

**ANALISIS PENERAPAN SIX SIGMA UNTUK MENGURANGI
DEFECT OF TRANSVERSAL SEAL BLOCKED (TS BLOCKED) PADA
PROSES FILLING SUSU REALGOOD
(STUDI KASUS DI PT GREENFIELDS INDONESIA)**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

BENI WIDODO
NIM. 0610620032-62

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

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PENERAPAN *SIX SIGMA* UNTUK MENGURANGI *DEFECT OF TRANSVERSAL SEAL BLOCKED (TS BLOCKED)* PADA *PROSES FILLING SUSU REALGOOD* (STUDI KASUS DI PT GREENFIELDS INDONESIA)

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

BENI WIDODO
NIM. 0610620032-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Tjuk Oerbandono, MSc. CSE
NIP. 19670923 199303 1 002

Ir. Erwin Sulisty, MT
NIP. 19661213 199802 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENERAPAN *SIX SIGMA* UNTUK MENGURANGI *DEFECT OF TRANSVERSAL SEAL BLOCKED (TS BLOCKED)* PADA PROSES *FILLING* SUSU REALGOOD (STUDI KASUS DI PT GREENFIELDS INDONESIA)

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Disusun oleh :

BENI WIDODO
NIM. 0610620032-62

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 Defect of Transversal Blocked (TS Blocked) Pada Proses Filling Susu Realgood**”.

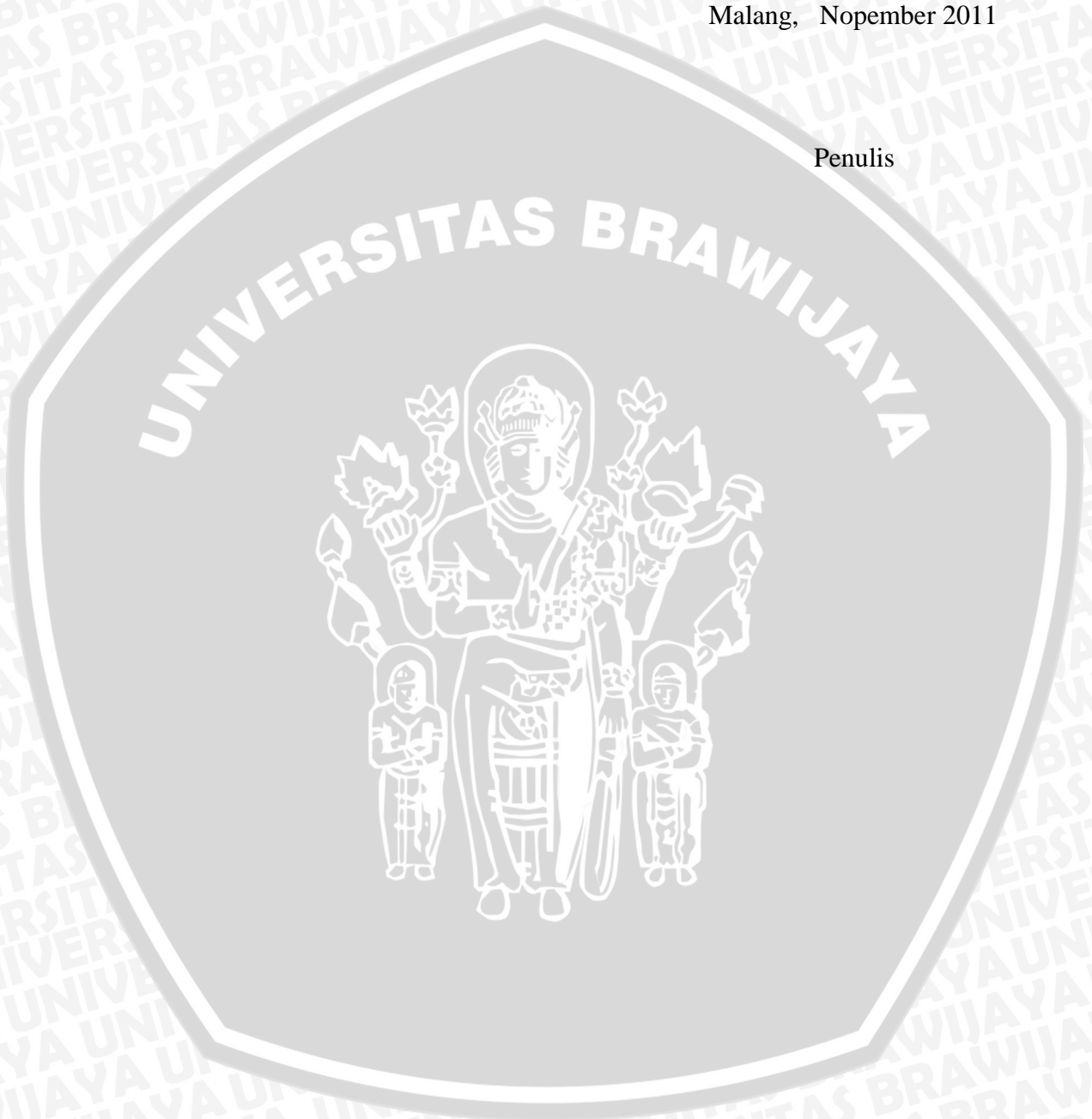
Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung atau tidak langsung membantu menyelesaikan skripsi ini dengan baik :

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 dan dosen pembimbing pertama yang banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang membangun bagi penulis..
4. Bapak Ir. Erwin Sulisty, MT selaku dosen pembimbing kedua yang banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang membangun bagi penulis
5. Bapak Kasirun, Ibu Gemiat, serta keluarga di Nganjuk yang telah memberikan dukungan moril dan materiil, serta nasehat yang sangat berarti sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Fajar Nur Prabowo, selaku Manajer Departemen *Quality Assurance* yang banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang membangun dalam penelitian.
7. Bapak Adi Nugroho selaku Staf Departemen *Quality Assurance* yang banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang membangun dalam penelitian.
8. Teman seperjuangan Agung Setyabudi yang telah bekerjasama, saling membantu dari awal sampai akhir dalam penelitian dan penyelesaian skripsi ini
9. Teman-teman kontrakan, 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, Nopember 2011

Penulis



DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR TABEL | v |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR LAMPIRAN | vii |
| RINGKASAN | viii |
| 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 Terdahulu | 4 |
| 2.2. <i>Six Sigma</i> | 5 |
| 2.2.1. Konsep <i>Six Sigma</i> Motorola | 5 |
| 2.2.2. Konsep Dasar <i>Six Sigma</i> | 7 |
| 2.3. Proses DMAIC..... | 9 |
| 2.3.1. Tahap <i>Define</i> (Mendefinisikan)..... | 9 |
| 2.3.2. Tahap <i>Measure</i> (Mengukur) | 11 |
| 2.3.3. Tahap <i>Analyze</i> (Menganalisa) | 14 |
| 2.3.4. Tahap <i>Improve</i> (Meningkatkan) | 16 |
| 2.3.5. Tahap <i>Control</i> (Mengendalikan) | 16 |
| 2.4. <i>Failure Mode and Effect Analyze</i> (FMEA)..... | 17 |
| 2.4.1. Sejarah FMEA | 17 |
| 2.4.2. Dasar FMEA | 17 |
| 2.4.3. Pengertian FMEA | 18 |
| 2.4.4. Tujuan FMEA | 18 |
| 2.4.5. Menentukan <i>Severity, Occurrence, Detection</i> dan RPN..... | 21 |
| 2.5. Alat Pengolah Data Statistik | 25 |
| 2.6. Proses <i>Filling</i> Susu Realgood | 25 |
| 2.7. <i>Defect of Transversal Seal Blocked</i> (TS Blocked) | 30 |



| | |
|---|----|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 32 |
| 3.1. Jenis Penelitian | 32 |
| 3.2. Metode Pengumpulan Data | 32 |
| 3.3. Waktu dan Tempat Penelitian..... | 33 |
| 3.4. Prosedur Penelitian | 33 |
| 3.5. Diagram Alir Penelitian | 34 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1. Tahap <i>Define</i> | 37 |
| 4.1.1 Mendefinisikan Tahapan Proses <i>Filling</i> | 37 |
| 4.1.2 Tahapan Proses <i>Filling</i> | 39 |
| 4.1.3 Menentukan Permasalahan yang terjadi pada Proses <i>Filling</i> | 40 |
| 4.1.4 Analisis Pareto | 41 |
| 4.1.5 Identifikasi CTQ (<i>Critical to Quality</i>) | 43 |
| 4.2. Tahap <i>Measure</i> | 43 |
| 4.2.1 Defect Atribut TS <i>Blocked</i> | 43 |
| 4.2.2 Penghitungan DPMO dan Nilai Sigma..... | 47 |
| 4.3. Tahap <i>Analyze</i> | 48 |
| 4.3.1 <i>Failure mode and Effect Analyze</i> (FMEA)..... | 48 |
| 4.3.2 Diagram Sebab Akibat | 50 |
| 4.4. Tahap <i>Improve</i> | 52 |
| BAB V PENUTUP | 55 |
| 5.1. Kesimpulan | 55 |
| 5.2. Saran | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| No. | Judul | Halaman |
|-----------|---|---------|
| Tabel 2.1 | Manfaat dan Pencapaian Beberapa Tingkat Sigma | 6 |
| Tabel 2.2 | Perbedaan True 6 – Sigma dengan Motorola’s 6 - Sigma | 8 |
| Tabel 2.3 | Nilai $Z_{(\alpha/2)}$ (Normal Standar) untuk beberapa tingkat kepercayaan | 12 |
| Tabel 2.4 | Hubungan Sigma dengan DPMO | 12 |
| Tabel 2.5 | Contoh Model Tabel FMEA untuk Resiko Aktual | 19 |
| Tabel 2.6 | Contoh Model Tabel FMEA untuk Tindakan Resiko | 20 |
| Tabel 2.7 | Kriteria Evaluasi dan sistem Peringkat untuk <i>Severity of effect</i> dalam FMEA process | 21 |
| Tabel 2.8 | <i>Automotive Industry Action Group (AIAG) Occurrence Rating</i> | 23 |
| Tabel 2.9 | <i>Automotive Industry Action Group (AIAG) Detection Rating</i> | 23 |
| Tabel 4.1 | Data <i>Defect</i> Produk selama Tahun 2009-2011 | 41 |
| Tabel 4.2 | <i>Defect</i> Atribut Produk Susu Realgood | 42 |
| Tabel 4.3 | CTQ Proyek dari <i>Voice of Customer</i> | 43 |
| Tabel 4.4 | Data <i>Defect</i> TS <i>Blocked</i> | 43 |
| Tabel 4.5 | Data <i>Defect</i> TS <i>Blocked</i> dan Perhitungan p, LCL, UCL | 44 |
| Tabel 4.6 | Data <i>Defect</i> TS <i>Blocked</i> dan Perhitungan p, np, LCL, UCL | 46 |
| Tabel 4.7 | Tabel FMEA untuk Resiko Aktual | 49 |
| Tabel 4.8 | Tabel FMEA Perbaikan | 53 |

DAFTAR GAMBAR

| No. | Judul | Halaman |
|------------|---|---------|
| Gambar 1.1 | Prosentase <i>Defect</i> Realgood | 1 |
| Gambar 2.1 | Kurva Distribusi Normal dengan Pergeseran $\pm 1,5$ Sigma | 7 |
| Gambar 2.2 | Diagram Pareto dalam Analisis <i>Defect</i> yang terjadi | 10 |
| Gambar 2.3 | Diagram Sebab-Akibat pada Kasus <i>Defect</i> TS <i>Blocked</i> | 15 |
| Gambar 2.4 | Mesin Tetra Pak A1 | 29 |
| Gambar 2.5 | Gambar <i>Seal</i> yang Baik | 30 |
| Gambar 2.6 | Gambar <i>Seal</i> yang Jelek (TS <i>Blocked</i>) | 31 |
| Gambar 2.7 | Pengujian TS <i>Blocked</i> | 31 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Penelitian | 34 |
| Gambar 3.2 | Siklus DMAIC | 35 |
| Gambar 4.1 | Tahapan Proses <i>Filling</i> Produksi Susu Realgood | 37 |
| Gambar 4.2 | Diagram Pareto <i>Defect</i> Atribut | 42 |
| Gambar 4.3 | Peta Kontrol p <i>Defect</i> TS <i>Blocked</i> | 45 |
| Gambar 4.4 | Peta Kontrol np <i>Defect</i> TS <i>Blocked</i> | 47 |
| Gambar 4.5 | Diagram Sebab Akibat untuk <i>Defect</i> TS <i>Blocked</i> | 50 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No | Judul |
|-------------|--|
| Lampiran 1. | Struktur Organisasi Perusahaan PT. Greenfields Indonesia |
| Lampiran 2. | Jenis-Jenis Produk PT. Greenfields Indonesia |
| Lampiran 3. | Diagram Alir Pengolahan Susu RealGood |
| Lampiran 4. | Diagram Alir Proses Filling (Pengisian) Susu RealGood |
| Lampiran 5. | Tabel Konversi Nilai DPMO ke Nilai Sigma |



RINGKASAN

Beni Widodo, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Nopember 2011, *Analisis Penerapan Six Sigma Untuk Mengurangi Defect of Transversal Seal Blocked (TS Blocked) Pada Proses Filling Susu Realgood Di PT. Greenfields Indonesia, Malang*
Dosen Pembimbing: Tjuk Oerbandono, Erwin Sulistyono

Pada proses *filling* produksi susu Realgood di PT.Greenfields Indonesia kabupaten Malang, ditemukan masalah-masalah yang berhubungan dengan masih tingginya variabilitas *output* produk yang dihasilkan terutama *defect* atribut. *Defect* atribut yang terjadi antara lain, *TS blocked* (49%), *overlap* (15%), salah *paper* (10,2%), *design correction* (9,5%), *paper* sisi LS melepuh (7,2%), LS lari (5,9%) dan *Roller SA* macet (3,2%). Hal ini disebabkan oleh proses *control* kurang baik, yang menyebabkan kondisi *output* produk kurang memenuhi standart minimum *defect* (Spesifikasi).

Untuk pemecahan masalah tersebut, terutama *defect TS Blocked*, akan digunakan metode *Six Sigma* dengan siklus *DMAIC*, dimana tahap pertama yang dilakukan adalah mendefinisikan peta proses dan melakukan analisis Pareto terhadap *defect* yang terjadi (*Define*). Tahap kedua adalah mengidentifikasi *CTQ* (*Measure*). Tahap ketiga adalah menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya *defect TS Blocked* (*Analyze*). Tahap keempat adalah merancang perbaikan proses dengan tabel *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analyze*) sebagai rekomendasi untuk mengurangi *defect TS blocked* (*Improve*).

Dari hasil analisis data proses *filling* bulan Januari-Mei tahun 2011 dengan siklus *DMAIC* diperoleh hasil bahwa nilai sigma untuk *defect* atribut (*TS blocked*) mencapai level 3,64 Sigma (16.153,75 DPMO). Dari tahap *analyze* diketahui bahwa penyebab dari *TS blocked* adalah karena pada mesin terjadi pemanasan yang kurang sempurna, areal seal basah dan pendinginan karbonbras kurang sempurna; pada lingkungan karena pengaruh lingkungan yang kotor; pada material dikarenakan paper rusak yang lolos inspeksi awal; pada operator karena pengaruh seting *TS* tidak sesuai dan pembersihan jaw kurang teliti. Pada tahap *improve defect TS blocked* disarankan dengan tabel *FMEA*.

