



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

34796 109



RSI
658.962

Rod
P-1
2009

TUGAS AKHIR - RI 1592

**PENINGKATAN ECO-EFISIENSI DENGAN
PENDEKATAN LEAN SIGMA DAN SIMAPRO 5.0.
(STUDI KASUS : PG. Mojopanggoong Tulungagung)**

AHMAD RODA'I
NRP 2505 100 016

Dosen Pembimbing
Ir. Hari Supriyanto, MSIE

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2009

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	11-2-2009
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	329



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - RI 1592

**INCREASING ECO-EFFICIENCY USING LEAN SIGMA
AND SIMAPRO 5.0. APPROACH
(CASE STUDY : PG. Modjopanggoong Tulungagung)**

AHMAD RODA'I
NRP 2505 100 016

Supervisor
Ir. Hari Supriyanto, MSIE

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2009

**PENINGKATAN ECO-EFISIENSI DENGAN
PENDEKATAN *LEAN SIGMA* DAN SIMAPRO 5.0.
(STUDI KASUS : PG. Modjopanggoong Tulungagung)**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

**AHMAD RODA'I
NRP 2505 100 016**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Hari Supriyanto, MSIE



.....(Pembimbing)

SURABAYA, JANUARI 2009

**INCREASING ECO-EFFICIENCY USING LEAN SIGMA AND
SIMAPRO 5.0 APPROACH
(CASE STUDY : PG. Modjopangoong Tulungagung)**

Name : AHMAD RODA'I
NRP : 2505.100.016
Departement : Teknik Industri FTI-ITS
Lecturer : Ir. HARI SUPRIYANTO, MSIE

Abstract

Modjopanggung Sugar Factory is an East Java government's sugar factory. It is located in Tulungagung. This factory produces White Crystal Sugar (GKP). Improvement of eco-efficiency can be reached by decreasing any non-value-added and wastes that are happened in the production process and environment aspect. It is measured by Simapro 5.0.

This improvement is done by using Lean Sigma approach. Six Sigma research methodology is used to minimize the variation in each of the existing waste.

From the result of the research, two critical wastes which are used in the research are inappropriate processing waste and defect waste. Both of them were analyzed by RCA and FMEA. The highest RPN value of FMEA is used as a basis for determining an alternative improvement. The result is 10 combinations were discovered. From that 10 combinations, the best combination is selected by value management. The best combination with 1.4 values, is molder operator training, purchase crystal detecting PC, and purchase scale.

Key Word : Lean Sigma, Value Management, RCA, FMEA and Sugar.

**PENINGKATAN ECO-EFISIENSI DENGAN PENDEKATAN
LEAN SIGMA DAN SIMAPRO 5.0
(STUDI KASUS : PG. Modjopangoong Tulungagung)**

Nama Mahasiswa : AHMAD RODA'I
NRP : 2505.100.016
Jurusan : Teknik Industri FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. HARI SUPRIYANTO, MSIE

Abstrak

Pabrik Gula Modjopangoong merupakan salah satu Pabrik Gula BUMN Jawa Timur yang terletak di Tulungagung. Pabrik ini memproduksi Gula Kristal Putih (GKP). Peningkatan eco-efisiensi dapat dicapai melalui peningkatan efisiensi proses yaitu mengurangi aktivitas *non value added* dan pemborosan (*waste*) yang terjadi sepanjang aliran proses produksi dan aspek lingkungan yang diukur dengan software simapro 5.0.

Peningkatan efisiensi tersebut dilakukan dengan menerapkan pendekatan konsep *Lean Sigma*. Metodologi penelitian yang digunakan adalah metodologi *six sigma* yang bertujuan untuk meminimalisasi variansi dari setiap *waste* yang ada.

Dari hasil penelitian, dua *waste* kritis yang digunakan untuk penelitian yaitu *waste inappropriate processing* dan *waste defect*. Analisis kedua *waste* tersebut menggunakan RCA dan FMEA. Nilai RPN tertinggi dari FMEA digunakan sebagai dasar menentukan alternatif *improve* dan didapatkan ada 10 kombinasi *improve*. Dari 10 kombinasi tersebut dipilih kombinasi terbaik dengan menggunakan *value management* dan didapatkan kombinasi terbaik dengan nilai *value* 1,4 yaitu pelatihan operator gilingan, pembelian PC pendeteksi kristal dan pembelian timbangan.

Kata kunci: *Lean Sigma, RCA, FMEA, Value Management* dan Gula.



KATA PENGANTAR

Bissmillahirrahmannirrahim,

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah Rabb Semesta Alam yang telah meminjamkan setetes ilmu kepada hamba-Nya dan memberikan berbagai bantuan dan kemudahan hingga laporan Tugas Akhir ini selesai tersusun. Solawat serta salam semoga tetap tercurah kepada Rasulullah Muhammad Saw, beserta keluarga, sahabat, dan para pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir yang berjudul “*Peningkatan Eco-efisiensi Dengan Pendekatan Lean Sigma dan Simapro 5.0 (Studi Kasus : PG. Modjopangoong Tulungagung)*” ini diajukan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan studi strata satu dan memperoleh gelar sarjana Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Banyak pihak yang telah membantu demi terselesaikannya penelitian ini, oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan ilmu, hidayah, petunjuk dan ridhoNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Seluruh keluargaku. Alm Ayah saya dan Ibunda serta Ayah Karmun yang tercinta. Mereka adalah yang selalu menjadi motivasi terbesar bagi penulis dan selalu mengajarkan bahwa hidup kita harus berubah, berubah kearah yang lebih baik. Selalu memberikan dukungan dalam semua hal selama penulis menjalani kehidupan ini. Mas Daroini, Mbak Rodiyah, Mas Hari, Mbak Win yang telah mendorong saya untuk cepat lulus. Si kecil (Rafi, Nafis) yang selalu membuat penulis bisa tersenyum.
3. Bapak Ir. Hari Supriyanto, MSIE selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan dan nasehatnya untuk lebih berpikir kreatif selama menyelesaikan tugas akhir. Sekaligus sebagai Kepala *Statistical and Managerial*

Decision Laboratory (SMDL) yang telah senantiasa berusaha mempertahankan eksistensi lab dan berusaha memberikan arahan untuk dapat menjadi yang lebih baik.

4. Ibu Dr. Ir. Sri Gunani Partiw, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Industri – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Bapak Kun selaku kepala pengolahan dan Bapak Wahyu selaku pembimbing tugas akhir di perusahaan.
6. Bapak Teguh, Ibu Is, Bapak Sinaga, Bapak Joko Daryono, Mbak Devi yang telah membantu penulis dalam memperoleh data-data TA..
7. Mas Yovan, Mas Doddy dan Mas Dikta yang telah *share* tentang TA.
8. Keluarga besar BLUE FAMILY (Agus, Ridha, Yoyo, Devi, Asthi, Retno, Ismail, Wirawan, Shinta, Nita, Ari, Fathy, Ria, Widad, Hartini, Rudy dan Attar) mereka semua adalah keluarga yang terdekat dan telah menemani penulis untuk membangun dan membesarkan Lab SMDL.
9. Sahabat-Sahabat baik GRS 16 (Nasirul, Yuan, Adi, Baha, Agus, Solikin, Singgih, Tejo, Rangga, Fendy, Imam dan Wahyu) yang selalu mengisi kehidupan penulis baik dengan canda tawa atau tangis bahagia.
10. TI Angkatan 2005 yang merupakan keluarga terbesar yang telah menemani penulis kuliah mulai dari pengkaderan hingga wisuda.
11. Apriani Nur Aulia yang selalu memberikan motivasi dan do'a kepada penulis selama mengerjakan TA.
12. Teman-teman penulis yang lain serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

Surabaya, Januari 2009

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Tentang Gula.....	7
2.2. Konsep Produktivitas.....	9
2.3. <i>Big Picture Mapping</i>	11
2.4. Tipe Aktivitas	12
2.5. <i>Lean</i>	13
2.6. E-DOWNTIME.....	15
2.7. <i>Six Sigma</i>	18
2.8. <i>Lean Six Sigma</i>	23
2.9. <i>Diagram Pareto</i>	26
2.10. <i>Root Cause Analysis</i>	27
2.11. <i>FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)</i>	27
2.12. <i>Simapro 5.0</i>	29
2.13. <i>Value Management</i>	31
2.14. <i>Critical Review</i>	32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahap Identifikasi.....	35
3.2. Tahap Pengumpulan Dan Pengolahan Data.....	35
3.3. Tahap Analisa Dan Perbaikan	36
3.4. Tahap Kesimpulan Dan Saran	37

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 <i>Define</i>	39
4.1.1. Profil Perusahaan.....	39
4.1.2. Pemetaan proses produksi.....	41
4.1.3. Produktivitas.....	47
4.1.4. <i>Big Picture Mapping</i>	48
4.1.4.1. Aliran informasi proses produksi <i>GKP</i>	48
4.1.4.2. Aliran fisik proses produksi <i>GKP</i>	49
4.1.5. Identifikasi Proses Produksi.....	53
4.1.6. Pengidentifikasian <i>Waste</i>	56
4.1.7. Identifikasi <i>Input & Output Life Cycle Produk</i>	60
4.1.7.1. Deskripsi sistem amatan.....	60
4.1.7.2. Data Input Output.....	60
4.1.7.2.1. <i>Supplier</i>	60
4.1.7.2.2. Proses Produksi.....	61
4.1.7.2.3. Konsumen.....	61
4.1.7.2.4. Energi.....	61
4.1.7.2.5 Data Disposal.....	61
4.1.7.2.6 Data-data <i>Software Simapro 5.0</i>	62
4.2 <i>Measure</i>	63
4.2.1. Pengukuran <i>waste</i> kritis.....	63
4.2.2. Kapabilitas proses dan Penentuan prioritas Perbaikan.....	64
4.2.3 Pengukuran Produktivitas.....	67
4.2.4. Pengukuran dampak lingkungan kondisi awal...	68
4.2.4.1. <i>Tree Diagram</i>	68
4.2.4.2. <i>Impact Assessment</i>	69
4.2.4.2.1. <i>Characterization</i>	69
4.2.4.2.2. <i>Normalization</i>	70

4.2.4.2.3. <i>Weighting</i>	71
4.2.4.2.4. <i>Single Score</i>	72
BAB V ANALISA, PENINGKATAN DAN EVALUASI	
5.1. <i>Analyze</i>	75
5.1.1. Analisa Faktor-Faktor penyebab <i>waste</i> yang Kritis	75
5.1.2. Analisis Produktivitas.....	82
5.1.3. Analisa Tree Diagram dan Impact Assessment...	82
5.1.3.1. Analisis Tree Diagram.....	82
5.1.3.2. Analisis Impact Assessment.....	83
5.1.3.3. Characterisation Impact Assessment.....	83
5.1.3.4. Normalisation Impact Categories.....	84
5.1.3.5. Weighting Impact Categories.....	84
5.1.3.6. Single Score Impact Categories.....	84
5.2. <i>Improve</i>	86
5.2.1. Usulan-usulan perbaikan untuk mengurangi <i>waste</i>	86
5.2.2. Pengukuran performansi alternatif <i>improvement</i>	88
5.2.3. Pengukuran <i>value</i>	90
5.2.4. Estimasi produktivitas setelah <i>improvement</i>	92
5.3. Evaluasi kondisi perbaikan	94
5.3.1. Evaluasi <i>Big Picture Mapping</i> Perbaikan.....	94
5.3.2. Evaluasi dampak lingkungan perbaikan.....	97
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	101
6.2 Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Simbul-simbul dari <i>Big Picture Mapping</i>	12
Gambar 2.2. Sistem Manajemen Toyota	14
Gambar 2.3. Sejarah <i>Lean Sigma</i>	24
Gambar 2.4. Grafik kekuatan <i>Lean Sigma</i>	26
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian	38
Gambar 4.1 Proses produksi <i>GKP</i>	41
Gambar 4.2 Aliran fisik proses produksi <i>GKP</i>	51
Gambar 4.3 Aliran informasi proses produksi <i>GKP</i>	52
Gambar 4.4 Pareto <i>waste</i> kritis	64
Gambar 4.5 Perhitungan nilai sigma berdasarkan software SPC wizard's sigma calculator	65
Gambar 4.6 <i>Sigma</i> level tahun 2008	66
Gambar 4.7 Diagram batang jenis cacat	66
Gambar 4.8 Indeks Produktivitas	68
Gambar 4.9. <i>Diagram Characterisation Impact Assessment</i> ..	70
Gambar 4.10. <i>Diagram Normalisation Impact Assessment</i> ..	71
Gambar 4.11. <i>Diagram Weighting Impact Assessment</i>	71
Gambar 4.12. <i>Diagram Single Score Impact Assessment</i>	72
Gambar 4.13. <i>Diagram Single Score Impact Assessment untuk</i> <i>variabel bahan bakar</i>	73
Gambar 5.1 Kondisi pisau potong	76
Gambar 5.2 Bentuk pisau potong	77
Gambar 5.3. Hummer	78
Gambar 5.4. Prosentase kontribusi dampak	85
Gambar 5.5. Hasil dari herpashing	87
Gambar 5.6. Tampilan proses masak di monitor PC	88
Gambar 5.7. Aliran informasi setelah perbaikan	94
Gambar 5.8. Aliran fisik setelah perbaikan	95
Gambar 5.9. <i>Diagram Characterisation Impact Assessment</i> ..	97
Gambar 5.10. <i>Diagram Normalisation Impact Assessment</i> ..	98
Gambar 5.11. <i>Diagram Weighting Impact Assessment</i>	98
Gambar 5.12. <i>Diagram Single Score Impact Assessment</i>	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fase FMEA.....	28
Tabel 4.1 Variabel penyusun produktivitas.....	47
Tabel 4.2 Identifikasi proses produksi.....	55
Tabel 4.3 Konversi jumlah defect tahun 2007.....	56
Tabel 4.4 Jumlah jam berhenti giling.....	57
Tabel 4.5 Penggunaan lokomotif.....	58
Tabel 4.6 Sisa material pada akhir tahun 2007.....	59
Tabel 4.7 Konversi ampas.....	60
Tabel 4.8 Data supplier bahan baku.....	60
Tabel 4.9 Kebutuhan energi.....	63
Tabel 4.10 Inputan simapro pada air.....	62
Tabel 4.11 Inputan simapro pada bahan bakar.....	62
Tabel 4.12 Inputan simapro pada bahan pembantu.....	62
Tabel 4.13 Inputan simapro pada kemasan.....	62
Tabel 4.14 Inputaan simapro pada listrik.....	62
Tabel 4.15 Inputan simapro pada tebu.....	62
Tabel 4.16 Resiko biaya akibat dari <i>waste</i>	63
Tabel 4.17 Pol yang terdapat pada ampas.....	65
Tabel 4.18 Input proses produksi.....	67
Tabel 4.19 Output proses produksi.....	67
Tabel 4.20 Indeks produktivitas perusahaan.....	67
Tabel 4.21 <i>Impact Category</i> menurut metode EDIP.....	69
Tabel 4.22 Nilai <i>Characterisation Impact Assessment</i>	70
Tabel 4.23 Nilai <i>Normalisation Impact Assessment</i>	71
Tabel 4.24 Nilai <i>Weighting Impact Assessment</i>	72
Tabel 4.25 Nilai <i>Single Score Impact Assessment</i>	73
Tabel 5.1 RCA <i>Subwaste Inappropriate Processing</i>	76
Tabel 5.2 RCA <i>Subwaste Defect</i>	79
Tabel 5.3 FMEA <i>Waste Inappropriate Processing</i>	80
Tabel 5.4 FMEA <i>Waste Defect</i>	81
Tabel 5.5 Kontributor Utama <i>Single Score Impact Assessment</i>	85
Tabel 5.6 Usulan perbaikan.....	86

Tabel 5.7 Perhitungan biaya kombinasi alternatif.....	89
Tabel 5.8 Performansi terbobot.....	90
Tabel 5.9 <i>Value</i> dari masing-masing kombinasi <i>improvement</i>	92
Tabel 5.10 Estimasi penambahan jumlah gula.....	93
Tabel 5.11 Estimasi jumlah bahan bakar.....	93
Tabel 5.12 Estimasi produktivitas.....	93
Tabel 5.13 Identifikasi proses produksi setelah perbaikan.....	96
Tabel 5.14 Nilai <i>Characterisation Impact Assessment</i>	97
Tabel 5.15 Nilai <i>Normalisation Impact Assessment</i>	98
Tabel 5.16 Nilai <i>Weighting Impact Assessment</i>	99
Tabel 5.17 Nilai <i>Single Score Impact Assessment</i>	99

BAB I

PENDAHULUAN

Pada pendahuluan dikemukakan hal-hal pendorong atau argumentasi pentingnya dilakukan penelitian. Serta diuraikan proses pengidentifikasian masalah yang ada. Komponen-komponen dalam bab ini diantaranya adalah: (1) Latar Belakang Masalah; (2) Perumusan Masalah; (3) Tujuan Penelitian; (4) Ruang Lingkup Penelitian dan (5) Manfaat Penelitian.

1.1 Latar Belakang

Gula merupakan salah satu kebutuhan utama masyarakat Indonesia tidak hanya sebagai konsumsi melainkan juga sebagai bahan baku industri, terutama industri makanan dan minuman. Berdasarkan data Asosiasi Pengusaha Gula dan Terigu Indonesia (Apegti) pada 2005-2006, Indonesia merupakan negara kesembilan pengonsumsi gula terbesar. Pada tahun 2007 sebanyak 3,3 juta ton gula dikonsumsi rakyat Indonesia, terdiri dari 2,6 juta ton untuk konsumsi langsung rumah tangga, 0,7 juta ton untuk konsumsi tidak langsung oleh industri. Kebutuhan saat ini baru dapat terpenuhi 2,2 juta ton dari produksi dalam negeri, artinya untuk memenuhi kebutuhan konsumsi langsung rumah tangga saja produksi dalam negeri belum mampu memenuhi sehingga harus dilakukan impor gula (Gatra, 2007).

Ketergantungan terhadap impor gula ini sudah terjadi sejak tahun 1998 sebagai akibat dari ketidakmampuan produksi nasional memenuhi kebutuhan. Ketidakmampuan produksi nasional ini, diakibatkan oleh faktor-faktor antara lain : penurunan areal dan peningkatan proporsi areal tebu tegalan, penurunan produktivitas lahan dan penurunan efisiensi di tingkat pabrik (Susila, 2005). Ketidakefisienan pabrik gula di Indonesia ini lebih banyak terjadi pada PG BUMN, berikut ini adalah data indikator efisiensi pabrik gula di Indonesia: PG memiliki efisiensi *Pol* tebu 8-11% sedangkan efisiensi normal 14% dan *Rendemen* memiliki efisiensi 5-8.5% sedangkan efisiensi normal 12%.

Penurunan efisiensi di tingkat pabrik ini akan menyebabkan tingkat pendapatan pabrik akan menurun. Pengukuran efisiensi pabrik dilakukan dengan menggunakan ukuran produktivitas sedangkan aspek efisiensi lingkungan dilakukan pengukuran dengan software simapro 5.0. Produktivitas telah menjadi hal yang sangat kritis bagi perusahaan-perusahaan dan perlu ditingkatkan karena melalui produktivitas dapat diketahui tingkat kinerja dari suatu perusahaan. Produktivitas perusahaan juga akan mampu memonitor dan meningkatkan kinerja perusahaan sehingga mampu bersaing dengan perusahaan lainnya. Selain itu produktivitas pabrik gula perlu mendapatkan perhatian serius. Hal ini untuk membantu pemerintah dalam mewujudkan Swasembada Gula Tahun 2009. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas tingkat efisiensi pabrik gula yang merupakan komponen utama dalam rangka meningkatkan produktivitas pabrik gula.

Objek penelitian dari Tugas Akhir ini adalah Pabrik Gula Modjopangoong yang merupakan salah satu Pabrik Gula BUMN Jawa Timur yang terletak di Tulungagung. Produk utama yang dihasilkan adalah Gula Kristal Putih (GKP) dengan kapasitas produksi pada bulan Juni dan Juli tahun 2008 adalah sebesar 12.128 ton dengan produk cacat yang dihasilkan sebesar 108 ton. *Defect rate* yang dimiliki perusahaan 0,8 % atau dengan menggunakan kalkulator *sigma* maka perusahaan ini berada pada level 4,1 *Sigma*. *Pol* tebu perusahaan memiliki efisiensi 10,25% dan *rendemen* perusahaan memiliki efisiensi 8%. Pada tahun 2007 produktivitas perusahaan adalah 59% (Raharjo, 2007). Berdasarkan pada data di atas, maka mengindikasikan bahwa efisiensi dan efektivitas perusahaan perlu ditingkatkan dengan cara mengurangi *waste* dan aktivitas *non value added* yang terjadi sepanjang aliran proses produksi, sehingga pihak perusahaan harus berupaya untuk melakukan perubahan dalam upaya meningkatkan produktivitasnya.

Metode perbaikan yang digunakan adalah konsep *Lean Sigma* yang merupakan penggabungan antara konsep *Lean Thinking* dan konsep *Six Sigma* (Gaspersz, 2008). Persamaan dari konsep ini adalah berorientasi pada peningkatan performansi proses yang berakibat pada peningkatan produktivitas perusahaan. Konsep *Lean Thinking* berfokus pada reduksi *waste* yang terjadi pada seluruh aliran proses produksi. *Waste* yang terjadi pada perusahaan akan berakibat pada ketidakefisienan proses sehingga output yang dihasilkan akan berkurang. Konsep *Six Sigma* berorientasi pada penurunan variabilitas proses. *Tools* yang digunakan pada konsep *Lean Sigma* antara lain: *Big Picture Mapping*, *Pareto Chart*, *Root Cause Analysis* dan *Failure Mode and Effect Analysis*. Selain dengan konsep *Lean Sigma* peningkatan eco-efisiensi juga harus ditinjau dari segi efek yang ditimbulkan perusahaan terhadap lingkungan. Alasan kenapa harus dikaitkan dengan lingkungan karena industri merupakan kontributor terbesar terhadap terjadinya kerusakan lingkungan. Penelitian World Bank pada tahun 2003 memberikan gambaran bahwa sektor industri cukup berperan dalam memberikan polusi udara terhadap kondisi udara di tanah air. Di Indonesia lebih dari 30% sumber polutan udara berasal dari emisi partikel, 28% dari sektor transportasi dan lebih dari 10% berasal dari sektor industri. Polusi air disebabkan oleh 2 hal utama yaitu sektor industri dan limbah rumah tangga (Ariyanti, 2006). Pengukuran dampak lingkungan akan dilakukan sebelum dan sesudah dilakukan *improvements Lean Sigma*. *Tools* yang digunakan untuk mengukur dampak lingkungan adalah *Simapro 5.0*. *Simapro 5.0* secara umum adalah suatu alat atau *software* untuk mengukur dampak lingkungan yang diakibatkan produk atau aktivitas sepanjang *life cycle product*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah

bagaimana meningkatkan eco-efisiensi PG. Modjopanggoong dengan menggunakan *Lean Sigma* dan *Simapro 5.0*.

1.3 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Meningkatkan jumlah produksi gula.
2. Meningkatkan efisiensi input material untuk proses produksi gula
3. Meningkatkan produktivitas pabrik gula.
4. Pengukuran dampak lingkungan dengan software Simapro 5.0.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini manfaat yang dapat diperoleh adalah :

1. Perusahaan dapat meningkatkan efektivitas produksi gula.
2. Perusahaan dapat meningkatkan efisiensi input produksi gula.
3. Perusahaan dapat meningkatkan produktivitas.
4. Perusahaan dapat mengetahui dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan dengan software simapro 5.0.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di PG. Modjopanggoong Tulungagung pada Bagian Pengolahan.
2. Penelitian dilakukan selama 4 bulan mulai bulan September s.d Desember 2008.
3. Metodologi *six sigma* yang digunakan adalah *define, measure, analyze* dan *improve* dimana pada tahap *improve* hanya sebatas usulan *improvement*.
4. Penggunaan software simapro hanya sampai pada proses di dalam pabrik.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Proses produksi yang dilakukan di pabrik tidak mengalami perubahan secara signifikan.
2. Kebijakan pihak manajemen pabrik dalam menentukan *suppliers* bahan baku dan jenis bahan baku tidak mengalami perubahan secara signifikan.
3. Kualitas bahan baku tebu berada di atas 18 *Brix*.
4. Material tebu dari lahan perusahaan memiliki harga yang sama dengan dari *suppliers* luar.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa bab dimana setiap bab memiliki keterkaitan dengan bab selanjutnya. Sistematika penulisan yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

Bab I. Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang melakukan penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab II. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini dibahas mengenai metode yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir dan juga teori yang menunjang penelitian. Tinjauan pustaka yang dibahas antara lain tentang Produktivitas, *Lean Thinking*, *Six Sigma*, *Lean Sigma*, *E-Downtime (9 Waste)*, Diagram Pareto, RCA dan FMEA.

Bab III. Metodologi Penelitian

Pada bab ini dijelaskan langkah-langkah penelitian yang digunakan dalam melakukan penelitian. Metodologi penelitian ini berguna sebagai acuan dalam melakukan penelitian, sehingga penelitian berjalan secara sistematis dan sesuai dengan tujuan.

Bab IV. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini berisi pengumpulan data dan informasi mulai

dari deskripsi umum perusahaan, bagaimana data-data tersebut diperoleh dan diolah untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Bab Pengumpulan dan Pengolahan Data ini terdiri dari tahap *Define* dan *Measure*.

Bab V. Analisa, Peningkatan dan Evaluasi

Bab ini membahas hasil-hasil yang telah didapat pada pengolahan data pada bab IV. Selanjutnya melakukan perencanaan perbaikan untuk peningkatan produktivitas. Adapun pada bab ini terdiri dari tahap *Analyze* dan *Improve*

Bab VI Kesimpulan dan Saran

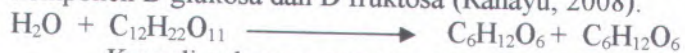
Bab ini berisi kesimpulan dan saran berkenaan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang diperoleh dari acuan yang akan dijadikan landasan untuk melakukan kegiatan penelitian yang akan dijadikan tugas akhir. Uraian dalam tinjauan pustaka ini diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian. Kerangka pemikiran itu harus utuh menuju kepada satu tujuan yang tunggal, yaitu memberikan jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dalam perumusan masalah.

2.1 Tinjauan Tentang Gula

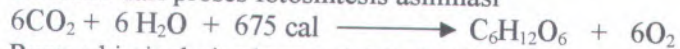
Gula dan sukrosa merupakan kimia organik yang termasuk golongan karbohidrat dengan rumus $C_{12}H_{22}O_{11}$. Sukrosa juga merupakan disakarida yang di dalamnya terdapat komponen-komponen D glukosa dan D fruktosa (Rahayu, 2008).



