



**PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PROSES PRODUKSI GULA  
DENGAN PENDEKATAN *GREEN PRODUCTIVITY*  
DI PG. GENDING PROBOLINGGO**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Maya Lestari Banjar Nahor  
NIM 141710301043**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PROSES PRODUKSI GULA  
DENGAN PENDEKATAN *GREEN PRODUCTIVITY*  
DI PG. GENDING PROBOLINGGO**

**SKRIPSI**

digunakan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Industri Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**Maya Lestari Banjar Nahor  
NIM 141710301043**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan, rahmat, dan berkah yang senantiasa dilimpahkan dalam hidup saya;
2. Ayahanda S. Banjarnahor dan Ibunda H. Pandiangan tercinta;
3. Keluarga yang senantiasa mendoakan saya;
4. Guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai dengan dosen di perguruan tinggi yang menuntun saya hingga sekarang;
5. Teman-teman yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada saya;
6. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

**MOTTO**

Rendahkanlah dirimu dihadapan Tuhan, dan Ia akan meninggikan kamu  
(Yakobus 4:10)

Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku  
(Filipi 4:13)

Firman-Mu itu pelita bagi kakiku dan terang bagi jalanku  
(Mazmur 119:105)

Masa lalu adalah pilihan yang kita lalui, namun masa depan adalah pilihan yang  
kita tentukan  
(Agnes Davonar)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maya Lestari Banjar Nahor

NIM : 141710301043

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Peningkatan Produktivitas Proses Produksi Gula dengan Pendekatan *Green Productivity* di PG. Gending Probolinggo” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2018

Yang menyatakan,

Maya Lestari Banjar Nahor

NIM 141710301043

**SKRIPSI**

**PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PROSES PRODUKSI GULA  
DENGAN PENDEKATAN *GREEN PRODUCTIVITY*  
DI PG. GENDING PROBOLINGGO**

Oleh:

**Maya Lestari Banjar Nahor**

**NIM 141710301043**

**Pembimbing:**

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ida Bagus Suryaningrat, S.TP., M.M

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “Peningkatan Produktivitas Proses Produksi Gula dengan Pendekatan *Green Productivity* di PG. Gending Probolinggo” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 13 Desember 2018

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si

NIP. 197207301999031001

Dr. Ida Bagus Suryaningrat, S.TP., M.M

NIP. 197008031994031004

Tim Penguji

Ketua

Anggota

Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si

NIP. 198204222005011002

Dr. Elida Novita S.TP., M.T

NIP. 197311301999032001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.

NIP. 196809231994031009

**Peningkatan Produktivitas Proses Produksi Gula Dengan Pendekatan *Green Productivity* Di PG. Gending Probolinggo;** Maya Lestari Banjar Nahor, 141710301043; 2018: 139 halaman; Program Studi Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember.

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat dan industri yang saat ini masih menjadi masalah karena sering terjadinya kekurangan produksi gula dalam negeri sementara kebutuhan gula masyarakat dalam negeri terus meningkat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan strategi dalam peningkatan produktivitas pada pabrik gula dengan pendekatan *green productivity*. Studi kasus dilakukan di PG. Gending, PTPN XI dalam bidang perkebunan dengan bisnis utama gula.

Produktivitas hijau (*green productivity*) merupakan strategi untuk meningkatkan produktivitas dari perusahaan dan performa lingkungan secara bersamaan untuk pembangunan sosial ekonomi secara menyeluruh. Pengukuran produktivitas hijau dilakukan dengan metode *green productivity index* (GPI). GPI merupakan rasio antara indikator ekonomi dan indikator lingkungan (*environmental impact*). Indikator ekonomi diperoleh dari rasio antara pendapatan dan biaya produksi. Sedangkan EI merupakan penjumlahan bobot variabel lingkungan yang meliputi pembangkit limbah gas (GWG), pembangkit limbah padat (SWG), pembangkit limbah cair (WWG) dan konsumsi air (WC) dari kegiatan proses yang berlangsung. Metode *Green Value Stream Mapping* (GVSM) digunakan untuk memetakan tujuh sumber pembangkit tujuh sumber pembangkit limbah pada saat proses produksi berlangsung.

Hasil pengukuran GPI di PG. Gending pada bulan Mei hingga Agustus berfluktuatif. Nilai GPI pada bulan Mei sebesar 3,84, pada bulan Juni 3,39, pada bulan Juli 6,25 dan bulan Agustus 6,13. Nilai GPI yang semakin tinggi menunjukkan tingkat produktivitas selama kegiatan produksi lebih tinggi dibandingkan dampak lingkungan yang dihasilkan.

Penentuan alternatif strategi peningkatan produktivitas proses produksi gula menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Berdasarkan metode ini alternatif strategi yang menjadi prioritas adalah meningkatkan kualitas

sumber daya manusia di PG. Gending. Dalam meningkatkan kualitas SDM di PG. Gending salah satu kegiatan yang perlu dilakukan yaitu pelatihan kepada karyawan tentang perilaku ramah lingkungan. Konsep *Green Human Resource* bertujuan untuk peningkatan peningkatan tingkat retensi karyawan, peningkatan citra publik industri di masyarakat, peningkatan karyawan yang lebih baik, peningkatan produktivitas di perusahaan agar tetap dapat bersaing dengan industri lainnya, pengurangan dampak lingkungan dan peningkatan daya saing produk dan peningkatan kinerja perusahaan.



## SUMMARY

**Productivity Improvement of Sugar Production Process Using Green Productivity Approach at PG. Gending Probolinggo;** Maya Lestari Banjar Nahor, 141710301043; 2018: 139 pages; Program Study of Agricultural Technology of Agroindustry, Universitas Jember.

Sugar is one of the basic needs of society and industry which is currently still a problem because of the frequent shortage of domestic sugar production while the sugar needs of the domestic community continue to increase. The purpose of this study is to determine the strategy for increasing productivity in sugar mills with a green productivity approach. Case studies are conducted at PG. Gending, PTPN XI in the plantation sector with the main business of sugar.

Green productivity is a strategy to increase productivity of companies and environmental performance simultaneously for overall socio-economic development. Green productivity measurements are carried out using the green productivity index (GPI) method. GPI is the ratio between economic indicators and environmental indicators. Economic indicators are obtained from the ratio between income and production costs. EI (environmental Impact) is the sum of the weight of environmental variables which include waste gas generation (GWG), solid waste generation (SWG), water waste generation (WWG) and water consumption (WC) from ongoing process activities. The Green Value Stream Mapping (GVSM) method is used to map seven generating sources for seven waste generation sources during the production process.

The results of GPI measurements at PG. Gending in May to August is fluctuates. The GPI value in May was 3.84, in June 3,39, in July 6,25 and in August of 6,13. The higher GPI value indicates the level of productivity during production activities is higher than the resulting environmental impact.

Determination of alternative strategies for increasing the productivity of the sugar production process using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Based on this method the alternative strategy that is a priority is to improve the quality of human resources at PG. Gending. In improving the quality

of human resources at PG. Gending one of the activities that needs to be done is training employees about environmentally friendly behavior. The Green Human Resource concept aims to increase employee retention, improve the public image of the industry in the community, improve employee performance, increase productivity in the company so that it can compete with other industries, reduce environmental impact and increase product competitiveness and improve company performance.



## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Peningkatan Produktivitas Proses Produksi Gula dengan Pendekatan *Green Productivity* di PG. Gending Probolinggo”.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Siswoyo S, S.TP, M.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Bapak Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si selaku Ketua Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan selaku dosen penguji utama yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan serta motivasi sehingga skripsi dapat terselesaikan;
3. Bapak Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si, selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
4. Bapak Dr. Ida Bagus Suryaningrat S.TP., M.M, selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
5. Ibu Dr. Elida Novita S.TP., M.T selaku dosen penguji anggota yang telah meluangkan waktunya dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
6. Bapak Miftahul Choiron S.TP., M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan serta motivasi rencana studi selama 4 tahun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
7. Seluruh dosen Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang mendidik dan memberikan bekal ilmu kepada penulis;
8. Orang tua tercinta ayahanda S. Banjarnahor dan ibunda H. Pandiangan yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, doa, motivasi, dukungan dan semangat;

9. Adikku terkasih Livia Lorenza Banjar Nahor, Ida Wulandari Banjar Nahor, Regina Yunistasya Banjar Nahor yang dengan tulus memberikan hiburan, semangat dan doa;
10. Seluruh Karyawan PG. Gending yang telah membantu, meluangkan waktu dan tenaganya dalam memberikan bimbingan selama penelitian
11. Sahabat seperjuangan Feby, Mita, dan Gusti Ayu yang selalu memberikan dukungan, hiburan, dan semangat selama di bangku kuliah;
12. Abang dan kakak motivator Viktor Sitorus, Ebrahim Sagala, Sokemd Manullang, Ira Sumbayak, Angel Ujung, dan Hanna Sibagariang, yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan dalam mengerjakan skripsi;
13. Saudara Marbun selama di Jember Eva Bn, Leo Lg, Bryan Lb, Crisman Lg dan Desi Lg yang senantiasa membantu, memberikan motivasi dan semangat dalam mengerjakan skripsi;
14. Teman-teman penyemangat Dyah, Fresty, Muhaimin, Erin, Vania, Ida, Sofin, Gustika, Restika, Ratna, Rizki, Nurul, Anis, Handriani Caca, Hotma Manullang dan Cindy Aisyah yang selalu memberikan motivasi serta semangat dalam mengerjakan skripsi;
15. Teman PSDM Himatirta 16/17 Akhib, Luqman, Abi, Suharno, Luluk, Claodia, Udhma, Ana dan Zaini yang selalu memberikan semangat, doa serta dukungan dalam dalam mengerjakan skripsi;
16. Teman-teman seperjuangan TIP 2014 yang tidak pernah berhenti untuk saling memotivasi, mendukung, mendoakan, dan tetap semangat berjuang bersama-sama untuk meraih gelar S.T;
17. Keluarga selama di Jember Kos Jawa 2/11A, KKN 17, HIMATIRTA, PMKK FTP, Symphony Choir, Afton Family's, HKBP Jember yang senantiasa memberikan doa, semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Desember 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Karakteristik Tebu</b> .....	6
<b>2.2 Gula Kristal Putih</b> .....	7
<b>2.3 Proses Pengolahan Gula</b> .....	7
2.3.1 Stasiun Gilingan .....	9
2.3.2 Stasiun Pemurnian.....	11
2.3.3 Stasiun Penguapan.....	13
2.3.4 Stasiun Masakan.....	14
2.3.5 Stasiun Puteran.....	16

2.4 Produktivitas .....	18
2.5 <i>Green Productivity</i> .....	20
2.6 <i>Green Value Stream Mapping</i> .....	21
2.7 <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> .....	22
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	31
3.2 Tahapan Penelitian .....	31
3.3 Metode Pengumpulan Data .....	33
3.4 Analisis Data .....	34
3.4.1 Mengidentifikasi Tujuh Sumber Pembangkit Limbah .....	34
3.4.2 Menganalisis Produktivitas Hijau .....	34
3.4.3 Strategi Peningkatan Produktivitas .....	37
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	41
4.1 Gambaran Umum Perusahaan .....	41
4.2 <i>Analisis Seven Wastes</i> .....	42
4.3 Analisis Produktivitas Hijau .....	44
4.3.1 Indikator Lingkungan ( <i>Environmental Impact</i> ) .....	45
4.3.2 Indikator Ekonomi .....	49
4.3.3 Indeks Produktivitas Hijau (GPI) .....	51
4.4 Strategi Peningkatan Produktivitas .....	53
4.4.1 Perhitungan Data secara horizontal .....	55
4.4.1 Perhitungan Data secara vertikal .....	66
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	73
5.1 Kesimpulan .....	73
5.2 Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	75
<b>LAMPIRAN</b> .....	83

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Proses Penggilingan Tebu .....	10
Gambar 2.2 Diagram Kesetimbangan Massa Proses Penggilingan Tebu .....	10
Gambar 2.3 Proses Pemurnian .....	11
Gambar 2.4 Diagram Kesetimbangan Massa Proses Pemurnian Nira.....	12
Gambar 2.5 Proses Penguapan .....	13
Gambar 2.6 Diagram Kesetimbangan Massa Proses Penguapan.....	14
Gambar 2.7 Proses Masakan .....	15
Gambar 2.8 Diagram Kesetimbangan Massa Proses Masakan .....	15
Gambar 2.9 Diagram Kesetimbangan Massa Proses Puteran .....	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 3.2 Pemetaan Nilai Aliran Hijau .....	35
Gambar 3.3 Tahapan perhitungan indeks produktivitas hijau .....	36
Gambar 4.1 Indeks Produktivitas Hijau .....	52
Gambar 4.2 Hierarki AHP .....	72

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Tebu .....	6
Tabel 2.2 SNI Gula Kristal Putih .....	7
Tabel 2.3 Input dan Output Proses Penggilingan Tebu.....	11
Tabel 2.4 Input dan Output Proses Pemurnian Nira .....	13
Tabel 2.5 Input dan Output Proses Penguapan .....	14
Tabel 2.6 Input dan Output Proses Pemasakan.....	15
Tabel 2.7 Input dan Output Proses Puteran.....	17
Tabel 2.8 Definisi Tujuh Sumber Pembangkit Limbah .....	22
Tabel 2.9 Skala Perbandingan Nilai.....	25
Tabel 2.10 Matriks Pendapat Individu .....	26
Tabel 2.11 Matriks Pendapat Gabungan .....	26
Tabel 3.1 Pengumpulan Data dan Informasi.....	31
Tabel 3.2 Bobot Indikator dalam ESI 2005 .....	37
Tabel 3.3 Matriks perbandingan berpasangan .....	39
Tabel 3.4 Skala Perbandingan Nilai .....	39
Tabel 3.4 Nilai Random Index (RI) .....	41
Tabel 4.1 Hasil Pemetaan menggunakan <i>Green Value Stream Mapping</i> .....	44
Tabel 4.2 Bobot Indikator dalam ESI 2005 .....	45
Tabel 4.3 Nilai EI selama musim giling .....	46
Tabel 4.4 Komponen biaya tetap .....	49
Tabel 4.5 Komponen Biaya tidak tetap.....	50
Tabel 4.6 Nilai Indikator Ekonomi di PG.Gending .....	50
Tabel 4.7 Nilai Indikator Produktivitas Hijau (GPI).....	51
Tabel 4.8 Bobot dan prioritas unsur faktor/kriteria.....	56
Tabel 4.9 Bobot dan prioritas unsur aktor.....	59
Tabel 4.10 Bobot dan prioritas unsur tujuan.....	63
Tabel 4.11 Bobot dan prioritas unsur alternatif .....	66
Tabel 4.12 Susunan bobot dan prioritas aktor.....	67

Tabel 4.13 Susunan bobot dan prioritas tujuan.....	68
Tabel 4.14 Susunan bobot dan prioritas alternatif .....	68
Tabel 4.15 Hasil Emisi Stasiun Ketel. ....	70



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1. Daftar Pertanyaan .....	83
Lampiran 2. Diagram Alir Proses Produksi Gula di PG. Gending .....	85
Lampiran 3. Perhitungan Indikator Lingkungan .....	86
Lampiran 4. Perhitungan Biaya Produksi .....	94
Lampiran 5. Perhitungan Indikator Ekonomi .....	74
Lampiran 6. Perhitungan GPI .....	101
Lampiran 7. Kuisisioner AHP .....	102
Lampiran 8. Hasil Kuisisioner AHP dan Perhitungan Pendapat Gabungan .....	110
Lampiran 9. Hasil Perhitungan Data secara Horizontal .....	138
Lampiran 10. Hasil Perhitungan Data secara Vertikal .....	140
Lampiran 11. Dokumentasi .....	1

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut Mahbubi (2015), gula adalah suatu karbohidrat sederhana yang menjadi sumber energi dan komoditi perdagangan utama. Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat dan industri yang saat ini masih menjadi masalah karena sering terjadinya kekurangan produksi gula dalam negeri sementara kebutuhan gula masyarakat dalam negeri terus meningkat. Permintaan akan kebutuhan gula akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia.

Menurut Kurniawan (2016), populasi penduduk di Indonesia mencapai 250 juta jiwa pada tahun 2020 (BPS, 2013), dan total konsumsi gula dalam negeri terus meningkat dari 5,36 juta ton pada tahun 2012 menjadi 6,00 juta ton pada triwulan kedua tahun 2014 dan terus meningkat hingga mencapai 7,00 juta ton pada awal 2015. Sementara produksi gula dalam negeri hingga tahun 2014 hanya mampu memenuhi 2,9 juta ton atau 48,3% sedangkan kekurangannya sekitar 51,2% dipenuhi dengan cara impor gula. Impor gula pada tahun 2012 sebesar 2,53 juta ton dan pada tahun 2013 meningkat menjadi sebesar 2,7 ton dan diprediksi bahwa pada tahun 2020 meningkat menjadi 3,7 juta ton.

Menurut Fahrizal (2014), perbaikan produktivitas di perkebunan, perbaikan mutu bahan baku, perbaikan pabrik dan strategi lainnya menjadi hal yang perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan produktivitas gula nasional. Siklus kegiatan pada sektor industri terdiri dari penerimaan bahan baku, proses transformasi menjadi produk, penggunaan produk hingga pembuangan limbah atau sisa menimbulkan dampak pada lingkungan.

Menurut Nasution (2006), produktivitas berkaitan erat dengan input dan output dalam proses produksi. Produktivitas merupakan hal yang penting dalam kegiatan produksi karena terjadinya pembuangan material dan energi yang membebani lingkungan. Dalam hal ini perusahaan harus mampu meminimalisir kegiatan yang dapat membebani lingkungan sehingga produktivitas dapat

meningkat dengan mengefisienkan sumber-sumber input selama produksi berlangsung.

Kegiatan proses produksi gula kristal putih di industri secara umum melalui tahapan proses penerimaan bahan baku yaitu tahap penimbangan tebu kemudian melewati stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan, stasiun puteran, dan *finishing (packaging and storage)*. Namun dalam kegiatan produksi menghasilkan produk samping berupa ampas tebu (*baggase*), blotong dan tetes. Kehilangan gula banyak terjadi di ampas, blotong dan tetes. Limbah cair yang dihasilkan yaitu air hasil proses produksi. Sedangkan limbah gas yang dihasilkan berupa gas rumah kaca dari kegiatan pengadaan bahan baku, pembakaran ampas di stasiun ketel, dan distribusi produk.

Seiring dengan meningkatnya isu lingkungan dalam kegiatan industri diperlukan suatu pendekatan yang mengedepankan pentingnya aspek lingkungan baik kegiatan proses dari yang menyebabkan limbah maupun proses yang dilakukan dengan menggunakan sumber daya berlebih. Menurut Prasetya dan Lukiastuti (2009), strategi produktivitas hijau (*green productivity*) merupakan strategi produktivitas yang tepat untuk menghadapi masalah lingkungan. Pendekatan produktivitas hijau menjadi kunci untuk memperbaiki kegiatan proses produksi melalui pemanfaatan yang lebih baik dari sumber daya dan material untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan sumberdaya yang berlebihan atau penghasil limbah menunjukkan tingkat produktivitas yang rendah sekaligus kinerja lingkungan yang rendah.