Kata Kunci : *Six Sigma, FMEA, Transversal Seal Blocked, Filling, DMAIC*

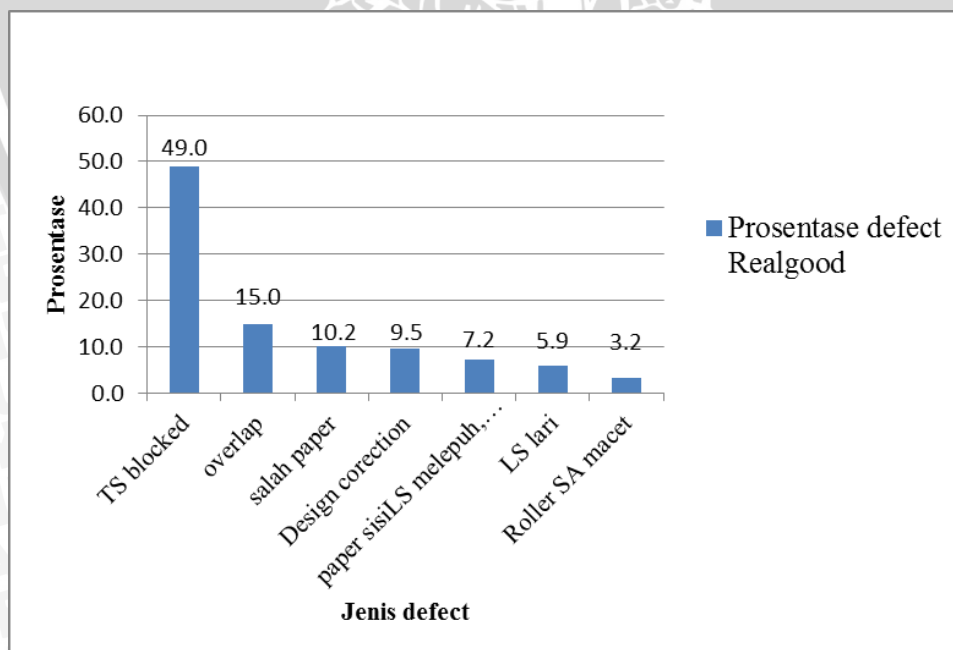
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perusahaan (produsen) harus mampu memberikan kepuasan kepada para konsumen dengan cara memberikan produk atau jasa yang sesuai dengan standar kualitas yang juga sesuai dengan tuntutan pasar/konsumen. Untuk mencapai standar kualitas tersebut perlu adanya pengendalian mutu/kualitas. Produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan akan dapat memberikan dampak yang cukup besar yaitu dapat menekan prosentase dari cacat produk sekecil mungkin.

Proses *filling*/pengemasan susu berfungsi untuk menyiapkan susu siap ditransportasikan, didistribusikan, disimpan, dijual dan dipakai. Adanya wadah atau pembungkus dapat membantu mencegah atau mengurangi kerusakan, melindungi produk yang ada didalamnya, melindungi dari bahaya pencemaran serta gangguan fisik (gesekan, benturan, getaran). Selain itu, dari segi promosi, kemasan juga bisa menjadi daya tarik konsumen.

Dari data proses *filling* tahun 2011 didapatkan berbagai macam *defect* yang terjadi, diantaranya TS (*Transveral Seal*) *bolcked*, *less volume*, *overlap* tidak lengket, salah paper, *top seal* bocor, *design correction* dan sebagainya.



Gambar 1.1 Prosentase *defect* RealGood yang terjadi tahun 2011

Dari gambar 1.1 menunjukkan bahwa prosentase *defect* TS *blocked* paling tinggi dibandingkan dengan prosentase *defect* yang lainnya. Prosentase *defect* TS *blocked* mencapai 49% yang artinya harus menjadi sebuah fokus pertama dalam usaha mengurangi *defect* yang terjadi pada proses *filling*. *Transversal Seal Blocked* (TS *Blocked*) adalah salah satu *defect* yang terjadi pada kemasan susu RealGood yang disebabkan karena proses sealingnya kurang sempurna sehingga mengakibatkan *seal* yang mudah rusak. Jika *seal* mudah rusak, maka kualitas dari produk tersebut akan menjadi rendah dan produknya juga mudah rusak.

PT. Greenfields Indonesia belum optimal dalam menerapkan metode *Six Sigma* sebagai cara pengendalian mutu dalam unit pengolahan susu yang dimilikinya. Pengendalian mutu produk susu UHT (*Ultra High Temperature*) RealGood dilakukan sebagai langkah penerapan metode *Six Sigma*. *Six Sigma* sendiri adalah metode peningkatan kualitas sekaligus strategi bisnis yang diperkenalkan oleh Motorola diakhir tahun 80-an. Tujuan dari *Six Sigma* adalah menghasilkan produk dengan cacat tidak lebih dari 3,4 per juta kesempatan (*defect per million opportunities*). Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis peningkatan kualitas produksi RealGood dengan metode *Six Sigma* terdapat lima tahap yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC). Selain itu pada tahap *improve* akan digunakan tabel FMEA (*Failure Mode and Effect Analyze*) untuk mengetahui penyebab sekaligus pencegahannya dari suatu kegagalan produk.

1.2 Rumusan Masalah

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

- Bagaimana untuk mengetahui faktor-faktor penyebab *defect of TS blocked* dengan menggunakan analisis penerapan *Six Sigma* pada proses *filling* produksi susu Realgood di PT. Greenfields Indonesia?
- Bagaimana mengetahui faktor penyebab yang dominan pada *defect of TS blocked* pada proses *filling* produksi susu Realgood di PT. Greenfields Indonesia?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan solusi dari rumusan masalah diatas 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, kabupaten Malang
2. Data-data untuk penelitian diambil dari tahun 2009, 2010 dan 2011 (Bulan Januari - Mei)
3. Pembahasan ditekankan pada pengendalian *defect TS blocked* yang terjadi pada proses *filling* produk susu RealGood tahun 2011
4. Sebelum proses *filling*, kualitas susu sudah dianggap berkualitas baik
5. Kemasan susu RealGood yang digunakan adalah *Tetra Fino Aseptic* (TFA)
6. Dalam penelitian ini hanya akan dilakukan satu siklus DMAIC sampai tahap rancangan *Improve*.
7. Untuk tindakan perbaikan (*improve*) menggunakan rancangan *tool* FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab *defect of TS blocked* dengan menggunakan analisis penerapan *Six Sigma* serta untuk mengetahui faktor yang dominan penyebab *defect* tersebut pada proses *filling* produksi susu Realgood 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. Sebagai referensi tambahan dalam menerapkan ilmu pengetahuan dan metodologi dalam bidang pengendalian kualitas produk untuk penelitian selanjutnya
3. Sebagai bahan pertimbangan pengendalian kualitas produk pada dunia industri

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Tri Wijaya N. Kusuma, 2008 membahas tentang metode *six sigma*. Studi kasus tersebut dilakukan di PT. Kimia Farma Unit Plant Watudakon. Dari penelitiannya dapat disimpulkan bahwa implementasi kualitas dan *Six Sigma* sangatlah mendukung untuk perbaikan suatu hasil produksi, karena menghasilkan suatu pertimbangan yang sangat baik bagi perusahaan untuk dapat meningkatkan hasil produksi dan menekan nilai cacat, karena dengan metode *Six Sigma* terdapat tahapan-tahapan yang dapat menganalisa semua kemungkinan yang terjadi, serta memberikan *output* yang baik. Dari penelitian ini, 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 terdahulu lainnya yaitu yang dilakukan oleh Noor Achmadi SK, 2009. Studi kasus dilakukan di Pabrik PT. CocaCola Gempol EAST JAVA. Penelitian tersebut juga 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*

Kualitas dalam proses industri ataupun perdagangan berdasar pada tujuan utama dari kesuksesan untuk memperoleh profit dalam memenuhi suatu barang atau jasa yang tepat sesuai dengan keinginan pelanggan. Oleh karena itu kualitas merupakan suatu kesuksesan dari tujuan yang telah disepakati oleh pelanggan dan *supplier*

Melihat dari keberhasilan penggunaan metode *Six Sigma*, maka pada kasus di PT. Greenfields Indonesia ini, perlu dilakukan penerapan metode serupa yaitu penerapan metode *Six Sigma*, karena metode yang digunakan sebelumnya belum memberikan hasil yang optimal terhadap perbaikan proses produksi.

2.2 Six Sigma

2.2.1 Konsep Six Sigma Motorola

Sigma (σ) adalah sebuah abjad Yunani yang menotasikan standar deviasi suatu proses. Standar deviasi mengukur variasi atau jumlah persebaran suatu rata-rata proses. Tingkat kualitas *Sigma* biasanya juga dipakai untuk menggambarkan *output* dari suatu proses. Semakin tinggi tingkat *Sigma* maka semakin kecil cacat yang terjadi dan semakin tinggi kapasitas proses maka semakin rendah variabilitas produk yang dihasilkan.

Six Sigma Motorola merupakan suatu metode atau teknik pengendalian kualitas yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986, yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas. Banyak ahli kualitas menyatakan bahwa metode *Six Sigma* Motorola dikembangkan dan diterima secara luas oleh dunia industri, karena manajemen industri frustrasi terhadap manajemen kualitas yang ada, yang tidak mampu melakukan peningkatan kualitas secara dramatik menuju kegagalan nol (*zero defect*). Banyak sistem manajemen kualitas, seperti: Malcolm Baldrige National Quality Award (MBNQA), ISO 9000 dan lainnya menekankan pada upaya peningkatan terus menerus berdasarkan kesadaran mandiri. Mandiri dari manajemen tanpa memberikan solusi yang ampuh dalam hal terobosan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas secara dramatik menuju tingkat kegagalan nol. Prinsip-prinsip pengendalian dan peningkatan kualitas *Six Sigma* Motorola mampu menjawab tantangan ini dan terbukti perusahaan Motorola mampu mencapai tingkat 3,4 DPMO (*Defect Per Million Opportunities* – kegagalan per sejuta kesempatan). Beberapa keberhasilan Motorola yang patut dicatat dari aplikasi program *Six Sigma* adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan produktifitas rata-rata 12%
2. Penurunan COPQ (*Cost Of Poor Quality*) lebih dari 84%
3. Eliminasi kegagalan dalam proses sekitar 99,7%
4. Penghematan biaya manufakturing lebih dari \$ 11 miliar
5. Peningkatan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 17% dalam penerimaan keuntungan dan harga saham Motorola

Data di Amerika Serikat menunjukkan bahwa apabila perusahaan mulai menerapkan dan memfokuskan seluruh sumber daya pada konsep *Six Sigma*, ia akan memperoleh hasil sebagai berikut:

1. Terjadi peningkatan 1-*Sigma* dari 3-*Sigma* menjadi 4-*Sigma* pada tahun pertama
2. Pada tahun kedua, peningkatan yang terjadi dari 4-*Sigma* menjadi 4,7-*Sigma*
3. Pada tahun ketiga, peningkatan yang terjadi dari 4,7-*Sigma* menjadi 5-*Sigma*
4. Pada tahun keempat, terjadi peningkatan dari 5-*Sigma* menjadi 5,1-*Sigma*
5. Pada tahun-tahun berikutnya, peningkatan rata-rata adalah 0,1-*Sigma* sampai maksimum 0,15-*Sigma* setiap tahun
6. Perusahaan kelas dunia yang peduli dengan kualitas membutuhkan waktu rata-rata 10 tahun untuk beralih dari tingkat operasional 3-*Sigma* (66.810 DPMO – kegagalan per sejuta kesempatan), yang berarti harus terjadi peningkatan sekitar $66.810/3,4 = 19.650$ kali selama 10 tahun ataupun secara rata-rata sekitar 1965 “peningkatan” setiap tahun.
7. Peningkatan dari 3-*Sigma* sampai 4,7-*Sigma* memberikan hasil yang mengikuti kurva eksponensial (mengikuti deret ukur) sedangkan peningkatan dari 4,7-*Sigma* sampai 6-*Sigma* mengikuti kurva linier (mengikuti deret hitung)

Hasil dari peningkatan kualitas diatas, yang diukur berdasarkan prosentase antara COPQ (*Cost Of Poor Quality*) terhadap penjualan ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Manfaat dan pencapaian beberapa tingkat *Sigma*

| COPQ (<i>Cost Of Poor Quality</i>) | | | |
|--|---------|---------------------------------|---|
| Tingkat pencapaian <i>Six Sigma</i> | | DPMO | COPQ (<i>Cost Of Poor Quality</i>) |
| 1 – <i>Sigma</i> | 691.462 | Sangat tidak kompetitif | Tidak dapat dihitung |
| 2 – <i>Sigma</i> | 308.538 | Rata-rata industri di Indonesia | Tidak dapat dihitung |
| 3 – <i>Sigma</i> | 66.807 | | 25 – 40 % dari penjualan |
| 4 – <i>Sigma</i> | 6.210 | Rata-rata industri di USA | 15 – 25 % dari penjualan |
| 5 – <i>Sigma</i> | 233 | Industri kelas dunia | 5 – 15 % dari penjualan |
| 6 – <i>Sigma</i> | 3,4 | | < 1 % dari penjualan |

Keterangan: DPMO = *Defect Per Million Opportunities* (kegagalan per sejuta kesempatan)

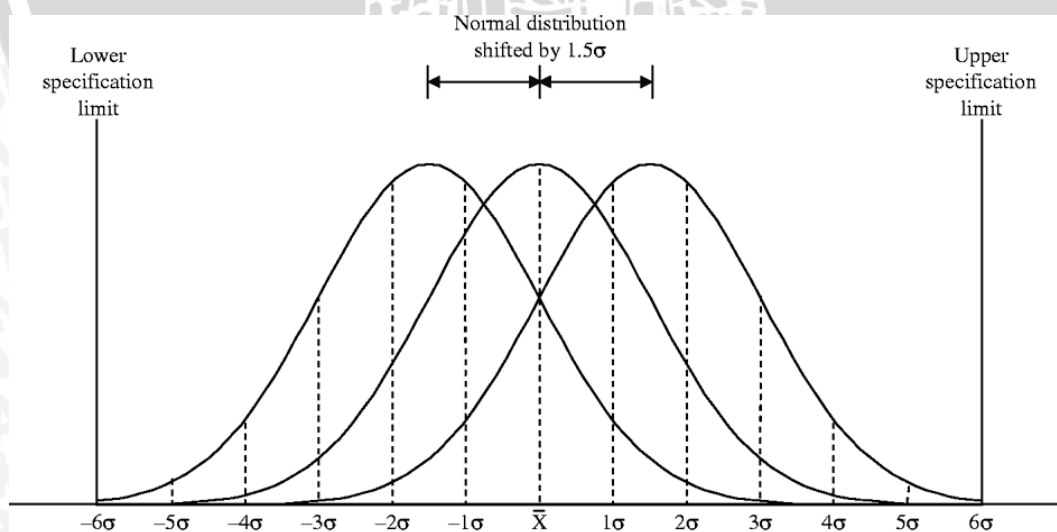
Sumber : Gaspersz (2002)

2.2.2 Konsep Dasar Six Sigma

Terdapat enam aspek kunci yang perlu diperhatikan dalam aplikasi konsep *Six Sigma* dalam bidang manufaktur, yaitu:

1. Identifikasi karakteristik yang akan memuaskan pelanggan anda (sesuai kebutuhan dan ekspektasi pelanggan)
2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ (*Critical To Quality*)
3. Menentukan apakah setiap CTQ dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses-proses kerja dan lain-lain
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai dengan yang diinginkan pelanggan (menentukan nilai USL/*Upper Specification Limit* dan LSL/*Lower Specification Limit* dari setiap CTQ)
5. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ
6. Mengubah desain produk dan/atau proses sedemikian rupa agar mampu mencapai target *Six Sigma*, yang berarti memiliki indeks kemampuan proses CPk minimum sama dengan dua ($CPk \geq 2$)

Proses *Six Sigma* dengan distribusi normal yang mengizinkan nilai rata-rata (*mean*) proses bergeser $1,5 - \text{Sigma}$ dari spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan, ditunjukkan oleh gambar 2.1



Gambar 2.1. Kurva distribusi normal dengan pergeseran $\pm 1,5 \text{ sigma}$

Sumber: Gaspersz, 2002:11

Tabel 2.2. Perbedaan *True 6 – Sigma* dengan *Motorola's 6 – Sigma*

| <i>True 6 – Sigma process (Normal Distribution Centered)</i> | | | <i>Motorola's 6 – Sigma (Normal Distribution Skifiedn 1,5 - Sigma)</i> | | |
|--|--|--|--|--|--|
| Batas spesifikasi (USL - LSL) | Prosentase yang memenuhi spesifikasi (USL - LSL) | DPMO (kegagalan per sejuta kesempatan) | Batas spesifikasi (USL - LSL) | Prosentase yang memenuhi spesifikasi (USL - LSL) | DPMO (kegagalan per sejuta kesempatan) |
| $\pm 1 - \text{Sigma}$ | 68,27 % | 317.300 | $\pm 1 - \text{Sigma}$ | 69,1462 % | 691.462 |
| $\pm 2 - \text{Sigma}$ | 95,45 % | 45.500 | $\pm 2 - \text{Sigma}$ | 80,853 % | 308.538 |
| $\pm 3 - \text{Sigma}$ | 99,73 % | 2.700 | $\pm 3 - \text{Sigma}$ | 93,3193 % | 66.807 |
| $\pm 4 - \text{Sigma}$ | 99,9937 % | 63 | $\pm 4 - \text{Sigma}$ | 99,3790 % | 6.210 |
| $\pm 5 - \text{Sigma}$ | 99,999943 % | 0,57 | $\pm 5 - \text{Sigma}$ | 99,9767 % | 233 |
| $\pm 6 - \text{Sigma}$ | 99,9999998 % | 0,002 | $\pm 6 - \text{Sigma}$ | 99,99966 % | 3,4 |

Sumber: Gaspersz, 2002: 11

Pada gambar 2.1 digambarkan kurva distribusi normal dengan pergeseran $\pm 1,5 \text{ Sigma}$. Nilai 6σ sebenarnya hanya mengizinkan produk/proses yang ditolak (sebelah kanan dan kiri batas spesifikasi USL/*Upper Specification Limit* dan LSL/*Lower Specification Limit*) sebesar 0,002 DPMO (*Defect Per Million Opportunities*). Namun dalam metode 6σ yang pertama kali digunakan oleh Motorola merupakan suatu modifikasi dari kurva diatas yaitu dengan menggeser nilai rata-rata (μ - mean) sebesar $\pm 1,5\sigma$ dengan batas nilai yang ditolak adalah 3,4 DPMO (*Defect Per Million Opportunities*). Konsep inilah yang kemudian banyak dipakai dalam industri manufaktur maupun industri lainnya.