Kecuali sukrosa yang termasuk karbohidrat adalah suatu zat tepung. Selulosa dan masih banyak zat-zat lain. Sukrosa mudah larut dalam air dan mempunyai rasa yang manis dan banyak terdapat dalam tubuh binatang maupun tumbuh-tumbuhan.

➤ Sintesa dari sukrosa

Pada tanaman, karbohidrat baik gula, tepung atau selulosa dibentuk dari proses fotosintesis asimilasi



Rumus kimia dari sukrosa adalah $C_{12}H_{22}O_{11}$

Sukrosa dapat terjadi dari fotosintesa dalam tumbuh-tumbuhan :



Dapat terjadi dari monosakarida secara kimia dan juga terjadi secara biokimia

➤ Fotosintesis pada tanaman Tebu

Fotosintesis adalah pembentukan karbohidrat dalam tanaman. Proses pembentukan karbohidrat dalam tumbuh-tumbuhan dengan katalisator klorofil CO_2 dan O_2 dari udara dengan adanya energi yang diserap dari sinar ultra dari matahari.

Energi yang digunakan dalam proses oksidasi dibentuk sukrosa sebagai karbohidrat yang bebas di dalam tanaman. Di dalam batang tebu paling banyak terdapat 17 sukrosa.



➤ Preparat sukrosa

Gula komersial didapat dari gula tebu atau gula beet dengan proses kimia atau fisika yaitu dengan memurnikan air tebu, kemudian menguapkan airnya dan yang terakhir mengkristalkan gula. Hasil gula komersial ini mengandung sukrosa 99,9%. Berbeda dengan di dalam tanaman, adanya CO_2 dengan radioaktif isotop karbon (dapat menghasilkan sukrosa ini dengan menggunakan enzim).

➤ Bahan pembantu

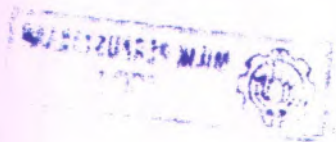
Bahan pembantu yang ditambahkan dalam nira bersama susu kapur dengan maksud memperbaiki kejernihannya adalah sebagai berikut :

1. Fosfat (P_2O_3)

Kadar fosfat dalam nira dapat dinyatakan dengan derajat fosfatisasi ($\text{mg P}_2\text{O}_3 / \text{l nira}$). Derajat fosfatisasi dalam nira harus standar tergantung pada kondisi dan macam operasi.

Adapun fungsi dari $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah :

- Untuk menetralkan nira
- Mencegah terjadinya inversi
- Membentuk flokulan dan mengendapkan kotoran dalam nira



2. Gas Belerang (SO₂)

Berfungsi untuk:

- Menetralkan kelebihan susu kapur pada proses sulfatisasi
- Memutuskan gula stasiun masakan

3. Flocculant

Suatu senyawa kimia yang bermuatan negatif dalam nira akan membentuk ikatan-ikatan yang berantai sehingga akan mengendap bersama-sama dengan kotoran nira.

2.2 Konsep Produktivitas

Produktivitas didefinisikan secara beragam oleh beberapa ahli, pada umumnya produktivitas dapat diukur dengan membandingkan antara hasil (output) dengan masukan (input). Input adalah sumber-sumber daya yang digunakan untuk memperoleh hasil tersebut seperti tenaga kerja, modal, energi, bahan baku dan sebagainya. *Output* adalah hasil produksi baik berupa barang atau jasa yang dihasilkan oleh suatu proses produksi. Produktivitas berhubungan dengan efektivitas dan efisiensi utilisasi dari sumber daya produksi (input) dengan produk atau jasa yang dihasilkan (output) (Sumanth, 1985).

Produktivitas adalah ukuran yang menyatakan seberapa besar kemampuan proses yang dimiliki oleh suatu perusahaan untuk mengubah *input* yang digunakan menjadi *output* yang dihasilkan dengan memberikan nilai tambah. Dalam manajemen, produktivitas adalah pengukuran seberapa baik fungsi sistem operasi dan indikator efisiensi serta daya saing dari sebuah perusahaan atau departemen (Meinitha, 2008).

Faktor-faktor produktivitas meliputi : pertumbuhan ekonomi, kualitas pesaing, inovasi teknologi, organisasi kerja, keamanan dan kesehatan, keterampilan dan kualifikasi, perlindungan lingkungan dan hubungan sosial. Globalisasi yang identik dengan pertumbuhan ekonomi, merupakan salah satu perubahan penting pada lingkungan eksternal dari kebanyakan



bisnis, globalisasi dan pertumbuhan ekonomi mengacu pada perspektif baru, atau sikap mengenai hubungan dengan orang lain di negara lain. Globalisasi mengacu pada cakupan, bentuk, jumlah dan kompleksitas yang belum pernah ada dari hubungan bisnis yang dilakukan melintasi batas-batas internasional.

Produktivitas suatu organisasi atau negara terkait dengan daya saing yang dimiliki, jika produktivitas semakin tinggi maka dapat memberikan *competitive advantage* yaitu keadaan yang memungkinkan sebuah perusahaan untuk memperoleh keuntungan yang lebih tinggi dari rata-rata dalam suatu industri tertentu. Salah satu penggerak dalam fokus pada produktivitas adalah persaingan internasional. Produktivitas yang lebih tinggi terutama menyangkut pada perbaikan teknik dan cara yang ditempuh melalui penelitian dan pengembangan (*research and development*) serta investasi pada pabrik dan mesin baru. Dalam peningkatan produktivitas perusahaan yang diperhatikan adalah manajemen, iptek, proses produksi, material, pemasaran hasil produksi, *potensial risk*, *K3*, *liability*, masalah lingkungan dan kriminalitas atau kondisi politik, sosial dan hankam.

Kristanthy (2003) menyatakan produktivitas mencakup tiga hal, antara lain:

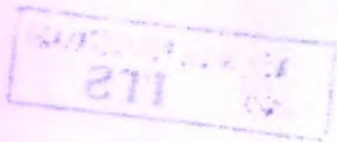
- Efisiensi
- Efektivitas
- Kualitas

Pengertian Efisiensi

Efisiensi merupakan ukuran perbandingan penggunaan masukan (*input*) yang direncanakan dengan masukan yang sebenarnya dipakai untuk menghasilkan keluaran atau *output* tertentu. Kalau masukan itu yang digunakan semakin kecil, maka tingkat efisiensi semakin tinggi, akan tetapi semakin besar masukan yang digunakan dibandingkan rencana, maka semakin rendah tingkat efisiensinya.

Pengertian Efektivitas

Efektivitas merupakan suatu ukuran yang memberikan gambaran seberapa jauh target dicapai baik kuantitas atau



kualitas. Kalau target yang dapat tercapai semakin besar, maka semakin tinggi tingkat efektifitasnya.

Pengertian Kualitas

Kualitas adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh telah dipenuhi berbagai persyaratan, spesifikasi, dan harapan pelanggan untuk kepuasan pelanggan (*stakeholder*).

Terdapat tiga tipe dasar produktivitas, yaitu:

1. *Partial Productivity*

Partial Productivity adalah perbandingan dari *output* yang dihasilkan dengan salah satu kelas input yang ada. Sebagai contoh adalah perbandingan produk yang dihasilkan dalam rupiah dengan biaya tenaga kerja langsung satuan yang sama.

2. *Total-Factor Productivity*

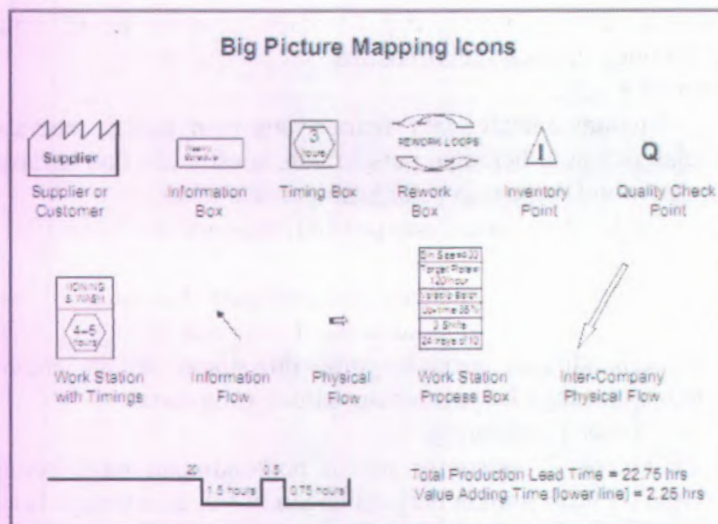
Total-Factor Productivity adalah perbandingan hasil bersih dari *output* dengan jumlah dari gabungan buruh atau tenaga kerja langsung dan modal sebagai faktor *inputnya*.

3. *Total Productivity*

Total productivity adalah perbandingan dari total *output* dengan jumlah dari semua *input* yang telah dikorbankan untuk menghasilkan keseluruhan *output* tersebut.

2.3 Big Picture Mapping

Big Picture Mapping merupakan *tools* yang diadopsi dari sistem produksi toyota. *Tools* ini sangat membantu dalam mengidentifikasi terjadinya *waste*, memvisualisasikan aliran informasi dan material maupun hubungan antara keduanya (Candra, 2005). *Big Picture Mapping* yang dibuat sebaiknya berfokus pada satu *value stream* atau produk tertentu agar tidak terjadi kebingungan dalam menggambarkan urutan proses. Untuk menggambarkan *Big Picture Mapping* terlebih ditentukan lambang dari tiap komponen yang ada antara lain: *supplier/customer*, kotak informasi, kotak waktu, *rework*, titik *inventory*, titik inspeksi, stasiun kerja dengan waktu, aliran informasi, aliran fisik, kotak proses stasiun kerja, aliran fisik antar perusahaan. Simbol-simbol yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Simbol-simbol dari *big picture mapping* (Sumber: Hines dan Taylor, 2000)

Kita dapat membangun *big picture mapping* dengan melalui 5 langkah. Langkah-langkah yang dilakukan untuk membuat *big picture mapping* tersebut adalah:

1. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen
2. Menggambarkan aliran fisik
3. Menambahkan dan menggambarkan aliran material
4. Menghubungkan antara aliran fisik dan aliran informasi dengan anak panah yang memberikan informasi jadwal yang digunakan, instruksi kerja.
5. Melengkapi peta dengan menambahkan garis waktu di bawah gambar aliran yang menunjukkan *lead time* dan *value added time*.

2.4 Tipe Aktivitas

Tipe aktivitas dalam organisasi adalah (Hines dan Taylor, 2000) :

1. *Value added (VA)*, aktivitas ini menurut konsumen mempunyai nilai tambah terhadap produk atau jasa.

2. *Non-value added* (NVA), aktivitas ini menurut konsumen tidak mempunyai nilai tambah terhadap produk atau jasa. Aktivitas ini termasuk *waste* dan harus dieliminasi.

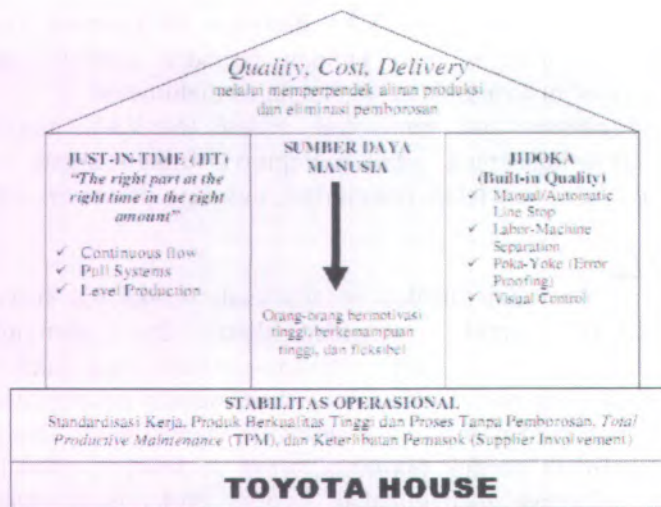
3. *Necessary but non-value added* (NNVA), aktivitas ini menurut konsumen tidak mempunyai nilai tambah terhadap produk atau jasa tetapi dibutuhkan, misalnya proses *inspeksi*.

2.5 Lean

Lean didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value added activities*) melalui peningkatan terus-menerus radikal (*radical continuous improvement*) dengan cara mengalirkan produk (*material, work in process*, produk akhir) dan informasi menggunakan system tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan berupa produk-produk berkualitas superior yang diproduksi dengan cara-cara paling efisien untuk memperoleh biaya minimum dan diserahkan tepat waktu kepada pelanggan dari produk itu (Gaspersz, 2008).

Lean adalah suatu filosofi bisnis, bukan hanya teknik - teknik atau alat-alat. *Lean* berarti mengerjakan sesuatu dengan cara sederhana dan seefisien mungkin, namun tetap memberikan kualitas superior dan pelayanan yang sangat cepat kepada pelanggan. Manajemen organisasi perlu menyerap pemikiran *Lean* agar menjadi *Lean*. Hal itu perlu menanamkan dalam bentuk kultur, ukuran-ukuran, kebijakan-kebijakan, prosedur-prosedur dan pada akhirnya adalah alat-alat atau teknik-teknik *Lean* (Wulan, 2006)

Landasan utama dari *Lean* adalah Sistem Manajemen Toyota yang dapat dijelaskan sesuai dengan bagan di bawah ini:



Gambar 2.2 Sistem Manajemen Toyota

Berdasarkan Gambar 2.2 tampak bahwa sistem manajemen Toyota bertujuan untuk mencapai QCD (*Quality, Cost, Delivery*) dengan memperpendek aliran produksi dan eliminasi pemborosan. Sistem produksi Toyota dibangun oleh tiga pilar utama yaitu *Just in Time*, Sumber Daya Manusia, dan Pengendalian Kualitas. Landasan yang harus dibangun adalah stabilitas operasional melalui standardisasi kerja, menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dan proses tanpa pemborosan, mendelegasikan tanggung jawab pemeliharaan peralatan dan mesin kepada operator, dan melibatkan pemasok dalam *supply chain*.

2.5.1 Metodologi *Lean Thinking*

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *lean thinking* adalah sebagai berikut (Hines dan Taylor, 2000) :

1. *Understanding waste*

Pada langkah ini, pemborosan yang terjadi harus diketahui. Prinsip yang digunakan adalah pemilahan aktivitas-aktivitas

total proses. Selain itu, WIP juga bisa disebabkan oleh pergerakan produk yang harus terlalu sering sehingga terlihat lebih mudah untuk memindahkannya dalam jumlah besar. *Bottleneck* pada mesin juga akan menyebabkan *waste* kategori ini.

5. *Not Utilizing employees knowledge, skill and abilities*
Jenis pemborosan Sumber Daya Manusia yang terjadi karena tidak menggunakan pengetahuan, keterampilan dan kemampuan karyawan secara optimal.
6. *Transportation*
Waste kategori ini meliputi pemindahan material yang terlalu sering dan penundaan pergerakan material. Penyebab utama dari transport yang berlebihan adalah layout pabrik. Produk dari suatu perusahaan tentunya berubah tetapi layout dari peralatan mungkin belum dioptimalkan sesuai kebutuhan.
7. *Inventory*
Waste kategori ini meliputi persediaan. Persediaan termasuk *waste* dalam proses produksi karena material yang tidak dibutuhkan harus disimpan. Banyak perusahaan akan memesan bahan baku dalam jumlah yang lebih besar daripada jumlah yang dibutuhkan, untuk mengantisipasi *waste* yang mungkin terjadi dalam proses produksi. Selain itu, memesan dalam jumlah besar seringkali dianggap akan lebih hemat. Persediaan berlebih sejumlah 20% material selama sebulan tidak akan menghemat uang tetapi menahan *cash in stock*.
8. *Motion*
Jenis pemborosan yang terjadi karena banyaknya pergerakan dari yang seharusnya sepanjang proses value stream. Pergerakan merupakan *waste* karena perpindahan material atau orang tidak menambah nilai kepada produk. Solusi untuk mengurangi *waste* kategori ini adalah mere-layout pabrik untuk mengurangi pergerakan dan jarak yang harus ditempuh.

9. *Excess Processing*

Jenis pemborosan yang terjadi karena langkah-langkah proses yang panjang dari yang seharusnya sepanjang proses *value stream*. *Waste* kategori ini meliputi proses atau prosedur yang tidak perlu, pengerjaan pada produk tetapi tidak menambah nilai dari produk itu sendiri. Pengerjaan ulang (*rework*) merupakan penyebab terbesar dari terjadinya *over-processing*. Penyetelan operasi mesin yang buruk dan tingkat efektivitas mesin yang rendah akan memperbesar waktu siklus produk dan mengurangi output.

2.7 *Six Sigma*

Pande, et.al (2002) mendefinisikan *Six Sigma* sebagai sebuah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan sukses bisnis. *Six Sigma* secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, pemakaian yang disiplin terhadap fakta, data, dan analisis statistik, dan perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki, dan menanamkan kembali proses bisnis.

Cavanagh (2002), *Six Sigma* didefinisikan dalam berbagai cara. *Six Sigma* adalah cara mengukur proses, tujuan mendekati sempurna, disajikan dengan 3,4 DPMO. Dengan kata lain *Six Sigma* ini adalah sebuah sistem yang luas dan komprehensif untuk membangun dan menopang kinerja, sukses dan kepemimpinan bisnis. Namun tidak semua perusahaan harus mencapai level 6 dari *Six Sigma* dikatakan berhasil, malah beberapa diantaranya hanya mencapai dari 4 atau 5 level sudah mampu mencapai tujuan yang sudah dibuat.

Pada penelitian ini menggunakan definisi *Six Sigma* dari Peter S. Pande. *Six Sigma* meletakkan konsumen sebagai prioritas pertama dan menggunakan data serta fakta untuk menghasilkan solusi yang lebih baik. Usaha *Six Sigma* menekan pada tiga area penting (Pande, et.al, 2002):

menjadi tiga jenis, yaitu *value added*, *non value added* serta *necessary but non-value added*. Selanjutnya *waste* yang terjadi digolongkan menjadi sembilan macam *waste* menurut konsep *lean*.

2. *Setting the direction*
 Pada tahap ini, ditentukan arah dan tujuan dari perbaikan. Arah berupa alat ukur keberhasilan, target keberhasilan untuk setiap alat ukur, pendefinisian proses-proses inti, serta proses yang membutuhkan pemetaan secara detail.
3. *Understanding the big picture*
 Pada tahap ini, keinginan konsumen, aliran fisik serta aliran informasi dari proses pemenuhan konsumen harus diketahui.
4. *Detailed mapping*
 Pada tahap ini, dilakukan pemetaan secara detail. Alat yang bisa digunakan untuk pemetaan secara detail adalah *process activity mapping*, *supply chain response matrix*, *product variety funnel*, *quality filter mapping*, *demand amplification mapping*, *decision point analysis*, dan *physical structure mapping*.
5. *Getting suppliers and customers involved*
 Implementasi *lean thinking* harus melibatkan *supplier* dan pelanggan dalam inisiatif perbaikan.
6. *Checking the plan fits the direction and ensuring buy-in*.
 Pada tahap ini, dilakukan pengecekan kesesuaian antara arah yang dituju dengan rencana awal.

2.6 E-DOWNTIME

Waste adalah hasil dari penggunaan berlebih sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk atau jasa. Menurut Gasperz (2006) dalam buku "*Continuous Cost Reduction Trough Lean Sigma Approach*" terdapat sembilan *waste* yang dapat diidentifikasi dalam sebuah perusahaan atau yang biasa disingkat dengan E-DOWNTIME. Pada E-DOWNTIME ini terdapat pengembangan jenis *waste* yang sudah ada sebelumnya dimana pendefinisian *waste*

sebelumnya terbagi menjadi *seven waste*. Yang membedakan antara *seven waste* dengan E-DOWNTIME adalah penambahan *waste* baru yaitu *Environmental, Health and Safety* dan *Not Utilizing employees knowledge, skill and abilities*.

Macam-macam E-DOWNTIME dan penjelasannya adalah sebagai berikut

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

Jenis pemborosan yang terjadi karena kelalaian dalam memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan prinsip-prinsip EHS

2. *Defects*

Jenis pemborosan yang terjadi karena kecacatan atau kegagalan produk setelah melalui suatu proses. Berhubungan dengan masalah kualitas produk atau rendahnya performansi pengiriman.

3. *Overproduction*

Jenis pemborosan yang terjadi karena produksi berlebih dari kuantitas yang dipesan oleh pelanggan. Memproduksi lebih dari yang dibutuhkan dan stok yang berlebih merupakan *waste* kategori ini. Pada *waste* ini, bahan mentah dan sumberdaya lain telah dipergunakan tetapi tidak ada permintaan yang harus dipenuhi. *Waste* kategori ini umumnya terjadi pada perusahaan yang mempunyai masalah dengan kualitas, sehingga akan memproduksi lebih untuk memastikan bahwa permintaan konsumen dapat terpenuhi.

4. *Waiting*

Waiting dan waktu *idle* termasuk *waste* karena hal tersebut tidak memberi nilai tambah kepada produk. Produk yang harus menunggu dalam proses produksi telah mengkonsumsi bahan dan menambah biaya. *Work In Process (WIP)* merupakan penyebab utama dari *waste* ini. Produksi dalam jumlah *batch* dan menyimpannya sebagai WIP merupakan *waste* dan memperbesar waktu

1. Meningkatkan kepuasan konsumen
2. Mengurangi *cycle time*
3. Mengurangi cacat

Angka sigma merupakan sebuah simbol yang digunakan dalam notasi statistik untuk menunjukkan standart deviasi dari sebuah populasi. Sigma tersebut merupakan indikator “*variasi*” atau inkonsistensi di semua kelompok item ataupun proses (Pande, et.al, 2002). Angka sigma (σ) sendiri seringkali dihubungkan dengan kemampuan proses yang terjadi terhadap produk yang diukur dengan *defect per million opportunities (DPMO)*. Sumber dari *defect* atau cacat hampir selalu dihubungkan dengan variasi, misalnya variasi material, prosedur, perlakuan proses. Maka perhatian utama dari *Six Sigma* ini adalah variasi karena dengan adanya variasi maka kurang memenuhi spesifikasi dengan demikian mempengaruhi *retensi* pasar bahkan juga pertumbuhan pendapatan.

Pada awalnya konsep ilmu manajemen sudah berkembang di Amerika sejak 80 tahun lalu, kemudian dilanjutkan oleh gebrakan manajemen Jepang di tahun 70-an dan 80-an dengan konsep “*Total Quality*” – nya atau lebih dikenal dengan *Total Quality Management*. *Total Quality Management* juga merupakan program peningkatan yang terfokus. Yang membuat *Six Sigma* berbeda dari TQM dan program-program kualitas sebelumnya adalah

1. *Six Sigma* berfokus pada konsumen. Konsumen terutama eksternal konsumen, selalu diperhatikan sebagai patokan arah peningkatan kualitas.
2. *Six Sigma* menghasilkan return of investment yang besar. Sebagai contoh program *Six Sigma* yang diterapkan pada GE. *Six Sigma* merubah cara manajemen beroperasi.
3. *Six Sigma* lebih dari sekedar proyek peningkatan kualitas dan juga merupakan cara pendekatan baru terhadap proses berpikir, merencanakan, dan memimpin, untuk menghasilkan hasil yang baik.

2.7.1 Defect Per Million Opportunities (DPMO)

DPMO ini mengindikasikan berapa banyak kesalahan muncul terjadi jika sebuah aktivitas diulang sebanyak sejuta kali (Cavanagh, 2002). Maka jika dalam perhitungan 6 *sigma*, menyatakan perhitungan DPMO sebanyak 3,4 maka dari produksi satu unit produk dalam prosesnya hanya memiliki 3,4 kali kesempatan untuk mengalami kegagalan. Perhitungan DPMO adalah sebagai berikut :

DPMO = (Banyaknya produk yang cacat / (Banyaknya produk yang diperiksa x CTQ potensial)) x 1.000.000

2.7.2 Siklus DMAIC

Dalam mengimplementasikan *Six Sigma* biasanya diselesaikan oleh sebuah tim yang beranggotakan tiga sampai sepuluh orang, yang terdiri dari berbagai elemen yang berkaitan dengan proses yang akan diperbaiki. Dalam tim yang terdiri dari berbagai elemen, memiliki suatu langkah standart untuk *Six Sigma* adalah penting. Langkah standart tersebut adalah DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). DMAIC memiliki beberapa nilai tambah (Pande, et.al, 2002), yaitu :

1. Mengukur masalah. Dengan DMAIC, tim tidak hanya mengasumsikan bahwa mereka mengerti apa masalahnya, namun mereka harus menyediakan fakta untuk membuktikannya.
2. Berfokus pada pelanggan. Pelanggan eksternal selalu penting, walaupun tim hanya berusaha untuk mengurangi biaya pada suatu proses.
3. Mencari akar permasalahan. Pada waktu-waktu sebelumnya, bila suatu tim mengakui satu akar masalah, maka itu sudah cukup. Namun saat ini, dengan *Six Sigma* tim harus membuktikan penyebab dengan fakta dan data.
4. Menghapus kebiasaan lama. Solusi yang muncul dari DMAIC tidak hanya berupa perubahan kecil pada proses yang lama yang kaku. Perubahan dan hasil nyata membutuhkan solusi-solusi baru yang kreatif.

5. Mengelola resiko. Menguji dan menyempurnakan solusi adalah bagian penting dari metode *Six Sigma*.
6. Mengukur hasil. Tindak lanjut untuk semua solusi adalah membuktikan pengaruh riilnya, lebih mengandalkan fakta-fakta.
7. Mempertahankan perubahan. Solusi terbaik yang diimplementasikan oleh tim DMAIC terbaik pun dapat hilang dengan cepat bila tidak di pelihara dan didukung. Membuat perubahan terus berlanjut merupakan kunci final dari pendekatan masalah dengan *Six Sigma*.

Dalam *Six Sigma*, alat yang dipergunakan adalah DMAIC yaitu *Define – Measure – Analyze – Improve – Control*. Untuk masing-masing bagian memiliki keterangan tersendiri antara lain:

1. *Define*

Dalam fase ini merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Adapun yang dilakukan pada fase ini adalah (Gaspersz, 2002) :

- Pemilihan proyek terbaik berdasarkan pada identifikasi proyek yang sesuai dengan kebutuhan, kapabilitas dan tujuan organisasi.
- Mendefinisikan peran orang-orang yang terlibat dalam proyek *six sigma*.
- Mendefinisikan proses kunci dan pelanggan.
- Mendefinisikan tujuan proyek *six sigma*.