Pendekatan dengan *green productivity* sampai saat ini masih jarang dilakukan oleh agroindustri. Pendekatan ini membantu perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dan menurunkan dampak lingkungan sehingga terjadi *eco-efficiency* dan mengarah untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*). Strategi yang dilakukan yaitu untuk meningkatkan produktivitas dan performansi lingkungan secara bersamaan di dalam pembangunan sosial-ekonomi secara menyeluruh (APO,2006).

Pengukuran produktivitas dengan *Green Productivity* dapat meningkatkan produktivitas dan mendukung keberlanjutan dalam suatu industri. Salah satu

pabrik gula yang potensial bagi masyarakat di Jawa Timur yaitu PG. Gending yang berada di Desa Sebaung, Kecamatan Gending, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. PG. Gending berada dibawah naungan PTPN XI. Rendahnya tingkat produksi gula dapat mempengaruhi tingkat produktivitas serta profitabilitas perusahaan. Selama ini PG. Gending melakukan proses kegiatan produksi gula masih cenderung menghasilkan produk yang kurang baik, dengan arti masih belum mampu bersaing dengan produk gula lainnya.

Kegiatan produksi gula di PG. Gending, rendemen menjadi tolok ukur keberhasilan dalam proses produksi gula. Rendemen adalah persentase perbandingan antara gula yang dihasilkan dengan tebu yang tergiling di pabrik gula. Hasil rendemen rata-rata di setiap tahun dalam musim giling diketahui bahwa nilai rendemen berfluktuatif. Pada tahun 2013 dengan waktu giling selama 158 hari diperoleh nilai rendemen 7,12. Pada tahun 2014 dengan waktu giling selama 163 hari diperoleh nilai rendemen 8,14. Pada tahun 2015 dengan waktu giling selama 149 hari diperoleh nilai rendemen 8,99. Pada tahun 2016 dengan waktu giling selama 129 hari diperoleh nilai rendemen 5,01. Dan pada tahun 2017 dengan waktu giling selama 97 hari diperoleh nilai rendemen 6,25.

Nilai rendemen di pabrik dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya mutu tebu, jarak dan jangka waktu tebu yang ditebang dan akan melalui proses penggilingan serta efisiensi alat di pabrik. Kegiatan produksi gula di PG. Gending, kerusakan mesin menjadi salah satu faktor yang berpengaruh yang mengakibatkan kegiatan produksi gula di pabrik tertunda. Tebu yang sudah ditebang harus mengalami penundaan waktu giling karena alat yang tidak mendukung.

Menurut Kuspratomo (2012) penundaan waktu giling berpengaruh nyata terhadap parameter % brix, pH, gula reduksi % brix dan HK sehingga tebu yang akan melalui proses penggilingan tidak boleh mengalami waktu penyimpanan tebu lebih dari 3 hari. Tebu yang mengalami penyimpanan lebih dari 3 hari akan menimbulkan hasil samping produk yang tinggi meliputi ampas, blotong dan tetes dimana pecahnya sukrosa dan terbentuknya gula reduksi yang mengakibatkan kehilangan gula.

Menurut Saxena dkk (2003), kinerja perusahaan tidak dapat hanya dievaluasi berdasarkan parameter ekonomi namun harus memperhatikan kinerja lingkungan. Sesuai dengan UU No. 3 pasal 1 tahun 2014 tentang perindustrian yang menyebutkan bahwa industri hijau adalah industri yang dalam proses produksinya mengutamakan upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan sehingga mampu menyelaraskan pembangunan industri dengan kelestarian fungsi lingkungan hidup serta dapat memberikan manfaat bagi masyarakat (Kementerian Perindustrian, 2014). Berdasarkan permasalahan yang ada perlu dilakukan penelitian untuk meningkatkan produktivitas yang memerhatikan aspek lingkungan selama kegiatan produksi berlangsung.

## 1.2 Rumusan Masalah

Produktivitas merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam kegiatan industri. Dalam kegiatan proses produksi, produktivitas perlu ditingkatkan atau dipertahankan agar industri dapat terus bersaing dengan industri gula lainnya. Industri gula menjadi salah satu topik yang perlu dikaji karena selama ini total konsumsi gula dalam negeri terus meningkat namun produksi gula dalam negeri belum secara optimal dalam memenuhi kebutuhan gula masyarakat dalam negeri sehingga terjadi impor gula dalam memenuhinya.

PG. Gending merupakan salah industri gula yang berada dibawah naungan PTPN XI yang memproduksi gula untuk memenuhi kebutuhan gula dalam negeri. Permasalahan lingkungan menjadi indikator dalam pengukuran produktivitas. Seiring dengan meningkatnya isu lingkungan kegiatan proses dari yang menyebabkan limbah maupun proses yang dilakukan dengan menggunakan sumber daya berlebih menjadi indikator yang menunjukkan kineja lingkungan yang rendah dalam industri. Selama ini kegiatan industri di pabrik gula hanya memerhatikan aspek ekonomi dan kurang memerhatikan aspek lingkungan. Untuk itu diperlukan salah satu strategi yaitu dengan pendekatan *green productivity* untuk mengukur produktivitas dengan mengefisienkan sumber-sumber input dan limbah sehingga terjadi penurunan dampak lingkungan dan produktivitas dapat meningkat.

### **1.3 Batasan Masalah**

Ruang lingkup penelitian ini akan dibatasi pada proses pengolahan tebu menjadi gula kristal putih mulai dari stasiun gilingan hingga stasiun puteran selama kegiatan musim giling berlangsung. Perhitungan emisi dilakukan dengan menghitung emisi yang dihasilkan secara langsung di pabrikasi. Selain itu aspek yang diamati meliputi aspek biaya, penggunaan material serta sumberdaya di PG. Gending pada musim giling 2018 yaitu bulan Mei hingga Agustus.

### **1.4 Tujuan**

Berdasarkan latar belakang, maka tujuan dilaksanakan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengukur tingkat produktivitas hijau pada pabrik gula Gending
2. Menganalisis tingkat produktivitas hijau pada pabrik gula Gending
3. Menentukan strategi untuk meningkatkan produktivitas pada pabrik gula Gending

### **1.5 Manfaat**

Manfaat penelitian ini adalah memberikan solusi untuk meningkatkan produktivitas pada pabrik gula. Dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses kegiatan produksi dijadikan dasar untuk melakukan perbaikan sehingga terjadi peningkatan produktivitas di PG. Gending Probolinggo.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Tebu

Tebu (*saccharum officinarum* L) adalah tanaman yang masuk ke dalam famili *Graminae* atau rumput-rumputan. Tebu dapat tumbuh di berbagai jenis tanah dari dataran rendah hingga ketinggian 1.400 m di atas permukaan laut. Komposisi tebu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Komposisi tebu

Komponen	Jumlah (%)
Air	73–76
Padatan	24–27
Serat (tak larut)	11–16
Padatan terlarut	10–16
	% terhadap padatan terlarut
Gula	75–92
Sukrosa	70–88
Glukosa	2–4
Fruktosa	2–4
Garam	3–7,5
Anorganik	1,5–4,5
Organik	1–3
Asam organik	0,5–2,5
Asam karboksilat	0,1–0,5
Asam amino	0,5–2
Senyawa organik	
Protein	0,5–0,6
Pati	0,001–0,05
Gum	0,3–0,6
Lilin, lemak, fosfatida, zat warna	Sedikit

Sumber: Yuwanti, 2014

Berdasarkan Tabel 2.1 bahwa komponen terbesar dari tebu adalah gula, khususnya berupa sukrosa. Menurut Yuwanti (2014) bahwa sukrosa adalah salah satu disakarida yang terdiri dari glukosa dan fruktosa. Sukrosa memiliki rumus umum  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Karamelisasi sukrosa akan terjadi apabila sukrosa dipanaskan pada suhu tinggi diatas titik leburmya. pH dari nira berkisar pada pH 5,6. Sukrosa memiliki sifat mudah larut dalam air, semakin tinggi suhu maka kelarutannya semakin tinggi. Jenis gula yang satu ini memiliki warna putih relatif transparan

dan dapat membentuk kristal. Jenis gula lain yang ada pada tebu yaitu glukosa dan fruktosa yang merupakan monosakarida. Campuran dari glukosa dan fruktosa disebut sebagai gula invert. Kedua jenis monosakarida tersebut tidak dapat mengkristal. Komponen lain tebu adalah serat dan zat warna. Serat kasar yang ada pada tebu terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Zat warna dalam tebu terdiri dari klorofil, antosianin, dan karotenoid

## 2.2 Gula Kristal Putih

Gula yang diproduksi oleh pabrik gula harus memenuhi standar agar dapat dikonsumsi. Standar gula kristal putih yang diterapkan di Indonesia yaitu SNI. Berikut SNI GKP dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

**Tabel 2.2** SNI Gula kristal putih

No	Parameter Uji	Satuan	Persyaratan	
			GKP 1	GKP 2
	Warna			
1	1.1 Warna kristal	CT	4,0 - 7,5	7,6 - 10,0
	1.2 Warna larutan (ICUMSA)	IU	81 - 200	201 - 300
2	Besar jenis butir	Mm	0,8 - 1,2	0,8 - 1,2
3	Susut pengeringan (b/b)	%	maks 0,1	maks 0,1
4	Polarisasi ( $^{\circ}$ Z, 20 $^{\circ}$ C)	Z	min 99,6	min 99,5
5	Abu konduktiviti (b/b)	%	maks 0,10	maks 0,15
6	Bahan tambahan pangan			
	6.1 Belerang oksida (SO <sub>2</sub> )	mg/kg	maks 30	maks 30
	Cemaran logam			
7	7.1 Timbal (Pb)	mg/kg	maks 2	maks 2
	7.2 Tembaga (Cu)	mg/kg	maks 2	maks 2
	7.3 Arsen (As)	mg/kg	maks 1	maks 1

Sumber : SNI 3140.3:2010

## 2.3 Proses Pengolahan Gula

Produk yang dihasilkan dalam proses produksi gula ini adalah SHS (*Super High Sugar*) yang berwarna putih. Menurut Yuwanti (2014), secara umum tahapan proses dalam pembuatan gula kristal putih adalah ekstraksi atau penggilingan, pemurnian atau penjernihan, evaporasi atau penguapan, kristalisasi atau pemasakan, dan pemisahan kristal atau putaran.

Sebelum melalui tahap penggilingan tebu akan melalui tahap penimbangan. Pada tahap ini tebu akan melalui stasiun penimbangan untuk menimbang tebu yang masuk ke pabrik. Truk datang yang mengangkut tebu ditimbang untuk mengetahui berat bruttonya. Berat tebu atau netto dapat diketahui dengan mengurangi berat truk isi tebu (brutto) dengan truk kosong.

Dalam stasiun ini dilakukan pengecekan kesesuaian antara jenis tebu yang diangkut dengan jenis tebu yang tertera pada surat perintah tebang dan angkut. Selain itu juga dilakukan pengecekan tebu yang diangkut telah memenuhi SOP dari pabrik yaitu MBS (Manis, Bersih, Segar) dengan melakukan pengecekan kadar brix dan juga kebersihan dari tebu itu sendiri. Jika tebu tidak memenuhi standar maka tidak dapat diterima oleh pabrik. Berikut syarat tebu yang sesuai dengan standar PG. Gending yaitu:

- a. Brix batang adalah  $\geq 17$  pada awal giling dan  $\geq 18$  pada masa pertengahan giling.
- b. Tebu bebas dari kotoran (sogolan, daduk, pucukan, brondolan, tali pucuk, akar dan tanah, bahan selain tebu);

Sistem yang diterapkan adalah *first in first out* (FIFO), yaitu tebu yang pertama masuk pertama diproses. Tujuannya adalah untuk menghindari rusaknya tebu selama waktu tunggu seperti terinversinya sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Waktu tunggu maksimal tebu adalah 36 jam. Apabila waktu tunggu melebihi batas maksimal, maka kemungkinan kerusakan bahan baku semakin besar yang nantinya dapat mempengaruhi rendemen. Menurut Bantacut, dkk (2012), kehilangan sukrosa yang terjadi akibat waktu tunggu dari tebang hingga giling mencapai 5–25 % dan akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya waktu tunggu.

Dalam proses pembuatan gula di PG. Gending terdapat bahan pembantu yang ditambahkan dalam proses yaitu:

- a. Air

Air dibutuhkan untuk proses pabrikasi gula antara lain air proses, air pendingin mesin, dan air imbibisi. Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai dan sumur.

b. Kapur pabrikan

Kapur pabrikan adalah bahan yang digunakan untuk membuat susu kapur untuk proses pemurnian nira. Tujuannya adalah mengendapkan kotoran dan bahan lain yang bereaksi dengan fosfat serta membentuk garam fosfat. Adanya pembentukan garam fosfat akan mempermudah proses pemisahan nira dan kotoran. Penambahan susu kapur juga bertujuan untuk menaikkan pH nira yang cukup asam menjadi pH netral.

c. Belerang

Belerang adalah bahan yang digunakan di stasiun pemurnian dalam bentuk gas  $\text{SO}_2$ . Adanya belerang dapat menetralkan kelebihan basa nira dari pH 8,5 menjadi pH 7,2.

d. Fosfat cair

Asam fosfat digunakan untuk pemurnian nira. Fungsinya adalah membentuk endapan bersama kapur dan menyerap koloid, serta bertindak sebagai inti endapan.

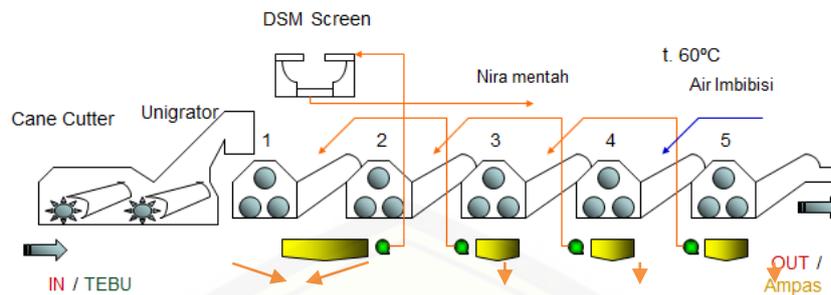
e. Flokulan

Flokulan termasuk dalam bahan tambahan untuk proses pemurnian. Adanya flokulan akan mempercepat proses flokulasi dan koagulasi dalam bak pengendap.

Menurut Soemohandojo (2009) bahwa proses pengolahan gula terdiri dari bahan baku berupa tebu hingga menjadi produk utama yaitu gula. Secara garis besar proses pengolahan gula kristal putih dikelompokkan ke dalam lima stasiun pengolahan utama. Berikut merupakan tahapan pengolahan gula kristal putih di pabrik gula sebagai berikut:

### 2.3.1 Stasiun Gilingan

Stasiun gilingan merupakan proses penggilingan tebu untuk mendapatkan nira yang akan diproses menjadi gula. Fungsi dari gilingan adalah untuk mengekstrak nira sebanyak mungkin dari tebu. Proses penggilingan dimana tebu yang telah dipotong-potong tersebut kemudian diumpankan ke unit gilingan. Unit gilingan tersebut berfungsi untuk memisahkan nira dari ampas tebu secara mekanis.

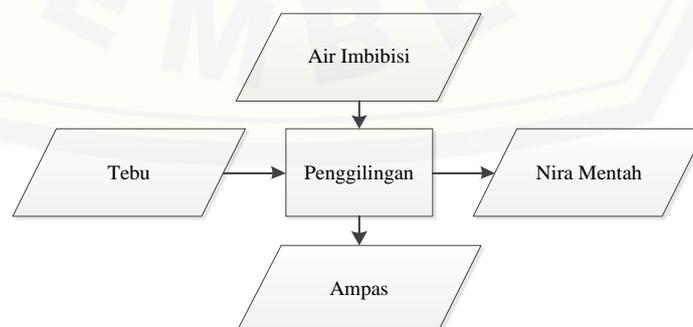


**Gambar 2.1** Proses Penggilingan Tebu

Berikut ini merupakan uraian mengenai proses penggilingan dalam empat unit gilingan.

- Nira hasil pemerahan dari unit gilingan I disebut dengan nira perahan pertama (NPP). Sedangkan nira hasil unit gilingan II, III, dan IV disebut dengan nira gilingan ( NG 2, NG 3, dan NG 4). Campuran perahan nira pertama dan nira gilingan kedua disebut dengan nira mentah (*raw juice*).
- Nira gilingan II dicampur dengan ampas gilingan I kemudian dikembalikan kembali ke dalam unit gilingan I dan nira gilingan IV dicampur dengan ampas gilingan II kemudian dikembalikan ke dalam unit gilingan II.
- Ampas gilingan III ditambahkan dengan air imbibisi sebelum digiling pada unit gilingan IV. Jumlah air yang ditambahkan sebanyak 25% - 30% dari berat tebu.
- Ampas yang diperoleh dari unit gilingan disebut dengan *bagasse* dan digunakan kembali untuk bahan bakar *boiler / ketel*.

Diagram kesetimbangan massa proses produksi gula dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut:



**Gambar 2.2** Diagram Kesetimbangan Massa Proses Penggilingan Tebu

Input dan output pada proses penggilingan dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Input dan Output Proses Penggilingan Tebu

<i>Input</i>		<i>Output</i>	
Jenis	Jumlah (kwintal)	Jenis	Jumlah (kwintal)
Tebu	15000	Nira Mentah	15.748,5
Air Imbibisi	4.500	Ampas	3.675,6
		Loss	75,9
<b>Total</b>	<b>19.500</b>	<b>Total</b>	<b>19.500</b>

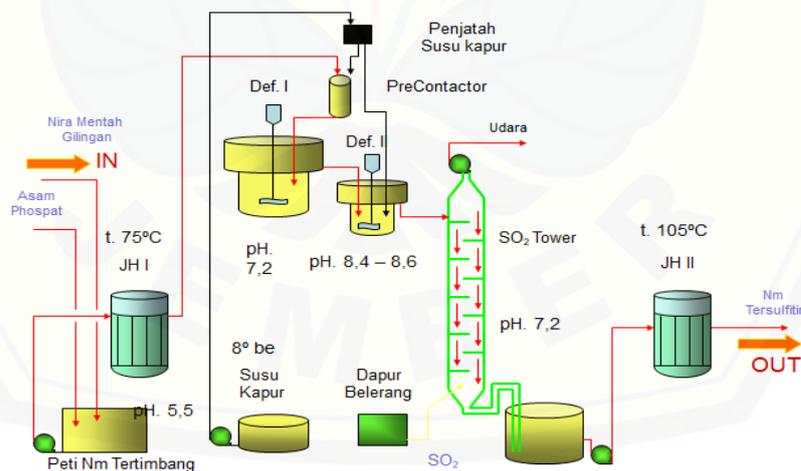
Sumber: Data Diolah (2018)

### 2.3.2 Stasiun pemurnian

Stasiun pemurnian merupakan tempat pemisahan nira dengan kotoran, sehingga akan dihasilkan nira encer dan nira tapis. Jenis pemurnian yang diterapkan adalah defekasi dan sulfitasi. Tujuan dari stasiun pemurnian ini adalah:

- Mendapatkan sukrosa dari nira sebanyak-banyaknya;
- Menekan pecahnya sukrosa dan terbentuknya gula reduksi;
- Menghilangkan sebanyak mungkin bagian-bagian yang bukan komponen gula dalam nira mentah.

