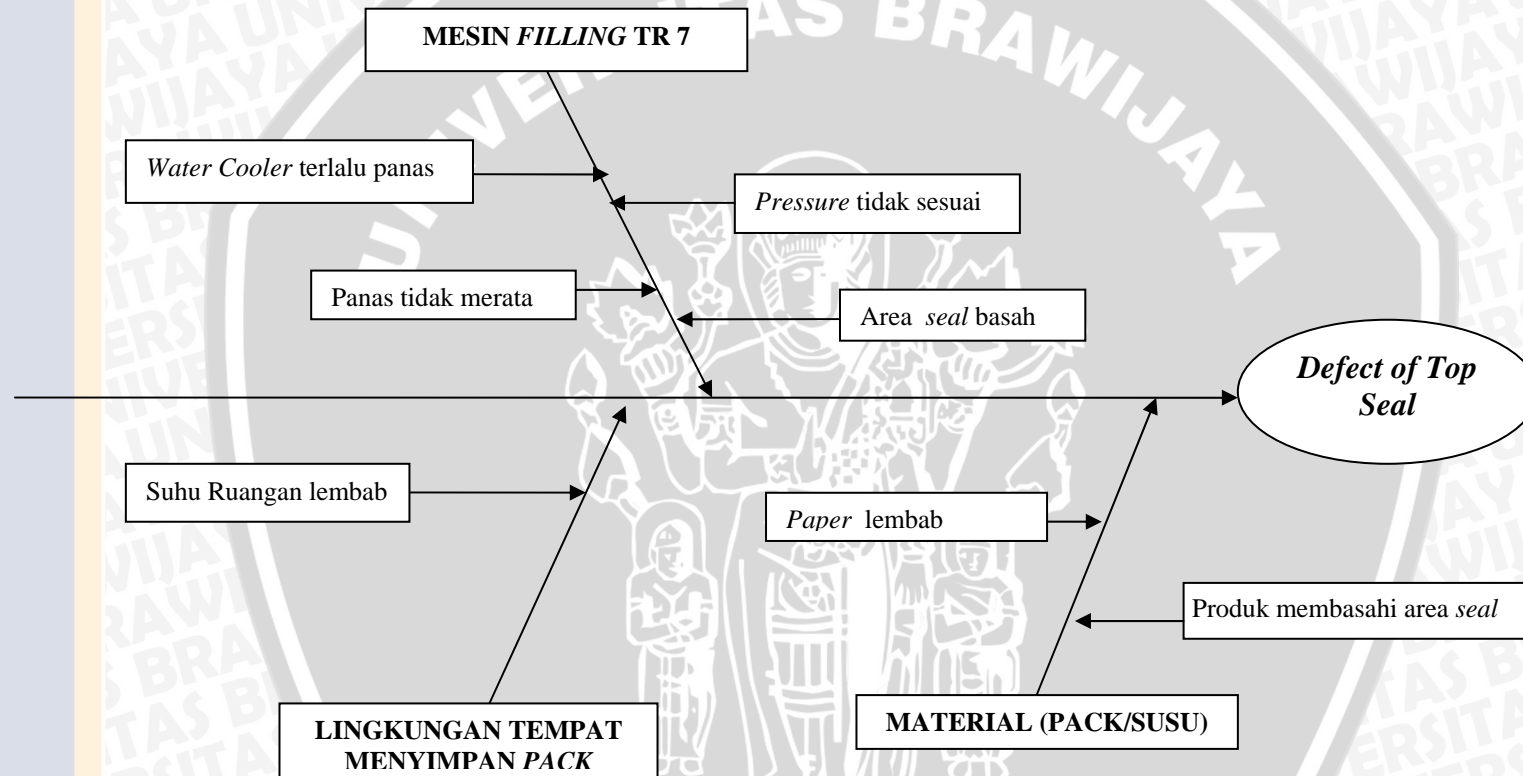
- a) *Pressure* tidak sesuai, *Top Squeezer Pressure* terkadang kurang dan suatu waktu juga lebih.
- b) Panas pada *Top Squeezer* tidak merata, ini disebabkan oleh beberapa hal diantaranya 1) *Heater* kotor; 2) posisi *Heater* tidak pas; c) posisi *Top Squeezer* tidak pas.
- c) Area *seal* basah, hal ini disebabkan karena *Rubber nozzle* bocor dan *UPV Valve* rusak atau sudah aus. Hal lain yang bisa menyebabkan area *seal* basah adalah terjadinya *splashing* dari produk saat proses *filling* terjadi.
- d) *Water cooler* terlalu panas, hal ini disebabkan karena penyumbatan pada sirkulasi air es yang menuju *water cooler*.