Terhadap setiap proyek *Six Sigma* yang terpilih harus didefinisikan isu-isu, nilai-nilai, dan sasaran dan/atau tujuan proyek itu. Pernyataan tujuan proyek harus ditetapkan untuk setiap proyek *Six Sigma* yang terpilih. Pernyataan tujuan yang benar adalah apabila mengikuti prinsip SMART sebagai berikut (Gaspersz, 2002) :

1. *Specific* : tujuan proyek *six sigma* harus bersifat spesifik yang dinyatakan secara tegas. Pernyataan tujuan sebaiknya menggunakan kata kerja, seperti menaikkan, menurunkan, menghilangkan dll.

2. *Measurable* : tujuan proyek *six sigma* harus dapat diukur menggunakan indikator pengukuran yang tepat untuk mengevaluasi keberhasilan, peninjauan ulang dan tindakan perbaikan diwaktu mendatang.
3. *Achievable* : tujuan proyek *six sigma* harus dapat dicapai melalui usaha-usaha yang menantang.
4. *Result-oriented* : tujuan proyek *six sigma* harus berfokus pada hasil-hasil berupa pencapaian target-target kualitas yang ditunjukkan melalui penurunan DPMO, peningkatan kapabilitas proses.
5. *Time-bound* : tujuan proyek *six sigma* harus ditetapkan batas waktu pencapaiannya.

2. *Measure*

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang bertujuan untuk mengidentifikasi pengukuran utama dari efektivitas dan efisiensi dan menterjemahkannya kedalam konsep *Six Sigma*. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan, yaitu (Gaspersz, 2002):

- a. Menetapkan karakteristik kualitas kunci (CTQ). Dalam melaksanakan pengukuran karakteristik kualitas harus memperhatikan aspek internal dan aspek eksternal dari organisasi. Aspek internal dapat berupa tingkat kecacatan produk, biaya-biaya karena kualitas jelek (*cost of poor quality/COPQ*) seperti *rework*. Sedangkan aspek *eksternal* dapat berupa kepuasan pelanggan, pangsa pasar dll.
- b. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, output atau outcome (data *variabel*, data *atribut*).
- c. Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, output atau outcome untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja pada awal proyek *six sigma* (DPMO, *seven tools* : *control chart*).

3. *Analyze*

Merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *six sigma* yang bertujuan untuk menentukan penyebab dari masalah yang memerlukan perbaikan. Pada tahap ini, dilakukan tahapan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan produk. Untuk mengidentifikasi sumber dan penyebab kecacatan produk, digunakan beberapa alat dari *seven tool* yaitu *cause and effect diagram* dan *pareto diagram*. Pada tahap ini FMEA sudah mulai dibentuk.

1. *Improve*

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas terdefinisi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan perbaikan dengan melakukan setting *variabel input* untuk mendapatkan proses *output* yang terdiri dari :

- a. Definisi tujuan perbaikan.
- b. Definisi sumber-sumber perbaikan variasi yang potensial.
- c. Menggunakan FMEA dalam mengidentifikasi mode kegagalan dan hasil-hasil dari tindakan korektif yang dilakukan (Gaspersz, 2002).

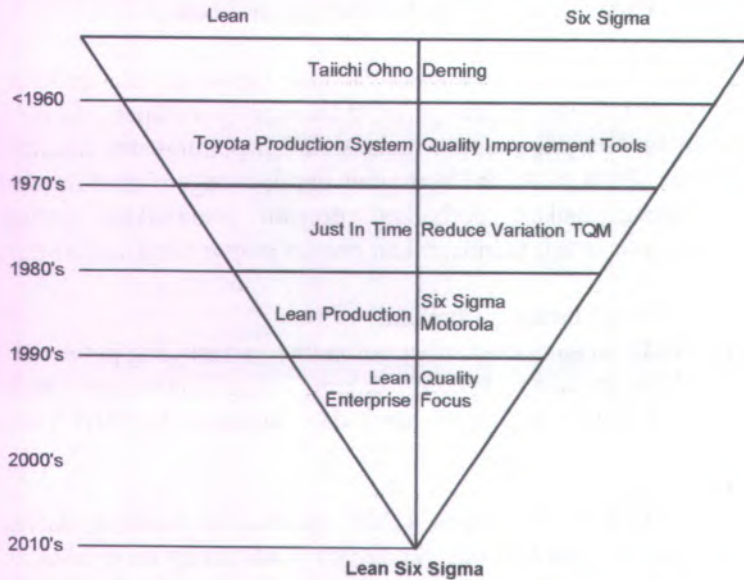
2. *Control*

Control merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini dilakukan untuk memonitor proses dengan memperhatikan hasil statistik untuk memastikan segala sesuatu yang berhubungan proses berjalan sesuai dengan target yang dikehendaki. Bertujuan untuk mengontrol perbaikan yang telah dilakukan agar tetap konsisten.

2.8 *Lean Six Sigma*

Melihat ke belakang dari sejarah *Lean* dan *Six Sigma* dapat dilihat pada Gambar 2.3 dimana konsep *Lean* berawal dari Taiichi Ohno yang mengembangkan *Toyota Production System* hingga berkembang menjadi *Lean enterprise* yang saat ini sedang

berkembang. Sedangkan konsep *Six Sigma* berawal Deming yang mengembangkan *quality improvement tools* hingga berkembang menjadi *quality focus* yang merupakan fokus permasalahan dari *Six Sigma*. Dimana pengembangan *Lean* dan *Six Sigma* itu sendiri akan semakin mengerucut hingga beberapa tahun mendatang yang bertemu pada satu titik temu untuk penyelesaian permasalahan.



Gambar 2.3 Sejarah *Lean Sigma* (Sumber : Bevan, 2005)

Sasaran *Lean* adalah untuk menciptakan aliran lancar produk sepanjang proses *value stream* (*value stream process*) dan menghilangkan semua jenis *waste*, sedangkan sasaran *Six Sigma* adalah meningkatkan kapabilitas proses sepanjang *value stream* untuk *mencapai zero defects* dan menghilangkan variasi. Jadi, *Lean Six Sigma* berarti mengerjakan sesuatu dengan cara sederhana dan seefisien mungkin, namun tetap memberikan kualitas superior dan pelayanan yang sangat cepat. Oleh karena itu, pihak manajemen perusahaan atau organisasi perlu menyerap

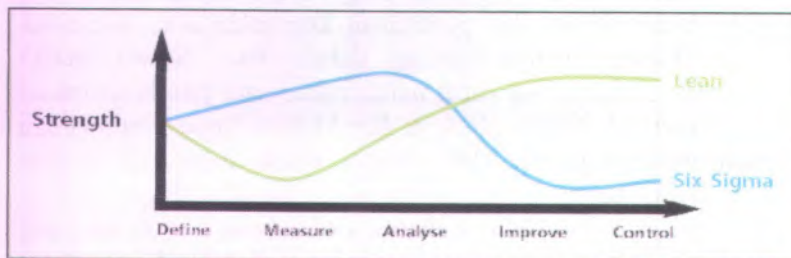
pemikiran *Lean Six Sigma* dengan cara penanaman *culture*, ukuran (*metrics*), kebijakan-kebijakan (*policies*), prosedur-prosedur (*procedures*), dan pada akhirnya alat-alat atau teknik-teknik *Lean Six Sigma*.

Lean didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value added activities*) melalui peningkatan terus menerus dengan cara mengalirkan produk (*material, work-in process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan. *Six Sigma* didefinisikan sebagai suatu metodologi yang menyediakan alat-alat untuk peningkatan proses bisnis dengan tujuan untuk menurunkan variasi proses dan meningkatkan kualitas produk. Pendekatan *Six Sigma* adalah sekumpulan konsep dan praktik yang berfokus pada penurunan variasi dalam proses dan penurunan kegagalan atau kecacatan produk. Elemen-elemen penting dalam *Six Sigma* adalah memproduksi hanya 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi 3,4 DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) dan inisiatif-inisiatif peningkatan proses untuk mencapai tingkat kinerja enam sigma

Berdasarkan definisi diatas, maka *Lean Six Sigma* yang merupakan kombinasi antara konsep *Lean* dan *Six Sigma* dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value-added activities*) melalui peningkatan terus menerus untuk mencapai tingkat kinerja enam sigma dengan cara mengalirkan produk dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan dengan hanya memproduksi 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi 3,4 DPMO. *Lean Six Sigma* berarti mengerjakan sesuatu dengan cara sederhana dan efisien

mungkin, namun tetap menghasilkan kualitas yang baik dan pelayanan yang sangat cepat (Gasperz, 2008).

Helen Bevan, et al (2005); dalam penelitiannya tentang *Lean Sigma* menjelaskan tentang bagaimana kekuatan *Lean* dan *Six Sigma* apabila digabungkan. Dimana pada awal tahapan *Six Sigma* atau *Lean Sigma* (*Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*), *Lean* dan *Six Sigma* memiliki kekuatan yang berimbang kemudian memasuki tahapan *Define, Measure* dan *Analyze*, *Six Sigma* memiliki kekuatan yang lebih baik dari pada *Lean* sedangkan tahap selanjutnya; *Improve* dan *Control*; *Lean* memiliki kekuatan yang lebih daripada *Six Sigma*. Sehingga dapat dikatakan bahwa apabila metode *Lean* dan *Six Sigma* disinergikan atau dijadikan satu akan membuat hasil yang sangat kuat karena *Lean* dan *Six Sigma* itu sendiri saling menutupi kekurangan dari masing-masing.



Gambar 2.4 Grafik Kekuatan Lean Sigma(Sumber : Bevan, 2005)

2.9 Diagram Pareto

Diagram *pareto* adalah suatu grafik yang merangking data dalam urutan terbesar ke terkecil dari kiri ke kanan. Konsep dasarnya adalah adanya kecenderungan bahwa sebagian besar frekuensi kerusakan terkonsentrasi pada salah satu aspek tertentu. Diagram *Pareto* merupakan suatu *tool* yang bersifat deskriptif, tujuannya adalah mempermudah pihak perbaikan kualitas untuk menentukan jenis-jenis kesalahan manakah yang harus menjadi prioritas utama dalam upaya untuk peningkatan kualitas.

Di dalam *Pareto* dikenal istilah 80 : 20 dimana 80 adalah nilai prosentase jumlah permasalahan sedangkan 20 adalah nilai prosentase banyaknya permasalahan. Yang artinya adalah dengan menyelesaikan 80 persen jumlah permasalahan atau 20 persen jenis permasalahan maka jumlah dan jenis permasalahan lain akan ikut terselesaikan. Dengan kata lain adanya kecenderungan bahwa sebagian besar frekuensi kerusakan terkonsentrasi pada beberapa aspek tertentu yang mengakibatkan besarnya biaya kualitas. Tujuan digunakannya digram *Pareto* adalah untuk mempermudah pihak perbaikan kualitas untuk menentukan jenis-jenis kesalahan manakah yang harus menjadi prioritas utama perbaikan dalam upaya untuk peningkatan kualitas.

2.10 Root Cause Analysis

Root Cause Analysis (RCA) adalah suatu klasifikasi metode *problem solving* dengan melakukan identifikasi terhadap akar penyebab terjadinya problem atau kejadian (Wikipedia, 2008). Menurut Hendarto (2007), RCA merupakan suatu metode yang membantu dalam menemukan: “kejadian apa yang terjadi?”, “bagaimana kejadian itu terjadi?”, mengapa kejadian itu terjadi?”. Memberikan pengetahuan dari masalah-masalah sebelumnya, kegagalan, dan kecelakaan. Salah satu metode untuk mendapatkan akar permasalahan adalah dengan bertanya mengapa beberapa kali sehingga tindakan yang sesuai dengan akar penyebab masalah yang ditemukan, akan menghilangkan masalah. Bertanya mengapa beberapa kali ini biasa disebut 5 *Why*.

2.11 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Menurut Hendarto (2007) *Failure Mode* diartikan sebagai sejenis kegagalan yang mungkin terjadi, baik kegagalan secara spesifikasi maupun kegagalan yang mempengaruhi konsumen. Dari *failure mode* ini kemudian dianalisis terhadap akibat dari kegagalan dari sebuah proses terhadap mesin setempat maupun proses lanjutan bahkan konsumen. FMEA adalah suatu prosedur

terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin *failure mode*.

Pada FMEA terdapat nilai-nilai yang harus didefinisikan dan diukur diantaranya adalah *Severity* (Pengaruh buruk), *Occurrence* (probabilitas penyebab kegagalan itu terjadi), *Detection* (metode untuk mendeteksi penyebab kegagalan) dan *RPN* (*Risk Priority Number*) yang merupakan nilai dari skala $Severity \times Occurrence \times Detection$. Skala RPN ini disusun mulai dari nilai yang terbesar hingga nilai yang terkecil yang bertujuan untuk menentukan *mode* kegagalan mana yang paling kritis sehingga perlu mendahulukan tindakan korektif pada mode kegagalan tersebut.

Manfaat penggunaan FMEA adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan reputasi dan penjualan produk
2. Mengurangi kebutuhan untuk perubahan-perubahan rekayasa sehingga menurunkan biaya dan mengurangi waktu siklus pengembangan produk.
3. Mengidentifikasi masalah-masalah potensial sebelum produk itu diproduksi.
4. Membantu menghindari *scrap* dan pekerjaan ulang (*rework*).
5. Mengurangi banyaknya kegagalan produk yang dialami oleh pelanggan sehingga akan meningkatkan kepuasan pelanggan.
6. Menjamin suatu *start-up* produksi yang lebih mulus.

Menurut Kmenta (2002) ada tiga fase dalam membangun FMEA sesuai dengan tabel 2.1

Tabel 2.1 Fase FMEA

Fase	Pertanyaan	Output
<i>Identify</i>	Kesalahan apa yang mungkin bisa terjadi?	Deskripsi kegagalan Penyebab → Mode Kegagalan → Efek Kegagalan
<i>Analyze</i>	• Bagaimana kemungkinan terjadinya kegagalan? • Apa akibat yang bisa ditimbulkan?	<i>Risk Priority Number</i> $RPN = Occurrence \times Severity \times Detection$
<i>Act</i>	• Apa yang bisa dilakukan? • Bagaimana kita meminimasi penyebab? • Bagaimana kita mengurangi tingkat keseriusan kegagalan?	• Solusi desain baru • Tes rencana • Merubah proses manufaktur • Pembuktian kesalahan

2.12 Simapro 5.0.

Life Cycle Assesement (LCA) adalah teknik yang termasuk baru dan baru dipopulerkan tahun 90-an. Hampir di semua perusahaan besar di Eropa, Japan, dan Amerika mereka menerapkan LCA. Seperti Philips di Netherland, Xerox, Canon, Elextrolux, Sony, dan banyak perusahaan yang lain. Pada awalnya LCA hanya dimanfaatkan untuk mendukung klaim pada produk mengenai lingkungan yang biasa digunakan langsung pada tahapan marketing. Namun demikian berkembang menjadi sebuah teknik yang bisa memberikan keuntungan sebagai berikut ; perbaikan mutu atau desain produk, mendukung pemilihan strategi, *banchmarking*, *eksternal communication*. Salah satu pendekatan yang bisa digunakan dalam LCA adalah *software*, ada *software* Gabi-2.0, Simapro, Project dll. .

Di simapro, proses dibedakan menjadi tujuh bagian yaitu material, energi, *transport*, proses, *use*, *waste scenario* dan *waste treatment*. Tiap-tiap kategori dibedakan lagi menjadi sub-sub bagian. Proses-proses tersebut dikelompokkan dalam ratusan data dalam library atau project yang ada dan sebagai *database* untuk informasi yang dibutuhkan untuk pengolahan data serta analisa dalam simapro.

Tahapan tahapan dalam menggunakan *software* simapro untuk aplikasi LCA (menurut demo manual simapro 5.0)

1. *inspect goal and scope penelitian, inputan DQI (Data Quality Indicator) untuk requirement spesifikasi data yang diinputkan.*
2. *inspect the process in the database*
dibagian inventory ada proses-proses yang telah menjadi bagian dari *library* dan *project database* simapro, pemilihan proses yang sesuai dengan DQI yang tepat akan menghasilkan sistem dan analisa yang lengkap dan sesuai untuk penaksiran *impact* produk.
3. *analyze the environmental profile of product*, setelah menginputkan material, proses, energy dan *waste product* bisa diketahui *impact assesment* dari produk.

4. *generate of a process tree*, menggenerate proses tree untuk mengetahui apa saja proses dalam material yang dibutuhkan untuk meng-*assembly* sebuah produk.
5. *analyze a full lifecycle*, menganalisa siklus hidup produk secara keseluruhan, mulai dari *raw material*, *sub-assembly product* dari supplier, distribusi hingga *additional lifecycle* untuk masa penggunaan dan pembuangan. Analisa dapat ditinjau dari proses *tree* maupun *environmental profile* dalam nilai karakterisasi, normalisasi, maupun *single score* yang diperoleh.
6. *compare two products in the production stage* yaitu membandingkan dua jenis produk yang berbeda di masa *assembly* dapat dilakukan pada tahap ini.
7. *comparing life cycle* yaitu membandingkan antara kedua produk dari keseluruhan siklus hidup produk.
8. *perform sensitivity analysis on alternative assumption*, dengan memakai closed-loop scenario *reuse* botol dibandingkan dengan yang tidak *direuse*.
9. *life report to get a number of predefined analysis* dengan *report*, kita bisa membandingkan atau mendapatkan *score* untuk *assembly* produk yang diinginkan.
10. *inspect or select a method*, ada beberapa metode yang dipakai untuk menganalisa dan membandingkan produk yang diteliti. Dari metode tersebut, dapat dipilih subjektivitas penilaian dan sudut pandang aspek penaksiran *impact* yang diinginkan untuk kemudian dibandingkan dan dianalisa.

Pada akhirnya setelah melakukan pengolahan, analisa dan interpretasi hasil yang diperoleh oleh simapro dapat diambil suatu kesimpulan dan disusun rekomendasi tentang rancangan atau desain produk/proses produksi dari produk yang diteliti, disesuaikan dengan alternatif skenario yang dibuat dan menghadapi konsep "*life cycle design*"

Yang dilakukan oleh team penyusun software Simapro adalah : dari 1 unit (gram, miligram, dll) zat atau energy, akan diteliti apa saja dampaknya terhadap lingkungan. Dampak tersebut dikategorikan pada berbagai fenomena seperti *green house*, *acidification*, dll sesuai dengan standard ambang dimana riset tersebut dilakukan, misalnya Eropa. Dari situlah diketahui dampak lingkungannya. Jadi misalnya di Indonesia suatu zat dikatakan tidak berbahaya, tidak demikian dengan di Eropa dimana standard kesehatan dan lingkungannya jauh lebih tinggi dan ketat. Semua dampak dicoba ditelusuri sehingga nampak bahwa penggunaan suatu zat berbahaya dalam beberapa segi.

2.13 Value Management

Nilai adalah suatu besaran tanpa satuan, jika biaya satuannya adalah rupiah, maka performansi juga rupiah karena seperti pada persamaan 1. Sehingga perlu untuk dilakukan konversi dari performansi nilai skor menjadi performansi dengan satuan rupiah. Konversi ini dilakukan dengan mengasumsikan nilai (*value*) existing adalah 1. Sehingga didapatkan seperti pada persamaan 2.

$$\text{Value} = \frac{\text{Performansi}}{\text{Jumlah Biaya}} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_o = \frac{P_o}{C_o} = 1 \dots\dots\dots(2)$$

Perbandingan nilai desain awal dengan alternatif produk adalah seperti pada persamaan 3.

$$\begin{aligned} V_o &= V_n \\ \frac{P_o}{C_o} &= \frac{P_n}{C_n} \\ C'_n &= P_n.C_o \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

C'_n adalah suatu besaran nilai rupiah untuk performansi sebesar P_n seperti pada persamaan 4.

$$\begin{aligned} C'n &= Pn \\ Vn = Pn &= C'n \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

Dimana:

- Vo = Value desain awal
- Vn = Value alternatif produk ke-n
- Po = Performansi desain awal
- Pn = Performansi alternatif produk ke-n

2.14 Critical Review

Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan oleh Venny Aditya Meinita (2008) di IPAM II Ngagel dengan pendekatan Green and Lean Productivity didapatkan hasil bahwa *waste* yang sering terjadi adalah *Inappropriate-processing, transportation, dan waiting*. Metode *green productivity* yang digunakan adalah dengan *environmental performance index (EPI)* dan didapatkan hasil index terbesar *Cupri Sulfat*. Dari hasil identifikasi waste dan dampak lingkungan, dilakukan penyusunan alternatif solusi *Green and Lean*. Pemilihan alternatif terbaik dengan *tools Benefits Cost Ratio (BCR)*. Analisis yang dilakukan dengan *Root Cause Analysis*. Peningkatan produktivitas yang dicapai dengan metode ini adalah sebesar 32%.

Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan oleh Ketut Ratna Dewi (2005) di Pabrik gula Candi Baru Sidoarjo yaitu Penerapan Green Productivity. Indeks produktivitas total yang dicapai pada tahun 2004 sebesar 57.91%. Metode *green productivity* yang digunakan adalah dengan *environmental performance index (EPI)* dengan hasil index terbesar adalah SO₂. Analisis yang dilakukan dengan *Cause Efek Diagram*. Dari analisa tersebut dilakukan penyusunan alternatif solusi. Pemilihan alternatif terbaik dengan *tools Benefits Cost Ratio (BCR)*.

Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan oleh Hadiyansah Yovan (2008) di PT X yaitu Peningkatan Kualitas dengan Pendekatan Lean Sigma Green Company. Dari hasil penelitiannya waste yang terjadi di pabrik kertas yang kritis

adalah *waste defect* dan *waste transportation*. Pada pengukuran mengenai dampak lingkungan dengan LCA antara kondisi existing dengan perbaikan tidak mengalami perbedaan artinya improvement yang dilakukan tidak meningkatkan kualitas lingkungan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini akan diuraikan tentang metode yang digunakan dalam penelitian secara terperinci. Secara garis besar akan dibagi menjadi empat bagian yaitu : tahap identifikasi permasalahan, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisa data dan tahap kesimpulan dan saran seperti yang terdapat pada gambar 3.1.

5.1 Tahap Identifikasi

Pada tahap ini akan menjelaskan tentang tahapan dalam mengidentifikasi masalah yang terdapat pada perusahaan dan kerangka umum penyelesaian masalahnya.

1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini peneliti menentukan topik penelitian serta masalah yang akan diangkat dan diteliti.

2. Perumusan dan Tujuan Penelitian

Kemudian setelah mendapatkan suatu permasalahan yang akan diteliti, ditentukan juga tujuan penelitian yang akan dilakukan.

3. Studi Pustaka dan Studi Lapangan

Tahap penelusuran *referensi* yang dapat bersumber dari buku, jurnal, maupun penelitian yang telah dilakukan, dan juga studi tentang perusahaan yang diteliti untuk mendukung tercapainya tujuan penelitian yang telah dirumuskan.

5.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini akan dibahas tentang tahapan dalam pengumpulan dan pengolahan data. Tahapan yang diambil dalam pengumpulan dan pengolahan data menggunakan fase DMAI dari konsep *Six Sigma*. Konsep *Six Sigma* tersebut adalah :

1. *Define*

Mendefinisikan dan mendeskripsikan produktivitas dan *waste* pada unit produksi, serta mengumpulkan data-data

yang dibutuhkan dan melakukan identifikasi permasalahan mengenai *waste* pada unit produksi. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- *Big Picture Mapping* Proses Produksi
Diharapkan dengan analisa *Big Picture Mapping* ini dapat diketahui kondisi perusahaan saat ini.
- Mendefinisikan *waste* yang ada dalam unit produksi.
Pendaftaran *waste* disini selain dilakukan pengamatan langsung juga menggunakan metode *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan.
- Identifikasi variabel yang menjadi *input* dan *output* dari *Life Cycle produk*.
Identifikasi ini digunakan untuk masukan dalam penilaian *Life Cycle Assesment* kondisi awal.

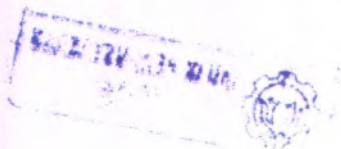
2. *Measure*

Mengukur produktivitas dan mencari *waste* yang kritis serta mengurangi *defect* yang terjadi. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Mengukur produktivitas kondisi awal.
- Mengukur *waste* yang berpengaruh.
- Membangun CTQ untuk memilih variabel mana yang layak dilakukan perbaikan.
- Melakukan pengukuran dampak lingkungan dari proses produksi perusahaan dengan *Life Cycle Assesment* memakai *software SIMAPRO 5.0*

5.3. Tahap Analisa Dan Perbaikan

Pada tahap ini akan dijelaskan tentang tahapan analisa dan perbaikan dari pendefinisian dan pengukuran permasalahan yang ada di dalam perusahaan. Dalam tahap ini digunakan pendekatan metodologi *Six Sigma* yaitu fase ketiga *Analyze* dan fase *Improve* sedangkan fase kelima tidak digunakan karena keterbatasan waktu.



1. *Analyze*

Mendefinisikan sumber-sumber dan akar penyebab masalah dari setiap *waste* dan *sub waste* yang kritis. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menganalisa faktor-faktor penyebab setiap *waste* yang kritis
Analisa ini menggunakan diagram sebab akibat sehingga diketahui faktor-faktor penyebab *waste* yang kritis dan kemudian menggunakan FMEA untuk menilai faktor-faktor penyebab yang kritis.
- Mencari usulan-usulan perbaikan dari *waste* yang ada.
Usulan-usulan perbaikan yang ada disesuaikan dengan faktor-faktor penyebab yang kritis.