Tahapan proses pemurnian nira mentah sebagai berikut:

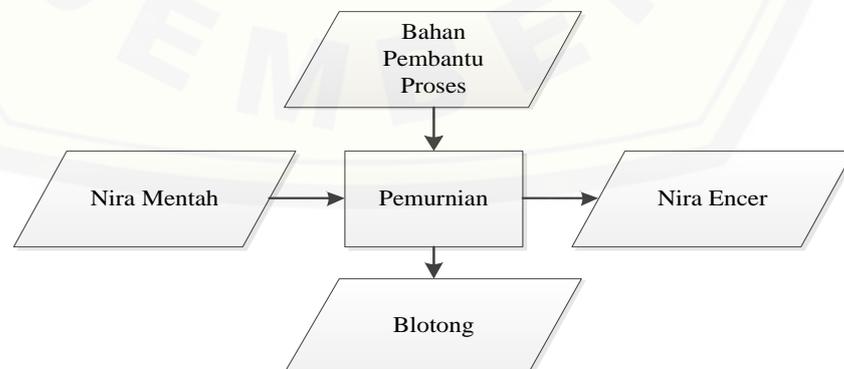


**Gambar 2.3** Proses Pemurnian

Nira mentah dari stasiun gilingan ditambahkan susu kapur dengan kekentalan 1°Be yang biasa disebut dengan *pre-liming*. *Pre-liming* ini bertujuan untuk menaikkan pH nira mentah karena pada proses selanjutnya akan ditambah

asam fosfat ( $H_2PO_4$ ). Penambahan  $H_2PO_4$  bertujuan agar kandungan  $P_2O_5$  dalam nira mentah mencapai 300 ppm, karena dengan adanya asam fosfat ini akan terjadi inti endapan calcium fosfat. Nira Mentah dari bak penampung di Stasiun Gilingan dipompa ke timbangan Boulogne melalui saringan DSM untuk menghilangkan ampas halus. Nira Mentah tertimbang dipompa menuju *Juice Heater I* sampai suhu  $75^\circ C$ . Kemudian dialirkan ke *defekator* melalui *orifice*, di pipa ini nira mentah ditambahkan nira kental dan susu kapur (Ca - saccharat pH 10,5 – 11). Kemudian nira mentah masuk ke *defekator* untuk mencampurkan nira mentah dengan Ca – saccharat sampai homogen, pH nira mentah tersaccharat 8,4 – 8,6. Kemudian nira masuk  $SO_2$  sulfur tower NM, dan ditampung di peti nira mentah sulfitir dengan pH 7,2 – 7,4. Nira mentah yang tersulfitir ini dipanaskan pada *Juice Heater II* (1,2,8,9,10,11,12) dengan suhu  $105 - 115^\circ C$ . Lalu dimasukkan ke bejana pengembang (*flash tank*) untuk menghilangkan gas-gas yang tak terembunkan agar tidak mengganggu di peti pengendapan (*single tray clarifier*). Nira keluar dari bejana pengembang ditambah dengan Flokulan 2,5-3 ppm di peti pengendapan. Dari peti pengendapan diperoleh nira jernih dan nira kotor. Nira jernih/nira encer kemudian siap masuk ke *Clear Juice* dengan pH 7,2 – 7,4 sedangkan nira kotor ditapis dengan penapis hampa (*Rotary Vacuum Filter*) dan nira tapis dikembalikan pada peti nira mentah tertimbang sedangkan hasil produk samping berupa blotong dialihkan ke TPS PG. Gending.

Diagram kesetimbangan massa proses produksi gula dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



**Gambar 2.4** Diagram Kesetimbangan Massa Proses Pemurnian Nira

Input dan output pada proses pemurnian dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

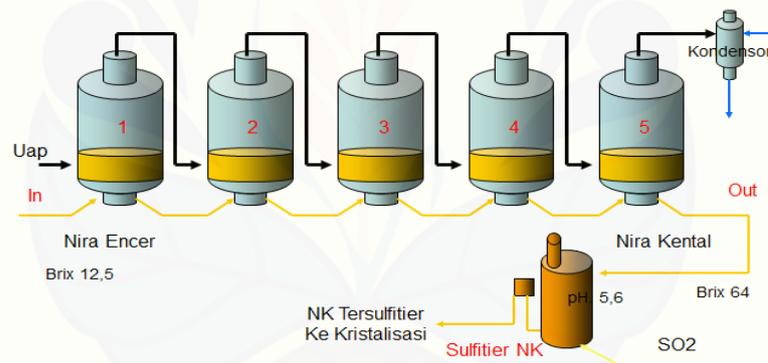
**Tabel 2.4** Input dan Output Proses Pemurnian Nira

<i>Input</i>		<i>Output</i>	
Jenis	Jumlah (kwintal)	Jenis	Jumlah (kwintal)
Nira Mentah	15.748,5	Nira Encer	16.049
BPP	771	Blotong	470,50
Total	16.519,5	Total	16.519,5

Sumber: Data Diolah (2018)

### 2.3.3 Stasiun Penguapan

Tujuan penguapan adalah untuk mengurangi kadar air yang terkandung di dalam nira encer sebanyak mungkin sampai mencapai kekentalan 32<sup>0</sup> Be dengan menekan kehilangan gula (kerusakan gula) seminim mungkin. Proses penguapan adalah sebagai berikut:

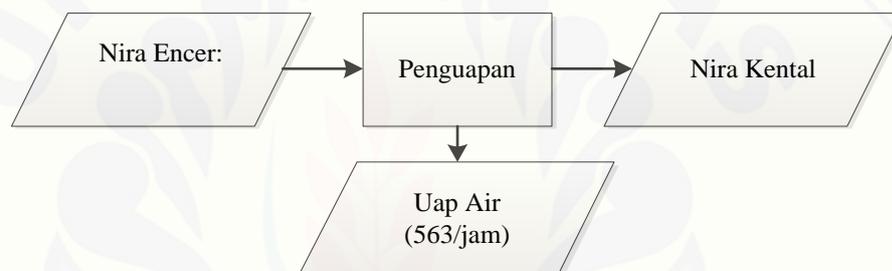


**Gambar 2.5** Proses Penguapan

Pada proses penguapan terjadi proses perpindahan panas dari uap pemanas menuju nira. Pada evaporator II, III, dan IV, penguapan dilakukan pada kondisi vakum. Perlakuan ini dimaksudkan untuk mengurangi kerusakan sukrosa karena titik didih yang tinggi. Kondisi vakum dapat dicapai dengan cara menghubungkan badan penguapan akhir dengan kondensor dimana uap nira bahan akhir didinginkan dengan air injeksi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses stasiun penguapan diantaranya:

- Nira encer yang telah dipanaskan sebelum *juice heater* III dipompa menuju evaporator I. Proses penguapan menggunakan uap mill turbin pada tekanan 0,7 kg/cm<sup>2</sup> dan temperatur 120°C.
- Nira keluaran evaporator mengalir ke evaporator berikutnya dengan memanfaatkan beda tekan antara evaporator yang satu dengan evaporator berikutnya. Proses penguapan pada evaporator terakhir terjadi pada vacuum 60 cmHg dengan temperatur 54°C.
- Nira kental keluaran evaporator IV dialirkan ke sulfitar nira kental untuk proses pemucatan warna.

Diagram kesetimbangan massa proses produksi gula dapat dilihat pada Gambar 2.6 sebagai berikut:



**Gambar 2.6** Diagram Kesetimbangan Massa Proses Penguapan

Input dan output pada proses penguapan dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut:

**Tabel 2.5** Input dan Output Proses Penguapan

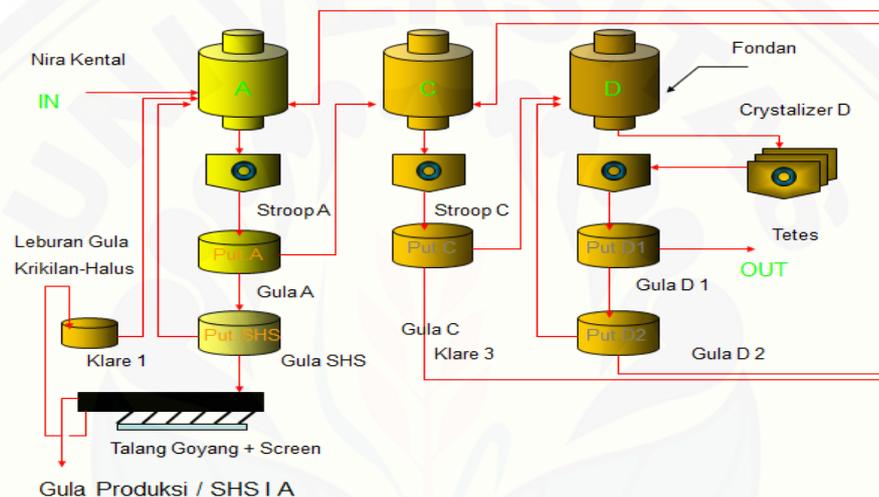
Input		Output	
Jenis	Jumlah (kwintal)	Jenis	Jumlah (kwintal)
Nira Encer	16.049	Nira Kental	2.965
		Uap Air (563/jam)	13.078,49
		Loss	8,51
<b>Total</b>	<b>16.049</b>	<b>Total</b>	<b>16.049</b>

Sumber: Data Diolah (2018)

#### 2.3.4 Stasiun Masakan

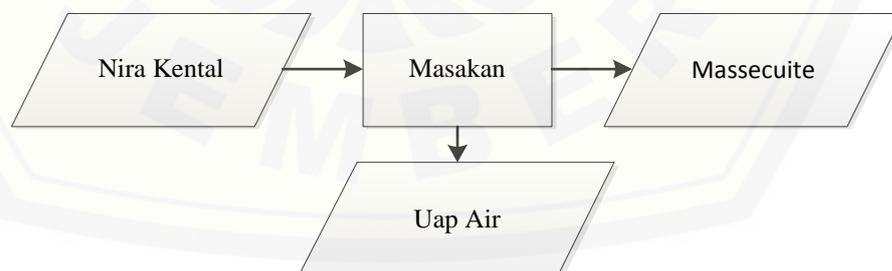
Stasiun pemasakan adalah tempat terjadinya kristalisasi gula. Tujuan dari proses kristalisasi adalah untuk mengkristalisasi gula, dimana kristal yang dibentuk dapat dengan mudah dipisahkan dari kotorannya dalam pemutaran, hingga didapat hasil yang memiliki kemurnian yang tinggi pada waktu mengubah sukrosa dalam larutan

menjadi kristal agar pengambilan gula sebanyak-banyaknya dan sisa gula dalam larutan terakhir (tetes) sekecil-kecilnya. Nira yang berada di stasiun pemasakan dikondisikan hingga lewat jenuh karena kristalisasi dapat terjadi apabila kondisi bahan sudah lewat jenuh. Kondisi lewat jenuh adalah ketika pelarut sudah tidak mampu melarutkan zat terlarut lagi. Jenis masakan gula ada tiga yaitu masakan A, C, dan D. Bahan masakan A adalah nira kental, klare 1, dan bibitan C. Bahan masakan C adalah nira kental, stroop A, dan bibitan D. Bahan Masakan D adalah Fondan, Stroop C, dan Klare III.



**Gambar 2.7** Proses Masakan

Diagram kesetimbangan massa proses produksi gula dapat dilihat pada Gambar 2.8 sebagai berikut:



**Gambar 2.8** Diagram Kesetimbangan Massa Proses Masakan

Input dan output pada proses masakan dapat dilihat pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

**Tabel 2.6** Input dan Output Proses Masakan

Input		Output	
Jenis	Jumlah (kwintal)	Jenis	Jumlah (kwintal)
Nira Kental	2.965	Massecuite	1.915
Jumlah	2.965	Uap Air	1.050
Nira Kental	2.965	Jumlah	2.965

Sumber: Data Diolah (2018)

### 2.3.5 Stasiun Putaran

Proses ini bertujuan untuk memisahkan kristal gula dari larutannya (stroop). PG. Gending melakukan proses pendinginan tanpa adanya *reheater* atau pemanasan kembali sebelum dilakukan pemisahan antara kristal gula dan stroop di stasiun putaran. Operasi kerja putaran ada dua yaitu *Low Grade Fugal* (LGF) dan *High Grade Fugal* (HGF). Mekanisme putaran LGF bekerja dengan menggunakan gaya *centrifugal*, sehingga kristal terlempar menjauhi pusat menuju dinding saringan yang berbentuk. Kemudian gula akan naik dan meluap ke penampung dan larutannya akan melewati saringan dan turun ke bak penampung. Putaran ini digunakan untuk masakan C dan masakan D. Putaran C menghasilkan babonan C dan Stropp C. Putaran D menghasilkan tetes dan gula D1. Gula D1 diputar kembali menghasilkan babonan D dan klare III.

Putaran HGF berfungsi untuk memutar gula A1 dan gula A. Putaran gula A1 menghasilkan gula A dan stroop A. Gula A diputar kembali menghasilkan Klare I dan gula produk SHS. Sedangkan Mekanisme kerja putaran HGF yaitu:

#### 1. Tahap pengisian

Putaran dijalankan dalam keadaan kosong, sebelum bahan masuk dilakukan pembersihan putaran dengan cara di semprot dengan air untuk pembersihan saringan. Pada kecepatan putaran  $\pm 150$  rpm, katub pengisian membuka masakan mengalir masuk kedalam basket sampai ketebalan tertentu, katub pengisian menutup dan rpm putaran naik.

#### 2. Tahap kecepatan

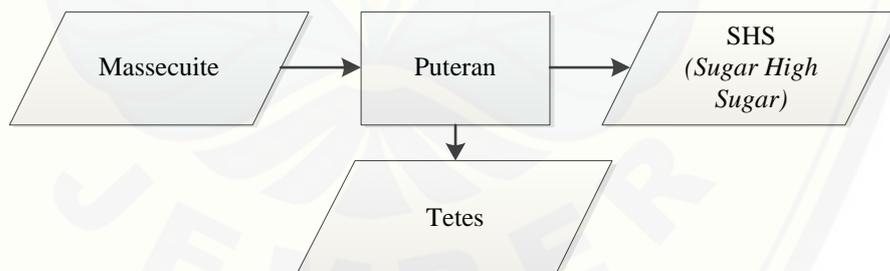
Pada tahap kecepatan mulai naik dilakukan pencucian Kristal dengan air dan pada kecepatan menuju maksimal dilakukan pencucian dengan setum, selanjutnya putaran mulai turun.

### 3. Tahap penurunan

Pada tahap ini kecepatan putar turun sampai  $\pm 50$  rpm, katub pengeluaran membuka, scrapper bekerja untuk menurunkan gula. Kemudian katub pengeluaran menutup kembali, scrapper naik ke posisi semula dan kembali pada tahap permulaan.

Setelah melalui tahap pengolahan tebu menjadi gula selanjutnya tahap pengeringan dan pengemasan. Dilakukan pengeringan karena gula yang keluar dari puteran SHS masih basah dan dilakukan pemisahan gula sesuai ukuran dengan penyaringan talang goyang dan *hammer screen*. Pengeringan bertujuan untuk mendapatkan kristal gula yang kadar airnya rendah (maksimal 0,1 %) sehingga gula tersebut tahan disimpan dalam waktu yang lama. Gula dari puteran SHS turun melalui talang goyang kemudian dibawa ke pengering gula, dilakukan di dalam ruang tertutup dengan dihembuskan udara kering bersuhu  $85^{\circ}\text{C} - 95^{\circ}\text{C}$  dan dihembuskan udara pendingin dari *cooling fan*, hembusan udara kering dengan tekanan  $1 \text{ kg/cm}^2$  dari *forced draft fan*. Kristal yang keluar dari *sugar dryer and cooler* akan dibawa ke saringan gula, untuk pemisahan gula halus, kasar dan lembut.

Diagram kesetimbangan massa proses produksi gula dapat dilihat pada Gambar 2.9 sebagai berikut:



**Gambar 2.9** Diagram Kesetimbangan Massa Proses Puteran

Input dan output pada proses puteran dapat dilihat pada Tabel 2.7 sebagai berikut:

**Tabel 2.7** Input dan Output Proses Puteran

Input		Output	
Jenis	Jumlah (kwintal)	Jenis	Jumlah (kwintal)
Massecuite	1.915	SHS	1.155
		Tetes	760
Jumlah	1.915	Jumlah	1.915

Sumber: Data Diolah (2018)

Gula hasil/produk dikemas dan disimpan dalam gudang. Setelah melauai saringan gula selanjutnya dialirkan ke sugar bin. Sugar bin merupakan tempat menampung kristal gula (produk) untuk dilakukan penimbangan pada *sugar weigher*. Berat gula dalam karung adalah 50 kg. Selain dikemas dalam berat 50 kg, pada PG Gending melakukan pengemasan gula dalam kemasan plastik dengan berat 1 kg.

#### 2.4 Produktivitas

Produktivitas berkaitan antara input dan output dalam produksi. Dimana dalam produktivitas dikenal dengan rasio yang dihasilkan (output) terhadap keseluruhan sumber daya yang digunakan (input) atau secara sederhana merupakan rasio output dibagi dengan input. Menurut Widhiarti (2014), produktivitas merupakan perbandingan antara efektivitas dan efisiensi sumber daya. Efektivitas menggambarkan target yang dapat dicapai secara kuantitas maupun waktu, sedangkan efisiensi merupakan ukuran untuk menggambarkan penggunaan sumber daya masukan (input).

Menurut Summanth (1985), jenis produktivitas dibedakan sebagai berikut:

1. Produktivitas Parsial merupakan perbandingan antara keluaran dengan salah satu faktor masukan. Misal produktivitas tenaga kerja adalah perbandingan antara keluaran dengan masukan tenaga kerja.
2. Produktivitas Dua Faktor merupakan perbandingan antara keluaran bersih dengan masukan tenaga kerja dan masukan kapital, di mana keluaran bersih adalah keluaran total dikurangi jumlah nilai barang dan jasa yang dibeli.

3. Produktivitas Total merupakan perbandingan antara keluaran total terhadap masukan total. Pengukuran produktivitas total mengetahui dampak penggunaan semua input secara bersama dalam menghasilkan suatu output.