Faktor kedua yang menjadi faktor penyebab *defect* adalah faktor material. Material yang dimaksud dalam hal ini ada 2 macam yaitu material susu yang menyebabkan terjadinya *splashing* dan material *paper* yang kondisinya lembab sehingga menyebabkan proses *filling* tidak sempurna.

Faktor ketiga yang menjadi penyebab terjadinya *defect* adalah faktor lingkungan. Lingkungan tempat penyimpanan yang lembab mengakibatkan *paper* menjadi lembab pula.

4.3.2 Diagram Sebab Akibat

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dalam tahap ini dilakukan analisis terhadap faktor penyebab terjadinya *defect* dengan menggunakan Diagram Sebab Akibat.



Gambar 4.5 Diagram Sebab Akibat *Defect of Top Seal*

Dari hasil analisis menggunakan Diagram sebab akibat menggambarkan hubungan karakteristik dan faktor penyebab kecacatan, sumber-sumber penyebab kecacatan timbul dari:

1. Material

a. Produk membasahi area *seal*

Ini dikarenakan terjadi produk susu berbusa sehingga membasahi area *seal* dan berdampak pada proses *sealing* yang tidak sempurna karena adanya cairan. Produk berbusa diindikasikan terjadi masalah saat proses UHT sehingga masalah disana yang perlu diselesaikan terlebih dahulu. Jika masih belum ada solusi maka akan berdampak pada proses selanjutnya.

b. *Paper* lembab

Hal ini akan berdampak besar saat proses *filling*. *Pack* yang lembab akan mudah rusak. Kondisi lingkungan sekitar yang dingin akan mempunyai pengaruh jika *paper* tidak dikondisikan sesuai prosedur. Hal ini diindikasikan karena *paper reconditioning* kurang lama atau minimal 5 hari. Diusulkan membuat ruang ber-AC sebagai tempat *reconditioning*.

2. Environment

Ruang penyimpanan material lembab, menyebabkan *paper* lembab. *Paper* seharusnya disimpan dalam ruang tertutup; Diusulkan untuk membuat ruang berAC, sebagai tempat *reconditioning paper* ESL

3. Machine

a. *Water cooler* terlalu panas.

Penyebabnya adalah air es tidak bisa sirkulasi (tidak mengalir) atau *pressure*-nya berkurang sehingga menyebabkan *cooler* terhambat.

b. Area *seal* basah

Hal ini dikarenakan terjadi kebocoran pada *rubber nozzle*, sehingga menyebabkan produk menetes dan berakibat pada proses *sealing* tidak bisa berjalan dengan sempurna dikarenakan adanya cairan. Penyebab lainnya adalah UPV *valve* yang tidak bekerja dengan baik sehingga

menyebabkan terjadinya kebocoran. Selain itu ada satu penyebab lagi yaitu *product splash*.

c. Panas tidak merata

Hal ini bisa dikarenakan *heater* kotor yang disebabkan oleh *deposit product splash* yang menempel di *heater* dan *heater position* tidak pas serta *Top Squeezer Position* tidak pas. Tidak meratanya panas sangat memberikan efek terhadap proses hasil *sealing*. Sehingga kemungkinan terjadi *defect* semakin besar pula.

d. *Pressure* tidak sesuai

Yang dimaksud tidak sesuai adalah *Top Squeezer Pressure* kurang/lebih. *Pressure* kurang berakibat *blocked seal* sedangkan *pressure* lebih berakibat sobek pada *pack*.

4.4 Tahap *Improve*

Setelah akar penyebab dari akar masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas. Langkah-langkah untuk melaksanakan peningkatan kualitas dengan menggunakan tabel FMEA (*Failure Modes Effect and Analysis*) perbaikan.

Tindakan *Improve* ini didasarkan pada hasil analisa pada tabel FMEA resiko aktual. Dari penyebab kegagalan yang diketahui tersebut dirancang suatu upaya perbaikan agar kebocoran akibat *defect of Top Seal* tidak terjadi lagi pada proses *filling* selanjutnya. Dengan demikian diharapkan bisa meningkatkan efisiensi produksi pada PT. Greenfields Indonesia.

4.4.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) perbaikan

FMEA dilakukan dengan *brainstorming* bersama pihak perusahaan atau dalam hal ini dengan bagian *product engineering* (PE) yang berkompeten dalam hal proses. Hal-hal yang dibahas dalam FMEA ini adalah mengenai penyebab kegagalan dan tindakan yang harus dilakukan untuk mengatasi atau mencegah kegagalan tersebut.