2. *Improve*

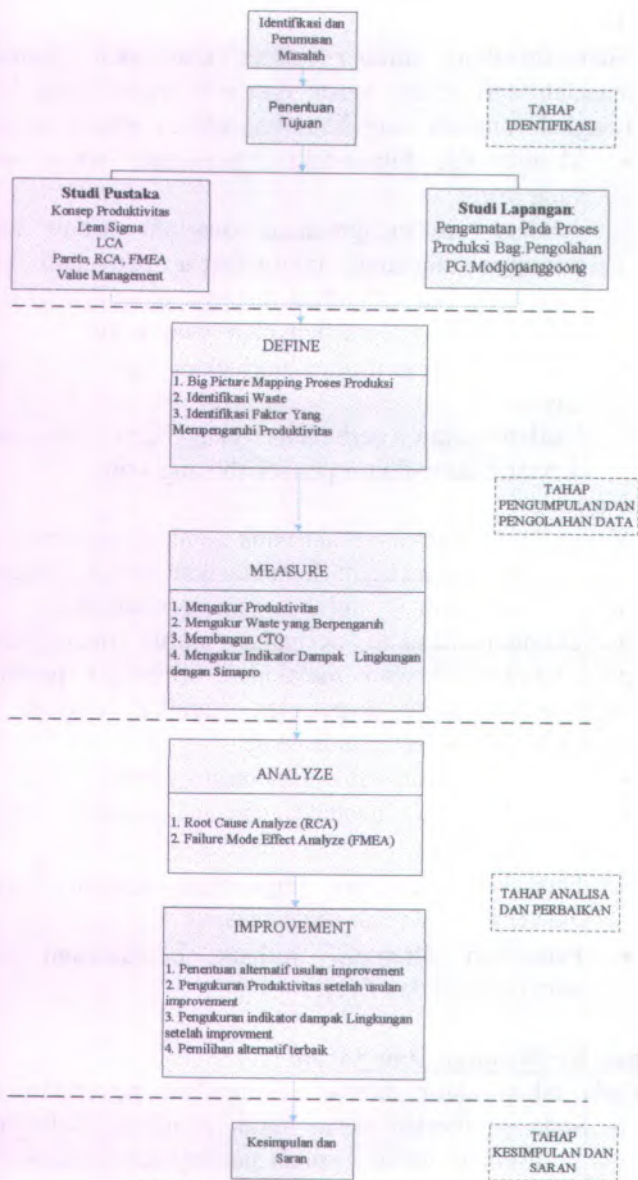
Merupakan sekumpulan aktivitas untuk mengidentifikasi, menyeleksi dan mengimplementasikan solusi. Selain itu juga bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan perbaikan untuk meningkatkan produktivitas, dengan melakukan alternatif perbaikan yang berupa suatu eksperimen. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Penentuan alternatif usulan *improvement*.
- Pengukuran produktivitas setelah usulan *improvement*.
- Pengukuran dampak lingkungan dengan Software *SIMAPRO 5* setelah *Improvement*.
- Pemilihan alternatif terbaik berdasarkan *value management* dan *LCA*.

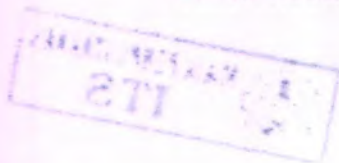
5.4. Tahap Kesimpulan Dan Saran

Pada tahap akhir ditarik kesimpulan. penelitian yang dilakukan. Serta pemberian saran untuk penelitian selanjutnya dan kepada perusahaan tentang solusi peningkatan produktivitas dengan melakukan eliminasi terhadap *waste*.





Gambar 3.1 Metodologi Penelitian



BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan diuraikan tentang fase *Define* dan *Measure* dari tahapan metode *Six Sigma*

4.1. DEFINE

Pada tahap ini dilakukan pendefinisian dan pendeskripsian *waste*, produktivitas pada proses produksi gula kristal putih, pengumpulan data yang dibutuhkan dan identifikasi *input output* untuk menganalisa dampak lingkungan. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

4.1.1 Profil Perusahaan

Pabrik gula Modjopangoong mulai beroperasi sejak tahun 1852 dalam masa jajahan Belanda. Pada masa krisis dunia, antara tahun 1931-1936 banyak perusahaan gula yang tutup dan baru buka pada tahun 1940. Sekitar Maret 1942-1945 pecah perang dunia II yang melanda pemerintah Belanda dan Indonesia, nasib P.G Modjopangoong tidak pernah lepas dari pengaruh perang. P.G Modjopangoong mulai beroperasi kembali dan pengelolaan perusahaan pada waktu itu dipegang Belanda dalam bentuk NV seperti TVK, cooy + co dan direksi Anement + co.

Pada tahun 1957 P.G Modjopangoong tidak menjadi perusahaan nasional yang diserahkan pada PPN baru yang berkedudukan di Jakarta. P.G Modjopangoong termasuk dalam wilayah P.G Kediri, diurus oleh PPN baru Jawa Timur. Berdasarkan peraturan baru Pemerintah 1961 didirikan Perusahaan Perkebunan Gula Negara Kesatuan dan perintisnya adalah Perusahaan Perkebunan Kesatuan Jawa Timur II No 60/1961 meliputi 5 pabrik, kemudian berdasarkan Peraturan Pemerintah I/1963 tanggal 28-1967 No 191 didirikan perusahaan perkebunan gula negara untuk pabrik gula di seluruh Indonesia.

Pada tanggal 6 Januari 1967 tersebut didirikan BPU. PPN yang bertugas mengurus Perusahaan Negara Perkebunan (PPN) gula yang berkedudukan di Jakarta. Sedangkan di Jawa Timur dibentuk BPU-PPN gula yang merupakan perwakilan untuk mengurus PPN gula Jawa Timur. Selanjutnya menurut PP No 14/1968 tanggal 13 April 1968 diadakan penggabungan PNP XXI yang berkedudukan di Kediri dan untuk wilayah Surabaya dibentuk PNP XXII yang berkedudukan di Surabaya.

Berdasarkan PP 23/1973 tanggal 11 Mei 1973 diadakan pengalihan PNP XXI dan PNP XXII menjadi perkebunan XXI-XXII (Persero) yang berkedudukan di Surabaya. Sesuai surat Menteri Kehakiman No. 945/28/9 tanggal 1 Februari 1974 dan di lembaran Negara No. 46 tanggal 7 Juni 1974 telah disahkan akte pendiri PTP XXI-XXII (persero). Kemudian dalam rangka lebih meningkatkan efisiensi dan efektifitas BUMN di lingkungan Departemen Pertanian, maka berdasarkan PP No.15 tahun 1996 tentang restrukturisasi PTP se-Indonesia. PTP XXI-XXII diubah menjadi perusahaan perseroan (persero) PT Perkebunan Nusantara X (persero).

4.1.2 Pemetaan Proses Produksi

Gambar di bawah ini adalah proses pembuatan gula kristal putih



Gambar 4.1 Proses produksi gula kristal putih

➤ Stasiun Persiapan

Tebu yang berasal dari petani diangkut dengan truk atau lori menuju emplasemen pabrik. Lori digunakan untuk mengangkut tebu dari daerah sekitar pabrik, sedangkan tebu yang berasal dari luar daerah seperti Trenggalek dan Blitar diangkut dengan menggunakan truk. Sebelum menuju gilingan, tebu ditimbang terlebih dahulu. Tebu dari truk ditimbang, kemudian diangkut dengan lori menuju pabrik.

Penimbangan dilakukan untuk mengetahui berat bersih tebu sehingga dengan demikian dapat diketahui berat tebu yang digiling dan sisa tebu yang digiling.

Sebelum masuk pabrik Modjopangoong tebu dilakukan inspeksi untuk mengetahui kadar gula dan juga mengetahui kebersihan dari tebu tersebut. Pabrik hanya mau menerima tebu dengan kualitas kebersihan tebu yang baik dan berada di atas 18 Brix. Tebu yang sudah ditimbang dan siap untuk digiling, secara bergantian masuk penggilingan sesuai dengan urutan kedatangan.

➤ **Stasiun Penggilingan**

Stasiun gilingan atau stasiun pemerahan merupakan tempat proses pemisahan antara komponen tebu yaitu pemisahan antara zat padat (sabut dan ampas) dengan cairannya (nira). Pada proses ini juga ditambahkan air imbibisi dengan tujuan untuk mendapatkan nira sebanyak mungkin.

Sebelum tebu masuk ke stasiun gilingan, tebu dipersiapkan dahulu pada alat kerja pendahuluan. Alat ini berfungsi untuk merusak sel-sel tebu, pengrusakan ini bertujuan supaya efisiensi kerja pada stasiun gilingan dapat memberikan pemerahan nira sebanyak mungkin dengan mengusahakan kehilangan nira dalam ampas seminimal mungkin.

Beberapa alat yang digunakan pada stasiun gilingan adalah:

1. *Cane Unloading Crane*

Alat ini berfungsi untuk mengangkat tebu dari lori ke meja tebu.

2. *Meja Tebu*

Meja tebu adalah suatu alat yang digunakan untuk meletakkan tebu yang akan digiling. Meja tebu ini memiliki kemiringan 5-8°. Peralatan ini dilengkapi dengan rantai untuk memasukkan tebu ke *carrier* tebu, rantai tersebut dilengkapi dengan alat penggerak rantai yaitu motor listrik.

3. *Cane Carrier*

Berfungsi untuk membawa tebu ke alat kerja pendahuluan (*cane preparation*).

4. *Cane Elevator*
Berfungsi untuk menghantarkan serabut tebu yang telah tercacah menuju ke corong gilingan pertama.
5. *Intermediet carrier*
Memiliki bentuk serupa dengan *cane elevator*, berfungsi untuk mengangkut ampas yang keluar dari satu gilingan ke gilingan berikutnya.
6. *Cane Cutter*
Fungsi dari pisau tebu ini adalah untuk membuka sel-sel tebu. Mekanisme kerja dari pisau tebu ini adalah memotong-motong dan mencacah tebu ini menjadi serpihan dengan ukuran 30 sampai 40 mm pada *crane cutter I* dan 20 sampai 40 pada *cane cutter II*.
7. *Carding drum*
Alat ini berfungsi untuk perataan serpihan tebu yang akan masuk ke *hammer*, sehingga tebu tersebut dapat masuk dengan kontinyu. Berbentuk silinder dan pada silindernya dipasang batang-batang besi segi empat dengan posisi tegak lurus, batang ini menyentuh permukaan tebu dengan ketinggian tertentu sehingga tebu dapat dihamburkan secara teratur dan merata.
8. *Hammer*
Berfungsi untuk menyempurnakan tebu yang telah tercacah oleh *cane cutter I* dan *II* sehingga serabut menjadi lebih halus.
9. Pesawat Gilingan
Pesawat gilingan digunakan untuk memerah tebu atau sabut untuk mendapatkan nira perahan yang sebanyak-banyaknya.

➤ **Stasiun Pemurnian**

Proses pemurnian nira dilakukan untuk memisahkan antara gula dan bukan gula yang terkandung di dalam nira mentah. Pada umumnya nira mentah bersifat asam dengan pH 5.0-5.5

sedangkan *sucrosa* mudah terinversi dalam suasana asam. Agar *sucrosa* tidak terinversi maka kedalam nira mentah yang sebelumnya dipanaskan di *Juice Heater* sampai suhu 75°C ditambahkan susu kapur sampai pH 7.2 yang prosesnya terjadi di dalam peti reaksi yang disebut *PreContractor* dan *Defecator I*.

Pada proses reaksi antara susu kapur dan komponen nira (*phospat*) diharapkan terbentuk inti endapan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang akan mengikat bukan gula anorganik, kemudian mengendap.

Pada *Defecator II* ke dalam nira ditambahkan susu kapur sampai pH 8.5 kemudian dinetralkan kembali dengan gas SO_2 sampai pH 7.2 yang prosesnya terjadi didalam bejana *sulfitasi*. Untuk menyempurnakan reaksi maka nira dipanaskan kembali di *Juice Heater II* sampai suhu 105°C dan selanjutnya endapan yang terbentuk akan diendapkan di dalam bejana pengendap *Dorr Clarifier* dimana sebelumnya nira akan melalui bejana *Flash Tank* untuk mengeluarkan udara dan *Snow Bowling Tank* untuk memperbesar struktur endapan. Untuk mempercepat proses pengendapan, ditambahkan larutan *flokulant* dengan konsentrasi 0.05%

Di dalam *Dorr Clarifier* akan terpisahkan antara nira jernih dan nira kotor. Nira jernih dipompa ke stasiun penguapan untuk diuapkan airnya sedangkan nira kotor yang masih mengandung gula, ditapis menggunakan *Rotary Vacuum Filter* dan mengeluarkan nira tapis yang dikembalikan ke nira mentah tertimbang sedangkan kotoran yang disebut blotong dibuang ke TPA.

➤ Stasiun Penguapan

Proses penguapan dilakukan di dalam empat badan penguapan yang disusun secara seri dengan system *Quadruple Effect* dimana 1 kg uap pemanas dapat menguapkan 4 kg air.

Di dalam badan penguapan nira encer yang masih mengandung air sekitar 85%, diuapkan airnya sampai brix 60-65% dan disebut nira kental. Untuk menurunkan intensitas warna

dan viskositas, nira kental diberi gas SO₂ sampai pH 5,5 dimana prosesnya terjadi di dalam bejana sulfitasi nira kental.

➤ **Stasiun Masakan**

Pada stasiun masakan di pabrik gula dilakukan penguapan kedua, yaitu memasak nira kental atau kristalisasi. Pada penguapan, jarak antar molekul di dalam nira semakin kecil, sehingga akan saling tarik menarik. Pada saat mencapai kejenuhan, terjadi kesetimbangan antara molekul *sacharosa* yang melarut dan mengkristal. Keadaan lewat jenuh menyebabkan terbentuk rantai-rantai *sacharosa* dari molekul-molekul yang bergandengan, dimana rantai-rantai *sacharosa* ini membentuk suatu kerangka atau pola kristal *sacharosa*.

Secara umum dapatlah dikatakan bahwa proses pengkristalan terdiri dari 3 tahap:

1. Tahap pemekatan nira: nira diuapkan terus sampai lewat jenuh.
2. Tahap pembibitan (nukleasi) : nira lewat jenuh yang belum terbentuk kristal ditambahkan bibit yang merupakan inti kristal.
3. Tahap pertumbuhan kristal : Terjadi penambahan atau pelapisan molekul-molekul gula pada inti kristal, sehingga didapat kristal gula dengan ukuran yang seragam dan besar yang tertentu pula.

Pada proses penguapan atau pemekatan tidak boleh berlebihan, atau tidak boleh melewati kondisi metastabil karena akan terjadi inti baru yang menyebabkan terbentuknya kristal berukuran halus.

Kristalisasi dilakukan dengan kondisi vacum, sehingga suhu operasi relatif lebih rendah, untuk mencegah terjadinya inverse gula. Sistem pemasakan yang dilakukan PG Modjopangoong adalah sistem masakan A-C-D dengan hasil Gula Kristal Putih (GKP)

Masakan D

Tujuan dilakukan pemasakan D adalah untuk menekan kehilangan gula seminimal mungkin pada tetes. Bahannya adalah Stroop A, stroop C dan klare D.

Masakan A

Bahannya adalah einwurf C (babonan C) diskap dan klare SHS. Larutan dimasak di pan V untuk pembuatan masakan awal A, kemudian dipindahkan ke pan IV atau pan VI. Larutan gula dibesarkan lagi pasirnya dengan menambahkan diskap atau klare SHS. Apabila masakan telah tua diturunkan ke palung pendingin. Disini akan terjadi proses kristalisasi lanjut. Kemudian ditarik ke stasiun puteran A untuk dipisahkan gulanya.

Masakan C

Bahannya adalah diskap(nira kental), einwurf DII dan stroop A. Yang diolah dan dimasak di pan III, dikentalkan sampai pasirnya cukup besar kemudian ditambahkan stroop A hingga masakan C turun diharapkan HK : 72-73% ke palung pendingin. Disini akan terjadi kristalisasi lanjut yang akan memperbesar ukuran kristal. Kemudian ditarik ke stasiun puteran *automatic centrifugal*.

➤ **Stasiun Puteran**

Hasil proses kristalisasi yang masih berupa massa campuran antara kristal gula dan sedikit sisa larutan induknya, ditampung dalam palung pendingin dengan harapan terjadi proses kristalisasi lanjut.

Untuk memisahkan antara kristal dan larutan sisa, digunakan alat yang disebut *High/Low Grade Fugal*. Dengan gaya sentrifugal maka larutan sisa akan terpisah dari kristalnya. Larutan sisa (stroop) ini diolah kembali di stasiun masakan untuk diproses pada tingkat masak berikutnya. Larutan sisa masakan D disebut tetes dimana merupakan hasil samping yang mempunyai nilai tambah sehingga disebut produk hasil samping. Standar mutu gula (SHS) yang ditentukan adalah kristal kering dan ukuran kristal antara 0.9-1.1 mm.

➤ **Stasiun Pengayakan dan Penyelesaian**

Kristal hasil puteran dikeringkan melalui talang goyang kemudian disaring. Pada stasiun ini, produk gula kerikil dan halus akan diambil dan akan dikirim ke stasiun *rework*.

➤ **Stasiun Rework**

Stasiun ini digunakan untuk melebur gula kerikil dan gula halus. Alat peleburan gula berbentuk silinder yang dilengkapi dengan saringan, pengaduk, pipa steam dan pipa air panas.

4.1.3 Produktivitas

Pengumpulan data dilakukan secara visual yaitu pengamatan produksi langsung. Data yang didapatkan bersifat variabel dan data yang digunakan pada tahun 2004 sampai tahun 2007.

Aktivitas pengumpulan data dilakukan pada bagian pengolahan dengan cara sebagai berikut:

1. Melakukan wawancara secara langsung pada *chemicer*.
2. Mencatat data arsip bagian pengolahan.

Variabel yang digunakan untuk mengukur produktivitas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Variabel penyusun produktivitas

Input	Output
Bahan bakar	Gula SHS
Air	Tetes
Solar	
Moulding	
Residu	
Listrik	
Bahan pembantu	
Kapur	
Belerang	
Flokulant	
Bahan utama	
Tebu	
Tenaga Kerja	

4.1.4 *Big Picture Mapping*

Big Picture Mapping merupakan sebuah *tools* yang digunakan untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan dan *value stream* yang ada di dalam suatu organisasi dan industri. Sehingga dari *Big Picture Mapping* ini dapat diperoleh secara jelas gambaran mengenai aliran informasi dan aliran fisik dari perusahaan yang diamati. Selain itu, dengan menggunakan *Big Picture Mapping*, kita dapat memperoleh informasi mengenai *lead time* tiap proses dalam *value stream mapping* serta dapat juga digunakan untuk mengidentifikasi dimana terdapat *waste* serta keterkaitan dari setiap aliran fisik dan aliran informasi. Untuk menggambarkan peta ini, langkah awal yang dilakukan adalah memberikan penjelasan mengenai aliran informasi dan aliran fisik pemenuhan *order* dari produk.

4.1.4.1 Aliran Informasi Proses Produksi Gula Kristal Putih

Berdasarkan hasil pengamatan pada kondisi *existing* perusahaan, maka aliran informasi untuk pembuatan GKP adalah:

1. Tanaman tebu sudah siap untuk dipanen sehingga musim giling dimulai. Tebu dari hasil tanaman PG dan tebu rakyat dikirimkan ke pabrik untuk diproses.
2. Tebu dari petani sebelum masuk ke pabrik dilakukan inspeksi untuk mengetahui kualitas tebu. Tebu yang dapat diterima adalah tebu dengan kualitas di atas 18 brix dan tidak kotor.
3. Bagian tanaman melakukan pencatatan terhadap tebu yang masuk.
4. Untuk menjalankan proses produksi di perlukan bahan pembantu yaitu *flokulant*, kapur dan belerang. Bagian pengolahan akan meramalkan kebutuhan bahan pembantu ini. Selanjutnya akan dilaporkan ke bagian gudang, apabila bahan pembantu habis bagian gudang melaporkan ke bagian pengadaan sehingga bagian pengadaan melakukan pesanan ke *supplier*.

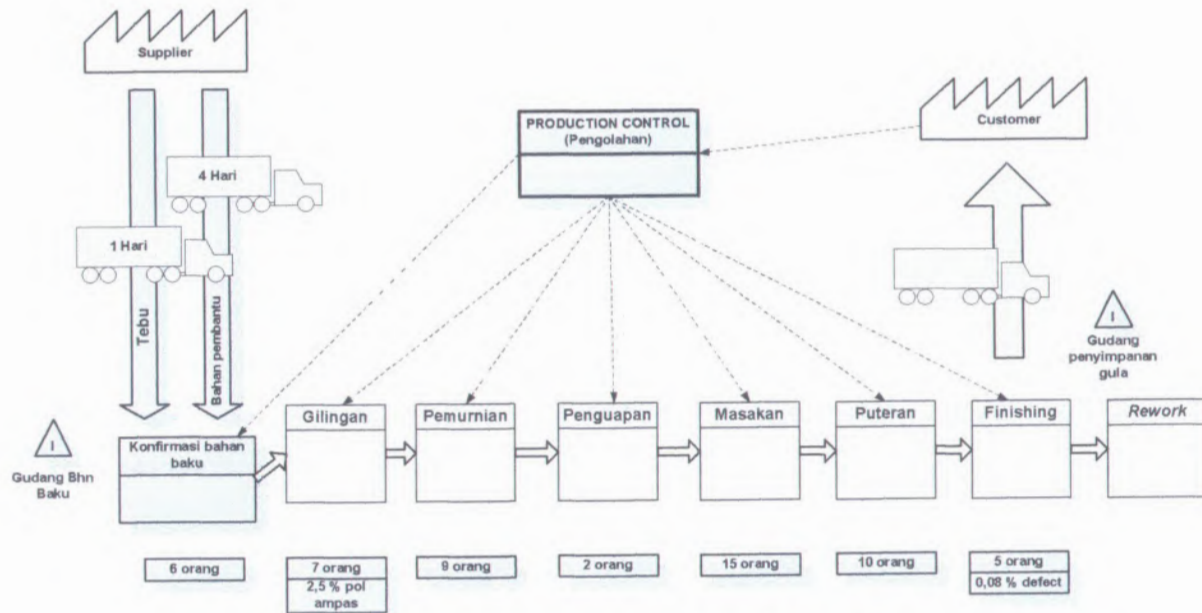
5. Setelah bahan baku dikirim oleh *supplier*, maka diterima oleh bagian gudang dimana terlebih dahulu dilakukan inspeksi bahan oleh petugas dari gudang dan bagian pengolahan.
6. Bagian produksi melakukan fungsi produksi sesuai dengan urutan proses produksi.
7. Pada bagian pengayakan dilakukan proses inspeksi produk. Produk yang tergolong dalam cacat kerikil dan halus akan diambil untuk dilakukan proses daur ulang.
8. Produk yang telah melewati stasiun pengayakan akan dikemas dan produk siap dikirim ke konsumen.

4.1.4.2 Aliran Fisik Proses Produksi Gula Kristal Putih

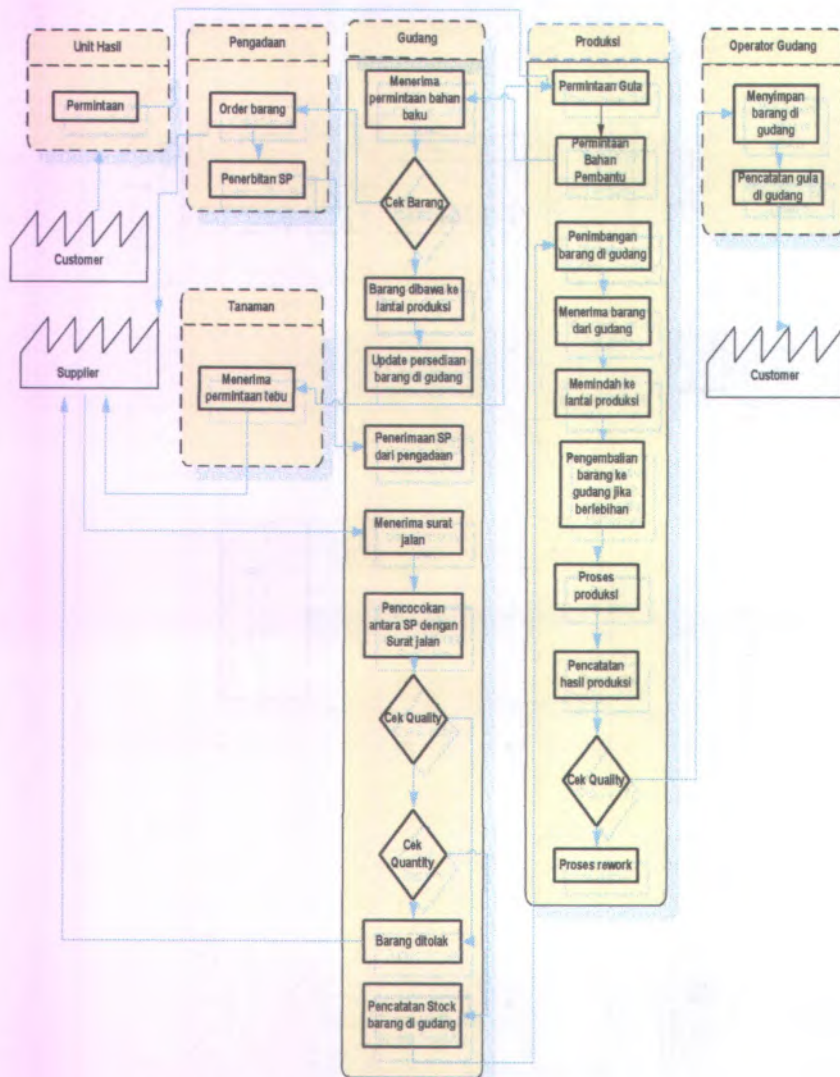
Berdasarkan pada pengamatan di lapangan maka aliran fisik proses produksi adalah sebagai berikut:

1. Aliran fisik dimulai dari tebu pabrik dan petani yang sudah waktunya untuk digiling. Bahan pembantu proses produksi akan dilakukan pemesanan ke *supplier* dengan rata-rata datangnya pesanan 4 hari.
2. Sebelum dilakukan proses produksi, material tebu dan bahan pembantu dilakukan inspeksi. Hal ini dilakukan untuk menjaga kualitas produk gula yang dihasilkan.
3. Proses dimulai dari stasiun timbangan. Pada stasiun ini tebu diinspeksi dan dilakukan penimbangan.
4. Proses kedua adalah proses pada stasiun gilingan untuk memerah nira dari tebu.
5. Proses ketiga adalah proses pada stasiun pemurnian dimana pada stasiun ini akan ditambahkan susu kapur, belerang dan flokulant.
6. Proses keempat adalah proses pada stasiun penguapan. Pada proses ini nira dipanaskan sampai suhu di atas 100°C .

7. Proses kelima adalah proses pada stasiun masakan. Pada proses ini nira akan mengalami proses pembentukan kristal.
8. Proses keenam adalah proses pada stasiun puteran. Pada proses ini kristal yang telah terbentuk pada stasiun masakan akan dipisahkan dengan cairannya dengan memanfaatkan gaya sentrifugal.
9. Proses ketujuh adalah proses pengayakan. Pada proses ini gula yang cacat yaitu kerikil dan halus akan dipisahkan.
10. Proses terakhir adalah proses pengemasan, produk gula dikemas dengan berat 50 kg dan selanjutnya diangkut pada gudang.