Pada dasarnya pelanggan akan merasa puas apabila mereka menerima produk dengan nilai sebagaimana yang mereka harapkan. Apabila produk diproses pada tingkat kualitas *Six Sigma*, perusahaan dapat mengharapkan terjadinya 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan atau mengharapkan bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk itu. Dengan demikian *Six Sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja sistem industri tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi target *sigma* yang dicapai, kinerja sistem industri akan semakin baik. Sehingga *6-sigma* otomatis lebih baik daripada *4-sigma*, *4-sigma* lebih baik daripada *3-sigma*. *Six Sigma* juga dapat dianggap sebagai strategi terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan luar biasa

(dramatik) di tingkat bawah. *Six Sigma* juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri berfokus pada pelanggan, melalui penekanan pada kemampuan proses (*process capability*).

Six Sigma merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dengan berfokus pada pengendalian produk/proses sehingga sepanjang waktu dapat memenuhi persyaratan dari produk/proses tersebut. Metode ini diterapkan melalui beberapa tahapan, yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve* serta *Control* (DMAIC).

2.3 Proses DMAIC

DMAIC adalah metodologi kualitas terkendali – data untuk memperbaiki produk dan proses yang ada. Terkendali – data artinya bahwa langkah – langkah yang dilakukan merupakan hasil dari pengolahan dan analisa terhadap data. Proses DMAIC sebaiknya digunakan saat produk atau proses dapat ditingkatkan untuk memenuhi atau menambah persyaratan/kebutuhan pelanggan sembari mendukung tujuan bisnis.

Pengaplikasian metode DMAIC untuk mengurangi cacat akan menghasilkan:

1. Kepuasan pelanggan yang lebih besar
2. Pengurangan pada biaya kualitas
3. Meningkatkan profitabilitas dan pertumbuhan *top line*
4. Keamanan kerja

DMAIC adalah kunci untuk mencapai kualitas *Six Sigma* karena ini menyediakan metodologi terkendali – data. Untuk mencapai perbaikan proses yang tangguh dengan mengurangi cacat.

DMAIC merupakan sebuah *closed loop* dimana *output* dari tiap fase akan menjadi *input* bagi fase selanjutnya bahkan *output* dari fase terakhir dalam satu *loop* (fase kontrol), akan menjadi input bagi rencana/proyek perbaikan (tahapan DMAIC) selanjutnya, ini menjamin dilakukannya peningkatan yang berkelanjutan. Fase – fase dalam DMAIC meliputi:

2.3.1 Tahap *Define* (Mendefinisikan)

Define (D) merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas produk menggunakan metode *Six Sigma*. Tahap *define*

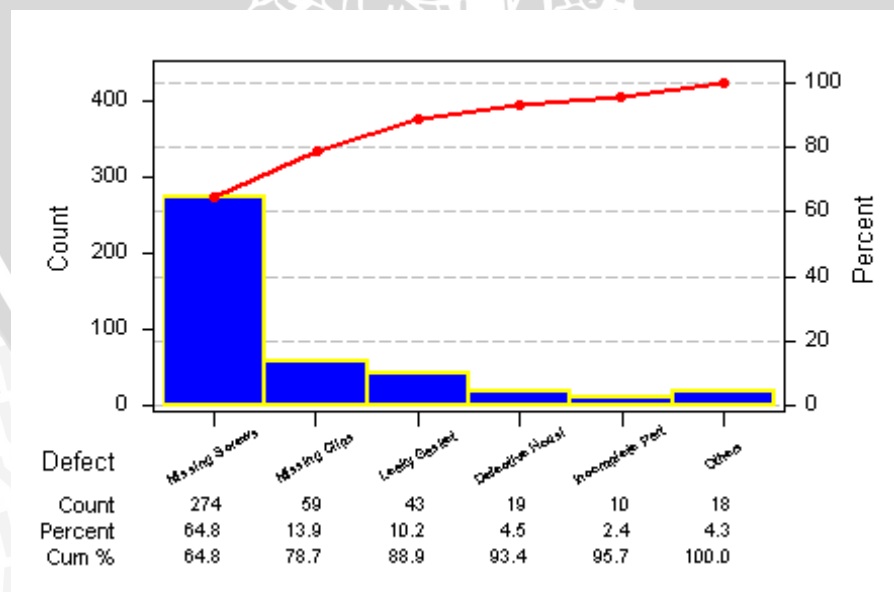
adalah fase menentukan masalah dan menetapkan kebutuhan spesifik dari pelanggan yang dalam hal ini sering disebut dengan “suara pelanggan” (VOC-Voice Of Customer). Tujuan dari tahap *define* adalah untuk mengidentifikasi produk atau proses yang akan diperbaiki serta menentukan sumber daya apa yang dibutuhkan dalam proyek (perbaikan *Six Sigma*)

Analisis Pareto

Analisis Pareto adalah proses dalam meningkatkan kesempatan untuk menentukan yang mana dari kesempatan potensial yang banyak harus dikejar terlebih dahulu. Hal ini dikenal juga sebagai memisahkan sedikit yang penting dari banyak yang sepele (Pyzdek:2002)

Analisis pareto harus digunakan dalam berbagai tahap dalam suatu program peningkatan kualitas untuk menentukan langkah mana yang diambil berikutnya. Hal ini yang dilakukan oleh analisis Pareto:

1. Menentukan kategori pareto untuk grafik
2. Pilih suatu interval waktu untuk analisis
3. Menentukan kejadian total untuk setiap kategori
4. Menghitung prosentasi setiap kategori dan hitung prosentasi kumulatif
5. Mengurutkan peningkatan dari kejadian total terbesar dan terkecil
6. Buat gambar yang sesuai dengan data yang didapat



Gambar 2.2 Diagram Pareto dalam analisis defect yang terjadi
Sumber : Minitab inc, 2000

2.3.2 Tahap *Measure* (Mengukur)

Measure (M) merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap *measure* ini dititikberatkan pada penentuan atau pemilihan karakteristik kualitas (*Critical To Quality/CTQ*) mengumpulkan informasi dasar tentang produk atau proses dan memunculkan tujuan perbaikan. CTQ adalah pemilihan factor yang terpenting bagi konsumen atau dapat juga diartikan *customer* anda merasa bahwa karakteristik produk, *service* atau proses adalah suatu hal yang kritikal. Secara umum CTQ diartikan sebagai pemilihan faktor yang terpenting bagi konsumen.

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*.

- **Pengambilan Sampel**

Sampel adalah bagian atau sebagian dari populasi. Tujuan dari pengambilan sampel adalah untuk menggunakan informasi dalam sampel untuk mengambil akibat fasilitas yang terbatas dan faktor lain yang tidak memungkinkan dilakukan pencatatan lengkap (sensus). Penarikan sampel memberikan pilihan praktis dalam melakukan penelitian. Ada beberapa keuntungan dalam mengambil sampel untuk mempelajari populasi, yaitu:

- Mengurangi biaya dalam penelitian
- Lebih cepat dilakukan
- Memberikan kemungkinan untuk dapat meneliti dengan tenaga terbatas

- **Tes Kecukupan Data**

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

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

Keterangan:

n = jumlah sampel yang diperlukan

Z = Nilai tingkat distribusi normal

ω = Tingkat kesalahan = 0,05

p = Proporsi produk baik dibagi dengan jumlah produksi

q = Proporsi produk *defect* (gagal) dibagi dengan jumlah produksi

α = Taraf Signifikansi

Tabel 2.3 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

- Penghitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*)

Cara menentukan DPMO adalah sebagai berikut:

$$DPO = \frac{\sum defect}{\sum Unit Diperiksa \times CTQ} \tag{2.2}$$

$$DPMO = DPO \times 10^6 \tag{2.3}$$

Tabel 2.4 Hubungan Sigma dan DPMO

| Sigma | Parts per Million |
|---------|-----------------------------|
| 6 Sigma | 3,4 defects per million |
| 5 Sigma | 233 defects per million |
| 4 Sigma | 6.210 defects per million |
| 3 Sigma | 66.807 defects per million |
| 2 Sigma | 308.537 defects per million |
| 1 Sigma | 690.000 defects per million |

Sumber: Pande, 2000



- **Peta Kontrol**

Peta kontrol memberikan prosedur pengendalian yang lebih efisien dan memberikan informasi yang lebih banyak. Dalam penelitian ini akan dibuat peta kontrol “ p “ dan peta kontrol “ np “, hal ini dikarenakan data *defect TS blocked* merupakan data atribut sehingga peta kontrolnya berupa proporsi atau persen *nonconforming*. Berikut prosedur dalam pembuatan peta kontrol p dan np (Besterfield, 1994: 116) :

- Peta Kontrol p

Peta kontrol p disebut juga dengan data persentase atau proporsi. Peta kontrol p digunakan bila data yang di analisis berupa data atribut dengan data yang tidak konstan.

- Menghitung batas kendali bawah (LCL/*Lower Control Limit*)

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1} n_i} \quad (2.4)$$

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

- Menghitung batas kendali atas (UCL/*Upper Control Limit*)

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.6)$$

- Peta Kontrol np

Peta kontrol np hampir sama dengan peta kontrol p, yaitu chart yang digunakan untuk memperlihatkan data prosentase atau proporsi.

- Menghitung batas kendali bawah (LCL/*Lower Control Limit*)

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1} n_i} \quad (2.7)$$

$$np_i = n_i * \bar{p} \quad (2.8)$$

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{(n\bar{p}(1-\bar{p}))} \quad (2.9)$$

- Menghitung batas kendali atas (UCL/*Upper Control Limit*)

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{(n\bar{p}(1-\bar{p}))} \quad (2.10)$$

2.3.3 Tahap *Analyze* (menganalisa)

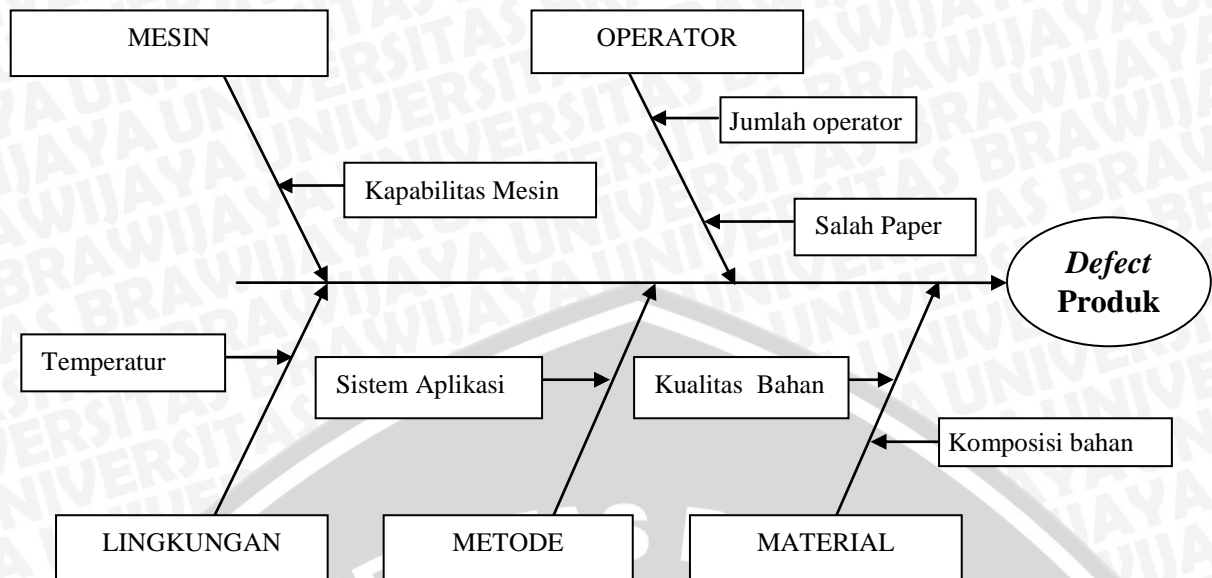
Analyze (A) merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Tahap *analyze* bertujuan untuk menguji data yang dikumpulkan pada fase *measure* untuk menentukan daftar prioritas dari sumber variasi. Tahap *analyze* merupakan fase mencari dan menentukan akar permasalahan.

Dalam fase *analyze*, akan dipelajari lebih dalam tentang proses untuk mempersempit fokus pada beberapa variabel kritis yang nampaknya memiliki pengaruh besar, selanjutnya dilakukan tes pada lingkungan yang telah dipersempit ini. Melalui peta proses visual, analisis pareto dan diagram *fish bone*, akan diperbaiki *problem* nyata yang muncul.

Diagram Sebab-Akibat

Diagram sebab-akibat (atau juga disebut Diagram Tulang-ikan, Diagram Ishikawa) dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa dan pada awalnya digunakan oleh bagian pengendali kualitas untuk menemukan potensi penyebab masalah dalam proses manufaktur yang biasanya melibatkan banyak variasi dalam sebuah proses. Namun kemudian digunakan secara luas dalam setiap aspek kegiatan bisnis ketika diperlukan pemilahan penyebab timbulnya masalah untuk kemudian disusun dalam suatu hubungan yang saling berkaitan.

Dalam industri manufaktur, pembuatan diagram sebab-akibat ini dapat menggunakan konsep “5M-1E”, yaitu: *machines, method, material, men/women* dan *environment*. Sedangkan dalam bidang pelayanan dapat memakai pendekatan “3P-1E” yang terdiri dari: *procedures, policies, people* serta *equipment*.



Gambar. 2.3 Diagram Sebab-Akibat pada kasus *defect TS blocked*
Sumber : Ishikawa, 1982

Diagram sebab akibat di atas menggambarkan bahwa *defect* produk sangat dipengaruhi oleh 5 unsur, yaitu mesin, operator, material, metode dan lingkungan. Didalam 5 unsur tersebut, masih ada lagi sub penyebab *defect* produk diantaranya untuk mesin ada kapabilitas mesin, pada material ada komposisi bahan dan kualitas bahan, pada metode ada pengaruh dari sistem aplikasinya, pada lingkungan terpengaruh temperatur lingkungan dan pada operator dipengaruhi dari jumlah operator dan juga salah paper.

Langkah-langkah pembuatan diagram sebab akibat secara keseluruhan menurut Montgomery (1991:122) adalah:

1. Menentukan karakteristik mutu yang akan dicari faktor-faktor penyebabnya
2. Menggambarkan faktor-faktor utama penyebab ketidaksesuaian dengan menggambarkan garis panah menjadi garis utama
3. Dari faktor-faktor utama dicari sub faktor yang menyebabkan cacat. Sub faktor ini digabungkan pada faktor utama yang berkaitan dengan faktor tersebut

Keuntungan diagram sebab-akibat:

1. Menganalisa kondisi sesungguhnya untuk tujuan peningkatan kualitas *service* atau produk, penggunaan sumber yang efisien dan mengurangi biaya

2. Mengurangi kondisi yang menyebabkan ketidaksesuaian dan complain dari *customer*
3. Melakukan standarisasi terhadap operasional yang telah ada maupun akan datang
4. Mentraining personel dalam melakukan aktivitas keputusan masalah dan perbaikan

2.3.4 Tahap *Improve*

Tahap *Improve* adalah fase meningkatkan proses dan menghilangkan sebab-sebab timbulnya cacat. Setelah sumber-sumber penyebab masalah kualitas dapat diidentifikasi, maka dapat dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*.

Salah satu metode yang digunakan dalam tahap *improve* ini adalah dengan menggunakan rancangan tabel FMEA (*Failure Mode and Effect Analyze*). FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Setelah mengidentifikasi penyebab permasalahan yang terjadi, kemudian membangun tindakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan.