Tabel 4.8 Tabel FMEA Perbaikan

Resiko Aktual			Tindakan resiko								
Jenis kegagalan	Penyebab kegagalan	RPN	Tindakan yang disarankan	Pelaksana	waktu		Hasil	Severity	Occurrence	Detection	RPN
					Mulai	selesai					
1	<i>Defect of Top seal</i>	240	<ul style="list-style-type: none"> • Ganti <i>rubber nozzle</i> secara periodic • Periodik <i>maintenance</i> 	Operator, mekanik dan QC operator	Periodik, saat kejadian	Saat kondisi normal	Proses <i>sealing</i> sempurna	8	6	5	240
	<i>Material (susu) Produk membasahi area seal</i>										

Resiko Aktual			Tindakan resiko								
Jenis kegagalan	Penyebab kegagalan	RPN	Tindakan yang disarankan	Pelaksana	waktu		Hasil	Severity	Occurrence	Detection	RPN
					Mulai	selesai					
1	<i>Defect of Top seal</i>	168	<ul style="list-style-type: none"> • Periodik <i>maintenance</i> 	Operator, mekanik dan QC operator	Periodik, saat kejadian	Saat kondisi normal	Pressure terkontrol	8	7	3	168
	<i>Machine</i> Panas tidak merata		168	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cleaning & periodic maintenance</i> pada <i>heater</i> • Verifikasi posisi <i>Squeezer</i> oleh teknisi sebelum jalan 	Operator, mekanik dan QC operator	Periodik, saat kejadian	Saat kondisi normal	Panas terkontrol	8	7	3
	<i>Environment</i> Suhu ruangan lembab	96	<ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan ruang penyimpanan khusus untuk <i>paper</i> ESL yang dilengkapi AC (15°C-25°C) dengan kelembapan udara 30-60% • Sambil menunggu untuk sementara <i>paper</i> dipastikan disimpan dalam ruang tertutup 	Operator, mekanik dan QC operator	Periodik	Saat kondisi normal	Suhu ruangan terkontrol	8	5	4	160

Resiko Aktual			Tindakan resiko								
Jenis kegagalan	Penyebab kegagalan	RPN	Tindakan yang disarankan	Pelaksana	waktu		Hasil	Severity	Occurrence	Detection	RPN
					Mulai	selesai					
1	<i>Defect of Top seal</i>	160	<ul style="list-style-type: none"> Membuat ruang ber-AC yang representative sebagai tempat <i>reconditioning paper</i> ESL (15°C-25°C) selama 5 hari penyimpanan dengan kelembapan udara 30-60% 	Operator, mekanik dan QC operator	Periodik, saat kejadian	Saat kondisi normal	<i>Paper</i> dalam kondisi baik	8	4	5	160
	<i>Machine Water cooler</i> panas		144	<ul style="list-style-type: none"> Pasang pompa <i>di line return</i> air es. Periodik <i>maintenance line cooler</i> Penambahan kran untuk <i>maintenance</i> 	Operator, mekanik dan QC operator	Periodik, saat kejadian	Saat kondisi normal	Aliran <i>water cooler</i> lancar	8	6	3

Tabel 4.8 FMEA perbaikan tersebut dibuat berdasarkan masalah yang didapat pada proses identifikasi pada tahap FMEA resiko aktual dan diagram *fishbone*. Masalah-masalah tersebut kemudian dianalisa dan dengan melibatkan pihak yang berhubungan dengan proses produksi tersebut.

Perbaikan yang menjadi prioritas utama adalah yang memiliki nilai RPN tertinggi karena menandakan masalah tersebut lebih urgent untuk segera diatasi. Berikut ini adalah penjelasan dari tabel FMEA perbaikan pada tabel 4.8.

- a) Areal *seal* basah, hal ini akan sangat berpengaruh pada proses *sealing top fin*. Maka dari itu setelah diketahui penyebab masalah tersebut yang diindikasikan penyebabnya adalah *Rubber nozzle* bocor dan *UPV Valve* rusak atau sudah aus. Maka perlu dilakukan penggantian *Rubber Nozzle* dan *Valve* secara periodik. Perusahaan menetapkan standard yaitu setiap 6 bulan sekali. Selain itu perlu juga dilakukan *maintenance* secara berkala untuk mengantisipasi jika terjadi hal yang di luar dugaan maka memungkinkan bisa diganti lebih awal dari standard yang telah ditentukan.
- b) Perbaikan kedua yang perlu dilakukan adalah perbaikan pada faktor material. Material dalam hal ini adalah susu. Susu tersebut membasahi areal *sealing* dikarenakan terjadi *splashing* pada saat proses *filling*. *Splashing* ini dikarenakan adanya busa pada susu tersebut. Masalah ini berhubungan juga dengan proses sebelumnya. Dari analisa yang dilakukan akar permasalahan ini bukan terjadi di proses *filling* melainkan terjadinya pada UHT area. Sehingga berimbas pada proses selanjutnya yaitu di proses *filling*. Maka dari itu yang pertama kali harus dilakukan adalah mencari penyebab kenapa produk tersebut berbusa dan itu menjadi tanggung jawab manajemen di UHT area. Selain itu langkahantisipasi yang bisa dilakukan adalah dengan cara membuang angin di bagian *filter TA Flex 2* pada UHT area.
- c) *Pressure* tidak sesuai yang berakibat pada hasil *sealing* menjadi tidak sempurna. Jika *pressure* kurang menyebabkan terjadinya *blocked seal* sedangkan jika *pressure* melebihi batas yang ditentukan akan