Menurut Reksohadiprojo (1989), faktor yang mempengaruhi produktivitas secara umum antara lain:

a. Faktor tenaga kerja

Tenaga kerja dalam produktivitas merupakan faktor yang sangat penting, karena dengan tenaga kerja yang baik akan meningkatkan semangat untuk bekerja.

b. Faktor energi

Energi juga berpengaruh terhadap pencapaian produktivitas dalam perusahaan, karena dengan adanya energi yang tersedia dan juga mudah dalam perolehannya maka perusahaan akan lebih cepat memproduksi barang yang akan diproduksi.

c. Faktor modal

Modal merupakan faktor dominan dalam pencapaian sasaran produktivitas yaitu berupa investasi awal seperti mesin, gedung, peralatan serta bahan baku.

d. Faktor metode atau proses

Metode berpengaruh pada perencanaan tata ruang tugas dan produksi serta pengawasan produksi.

e. Faktor lingkungan baik internal maupun eksternal

Faktor tersebut meliputi organisasi dan sistem manajemen, kondisi kerja, kondisi ekonomi dan perdagangan serta sosial dan politik.

Menurut Al-Darrab di dalam Ghandi (2006), produktivitas dapat ditingkatkan dengan melakukan perbaikan sumber daya secara efektif dan efisien untuk menghasilkan output. Dalam meningkatkan produktivitas dapat dilakukan dengan penerapan teknologi yang tepat untuk meningkatkan output dan mengurangi input melalui kegiatan minimasi limbah. Menurut Sumanth (1985), konsep siklus produktivitas terdiri dari empat tahap utama diantaranya pengukuran produktivitas, evaluasi produktivitas, perencanaan produktivitas dan peningkatan produktivitas.

Peningkatan produktivitas menurut Dewan Produktivitas Nasional RI (1983) dapat dilihat dalam tiga bentuk :

- a. Jumlah keluaran (output) dalam mencapai tujuan meningkat dengan menggunakan sumber daya (input) yang sama
- b. Jumlah keluaran (output) dalam mencapai tujuan sama atau meningkat dicapai dengan menggunakan sumber daya (input) yang lebih sedikit.
- c. Jumlah keluaran (output) dalam mencapai tujuan yang jauh lebih besar diperoleh dengan penambahan sumber daya (input) yang relatif lebih kecil.

Metode konvensional yang sering digunakan dalam penelitian untuk mengukur produktivitas pada industri yaitu metode OMAX (*Objective Matrix*). Metode OMAX yaitu sistem pengukuran produktivitas parsial untuk memantau produktivitas di perusahaan. Penerapan metode OMAX memungkinkan perusahaan menjalankan aktivitas-aktivitas perencanaan, pengukuran, penilaian dan peningkatan produktivitas. Menurut Nasution (2006) aspek penting dalam peningkatan produktivitas menggunakan OMAX yaitu kesadaran (*awareness*) meliputi mengerti masalah produktivitas, kemungkinan peningkatan produktivitas, mampu meningkatkan produktivitas serta *improvement* (peningkatan) yaitu mampu menjalankan perbaikan untuk meningkatkan produktivitas.

### **2.5 Green Productivity**

Menurut APO (2008), *Green Productivity* merupakan salah satu pendekatan yang dapat meningkatkan produktivitas dari perusahaan dan performansi lingkungan secara bersamaan untuk pembangunan sosial ekonomi secara menyeluruh. *Green Productivity* merupakan aplikasi alat, teknik-teknik, dan metodologi dari produktivitas dan manajemen lingkungan untuk menurunkan dampak lingkungan dari kegiatan industri. Pendekatan *green productivity* bertujuan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) sehingga terjadi *eco-efficiency* yang dapat memenuhi kebutuhan untuk generasi kedepan.

Menurut Marimin (2015) dalam pelaksanaan *green productivity* terdapat 3 kunci utama dalam penentuan keberhasilan produktivitas hijau diantaranya adalah

strategi, produktivitas, dan pencapaian lingkungan. Produktivitas hijau mengacu pada kesadaran akan lingkungan dan penggunaan sumberdaya secara makro, baik ekonomi, industri maupun sektoral. Penggunaan sumberdaya yang berlebihan, pembentukan polusi atau limbah yang dihasilkan menunjukkan rendahnya kinerja lingkungan. Pendekatan produktivitas hijau menjadi kunci untuk memperbaiki kegiatan pada industri melalui pemanfaatan yang lebih baik dari sumber daya dan material untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan sumberdaya yang berlebihan atau limbah yang dihasilkan menjadi indikator terjadinya produktivitas yang rendah sekaligus kinerja lingkungan yang rendah.

Menurut Marimin (2015), karakteristik dari produktivitas hijau adalah strategi yang mengarah pada profitabilitas melalui peningkatan produksi dan kinerja lingkungan. Konsep *green productivity* merupakan penerapan dengan konsep penggunaan sumber daya yang lebih efisien dalam pemanfaatan semua sumber daya yang terlibat, serta memastikan bahwa semua output memiliki tujuan penggunaan. Konsep produktivitas hijau merupakan konsep yang mencakup suatu hierarki perbaikan.

### **2.6 Green Value Stream Mapping**

Pemetaan nilai aliran hijau atau dikenal *Green Value Stream Mapping* (GVSM) merupakan *tools* yang memaparkan aliran nilai pada tujuh sumber pembangkit limbah (energi, air, material, sampah, transportasi, emisi dan biodiversitas). Pada penelitian Marimin (2013), Bahara (2015) dan Fitri (2015) digunakan sebuah metode GVSM untuk memetakan aliran proses yang terjadi. Metode ini dikembangkan dari *Value Stream Mapping* (VSM) atau yang disebut peta aliran nilai. Konsep GVSM dipetakan dengan memperhatikan aspek lingkungan. Metode ini dikembangkan oleh Wills (2009) dengan prinsip *green intentions* yang dikenal dengan tujuh sumber pembangkit limbah yang terdiri dari pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi, dan biodiversitas.

Menurut Wills (2009) diketahui tujuh sumber pembangkit yang dijelaskan dalam Tabel 2.8 sebagai berikut:

**Tabel 2.8** Definisi Tujuh Sumber Pembangkit Limbah

<b>Limbah</b>	<b>Definisi Limbah</b>
Energi	Biaya untuk mengkonsumsi total energi selama proses
Air	Biaya yang dibayarkan untuk mengkonsumsi air selama proses
Material	Penggunaan bahan-bahan yang dirancang menjadi produk yang dibuang ke TPA namun dapat digunakan kembali
Sampah	Biaya yang dibayarkan untuk bahan yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan jika langsung dibuang
Transportasi	Biaya untuk penggunaan bahan bakar untuk menghubungkan antar stasiun kerja
Emisi	Biaya yang terkait bila menghasilkan polutan secara langsung
Biodiversitas	Biaya yang berkaitan dengan kerukana flora, fauna, dan organisme akibat pembangunan infrastruktur.

Sumber: Wills (2009)

### **2.7 Analytic Hierarchy Process (AHP)**

Menurut Saaty (1983) bahwa metode *Analytic Hierarki Process* (AHP) dikembangkan oleh Dr. Thomas L. Saaty dari *Wharton School of Business* pada tahun 1970-an untuk mengorganisir informasi dan pendapat ahli (*judgment*) dalam memilih alternatif yang paling disukai. AHP digunakan untuk menyelesaikan suatu persoalan yang digambarkan dalam suatu kerangka pemikiran yang terorganisir, sehingga dapat diekspresikan untuk mengambil keputusan yang efektif atas persoalan tersebut.

Menurut Marimin (2014) bahwa prinsip kerja AHP adalah penyederhanaan suatu persoalan kompleks, tidak terstruktur, strategik dan dinamik menjadi sebuah bagian-bagian yang tertata dalam suatu diagram bertingkat (hierarki). Hierarki merupakan suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang kemudian diikuti dengan level selanjutnya faktor, kriteria, sub kriteria dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir yaitu alternatif.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Marimin (2013) yaitu peningkatan produktivitas pada proses budidaya karet alam menggunakan metode AHP untuk menemukan alternatif dari sebuah permasalahan. Pada kasus ini struktur hierarki permasalahan penentuan alternatif dan skala prioritas digunakan untuk mengidentifikasi dan menemukan alternatif dalam peningkatan produktivitas pada proses budidaya karet alam. Strategi yang menjadi alternatif dalam peningkatan produktivitas pada proses budidaya karet alam yaitu memanfaatkan sampah hasil proses budidaya, melakukan substitusi sebagian penggunaan pestisida nabati, melakukan substitusi sebagian penggunaan pupuk organik dan hayati serta menerapkan kegiatan semi intensif dengan melakukan penanaman kembali atau *replanting* untuk tanaman yang berproduksi rendah.

Metode AHP juga dilakukan pada penelitian Marimin (2003) yaitu peningkatan produktivitas proses produksi karet alam PT. XYZ. Alternatif yang terpilih dalam peningkatan produktivitas proses produksi karet alam yaitu penggunaan air kembali (*reuse*). Berdasarkan penelitian yang dilakukan tujuan yang ingin dicapai dalam peningkatan produktivitas proses produksi karet alam PT. XYZ yaitu memaksimalkan keuntungan dengan aktor yang paling berperan yaitu industri hilir.

Hasil penelitian yang dilakukan Suryaningrat dan Fianeka (2017) dalam pengembangan strategi proses pemilihan unit penggilingan padi menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan kasus agroindustri di Indonesia. Dalam penelitian ini dijelaskan bahwa kurangnya pasokan padi, teknologi, dukungan modal, konversi lahan pertanian adalah masalah umum Teknologi penggilingan yang memadai, potensi besar untuk tumbuh, jaringan dan sumber daya keuangan terbatas adalah masalah umum yang dihadapi oleh skala menengah RMU. Dalam skala besar RMU, sebagian besar memiliki dukungan finansial yang kuat, tetapi ketersediaan bahan baku dalam jumlah besar masih menjadi masalah. Hasil lain menjelaskan bahwa masalah teknis dan ekonomi merupakan faktor penting untuk program pemerintah dalam penggilingan padi yang membutuhkan lebih banyak perhatian.

Metode AHP digunakan untuk memilih strategi yang sesuai. Metode AHP untuk digunakan dalam proses seleksi skala pengembangan hidropower yang paling tepat untuk Nepal. Pendekatan AHP juga digunakan untuk memilih strategi untuk pengelolaan penggerek batang padi di Iran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan strategi yang tepat dalam proses seleksi. RMU di beberapa daerah produksi beras menggunakan metode AHP dan mengelaborasi rekomendasi untuk skala RMU yang paling tepat di daerah produksi beras. Rekomendasi ini akan digunakan untuk proses pengambilan keputusan kebijakan pemerintah.

Dalam Penyusunan hierarki dimulai dari permasalahan yang kompleks yang diuraikan menjadi elemen pokoknya, elemen pokok ini diuraikan lagi ke dalam bagian – bagiannya lagi dan seterusnya secara hierarkis. Susunan hierarki terdiri dari *goal*, kriteria dan *alternative* yang digambarkan dalam diagram untuk mempresentasikan keputusan. Alternatif yang tersedia dalam membuat keputusan terlihat pada level yang paling bawah. Persoalan yang akan diselesaikan, diuraikan menjadi unsur-unsurnya, yaitu kriteria dan alternatif, kemudian disusun menjadi suatu struktur hierarki. Langkah-langkah AHP diantaranya :

1. Identifikasi faktor penyebab

Elemen-elemen sistem dapat diidentifikasi berdasarkan kemampuan analisis untuk menemukan unsur- unsur yang dapat dilibatkan dalam suatu sistem. Identifikasi sistem dilakukan dengan mempelajari literatur dan berdiskusi dengan para pakar untuk memperkaya ide dan konsep yang relevan dengan masalah.

2. Penyusunan hierarki

Hierarki merupakan abstraksi struktur suatu sistem yang mempelajari fungsi interaksi antar elemen-elemen dan dampaknya terhadap suatu sistem. Hierarki pada penelitian ini terdiri dari lima tingkatan. Tingkat pertama merupakan focus, tingkat kedua merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi, tingkat ketiga adalah aktor-aktor yang berperan, tingkat keempat yaitu tujuan-tujuan yang ingin dicapai, dan tingkat kelima terdiri dari pilihan alternatif strategi yang ditawarkan.

### 3. Menyusun matriks perbandingan berpasangan

Matriks perbanding berpasangan dimulai dari puncak hierarki untuk fokus G, yang merupakan dasar untuk melakukan perbandingan antar unsur yang terkait yang ada di tingkatan selanjutnya. Perbandingan berpasangan yang pertama dilakukan pada unsur tingkat kedua (F1, F2, hierarki (tingkat pertama)).

### 4. Mengumpulkan semua pertimbangan yang diperlukan untuk mengembangkan perangkat matriks pada langkah yang ketiga.

Setelah matriks perbandingan berpasangan antar unsur dibuat, kemudian dilakukan perbandingan berpasangan antara setiap unsur pada kolom ke- $i$  dengan setiap unsur pada baris ke- $j$  yang berhubungan dengan fokus G. Untuk mengisi matriks banding berpasangan, digunakan Skala banding mulai 1-9 pada Tabel 2.9. Skala tersebut menggambarkan kepentingan relatif suatu unsur terhadap unsur lainnya sehubungan dengan sifat atau kriteria tertentu. Pengisian matriks hanya pada bagian diatas pada garis diagonal dari kiri atas ke kanan bawah.

**Tabel 2.9** Skala perbandingan nilai

Nilai	Keterangan
1	Kedua elemen sama petingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen lainnya
5	Elemen yang satu jelas lebih penting dari elemen lainnya
7	Elemen yang satu sangat jelas lebih penting daripada elemen yang lain
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting daripada elemen yang lain
2,4,6,8	Dua elemen memiliki nilai yang berdekatan. Apabila ragu-ragu antara dua elemen yang berdekatan
1/(1-9)	Kebalikan dari nilai tingkat kepentingan dari skala 1-9

Sumber: Saaty (1993)

### 5. Memasukkan nilai kebalikannya beserta nilai bilangan 1 sepanjang diagonal utama, prioritas dicari dan konsistensi diuji

Angka 1 sampai 9 digunakan bila  $F_i$  lebih mendominasi atau mempengaruhi sifat G dibandingkan dengan  $F_j$ . Sedangkan bila  $F_i$  kurang mendominasi atau kurang mempengaruhi sifat G dibandingkan  $F_j$  maka digunakan angka kebalikannya. Matriks dibawah garis diagonal utama diisi

dengan nilai-nilai kebalikannya.

6. Melakukan langkah 3, 4, dan 5 untuk semua tingkat dan gugusan dalam hierarki tersebut

Perbandingan dilanjutkan untuk semua unsur pada setiap tingkat keputusan yang terdapat pada suatu hierarki, dengan kriteria unsur di atasnya. Matriks perbandingan dalam metode AHP dibedakan menjadi Matriks Pendapat Individu (MPI) dan Matriks Pendapat Gabungan (MPG). MPI adalah matriks perbandingan yang dilakukan oleh individu. MPI memiliki unsur yang disimbolkan dengan  $a_{ij}$  yaitu unsur Matriks pada baris ke- $i$  dalam kolom ke- $j$  (Tabel 2.10). MPG adalah susunan matriks baru (Tabel 2.11) yang unsurnya ( $g_{ij}$ ) berasal dari rata-rata geometrik pendapat-pendapat individu/pakar yang rasio inkonsistensinya lebih kecil atau sama dengan 10%, dan setiap unsur pada baris dan kolom yang sama dari MPI yang satu dengan MPI yang lain tidak terjadi konflik. Nilai pada MPI dapat diubah-ubah individu/pakar yang bersangkutan hingga diperoleh hasil yang memuaskan, namun jika ada MPI yang tidak memenuhi persyaratan rasio inkonsistensi maka MPI tersebut tidak diikutkan dalam analisis.

**Tabel 2.10** Matriks pendapat individu

G	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>		A <sub>n</sub>
a <sub>1</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>		a <sub>1n</sub>
a <sub>2</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>		a <sub>2n</sub>
a <sub>3</sub>	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>		a <sub>3n</sub>
A <sub>n</sub>	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	a <sub>n3</sub>		a <sub>nn</sub>

**Tabel 2.11** Matriks pendapat gabungan

G	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>		G <sub>n</sub>
g <sub>1</sub>	g <sub>11</sub>	g <sub>12</sub>	g <sub>13</sub>		g <sub>1n</sub>
g <sub>2</sub>	g <sub>21</sub>	g <sub>22</sub>	g <sub>23</sub>		g <sub>2n</sub>
g <sub>3</sub>	g <sub>31</sub>	g <sub>32</sub>	g <sub>33</sub>		g <sub>3n</sub>
G <sub>n</sub>	G <sub>n1</sub>	G <sub>n2</sub>	G <sub>n3</sub>		g <sub>nn</sub>

7. Mensintesis prioritas untuk melakukan membotkan vektor-vektor prioritas.

Menggunakan komposisi secara hierarki (sintesis) untuk membotkan vektor-vektor prioritas dengan bobot kriteria-kriteria dan menjumlahkan semua

nilai prioritas terbobot yang bersangkutan dengan nilai prioritas dari tingkat bawah berikutnya dan seterusnya. Hasilnya adalah vektor prioritas menyeluruh untuk tingkat hierarki paling bawah. Pengolahan matriks pendapat terdiri dari dua tahap yaitu pengolahan horizontal dan pengolahan vertikal. Kedua jenis pengolahan tersebut dilakukan untuk MPI dan MPG. Pengolahan vertikal dilakukan setelah MPI dan MPG diolah secara horizontal, dimana MPI dan MPG harus memenuhi persyaratan inkonsistensi.

Jika responden (pakar) yang digunakan lebih dari satu orang, maka pendapat dari masing-masing pakar perlu dilakukan agregasi untuk membentuk matriks pendapat gabungan. Matriks pendapat gabungan merupakan matriks baru yang elemen-elemennya berasal dari rata-rata gabungan matriks elemen pendapat individual. Model matematika dalam penyusunan matriks pendapat gabungan adalah sebagai berikut:

$$G_{ij} = \sqrt[m]{\prod_{k=1}^m a_{ij}(k)}$$

Keterangan:

$G_{ij}$  = unsur MPG baris ke-i, kolom ke-j.