2.3.5 Tahap *Control*

Control (C) merupakan langkah operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam meningkatkan proses distandardisasikan dan disebarluaskan, prosedur-prosedur didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggungjawab ditransfer dari Tim *Six Sigma* kepada penanggungjawab proses, yang berarti proyek *Six Sigma* berakhir pada tahap ini.

Hasil-hasil yang memuaskan dari proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* harus distandardisasikan, dan selanjutnya dilakukan peningkatan terus-menerus pada jenis masalah yang lain mengikuti konsep DMAIC. Standardisasi dimaksudkan untuk mencegah masalah yang sama atau praktek-praktek lama terulang kembali.

Terdapat dua alasan melakukan standardisasi, yaitu:

1. Setelah periode waktu tertentu, dikhawatirkan manajemen dan karyawan akan kembali menggunakan cara-cara kerja lama sehingga memunculkan kembali masalah yang sudah pernah diselesaikan itu.
2. Terdapat kemungkinan apabila terjadi pergantian manajemen dan karyawan, orang-orang baru akan menggunakan cara-cara kerja yang dapat memunculkan kembali masalah yang sudah pernah diatasi oleh manajemen dan karyawan terdahulu.

Berdasarkan uraian di atas, standardisasi sangat diperlukan sesuai dengan konsep pengendalian kualitas yang berorientasi pada strategi pencegahan (*strategy of prevention*), bukan hanya berorientasi pada strategi pendeteksian (*strategy of detection*) saja. Pendokumentasian praktek-praktek kerja standar juga bermanfaat sebagai bahan dalam proses belajar terus-menerus, baik bagi karyawan baru maupun karyawan lama. Demikian pula dokumentasi tentang praktek-praktek standar dan solusi masalah yang pernah dilakukan akan merupakan sumber informasi yang berguna untuk mempelajari masalah-masalah kualitas dimasa mendatang sehingga tindakan peningkatan kualitas yang efektif dapat dilakukan.

2.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

2.4.1 Sejarah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Didalam mengevaluasi perencanaan sistem dari sudut pandang reliability, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode yang vital. Sejarah FMEA berawal pada tahun 1950 ketika teknik tersebut digunakan dalam merancang dan mengembangkan system kendali penerbangan. Sejak saat itu teknik FMEA diterima dengan baik oleh industri luas.

2.4.2 Dasar FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA merupakan salah satu alat dari *Six Sigma* untuk mengidentifikasi sumber-sumber atau penyebab dari suatu masalah kualitas. FMEA dapat dilakukan dengan cara:

1. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensi suatu produk dan efeknya
2. Mengidentifikasi tindakan yang bisa menghilangkan atau mengurangi kesempatan dari kegagalan potensi yang terjadi
3. Pencatatan proses (*document the process*)

Sedangkan manfaat FMEA adalah sebagai berikut:

- a. Hemat biaya, karena sistematis maka penyelesaiannya tertuju pada *potensial cause* (penyebab yang potensial) sebuah kegagalan/kesalahan
- b. Hemat waktu, karena lebih tepat pada sasaran

Kegunaan FMEA adalah sebagai berikut:

- a. Ketika diperlukan tindakan *preventive*/pencegahan sebelum masalah terjadi
- b. Ketika ingin mengetahui atau mendata alat deteksi yang ada jika terjadi kegagalan
- c. Pemakaian proses baru
- d. Perubahan atau pergantian komponen peralatan
- e. Pemindahan komponen atau proses ke arah baru

2.4.3 Pengertian FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

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

Terdapat dua penggunaan FMEA yaitu dalam bidang desain (FMEA Desain) dan dalam proses (FMEA Proses). FMEA Desain akan membantu menghilangkan kegagalan-kegagalan yang terkait dengan desain, misalnya kegagalan karena kekuatan yang tidak tepat, material yang tidak sesuai dan lain-lain. FMEA Proses akan menghilangkan kegagalan yang disebabkan oleh perubahan-perubahan dalam variable proses, misalnya kondisi luar batas-batas spesifikasi yang ditetapkan seperti ukuran yang tidak tepat, tekstur dan warna yang tidak sesuai, ketebalan yang tidak tepat dan lain-lain. Penelitian skripsi ini menggunakan metode FMEA Proses.

2.4.4 Tujuan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

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

Tabel 2.5 Contoh Model Tabel FMEA Untuk Resiko Aktual

| Resiko Aktual | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|-----------------|---|--|---|----------|--------------------|------------|--|-----------|-----|
| Aliran Proses | Tujuan | Jenis Kegagalan | | Dampak Kegagalan Pada: Customer Proses Selanjutnya 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 D, 2005

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

1. Aliran proses, berisi tentang jenis aliran proses yang dilakukan
2. Tujuan, merupakan tujuan proses dari aliran proses kolom 1
3. Nomor 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
6. Dampak kegagalan yang terjadi
7. *Severity*, adalah nilai range dari 1- 10, yang menunjukkan tingkat keseriusan dari kegagalan, semakin besar angka yang diberikan semakin besar tingkat keseriusannya.
8. Penyebab kegagalan.

9. *Occurrence*, adalah nilai range dari 1- 10 yang menunjukkan frekuensi kejadian yang terjadi. Semakin besar nilai yang diberikan semakin sering kejadiannya.
10. Sistem yang digunakan untuk mendeteksi kegagalan.
11. *Detection*, kemampuan sistem untuk mendeteksi terjadinya cacat / kegagalan. Nilai yang kecil menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kegagalan dengan cepat.
12. RPN (*Risk Priority Number*), adalah hasil perkalian dari *Severity*, *Occurrence*, *Detection* yang merupakan nilai / bobot akhir dari data resiko aktual. Semakin besar nilai RPN-nya maka semakin besar pula resiko aktualnya.

Berikut ini adalah contoh model tabel FMEA untuk Tindakan resiko:

Tabel 2.6 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 D, 2005

Tabel FMEA diatas adalah untuk tindakan resiko, untuk kolom:

13. Nomor unit untuk tindakan yang disarankan, sesuai dengan nomor 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

2.4.5 Menentukan *Severity*, *Occurrence*, *Detection* dan RPN

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka tim FMEA harus mendefinisikan terlebih dahulu tentang *Severity*, *Occurrence*, *Detection*, serta hasil akhirnya yang berupa *Risk Priority Number* (RPN)

a. *Severity* (Keparahan efek/dampak)

Severity adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak/intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. *Severity* digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak akhirnya. Dampak tersebut diranking mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk. Proses sistem peringkat yang dijelaskan pada tabel 2.7 sesuai dengan standar AIAG (*Automotive Industry Action Group*) di bawah ini:

Tabel 2.7 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 Fit & finish atau squeak & rattle 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 Fit & finish atau squeak & rattle tidak sesuai Sebagian pelanggan menyadari <i>defect</i> | 3 |
| Sangat Rendah | <ul style="list-style-type: none"> Gangguan minor pada lini produksi Sebagian produk harus dipilah dan sebagian dikerjakan ulang Fit & finish atau squeak & rattle tidak sesuai Pelanggan secara umum menyadari <i>defect</i> | 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 |

| <i>Effect</i> | <i>Severity of Effect for FMEA</i> | <i>Rating</i> |
|-----------------------------------|--|---------------|
| 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 terdapat dioperasikan dan kehilangan fungsi utamanya | 8 |
| 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

b. *Occurrence* (Kejadian penyebab)

Occurrence adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. *Occurrence* berfungsi untuk mengetahui bagaimana penyebab terjadi dan akibatnya dalam moda kegagalan. Dengan memperkirakan kemungkinan *occurrence* pada skala 1 sampai 10. Pada tabel 2.8 berdasarkan standar AIAG mendeskripsikan proses sistem peringkat. Karena peringkat kegagalan jatuh antara dua angka skala. Standar menilai dengan cara interpolasi dan pembulatan nilai *Occurrence*.

Tabel 2.8 *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 terdahulu 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 terdahulu yang kadang mengalami kegagalan tetapi tidak dalam jumlah yang besar | 1 in 400 | ≥ 1.00 | 5 |
| | 1 in 2000 | ≥ 1.17 | 4 |
| Rendah: | | | |
| Kegagalan terisolasi berkaitan proses serupa | 1 in 15.000 | ≥ 1.33 | 3 |
| Sangat rendah: | | | |
| Hanya kegagalan terisolasi yang berkaitan dengan proses hampir identik | 1 in 150.000 | ≥ 1.50 | 2 |
| Remote: | | | |
| Kegagalan mustahi. Tak pernah ada kegagalan terjadi dalam proses yang identik | 1 in 1.500.000 | ≥ 1.67 | 1 |

Sumber: Gasperz, 2002

c. **Detection (Deteksi penyebab)**

Nilai *Detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan/mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Berfungsi untuk mengetahui kegagalan atau penyebab sebelum mencapai pelanggan. Proses penilaian ditunjukkan pada tabel 2.9 berdasarkan standar AIAG adalah sebagai berikut:

Tabel 2.9 *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> |
|----------------------|---|--------------------|--|-------------|
| | | | | |
| Hampir tidak mungkin | Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi | ≥ 80 % | <i>% Repeatability</i> ≥ | 10 |
| | | | <i>% Reproducibility</i> | |

| <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 jarang | Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan | $\geq 80 \%$ | <i>% Repeatability <</i> | <i>% Reproducibility</i> | 9 |
| | | | | | |
| Jarang | Alat pengontrol saat ini sulit mendeteksi bentuk dan penyebab keggalan | $\geq 60 \%$ | <i>% Repeatability \geq</i> | <i>% Reproducibility</i> | 8 |
| | | | | | |
| Sangat rendah | Kemampuan alat pengontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah | $\geq 60 \%$ | <i>% Repeatability <</i> | <i>% Reproducibility</i> | 7 |
| | | | | | |
| Rendah | Kemampuan alat pengontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah | $\geq 40 \%$ | <i>% Repeatability \geq</i> | <i>% Reproducibility</i> | 6 |
| | | | | | |
| Sedang | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang | $\geq 40 \%$ | <i>% Repeatability <</i> | <i>% Reproducibility</i> | 5 |
| | | | | | |
| Agak tinggi | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi | $\geq 20 \%$ | <i>% Repeatability \geq</i> | <i>% Reproducibility</i> | 4 |
| | | | | | |
| Tinggi | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan tinggi | $\geq 20 \%$ | <i>% Repeatability <</i> | <i>% Reproducibility</i> | 3 |
| | | | | | |
| Sangat tinggi | Kemampuan alat untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi | $\geq 20 \%$ | <i>% Repeatability \geq</i> | <i>% Reproducibility</i> | 2 |
| | | | | | |

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

Sumber: Gasperz, 2002

d. *Risk Priority Number (Angka Prioritas Resiko)*

RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effect (severity)*, kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect (Occurrence)* dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*Detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = S * O * D$$

Angka ini digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang serius, sebagai petunjuk kearah tindakan perbaikan.

2.5 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 didalam proses *Six Sigma*.

2.6 Proses *Filling Susu Realgood*

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

1. Penerimaan susu segar dan terminasi

2. Separasi
3. *Thermization*
4. *Storage* (Penyimpanan)
5. *Mixing* dan *Blending*
6. Sterilisasi
7. *Filling* dan *Packaging*
8. *Store* dan inkubasi
9. *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 yang 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 peroksida* 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 angin steril bertekanan pada *chamber aseptic*.

Pada proses *filling*, mesin yang digunakan adalah mesin Tetra Pak A1 Fino 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 Tetra Pak A1 Fino melalui beberapa tahapan, antara lain:

1. *Preheating I*

Mesin bekerja memanaskan elemen SA (*strip applicator*), *heating chamber* atau *aseptic chamber*, *line steril system* 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 didalam 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 masin 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 H_2O_2 35% lalu disemprotkan melalui nozzle. Tujuan dari proses ini adalah sterilisasi pada bahan pengemas

6. *Drying*

Paper dikeringkan didalam *heating chamber* dengan suhu $190-280^{\circ}C$. Sebelum menuju *heating chamber*, sisa-sisa larutan H_2O_2 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 $270^{\circ}C$ 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. Dalam 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*) ke bagian pengepakan. Produk dikemas dengan kemasan sekunder berupa karton dengan jumlah 36 pak/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 Tetra Pak A1, dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini:



Gambar 2.4 Mesin Tetra Pak A1
Sumber: <http://www.tetrapack.com>

Mesin Tetra Pak A1 Fino adalah mesin pengemasan *aseptic* untuk produk susu. Tetra Pak A1 Fino digunakan untuk membuat kemasan *Tetra Fino Aseptic* (TFA) yang mudah, aman dan hemat biaya. Mesin Tetra Pak A1 Fino memiliki kapasitas produksi 10.700 pak/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 93⁰ C
- *Air Super Heater* : 350⁰ C
- *LS Temperature* : 190⁰-280⁰ C

2.7 Defect Transversal Seal Blocked (TS Blocked)

Transversal seal (TS) blocked merupakan *defect* yang terjadi karena pemanasan yang kurang sempurna pada saat proses *sealing*. Akibat pemanasan yang kurang sempurna ini, kekuatan *seal* jadi rendah sehingga bisa mengakibatkan *seal* mudah rusak, sobek dan bisa juga mengakibatkan bocor pada area *seal*.

Dibawah ini adalah gambar untuk menunjukkan *seal* yang baik dan yang jelek.

a. *Seal* yang baik

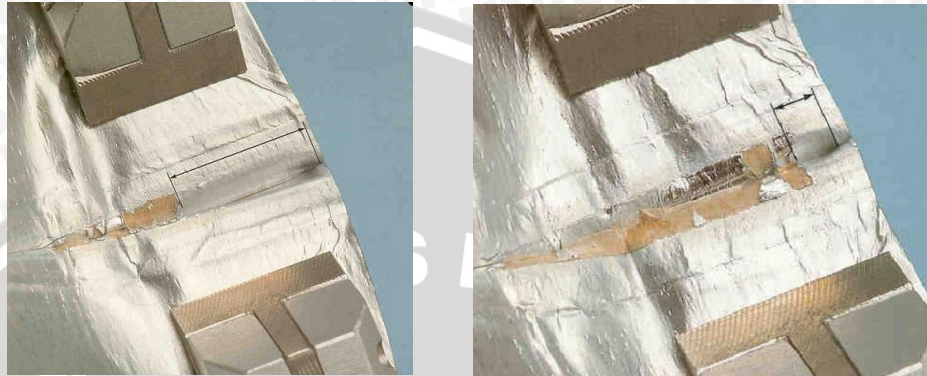
Seal yang baik adalah *Seal* yang apabila dilakukan *pack integrity* atau uji *seal*, bagian *seal*-nya tidak akan mengalami sobekan atau terkelupas, melainkan bagian lapisan *pack* yang akan mengalami sobekan atau terkelupas. Hal ini dikarenakan kekuatan *seal* lebih kuat dibandingkan dengan kekuatan dari lapisan *pack* tersebut.



Gambar 2.5 Gambar *Seal* yang baik
Sumber: PT Greenfields Indonesia, 2011

b. *Seal yang jelek (TS Blocked)*

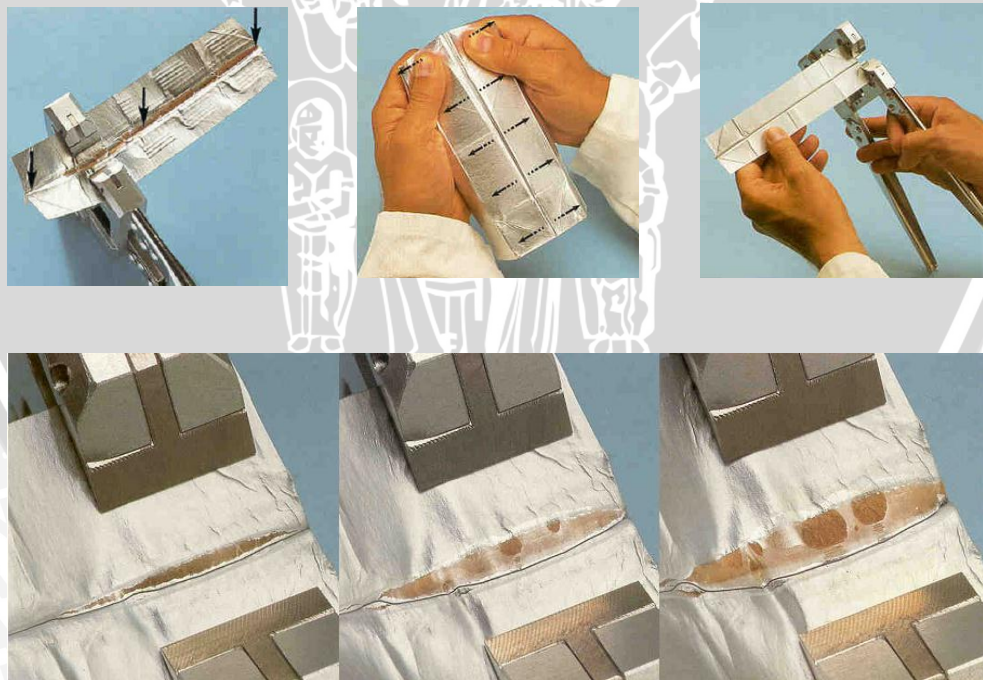
Seal yang jelek disebut juga dengan *Transversal Seal Blocked (TS Blocked)* adalah *Seal* yang apabila dilakukan *pack integrity* atau uji *seal*, bagian *seal*-nya akan mengalami sobekan atau terkelupas. Hal ini dikarenakan kekuatan *seal* lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan dari lapisan *pack*.