menyebabkan terjadinya sobek. Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu dilakukan *maintenance* secara berkala setiap 100 jam dan melakukan *Cleaning* mesin setiap hari setelah selesai produksi. Dengan begitu *pressure* mesin akan terkontrol dan paling tidak akan meminimalisir terjadinya kebocoran akibat *defect of top seal*.

- d) Panas tidak merata, seperti penyebab sebelumnya, kali ini juga berpengaruh signifikan pada hasil *sealing top fin*. Diindikasikan hal ini disebabkan oleh 1) *Heater* kotor, 2) posisi *Heater* tidak pas dan c) posisi *Top Squeezer* tidak pas. Maka dari itu perlu dilakukan *Cleaning* dan *maintenance* secara periodik. *Heater* yang kotor tentu akan mempengaruhi transfer panas yang digunakan pada *Top Squeezer*. Selain itu perlu dilakukan verifikasi posisi *Top Squeezer* oleh teknisi sebelum mesin dijalankan. Dengan beberapa rancangan perbaikan tersebut diharapkan kesalahan yang terjadi pada proses sebelumnya tidak terulang kembali sehingga tidak lagi ditemui *defect* serupa.
- e) Faktor selanjutnya yang menjadi penyebab terjadinya kebocoran akibat *defect of top seal* adalah faktor lingkungan. Lingkungan yang dimaksud dalam hal ini adalah suhu dan kelembapan udara pada ruangan tempat menyimpan *paper*. Suhu ruangan yang lembab otomatis akan mempengaruhi *paper* yang disimpan di dalam ruang tersebut. Perbaikan yang disarankan pada tahap ini adalah pembuatan ruang khusus untuk penyimpanan paper ESL yang dilengkapi dengan AC. *Paper* yang digunakan pada produk ESL berbeda dengan paper produk yang lain. Sehingga membutuhkan perlakuan yang berbeda pula. Sambil menunggu terealisasinya saran tersebut maka sebaiknya paper disimpan di dalam ruang yang tertutup. Temperature ruangan ideal adalah 15°C-25°C dengan kelembapan udara 30-60%.
- f) Faktor material lain yang juga menjadi penyebab terjadinya *defect of top seal* adalah material *paper*. *Paper* yang lembab disebabkan karena lingkungan yang lembab selain itu disebabkan karena *paper reconditioning* kurang lama/tidak sesuai standar minimal 5 hari akan mempengaruhi hasil *sealing*. Sehingga upaya yang disarankan adalah

dengan cara membuat ruangan ber-AC yang representative sebagai tempat *reconditioning paper* ESL serta benar-benar menjalankan standar yang telah ditentukan yaitu melakukan proses *reconditioning* selama minimal 5 hari.

- g) *Water cooler* terlalu panas, berdasarkan analisa yang dilakukan masalah ini disebabkan karena terjadinya penyumbatan pada sirkulasi air es yang menuju *water cooler*. Air es yang seharusnya menuju *Water cooler* terlebih dahulu menjadi bongkahan es sehingga menyebabkan supplay air menjadi berkurang dan hal itu menyebabkan *water cooler* menjadi panas. Maka dari itu perlu dipasang pompa di line *return* air es sekaligus dilakukan *maintenance* secara periodik pada line *cooler* untuk mengantisipasi terjadinya penyumbatan. Agar aliran semakin lancar maka perlu penambahan kran khusus yang menuju ke *water cooler*.