Gambar 4.2 Aliran Fisik Proses Produksi Gula Kristal Putih



Gambar 4.3 Aliran Informasi Proses Produksi GKP

4.1.5 Identifikasi Proses Produksi

Berdasarkan pada *Big Picture Mapping* dapat diketahui bahwa proses produksi gula kristal putih ada 7 proses utama yaitu persiapan, gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, puteran, *finishing* dan *rework*. Proses-proses tersebut dapat dibreakdown sebagai berikut.

- A. Proses Persiapan
 - A.1 Inspeksi kualitas tebu dengan refraktometer
 - A.2 Pemasangan seling tebu pada lori
 - A.3 Penimbangan tebu
- B. Proses Gilingan
 - B.1 Memerah nira dari tanaman tebu.
 - B.2 Pengangkatan tebu dari troli ke meja gilingan.
 - B.3 Inspeksi kualitas kebersihan tebu.
 - B.4 Mengambil tebu yang jatuh saat pengangkatan ke meja gilingan.
 - B.5 Mengumpulkan cacahan tebu yang jatuh dari *conveyor*.
 - B.6 Mengontrol putaran mesin giling.
 - B.7 Mengontrol keluaran ampas pada masing-masing gilingan.
- C. Proses Pemurnian
 - C.1 Pemberian susu kapur, sulfitasi dan pengendapan.
 - C.2 Inspeksi ph setelah pemanasan pertama.
 - C.3 Penimbangan belerang pada gudang.
 - C.4 Pengangkutan belerang dari gudang ke pemurnian.
 - C.5 Pengembalian belerang ke gudang jika berlebihan.
 - C.6 Penimbangan kapur di bagian gudang.
 - C.7 Pengembalian kapur jika berlebih.
 - C.8 Penimbangan *flokulant* di gudang.
 - C.9 Pengangkutan *flokulant* ke bagian pemurnian.
 - C.10 Memasukkan kapur, belerang dan *flokulant* ke dapur pembuatan.
 - C.11 Melakukan kontrol terhadap *vacuum filter*.

D. Proses Penguapan

D.1 Membuka dan menutup saluran nira.

D.2 Mengontrol *Be* dalam nira.

E. Proses Masakan

E.1 Membuka dan menutup saluran nira.

E.2 Berjalan menuju ke arah mikroskop.

E.3 Inspeksi pertumbuhan nira dengan mikroskop.

E.4 Inspeksi kematangan nira dengan air.

F. Proses *Finishing*

F.1 Inspeksi kecacatan gula.

F.2 Pengambilan produk gula kerikil dan dimasukkan dalam karung.

F.3 Memasukkan gula kristal putih dalam karung.

F.4 Penimbangan gula.

F.5 Karung dijahit.

F.6 Pemindahan gula kemasan ke lantai produksi.

G. Proses *Rework*

G.1 Mengangkut gula kerikil dan halus dari ayakan.

G.2 Memasukkan gula kerikil dan halus ke dalam stasiun *rework*.

Tabel 4.2 Identifikasi proses produksi

Kode	Tipe Aktivitas	VAA	NVAA	NNVAA
	A. Proses Persiapan			
A.1	Inspeksi kualitas tebu dengan refraktometer			√
A.2	Pemasangan seling tebu pada lon		√	
A.3	Penimbangan tebu			√
	B. Proses Gilingan			
B.1	Memerah nira dari tanaman tebu	√		
B.2	Pengangkatan tebu dari troli ke meja gilingan			√
B.3	Inspeksi kualitas kebersihan tebu			√
B.4	Mengambil tebu yang jatuh saat pengangkatan ke meja gilingan		√	
B.5	Mengumpulkan cacahan tebu yang jatuh dari conveyor		√	
B.6	Mengontrol putaran mesin giling			√
B.7	Mengontrol keluaran ampas pada masing-masing gilingan			√
	C. Proses Pemurnian			
C.1	Pemberian susu kapur, sulfitasi dan pengendapan	√		
C.2	Inspeksi ph setelah pemanasan pertama			√
C.3	Penimbangan belerang pada gudang			√
C.4	Pengangkutan belerang dari gudang ke pemurnian secara manual		√	
C.5	Pengembalian belerang ke gudang jika berlebihan		√	
C.6	Penimbangan kapur di bagian gudang		√	
C.8	Penimbangan flokulant di gudang			√
C.9	Pengangkutan flokulant ke bagian pemurnian		√	
C.10	Memasukkan kapur, belerang dan flokulant ke dapur pembuatan	√		
C.11	Melakukan kontrol terhadap vacuum filter			√
	D. Proses Penguapan			
D.1	Membuka dan menutup saluran nira	√		
D.2	Mengontrol Be dalam nira			√
	E. Proses Masakan			
E.1	Membuka dan menutup saluran nira	√		
E.2	Berjalan menuju kearah mikroskop		√	
E.3	Inspeksi pertumbuhan nira dengan mikroskop			√
E.4	Inspeksi kematangan nira dengan air			√
	F. Proses Finishing			
F.1	Inspeksi kecacatan gula			√
F.2	Pengambilan produk gula kenikil dan dimasukkan dalam karung		√	
F.3	Memasukkan gula kristal putih dalam karung	√		
F.4	Penimbangan gula			√
F.5	Karung dijahit	√		
F.6	Pemindahan gula kemasan ke lantai produksi		√	
	G. Proses Rework			
G.1	Mengangkut gula kenikil dan halus dari ayakan		√	
G.2	Memasukkan gula kenikil dan halus ke dalam stasiun rework		√	

Berdasarkan pada keseluruhan aktivitas pada proses produksi gula yang merupakan *value added activity* sebesar 20,5%, 35,2% merupakan *non value added activity* dan 44,3% *necessary but non value added activity*. Adanya non

value added activity menyebabkan perusahaan kurang efektif dan efisien.

4.1.6 Pengidentifikasian Waste

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

Jenis pemborosan yang terjadi karena kelalaian dalam memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan prinsip-prinsip EHS. Pada proses produksi terdapat beberapa prinsip EHS yang kurang diperhatikan seperti pemakaian alat-alat keselamatan kerja (sepatu kerja, masker, pelindung telinga) dan peralatan kesehatan (tidak adanya obat-obatan di lokasi kerja).

b. *Defect*

Jenis *waste* ini bisa dikatakan berhubungan dengan kualitas yang didefinisikan oleh pihak perusahaan sendiri. Macam-macam *defect* yang didefinisikan oleh pihak perusahaan ada 2 yaitu halus dan kerikil. Penjelasan untuk masing-masing *Subwaste defect* adalah sebagai berikut:

1. Halus

Halus merupakan jenis cacat dimana produk gula berupa serbuk dan tidak berbentuk kristalan seperti ukuran biasanya. Produk yang dikategorikan sebagai cacat halus adalah produk yang lolos dari sarangan yang telah dipasang pada mesin pengayakan.

2. Kerikil

Kerikil merupakan jenis cacat dimana produk gula masih bercampur dengan cairan sehingga berbentuk kerikil dan keras.

Berikut ini adalah jumlah *defect* yang terjadi di pabrik selama tahun 2007. Konversi ke dalam satuan rupiah dengan cara mengalikan jumlah *defect* dengan harga per kg sebesar Rp 5.000,00:

Tabel 4.3 Konversi jumlah *defect* yang terjadi tahun 2007

Jumlah cacat (ton)	Total (Rp)
270	Rp1.404.000.000

c. *Overproduction*

Overproduction adalah jenis *waste* yang diakibatkan oleh perusahaan memproduksi produk dengan jumlah yang melebihi permintaan konsumen. Pada tahun 2007 target produksi yang ditetapkan untuk PG. Modjopangoong adalah sebesar **44.600 ton** sedangkan kemampuan produksi yang dapat dicapai sebesar **37.897,5 ton**. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada proses produksi gula tidak pernah terjadi *waste overproduction* bahkan cenderung kekurangan produksi.

d. *Waiting*

Jenis *waste* yang terjadinya karena adanya kegiatan perbaikan dari mesin produksi yang diakibatkan oleh terjadinya kerusakan mesin sehingga mengakibatkan terganggunya proses produksi. Selain itu juga disebabkan oleh kekurangan material untuk proses produksi. *Waste* jenis ini sering terjadi pada stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun kristalisasi, stasiun puteran, stasiun pembangkit uap dan stasiun pembangkit listrik.

Tabel 4.4 Jumlah jam berhenti giling

Jam berhenti giling sebab -sebab di luar pabrik	Jumlah (jam)
Tebu telat	36,75
Jam berhenti giling sebab - sebab di dalam pabrik	
Stasiun gilingan	53,25
Stasiun pemurnian	2
Stasiun penguapan	10,25
Stasiun kristalisasi	5,5
Stasiun puteran	1,5
Stasiun pembangkit uap	113
Stasiun pembangkit listrik	4,75
Menyetel gilingan	92,5
Kekurangan uap	5,75
Total	326

e. *Not Utilizing employees knowledge, skill and abilities*

Jenis pemborosan sumber daya manusia yang terjadi karena tidak menggunakan pengetahuan, ketrampilan dan kemampuan karyawan secara optimal sehingga dapat menyebabkan kesalahan pada proses-proses yang berhubungan dengan *waste* ini. Pada proses produksi terdapat pada proses yang berhubungan langsung dengan SDM diantaranya adalah proses laboratorium. Kesalahan yang terjadi pada *waste* ini antara lain: pencampuran larutan, penggunaan gelas ukur dan alat lainnya selama proses di laboratorium.

f. *Transportation*

Waste kategori ini meliputi penggunaan alat angkut tebu menuju stasiun gilingan kurang tepat. Terdapat *waste* transportasi yang terjadi antara lain penggunaan tenaga sapi untuk menarik gerbong kereta tebu maka pergerakan tebu menjadi lambat dan tidak efisien secara finansial. Berikut ini perhitungan dari *waste* transportasi:

Tabel 4.5 Penggunaan lokomotif dengan penggunaan sapi

Penggunaan Lokomotif			Penggunaan tenaga sapi		
Kebutuhan	Jumlah	Total (Rp)	Kebutuhan	Jumlah	Total (Rp)
Solar	20 l / hari	4913400	Tenaga kerja	23	18400000
Tenaga kerja	10 orang	8000000			
	Jumlah	12913400	Jumlah		18400000

g. *Inventory*

Waste kategori ini meliputi persediaan yang berlebih. Dimana terdapat bahan baku berlebih seperti tebu, kapur dan belerang yang tidak bisa dihabiskan dalam waktu yang telah ditentukan.

Tabel 4.6 Sisa material pada akhir tahun 2007

Jenis Barang	Jumlah	Harga	Total
Flokulant	111,5	Rp48.000	Rp5.352.000
Karung	89257	Rp5.000	Rp446.285.000
Solar	11,873	Rp6.953	Rp82.553.919
Residu	101,21	Rp4.648	Rp470.424.080
Moulding	81,26	Rp361	Rp29.294.230
Jumlah Total			Rp1.033.909.229

h. Motion

Jenis pemborosan yang disebabkan adanya gerakan-gerakan yang tidak diperlukan. Seperti berpindah, mencari dan berjalan. Pada stasiun puteran, masakan, penguapan dan *finishing waste* ini terdapat pada proses yang berhubungan langsung dengan operator yang melakukan aktivitas-aktivitas seperti bersenda gurau, berjalan-jalan di area kerja tanpa tujuan serta meninggalkan pekerjaannya pada saat jam kerja.

i. Excess Processing

Jenis pemborosan yang terjadi karena langkah-langkah proses yang panjang. Jenis *waste* ini tidak terdapat pada perusahaan gula ini.

j. Inappropriate Processing

Waste yang disebabkan oleh proses produksi yang tidak tepat karena prosedur yang salah, penggunaan peralatan atau mesin yang tidak sesuai dengan kapasitas dan kemampuan dalam suatu operasi kerja. Dalam PG ini *waste* diindikasikan oleh terjadinya pol ampas yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh proses yang terjadi pada gilingan yang kurang sempurna. Berikut ini adalah data tentang *waste inappropriate processing*, diperoleh dengan cara mengalikan berat ampas dengan pol ampas yang kemudian dikuantifikasikan ke dalam jumlah gula dan rupiah:

Tabel 4.7 Konversi pol ampas ke dalam rupiah dalam waste inappropriate processing

Berat ampas	Pol	Nira	Total (Rp)
151826,6	2,53%	3841,213	Rp1.466.545.107

4.1.7 Identifikasi *Input & Output Life Cycle Produk*

4.1.7.1 Deskripsi Sistem Amatan

Sistem yang dijadikan objek amatan didalam penelitian ini adalah satu sistem siklus hidup dari produk gula kristal putih (GKP). Pada *supplier* diteliti hanya pada proses pengiriman. Kemudian pada proses produksi yang terjadi di perusahaan yang diamati adalah energi apa saja yang digunakan pada proses produksi gula dan melihat dampak yang terjadi akibat proses pembuatan produk gula di PG. Modjopangoong.

4.1.7.2 Data *Input Output*

Data ini menunjukkan semua input output meliputi penggunaan energi dan material yang terdapat pada proses produksi. Data ini sangat penting dalam proses penilaian dampak lingkungan.

4.1.7.2.1 *Supplier*

Beberapa *supplier* yang bekerjasama dengan PG. Modjopanggong dalam memproduksi gula adalah seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4.8 Data *Supplier* Bahan Baku

Bahan-bahan	Supplier	Kota
Tebu		Tulungagung
		Blitar
		Trenggalek
<i>Moulding</i>	CV. Hendra Putra Mandiri	Kediri
Bahan kimia		Surabaya
Kapur	CV. Sami Jaya	Tulungagung

4.1.7.2.2 Proses produksi

Setelah bahan – bahan *raw material* dari *supplier* telah dipesan maka diproses menjadi gula oleh PG.Modjopanggoong.

4.1.7.2.3 Konsumen

Setelah selesai digiling gula – gula tersebut akan dijual ke konsumen dengan proses lelang. Setelah gula-gula tersebut laku dijual proses pengiriman dari PG Modjopanggoong ke tempat pembeli dilakukan dengan truk dan menjadi tanggung jawab konsumen.

4.1.7.2.4 Energi

Energi yang digunakan dalam proses produksi berasal dari tenaga listrik, air dan tenaga uap.

Tabel 4.9 Kebutuhan energi

Energi	Jumlah
air	69,95 ton/jam
listrik	14989,58 kw/jam
uap	635,416 ton uap/jam

4.1.7.2.5 Data *disposal*

Beberapa limbah dari proses produksi gula adalah abu kering dari ketel uap, blotong dari vacuum filter dan tetes dari stasiun puteran.

4.1.7.2.6 Data –data *software simapro 5.0*

Untuk mengukur dampak lingkungan data-data yang dimasukkan dalam software simapro 5.0 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Inputan Simapro pada air

Material
Water PUR A
Proses
electricity UCPTTE high voltage

Tabel 4.11 Inputan Simapro pada bahan bakar

Material
Water PUR P
Meranti
Residual oil refinery CH T

Tabel 4.12 Inputan Simapro pada bahan pembantu

Material
Sulphur I
Acrylonitile
CaCO ₃

Tabel 4.13 Inputan simapro pada kemasan

Proses
Truk long distance C

Tabel 4.14 Inputan simapro pada listrik

Proses
electricity UCPTTE high voltage

Tabel 4.15 Inputan simapro pada tebu

Proses
Truk long distance C

4.2 MEASURE

4.2.1 Pengukuran *Waste* Kritis

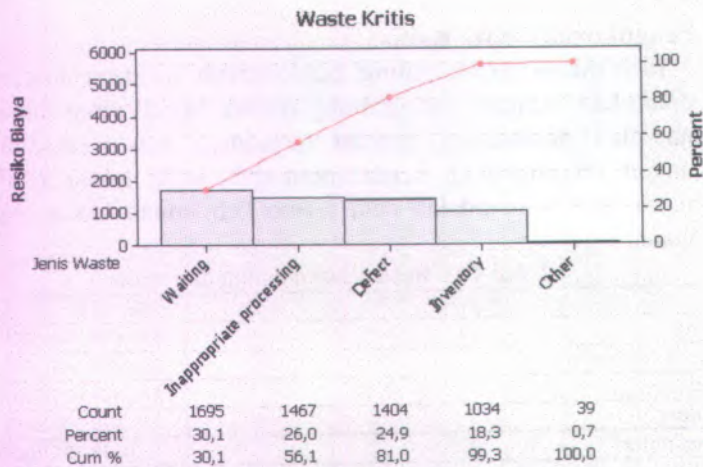
Identifikasi *waste* paling berpengaruh menurut konsep *lean* dilakukan dengan menghitung resiko biaya yang harus diterima oleh perusahaan dengan terjadinya *waste* tersebut. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan data pada tahun 2007. Berikut ini tabel 4.11 adalah data resiko kehilangan biaya oleh perusahaan.

Tabel 4.16 Resiko biaya akibat dari *waste*

Jenis Waste	Resiko Biaya
Waiting	Rp1.695.200.000
Inappropriate processing	Rp1.466.545.107
Defect	Rp1.404.000.000
Inventory	Rp1.033.909.229
Transportation	Rp38.406.200
Not Utilizing Employees, Knowledge, Skill and Abilities	Rp750.000

Jenis *Waste Environmental, Health and Safety* dan *Motion* tidak dilakukan perhitungan biaya kerugian karena perusahaan menganggap bahwa *waste* jenis ini tidak akan berpengaruh pada peningkatan performansi perusahaan.

Dengan menggunakan Diagram Pareto ditentukan jenis *waste* kritis yang akan dilakukan perbaikan. Berikut ini gambar 4.4 menjelaskan *waste* kritis tersebut.



Gambar 4.4 Pareto *Waste* kritis

Berdasarkan konsep pareto 80:20 maka yang menjadi *waste* kritis adalah jenis *waiting*, *excess processing* dan *defect*. Tetapi pada penelitian ini yang dijadikan *waste* kritis adalah *inappropriate processing* dan *defect* karena *waste waiting* mencakup kondisi alat yang terjadi di keseluruhan proses mulai dari gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, puteran, pembangkit uap dan stasiun pembangkit listrik sehingga tidak memungkinkan dilakukan penelitian secara detail. Oleh karena itu, pihak manajemen harus berupaya untuk mengurangi *waste defect* dan *inappropriate processing* dalam upaya meningkatkan produktivitas perusahaan.

4.2.2 Kapabilitas Proses dan Penentuan Prioritas Perbaikan

- *Waste Inappropriate processing*

Waste yang dapat digolongkan dalam *Inappropriate processing* adalah kehilangan gula pada stasiun gilingan karena kondisi alat yang tidak sesuai. Indikasi kehilangan gula pada stasiun gilingan dapat diketahui dari kadar nira dalam ampas atau pol ampas. Berikut ini adalah pol

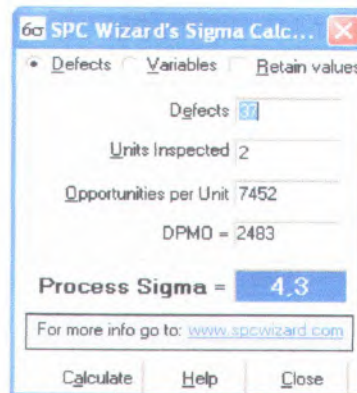
ampas rata-rata yang dihasilkan mulai tahun 2004 sampai tahun 2007.

Tabel 4.117 Pol yang terdapat pada ampas

Tahun	Pol (%)
2004	2,75
2005	2,84
2006	2,62
2007	2,53

- *Waste Defect*

Berdasarkan data produksi *Gula Kristal Putih*, bisa kita hitung kapabilitas prosesnya menggunakan bantuan *software SPC Wizard Sigma Calculator*, dimana untuk *defect* kita masukkan jumlah produk yang cacat, untuk *Unit Inspected* kita masukkan jumlah produksi dan *Opportunities per Unit* kita masukkan jumlah CTQ yang berjumlah dua yaitu (cacat halus dan cacat kerikil. Sehingga bisa kita dapatkan nilai Sigma dan nilai DPMO sbb :

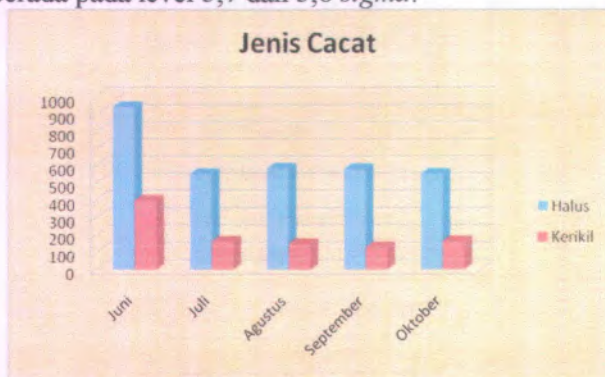


Gambar 4.5 Perhitungan nilai sigma berdasarkan software SPC Wizard's Sigma calculator



Gambar 4.6 Sigma level tahun 2008

Kapabilitas proses merupakan sebuah ukuran yang menyatakan seberapa baik proses yang telah berjalan pada perusahaan. Nilai *sigma* yang telah dicapai perusahaan mengalami fluktuatif. Nilai *sigma* pada tahun 2008 yang tertinggi terjadi pada bulan Juni yaitu pada level *sigma* 4,3 selanjutnya mengalami penurunan pada level 3,4 *sigma*. Pada bulan Agustus dan seterusnya mulai stabil berada pada level 3,7 dan 3,8 *sigma*.



Gambar 4.7 Diagram batang jenis cacat

4.2.3 Pengukuran Produktivitas

Pada penelitian ini pengukuran produktivitas menggunakan produktivitas total dimana seluruh *output* akan dibandingkan dengan keseluruhan *input* yang dibutuhkan selama proses produksi gula kristal putih. Untuk menghitung produktivitas dibutuhkan data-data antara lain:

Tabel 4.18 Input proses produksi

Tahun	Jumlah
2004	Rp218.471.720.974
2005	Rp297.815.596.496
2006	Rp288.221.220.911
2007	Rp393.131.558.193

Tabel 4.19 Output proses produksi

Tahun	Jumlah
2004	Rp119.602.555.000
2005	Rp178.732.683.900
2006	Rp162.331.578.200
2007	Rp233.308.020.200

Berdasarkan pada rumus produktivitas bahwa:

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Total} &= \text{Jumlah keseluruhan Output} / \text{Jumlah} \\ &\quad \text{keseluruhan Input} \\ &= \text{Rp119.602.555.000/Rp218.471.720.974} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

Secara keseluruhan nilai produktivitas PG. Modjopangoong dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.20 Indeks produktivitas perusahaan

Tahun	Indeks
2004	0,55
2005	0,60
2006	0,56
2007	0,59



Gambar 4.8 Indeks produktivitas

Berdasarkan pada gambar indeks produktivitas di atas dapat diketahui bahwa indeks produktivitas yang tertinggi dicapai pada tahun 2005 yaitu sebesar 0,60 dan indeks produktivitas terendah pada tahun 2004.

4.2.4 Pengukuran Dampak Lingkungan Pada Kondisi Awal

Pengukuran dampak lingkungan ini menggunakan *software Simapro 5.0*. Dari *impact assessment* akan didapatkan *single score* yang nantinya menjadi dasar untuk perbaikan yang akan dilakukan.

Penggunaan *software simapro 5.0* adalah pengukuran dampak lingkungan dari supplier sampai pada proses di dalam pabrik. *Generate data* diperoleh dari jenis transportasi, *supplier*, *raw material*, *quantity* dan *energy* yang digunakan dalam pabrik.

4.2.4.1 Tree Diagram

Tree Diagram merupakan langkah awal dalam perhitungan *impact*. Data-data yang telah dikumpulkan diinputkan dalam *software simapro 5.0* ke dalam kelompok-kelompok pada *product stages* yaitu *assembly*, *life cycle*, *disposa*.

Pada *Assembly* memuat proses produksi yang terjadi pada PG. Modjopangoong dalam menghasilkan gula. Sedangkan kelompok *life cycle* memuat seluruh siklus hidup dari produk di dalam sistem mulai dari pesanan dari *supplier* yang diantar ke pabrik sebagai *raw material*, proses produksi. Perhitungan *impact* terhadap seluruh siklus hidup produk dilakukan berdasarkan metode *EDIP (Environment Design Industrial Product)*

4.2.4.2 *Impact Assesment*

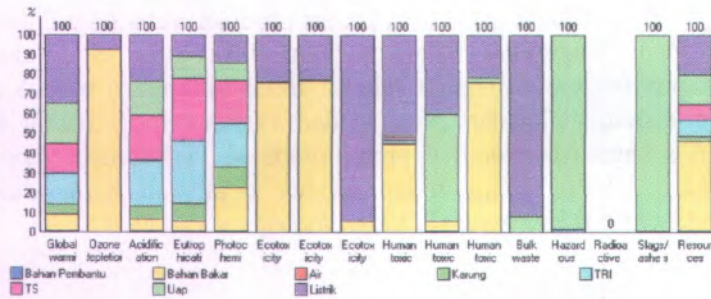
Setelah pembuatan *Tree Diagram* dan semua data telah dimasukkan, perhitungan analisa dampak lingkungan sudah bisa dilaksanakan. Pada penelitian ini metode *impact assessment* yang dipilih adalah metode *EDIP/UMIP 96 (Environmental Design of Industrial Product)*. Metode ini menganalisa beberapa *impact category* seperti pada tabel 4.16.

Tabel 4.21 *Impact Category* menurut metode *EDIP*

Impact Category	
Global warming	Human toxicity air
Ozone depletion	Human toxicity water
Acidification	Human toxicity soil
Eutrophication	Bulk waste
Photochemical smog	Hazardous waste
Ecotoxicity water chronic	Radioactive waste
Ecotoxicity water acute	Slag
Ecotoxicity soil chronic	Resources (all)

4.2.4.2.1 *Characterization*

Characterization adalah mengalikan substansi yang berkontribusi terhadap *impact category* dengan *Characterization factor* untuk menggambarkan kontribusi relatif substansi tersebut.