Gambar 2.6 Gambar *Seal* yang jelek (*TS Blocked*)

Sumber: PT. Greenfields Indonesia, 2011

Untuk mengetahui adanya *TS blocked*, digunakan *pack integrity* sebagai tes uji *seal* dalam kasus *TS blocked*. Berikut adalah gambar pengujian *TS blocked*:



Gambar 2.7 Pengujian *TS blocked*
Sumber: PT. Greenfields Indonesia, 2011

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan untuk melakukan kegiatan ilmiah berupa penelitian secara hati-hati, kritis, terencana, sistematis dan terarah. Metode ini bertujuan untuk mengumpulkan data yang bersesuaian untuk memecahkan suatu permasalahan.

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 DMAIC pada Six Sigma.

3.1 Jenis 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.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara :

a. *Fields Research*

Fields Research merupakan suatu cara penelitian yang dilakukan secara langsung dilapangan atau ditempat penelitian dilaksanakan. Teknik yang digunakan dalam metode *fields research* ini adalah sebagai berikut :

1. Observasi

Suatu metode pengumpulan data dengan mengamati secara langsung terhadap jalannya aktifitas-aktifitas obyek yang diteliti.

2. Wawancara/*Interview*

Suatu metode pengumpulan data dengan cara mengajukan pertanyaan-pertanyaan atau dialog langsung dengan pihak-pihak yang terkait dalam perusahaan yang dapat membantu memberikan penjelasan mengenai masalah yang sedang diteliti

3. Dokumentasi

Suatu metode pengumpulan data dengan menelusuri arsip-arsip atau catatan yang ada dalam perusahaan yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti.

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 Waktu dan Tempat

1. Waktu pengambilan data

Waktu pengambilan data dilakukan pada bulan Juni 2011 sampai dengan selesai, sedangkan data yang diambil adalah data tahun 2009, 2010 dan 2011 (bulan Januari-Mei)

2. Tempat pengambilan data

Tempat pengambilan data dilaksanakan di PT. GREENFIELDS INDONESIA yang terletak di kota Malang – Jawa Timur

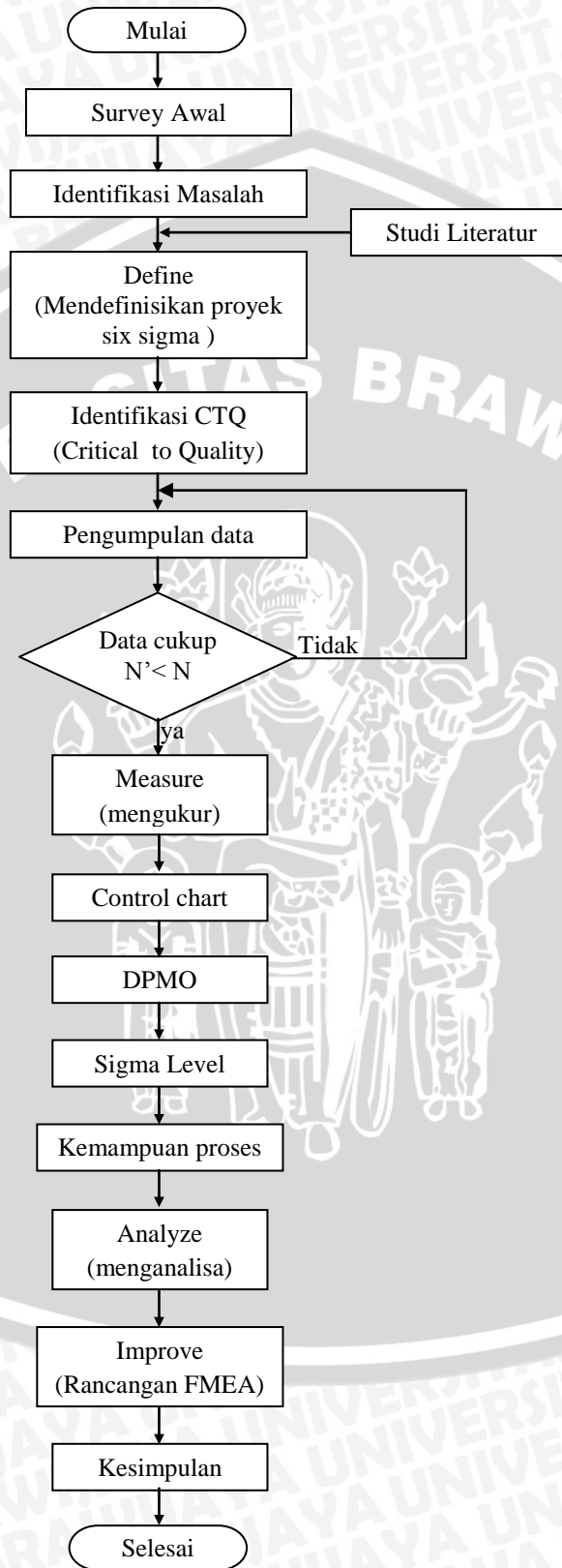
3.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

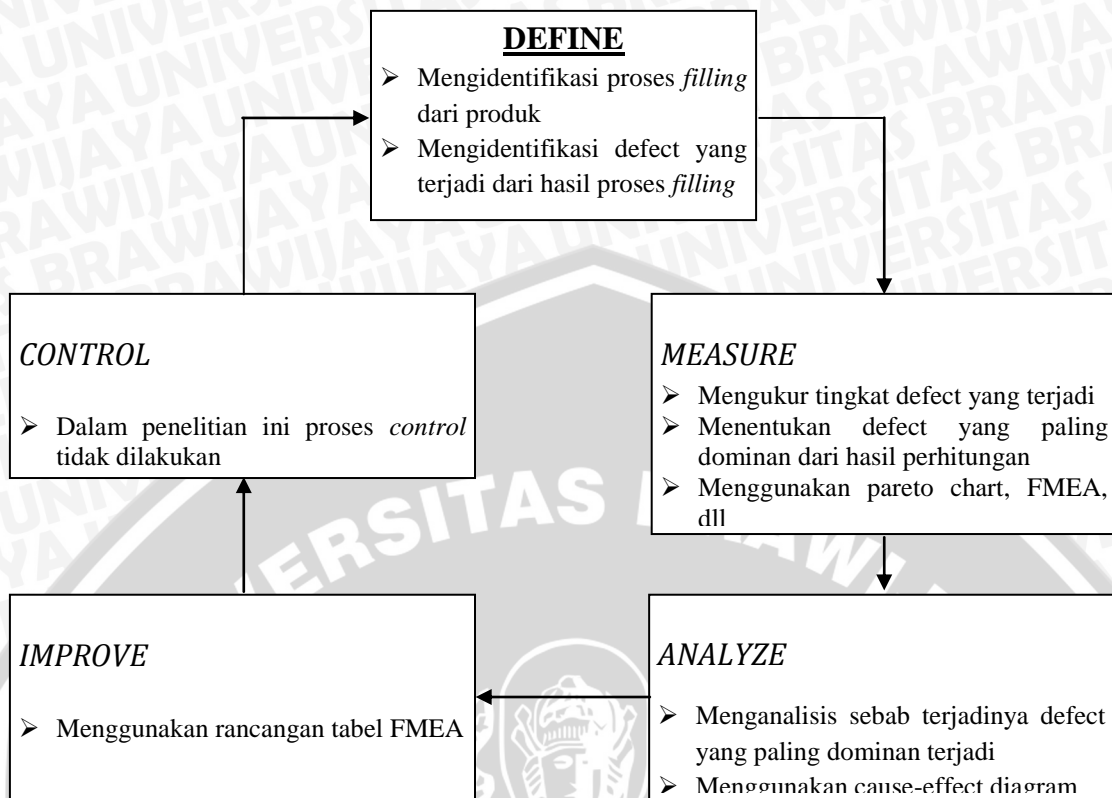
1. Melakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas
2. Observasi perusahaan tempat penelitian, dalam hal ini yang di observasi adalah proses *filling*/pengemasan produk susu RealGood, dengan kemasan *Tetra Fino Aseptic* (TFA)
3. Melakukan proses *Define, Measure, Analyze, Improve* (DMAI) terhadap proses *filling* susu RealGood
4. Membuat tabel FMEA (*failure mode and effect analyze*) untuk rancangan tindakan perbaikan (*improve*)
5. Kesimpulan dan saran

3.5 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam sebuah diagram alir seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir yang digunakan Penelitian



Gambar 3.2 Siklus DMAIC
Sumber: Gaspersz, 2007

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

1. *Define* (mendefinisikan)

Langkah awal penelitian yang perlu dilakukan adalah melakukan survey pendahuluan untuk mengumpulkan informasi sebanyak mungkin yang berkenaan dengan objek penelitian dan mengidentifikasi masalah yang terjadi pada PT. Greenfileds Indonesia Malang, khususnya bagian *filling* pada proses pengemasan susu Realgood.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam survey ini antara lain:

- Mengamati situasi dan kondisi yang terjadi di perusahaan saat ini.
- Melakukan wawancara dengan pihak yang berhubungan dengan permasalahan yang ada pada perusahaan.

Identifikasi masalah dilakukan dengan tujuan untuk mencari penyebab timbulnya masalah dan kemudian dicari solusi pemecahan masalahnya secara cepat. Dalam hal ini masalah cacat pada proses *filling* susu Realgood. Sedangkan untuk *tools* yang digunakan pada tahap ini yaitu Diagram Pareto.

2. *Measure* (mengukur)

Dilakukan dengan melakukan riset lapangan, suatu cara untuk memperoleh data dengan pengamatan dan pengukuran terhadap *defect* pada objek yang diteliti. Proses pengumpulan data yang dilakukan adalah:

➤ Data Variabel

Yaitu data yang berdasarkan karakteristik kualitas yang dinyatakan dalam bentuk angka (hasil pengukuran). Dalam hal ini pengukuran *defect* volume, berat, dan ukuran dari susu Realgood tersebut.

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk dijadikan pedoman dalam pelaksanaan manajemen pengendalian kualitas dalam perusahaan.

➤ Data Atribut

Yaitu data diperoleh berdasarkan karakteristik cacat (ditolak) yang digolongkan atas *foreign matter, no crown, failure crown*.

Data *defect* yang terjadi yaitu bocor, *TS block, overlap* dan *design correction*.

3. *Analyze* (menganalisa)

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah serta dianalisa untuk mencari penyebab terjadinya *defect* yang paling dominan, dengan menggunakan *Cause-Effect Diagram*.

4. *Improve* (memperbaiki)

Melakukan perbaikan proses dari penyebab terjadinya *defect* pada produk, dalam hal ini akan menggunakan rancangan tabel FMEA, sebagai pedoman untuk melakukan perbaikan dan juga sebagai rekomendasi kepada perusahaan.

BAB IV

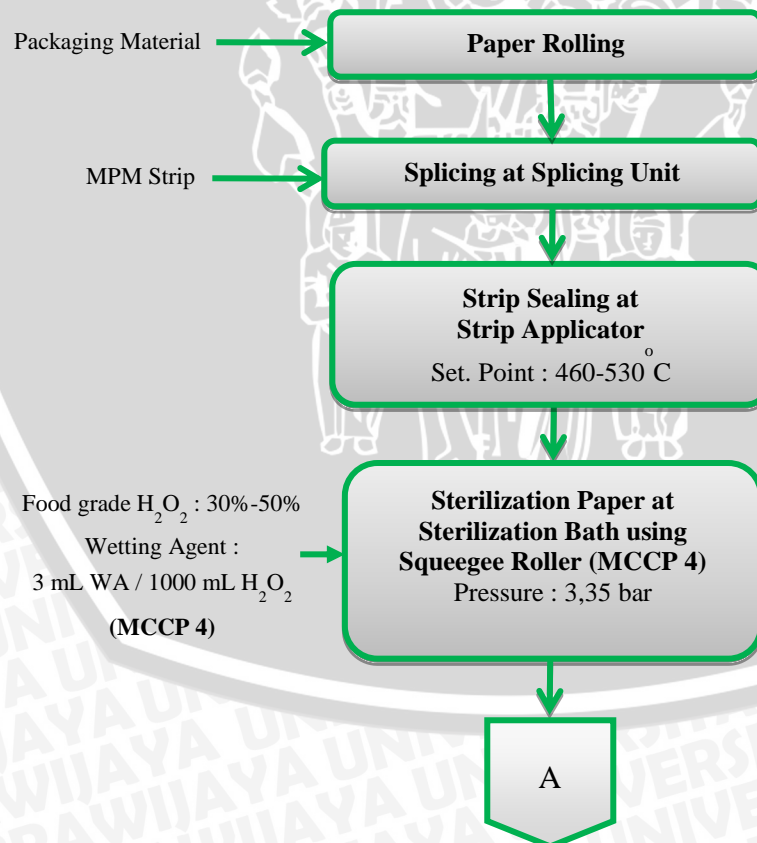
HASIL DAN PEMBAHASAN

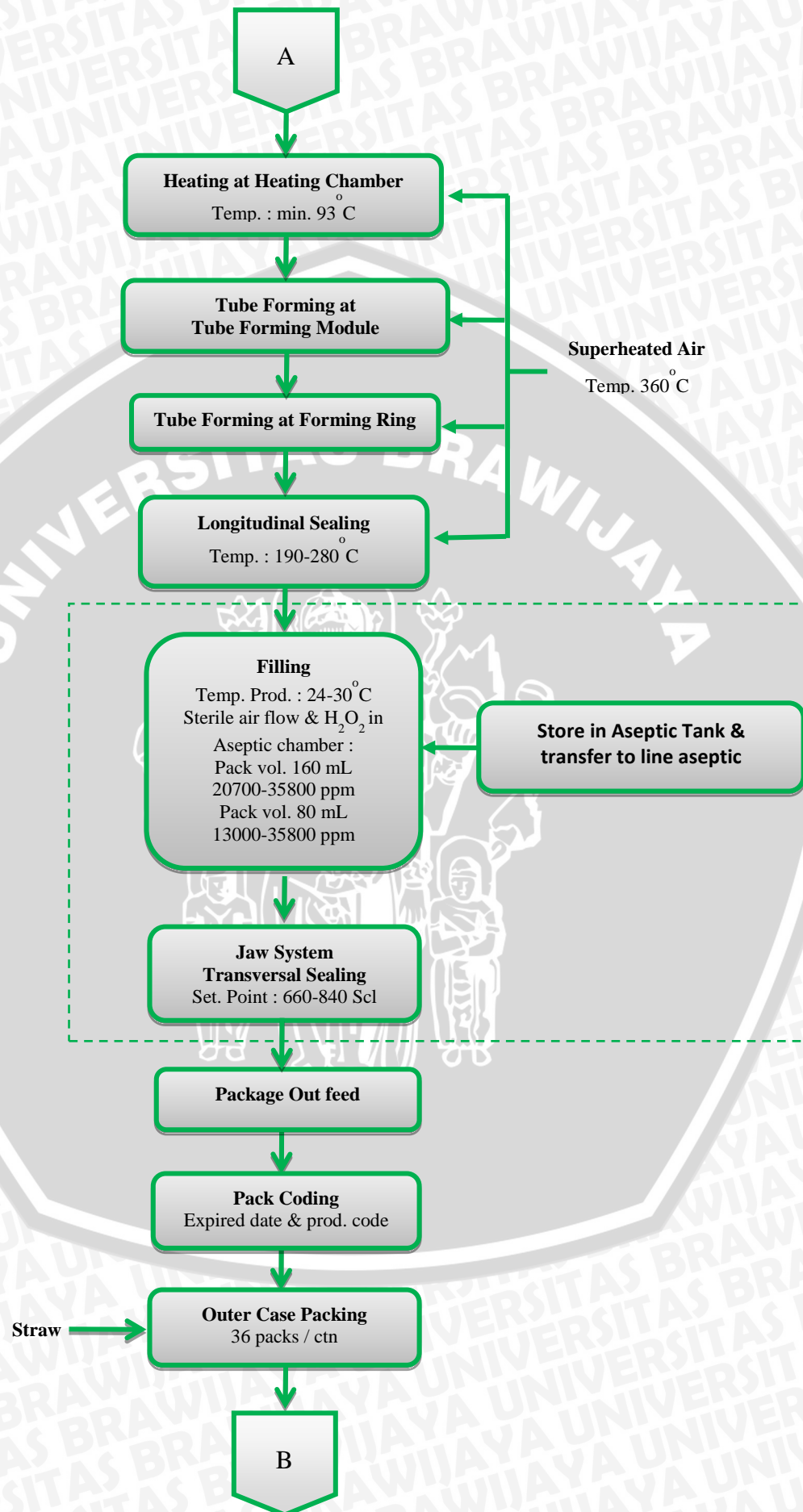
Pada bab ini akan dibahas mengenai proses pengendalian mutu dengan menggunakan metode *Six Sigma* pada proses *filling* produksi susu Realgood di PT Greenfields Indonesia yang terletak di Kabupaten Malang – Jawa Timur. Adapun tahapan siklus DMAIC pada metode *Six Sigma* yang akan diterapkan pada proses pengendalian mutu produksi susu Realgood hanya dibatasi sampai pada tahap *improve* saja. Berikut tahapan-tahapan metode *Six Sigma* dalam proses pengendalian mutu produksi susu Realgood :