$a_{ij}(k)$  = unsur baris ke-i, kolom ke-j dari MPI ke-k

$k$  = indeks MPI dari individu ke-k yang memenuhi persyaratan

$\prod_{k=1}^m$  = perkalian dari unsur k=1 sampai k=m

#### a. Pengolahan Horizontal

Pengolahan secara horizontal menunjukkan prioritas suatu elemen dalam satu tingkat terhadap elemen lain pada tingkat di atasnya. Terdiri dari tiga bagian yaitu penentuan vektor prioritas (vektor eigen), uji konsistensi, dan revisi MPI dan MPG yang memiliki rasio inkonsistensi tinggi. Rumus-rumus yang digunakan adalah :

##### 1. Perkalian Baris

$$Z_{ij} = \sqrt[n]{\pi_{j=1}^n a_{ij}}$$

Keterangan:

$Z_i$  = unsur pendapat gabungan

$i, j = 1, 2, 3 \dots, n$

$n$  = jumlah unsur

2. Perhitungan vektor prioritas (VP) atau eigen vektor,

$$VP_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}$$

Keterangan :

$VP_i$  = elemen vektor prioritas ke- $i$

$a_{ij}$  = penilaian berpasangan elemen ke- $i$  terhadap elemen ke- $j$

3. Perhitungan nilai eigen maksimum ( $\lambda_{max}$ )

$VA = a_{ij} \times VP$  dengan  $VA = (V_{ai})$

$VB = VA/VP$  dengan  $VB = (V_{bi})$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

4. Perhitungan indeks inkonsistensi (CI) dan rasio inkonsistensi (CR)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Keterangan

CI = Consistency Index

CR = Consistency Ratio

RI = Random Index

RI merupakan indeks acak (*random index*). Nilai rasio inkonsistensi (CR) yang lebih kecil atau sama dengan 0,1 merupakan nilai yang mempunyai tingkat konsistensi yang baik dan dapat dipertanggungjawabkan. Hal ini disebabkan karena CR merupakan tolak ukur bagi konsisten atau tidaknya suatu hasil perbandingan berpasangan dalam suatu matriks pendapat.

**Tabel 2.12** Nilai Random Index (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber : Saaty (1993)

#### b. Pengolahan vertikal

Pengolahan vertikal menunjukkan prioritas setiap elemen terhadap elemen yang lainnya dalam satu tingkatan. Pengolahan vertikal dilakukan dengan menyusun prioritas pengaruh setiap unsur pada tingkat hierarki keputusan tertentu terhadap sasaran utama atau fokus. Maka model matematika pengolahan vertikal yaitu:

$$NP_{pq} = \sum_{t=1}^s NPHpq(t, q-1) \cdot NPTt(q-1)$$

Keterangan :

$NPHpq(t, q-1)$  = nilai prioritas pengaruh unsur ke-p tingkat ke-q terhadap unsur ke-t pada tingkat di atasnya (q-1), nilai diperoleh dari pengolahan horizontal

$NPTt(q-1)$  = nilai prioritas pengaruh unsur ke-t pada tingkat ke-(q-1) terhadap sasaran utama

r = jumlah unsur yang ada pada tingkat ke-q

s = jumlah unsur yang ada pada tingkat ke-(q-1)

q = tingkat atau level dalam hierarki.

Tahap ini dilakukan dengan mengalikan setiap indeks konsistensi dengan prioritas-prioritas kriteria yang bersangkutan dan menjumlahkan hasil kalinya. Hasil ini dibagi dengan pernyataan sejenis yang menggunakan indeks konsistensi acak, yang sesuai dengan dimensi masing-masing matriks. Dengan cara yang sama setiap indeks konsistensi acak juga dibobot berdasarkan prioritas kriteria yang bersangkutan dan hasilnya dijumlahkan. Rasio inkonsistensi harus bernilai kurang dari atau sama dengan 10%. Jika rasio inkonsistensi mempunyai nilai yang lebih besar dari 10%, maka informasi harus ditinjau kembali dan diperbaiki.

Menurut Saaty (1991) Tingkat kepentingan setiap variabel diberi nilai numerik secara subjektif tentang arti penting variabel tersebut secara relatif dibandingkan dengan variabel lain. Dari berbagai pertimbangan tersebut kemudian dilakukan sintesa untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas tinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil pada sistem tersebut. Tingkat inkonsistensi adalah lebih kecil atau sama dengan 10%. Apabila diperoleh nilai yang lebih besar dari 10% maka dilakukan pengulangan atau melakukan proses autokoreksi.



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pengamatan selama kegiatan musim giling di PG. Gending mulai dari bulan Mei hingga Agustus 2018 di Pabrik Gula Gending, Kabupaten Probolinggo.

### 3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan dalam peningkatan produktivitas proses produksi gula dengan pendekatan *green productivity* di PG. Gending. Secara umum penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap diantaranya sebagai berikut:

1. Identifikasi permasalahan dan penetapan tujuan penelitian

Tahapan ini merupakan tahapan awal dalam pelaksanaan penelitian yang mencakup pengamatan langsung (observasi), wawancara mendalam (*depth interview*), serta suvey pakar atau *stakeholder* di PG. Gending Probolinggo.

2. Pengumpulan data dan informasi

Tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan meliputi data kuantitatif dan kualitatif dalam bentuk data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara dan diskusi. Data sekunder diperoleh dari studi pustaka, data yang terkait di lapang serta penelusuran data pada instansi terkait.

3. Analisis tahapan proses produksi

Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber-sumber pembangkit limbah pada setiap tahapan proses menggunakan *Green Value Stream Mapping (GVSM)*. Kemudian tujuh sumber pembangkit limbah digolongkan ke dalam variabel GPI (*Green Productivity Index*) untuk mengidentifikasi indikator lingkungan selama produksi berlangsung. Selain itu juga dilakukan analisis indikator ekonomi pada saat produksi gula berlangsung.

4. Perhitungan Indeks Produktivitas Hijau (GPI)

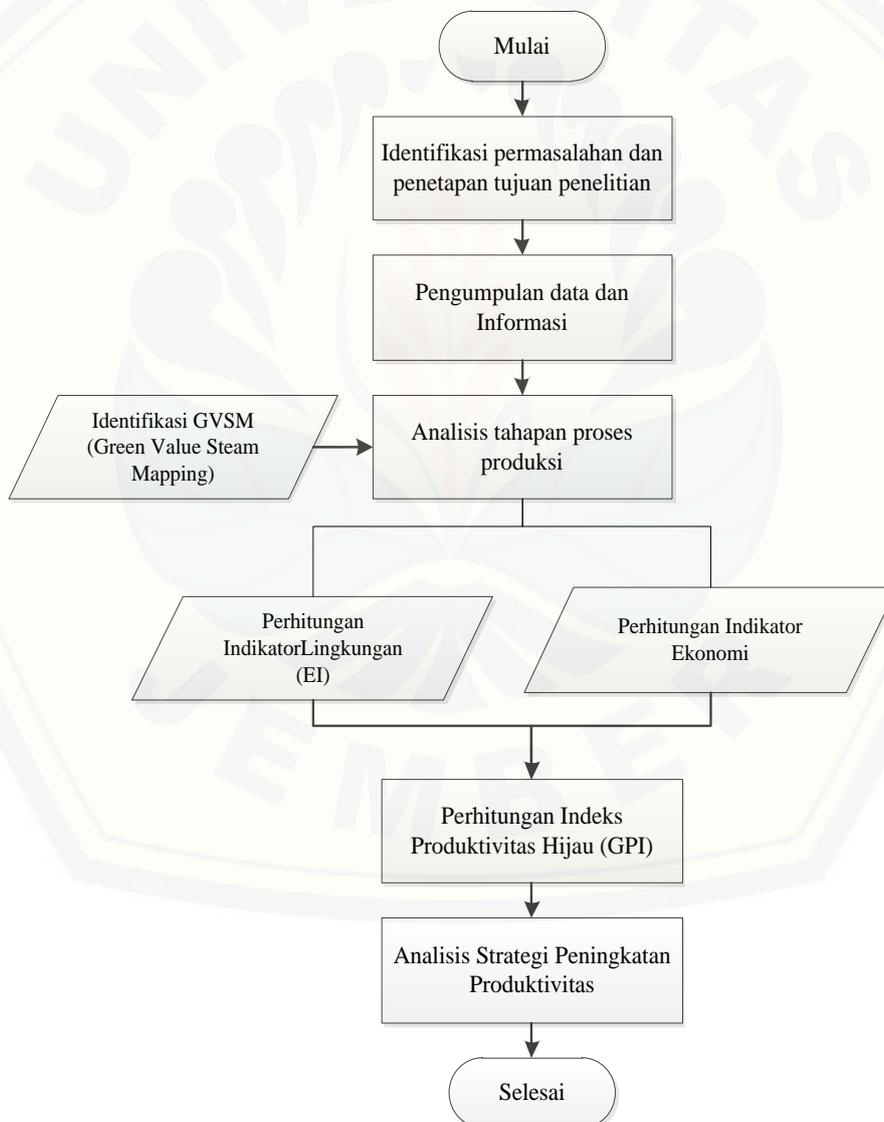
Tahapan ini bertujuan untuk memperoleh nilai Indeks Produktivitas Hijau yang merupakan rasio antara tingkat produktivitas (indikator ekonomi) terhadap

indikator lingkungan (EI) selama produksi gula berlangsung di PG. Gending Probolinggo.

#### 5. Strategi Peningkatan Produktivitas

Strategi peningkatan produktivitas menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan menggunakan kuisisioner yang berdiskusi langsung dengan pakar. Alternatif strategi yang diperoleh menjadi salah satu rekomendasi dalam meningkatkan produktivitas di PG. Gending.

Secara umum tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan meliputi data kuantitatif dan kualitatif dalam bentuk data primer dan sekunder. Data didapatkan melalui wawancara mendalam (*depth interview*), pengamatan langsung (observasi) di PG. Gending Kabupaten Probolinggo dan dokumentasi kegiatan. Pada penelitian ini menggunakan pakar atau *stakeholder* dalam penentuan strategi peningkatan produktivitas meliputi manajer pengolahan di PG. Gending, praktisi gula (standarisasi produk) di PG. Gending, dosen ahli dalam gula dan dinas pertanian.

**Tabel 3.1** Pengumpulan data dan informasi

No	Tujuan	Data/Informasi	Sumber pengambilan data	Metode pengumpulan data
1.	Mengamati proses produksi gula	Proses produksi gula di Pabrik	Manajer pengolahan dan pekerja	Studi lapang, wawancara
		Data spesifikasi mesin dan peralatan produksi	Manajer pengolahan dan pekerja	Studi lapang, wawancara
		Data jumlah produksi gula setiap hari	Manajer pengolahan dan pekerja	Studi lapang, wawancara
2.	Mengamati <i>seven green wastes</i> yang terjadi selama proses produksi	Data penggunaan air setiap produksi	Manajer pengolahan dan pekerja	Studi lapang, wawancara
		Data penggunaan energi setiap produksi	Manajer teknik	Studi lapang, wawancara
		Data penggunaan material setiap produksi	Manajer pengolahan dan pekerja	Studi lapang, wawancara
		Data sampah yang dihasilkan setiap produksi	Manajer pengolahan dan pekerja	Studi lapang, wawancara
		Data penggunaan energi dan emisi yang dihasilkan setiap produksi	Manajer pengolahan dan Manajer teknik	Studi lapang, wawancara
		Data jarak antar stasiun kerja	Pekerja	Studi lapang
		Data biaya produksi setiap bulan	Manajer	Wawancara

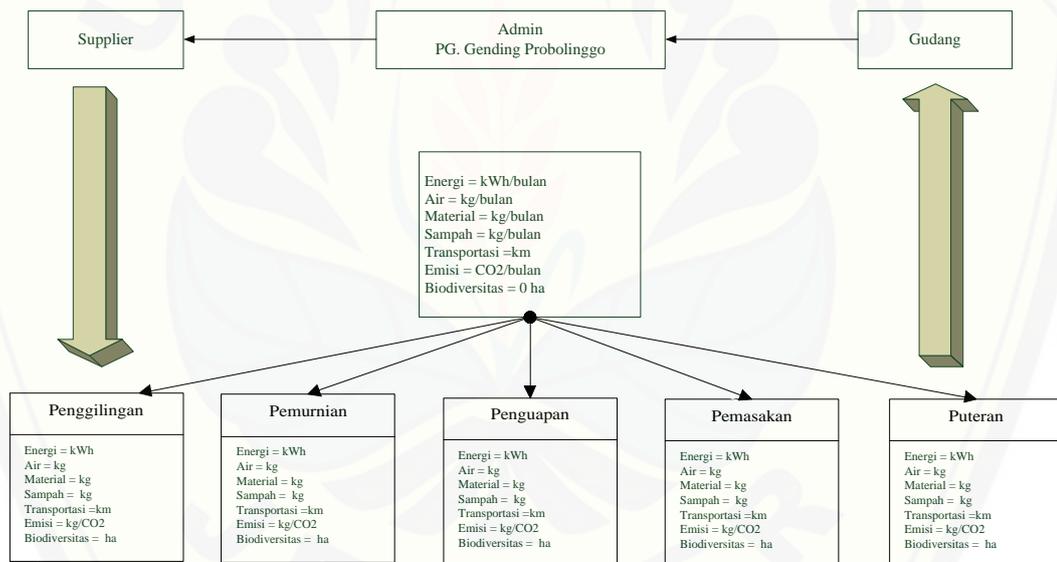
Daftar pertanyaan pada saat wawancara pengambilan data dapat dilihat pada **Lampiran 1** dan kuisioner menggunakan metode AHP pada **Lampiran 7**.

### 3.4 Analisis Data

#### 3.4.1 Mengidentifikasi tujuh sumber pembangkit limbah

Pemetaan nilai aliran hijau atau dikenal *Green Value Stream Mapping* (GVSM) merupakan *tools* yang memaparkan aliran nilai pada tujuh sumber pembangkit limbah (energi, air, material, sampah, transportasi, emisi dan biodiversitas). Pemetaan GVSM mengidentifikasi tahapan produksi gula meliputi penggilingan, pemurnian, penguapan, masakan dan puteran.

Berikut merupakan pemetaan nilai aliran hijau pada produksi gula yang digambar pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



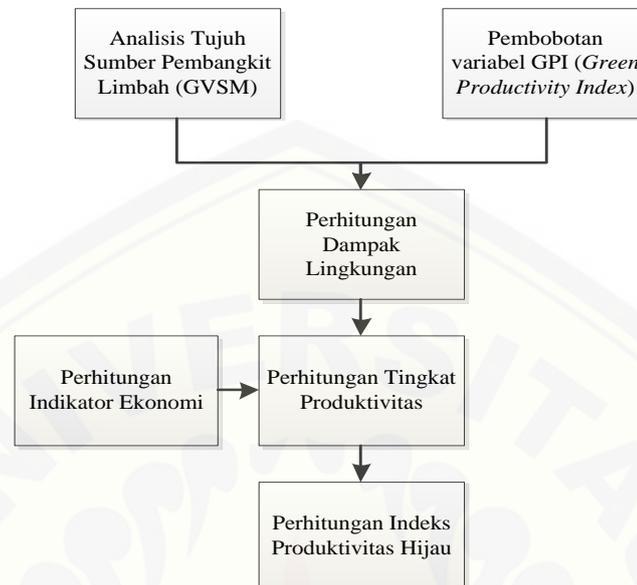
**Gambar 3.2** Pemetaan Nilai Aliran Hijau atau *Green Value Steam Mapping*

#### Proses Produksi Gula

#### 3.4.2 Menganalisis produktivitas hijau

Produktivitas merupakan suatu perbandingan antara output dengan input. Tinggi rendahnya suatu produktivitas berkaitan dengan efisiensi dari sumber-sumber daya (input) dalam menghasilkan suatu produk atau jasa (output). Pengukuran produktivitas dapat dilakukan untuk memperbaiki sumber daya secara efektif dan efisien untuk ditingkatkan sehingga menghasilkan output yang

diinginkan. Tahap pengukuran produktivitas hijau awal disajikan pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



**Gambar 3.3** Tahapan perhitungan indeks produktivitas hijau (GPI)

Menurut Wills (2009) Pemetaan aliran proses dilakukan untuk mengidentifikasi timbulnya sumber-sumber pembangkit limbah pada kegiatan produksi yang mengakibatkan penurunan produktivitas industri. Pada GVSM (*Green Value Stream Mapping*) diidentifikasi tujuh sumber pembangkit limbah yang terdiri dari pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi dan biodiversitas.

#### 1. Perhitungan Dampak Lingkungan

Nilai dampak lingkungan (*Environmental impact*) diperoleh dari total hasil analisis ketujuh sumber pembangkit limbah yang didapatkan dari peta aliran material hijau kemudian digolongkan ke dalam variabel GPI (*Green Productivity Index*). Bobot GPI ditentukan berdasarkan hasil analisis para pakar dunia yang terangkum dalam *Environmental Sustainability Index* (ESI). Penggunaan ESI sebagai dasar pembobotan dampak lingkungan (EI) mengacu pada penelitian Ghandi (2006)

**Tabel 3.2** Bobot Indikator dalam ESI 2005

Kesetaraan Indikator ESI	Bobot dalam ESI
Kualitas udara	0,05
Emisi gas rumah kaca	0,05
Penurunan tingkat polusi udara	0,05
Kualitas air	0,05
Kuantitas air	0,05
Penurunan jumlah <i>waste</i> padat dan konsumsi material	0,05
Penurunan tingkat polusi air	0,05

Sumber: *Yale Center for Environmental Law and Policy Report (2005)*

Dampak Lingkungan didefinisikan sebagai penjumlahan bobot variabel lingkungan indeks produktivitas hijau (GPI) dari kegiatan proses produksi dengan persamaan:

$$EI = w_1GWG + w_2WC + w_3SWG + w_3WWG$$

Keterangan:

$w_1, w_2, w_3$  : bobot masing-masing indikator GPI

GWG : pembangkit limbah gas (*gaseous wastes generation*)

WC : konsumsi air (*water consumption*)

SWG : pembangkit limbah padat (*solid wastes generation*)

WWG : pembangkit limbah cair (*water wastes generation*)

Nilai emisi dalam penelitian ini berdasarkan penggunaan listrik pada saat kegiatan produksi berlangsung. Sebagian besar mesin dan peralatan yang berada di pabrik selama kegiatan produksi berlangsung menggunakan energi listrik untuk menunjang kegiatan selama produksi gula berlangsung.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan emisi sebagai berikut:

$$CO_2 (kg) = \frac{\text{Jumlah pemakaian listrik (kWH)} \times \text{faktor konversi}}{1000}$$

keterangan:

Faktor konversi = 0,891 kg/kWH

sumber: Surat Menteri ESDM No. 3783/21/600.5/2008

## 2. Indikator Ekonomi

Menurut Marimin,dkk (2005) indikator ekonomi merupakan rasio antara harga jual dengan biaya produksi yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk. Harga jual produk merupakan harga jual produk yang dihasilkan. Biaya produksi diperoleh dari biaya yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk. Dalam perhitungan indikator ekonomi basis yang digunakan yaitu kg atau ton dalam menghasilkan produk. Persamaan untuk menghitung indikator ekonomi diperoleh sebagai berikut.