Analyzing 1 p life cycle LC Gula: Method EDIP/UMIP 96 / EDIP World/Dk / characterization

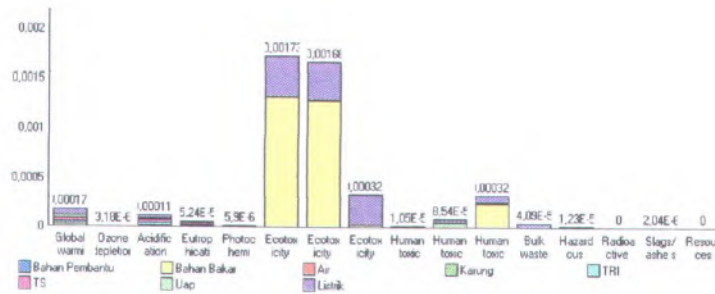
Gambar 4.9 Diagram *Characterisation Impact Assessment*

Tabel 4.22 Nilai *Characterisation Impact Assessment*

Impact category	Unit	Total	Bahan Pembantu	Bahan Bakar	As
Global warming [GWP100]	g CO2	1,5E-3	6,91	132	0,011
Ozone depletion	g CFC11	0,000642	4,54E-7	0,000592	x
Acidification	g SO2	13,8	0,0779	0,849	x
Eutrophication	g NO3	15,6	0,113	0,775	x
Photochemical smog	g ethene	0,118	0,000875	0,0256	x
Ecotoxicity water chronic	m3/g	910	0,475	616	x
Ecotoxicity water acute	m3/g	80	0,0474	61,4	x
Ecotoxicity soil chronic	m3/g	9,87	0,00449	0,543	x
Human toxicity air	m3/g	9,61E-4	63,2	4,29E-4	x
Human toxicity water	m3/g	5,05	0,0204	0,256	x
Human toxicity soil	m3/g	0,0993	5,11E-5	0,0752	x
Bulk waste	kg	0,0953	1,34E-5	1,61E-7	1E-6
Hazardous waste	kg	0,000295	4,39E-6	x	x
Radioactive waste	kg	x	x	x	x
Slags/ashes	kg	0,000715	2,7E-6	1,06E-9	x
Resources (all)	kg	3,05E-5	1,43E-7	1,39E-5	x

4.2.4.2.2 Normalization

Normalization dilakukan untuk memudahkan perbandingan antar *impact category*. Nilai *impact category* dari *characterization* dibagi dengan nilai *reference* (normal). Setelah *normalization*, semua *impact category* sudah memakai unit yang sama dan bisa dibandingkan.



Analyzing 1 p life cycle LC Gula'. Method: EDIP/UMIP 96 / EDIP World/DK / normalization

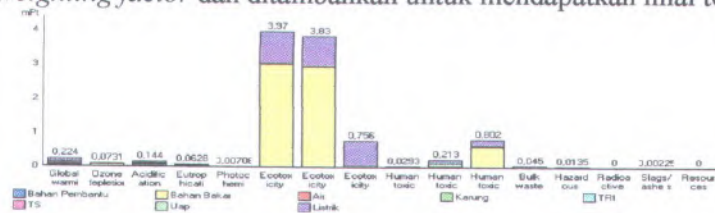
Gambar 4.10 Diagram Normalisation Impact Assessment

Tabel 4.23 Nilai Normalisation Impact Assessment

Impact category	Unit	Total	Bahan Pembantu	Bahan Bakar	Air
Global warming (GWP 100)		0.000172	7.9E-7	1.52E-5	1.26E-9
Ozone depletion		3.18E-6	2.29E-9	2.93E-6	x
Acidification		0.000111	6.28E-7	6.04E-6	x
Eutrophication		5.24E-5	3.01E-7	2.6E-6	x
Photochemical smog		5.9E-6	4.38E-8	1.28E-6	x
Ecotoxicity water chronic		0.00173	1.01E-6	0.00131	x
Ecotoxicity water acute		0.00168	9.88E-7	0.00128	x
Ecotoxicity soil chronic		0.000329	1.49E-7	1.81E-5	x
Human toxicity air		1.05E-5	6.88E-9	4.67E-6	x
Human toxicity water		8.54E-5	3.45E-7	4.33E-6	x
Human toxicity soil		0.000321	1.65E-7	0.000243	x
Bulk waste		4.09E-5	9.50E-9	1.19E-10	7.41E-10
Hazardous waste		1.23E-5	2.1E-7	x	x
Radioactive waste		x	x	x	x
Slags/ashes		2.04E-6	7.71E-9	3.02E-12	x
Resources [all]		0	0	0	x

4.2.4.2.3 Weighting

Weighting adalah mengalikan *impact category* dengan *weighting factor* dan ditambahkan untuk mendapatkan nilai total.



Analyzing 1 p life cycle LC Gula'. Method: EDIP/UMIP 96 / EDIP World/DK / weighting

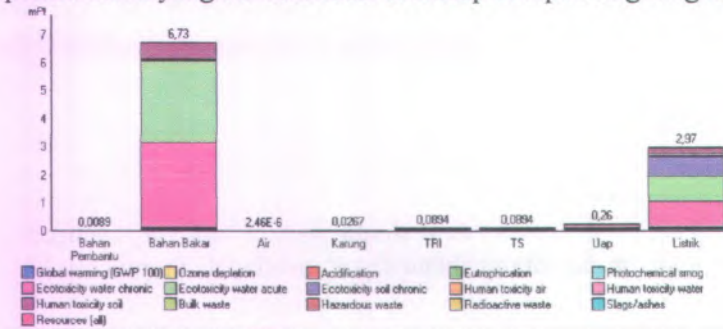
Gambar 4.11 Diagram Weighting Impact Assessment

Tabel 4.24 Nilai *Weighting Impact Assessment*

Impact category	Unit	Total	Bahan Pembantu	Bahan Bakar	Air
Total	Pt	0,0102	8,9E-6	0,00673	2,46E-6
Global warming (GWP 100)	Pt	0,000224	1,00E-6	1,57E-5	1,54E-6
Ozone depletion	Pt	7,31E-5	5,16E-8	6,74E-5	x
Acidification	Pt	0,000144	8,17E-7	8,89E-6	x
Eutrophication	Pt	6,29E-5	4,57E-7	3,12E-6	x
Photochemical smog	Pt	7,08E-6	5,25E-8	1,53E-6	x
Ecotoxicity water chronic	Pt	0,000397	2,33E-6	0,00302	x
Ecotoxicity water acute	Pt	0,000383	2,27E-6	0,00294	x
Ecotoxicity soil chronic	Pt	0,000796	3,44E-7	4,16E-5	x
Human toxicity air	Pt	2,93E-5	1,93E-8	1,31E-5	x
Human toxicity water	Pt	0,000213	8,64E-7	1,09E-5	x
Human toxicity soil	Pt	0,000002	4,13E-7	0,000037	x
Bulk waste	Pt	4,5E-5	1,09E-8	1,31E-10	8,15E-10
Hazardous waste	Pt	1,35E-5	2,31E-7	x	x
Radioactive waste	Pt	x	x	x	x
Slags/ashes	Pt	2,25E-6	8,40E-9	3,33E-12	x
Resources (all)	Pt	0	0	0	x

4.2.4.2.4 Single Score

Single score adalah mengalikan semua nilai-nilai *impact category* berdasarkan proses atau *sub assembly* pembentuknya. Dari nilai *single score* inilah akan dapat terlihat material atau proses mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan.



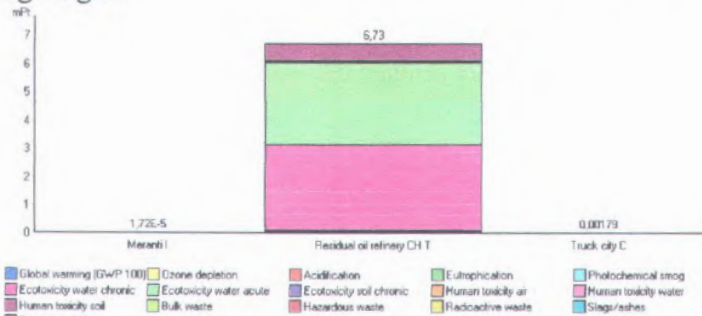
Analyzing 1 p life cycle LC Gula; Method: EDIP/AJIMP 96 / EDIP World/Dk / single score

Gambar 4.12 Diagram *Single Score Impact Assessment*

Tabel 4.25 Nilai *Single Score Impact Assessment*

Impact category	Unit	Total	Bahan Pembantu	Bahan Bakar	Air
Total	Pt	0.0102	8,9E-6	0.00673	2,45E-9
Global warming (GWP 100)	Pt	0.000224	1,03E-6	1,97E-5	1,64E-9
Ozone depletion	Pt	7,31E-5	5,16E-6	6,74E-5	x
Acidification	Pt	0,000144	8,17E-7	8,89E-6	x
Eutrophication	Pt	6,26E-5	4,57E-7	3,12E-6	x
Photochemical smog	Pt	7,08E-6	5,25E-6	1,53E-6	x
Ecotoxicity water chronic	Pt	0,00397	2,30E-6	0,00302	x
Ecotoxicity water acute	Pt	0,00383	2,27E-6	0,00294	x
Ecotoxicity soil chronic	Pt	0,000756	3,44E-7	4,16E-5	x
Human toxicity air	Pt	2,93E-5	1,93E-6	1,31E-5	x
Human toxicity water	Pt	0,000213	8,64E-7	1,06E-5	x
Human toxicity soil	Pt	0,000802	4,13E-7	0,000607	x
Bulk waste	Pt	4,5E-9	1,09E-8	1,31E-10	8,15E-10
Hazardous waste	Pt	1,36E-5	2,31E-7	x	x
Radioactive waste	Pt	x	x	x	x
Slags/ashes	Pt	2,25E-6	8,48E-9	3,32E-12	x
Resources (all)	Pt	0	0	0	x

Berdasarkan nilai *single score* maka yang berpengaruh terbesar terhadap lingkungan adalah bahan bakar. Berikut ini adalah jenis bahan bakar yang berpengaruh terbesar terhadap lingkungan.



Analyzing 1 p assembly Bahan Bakar; Method: EDIP/UMIP 96 / EDIP World/Ok / single score

Gambar 4.13 Diagram *Single Score Impact Assessment* untuk variabel bahan bakar

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V ANALISIS, PENINGKATAN DAN EVALUASI

Pada bab ini dilakukan analisis terhadap *waste* dan penyebabnya. Selanjutnya dilakukan penentuan prioritas perbaikan berdasarkan RCA dan FMEA kemudian dilakukan *improvement* untuk meminimasi *waste*.

5.1. Analyze

Mendefinisikan sumber-sumber dan akar penyebab masalah dari setiap *waste* dan *sub waste* yang kritis.

5.1.1. Analisis faktor-faktor penyebab *waste* yang kritis

Setelah kita mengetahui *waste-waste* kritis yang akan menjadi obyek penelitian maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi faktor-faktor penyebab *waste* kritis tersebut dimana untuk mengidentifikasinya dilakukan dengan menggunakan RCA dan FMEA.

RCA atau dapat dikatakan *5 Why* ini digunakan untuk mengidentifikasi akar-akar penyebab permasalahan dari setiap *subwaste* baik *subwaste* dari *waste Inappropriate Processing* maupun *waste defect*. Sedangkan FMEA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab yang kritis atau memiliki nilai RPN tertinggi.

a. *Root Cause Analyze* (RCA)

RCA merupakan suatu klasifikasi metode *problem solving* dengan melakukan identifikasi terhadap akar penyebab terjadinya problem atau kejadian. Untuk mencari akar penyebab ini digunakan metode *5 Why*. Dalam penelitian ini RCA dibagi menjadi 2 yaitu RCA pada *waste Inappropriate Processing* dan RCA pada *waste defect*. Pada *waste Inappropriate Processing* terbagi dalam *subwaste* kehilangan nira di gilingan. Sedangkan pada *waste defect* terbagi dalam *subwaste* halus dan *subwaste* kerikil.

a.1 RCA Pada *Subwaste Inappropriate Processing*

Untuk mencari akar penyebab terjadinya masalah *subwaste inappropriate processing* maka, proses identifikasi akar penyebab masalah difokuskan pada *subwaste inappropriate processing* kehilangan nira pada stasiun gilingan. Berikut ini adalah rekap akhir akar penyebab terjadinya *subwaste inappropriate processing*.

Tabel 5.1 RCA *Subwaste Inappropriate Processing*

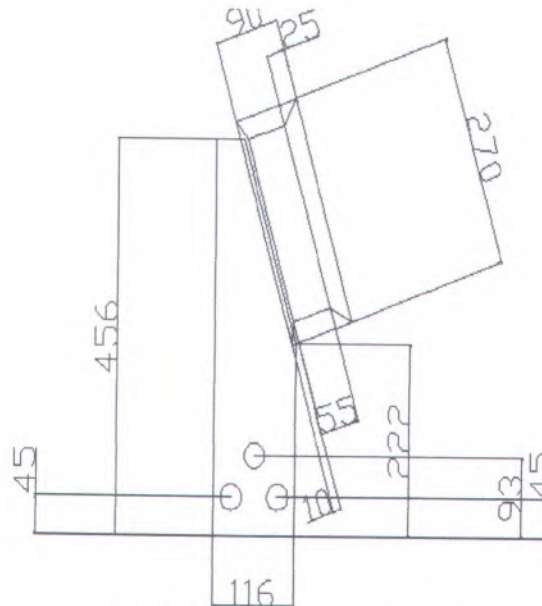
waste	sub waste	akar penyebab
Excess Processing	Kehilangan nira stasiun gilingan	Cane cutter tumpul
		Jenis dari hummer
		Bakteri
		Operator belum mengetahui metode penyetakan gilingan

Kehilangan gula pada stasiun gilingan diindikasikan oleh kadar pol di dalam ampas hasil pemerahan gilingan. Pada PG. Modjopangoong ini kadar pol di dalam ampas masih berkisar antara 2,5 % s.d 2,8 % ada beberapa hal yang menyebabkan pol ampas masih besar.

Penyebab yang pertama adalah karena kondisi *cane cutter* yang tumpul. Berikut ini adalah gambar *cane cutter* yang tumpul.



Gambar 5.1 Kondisi pisau potong



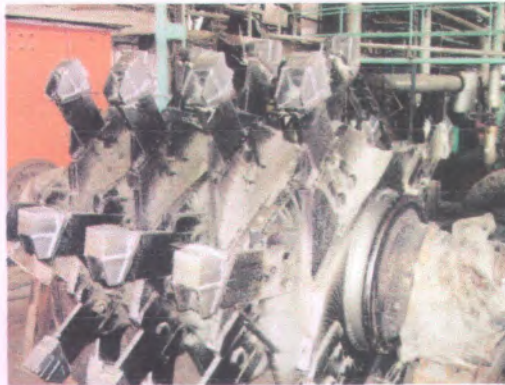
Gambar 5.2 Bentuk pisau potong

Dengan kondisi *cane cutter* yang tumpul maka kemampuan untuk mencacah dan merusak sel-sel tebu berkurang. Apabila alat pencacah tebu ini dapat mencacah lebih halus maka sel-sel yang terdapat dalam tebu akan rusak dan nira dapat diperah secara optimal.

Kelemahan dari pisau potong sekarang adalah:

1. Banyak bagian dari pisau potong yang geripis karena menerima beban *impact* dari proses pemotongan tebu.
2. Pisau potong cepat tumpul.

Penyebab yang kedua adalah penggunaan *hammer*. *Hammer* adalah alat yang digunakan untuk menyempurnakan tebu yang telah tercacah oleh *cane cutter* sehingga sel-sel yang terdapat pada tebu bisa hancur dan serabut menjadi lebih halus. Pada PG. Modjopanggoong masih menggunakan jenis *hammer max four*. Berikut ini adalah gambar *hammer max four* yang digunakan pada perusahaan ini.



Gambar 5.3 *Hummer*

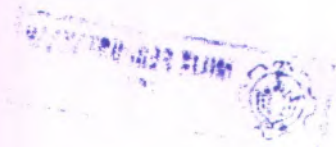
Kelemahan yang dimiliki oleh hummer jenis ini adalah tangkai masih dikait dengan menggunakan baut, ujung hummer mudah habis, harga beli hummer ini mahal dan harus dipesan ke Australia karena di Indonesia belum bisa membuatnya.

Penyebab yang ketiga adalah karena pada bagian instalasi belum memiliki panduan penyetelan gilingan yang telah baku dan distandarkan oleh P3GI. Penyetelan gilingan masih dilakukan tanpa perhitungan yang detail. Dengan mengetahui cara penyetelan gilingan yang benar akan dapat mengurangi kehilangan nira pada ampas.

Penyebab yang keempat adalah terdapat bakteri *leuconostok* pada nira hasil perahan. Bakteri ini dapat menyebabkan nira rusak sehingga menyebabkan terganggunya proses pembuatan gula dan kualitas gula menjadi turun.

a.2 RCA Pada *Subwaste Defect*

Untuk mencari akar penyebab dari *waste defect* maka akan dibagi menjadi dua sesuai dengan jumlah *subwaste defect* yang telah diidentifikasi. Pada tabel 5.2 di bawah ini adalah rekap akhir yang merupakan akar penyebab dari *subwaste defect* halus dan *subwaste defect* kerikil.



Tabel 5.2 RCA *Subwaste Defect*

waste	sub waste	akar masalah
Defect	Halus	Terjadi kebocoran pada ayakan
		Tidak ada alat pendeteksi lama masakan optimal
	Kerikil	Keterampilan operator puteran
		Tidak ada alat pendeteksi lama masakan optimal
		Proses pemurnian yang kurang sempurna

Defect pada industri gula ada 2 yaitu halus dan kerikil. *Defect* halus adalah *defect* dimana gula memiliki butiran di bawah 0,9 mm yang terlepas dari proses pengayakan. *Defect* halus bisa disebabkan oleh kerusakan pada saringan atau ayakan pada proses pengayakan. Kebocoran pada alat ayakan akan menyebabkan sebagian gula ikut jatuh ke bawah walaupun sebenarnya ukuran butirannya telah sesuai dengan spesifikasi. Selain akibat dari kebocoran alat ayakan, *defect* halus disebabkan oleh serangkaian proses mulai dari proses penguapan. Pada proses penguapan yang terlalu lama menyebabkan nilai Be (kekentalan nira) tinggi. Apabila nilai Be tinggi akan menyebabkan terbentuknya butiran-butiran kristal yang kecil-kecil atau halus di bawah spesifikasi yang diinginkan. Proses penguapan yang terlalu lama ini disebabkan oleh pan masakan yang penuh. Proses masakan yang terlalu lama menyebabkan pan masakan menjadi penuh. Pan masakan yang penuh ini akan mendorong terjadinya nilai Be yang tinggi. Standart nilai Be yang ada di PG. Modjopangoong adalah 35. Apabila nilai Be berada di atas 35 akan menyebabkan *defect* halus yang semakin banyak.

Selain *subwaste defect* halus juga terdapat *subwaste defect* kerikil. *Subwaste defect* kerikil adalah jenis *subwaste defect* dimana gula yang dihasilkan berbentuk seperti kerikil (perongkolan-perongkolan). Penyebabnya adalah ketebalan puteran atau volume puteran, semakin tinggi volume yang diputar ini memungkinkan banyak terjadi kerikil karena gaya sentrifugal yang dimiliki oleh mesin tidak dapat memisahkan secara sempurna antara cairan dan kristal sehingga ada bagian yang menggumpal dan akan terbentuk kerikil. Lama waktu nira berada di pan masakan juga akan mempengaruhi jenis *subwaste defect*



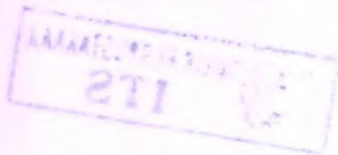
kerikil. Semakin tua nira di pan masakan akan menyebabkan gula sulit untuk diputar dan akibatnya akan terjadi gumpalan. Selain sebab di atas proses pemurnian yang kurang sempurna juga dapat menjadi penyebabnya. Proses pemurnian yang kurang sempurna akan membawa partikel bukan gula atau kotoran. Kotoran-kotoran inilah yang memicu terjadinya bentuk kerikil.

b.1 FMEA *Waste Inappropriate Processing*

Setelah memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk membentuk FMEA dari RCA yaitu *Potential Failure Mode*, *Potential Cause* dan *Current Process Control*. Sementara itu nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* diperoleh dengan cara *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan, dengan begitu nilai RPN (*Risk Priority Number*) dapat diketahui. Besarnya nilai RPN mengindikasikan permasalahan pada *potential failure mode* tersebut, semakin besar nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah dan memerlukan perhatian yang serius. Pada tabel 5.3 merupakan *potential failure mode* dari *waste inappropriate processing* yang memiliki nilai RPN tertinggi, yang dianggap sebagai permasalahan utama dari tiap *waste*. Perhitungan FMEA digunakan pedoman manual dari *Daimler Chrysler Corporation*, *Ford Motor Company* dan *General Motors Corporation* (edisi ketiga, Juli 2001), untuk *severity* didefinisikan sebagai seberapa besar *effect on next process & local process*. *Occurance* menyatakan pol yang terjadi pada PG Modjopanggoong pada tahun 2007. Sedangkan *detection* menyatakan proses pendeteksian dari jenis *waste* tersebut.

Tabel 5.3 FMEA *Waste Inappropriate Processing*

Waste	Sub waste	Effect	Sev	Cause	Occ	Control	Det	RPN
Inappropriate Processing	Kehilangan nira stasiun gilingan	Index FI	3	Cara cutter tumpul	4	Visual	5	60
			3	Jenis dari hummer	4	Visual	4	48
		Kondisi nira kotor	2	Bakteri	4	Alat	5	40
		Setting gilingan belum standart	3	Operator belum mengetahui metode penyetselan gilingan	4	Visual	4	48



Berdasarkan tabel 5.3 di atas dapat dilihat bahwa nilai RPN tertinggi pada *defect inappropriate processing subwaste* kehilangan nira disebabkan oleh kondisi alat yang kurang sesuai untuk mendukung proses. Alat pisau potong yang digunakan sekarang ini kondisinya tumpul dan banyak bagian dari pisau potong yang geripis. RPN terbesar berikutnya adalah jenis dari *hammer*. *Hammer* yang digunakan belum mampu menghancurkan tebu dengan sempurna. Setting gilingan yang belum standart menyebabkan pencapaian yang dihasilkan belum optimal. Sehingga untuk alternatif pemilihan *improvement* diutamakan yang memiliki nilai RPN yang besar.

b.2 FMEA Waste Defect

Setelah memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk membentuk FMEA dari RCA yaitu *Potential Failure Mode*, *Potential Cause* dan *Current Process Control*. Sementara itu nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* diperoleh dengan cara *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan, dengan begitu nilai RPN (*Risk Priority Number*) dapat diketahui. Besarnya nilai RPN mengindikasikan permasalahan pada *potential failure mode* tersebut, semakin besar nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah dan memerlukan perhatian yang serius. Pada tabel 5.4 merupakan *potential failure mode* dari *waste defect* yang memiliki nilai RPN tertinggi, yang dianggap sebagai permasalahan utama dari tiap *waste*.

Tabel 5.4 FMEA Waste Defect

Waste	Sub waste	Effect	Sev	Cause	Occ	Control	Det	RPN
Defect	Halus	Kesalahan pada ayakan	5	Terjadi kebocoran pada ayakan	4	Vimal	3	60
		Kesalahan pada stasiun masakan	4	Tidak ada alat pendeteksi lama masakan optimal	4	Vimal	3	48
	Kerikil	Kesalahan pada puteran	3	Keterampilan operator puteran	4	Vimal	3	36
		Kesalahan pada stasiun masakan	3	Tidak ada alat pendeteksi lama masakan optimal	4	Vimal	3	36
		Kesalahan pada pemurnian	3	Proses pemurnian yang kurang sempurna	4	Vimal	3	36

Berdasarkan pada tabel 5.4 di atas yang memiliki nilai RPN yang tertinggi adalah pada *subwaste* halus yaitu terjadi kebocoran pada ayakan. Ayakan yang terjadi kebocoran akan

menyebabkan banyak *defect* halus yang terbentuk karena gula kristal yang seharusnya sesuai standart yang telah ditetapkan karena ayakan bocor maka terbawa ke bagian *defect* halus. RPN yang tertinggi berikutnya adalah disebabkan oleh tidak ada alat pendeteksi masakan sehingga lama masakan ditentukan dengan intuisi dan keterampilan operator. Hal ini akan berpengaruh pada proses pembentukan kristal yang ada di pan masakan. Apabila gula terlalu cepat diturunkan ke puteran maka menyebabkan kristal yang terbentuk di bawah standart ukuran.

5.1.2 Analisis Produktivitas

Produktivitas PG.Modjopangoong yang telah dicapai dari tahun 2004 s.d 2007 mengalami fluktuatif. Pada tahun 2005 produktivitas meningkat mencapai 0,6 atau 60%, tahun 2006 mengalami penurunan berada pada indeks produktivitas 0,56 dan baru pada tahun 2007 mengalami peningkatan lagi menjadi 0,59.

Input yang digunakan untuk menjalankan proses produksi yang tergolong besar adalah penggunaan *residu* dan *moulding*. Pada tahun 2007 penggunaan residu sebesar Rp4.903.932.824, *moulding* sebesar Rp8.029.737.345. Penggunaan kedua material tersebut dapat dihindari asalkan kualitas ampas tebu yang dihasilkan dari proses penggilingan mempunyai kualitas yang baik.

Output yang dihasilkan dari proses produksi adalah gula kristal putih. Pada tahun 2007 hasil produksi GKP adalah sebesar Rp197.067.000.000. Produksi gula ini dapat ditingkatkan dengan mengurangi jumlah *defect* yang terjadi.

5.1.3 Analisis *Tree Diagram* dan *Impact Assessment*

5.1.3.1 Analisis *Tree Diagram*

Tree diagram merupakan langkah awal dalam perhitungan nilai *impact*. Keseluruhan data yang dikumpulkan diinputkan dalam *software simapro 5.0* ke dalam kelompok-kelompok pada *product stage* yaitu *assembly* dan *life cycle*. Pada kelompok *assembly* memuat proses produksi yang dilakukan oleh

PG. Modjopangoong dalam menghasilkan gula. Sedangkan *life cycle* memuat seluruh siklus hidup dari produk di dalam sistem, mulai dari pesanan yang berasal dari *supplier* yang diantar ke pabrik sebagai *raw material* dan proses produksi. Perhitungan *impact* terhadap seluruh siklus hidup produk dilakukan berdasarkan metode EDIP (*Enviromental Design Industrial Product*). Dengan menggunakan metode ini *impact* yang dihitung dari sistem meliputi *global warming*, *ozone depletion*, *acidification*, *eutrhopication*, *photochemical smog*, *ecotoxicity water*, *ecotoxicity soil*, *human toxicity soil*, *bulk waste*, *radioactives*, *hazardous waste* dan *slag*.

5.1.3.2 Analisis *Impact Assesment*

Untuk melihat lebih jelas komponen atau proses mana yang memberi kontribusi terbesar serta berapa nilai dampaknya tidak dapat dilihat melalui *tree diagram*, karena hanya berupa garis indikator, maka harus melalui *impact assesment*. Analisis *impact assesment* ini dibagi menjadi empat tahap meliputi *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*.