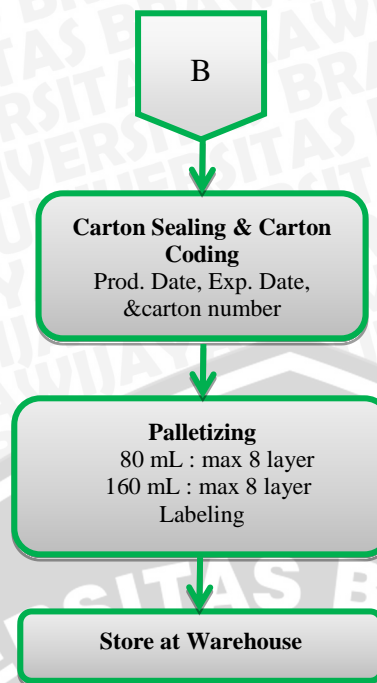
4.1 Tahap *Define*

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

4.1.1 Mendefinisikan Tahapan Proses *Filling*







Gambar 4.1 Tahapan proses *filling* produksi susu Realgood
Sumber: PT. Greenfields Indonesia, 2011

4.1.2 Tahapan proses *Filling*

9. *Paper Rolling*

Paper yang berupa lembaran-lembaran dirolling berbentuk lingkaran

10. *Splicing at Splicing unit*

Setelah dirolling, paper kemudian di *splicing* pada *splicing unit* untuk diberikan *strip applicator* dengan setting point temperatur sebesar 460-530°C

11. *Sterilization paper*

Tahap selanjutnya adalah *sterilization paper*. Sterilisasi dilakukan di dalam *sterilization bath* dengan menggunakan H₂O₂. Hal ini bertujuan untuk mematikan bakteri yang berada pada kemasan. Setelah itu, kemasan diperas dengan tekanan sebesar 3,35 bar menggunakan *Squeegee Roller*.

12. *Heating at Heating Chamber*

Kemasan dikeringkan dengan temperatur minimal 93°C di dalam *heating chamber*

13. *Tube Forming*

Tahap selanjutnya adalah kemasan dibentuk tabung dengan melekatkan ujung sisi dari kemasan tersebut.

14. *Longitudinal Sealing*

Proses selanjutnya adalah sealing pada bagian longitudinal kemasan. Proses *sealing* ini dilakukan dengan temperatur 190-280 °C.

15. *Filling*

Filling adalah proses memasukkan susu kedalam kemasan yang sudah dibentuk tabung. Susu yang dimasukkan kedalam kemasan berasal dari *Aseptik Tank*. Prosesnya dilakukan dalam kondisi steril melalui katup menuju mesin *filling*. Pada proses *filling* temperturnya menggunakan temperatur ruang yaitu antara 24-30 °C.

16. *Jaw system*

Pada tahapan ini dilakukan proses *transversal sealing* dari kemasan. Proses *sealing* dilakukan menggunakan *jaw system*. *Jaw system* sendiri ada 2 jenis yaitu *heating jaw* dan *pressure jaw* yang berfungsi untuk memanaskan dan menekan bagian kemasan yang akan dilakukan proses *sealing*. Ukuran *transversal seal* yang digunakan adalah 660-840scl.

17. *Package coding*

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

18. *Outer Case Packing*

Pada tahap ini kemasan yang sudah jadi dimasukkan ke dalam kardus. Kapasitas kardus adalah 36 pack

19. *Carton Sealing & Carton Coding*

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

20. *Palletizing*

Kemudian kardus disusun dalam pallet dengan kapasitas maksimal 8 layer untuk setiap palletnya

21. *Store at warehouse*

Kemudian kardus ditempatkan digudang penyimpanan sebelum didistribusikan kepada konsumen.

4.1.3 Menentukan Permasalahan yang Terjadi dalam Proses Produksi

Dari beberapa proses yang ada untuk memproduksi susu Realgood, proses *filling* mengalami *defect* produk yang paling banyak dibanding dengan proses

yang lainnya. Sehingga peneliti memfokuskan pembahasan penelitian pada proses *filling*. Berikut data *defect* produk selama tahun 2009 – 2011 (bulan Januari sampai dengan bulan Mei 2011):

Tabel 4.1 Data *defect* produk selama tahun 2009-2011

| Produksi | Tahun | | |
|----------------|-------------|---------------|---------------|
| | 2009 | 2010 | 2011 |
| Total Produksi | 165.530.914 | 179.891.825,6 | 88.464.432,38 |
| <i>Defect</i> | 2.520 | 45.4219,5 | 20.124 |

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 H₂O₂, dimana kertas dicelupkan dalam larutan H₂O₂ kemudian diperas menggunakan *squeeze rooler* kemudian dikeringkan dengan udara panas.

Proses *filling* dimulai dengan mengalirkan bahan pengemas melewati roler. Pada salah satu sisi bahan pengemas dilekatkan *strip*, selanjutnya direndam dalam *bath hydrogen perokside* 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 angin steril bertekanan pada *chamber aseptic*

Pada proses *filling*, mesin yang digunakan adalah mesin Tetra Pak A1 Fino 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 Tetra Pak A1 Fino melalui beberapa tahapan seperti yang sudah dijelaskan pada gambar 4.1 yaitu gambar tahapan proses *filling*.

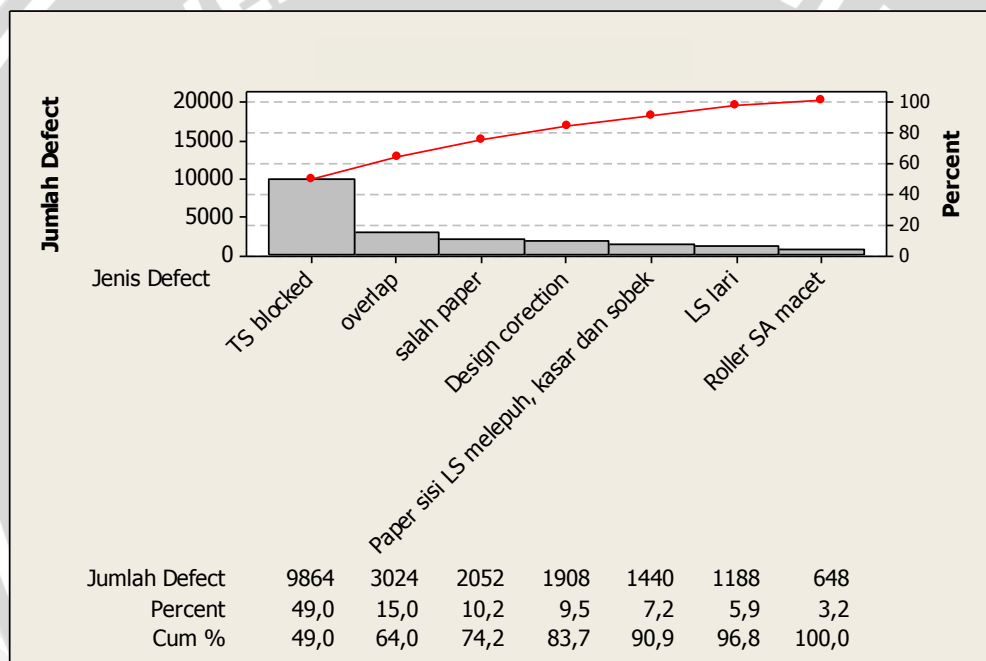
4.1.4 Analisis Pareto

Berdasarkan pengamatan awal terdapat beberapa *defect*. *Defect* yang terjadi pada saat pengamatan adalah *defect* atribut. *Defect* atribut tersebut adalah:

Tabel 4.2 *Defect* atribut produk susu Realgood

| No | Jenis <i>Defect</i> | Jumlah <i>Defect</i> | Prosentase <i>Defect</i> (%) |
|----|--|----------------------|------------------------------|
| 1 | TS blocked | 9.864 | 49 |
| 2 | overlap | 3.024 | 15 |
| 3 | salah paper | 2.052 | 10,2 |
| 4 | Design corection | 1.908 | 9,5 |
| 5 | paper sisi LS melepuh, kasar dan sobek | 1.440 | 7,2 |
| 6 | LS lari | 1.188 | 5,9 |
| 7 | Roller SA macet | 648 | 3,2 |
| | Total | 20.124 | 100 |

Berdasarkan pada data di atas, dapat dibentuk diagram Pareto pada gambar berikut:

Gambar 4.2 Diagram Pareto *Defect* Atribut

Dari hasil analisis pareto diatas, dapat dijelaskan bahwa *defect* tertinggi adalah TS (*Transversal Seal*) *blocked* sebesar 49%, diikuti oleh *defect* *overlap* (15%), salah paper (10,2%), *design correction* (9,5%), paper sisi LS melepuh (7,2%), LS (*Longitudinal Seal*) lari (5,9%) dan yang terendah adalah *defect* Roller SA macet (3,2%). Sebagaimana telah dijelaskan pada batasan masalah penelitian, maka dalam penelitian ini dilakukan rancangan usaha perbaikan proses yang difokuskan untuk mengurangi *defect* TS (*Transversal Seal*) *blocked*.

4.1.5 Identifikasi CTQ (*Critical to Quality*)

Dalam proyek *Six Sigma*, tahap *define* dalam metode DMAIC mempunyai tujuan yang ingin dicapai, yang disebut dengan “Proyek Perbaikan”. Proyek perbaikan dikembangkan dari CTQ proyek yang bersumber dari VOC (*Voice of Customer*). Tujuan dari proyek DMAIC dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 CTQ proyek dari *Voice of Customer*

| No | <i>Voice of Customer</i> | <i>Critical to Quality</i> | Spesifikasi | Proyek Perbaikan |
|----|---------------------------|--|---|------------------|
| 1 | Produk dalam keadaan baik | <i>Transversal Seal blocked</i> (TS <i>blocked</i>) | Produk dalam keadaan baik dan tidak ada kerusakan fisik | Kerusakan produk |

Sumber: PT Greenfields Indonesia, 2011

4.2 Tahap *Measure*

4.2.1 Defect Atribut TS *blocked*

Pada proses *filling* selama penelitian terdapat beberapa defect TS *blocked*. Berikut data TS *blocked* selama bulan Januari – Mei 2011 :

Tabel 4.4 Data *Defect TS blocked*

| No. | Produk | Jumlah Produksi | Jumlah Defect |
|-----|-----------------------------|-----------------|---------------|
| 1 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 187.452 | 2.602 |
| 2 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 206.892 | 3.456 |
| 3 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 216.288 | 3.806 |

Sebelum dianalisis lebih lanjut, data di atas 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 :

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

$$n = \left[\frac{1,96}{0,05} \right]^2 0,016 * 0,984 = 24$$

Berdasarkan pengujian kecukupan data di atas, didapatkan nilai n sebesar 24, dimana nilai n tersebut lebih kecil daripada jumlah produksi yang diteliti. Sehingga, dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa kecukupan data telah terpenuhi.

Berikut peta control atribut hasil penghitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Peta Kontrol “ p ”

Tabel 4.5 Data *defect TS blocked* dan perhitungan p, LCL, UCL

| No | Produk | Jumlah produksi | Jumlah Defect | p |
|----|-----------------------------------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 187452 | 2602 | 0,013880887 |
| 2 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 206892 | 3456 | 0,016704367 |
| 3 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 216288 | 3806 | 0,017596908 |
| | TOTAL | 610632 | 9864 | |

a. Menghitung Batas Kendali Bawah (LCL/*Lower Control Limit*)

Perhitungan batas kendali bawah menggunakan rumus 2.4 dan 2.5 sebagaimana berikut ini:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1}^g n_i} = \frac{9864}{610632} = 0,016153755$$

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

$$LCL_1 = 0,016153755 - 3\sqrt{\frac{0,016153755(1-0,016153755)}{187452}} = 0,01528$$

$$LCL_2 = 0,016153755 - 3\sqrt{\frac{0,016153755(1-0,016153755)}{206892}} = 0,015322$$

$$LCL_3 = 0,016153755 - 3\sqrt{\frac{0,016153755(1-0,016153755)}{216288}} = 0,015341$$

Batas kendali bawah (LCL/*Lower Control Limit*) yang digunakan adalah batas pada pengamatan terakhir, yaitu $LCL_3 = 0,015341$.

b. Menghitung Batas Kendali Atas (UCL/*Upper Control Limit*)

Perhitungan batas kendali atas menggunakan rumus 2.6 sebagaimana berikut ini:

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

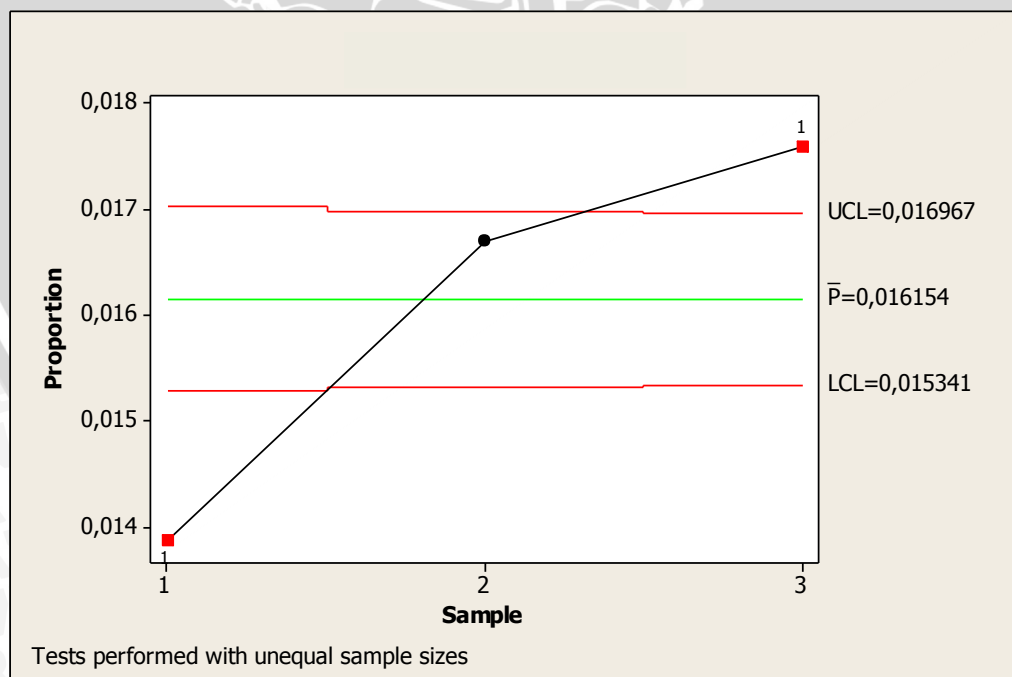
$$UCL_1 = 0,016153755 + 3\sqrt{\frac{0,016153755(1-0,016153755)}{187452}} = 0,017027$$

$$UCL_2 = 0,016153755 + 3\sqrt{\frac{0,016153755(1-0,016153755)}{206892}} = 0,016985$$

$$UCL_3 = 0,016153755 + 3\sqrt{\frac{0,016153755(1-0,016153755)}{216288}} = 0,016967$$

Batas kendali atas (UCL/*Upper Control Limit*) yang digunakan adalah batas pada pengamatan terakhir, yaitu $UCL_3 = 0,016967$.