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Pendapatan}}{\text{Total Biaya}}$$

## 3. Indeks Produktivitas Hijau (GPI)

*Green Productivity Indeks* (GPI) merupakan rasio antara tingkat produktivitas (indikator ekonomi) terhadap dampak lingkungan (EI) pada proses produksi. Maka diperoleh persamaan sebagai berikut

$$\text{GPI} = \frac{\text{Indikator Ekonomi}}{\text{Dampak Lingkungan}}$$

### 3.4.3 Strategi Peningkatan Produktivitas

Peningkatan produktivitas dilakukan setelah pengukuran indeks produktivitas hijau kemudian dilakukan penentuan strategi dalam peningkatan produktivitas. Menurut Marimin (2010), penentuan strategi menggunakan metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*) untuk memilih alternatif strategi yang terbaik serta mengetahui permasalahan yang bersifat kompleks untuk dikaji sehingga dihasilkan informasi yang lengkap mengenai permasalahan yang terjadi. Metode AHP digunakan untuk membobot alternatif strategi yang dilakukan oleh pakar sehingga dapat diketahui alternatif yang tepat sebagai strategi dalam perbaikan produktivitas di industri.

Tahapan metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*) adalah sebagai berikut:

#### 1. Menyusun hierarki

Penyusunan struktur hierarki dimulai dari penetapan tujuan utama sebagai level 1 yaitu fokus. Selanjutnya penyusunan level hierarki sebagai pertimbangan untuk menilai alternatif. Menurut Marimin (2010) struktur AHP dalam strategi peningkatan produktivitas terdiri dari atas lima level yaitu fokus, faktor, aktor, tujuan dan alternatif.

## 2. Membuat matriks perbandingan berpasangan

Matriks perbandingan berpasangan menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap level yang setingkat di atasnya. Perbandingan dilakukan berdasarkan penilaian dari pengambilan keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Struktur matriks perbandingan berpasangan disajikan pada Tabel 3.3 sebagai berikut

**Tabel 3.3** Matriks perbandingan berpasangan

<b>Kriteria</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>...</b>	<b>Fn</b>
F1	F11	F12	...	Fn1
F2	F21	F22	...	Fn2
...	...	...	...	...
Fn	Fn1	Fn2	...	Fnn

Sumber: Saaty (1993)

Keterangan:

$F_i, F_j$  = Elemen ke-i atau ke-j terkait kriteria

$i, j$  = 1,2,...,n adalah indeks elemen yang terdapat pada tingkat yang sama dan secara bersamaan terkait dengan kriteria

$F_{ij}$  = Angka yang diberikan dengan membandingkan elemen ke-i dengan elemen ke-j sehubungan dengan kriteria

## 3. Melakukan perbandingan berpasangan

Prinsip perbandingan berpasangan yaitu membuat penilaian perbandingan tentang kepentingan relatif dua elemen untuk menghasilkan bobot dan prioritas. Menurut Saaty (1993) skala penilaian perbandingan berpasangan adalah ordinal yaitu skala 1 sampai 9 dalam mengekspresikan pendapat pakar yang disajikan pada Tabel 3.4 sebagai berikut:

**Tabel 3.4** Skala perbandingan nilai

Nilai	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen lainnya
5	Elemen yang satu jelas lebih penting dari elemen lainnya
7	Elemen yang satu sangat jelas lebih penting daripada elemen yang lain
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting daripada elemen yang lain
2,4,6,8	Dua elemen memiliki nilai yang berdekatan. Apabila ragu-ragu antara dua elemen yang berdekatan
1/(1-9)	Kebalikan dari nilai tingkat kepentingan dari skala 1-9

Sumber: Saaty (1993)

#### 4. Menetapkan prioritas

Penetapan prioritas didasarkan pada vektor eigen yang mempresentasikan bobot atau tingkat kepentingan. Model matematika yang digunakan:

$$eVP_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \pi_{j=1}^n}}$$

Keterangan :

VPi = elemen vektor priorita ke-i

a<sub>ij</sub> = penilaian berpasangan elemen ke-i terhadap elemen ke-j

#### 5. Konsistensi logis

Indikator konsistensi diukur melalui *Consistency Index* (CI). Metode ini mengukur seluruh konsistensi penilaian menggunakan *Consistency ratio* (CR) yang merupakan perbandingan antara CI dengan RI (*Random Index*). Menurut Saaty (1993) suatu matriks perbandingan dinyatakan konsisten jika nilai CR tidak lebih dari 0,10 ( $CR \leq 0,10$ ). Model matematika yang digunakan:

##### a. Perhitungan nilai eigen maksimum

VA = a<sub>ij</sub> x VP dengan VA = (Vai)

VB = VA/VP dengan VB = (Vbi)

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

Keterangan :

VA = VB = Vektor antara

V<sub>bi</sub> untuk i = 1,2,..., n

b. Perhitungan nilai CI dan CR

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Keterangan

CI = Consistency Index

CR = Consistency Ratio

RI = Random Index

**Tabel 3.5** Nilai Random Index (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber : Saaty (1993)

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terkait dengan peningkatan produktivitas proses produksi gula dengan pendekatan *green productivity* di PG. Gending Probolinggo, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemetaan menggunakan peta aliran nilai hijau (*green value steam mapping*) untuk menganalisis tujuh sumber pembangkit limbah pada saat proses produksi yang terdiri dari pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi dan biodiversitas. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai EI (*Environmental Impact*) pada bulan Mei sebesar 1,11, bulan Juni sebesar 1,09, bulan Juli sebesar 0,99 dan bulan Agustus sebesar 0,96. Nilai Indikator ekonomi pada bulan Mei sebesar 4,24, bulan Juni sebesar 3,69, bulan Juli sebesar 6,20 dan bulan Agustus sebesar 5,91.
2. GPI (*Green Productivity Index*) merupakan hasil rasio antara indikator ekonomi dan indikator lingkungan selama proses produksi gula berlangsung. Nilai GPI yang diperoleh setiap bulannya berfluktuatif. Nilai GPI pada bulan Mei sebesar 3,84, bulan Juni sebesar 3,39, bulan Juli sebesar 6,25, dan bulan Agustus diperoleh nilai GPI sebesar 6,13. Nilai GPI yang diperoleh menunjukkan Semakin tinggi nilai indeks produktivitas hijau yang diperoleh menunjukkan tingkat produktivitas yang tinggi dan dampak lingkungan yang dihasilkan pada saat proses produksi lebih rendah atau sesuai dengan input yang masuk pada saat proses. Nilai GPI yang tertinggi diperoleh pada bulan Juli yaitu 6,25 karena selama proses produksi gula berlangsung, kegiatan di pabrik berjalan dengan optimal sehingga mempengaruhi pendapatan karena jumlah gula yang diproduksi.
3. Strategi yang menjadi rekomendasi dalam meningkatkan produktivitas pada pabrik gula Gending yaitu peningkatan kualitas SDM (0,201). Salah satu cara meningkatkan kualitas SDM di PG. Gending yaitu memberikan penerapan perilaku ramah lingkungan dalam manajemen sumber daya manusia yang

disebut *Green Human Resource*. Konsep *Green Human Resource* berupa *training* untuk meningkatkan retensi karyawan, perbaikan citra publik industri di masyarakat, peningkatan kinerja karyawan yang lebih baik, peningkatan produktivitas di perusahaan agar tetap dapat bersaing dengan industri lainnya, pengurangan dampak lingkungan dan peningkatan daya saing produk dan peningkatan kinerja perusahaan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini masih perlu perbaikan berkelanjutan. Peningkatan produktivitas suatu industri harus diimbangi dengan peningkatan kesadaran setiap aktor dalam memerhatikan lingkungan. Rekomendasi mengenai peningkatan kualitas SDM diperlukan dalam meningkatkan produktivitas di PG. Gending sehingga dalam suatu industri dalam kegiatan proses produksi berlangsung tidak hanya meningkatkan keuntungan dalam indikator ekonomi saja namun memerhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari hasil kegiatan produksi. Salah satu yang menjadi rekomendasi dalam peningkatan produktivitas berupa pelatihan untuk karyawan yaitu *Green Human Resource* untuk menambah wawasan sekaligus memberikan penerapan perilaku ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aczel, J. and Saaty, T. L. 1983. Procedures for synthesizing ratio judgements. *Journal of Mathematical Psychology*. 27(1): 93-102. doi: 10.1016/0022-2496(83)90028-7
- APO (Asian Productivity Organization). 2006. *Handbook on Green Productivity*. Asian Productivity Organization
- Badan Standarisasi Nasional. 2010. *Gula Kristal Bagian 3: Putih*. SNI 3140:3.2010. Jakarta: BSN
- Bahara, R., Marimin, dan Y. Arkeman. 2015. Perbaikan produktivitas hijau pada proses produksi susu bubuk dewasa. *Jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen*. 1(2):1-9.
- Bantacut, T., Sukardi, dan Supatma, I.A. 2012. Kehilangan Gula dalam Sistem Tebang Muat Angkut Pabrik Gula Sindang Laut dan Tersana Baru Cirebon. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13(3): 199-208
- Cherian, Jacob and Jacob, Jelly. 2012. A study of green human resource practices and its effective implementation in the organization. A Review *International Journal of Bussiness and Management* Vol.7 No. 21
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 : Tebu. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/tinymcpuk/gambar/file/statistik/2017/Tebu-2015-2017.pdf> [diakses 20 Maret 2018]
- Environmental Sustainability Index. 2005. Environmental sustainability index (ESI) benchmarking national environmental stewardship [Environmental Sustainability Index report].
- Fahrizal, Marimin, Yani M, Purwanto, Sumaryono. 2014. Model penunjang keputusan pengembangan agroindustri gula tebu (studi kasus di Provinsi Nusa Tenggara Timur). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 24(3):189-200

- Ghandi, N.M.D., Selladurai,V., Santi,P. 2006. Green productivity indexing. *International Journal of Productivity and Performace Management*. 55 (7).doi 10.1108/17410400610702179
- Hamidah, Nurul Hazmi. dkk. 2013. Analisis Produktivitas Menggunakan Metode Objective Matrix (OMAX) (Studi Kasus Pada Bagian Produksi Sari Roti PT Nippon Indosari Corpindo, Tbk Pasuruan). *Jurnal Universitas Brawijaya*. <http://jurnal.Unibraw.ac.id>
- Kurniawan, B.P.Y. 2016. Keunggulan Komparatif dan Kompetitif Gula Tebu Besuki Raya: Sebuah Pengembangan Analisis Kebijakan. Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat 2016.104-108
- Kuspratomo, A.D., Burhan, M. Fakhry . 2012 . Pengaruh varietas tebu, potongan dan penundaan giling terhadap kualitas nira tebu. *AGROINTEK*. 6(2):123-132
- Lahay, R. 2009. *Pemuliaan Tanaman Tebu*. Medan: Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara
- Mahbubi, A. 2015. Sistem dinamis rantai pasok industrialisasi gula berkelanjutan di pulau Madura. *Agriekonomi*. 23(1):19-37
- Marimin, Darmawan M.A., Wiguna, Bangkit., Machfud. 2012. Peningkatan produktivitas proses produksi karet alam dengan pendekatan *green productivity*: studi kasus di PT.X. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 22(2):98-105.
- Marimin, M.A. Darmawan, Machfud, dan M.P.I.F. Putra. 2013. Pendekatan produktivitas proses budidaya karet alam dengan pendekatan *productivity*: study kasus di PT. XYZ. *Jurnal Agritech*. 33(4):1-9.
- Marimin, Machfud, Darmawan MA, Martini S, Rukmayadi D, Wiguna B, Putra MPIF, Adhi W. 2015 . *Teknik dan Aplikasi Hijau Produktivitas Hijau (Green Productiviy) Pada Agroindustri*. Bogor: IPB Press

Marimin, Magfiroh N. 2010. *Aplikasi Teknik Pengambilan Keputusan dalam Manajemen Rantai Pasok*. Bogor : IP Press.

Nasution, Arman Hakim. 2006. *Manajemen Industri*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

Optha, H.H.D.N and A. Anton Arulrajah. 2014. Green Human Resource Management: Simplified General Reflections. *Canadian Center of Science and Education*. 7(8): 102-112. E-ISSN 1931-9012.

Prasetya, Hery dan Fitri Lukiastuti . 2009. *Manajemen Operasi*. Jakarta : PT Buku Kita

Prasetya, Hery dan Fitri Lukiastuti. 2009. *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: Media Pressindo.

Reksohardiprojo dan Sukanto. 1989. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada

Saaty, Thomas L. and Luis G. Vargas. 1993. Models, Methods, Concept & Applications of the Analytic Hierarchy Process. International Series in Operations Research & Management Science. Second Edition. Springer. New York.

Saaty. 1993. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo

Saparinto, C dan Hidayati, D. 2006. *Bahan Tambahan Pangan*. Yogyakarta : Kanisius.

Saxena, P., R.P. Srivastava, dan M.L. Sharma. 2010. Impact of Cut to Crush Delay and Bio Chemical Changes in Sugarcane. *Aust J Crop Sci*. 4(9):692-699

Soemohandojo, T .2009. *Pengantar injiniring pabrik gula*. Surabaya: Bintang Surabaya

Suhartini. 2012. Implementasi *Green Productivity* Untuk Meningkatkan Produktivitas Pengembangan Usaha Kecil Menengah. *Proseding Universitas Trunojoyo Madura*. 22 September 2012. 1-9.

Sumanth and J. David. 1985. *Productivity Engineering and Management*. New York : Mc Graw Hill Book Co.

Suryaningrat, I.B and and A. Fianeka .2017. Developing strategy for rice milling unit selection process using analytical hierarchy process (AHP) method: A case of Agroindustry in Indonesia. *Advanced Science Letter* (23): 1197-11792. doi:10.1166/asl.2017.10517

Wibisono, Yusuf . 2007. *Membedah konsep dan aplikasi CSR (Corporate Social Responsibility)*. Gresik: Fascho Publishing

Wills, B. 2009 . *Green Intentions: Creating a Green Value Steam to Compete and Win* . New York: Productivity Press

Yale Center for Environmental Law and Policy. 2005. Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship. Yale: Yale University. <http://www.yale.edu/esi>.

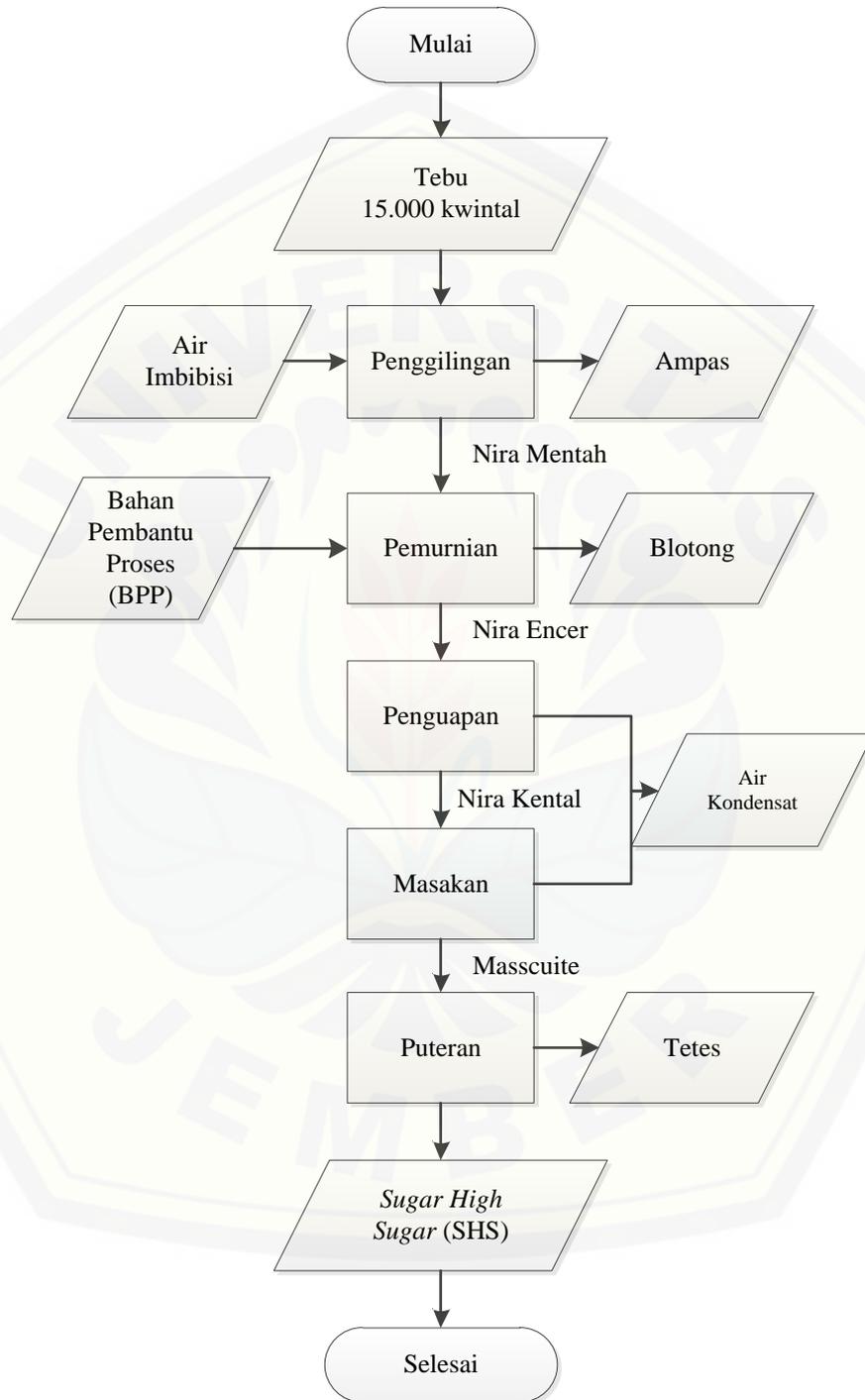
Yuwanti, S. 2014. *Teknologi Pengolahan Hulu Tebu. Materi kuliah. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.*

**LAMPIRAN 1. DAFTAR PERTANYAAN**

1. Berapa jumlah tebu (ton) dalam sekali giling di PG. Gending?
2. Berapa rendemen yang dihasilkan setiap produksi?
3. Apakah di PG. Gending telah melakukan kegiatan produksi secara optimal?
4. Apakah PG. Gending menggunakan bahan bakar alternatif untuk kegiatan selama produksi?
5. Apakah PG. Gending telah menggunakan bahan baku secara efisien ?
6. Kehilangan material pada saat produksi umumnya terjadi pada proses apa?
7. Apakah limbah yang dihasilkan dari proses produksi gula langsung dibuang ke lingkungan?
8. Apakah ada material/limbah dapat digunakan kembali dalam proses produksi?
9. Dalam proses produksi Gula, jumlah air yang dibutuhkan brapa setiap stasiun? Dan bagaimana kegunaannya apakah sudah dikelola secara maksimal?
10. Bagaimana pengelolaan air hasil produksi yang diterapkan di PG. Gending ?
11. Bagaimana pihak PG. Gending dalam menangani hasil samping produk yang dihasilkan selama proses produksi?
12. Berapa ton limbah padat yang dihasilkan dalam sekali produksi? Meliputi ampas tebu, blotong dan abu ketel?
13. Berapa ton limbah cair yang dihasilkan dalam sekali produksi? Meliputi tetes tebu dan air kondensat?
14. Apakah jarak stasiun satu dengan stasiun yang lainnya berjauhan? Untuk melakukan proses selanjutnya apakah membutuhkan transportasi?
15. Dalam proses produksi, alat/mesin apa yang memicu jumlah limbah gas CO<sub>2</sub> di PG. Gending?
16. Apakah pihak PG. telah melakukan upaya untuk mengurangi emisi yang ditimbulkan pada kegiatan proses produksi?
17. Apakah emisi yang dihasilkan tidak melewati batas yang telah ditentukan?
18. Dalam sekali produksi membutuhkan berapa energi (kWh) ? Mesin apa saja yang membutuhkan listrik?