5.1.3.3 *Characterisation Impact Assessment*

Characterisation Impact Assessment menunjukkan bahwa nilai terbesar untuk keseluruhan *stage* yang diamati adalah *Human toxicity air*, *Global warming*, dan *Ecotoxicity water cronic*. Ketiga *impact* tersebut dominan disumbangkan oleh bahan bakar, uap, listrik. Bahan bakar memberikan sumbangan dampak sebesar $4,29E4$ m³/g, listrik memberikan dampak sebesar $4,87E4$ untuk *human toxicity air*. Listrik memberikan dampak sebesar 522 gCO₂, uap sebesar 303 gCO₂, TRI dan TS memberikan dampak sebesar 230 gCO₂ untuk *Global warming*. Bahan bakar memberikan dampak sebesar 616 m³/g sedangkan listrik 191 m³/g untuk *Ecotoxicity water cronic*. Bahan bakar memberikan dampak cukup besar kepada ketiga jenis kategori karena bahan bakar yang digunakan berasal dari residu dan *moulding*.

5.1.3.4. *Normalisation Impact Categories*

Normalisasi berarti membandingkan *impact* yang didapat dengan keadaan yang normal di seluruh kategori *impact* dimana konsekuensi terhadap lingkungan *resources* dan lingkungan kerja telah diketahui. Dapat dihitung berdasarkan *inventory* pada saat seluruh aktivitas terjadi, selama beberapa periode waktu tertentu selama siklus hidup produk tersebut berlangsung. Untuk metode EDIP normalisasi dihitung selama 1 tahun. *Impact* terbesar disumbangkan oleh kategori *ecotoxicity water chronic* dan *ecotoxicity water acute* yang disebabkan oleh *bahan bakar*. Hal ini disebabkan bahan bakar dari hasil pembakaran akan menghasilkan abu dimana ada 2 kategori abu basah dan abu kering. Abu basah ini sangat memungkinkan untuk menjadi penyebab pencemaran terhadap air.

5.1.3.5. *Weighting Impact Categories*

Hasil dari pembobotan akan didapatkan nilai bobot dari masing-masing *impact* yang diperoleh menunjukkan seberapa tinggi tingkat signifikansi kebutuhan untuk mereduksi *impact* yang terjadi pada lingkungan. Didapatkan hasil bahwa bahan bakar memberi dampak terbesar pada *ecotoxicity water chronic* dan *ecotoxicity water acute*. *Impact ecotoxicity water chronic* disebabkan oleh adanya *bahan bakar dan listrik* demikian juga untuk *ecotoxicity water acute*. Hal ini disebabkan oleh emisi yang ditimbulkan oleh bahan bakar dan listrik dapat mencemari air.

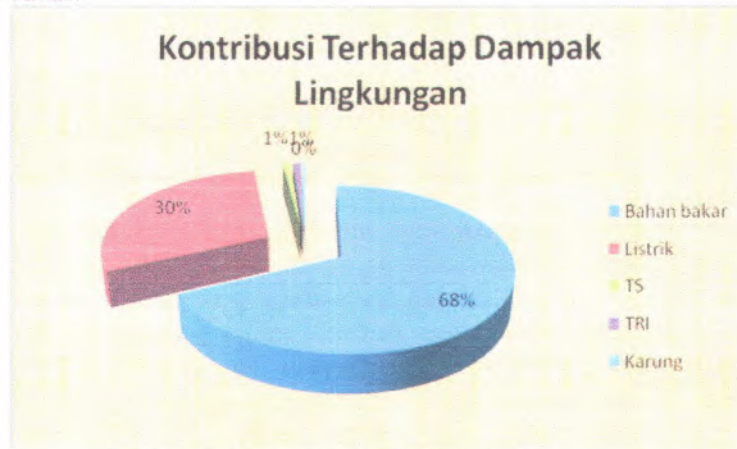
5.1.3.6. *Single Score Impact Categories*

Single score menunjukkan material atau proses mana yang berkontribusi terhadap lingkungan. Secara lengkapnya bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.5 Kontributor Utama *Single Score Impact Assessment*

No	Proses kontributor	Nilai
1	Bahan bakar	6,73
2	Listrik	2,97
3	TS	0,0894
4	TRI	0,0894
5	Karung	0,0267

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kontributor terbesar terhadap lingkungan disebabkan oleh bahan bakar dan listrik. Hal ini disebabkan oleh penggunaan residu dan moulding pada bahan bakar.



Gambar 5.4 Prosentase kontribusi dampak

Penggunaan software ini memiliki beberapa hambatan antara lain penyesuaian jenis material dengan database yang ada di dalam software yang hal itu merupakan material yang berada dan digunakan di eropa. Penggunaan material hanya dilakukan pendekatan terhadap material yang digunakan di Indonesia. Selain itu pengukuran ambang batas antara di eropa dengan di Indonesia berbeda sangat jauh.

5.2. Improve

Pada tahap ini diberikan usulan perbaikan untuk mengurangi *waste* yang terjadi pada perusahaan.

5.2.1 Usulan-Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi *Waste*

Pada FMEA dapat dilihat faktor-faktor yang kritis yang perlu dilakukan perbaikan. Faktor-faktor kritis ini dapat dilihat dengan nilai RPN yang tertinggi. Beberapa perbaikan yang diusulkan dapat terlihat pada tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Usulan perbaikan

Waste	Sub waste	Cause	RPN	Usulan perbaikan
Inappropriate processing	Kehilangan nira stasiun gilingan	Cane cutter tumpul	60	Penggantian bahan cane cutter
		Operator belum mengetahui metode penyetakan gilingan	48	Pemberian pelatihan penyetakan gilingan
		Jenis dari hummer	48	Penggantian jenis hummer
Defect	Halus	Terjadi kebocoran pada ayakan	60	Penggantian ayakan
		Tidak ada alat pendeteksi lama masakan optimal	48	Interface pendeteksi masakan gula dengan menggunakan PC

a. Alternatif 1

Alternatif 1 adalah alternatif yang memiliki nilai RPN terbesar yaitu 60. Usulan *improvement* yang akan diberikan untuk permasalahan ini adalah dengan melakukan penggantian pisau potong tebu atau *cane cutter*. Bahan yang digunakan untuk mengganti pisau potong yang baru adalah Duylos 2510 (HRC 52). Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan ketajaman dan mencegah geripis pada pisau potong. Dengan kondisi pisau potong yang tajam akan meningkatkan kualitas cacahan tebu sehingga nira yang dihasilkan menjadi lebih banyak. Selain dengan pembelian pisau potong ini sebelum pemasangan dilakukan, terlebih dahulu pisau dilakukan proses *herpashing* yaitu penambahan atau pemupukan pada bagian belakang pisau. Tujuan dilakukan proses ini adalah menjaga ketajaman dari pisau potong dan juga mencegah terjadinya geripis pada pisau potong. Biaya pembelian bahan ini adalah sebesar Rp 16.875.000,00.



Gambar 5.5 Hasil dari herpashing

b. Alternatif 2

Alternatif 2 adalah alternatif yang memiliki nilai RPN 60. Usulan *improvement* yang akan diberikan untuk permasalahan terjadinya kebocoran pada ayakan adalah dengan melakukan penggantian ayakan pada stasiun *finishing*. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah semakin banyaknya gula dengan kualitas standart keluar dari ayakan dan digolongkan sebagai produk cacat serta memerlukan *rework*. Biaya yang dibutuhkan untuk membeli ayakan adalah sebesar Rp 3.000.000,00

c. Alternatif 3

Alternatif 3 adalah alternatif yang memiliki nilai RPN 48. Usulan *improvement* yang akan diberikan untuk permasalahan tidak adanya standart penyetelan gilingan adalah memberikan pelatihan pada bagian teknisi gilingan. Hal ini dimaksudkan untuk mereduksi pol ampas sehingga apabila pol ampas bisa direduksi akan meningkatkan jumlah nira yang dihasilkan. Biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pelatihan kepada teknisi gilingan adalah sebesar Rp 9.000.000,00

d. Alternatif 4

Alternatif 4 adalah alternatif yang memiliki nilai RPN 48. Usulan *improvement* yang akan diberikan untuk permasalahan pada *hummer* adalah dengan melakukan penggantian *hummer* yaitu dengan menggunakan *hummer shradder*. Biaya yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian ini adalah Rp 32.400.000,00

e. Alternatif 5

Alternatif 5 adalah alternatif yang memiliki nilai RPN 48. Usulan *improvement* yang akan diberikan pada permasalahan lama masakan adalah dengan memasang alat pendeteksi pertumbuhan

kristal pada masakan. Alat ini dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan kristal dalam masakan.



Gambar 5.6 Tampilan proses masak di monitor PC
(sumber: <http://www.geocities.com/p3gi/isri.html>)

Biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pembelian alat ini adalah sebesar Rp 50.000.000,00.

f. Alternatif 6

Alternatif 6 adalah alternatif yang diperoleh dari analisis *big picture mapping* untuk mengurangi aktivitas *non value added* yaitu pemindahan barang ke gudang jika kelebihan bahan dalam proses produksi. Biaya yang diperlukan untuk melakukan pembelian timbangan adalah sebesar Rp 1.000.000,00

5.2.2 Pengukuran Performansi Alternatif *Improvement*

Berdasarkan pada alternatif perbaikan yang telah diberikan, akan disusun kombinasi alternatif yang mungkin dilakukan. Selain itu, dilakukan penilaian terhadap kriteria. Kriteria-kriteria tersebut adalah :

1. Peningkatan produktivitas
2. Pengurangan barang *defect*
3. Kecepatan proses produksi

Berikut ini adalah beberapa kombinasi alternatif, deskripsi alternatif dan biaya yang dapat diperlukan, yaitu:

Tabel 5.7 Perhitungan biaya kombinasi alternatif

Alternatif	Komponen yang diimprove	Deskripsi	Biaya	Total
K1	Mesin	Pembelian pisau potong atau <i>cane cutter</i>	Rp16.875.000	Rp26.875.000
	Operator	Pelatihan pada operator gilingan	Rp9.000.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K2	Mesin	Pembelian pisau potong atau <i>cane cutter</i>	Rp16.875.000	Rp50.275.000
	Mesin	Pembelian hammer shredder	Rp32.400.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K3	Mesin	Pembelian pisau potong atau <i>cane cutter</i>	Rp16.875.000	Rp20.875.000
	Mesin	Pembelian ayakan	Rp3.000.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K4	Mesin	Pembelian pisau potong atau <i>cane cutter</i>	Rp16.875.000	Rp67.875.000
	Mesin	Pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal	Rp50.000.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K5	Operator	Pelatihan pada operator gilingan	Rp9.000.000	Rp42.400.000
	Mesin	Pembelian hammer shredder	Rp32.400.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K6	Operator	Pelatihan pada operator gilingan	Rp9.000.000	Rp13.000.000
	Mesin	Pembelian ayakan	Rp3.000.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K7	Operator	Pelatihan pada operator gilingan	Rp9.000.000	Rp60.000.000
	Mesin	Pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal	Rp50.000.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K8	Mesin	Pembelian hammer shredder	Rp32.400.000	Rp36.400.000
	Mesin	Pembelian ayakan	Rp3.000.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K9	Mesin	Pembelian hammer shredder	Rp32.400.000	Rp83.400.000
	Mesin	Pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal	Rp50.000.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	
K10	Mesin	Pembelian ayakan	Rp3.000.000	Rp54.000.000
	Mesin	Pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal	Rp50.000.000	
	Alat	Pembelian timbangan duduk	Rp1.000.000	

Dari kombinasi alternatif ini kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan performansi yang diharapkan. Perhitungan performansi untuk masing-masing kombinasi dilakukan dengan *brainstorming management* perusahaan. Skala penilaian yang diberikan untuk menilai masing-masing kombinasi alternatif yaitu 1-10. Kemudian dari hasil penilaian yang diperoleh lalu dilakukan pengalihan dengan bobot penilainya. Bobot yang digunakan untuk menilai masing-masing alternatif didasarkan pada kriteria dari RCA dan FMEA. Berikut adalah hasil yang diperoleh dari perhitungan performansi terbobot dari masing masing alternatif.

Tabel 5.8 Performansi terbobot

No	Alternatif	Performansi Terbobot
1	Existing	5,48
2	K1	6,95
3	K2	5,24
4	K3	6,62
5	K4	7,14
6	K5	5,95
7	K6	6,40
8	K7	7,67
9	K8	6,29
10	K9	7,05
11	K10	6,76

5.2.3 Pengukuran Value

Berdasarkan perhitungan sebelumnya diperoleh nilai performansi dan biaya untuk setiap alternatif terpilih dan kondisi *existing* yang dijadikan pembanding. Alternatif perbaikan dengan nilai terbesar merupakan alternatif terpilih. Perhitungan *value* untuk masing-masing alternatif diperoleh dengan rumus.

$$\text{Nilai (V)} = \frac{\text{Performance (P)}}{\sum \text{Biaya (C)}}$$

Nilai adalah besaran yang tanpa satuan. Jika biaya satuannya rupiah, maka performansi satuannya juga rupiah. Dalam hal ini performansi harus dikonfersi dalam satuan rupiah. Oleh karena itulah, maka nilai (*value*) dalam kondisi *existing* diasumsikan bernilai 1 (satu). Sehingga diperoleh persamaan berikut.

$$V_o = \frac{P_o}{C_o} = 1$$

V_o = Nilai kondisi *existing*

P_o = Performansi awal

C_o = Biaya awal

Sehingga nilai alternatif perbaikan dapat diperoleh sebagai berikut:

$$V_o = V_n$$

$$\frac{P_o}{C_o} = \frac{P_n}{C_n}$$

$$C'_n = \frac{P_n \cdot C_o}{P_o}$$

V_n = Nilai Alternatif

P_n = Performansi Alternatif

C_n = Biaya Alternatif

C'_n = Biaya penaksir Performansi alternatif (konversi)

Sehingga C'_n merupakan nilai penaksiran performansi (P_n), maka

$$C'_n = P_n$$

$$V_n = \frac{P_n}{C_n} = \frac{C'_n}{C_n}$$

Berdasarkan rumus diatas, maka diperoleh *value* masing-masing kombinasi alternatif yang diusulkan. Berikut adalah hasil perhitungan *value* masing-masing kombinasi alternatif yang diusulkan.

Tabel 5.9 *Value* dari masing-masing kombinasi *improvement*

No	Alternatif	Performansi Terbobot	Biaya	Biaya perform	Value
1	Existing	5,48	Rp393.131.558.193	Rp393.131.558.193	1,00
2	K1	6,95	Rp393.158.433.193	Rp499.106.152.140	1,27
3	K2	5,24	Rp393.181.833.193	Rp376.038.881.749	0,96
4	K3	6,62	Rp393.152.433.193	Rp475.176.405.120	1,21
5	K4	7,14	Rp393.199.433.193	Rp512.780.293.295	1,30
6	K5	5,95	Rp393.173.958.193	Rp427.316.911.079	1,09
7	K6	6,40	Rp393.144.558.193	Rp459.520.504.378	1,17
8	K7	7,67	Rp393.191.558.193	Rp550.384.181.470	1,40
9	K8	6,29	Rp393.167.958.193	Rp451.246.658.099	1,15
10	K9	7,05	Rp393.214.958.193	Rp505.943.222.717	1,29
11	K10	6,76	Rp393.185.558.193	Rp485.432.010.986	1,23

Dari tabel 5.9 di atas dapat disimpulkan bahwa alternatif terbaik berdasarkan pada biaya adalah kombinasi (K6) yang memiliki biaya penerapan sebesar Rp 13.000.000,00. Jika perusahaan menginginkan *improvement* dengan biaya terendah maka alternatif ini bisa dipilih. Sedangkan jika dilihat dari *value* maka alternatif terbaik adalah kombinasi 7 (K7) yang memiliki nilai *value* sebesar 1,4. Kombinasi tersebut adalah pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal dan melakukan pelatihan pada operator gilingan.

5.2.4 Estimasi Produktivitas Setelah *Improvement*

Berdasarkan nilai *value* yang tertinggi kombinasi *improvement* yang terbaik adalah dengan melakukan pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal dan pelatihan pada operator gilingan.

Pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal akan mampu mereduksi lama memasak sampai 20% dan juga mengurangi produk *defect* halus dan kerikil sebesar 10%. Sedangkan

pemberian pelatihan pada operator gilingan akan dapat mereduksi pol ampas sebesar 0,3 sehingga pol ampas menjadi 2,2%.

Berdasarkan data di atas maka dapat dilakukan estimasi produktivitas yang akan dicapai jika perusahaan dapat menerapkan *improvement* ini. Estimasi produktivitas mengacu pada hasil yang telah dicapai pada tahun 2007.

Tabel 5.10 Estimasi penambahan jumlah gula

No	Penambahan Gula dari:	Jumlah(ton)
1	Reduksi lama masak 20%	7579,5
2	Reduksi defect 10%	27
3	Reduksi pol	245,24
Total		7851,74

Tabel 5.11 Estimasi jumlah bahan bakar

No	Bahan bakar	Jumlah (kg)
1	Moulding	5568472,5
2	Residu	1000

Dengan harga gula sebesar Rp 5006,00 maka akan dapat dihitung estimasi indeks produktivitas yang dapat dicapai.

Tabel 5.12 Estimasi produktivitas

Variabel	Jumlah
Input	Rp 382.209.970.360
Output	Rp 272.613.830.640
Indeks produktivitas	0,713

Jumlah input diperoleh dari pengurangan jumlah input tahun 2007 dengan hasil efisiensi bahan bakar yang bisa dicapai yaitu sebesar Rp 10.921.587.833,00 sedangkan jumlah output diperoleh dari jumlah output tahun 2007 ditambah hasil penambahan gula sebesar Rp 39.305.810.440,00.

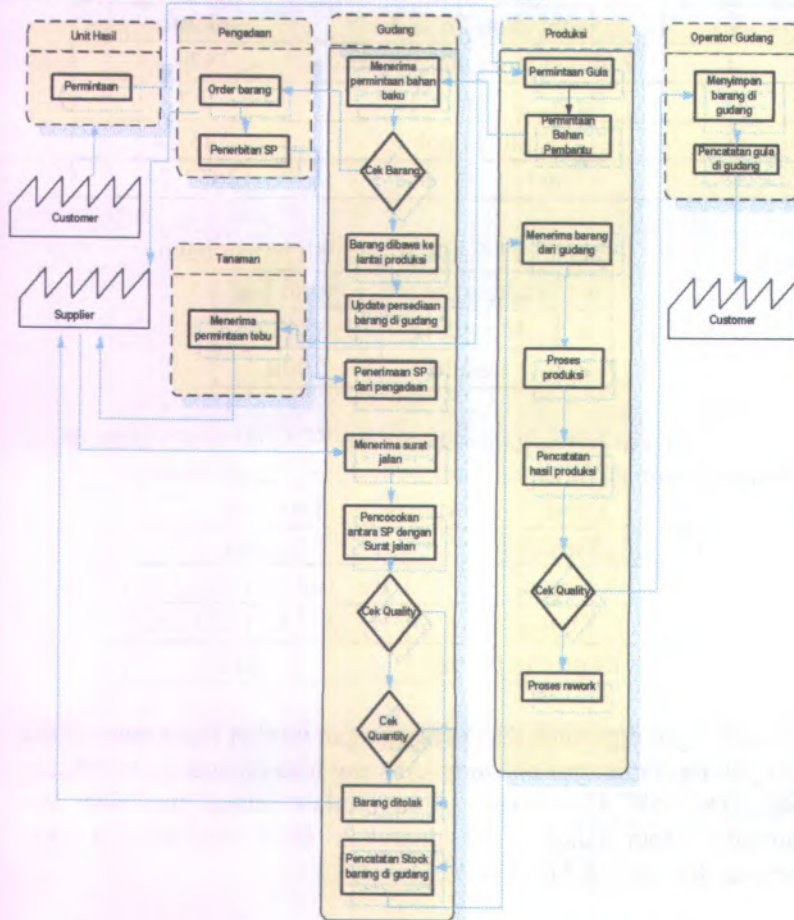
5.3 Evaluasi Kondisi Perbaikan

Pada bagian ini akan dilakukan evaluasi hasil improvement terhadap Big Picture Mapping.

5.3.1 Evaluasi Big Picture Mapping Perbaikan

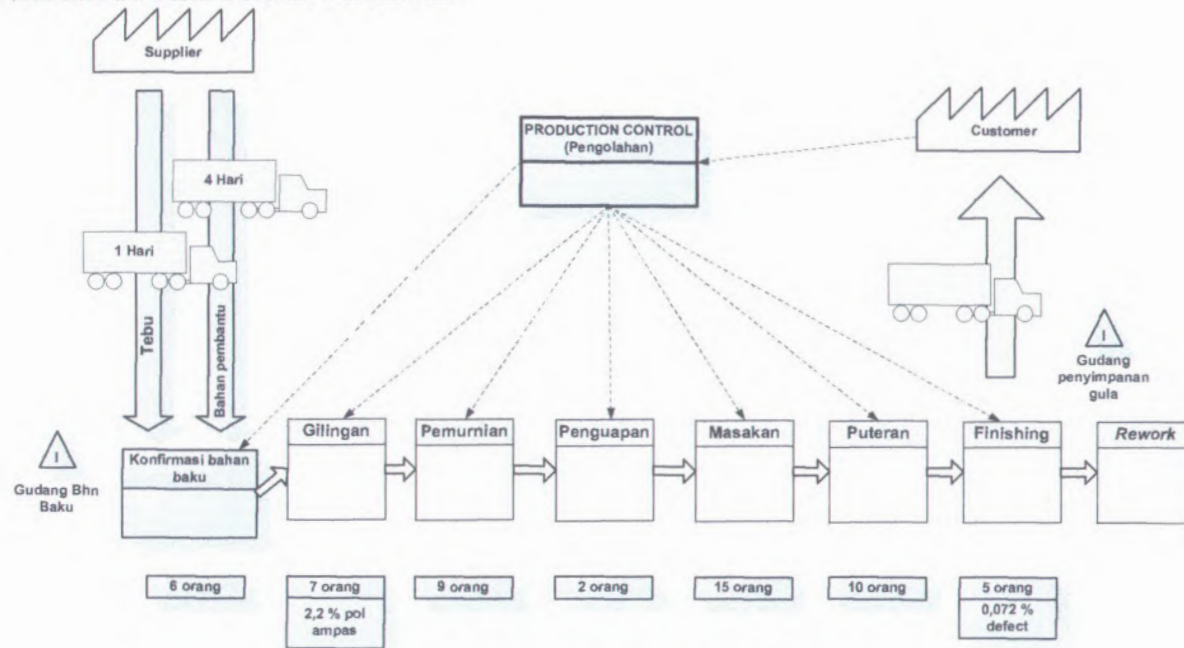
Untuk evaluasi BPM ada 2 bagian yang dievaluasi yaitu aliran informasi dan aliran fisik.

5.3.1.1 Aliran Informasi Setelah Perbaikan



Gambar 5.7 Aliran informasi setelah perbaikan

3.3.1.2 Aliran Fisik Setelah Perbaikan



Gambar 5.8 Aliran fisik setelah perbaikan

5.13 Tabel identifikasi proses produksi setelah perbaikan

Kode	Tipe Aktivitas	VAA	NVAA	NNVAA
A. Proses Persiapan				
A.1	Inspeksi kualitas tebu dengan refraktometer			√
A.2	Pemasangan seling tebu pada lori		√	
A.3	Penimbangan tebu			√
B. Proses Gilingan				
B.1	Memerah nira dari tanaman tebu	√		
B.2	Pengangkatan tebu dari troli ke meja gilingan.			√
B.3	Inspeksi kualitas kebersihan tebu.			√
B.4	Mengambil tebu yang jatuh saat pengangkatan ke meja gilingan		√	
B.5	Mengumpulkan cacahan tebu yang jatuh dari conveyor.		√	
B.6	Mengontrol putaran mesin giling.			√
B.7	Mengontrol keluaran ampas pada masing-masing gilingan			√
C. Proses Pemurnian				
C.1	Pemberian susu kapur, sulfitasi dan pengendapan	√		
C.2	Inspeksi ph setelah pemanasan pertama			√
C.3	Penimbangan belerang pada gudang			√
C.4	Pengangkutan belerang dari gudang ke pemurnian secara manual		√	
C.6	Penimbangan kapur di bagian gudang		√	
C.8	Penimbangan flokulant di gudang			√
C.9	Pengangkutan flokulant ke bagian pemurnian.		√	
C.10	Memasukkan kapur, belerang dan flokulant ke dapur pembuatan.	√		
C.11	Melakukan kontrol terhadap <i>vacuum filter</i>			√
D. Proses Penguapan				
D.1	Membuka dan menutup saluran nira.	√		
D.2	Mengontrol Be dalam nira.			√
E. Proses Masakan				
E.1	Membuka dan menutup saluran nira.	√		
F. Proses <i>Finishing</i>				
F.1	Inspeksi kecacatan gula.			√
F.3	Memasukkan gula kristal putih dalam karung.	√		
F.4	Penimbangan gula.			√
F.5	Karung dijahit.	√		
F.6	Pemindahan gula kemasan ke lantai produksi		√	
G. Proses <i>Rework</i>				
G.1	Mengangkut gula kerikil dan halus dari ayakan.		√	
G.2	Memasukkan gula kerikil dan halus ke dalam stasiun <i>rework</i> .		√	

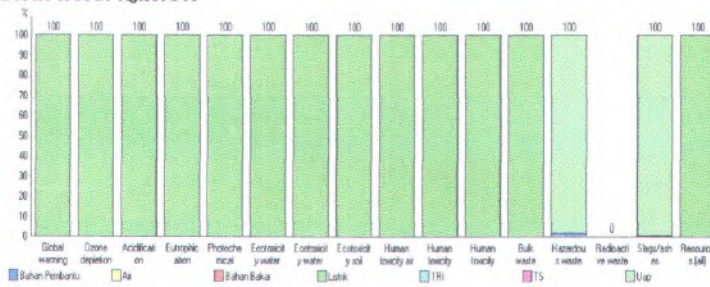
Berdasarkan pada keseluruhan aktivitas pada proses produksi gula yang merupakan *value added activity* sebesar 24,2%, 31% merupakan *non value added activity* dan 44,8% *necessary but non value added activity*. Dapat disimpulkan bahwa

terjadi pengurangan aktivitas *non value added* sebesar 4,2%, hal ini mencerminkan bahwa perbaikan yang dilakukan cukup berhasil.

5.3.2 Evaluasi Dampak Lingkungan Perbaikan

Pada bagian ini akan dievaluasi dampak yang ditimbulkan dari proses produksi setelah dilakukan pemilihan terhadap alternatif *improvement* yaitu kombinasi antara pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal dan memberikan pelatihan pada operator gilingan. Pengukuran dampak lingkungan dengan *software Simapro 5.0*.