Berdasarkan nilai RPN pada analisa melalui tabel 4.8 FMEA perbaikan dapat disimpulkan bahwa penyebab dominan kebocoran akibat *defect of Top Seal* adalah dikarenakan oleh

1. Area *seal* basah
2. Susu yang membasahi area *seal*
3. *Pressure* pada *Top Squeezer* tidak sesuai
4. Panas yang tidak merata pada *Top Squeezer*
5. Suhu ruangan yang lembab
6. Paper lembab
7. *Water cooler* yang terlalu panas.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan karakteristik kualitas yang paling kritis (CTQ) dari proses *filling* susu Greenfields diketahui bahwa persentase kebocoran akibat *defect of Top seal* adalah sebanyak 61,3% dari total *defect* sejumlah 1.428 *pack*. Dari hasil analisis menggunakan diagram sebab akibat dan tabel FMEA menggambarkan hubungan karakteristik dan faktor penyebab kecacatan, sumber-sumber penyebab kecacatan disebabkan oleh beberapa faktor di bawah ini :

- a) Faktor Mesin

- a. *Water cooler* terlalu panas.
- b. *Area seal* basah
- c. Panas tidak merata
- d. *Pressure* tidak sesuai

- b) Faktor Lingkungan dikarenakan ruang penyimpanan material *paper* terlalu lembab.

- c) Material

- a. Susu membasahi area *seal*
- b. *Paper* lembab

Adapun nilai *Sigma* dari *defect of Top Seal* dari hasil perhitungan maka dapat diperoleh nilai level *sigma* dengan DPMO 30.853,76 ialah 3,37.

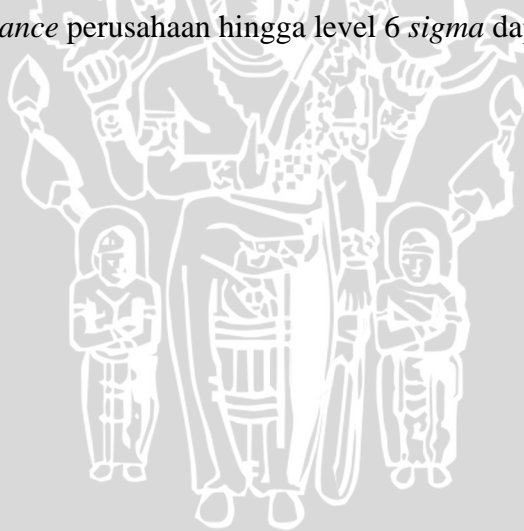
2. Berdasarkan nilai RPN pada analisa melalui tabel 4.8 FMEA perbaikan dapat disimpulkan bahwa penyebab dominan pada kebocoran akibat *defect of Top Seal* adalah dikarenakan oleh

- a) *Area seal* basah
- b) Susu yang membasahi area *seal*
- c) *Pressure* pada *Top Squeezer* tidak sesuai
- d) Panas yang tidak merata pada *Top Squeezer*
- e) Suhu ruangan yang lembab
- f) *Paper* lembab
- g) *Water cooler* yang terlalu panas.

5.2 Saran

Saran yang diberikan pada bagian ini ditujukan untuk pihak perusahaan dan untuk penelitian lebih lanjut yang lebih baik, antara lain:

- a) Penulis menyarankan kepada manajemen PT. Greenfields Indonesia agar hasil penelitian yang telah penulis lakukan bisa menjadi rekomendasi dalam upaya untuk memperbaiki efisiensi produksi di PT. Greenfields Indonesia melalui upaya untuk meminimalisir *defect* yang terjadi dengan menggunakan metode *six sigma*.
- b) Pada penelitian ini karena adanya berbagai keterbatasan, maka tidak dilakukan proses penerapan dari rancangan *Improve* dan proses *Control* serta perhitungan terhadap biaya berkenaan dengan perbaikan yang dilakukan maupun keuntungan yang didapatkan bila proyek ini berhasil. Oleh karena itu disarankan untuk menyertakan pula faktor biaya dari proyek *Six Sigma* pada penelitian selanjutnya.
- c) Proyek *Six Sigma* ini sangat mungkin untuk diterapkan pada proses produksi yang lain, dan merupakan keuntungan apabila proyek yang dijalankan berjalan dengan baik. Dengan harapan nantinya jika diterapkan secara terus- menerus dapat meningkatkan *performance* perusahaan hingga level 6 *sigma* dapat terpenuhi.