Berikut kontrol chart p yang dibentuk berdasarkan pada data hasil pengamatan:



Gambar 4.3 Peta Kontrol p *Defect TS blocked*

Berdasarkan pada gambar 4.3, dapat dijelaskan bahwa proses *filling* susu Real Good memiliki kualitas yang kurang baik karena *defect TS blocked* belum terpusat pada garis kendali. Sehingga proses *filling* masih perlu perbaikan secara berkelanjutan.

2. Peta Kontrol “ np “

Tabel 4.6 Data *defect TS blocked* dan perhitungan p, np, LCL, UCL

| No | Produk | Jumlah Produksi | Jumlah Defect | p |
|----|-----------------------------------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 187452 | 2602 | 0,013880887 |
| 2 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 206892 | 3456 | 0,016704367 |
| 3 | REAL GOOD TFA 80 STRAWBERRY | 216288 | 3806 | 0,017596908 |
| | | 610632 | 9864 | |

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1}^g n_i} = \frac{789}{48851} = 0,016153755$$

$$\bar{np}_1 = 187452 * 0,016153755 = 3028,054$$

$$\bar{np}_2 = 206892 * 0,016153755 = 3342,083$$

$$\bar{np}_3 = 216288 * 0,016153755 = 3493,863$$

\bar{np} yang digunakan adalah \bar{np} pada pengamatan terakhir, yakni

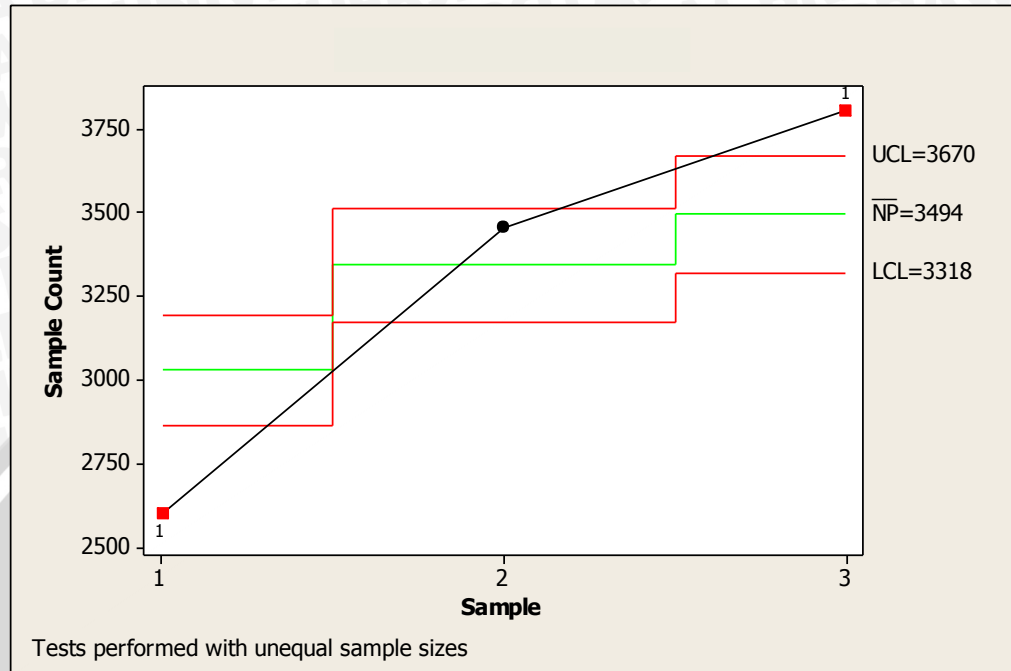
$$\bar{np}_3 = 3493,863$$

Karena nilai np yang digunakan pada pengamatan ke-3, maka Batas Kendali Bawah dan Batas Kendali Atas yang digunakan adalah batas kendali pada pengamatan ke-3.

$$LCL = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 3493,863 - 3\sqrt{(3493,863(1-0,016153755))} = 3317,975$$

$$UCL = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 3493,863 + 3\sqrt{(3493,863(1-0,016153755))} = 3669,752$$

Berikut control chart np yang dibentuk berdasarkan pada data hasil pengamatan:



Gambar 4.4 Peta Kontrol np *Defect TS blocked*

Dari perhitungan data diatas, dapat dilihat dari grafik peta kontrol np bahwa proses *filling* susu Realgood memiliki kualitas yang kurang baik karena *defect TS blocked* belum terpusat pada garis kendali. Sehingga proses *filling* masih perlu perbaikan secara berkelanjutan.

4.2.2 Penghitungan DPMO dan Nilai Sigma

Berdasarkan pada tabel 4.3 data defect akibat TS blocked, dapat dihitung nilai DPO dan DPMO sebagai berikut :

$$DPO = \frac{\sum \text{defect}}{\sum \text{Unit Diperiksa} \times CTQ}$$

$$DPO = \frac{9864}{610632 \times 1} = 0,01615375$$

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

$$DPMO = 0,01615 \times 10^6 = 16153,75$$

Dari penghitungan nilai DPMO di atas, didapatkan nilai DPMO proses *filling* sebesar 16.153,75. Jika nilai DPMO tersebut dikonversikan ke dalam tabel konversi DPMO, didapatkan nilai sigma sebesar 3,64.

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 Mode and Effect Analyze (FMEA)

FMEA dilakukan dengan *brainstorming* bersama pihak perusahaan atau dalam hal ini dengan bagian *Quality Assurance Departement* (QA). Hal-hal yang dibahas dalam FMEA ini adalah mengenai penyebab dan tindakan yang harus dilakukan untuk mengatasi atau mencegah kegagalan tersebut.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

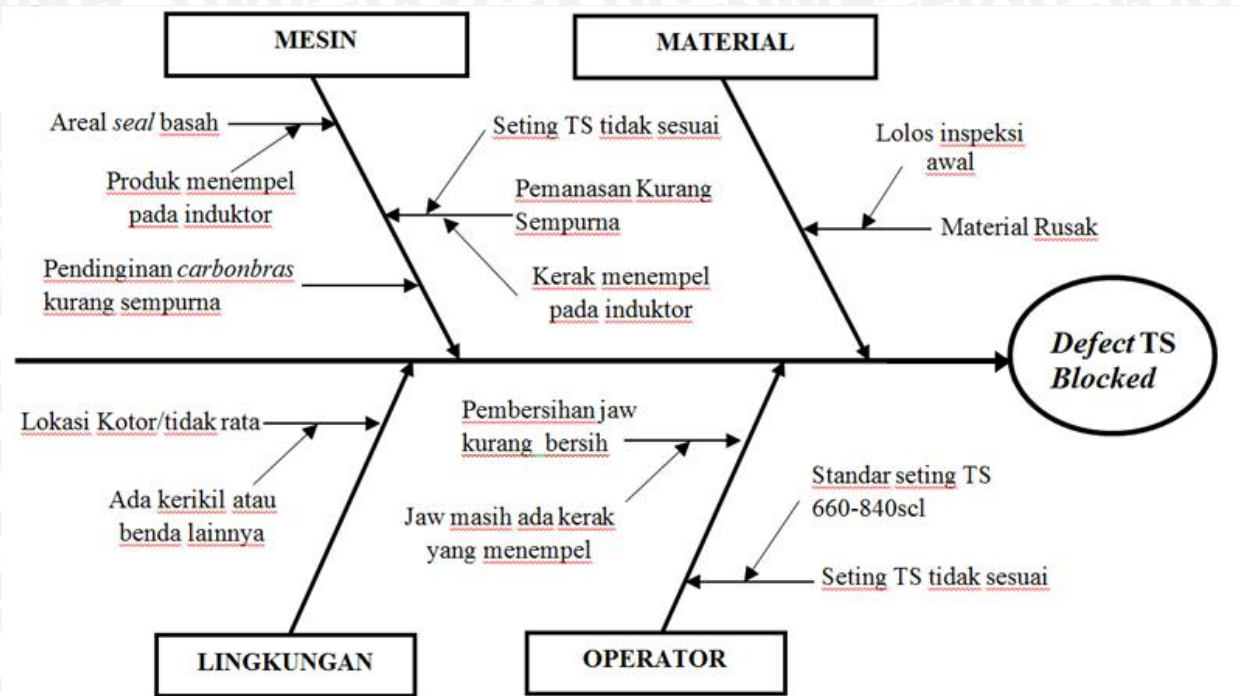


Tabel 4.7 Tabel FMEA untuk Resiko Aktual

| Resiko Aktual | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|---------------------------------------|--|--|----------|--|-----------|--|-----------|-------------|
| Aliran proses | Tujuan | Jenis kegagalan | | Dampak Kegagalan pada: A. Customer B. proses selanjutnya | Severity | Penyebab kegagalan | Occurence | Sistem apa yang bisa mendeteksi kegagalan? | Detection | RPN |
| 1 | Proses Filling | Transversal Seal blocked (TS Blocked) | | A Produk tidak lolos pemeriksaan TS blocked (uji seal) | 8 | 1. Mesin <ul style="list-style-type: none"> • Pemanasan kurang sempurna • Pendinginan kurang sempurna • Areal seal basah 2. Lingkungan <ul style="list-style-type: none"> • Lingkungan kotor/tidak rata 3. Material <ul style="list-style-type: none"> • Material rusak 4. Operator <ul style="list-style-type: none"> • Setting TS tidak sesuai • Pembersihan jaw kurang | 6 | Alarm TS QC | 5 | 2 4 0 |

4.3.2 Diagram Sebab Akibat

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dalam tahap ini dilakukan analisis terhadap faktor penyebab terjadinya *defect* dengan menggunakan diagram sebab akibat. Diagram sebab akibat untuk penyebab terjadinya *defect* TS *blocked* dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram Sebab Akibat untuk *Defect* TS *blocked*

Dari hasil analisis menggunakan Diagram sebab akibat, diketahui hubungan karakteristik dan faktor penyebab kegagalan karena TS *blocked*. Faktor-faktor yang mempengaruhi *defect* TS *blocked* adalah sebagai berikut:

a) Lingkungan

Lingkungan yang kotor dan tidak rata bisa menyebabkan kemasan rusak atau bocor. Karena waktu kemasan digelindingkan dan terkena kerikil atau benda tajam lainnya, bisa menyebabkan kemasan rusak serta berlubang. Oleh karena itu, kebersihan lingkungan tempat produksi perlu diperhatikan dengan teliti.

b) Material

Material rusak sangat mempengaruhi proses *filling*. Jika material yang rusak tetap diproses *filling*, maka akan menghasilkan produk gagal dan bisa juga menyebabkan *defect* TS *blocked* atau *defect* yang lainnya. Material rusak

disini maksudnya adalah material rusak yang lolos inspeksi awal, sehingga untuk selanjutnya inspeksi awal perlu dilakukan lebih teliti lagi agar tidak ada material rusak yang lolos ke proses *filling*.

c) Operator

Pada operator ada 2 penyebab terjadinya *defect TS blocked*, yaitu:

- Pembersihan Jaw yang kurang bersih

Jaw bisa terkena produk saat penekanan pada proses *sealing*. Produk yang mengenai jaw kemudian menjadi kerak, dan kerak tersebut bisa menghalangi panas yang diberikan oleh induktor. Karena panas yang diterima pada saat *sealing* kurang sempurna maka akan menyebabkan terjadinya *defect TS blocked*.

- Seting TS tidak sesuai

Setting TS yang tidak sesuai dengan standart bisa menyebabkan *defect TS blocked*. Standart setting TS sendiri adalah antara 660-840 scl.

d) Mesin

Penyebab adanya *defect TS blocked* yang terjadi pada mesin adalah:

- Pemanasan kurang sempurna

Salah satu penyebab *defect TS blocked* adalah pemanasan yang kurang sempurna. Hali ini dikarenakan oleh beberapa sebab yaitu setting TS yang tidak sesuai (diluar batas antara 660-840scl), induktor yang kurang bersih karena masih ada kerak yang menempel pada induktor sehingga menghalangi panas saat proses *sealing* dan induktor yang rusak.

- Areal *Seal* basah

Areal *seal (inductor)* yang basah disebabkan oleh produk dan menyebabkan proses pengesealan TS pada kemasan berikutnya terbentuk tidak sempurna. Hal ini dikarenakan panas dari *inductor* terhalangi oleh produk yang menempel pada *inductor* dan mengakibatkan panas yang mengenai *seal* tidak sempurna

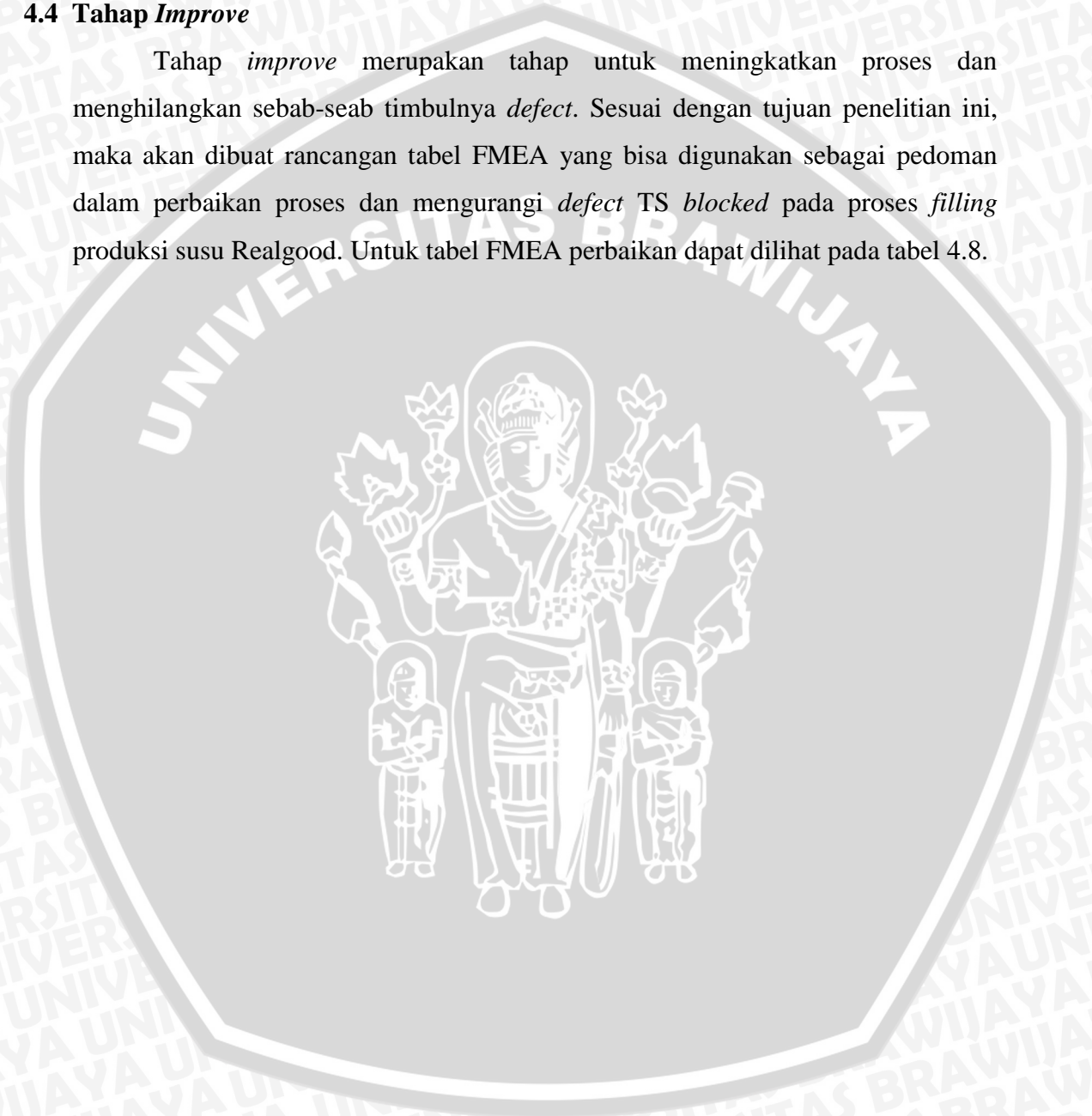
- Pendinginan karbonbras kurang sempurna

Karbonbras adalah bagian yang menghubungkan *contack rail* dengan induktor. Karbonbras akan mengalami pendinginan setelah melakukan proses *sealing*. Jika pendinginannya kurang sempurna, maka pada karbonbras masih ada panas yang tersimpan. Saat karbonbras dipanaskan

kembali maka panas yang terjadi akan melebihi dari standar yang sudah ditentukan atau panasnya terlalu tinggi. Sehingga agar pendinginan karbonbras sempurna bisa dilakukan penyemprotan menggunakan air biasa.