Characterization



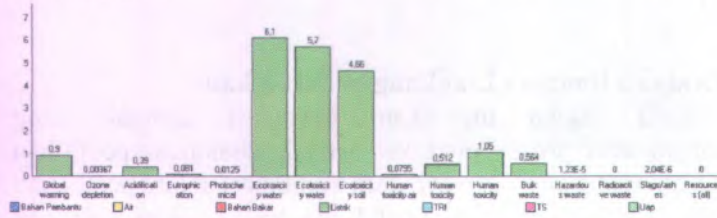
Analyzing 1 p life cycle LC Data. Method: EDIP/IMP 96 / EDIP/IMP/OK / characterization

Gambar 5.9 Diagram *Characterisation Impact Assessment*

Tabel 5.14 Nilai *Characterisation Impact Assessment*

Impact category	Unit	Total	Bahan Pembantu	Ak	Bahan Bakar	Limbah	TPH	TS
Global warming (GW-P 100)	g CO2	7.9306	0.011		132	7.8926	230	230
Ozone depletion	g CFC11	0.741	4.54E-7	x	0.002932	0.74	x	x
Acidification	g SO2	4.8484	0.0228	x	0.866	4.8484	3.17	3.17
Eutrophication	g NOD	2.41E4	0.0272	x	0.775	2.41E4	4.91	4.91
Photochemical smog	g ethene	250	0.000419	x	0.0250	250	0.026	0.026
Ecotoxicity water chronic	ng/g	2.8626	0.475	x	616	2.8626	x	x
Ecotoxicity water acute	ng/g	2.7489	0.0424	x	61.4	2.7485	x	x
Ecotoxicity soil chronic	ng/g	1.451	0.00489	x	0.542	1.451	x	x
Human toxicity acid	ng/g	7.2989	36.9	x	4.29E4	7.2989	1.523	1.52
Human toxicity non-cancer	ng/g	3.00E4	0.0324	x	0.256	3.02E4	0	0
Human toxicity cancer	ng/g	324	5.11E-5	x	0.0752	324	0	0
Bulk waste	kg	761	1.38E-5	1E-6	1.83E-7	761	x	x
Hazardous waste	kg	0.000205	4.35E-5	x	x	x	x	x
Radioactive waste	kg	x	x	x	x	x	x	x
Sludge/solids	kg	0.000715	2.7E-6	x	1.09E-9	x	x	x
Resources (all)	kg	0.0527	9.95E-8	x	1.39E-5	0.0527	2.47E-6	2.47

Normalization



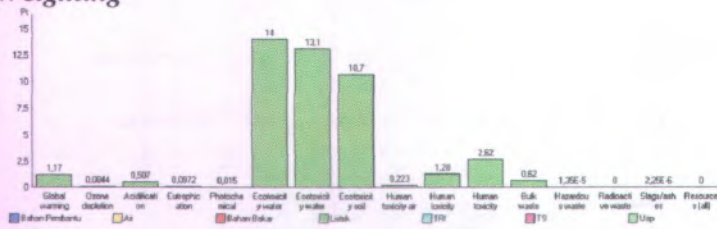
Analisis 1 p life cycle LC Gula, Method: EDIP/IMP/96 / EDIP/IMP/DK / normalization

Gambar 5.10 Diagram Normalisation Impact Assessment

Tabel 5.15 Nilai Normalisation Impact Assessment

Impact category	Unit	Total	Bahan Pembantu	Air	Bahan Baku	Limbah	TTR	TS
Global warming (GWP 100)		0.9	3.31E-7	1.26E-5	1.52E-5	0.9	2.89E-5	2.65
Ozone depletion		0.00067	2.29E-9	x	2.53E-4	0.00066	x	x
Acidification		0.39	1.01E-7	x	6.94E-6	0.39	2.05E-5	2.35
Eutrophication		0.001	5.19E-6	x	2.0E-4	0.001	1.09E-5	1.05
Photochemical smog		0.0125	2.09E-6	x	1.26E-6	0.0125	1.3E-6	1.36
Ecotoxicity water chronic		5.7	1.01E-4	x	0.00131	5.7	x	x
Ecotoxicity water acute		6.1	9.89E-7	x	0.00128	6.1	x	x
Ecotoxicity soil chronic		4.86	1.40E-7	x	1.01E-5	4.86	x	x
Human toxicity air		0.0795	4.02E-9	x	4.87E-4	0.0795	1.64E-7	1.64
Human toxicity water		0.512	3.49E-7	x	4.33E-4	0.512	0	0
Human toxicity soil		1.05	1.09E-7	x	0.000343	1.05	0	0
Bulk waste		0.504	9.02E-9	7.41E-10	1.19E-10	0.504	x	x
Hazardous waste		1.23E-6	2.1E-7	x	x	x	x	x
Radioactive waste		x	x	x	x	x	x	x
Slag/ashes		2.04E-6	7.71E-9	x	3.02E-12	x	x	x
Resources (all)		0	0	x	0	0	0	0

Weighting



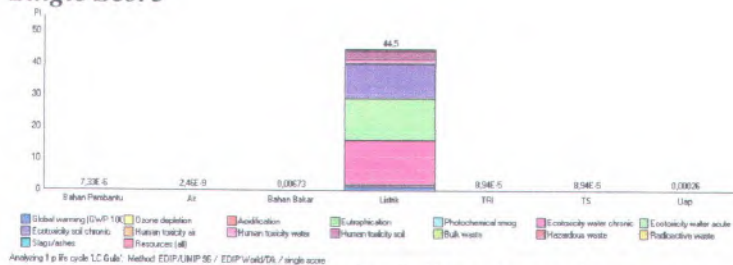
Analisis 1 p life cycle LC Gula, Method: EDIP/IMP/96 / EDIP/IMP/DK / weighting

Gambar 5.11 Diagram Weighting Impact Assessment

Tabel 5.16 Nilai Weighting Impact Assessment

Impact category	Unit	Total	Bahan Pembantu	Air	Bahan Bakar	Limbah	Tlru	Ts
Total	Pt	44.5	7.33E-6	2.48E-9	0.00073	44.5	0.36E-5	0.54
Global warming (GWp 100)	Pt	1.17	4.31E-7	1.64E-9	1.97E-5	1.17	3.44E-5	3.44
Ozone depletion	Pt	0.0044	5.16E-8	x	6.74E-5	0.0042	x	x
Acidification	Pt	0.507	2.39E-7	x	8.09E-6	0.507	3.32E-5	3.32
Eutrophication	Pt	0.0972	1.16E-7	x	3.12E-6	0.0971	1.98E-5	1.98
Photochemical smog	Pt	0.015	2.91E-8	x	1.32E-6	0.015	1.56E-6	1.56
Ecotoxicity water chronic	Pt	14	2.20E-6	x	0.00202	14	x	x
Ecotoxicity water acute	Pt	13.1	2.27E-6	x	0.00294	13.1	x	x
Ecotoxicity soil chronic	Pt	10.7	3.44E-7	x	4.14E-5	10.7	x	x
Human toxicity air	Pt	0.223	1.13E-8	x	1.09E-5	1.20	4.59E-7	4.59
Human toxicity water	Pt	1.20	0.04E-7	x	1.09E-5	1.20	0	0
Human toxicity soil	Pt	2.62	4.13E-7	x	0.000007	2.62	0	0
Bulk waste	Pt	0.62	1.09E-8	0.19E-10	1.31E-10	0.62	x	x
Hazardous waste	Pt	1.32E-5	2.31E-7	x	x	x	x	x
Radioactive waste	Pt	x	x	x	x	x	x	x
Slags/ashes	Pt	2.29E-6	0.40E-9	x	3.32E-12	x	x	x
Resources (all)	Pt	0	0	x	0	0	0	0

Single Score



Gambar 5.12 Diagram Single Score Impact Assessment

Tabel 5.17 Nilai Single Score Impact Assessment

Impact category	Unit	Total	Bahan Pembantu	Air	Bahan Bakar	Limbah	Tlru	Ts
Total	Pt	44.5	7.33E-6	2.48E-9	0.00073	44.5	0.36E-5	0.54
Global warming (GWp 100)	Pt	1.17	4.31E-7	1.64E-9	1.97E-5	1.17	3.44E-5	3.44
Ozone depletion	Pt	0.0044	5.16E-8	x	6.74E-5	0.0042	x	x
Acidification	Pt	0.507	2.39E-7	x	8.09E-6	0.507	3.32E-5	3.32
Eutrophication	Pt	0.0972	1.16E-7	x	3.12E-6	0.0971	1.98E-5	1.98
Photochemical smog	Pt	0.015	2.91E-8	x	1.32E-6	0.015	1.56E-6	1.56
Ecotoxicity water chronic	Pt	14	2.20E-6	x	0.00202	14	x	x
Ecotoxicity water acute	Pt	13.1	2.27E-6	x	0.00294	13.1	x	x
Ecotoxicity soil chronic	Pt	10.7	3.44E-7	x	4.14E-5	10.7	x	x
Human toxicity air	Pt	0.223	1.13E-8	x	1.31E-5	0.223	4.59E-7	4.59
Human toxicity water	Pt	1.20	0.04E-7	x	1.09E-5	1.20	0	0
Human toxicity soil	Pt	2.62	4.13E-7	x	0.000007	2.62	0	0
Bulk waste	Pt	0.62	1.09E-8	0.19E-10	1.31E-10	0.62	x	x
Hazardous waste	Pt	1.32E-5	2.31E-7	x	x	x	x	x
Radioactive waste	Pt	x	x	x	x	x	x	x
Slags/ashes	Pt	2.29E-6	0.40E-9	x	3.32E-12	x	x	x
Resources (all)	Pt	0	0	x	0	0	0	0

Dari hasil output software Simapro 5.0 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan *improvement* berbeda dengan sebelum dilakukan *improvement*. *Improvement* yang dilakukan telah mampu mengurangi penggunaan bahan bakar yang digunakan. Bahan bakar merupakan kontributor terbesar terhadap dampak lingkungan. Setelah penggunaan bahan bakar dapat dikurangi, listrik merupakan kontributor terbesar dimana sebelum dilakukan

improvement menduduki peringkat ke-2 kontributor dampak bagi lingkungan.

Efektivitas dari penggabungan konsep *lean sigma* dengan konsep lingkungan sangat bagus akan tetapi penggunaan software *simapro* dirasakan kurang tepat dalam menggambarkan kondisi real di perusahaan Indonesia khususnya perusahaan gula.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dan saran yang diberikan baik bagi pihak perusahaan maupun bagi penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peningkatan jumlah output produksi gula meningkat sebesar Rp 149.901.950.160
2. Pengurangan jumlah material yang digunakan dalam proses produksi sebesar Rp 10.921.587.833
3. Aktivitas *non-value added* pada proses produksi berkurang sebesar 4,2% setelah dilakukan *improvement*.
4. *Waste* dapat berkurang setelah dilakukan *improvement*.
5. Berdasarkan perhitungan bobot *waste* didapatkan *waste* yang paling kritis adalah *waste inappropriate processing* dan *defect*. *Subwaste* kritis *waste inappropriate processing* adalah kehilangan nira pada stasiun gilingan, sedangkan *subwaste* kritis *waste defect* adalah cacat halus dan kerikil.
6. Berdasarkan hasil pembuatan RCA dan FMEA didapat penyebab kritis dari masing-masing *subwaste* dan lima alternatif perbaikan untuk RPN tertinggi yang kemudian dikombinasi menjadi sepuluh kombinasi alternatif perbaikan.
7. Berdasarkan hasil perhitungan *value* didapat bahwa alternatif terbaik adalah alternatif ke-7 yaitu kombinasi alternatif pembelian PC pendeteksi pertumbuhan kristal dengan pemberian pelatihan pada operator gilingan yang memiliki nilai *value* sebesar 1,40.
8. Setelah dilakukan *improvement* diestimasikan akan terjadi peningkatan produktivitas sebesar 12,3 %.

9. Berdasarkan *impact assessment software SIMAPRO 5.0* didapatkan bahwa bahan bakar selama proses produksi memberi kontribusi terbesar terhadap dampak lingkungan.
10. Dampak lingkungan sebelum dan sesudah *improvement* mengalami perberbedaan berdasarkan hasil *software SIMAPRO 5.0*. Setelah *improvement* yang memberikan dampak terbesar terhadap lingkungan adalah penggunaan energi listrik.

6.2 Saran

Beberapa saran dan masukan yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian untuk peningkatan produktivitas ini sebaiknya dilakukan secara kontinyu.
2. Pengukuran dampak lingkungan sebaiknya dilakukan secara berkala.
3. Perlu dilakukan penelitian yang mendetail terhadap stasiun gilingan dan masakan karena pada stasiun ini efisiensi masih rendah.
4. Penggunaan *software simapro* kurang tepat untuk kondisi lingkungan perusahaan di Indonesia khususnya untuk pabrik gula.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanti, Lakmita mirna. 2006. Implementasi Life Cycle Assessment Pada Proses Pembuatan Gula. Surabaya: **Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Candra, Ni Luh. 2005. Mereduksi Non Value Adding Activities Dengan Pendekatan Lean Six Sigma. Surabaya: **Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dewi, Ratna, Ketut. 2005. Penerapan Green Productivity Di Pabrik Gula Candi Baru Sidoarjo. **Tugas Akhir Teknik Industri ITS**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Gaspersz, Vincent. 2008. **The executive Guide To Implementing Lean Six Sigma**. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.

Gaspersz, Vincent. 2006. **Continuous Cost Reduction Trough Lean Sigma Approach**. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Gaspersz, Vincent. 2002. **Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA dan HACCP**. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

GATRA. 2007. 10 Oktober

Hadiyansah, Yovan. 2008. Peningkatan Kualitas dengan pendekatan Lean Sigma Green Company. **Tugas Akhir Teknik Industri ITS**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Helen, Bevan. 2005. **Lean Six Sigma-the basic concepts**, NHS Institute for Innovation and Improvement [URL: http://www.nodelaysachiever.nhs.uk/.../0/RG0046LeanSixSigmathebasicconcepts.pdf](http://www.nodelaysachiever.nhs.uk/.../0/RG0046LeanSixSigmathebasicconcepts.pdf)



Hendarto, Doddy. 2007. Peningkatan Performansi dengan pendekatan Baldrige Lean Sigma. **Tugas Akhir Teknik Industri ITS**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Hines, Peter, and Taylor, David. 2000. "Going Lean". **Proceeding of Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School, UK.** [URL: http://www.cf.ac.uk/carbs/lom/learch/centre/publications](http://www.cf.ac.uk/carbs/lom/learch/centre/publications)

Ik KIM, Tak HUR. **An Attempt to Measure Green Produktivity.** Department of Materials Chemistry & Engineering, Konkuk University

Kristanthy, Heritha. 2003. Evaluasi Green Productivity Pada Proses Frosting Di PT. Litechindo Utama Surabaya. **Tugas Akhir Teknik Industri ITS**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Kmenta, Steven. Jan. 2002. "Scenario-based FMEA Using Expected Cost A New Perspective on Evaluating Risk in FMEA". **IIE Workshop.**

Meinitha Aditya, Venny. 2008. Penerapan Green dan Lean Productivity Dalam Upaya Peningkatan Produktivitas. **Tesis Teknik Industri ITS**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pande, Peter S, Neuman Robert P, and Roland R. Cavanagh. 2002. **The Six Sigma Way.** Yogyakarta: Penerbit Andi.



Purwanto T. andie. 2000. **Manajemen lingkungan : “Dulu, Sekarang, dan Masa Depan”**
<http://andientri.tripod.com/index.htm>.

Raharjo, Adi. 2007. **Laporan Akhir Model 1 PG Modjopanggoong**. Tulungagung: PG Modjopanggoong.

Rahayu,Dwi.2008. Analisis Limbah Industri Gula. **Laporan Kerja Praktek** Biologi ITS. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Scientific Applications International Cooperation (SAIC) (2006). *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*. Ohio: U.S. Environmental Protection Agency.

Sumanth, David J. 1985. **Productivity Engineering and Management**. Mc Graw Hill Company. New York.

Susila. 2005. **Dinamika Impor Gula Indonesia**. Assosiasi Penelitian Perkebunan Indonesia,Bogor.

Wulan Sari, Reni.2006. Evaluasi dan Peningkatan Kualitaas Sistem Pelayanan Gangguan Pada Unit Corporate Customer dengan pendekatan Lean Sigma. **Tugas akhir Teknik Industri ITS**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Wikipedia.**Root Cause**
Analisis<http://en.wikipedia.org/wiki/Root_cause_analysis>

Katalog pabrik. <<http://www.geocities.com/p3gi/isri.html>>

Lampiran Input Output Perhitungan Produktivitas

Listrik

Tahun	Total
2004	Rp3.653.737.170
2005	Rp3.990.957.990
2006	Rp3.501.774.173
2007	Rp5.290.501.775

Air

Tahun	Total
2007	Rp988.836.242
2006	Rp900.840.000
2005	Rp810.756.000
2004	Rp770.218.200

Kapur

Tahun	Jumlah (ton)	Harga	Total(Rp)
2004	371,75	450000	Rp167.287.500
2005	474,6	490000	Rp232.554.000
2006	447,5	480000	Rp214.800.000
2007	556	490620	Rp272.784.720

Residu

Tahun	Jumlah (liter)	Harga	Total (Rp)
2004	1083430	1600	Rp1.733.488.000
2005	1184030	3680	Rp4.357.230.400
2006	1306025	3922	Rp5.122.230.050
2007	1055063	4648	Rp4.903.932.824

Moulding

Tahun	Jumlah	Harga	Total (Rp)
2004	0	0	Rp0
2005	2604200	360,5	Rp938.814.100
2006	1579690	360,5	Rp569.478.245
2007	22273890	360,5	Rp8.029.737.345

Tebu

Tahun	Jumlah tebu giling (ton)	Total (Rp)
2007	525216,1	Rp110.295.381.000
2006	374362,2	Rp97.334.172.000
2005	471343,3	Rp98.982.093.000
2004	379057,7	Rp75.811.540.000

Tenaga Kerja

Tahun	Jumlah
2004	Rp12.906.174.683
2005	Rp12.906.174.683
2006	Rp12.906.174.683
2007	Rp23.631.595.699

Tetes

Tahun	Jumlah (kg)	Harga	Total (Rp)
2004	18872475	1000	Rp18.872.475.000
2005	21243599	1100	Rp23.367.958.900
2006	17802068	1150	Rp20.472.378.200
2007	25886443	1400	Rp36.241.020.200

Gula

Tahun	Jumlah produksi (ton)	Total (Rp)
2007	37897,5	Rp197.067.000.000
2006	29554	Rp141.859.200.000
2005	36047,5	Rp155.364.725.000
2004	28616,5	Rp100.730.080.000

Belerang

Tahun	Jumlah (ton)	Harga	Total (Rp)
2004	112400	1119660	Rp125.849.784.000
2005	157900	1119660	Rp176.794.314.000
2006	149550	1119660	Rp167.445.153.000
2007	213420	1119660	Rp238.957.837.200

Flokulant

Tahun	Jumlah(ton)	Harga	Total (Rp)
2004	800	48000	Rp38.400.000
2005	1350	48000	Rp64.800.000
2006	1450	48000	Rp69.600.000
2007	1475	48000	Rp70.800.000

Solar

Tahun	Jumlah (liter)	Harga	Total (Rp)
2004	12647,55	2200	Rp27.824.610
2005	5204,3416	5480	Rp28.519.792
2006	26166,46	6000	Rp156.998.760
2007	99258,37	6953,08	Rp690.151.387

	Severity	Occurance	Detection
Rating	Effect on Next Process & Local Process	Frekuensi Kejadian per Hari	
1	Tidak ada effect	< 18	Kesalahan tidak terjadi karena telah dibuktikan dengan <i>mistake proofing (pokayoke)</i>
2	Kurang dari 100% produk memerlukan rework tanpa scrap, ditemukan pada bagian proses itu	18	Kesalahan otomatis dapat dideteksi (komputerisasi)
3	Kurang dari 100% produk memerlukan rework tanpa scrap, ditemukan di bagian proses lain	19	Kesalahan dideteksi pada di proses setempat atau pada proses berikutnya dengan banyak tahap penerimaan
4	Produk tanpa srap dan kurang dari 100% memerlukan <i>rework</i>	20	Kesalahan dideteksi pada proses berikutnya atau dideteksi berdasarkan ukuran
5	100% produk memerlukan <i>rework/repair</i> yang cukup banyak	21	Kontrol berdasarkan variabel atau menggunakan aturan Good/No Good pada proses berikutnya
6	Kurang dari 100% produk scrap tanpa disortir atau waktu perbaikan kurang dari ½ jam	22	Proses kontrol menggunakan grafik, contoh SPC (<i>Statistical Process Control</i>)
7	Mengakibatkan produk harus disortir dan jumlah scrap ±100% dari produk atau memerlukan waktu perbaikan antara ½ jam - 1 jam	23	Proses kontrol menggunakan metode pengecekan visual sebanyak 2 kali
8	Mengakibatkan produk scrap (100% dari produk) atau harus diperbaiki selama lebih dari 1 jam	24	Proses kontrol hanya menggunakan metode pengecekan visual sebanyak 2 kali
9	Mengakibatkan gangguan mesin sehingga mesin berhenti dengan adanya tanda peringatan	25	Proses kontrol dengan pengecekan secara acak
10	Mengakibatkan gangguan mesin hingga mesin berhenti serta mengancam keselamatan operator tanpa adanya tanda peringatan	> 25	Tidak ada yang bisa digunakan untuk mendeteksi kesalahan

	Severity	Occurance	Detection
Rating	Effect on Next Process & Local Process	Frekuensi Kejadian per Hari	
1	Tidak ada effect	<3	Kesalahan tidak terjadi karena telah dibuktikan dengan <i>mistake proofing (pokayoke)</i>
2	Kurang dari 100% produk memerlukan rework tanpa scrap, ditemukan pada bagian proses itu	3	Kesalahan otomatis dapat dideteksi (komputerisasi)
3	Kurang dari 100% produk memerlukan rework tanpa scrap, ditemukan di bagian proses lain	4	Kesalahan dideteksi pada di proses setempat atau pada proses berikutnya dengan banyak tahap penerimaan
4	Produk tanpa scrap dan kurang dari 100% memerlukan <i>rework</i>	5	Kesalahan dideteksi pada proses berikutnya atau dideteksi berdasarkan ukuran
5	100% produk memerlukan <i>rework/repair</i> yang cukup banyak	6	Kontrol berdasarkan variabel atau menggunakan aturan Good/No Good pada proses berikutnya
6	Kurang dari 100% produk scrap tanpa disortir atau waktu perbaikan kurang dari ½ jam	7	Proses kontrol menggunakan grafik, contoh SPC (<i>Statistical Process Control</i>)
7	Mengakibatkan produk harus disortir dan jumlah scrap ±100% dari produk atau memerlukan waktu perbaikan antara ½ jam - 1 jam	8	Proses kontrol menggunakan metode pengecekan visual sebanyak 2 kali
8	Mengakibatkan produk scrap (100% dari produk) atau harus diperbaiki selama lebih dari 1 jam	9	Proses kontrol hanya menggunakan metode pengecekan visual sebanyak 2 kali
9	Mengakibatkan gangguan mesin sehingga mesin berhenti dengan adanya tanda peringatan	10	Proses kontrol dengan pengecekan secara acak
10	Mengakibatkan gangguan mesin hingga mesin berhenti serta mengancam keselamatan operator tanpa adanya tanda peringatan	>10	Tidak ada yang bisa digunakan untuk mendeteksi kesalahan

Rating	Severity	Occurance	Detection
1	Tidak ada effect	1,50%	Mudah mendeteksi
2	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar < 0,0072	2%	
3	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar 0,0072 s.d 0,0074	2,20%	
4	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar 0,0075 s.d 0,0077	2,53%	
5	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar 0,0078 s.d 0,008	2,68%	Cukup sulit mendeteksi (perlu alat)
6	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar 0,0081 s.d 0,0083	2,70%	
7	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar 0,0084 s.d 0,0086	2,75%	
8	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar 0,0087 s.d 0,009	2,80%	
9	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar 0,0091 s.d 0,0093	2,84%	
10	Perusahaan mengalami kerugian kehilangan nira sebesar 0,0091 s.d 0,0094	3%	Sangat sulit mendeteksi dan diperlukan peralatan khusus untuk mendeteksi

RCA Waste Inappropriate Processing

waste	sub waste	why 1	why 2	why 3	why 4	why 5
defect	Halus	Kesalahan pada pengayakan	Terjadi kebocoran pada ayakan			
		Kesalahan pada evaporator	Kadar Be yang tinggi	Volume pan di proses masakan penuh	Waktu lama memasak	Tidak ada alat pendeteksi lama masakan optimal
	Kerikil	Kesalahan pada puteran	Ketebalan puteran	Kadar air yang disemprotkan	Keterampilan operator	
		Kesalahan pada masakan	Lama waktu memasak	Tidak ada alat pendeteksi lama masakan optimal		
		Proses pemurnian kurang baik	Banyak endapan bukan gula yang terbawa	Proses pemurnian yang kurang sempurna		

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tulungagung, 6 Juni 1986 dengan nama lengkap AHMAD RODA'I, merupakan anak bungsu dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di Tulungagung yaitu di TK Dharma Wanita Sambijajar, SDN 3 Sambijajar, SLTP Negeri 1 Ngunut dan SMU Negeri 1 Boyolangu. Pada saat di SMU semester terakhir, penulis mengikuti PMDK BEASISWA dan diterima di Jurusan Teknik Industri FTI-ITS pada tahun 2005 dan terdaftar dengan NRP 2505.100.016. Di Jurusan Teknik Industri ini penulis tercatat sebagai Asisten Laboratorium SMDL (*Statistical and Managerial Decision Laboratory*) yang sekarang berubah menjadi QEML (*Quality Engineering and Management Laboratory*) dan juga menjadi Asisten Dosen dengan memberikan materi Statistik Industri, Teknik Pengendalian Kualitas, Perancangan Eksperimen, Kewirausahaan, Organisasi dan Manajemen Industri dan Metodologi Penelitian. Selama di Laboratorium, penulis pernah menjabat sebagai Staff Operasional, Kepala Departemen Operasional, Koordinator Asisten pada Kepengurusan Ganjil 2008-2009. Semasa menjadi Asisten Laboratorium, penulis pernah menjadi Trainer dalam *Minitab Training* dan *Quality Training (SPC, Seven Tools, Six Sigma)* pada tanggal 31 Mei- 1 Juni 2008. Selain itu, penulis aktif bergabung menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS. Penulis juga aktif mengerjakan pekerjaan proyek. Beberapa pekerjaan proyek yang pernah ditangani adalah Pelayanan Prima Toko Swalayan PT. Pupuk Kaltim,tbk, Analisis Data Program "Untukmu Guruku" PT. Telkom,tbk. Selain itu, penulis juga pernah bekerja praktek di PT.Telkom,tbk.