DAFTAR PUSTAKA

- Anang Hidayat. 2007. *Strategi Six Sigma*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Brue, Greg. 2002. *Six Sigma for Managers : Dasar- dasar Six Sigma, memilih orang dan proyek, menerapkan metodologi dan penerapan*. Jakarta : Canary.
- Cholid Narbuko. 2002. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Dale H. Bestefield. 1994. *Quality Control*. New Jersey : Prenticice – Hall International, Inc.
- Dorothea Wahyu Ariani. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: ANDI.
- Ishikawa. 1982. *Fish Bone Diagram*. Tokyo: Tokyo University.
- Mangala D. *Six Sigma Secara Sederhana*. [http:// www.isixsigma.com/](http://www.isixsigma.com/). (diakses tanggal 20 September 2011)
- Montgomery, Douglas C. 1990. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Noor Achmadi. 2009. *Peningkatan Kualitas Produk "X" Dengan Menggunakan Metode Six Sigma*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Pande S.P., Robert P. Neuman, Ronald R. Cavanagh. 2000. *The Six Sigma Way – Bagaimana GE, Motorola, dan Perusahaan Terkenal lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Yogyakarta: ANDI.
- Pizdek, Thomas. 2002. *The Six Sigma Hand Book*. Jakarta: Salemba Empat.
- PT. Greenfields Indonesia. 2011. *Data Produksi tahun 2011*. Malang: PT. Greenfields Indonesia.
- Rath & Strong's. 2005. *Six Sigma Advanced Tools*. Yogyakarta: ANDI.
- Singgih Santoso. 2007. *Total Quality Management (TQM) dan Six Sigma*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Spiegel, Murray R. 1995. *Theory and Problem of Statistic. 2nd Rev. Edition S.I. Edition- (Schaum's Outline Series)*. Singapore: Mc.Graw Hill.
- Sudjana. 1995. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Tetra Pak. 2011. *Mesin Tetra Pak*. <http://www.tetrapack.com> (diakses tanggal 26 September 2011)
- Tri Wijaya Kusuma. 2008. *Penerapan Metode Six Sigma Untuk Peningkatan Kualitas Hasil Proses Produksi Kapsul Lunak Yodiol*. Malang: Universitas Brawijaya.

Turner, Wayne C., Joe H. Mize, Kenneth E. case dan John W. Nazemetz. 1993.

Pengantar Teknik dan Sistem Industri. Surabaya: Guna Widya.

Vincent Gaspersz. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*.

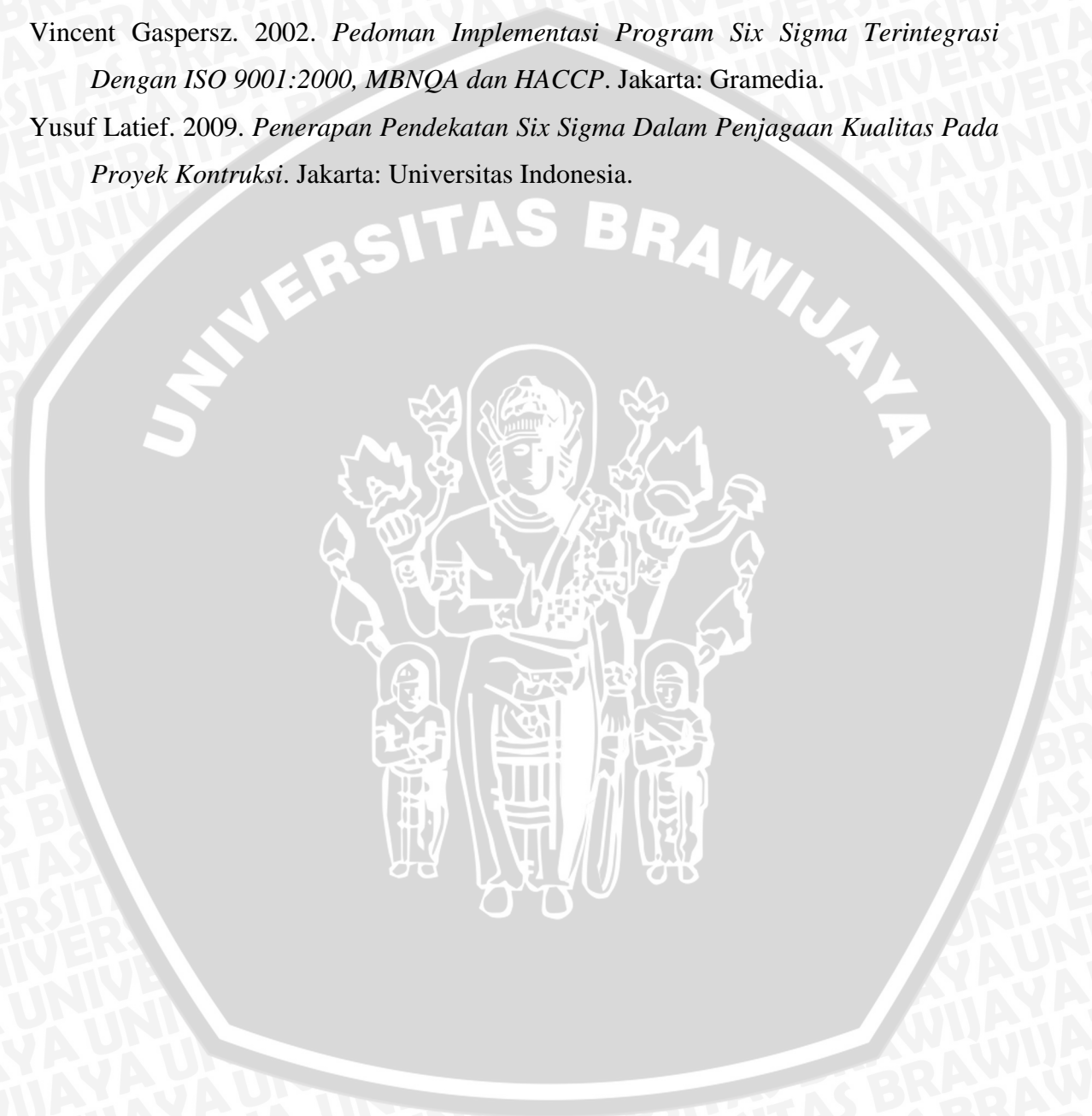
Jakarta: Gramedia.