4.4 Tahap *Improve*

Tahap *improve* merupakan tahap untuk meningkatkan proses dan menghilangkan sebab-sebab timbulnya *defect*. Sesuai dengan tujuan penelitian ini, maka akan dibuat rancangan tabel FMEA yang bisa digunakan sebagai pedoman dalam perbaikan proses dan mengurangi *defect TS blocked* pada proses *filling* produksi susu Realgood. Untuk tabel FMEA perbaikan dapat dilihat pada tabel 4.8.



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 | Transversal Seal Blocked (TS Blocked) | 320 | 1. Mesin <ul style="list-style-type: none"> • Pemanasan kurang sempurna • Pendinginan kurang sempurna • Areal seal basah | Operator, Mekanik dan QC | Periodik, Saat kejadian | Saat kondisi normal | Bebas dari defect TS blocked | 8 | 6 | 5 | 240 | |
| | | | 2. Lingkungan <ul style="list-style-type: none"> • lingkungan kotor | | | | | | | | | Pembersihan lingkungan <i>filling</i> |
| | | | 3. Material <ul style="list-style-type: none"> • Material rusak | | | | | | | | | Pengecekan pada inspeksi awal lebih teliti agar material yang rusak tidak lolos ke proses <i>filling</i> |

Tabel 4.8 Tabel FMEA Perbaikan (Lanjutan)

| Resiko Aktual | | | Tindakan Resiko | | | | | | | | |
|-----------------|--|-----|--|--------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|----------|------------|-----------|-----|
| Jenis kegagalan | Penyebab kegagalan | RPN | Tindakan yang disarankan | Pelaksana | Waktu | | Hasil | Severity | Occurrence | Detection | RPN |
| | | | | | Mulai | Selesai | | | | | |
| 1 | <i>Transversal Seal Blocked (TS Blocked)</i> | 240 | <ul style="list-style-type: none"> Jaw dibersihkan dengan teliti sehingga tidak ada kerak yang tertinggal <i>Setting</i> disesuaikan yaitu antara 660-840scl | Operator, Mekanik dan QC | Periodik, Saat kejadian | Saat kondisi normal | Bebas dari <i>defect TS blocked</i> | 8 | 6 | 5 | 240 |

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisis penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses *filling* di PT. Greenfields Indonesia telah memenuhi standart performansi (spesifikasi) yang ditetapkan, kemampuan *control* proses dan teknologi sudah baik. Akan tetapi untuk mencapai kondisi *minimum defect*, berbagai perbaikan masih perlu dilakukan baik pada kemampuan kontrol maupun teknologi yang digunakan.

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

1. Karakteristik kualitas pada proses *filling* susu Realgood, untuk *variable defect* yang paling kritis (CTQ/*Critical to Quality*) adalah TS (*Transversal Seal blocked*) dengan persentase *defect* 49% (9.864 *pack* dari 20.124 *pack*)
2. Nilai *Six Sigma* untuk *defect* TS *blocked* pada proses *filling* susu Realgood, dari perhitungan dapat diperoleh nilai DPMO 16.153,75 dan nilai *Sigma* 3,64
3. Dari analisis menggunakan diagram sebab akibat dan tabel FMEA, dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi *defect* TS *blocked*, yaitu:
 - a. Mesin
Pada mesin disebabkan oleh proses pemanasan yang kurang sempurna, areal *seal* basah dan pendinginan karbonbras kurang sempurna
 - b. Material
Pada material dipengaruhi oleh material rusak yang lolos inspeksi awal
 - c. Lingkungan
Pada lingkungan dipengaruhi oleh lingkungan yang kotor atau tidak rata
 - d. Operator
Dari faktor operator dipengaruhi oleh pembersihan jaw yang kurang teliti dan seting TS yang tidak sesuai
4. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui faktor mesin merupakan gangguan major dalam proses *filling* sehingga penulis menyimpulkan faktor utama penyebab TS *blocked* adalah dari faktor mesin.

5.2 Saran

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

- a. Pada penelitian ini karena adanya berbagai keterbatasan, maka tidak dilakukan tahapan *improve* dan *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 tahapan *improve* dan *control* serta faktor biaya dari proyek *Six Sigma* nantinya.
- b. Dengan menggunakan rancangan tabel FMEA perbaikan, diharapkan proses perbaikan untuk *defect TS blocked* pada proses *filling* produksi susu Realgood bisa meningkat sehingga bisa meningkatkan kapabilitas proses dari produksi susu Realgood
- 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* hingga level 6 *sigma* dapat terpenuhi.



DAFTAR PUSTAKA

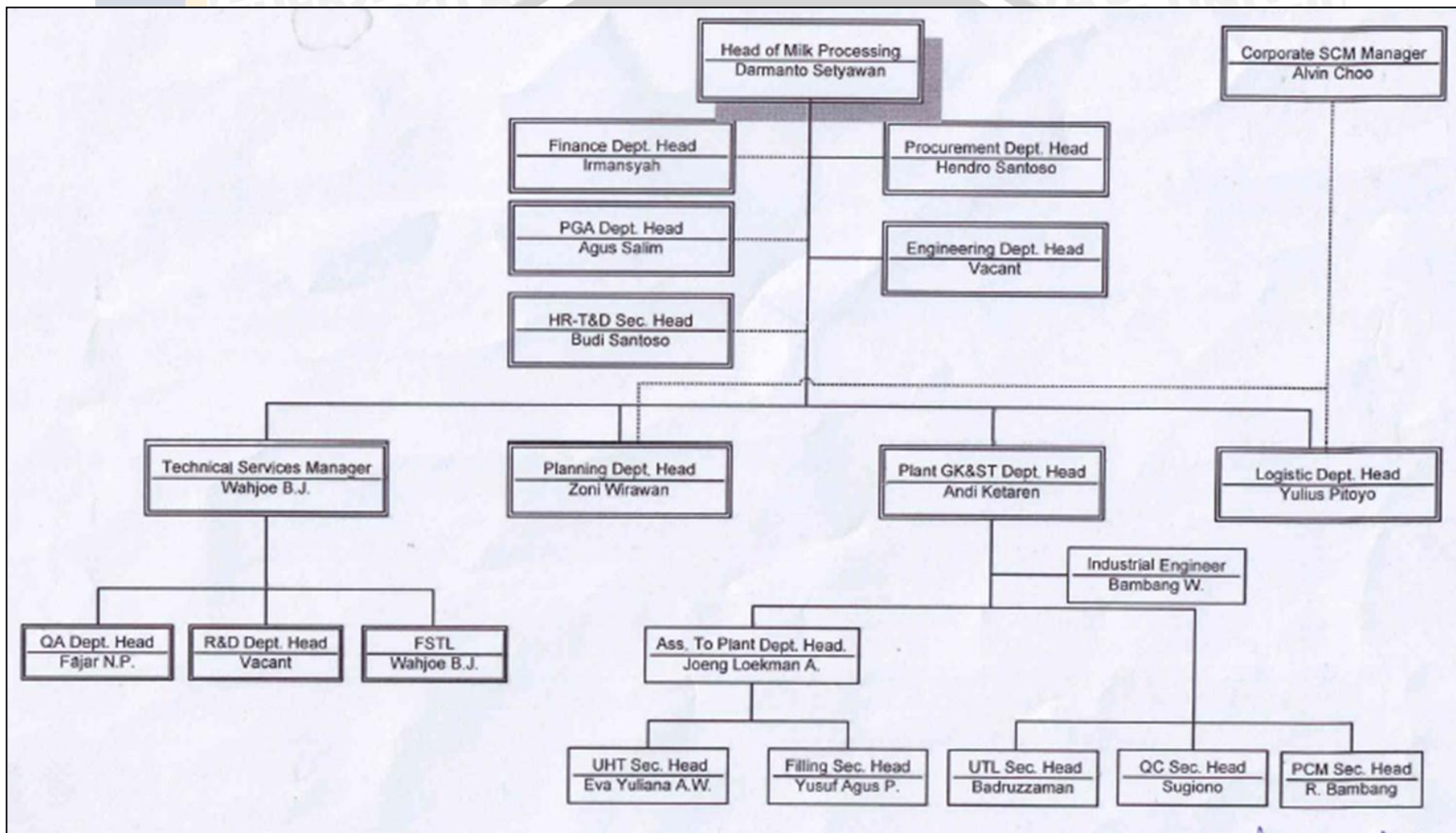
- Achmadi S.K, Noor. 2009. *Peningkatan Kualitas Produk “ X “ dengan menggunakan Metode SIX SIGMA*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Branen, A. L., P. M. Davidson, and S. Salminen. 1990. *Food Additive*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Dale H. Bestfield. 1994. *Quality Control*. New Jersey : Prentice – Hall International, Inc.
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA dan HACCP*. Jakarta: Gramedia
- Gaspersz, Vincent. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: Gramedia.
- Kusuma, T.W.N. 2008. *Penerapan Metode Six Sigma Untuk Peningkatan Kualitas Hasil Proses Produksi Kapsul Lunak Yodiol*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Manggala D. 2005. *Six Sigma Secara Sederhana*. (<http://www.isixsigma.com/>)
- Minitab inc. 2000. *Minitab user guide e-book*. United States: Minitab inc
- Montgomery, Douglas C. 1990. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- 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
- PT. Greenfields Indonesia. 2011. *Data Produksi Susu Realgood 2011*. Malang: PT. Greenfields Indonesia
- PT. Greenfields Indonesia. 2011. *PT. Greenfields Indonesia Unit Milk Prosesing (Block Diagram)*. Malang: PT. Greenfields Indonesia
- PT. Greenfields Indonesia. 2011. *Package Integrity*. Malang: PT. Greenfields Indonesia
- Pyzdek, Thomas. 2002. *The Six Sigma Hand Book*, Jakarta: Salemba Empat
- Rath & Strong’s. 2005. *Six Sigma Advanced Tools*. Yogyakarta: ANDI
- Smith, Durward. 2006. *Disease Control and Clean Liness. Good Manufacturing Practices In Manufacturing Packaging or Holding Of Human Foods(cGMPS) Food Processing for Entrepreneurs Series Journal*. New York

Spiegel, Murray R. 1995. *Theory and Problem of Statistic*. 2nd Rev. Edition S.I. Edition-
(*Schaum's Outline Series*). Singapore: Mc.GrawHill

Tetrapak. *Tetra pak A1 for Tetra Fino Aseptic*. http://www.tetrapak.com/products_and_services/filling_machines/tetra_pak_a1_for_tfa/pages/default.aspx. (diakses tanggal 20 September 2011)



Lampiran 1. Struktur Organisasi Perusahaan PT. Greenfields Indonesia



Lampiran 2. Jenis-Jenis Produk PT. Greenfields Indonesia

a. Greenfields Pasteurised Fresh Milk (ESL) : *Skim, Low Fat, Full Cream, Chocomalt*



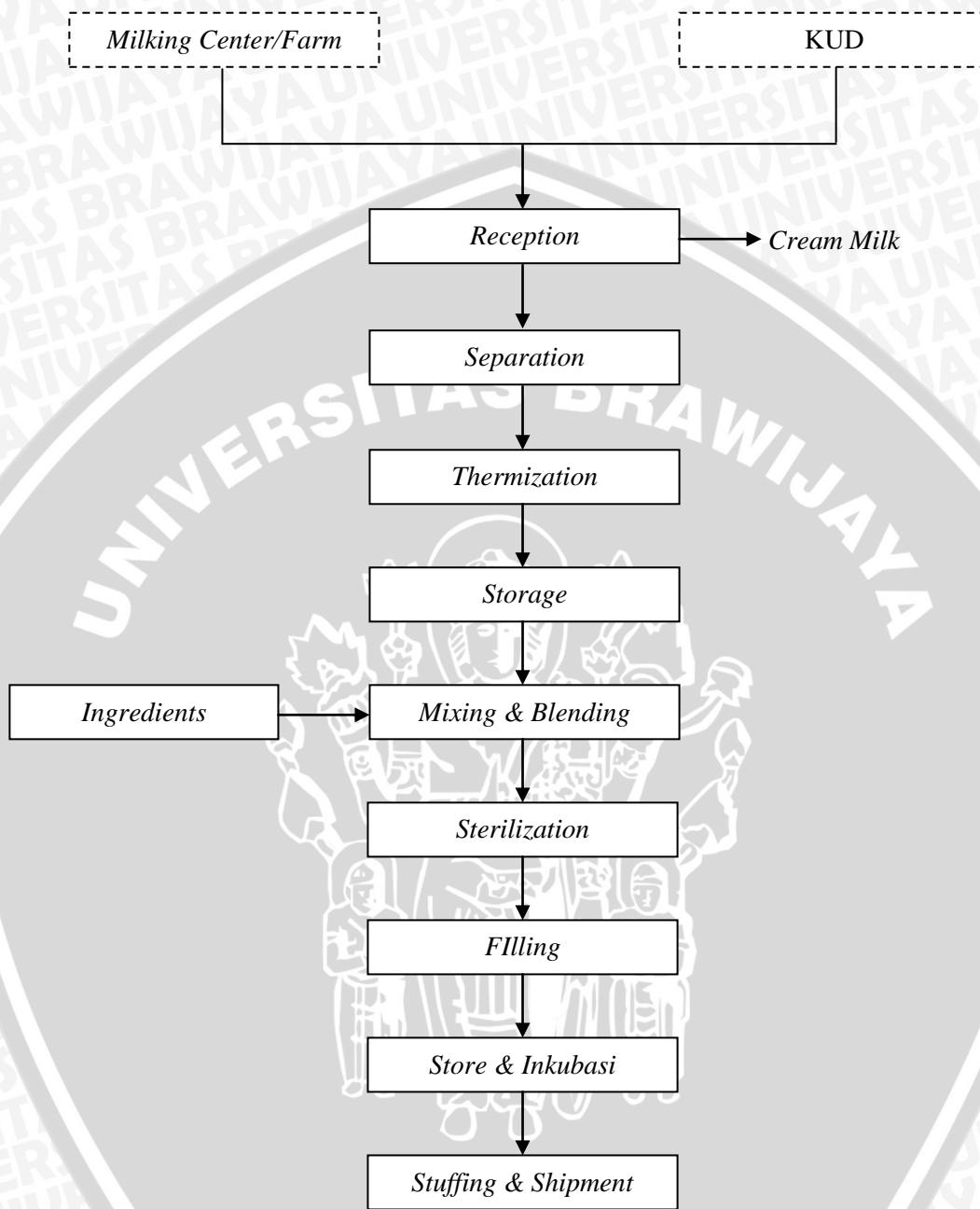
b. Greenfields UHT : *Skim, Low Fat, Full Cream, Chocomalt, Whipping Cream*



c. RealGood UHT : *Sereal, Sereal Vanilla, Double Choco, Sereal Strawberry, Sereal Choco*



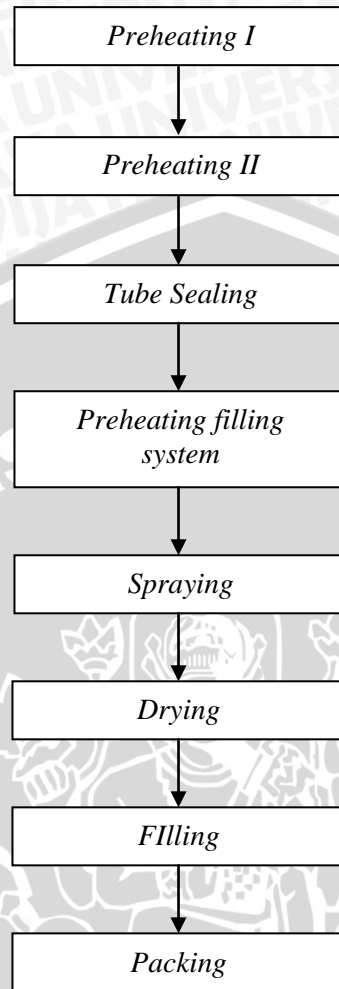
Lampiran 3. Diagram Alir Pengolahan Susu RealGood



Sumber: PT. Greenfields Indonesia



Lampiran 4. Diagram Alir Proses *Filling* (Pengisian) Susu RealGood



Sumber: PT. Greenfields Indonesia

Lampiran 5

Tabel 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 5 (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 5 (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)