19. Dalam pengolahan tebu, untuk setiap stasiun membutuhkan waktu berapa lama dalam sekali produksi?
20. Dalam kegiatan produksi, apakah di PG.Gending bekerja sama dengan instansi lainnya ?
21. Bagaimana penerapan perilaku ramah lingkungan yang diterapkan PG. Gending ?
22. Bagaimana ketersediaan sarana dan prasarana yang menunjang dalam produksi gula di PG. Gending?
23. Apakah di PG. Gending memiliki syarat khusus dalam penggunaan tebu yang akan diproses?
24. Apakah bahan pembantu proses dalam proses gula dapat mempengaruhi jumlah gula yang dihasilkan?
25. Pelatihan apa saja yang telah dilakukan PG. Gending untuk memperbaiki dan meningkatkan kemampuan dari SDM?

**LAMPIRAN 2.**  
**DIAGRAM ALIR PROSES PRODUKSI GULA DI PG.GENDING**





LAMPIRAN 3. PERHITUNGAN INDIKATOR LINGKUNGAN (*ENVIRONMENTAL IMPACT*)

## a. Bulan Mei

Jenis Waste	Proses Kegiatan (Bulan)					TOTAL
	St. Gilingan	St. Pemurnian	St. Penguapan	St. Pemasakan	St. Puteran	
Energi (kwh)	12.181,26	4.224,36	8.287,44	3.667,23	252.750,75	281.111
Air (kg/L)	9.282.900	1.000.440	0	0	0	10.283.340
Bahan(kg)	7.619.550	0	0	0	0	7.619.550
Sampah (kg)	0	0	290.688		0	290.688
Transportasi (km)	0	0	0	0	0	0
Emisi (kg)	10,85	3,76	7,38	3,27	225,20	250,47
Biodiversitas (ha)	0	0	0	0	0	0

### Indikator Lingkungan

- Jumlah gula yang diproduksi pada bulan Mei yaitu 2.123.500 kg
- Pembangkit Limbah Gas (GWG)  
Produksi gula pada bulan Mei sebanyak 2.123.500 kg menghasilkan emisi 250,47 kg CO<sub>2</sub>.  
Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan emisi 0,00012 kg CO<sub>2</sub>.
- Konsumsi Air (WC)  
Produksi gula pada bulan Mei sebanyak 2.123.500 kg membutuhkan konsumsi air sebanyak 10.283.340 kg/L.  
Basis untuk produksi 1 kg gula membutuhkan air 4,84 kg/L
- Pembangkit Limbah Padat (SWG)  
Produksi gula pada bulan Mei sebanyak 2.123.500 kg menghasilkan limbah padat berupa ampas sebanyak 7.619.550 kg  
Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan limbah padat 3,59 kg
- Pembangkit Limbah Cair (WWG)  
Produksi gula pada bulan Mei sebanyak 2.123.500 kg menghasilkan limbah cair sebanyak 290.688 kg  
Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan limbah cair 0,14 kg

Berdasarkan perhitungan sumber pembangkit limbah, maka dampak lingkungan (EI) yang dihasilkan dari proses produksi sebagai berikut:

$$EI = 0,357 \text{ GWG} + 0,125 \text{ WC} + 0,125 \text{ SWG} + 0,375 \text{ WWG}$$

$$EI = (0,357 \times 0,00012) + (0,125 \times 4,84) + (0,125 \times 3,59) + (0,375 \times 0,14)$$

$$EI = 1,11 \text{ kg}$$

## a. Bulan Juni

Jenis Waste	Proses Kegiatan (Bulan)					TOTAL
	St. Gilingan	St. Pemurnian	St. Penguapan	St. Pemasakan	St. Puteran	
Energi (kwh)	10.441,08	3.620,88	7.103,52	3.143,34	216.643,50	240.952
Air (kg/L)	7.373.300	857.520	0	0	0	8.230.820
Bahan(kg)	6.064.500	0	0	0	0	6.064.500
Sampah (kg)	0	0	244.200		0	244.200
Transportasi (km)	0	0	0	0	0	0
Emisi (kg)	9,30	3,23	6,33	2,80	193,03	214,69
Biodiversitas (ha)	0	0	0	0	0	0

### Indikator Lingkungan

- Jumlah gula yang diproduksi pada bulan Juni yaitu 1.725.300 kg
- Pembangkit Limbah Gas (GWG)
 

Produksi gula pada bulan Juni sebanyak 1.725.300 kg, menghasilkan emisi 214,69 kg CO<sub>2</sub>.

Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan emisi 0,00012 kg CO<sub>2</sub>.
- Konsumsi Air (WC)
 

Produksi gula pada bulan Juni sebanyak 1.725.300 kg, membutuhkan konsumsi air sebanyak 8.230.820 kg/L.

Basis untuk produksi 1 kg gula membutuhkan air 4,77 kg/L
- Pembangkit Limbah Padat (SWG)
 

Produksi gula pada bulan Juni sebanyak 2.123.500 kg, menghasilkan limbah padat berupa ampas sebanyak 6.064.500 kg

Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan limbah padat 3,52 kg
- Pembangkit Limbah Cair (WWG)
 

Produksi gula pada bulan Juni sebanyak 2.123.500 kg menghasilkan limbah cair sebanyak 244.200 kg

Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan limbah cair 0,142 kg

Berdasarkan perhitungan sumber pembangkit limbah, maka dampak lingkungan (EI) yang dihasilkan dari proses produksi sebagai berikut:

$$EI = 0,357 \text{ GWG} + 0,125 \text{ WC} + 0,125 \text{ SWG} + 0,375 \text{ WWG}$$

$$EI = (0,357 \times 0,00012) + (0,125 \times 4,77) + (0,125 \times 3,52) + (0,375 \times 0,142)$$

$$EI = 1,09 \text{ kg}$$

## a. Bulan Juli

Jenis Waste	Proses Kegiatan (Bulan)					TOTAL
	St. Gilingan	St. Pemurnian	St. Penguapan	St. Pemasakan	St. Puteran	
Energi (kwh)	17.981,86	6.235,96	12.233,84	5.413,53	373.108,25	414.973
Air (kg/L)	13.644.000	1.476.840	0	0	0	15.120.840
Bahan(kg)	11.121.590	0	0	0	0	11.121.590
Sampah (kg)	0	0	406.056		0	406.056
Transportasi (km)	0	0	0	0	0	0
Emisi (kg)	16,02	5,56	10,90	4,82	332,44	369,74
Biodiversitas (ha)	0	0	0	0	0	0

### Indikator Lingkungan

- Jumlah gula yang diproduksi pada bulan juni yaitu 3.460.900 kg
- Pembangkit Limbah Gas (GWG)  
Produksi gula pada bulan juli sebanyak 3.460.900 kg menghasilkan emisi 369,74 kg CO<sub>2</sub>.  
Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan emisi 0,00010 kg CO<sub>2</sub>.
- Konsumsi Air (WC)  
Produksi gula pada bulan juni sebanyak 3.460.900 kg membutuhkan konsumsi air sebanyak 15.120.840 kg/L.  
Basis untuk produksi 1 kg gula membutuhkan air 4,37 kg/L
- Pembangkit Limbah Padat (SWG)  
Produksi gula pada bulan Juli sebanyak 3.460.900 kg, menghasilkan limbah padat berupa ampas sebanyak 6.064.500 kg  
Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan limbah padat 3,21 kg
- Pembangkit Limbah Cair (WWG)  
Produksi gula pada bulan Juni sebanyak 3.460.900 kg menghasilkan limbah cair sebanyak 406.056 kg  
Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan limbah cair 0,12 kg

Berdasarkan perhitungan sumber pembangkit limbah, maka dampak lingkungan (EI) yang dihasilkan dari proses produksi sebagai berikut:

$$EI = 0,357 \text{ GWG} + 0,125 \text{ WC} + 0,125 \text{ SWG} + 0,375 \text{ WWG}$$

$$EI = (0,357 \times 0,00010) + (0,125 \times 4,37) + (0,125 \times 3,21) + (0,375 \times 0,12)$$

$$EI = 0.09 \text{ kg}$$

**d. Bulan Agustus**

Jenis Waste	Proses Kegiatan (Bulan)					TOTAL
	St. Gilingan	St. Pemurnian	St. Penguapan	St. Pemasakan	St. Puteran	
Energi (kwh)	15.661,62	5.431,32	10.655,28	4.715,01	324.965,25	361.428
Air (kg/L)	11.918.500	1.476.840	0	0	0	13.395.340
Bahan (kg)	9.722.300	0	0	0	0	9.722.300
Sampah (kg)	0	0	363.984		0	363.984
Transportasi (km)	0	0	0	0	0	0
Emisi (kg)	13,95	4,84	9,49	4,20	289,54	322,03
Biodiversitas (ha)	0	0	0	0	0	0

### Indikator Lingkungan

- Jumlah gula yang diproduksi pada bulan juni yaitu 3.153.200 kg
- Pembangkit Limbah Gas (GWG)
 

Produksi gula pada bulan juli sebanyak 3.153.200 kg menghasilkan emisi 322,03 kg CO<sub>2</sub>.

Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan emisi 0,00010 kg CO<sub>2</sub>.
- Konsumsi Air (WC)
 

Produksi gula pada bulan juni sebanyak 3.153.200 kg membutuhkan konsumsi air sebanyak 13.395.340 kg/L.

Basis untuk produksi 1 kg gula membutuhkan air 4,25 kg/L
- Pembangkit Limbah Padat (SWG)
 

Produksi gula pada bulan Juli sebanyak 3.153.200 kg, menghasilkan limbah padat berupa ampas sebanyak 9.722.300 kg

Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan limbah padat 3,08 kg
- Pembangkit Limbah Cair (WWG)
 

Produksi gula pada bulan Juni sebanyak 3.153.200 kg menghasilkan limbah cair sebanyak 363.984 kg

Basis untuk produksi 1 kg gula menghasilkan limbah cair 0,12 kg

Berdasarkan perhitungan sumber pembangkit limbah, maka dampak lingkungan (EI) yang dihasilkan dari proses produksi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 EI &= 0,357 \text{ GWG} + 0,125 \text{ WC} + 0,125 \text{ SWG} + 0,375 \text{ WWG} \\
 EI &= (0,357 \times 0,00010) + (0,125 \times 4,25) + (0,125 \times 3,08) + (0,375 \times 0,12) \\
 EI &= 0.96 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### LAMPIRAN 4. PERHITUNGAN BIAYA PRODUKSI

**a. Biaya Tetap**

Jenis Kebutuhan	Total (Rp)
Penyusutan	Rp. 8.150.218
Upah Pekerja	
Pimpinan & TU	Rp. 239.566.096
Quality Control	Rp. 49.241.904
Tanaman	Rp. 157.294.214
Instalasi	Rp. 611.114.966
Pabrikasi	Rp. 60.234.490
<b>Total Biaya Tetap</b>	<b>Rp. 1.125.601.888</b>

**b. Biaya Tidak Tetap****➤ Bulan Mei**

<b>Jenis Kebutuhan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga per satuan</b>	<b>Total</b>
Biaya Listrik	180.240	Kwh	Rp. 1.124	Rp. 202.589.760
Biaya Solar	376	Liter	Rp. 5.150	Rp. 1.936.400
Biaya Pembibitan				Rp. 317.070
Biaya Pengemasan (karung)	15.000	Pcs	Rp. 2.750	Rp. 41.250.000
<b>Biaya Penggunaan Bahan Pembantu Proses (BPP)</b>				
Kapur	37.370	Kg	Rp. 1.100	Rp. 41.107.000
Belerang	17.700	Kg	Rp. 3.750	Rp. 66.375.000
Flokulant	120	Kg	Rp. 56.900	Rp. 6.828.000
Asam Phospat	1.540	Kg	Rp. 17.000	Rp. 26.180.000
<b>Total</b>				<b>Rp. 386.583.209</b>

**➤ Bulan Juni**

<b>Jenis Kebutuhan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga per satuan</b>	<b>Total</b>
------------------------	---------------	---------------	-------------------------	--------------

Biaya Listrik	190.380	Kwh	Rp. 1.124	Rp. 213.987.120
Biaya Solar	325	Liter	Rp. 5.150	Rp. 1.673.750
Biaya Pembibitan				Rp. 301.951
Biaya Pengemasan (karung)	12.000	Pcs	Rp. 2.750	Rp. 33.000.000
<b>Biaya Penggunaan Bahan Pembantu Proses (BPP)</b>				
Kapur	27.055	Kg	Rp. 1.100	Rp. 29.760.500
Belerang	12.400	Kg	Rp. 3.750	Rp. 46.500.000
Flokulant	60	Kg	Rp. 56.900	Rp. 3.414.000
Asam Phospat	1.290	Kg	Rp. 17.000	Rp. 21.930.000
<b>Total</b>				<b>Rp. 350.567.321</b>

➤ **Bulan Juli**

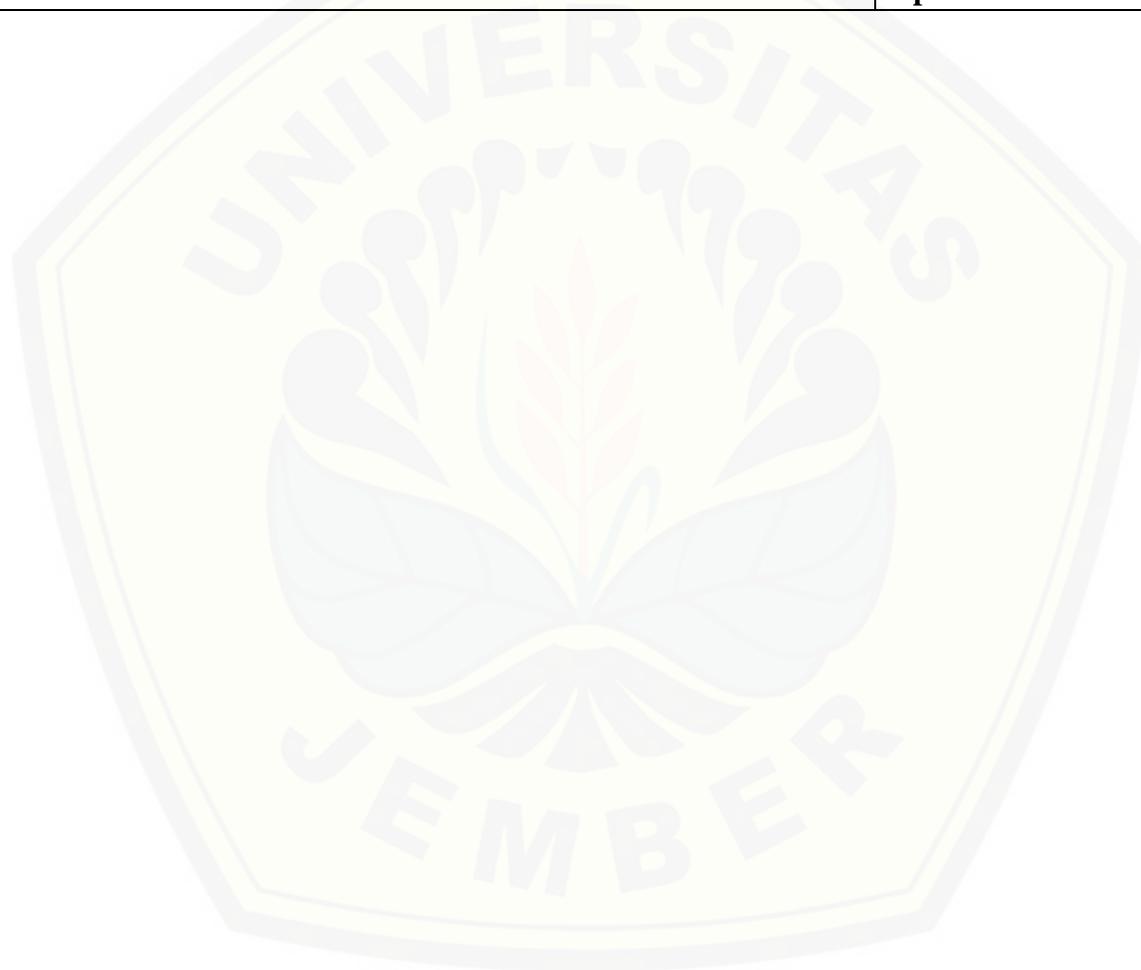
<b>Jenis Kebutuhan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga per satuan</b>	<b>Total</b>
Biaya Listrik	251.850	Kwh	Rp. 1.124	Rp. 283.079.400
Biaya Solar	556	Liter	Rp. 5.150	Rp. 2.863.400
Biaya Pembibitan				Rp. 468.024

Biaya Pengemasan (karung)	25.000	Pcs	Rp.	2.750	Rp.	68.750.000
Biaya Penggunaan Bahan Pembantu Proses (BPP)						
Kapur	49.305	Kg	Rp.	1.100	Rp.	54.235.500
Belerang	23.900	Kg	Rp.	3.750	Rp.	89.625.000
Flokulant	130	Kg	Rp.	56.900	Rp.	7.397.000
Asam Phospat	3.325	Kg	Rp.	17.000	Rp.	56.525.000
Total					<b>Rp.</b>	<b>562.943.324</b>

➤ **Bulan Agustus**

Jenis Kebutuhan	Jumlah	Satuan	Harga per satuan		Total
Biaya Listrik	236.802	Kwh	Rp.	1.124	Rp. 266.165.448
Biaya Solar	502	Liter	Rp.	5.150	Rp. 2.585.300
Biaya Pembibitan					Rp. 422.744
Biaya Pengemasan (karung)	25.000	Pcs	Rp.	2.750	Rp. 68.750.000
Biaya Penggunaan Bahan Pembantu Proses (BPP)					
Kapur	32.906	Kg	Rp.	1.100	Rp. 36.196.600

Belerang	19.350	Kg	Rp.	3.750	Rp.	72.562.500
Flokulant	101	Kg	Rp.	56.900	Rp.	5.746.900
Asam Phospat	2.065	Kg	Rp.	17.000	Rp.	35.105.000
Total					<b>Rp.</b>	<b>487.534.492</b>