Vincent Gaspersz. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi*

Dengan ISO 9001:2000, MBNQA dan HACCP. Jakarta: Gramedia.

Yusuf Latief. 2009. *Penerapan Pendekatan Six Sigma Dalam Penjagaan Kualitas Pada*

Proyek Kontruksi. Jakarta: Universitas Indonesia.



Lampiran 1. Foto Produk Susu Greenfields



Produk susu Geenfields ESL



Produk susu Geenfields UHT

Lampiran 1 (Lanjutan)



Produk susu Geenfields Whipping Cream

Lampiran 2. Foto Uji *Defect of Top Seal*



Langkah 1. Potong bagian atas kemasan tersebut



Langkah 2. Cuci bersih bagian atas



Langkah 3. Keringkan bagian yang dicuci



Langkah 4. Tuangkan tinta uji



Langkah 5. Setelah 10 menit buang tinta uji

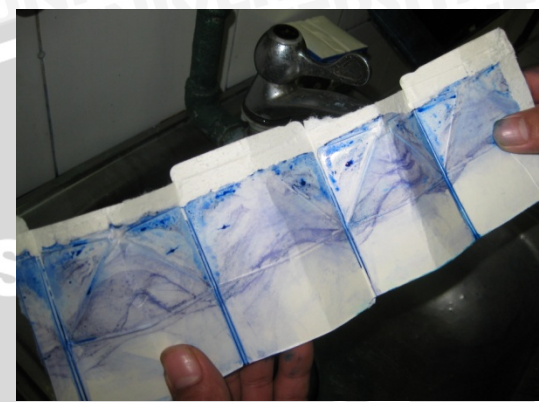


Langkah 6. Buka *top sealing*

Lampiran 2 (Lanjutan)



Langkah 7. Amati bagian top sealing



Langkah 8. Top sealing tidak ada cacat



Lampiran 3

Konversi Nilai DPMO ke Nilai Sigma

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.386	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.563	0,53	833.977	1,04	677.242	1,55	480.061
0,03	929.219	0,54	831.472	1,05	673.645	1,56	476.078
0,04	927.855	0,55	828.944	1,06	670.031	1,57	472.097
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	666.402	1,58	468.119
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.144
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.172
0,08	922.196	0,59	818.589	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.850	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.656	0,64	805.106	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.505
0,15	911.492	0,66	799.546	1,17	629.300	1,68	428.576
0,16	909.877	0,67	796.731	1,18	625.516	1,69	424.655
0,17	908.241	0,68	793.892	1,19	621.719	1,70	420.740
0,18	906.582	0,69	791.030	1,20	617.911	1,71	416.834
0,19	904.902	0,70	788.145	1,21	614.092	1,72	412.936
0,20	903.199	0,71	785.236	1,22	610.261	1,73	409.046
0,21	901.475	0,72	782.305	1,23	606.420	1,74	405.165
0,22	899.727	0,73	779.350	1,24	602.568	1,75	401.294
0,23	897.958	0,74	776.373	1,25	598.706	1,76	397.432
0,24	896.165	0,75	773.373	1,26	594.835	1,77	393.580
0,25	894.350	0,76	770.350	1,27	590.954	1,78	389.739
0,26	892.512	0,77	767.305	1,28	587.064	1,79	385.908
0,27	890.651	0,78	764.238	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169
0,33	878.999	0,84	745.373	1,35	559.618	1,86	359.424
0,34	876.976	0,85	742.154	1,36	555.670	1,87	355.691
0,35	874.928	0,86	738.914	1,37	551.717	1,88	351.973
0,36	872.857	0,87	735.653	1,38	547.758	1,89	348.268
0,37	870.762	0,88	732.371	1,39	543.795	1,90	344.578
0,38	868.643	0,89	729.069	1,40	539.828	1,91	340.903
0,39	866.500	0,90	725.747	1,41	535.856	1,92	337.243
0,40	864.334	0,91	722.405	1,42	531.881	1,93	333.598
0,41	862.143	0,92	719.043	1,43	527.903	1,94	329.969
0,42	859.929	0,93	715.661	1,44	523.922	1,95	326.355
0,43	857.690	0,94	712.260	1,45	519.939	1,96	322.758
0,44	855.428	0,95	708.840	1,46	515.953	1,97	319.178
0,45	853.141	0,96	705.402	1,47	511.967	1,98	315.614
0,46	850.830	0,97	701.944	1,48	507.978	1,99	312.067
0,47	848.495	0,98	698.468	1,49	503.989	2,00	308.538
0,48	846.136	0,99	694.974	1,50	500.000	2,01	305.026
0,49	843.752	1,00	691.462	1,51	496.011	2,02	301.532
0,50	841.345	1,01	687.933	1,52	492.022	2,03	298.056

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Lampiran 3 (Lanjutan)

Konversi Nilai DPMO ke Nilai Sigma

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	14.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.429	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,43	26.803	3,94	7.344
2,42	178.786	2,93	76.359	3,44	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.216	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Lampiran 3 (Lanjutan)

Konversi Nilai DPMO ke Nilai Sigma

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4.940	4,59	1.001	5,10	159	5,61	20
4,09	4.799	4,60	968	5,11	153	5,62	19
4,10	4.661	4,61	936	5,12	147	5,63	18
4,11	4.527	4,62	904	5,13	142	5,64	17
4,12	4.397	4,63	874	5,14	136	5,65	17
4,13	4.269	4,64	845	5,15	131	5,66	16
4,14	4.145	4,65	816	5,16	126	5,67	15
4,15	4.025	4,66	789	5,17	121	5,68	15
4,16	3.907	4,67	762	5,18	117	5,69	14
4,17	3.793	4,68	736	5,19	112	5,70	13
4,18	3.681	4,69	711	5,20	108	5,71	13
4,19	3.573	4,70	687	5,21	104	5,72	12
4,20	3.467	4,71	664	5,22	100	5,73	12
4,21	3.364	4,72	641	5,23	96	5,74	11
4,22	3.264	4,73	619	5,24	92	5,75	11
4,23	3.167	4,74	598	5,25	88	5,76	10
4,24	3.072	4,75	577	5,26	85	5,77	10
4,25	2.980	4,76	557	5,27	82	5,78	9
4,26	2.890	4,77	538	5,28	78	5,79	9
4,27	2.803	4,78	519	5,29	75	5,80	9
4,28	2.718	4,79	501	5,30	72	5,81	8
4,29	2.635	4,80	483	5,31	70	5,82	8
4,30	2.555	4,81	467	5,32	67	5,83	7
4,31	2.477	4,82	450	5,33	64	5,84	7
4,32	2.401	4,83	434	5,34	62	5,85	7
4,33	2.327	4,84	419	5,35	59	5,86	7
4,34	2.256	4,85	404	5,36	57	5,87	6
4,35	2.186	4,86	390	5,37	54	5,88	6
4,36	2.118	4,87	376	5,38	52	5,89	6
4,37	2.052	4,88	362	5,39	50	5,90	5
4,38	1.988	4,89	350	5,40	48	5,91	5
4,39	1.926	4,90	337	5,41	46	5,92	5
4,40	1.866	4,91	325	5,42	44	5,93	5
4,41	1.807	4,92	313	5,43	42	5,94	5
4,42	1.750	4,93	302	5,44	41	5,95	4
4,43	1.695	4,94	291	5,45	39	5,96	4
4,44	1.641	4,95	280	5,46	37	5,97	4
4,45	1.589	4,96	270	5,47	36	5,98	4
4,46	1.538	4,97	260	5,48	34	5,99	4
4,47	1.489	4,98	251	5,49	33	6,00	3
4,48	1.441	4,99	242	5,50	32		
4,49	1.395	5,00	233	5,51	30		
4,50	1.350	5,01	224	5,52	29		
4,51	1.306	5,02	216	5,53	28		
4,52	1.264	5,03	208	5,54	27		
4,53	1.223	5,04	200	5,55	26		
4,54	1.183	5,05	193	5,56	25		
4,55	1.144	5,06	185	5,57	24		
4,56	1.107	5,07	179	5,58	23		
4,57	1.070	5,08	172	5,59	22		
4,58	1.035	5,09	165	5,60	21		

Catatan: Tabel konversi ini Mencakup pergeseran 1,5-sigma untuk semua nilai Z

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)