**LAMPIRAN 5. PERHITUNGAN INDIKATOR EKONOMI****a. Bulan Mei**

Total biaya produksi bulan Mei: Rp. 1.512.185.097

Total Gula milik PG. Gending: 721.990 kg

Harga Jual gula/kg : Rp. 8.900/kg

Pendapatan yang diperoleh pada bulan Mei : Rp. 6.425.711.000

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Pendapatan}}{\text{Total Biaya Produksi}}$$

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Rp. 6.425.711.000}}{\text{Rp. 1.512.185.097}} = 4,24$$

**b. Bulan Juni**

Total biaya produksi bulan Juni: Rp 1.476.169.209

Total Gula milik PG. Gending: 586.602 kg

Harga Jual gula/kg : Rp. 8.900/kg

Pendapatan yang diperoleh pada bulan Juni : Rp. 5.455.398.600

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Pendapatan}}{\text{Total Biaya Produksi}}$$

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Rp. 5.455.398.600}}{\text{Rp 1.476.169.209}} = 3,69$$

**c. Bulan Juli**

Total biaya produksi bulan Juli : Rp 1.688.545.212

Total Gula milik PG. Gending: 1.176.706 kg

Harga Jual gula/kg : Rp. 8.900/kg

Pendapatan yang diperoleh pada bulan Juli: Rp. 10.472.683.400

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Pendapatan}}{\text{Total Biaya Produksi}}$$

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Rp. 10.472.683.400}}{\text{Rp 1.688.545.212}} = 6,20$$

**d. Bulan Agustus**

Total biaya produksi bulan Agustus: Rp 1.613.136.380

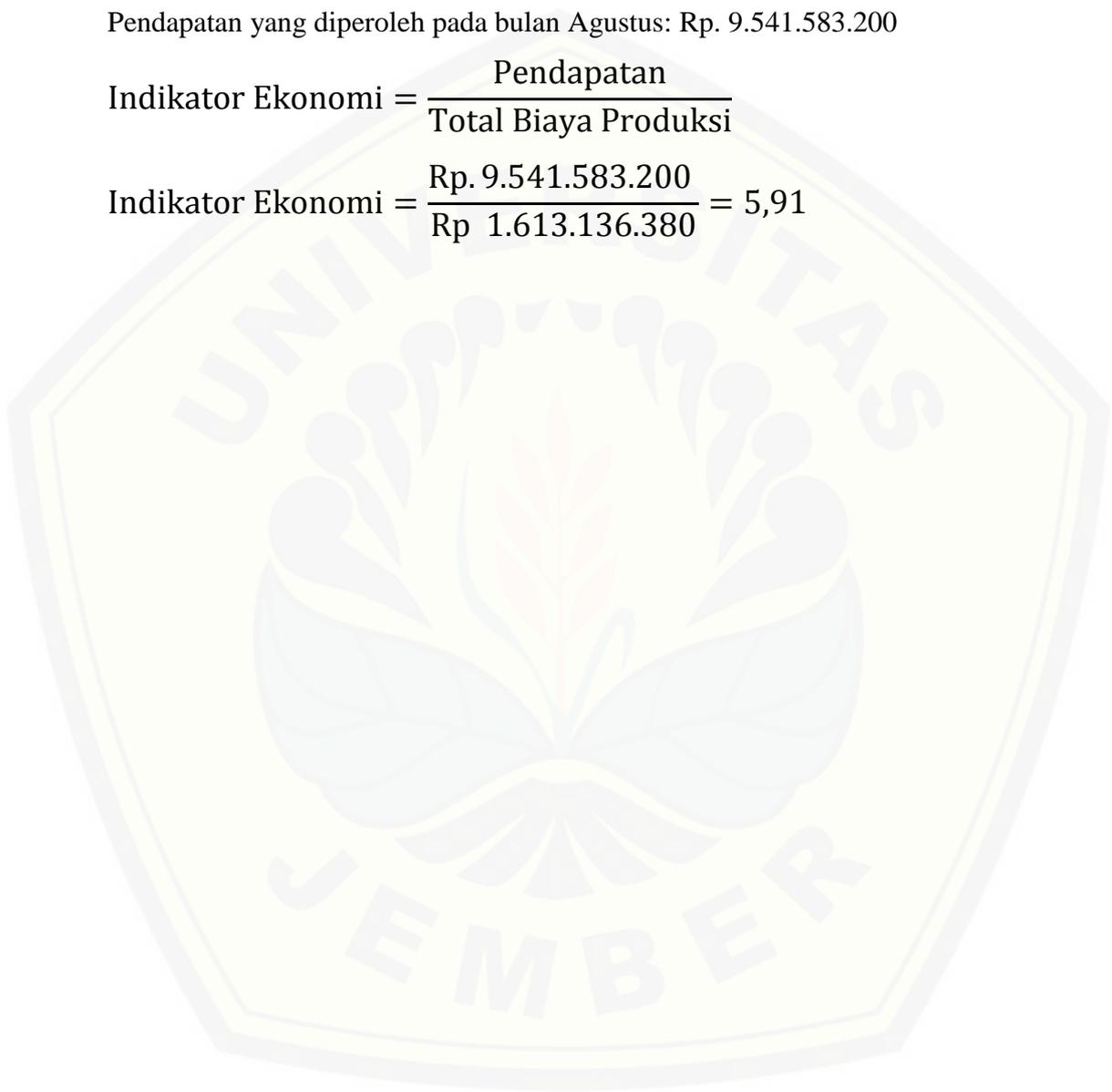
Total Gula milik PG. Gending: 1.072.088 kg

Harga Jual gula/kg : Rp. 8.900/kg

Pendapatan yang diperoleh pada bulan Agustus: Rp. 9.541.583.200

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Pendapatan}}{\text{Total Biaya Produksi}}$$

$$\text{Indikator Ekonomi} = \frac{\text{Rp. 9.541.583.200}}{\text{Rp 1.613.136.380}} = 5,91$$



**LAMPIRAN 6.**  
**PERHITUNGAN GREEN PRODUCTIVITY INDEX (GPI)**

a. Bulan Mei

$$GPI = \frac{\text{Indikator Ekonomi}}{\text{EI (Environmental Impact)}} = \frac{4,25}{1,11} = 3,84$$

b. Bulan Juni

$$GPI = \frac{\text{Indikator Ekonomi}}{\text{EI (Environmental Impact)}} = \frac{3,70}{1,09} = 3,39$$

c. Bulan Juli

$$GPI = \frac{\text{Indikator Ekonomi}}{\text{EI (Environmental Impact)}} = \frac{6,20}{0,99} = 6,25$$

d. Bulan Agustus

$$GPI = \frac{\text{Indikator Ekonomi}}{\text{EI (Environmental Impact)}} = \frac{5,91}{0,96} = 6,13$$

## LAMPIRAN 7. KUISIONER AHP

## TINGKAT 1. FAKTOR

**Tabel 1.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **faktor** yang diinginkan di bawah ini berdasarkan fokus peningkatan produktivitas peningkatan produktivitas proses produksi gula dengan pendekatan green productivity di PG. Gending Kabupaten Probolinggo

Elemen Faktor A (Fokus)	Elemen Faktor B				
	Ketersediaan Sarana dan Prasarana Produksi	Standar Mutu Tebu	Karakteristik Bahan Baku dan Bahan Pendukung	Penguasaan dan Penerapan Teknologi	Kebijakan Pemerintah
Ketersediaan Sarana dan Prasarana Produksi	1				
Standar Mutu Tebu		1			
Karakteristik Bahan Baku dan Bahan Pendukung dalam proses produksi			1		
Penguasaan dan Penerapan Teknologi				1	
Kebijakan Pemerintah					1

Keterangan:

Dalam pengisian tabel diatas, anda diminta untuk membandingkan mana yang lebih penting dari elemen faktor A dengan faktor B, kemudian memberikan bobot berdasarkan petunjuk. Keluaran dari kuisisioner ini adalah memprioritaskan salah satu elemen berdasarkan pendapat pakar.

**TINGKAT 2. AKTOR**

**Tabel 2.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **aktor** di bawah ini berdasarkan **faktor: ketersediaan sarana dan prasarana produksi**

Ketersediaan Sarana dan Prasarana Produksi	Petani Supplier	Manajer Perusahaan	Pekerja	Pemerintah	Perguruan Tinggi dan Lemlit
Petani Supplier	1				
Manajer Perusahaan		1			
Pekerja			1		
Pemerintah				1	
Perguruan Tinggi dan Lemlit					1

**Tabel 3.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **aktor** di bawah ini berdasarkan **faktor: Standar Mutu Tebu**

Standar Mutu Tebu	Petani Supplier	Manajer Perusahaan	Pekerja	Pemerintah	Perguruan Tinggi dan Lemlit
Petani Supplier	1				
Manajer Perusahaan		1			
Pekerja			1		
Pemerintah				1	
Perguruan Tinggi dan Lemlit					1

**Tabel 4.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **aktor** di bawah ini berdasarkan **faktor: Kualitas SDM**

Kualitas SDM	Petani Supplier	Manajer Perusahaan	Pekerja	Pemerintah	Perguruan Tinggi dan Lemlit
Petani Supplier	1				
Manajer Perusahaan		1			
Pekerja			1		
Pemerintah				1	
Perguruan Tinggi dan Lemlit					1

**Tabel 5.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **aktor** di bawah ini berdasarkan **faktor: karakteristik bahan baku dan bahan pendukung dalam proses produksi**

Karakteristik Bahan Baku dan Bahan Pendukung	Petani Supplier	Manajer Perusahaan	Pekerja	Pemerintah	Perguruan Tinggi dan Lemlit
Petani Supplier	1				
Manajer Perusahaan		1			
Pekerja			1		
Pemerintah				1	
Perguruan Tinggi dan Lemlit					1

**Tabel 6.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **aktor** di bawah ini berdasarkan **faktor: penguasaan dan penerapan teknologi**

Penguasaan dan Penerapan Teknologi	Petani Supplier	Manajer Perusahaan	Pekerja	Pemerintah	Perguruan Tinggi dan Lemlit
Petani Supplier	1				
Manajer Perusahaan		1			
Pekerja			1		
Pemerintah				1	
Perguruan Tinggi dan Lemlit					1

### TINGKAT 3. AKTOR

**Tabel 7.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **tujuan** di bawah ini berdasarkan **aktor: Petani Supplier**

Petani Supplier	Meningkatkan keuntungan perusahaan	Meningkatkan jumlah produksi gula	Pengurangan Dampak Lingkungan
Meningkatkan keuntungan perusahaan	1		
Meningkatkan jumlah produksi gula		1	
Pengurangan Dampak Lingkungan			1

**Tabel 8.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **tujuan** di bawah ini berdasarkan **aktor: Manajer Perusahaan**

Manajer Perusahaan	Meningkatkan keuntungan perusahaan	Meningkatkan jumlah produksi gula	Pengurangan Dampak Lingkungan
Meningkatkan keuntungan perusahaan	1		
Meningkatkan jumlah produksi gula		1	
Pengurangan Dampak Lingkungan			1

**Tabel 9.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **tujuan** di bawah ini berdasarkan **aktor: Pekerja**

Pekerja	Meningkatkan keuntungan perusahaan	Meningkatkan jumlah produksi gula	Pengurangan Dampak Lingkungan
Meningkatkan keuntungan perusahaan	1		
Meningkatkan jumlah produksi gula		1	
Pengurangan Dampak Lingkungan			1

**Tabel 10.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **tujuan** di bawah ini berdasarkan **aktor: Pemerintah**

Manajer Perusahaan	Meningkatkan keuntungan perusahaan	Meningkatkan jumlah produksi gula	Pengurangan Dampak Lingkungan
Meningkatkan keuntungan perusahaan	1		
Meningkatkan jumlah produksi gula		1	
Pengurangan Dampak Lingkungan			1

**Tabel 11.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **tujuan** di bawah ini berdasarkan **aktor: Perguruan tinggi dan lembaga penelitian**

Perguruan tinggi dan lembaga penelitian	Meningkatkan keuntungan perusahaan	Meningkatkan jumlah produksi gula	Pengurangan Dampak Lingkungan
Meningkatkan keuntungan perusahaan	1		
Meningkatkan jumlah produksi gula		1	
Pengurangan Dampak Lingkungan			1

**TINGKAT 4.TUJUAN****Tabel 12.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **alternatif** di bawah ini berdasarkan **tujuan: Meningkatkan keuntungan perusahaan**

Meningkatkan Keuntungan Perusahaan	Peningkatan Kualitas SDM	Penerapan teknologi yang tepat	Optimasi proses produksi	Pengendalian Karakter Bahan Baku
Peningkatan Kualitas SDM	1			
Penerapan teknologi yang tepat		1		
Optimasi proses produksi			1	
Pengendalian Karakter Bahan Baku				1

**Tabel 13.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **alternatif** di bawah ini berdasarkan **tujuan: Meningkatkan jumlah produksi gula**

Meningkatkan Jumlah Produksi Gula	Peningkatan Kualitas SDM	Penerapan teknologi yang tepat	Optimasi proses produksi	Pengendalian Karakter Bahan Baku
Peningkatan Kualitas SDM	1			
Penerapan teknologi yang tepat		1		
Optimasi proses produksi			1	
Pengendalian Karakter Bahan Baku				1

**Tabel 14.** Membandingkan tingkat kepentingan elemen-elemen **alternatif** di bawah ini berdasarkan **tujuan: Pengurangan Dampak Lingkungan**

Meningkatkan Keuntungan Perusahaan	Peningkatan Kualitas SDM	Penerapan teknologi yang tepat	Optimasi proses produksi	Pengendalian Karakter Bahan Baku
Peningkatan Kualitas SDM	1			
Penerapan teknologi yang tepat		1		
Optimasi proses produksi			1	
Pengendalian Karakter Bahan Baku				1

**LAMPIRAN 8. HASIL KUESIONER AHP DAN PERHITUNGAN  
PENDAPAT GABUNGAN**

A. Data Faktor/Kriteria

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

<b>Kriteria</b>	<b>KSPP</b>	<b>SMT</b>	<b>KBBP</b>	<b>PPT</b>	<b>KP</b>
KSPP	1	1/5	1/3	3	1
SMT		1	3	5	5
KBBP			1	3	3
PPT				1	3
KP					1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

<b>Kriteria</b>	<b>KSPP</b>	<b>SMT</b>	<b>KBBP</b>	<b>PPT</b>	<b>KP</b>
KSPP	1	1/3	1/2	3	3
SMT		1	4	4	5
KBBP			1	5	5
PPT				1	3
KP					1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

<b>Kriteria</b>	<b>KSPP</b>	<b>SMT</b>	<b>KBBP</b>	<b>PPT</b>	<b>KP</b>
KSPP	1	1/5	1/5	1	1
SMT		1	3	5	5
KBBP			1	5	3
PPT				1	1
KP					1

## Pakar 4: Mujiyono (Kasi. Standarisasi Produk PG. Gending)

Kriteria	KSP	SMT	KBBP	PPT	KP
KSP	1	1/5	1/3	1	1/3
SMT		1	3	3	3
KBBP			1	5	3
PPT				1	1
KP					1

## Matrik Pendapat Gabungan (Faktor/Kriteria)

Faktor Kriteria	KSP	SMT	KBBP	PPT	KP	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
KSP	1	0,23	0,34	2,00	1,33	0,56	0,11	0,60	5,29
SMT	4,29	1	3,25	4,25	4,00	2,27	0,45	2,50	5,50
KBBP	2,93	0,31	1	4,50	3,50	1,32	0,26	1,42	5,37
PPT	0,50	0,24	0,22	1	2,00	0,46	0,09	0,47	5,05
KP	0,75	0,25	0,29	0,50	1	0,38	0,08	0,40	5,16
						5,00	1,00		26,38

$$\lambda_{\max} = \frac{26,38}{5} = 5,28$$

$$CI = \frac{5,28 - 5}{4} = 0,07$$

RI = 1,12 (tabel random index)

$$CR = \frac{0,07}{1,12} = 0,06 \text{ (konsisten)}$$

B. Data Aktor terhadap Faktor/Kriteria (Ketersediaan Sarana dan Prasarana  
Produksi)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/5	5	1/3	1/7
MP		1	1/3	1	1/7
Pk			1	3	1/7
Pem				1	1/7
PTPL					1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	3	1/3	5	5
MP		1	1/3	5	5
Pk			1	7	5
Pem				1	1
PTPL					1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten  
Probolinggo)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1	1	1/3	1
MP		1	1	1	3
Pk			1	3	3
Pem				1	3
PTPL					1

## Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/3	1/3	1	1
MP		1	4	3	1
Pk			1	3	1
Pem				1	1
PTPL					1

## Matrik Pendapat Gabungan

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PLL	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
PS	1	1,58	0,54	2,83	3,00	1,25	0,25	1,34	5,37
MP	0,63	1	1,42	3,50	3,50	1,35	0,27	1,46	5,42
Pk	1,85	0,71	1	4,00	4,50	1,55	0,31	1,67	5,39
Pem	0,35	0,29	0,25	1	3,50	0,54	0,11	0,57	5,22
PTLP	0,33	0,29	0,22	0,29	1	0,31	0,06	0,32	5,23
						5,00	1,00		26,62

$$\lambda_{\max} = \frac{26,62}{5} = 5,32$$

$$CI = \frac{5,32 - 5}{4} = 0,08$$

RI = 1,12 (tabel random index)

$$CR = \frac{0,08}{1,12} = 0,07 \text{ (konsisten)}$$

## C. Data Aktor terhadap Faktor/Kriteria (Standar Mutu Tebu)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	5	5	2	3
MP		1	3	1	1
Pk			1	1	1
Pem				1	3
PTPL					1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	3	1	3	5
MP		1	1/3	3	5
Pk			1	5	7
Pem				1	5
PTPL					1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1	1	2	3
MP		1	1/3	3	1
Pk			1	3	3
Pem				1	3
PTPL					1

## Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	3	1	3	3
MP		1	1/2	4	3
Pk			1	5	1
Pem				1	2
PTPL					1

## Matrik Pendapat Gabungan

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PLL	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
PS	1,00	3,00	2,00	2,50	3,50	1,86	0,37	2,00	5,36
MP	0,33	1,00	1,04	2,75	2,50	0,99	0,20	1,09	5,49
Pk	0,50	0,96	1,00	3,50	3,00	1,16	0,23	1,26	5,47
Pem	0,40	0,36	0,29	1,00	3,25	0,63	0,13	0,65	5,15
PTLP	0,29	0,40	0,33	0,31	1,00	0,36	0,07	0,37	5,18
						5,00	1,00		26,65

$$\lambda_{\max} = \frac{26,65}{5} = 5,33$$

$$CI = \frac{5,33 - 5}{4} = 0,08$$

RI = 1,12 (tabel random index)

$$CR = \frac{0,08}{1,12} = 0,07 \text{ (konsisten)}$$

D. Data Aktor terhadap Faktor/Kriteria (Karakteristik Bahan Baku dan Bahan Pendukung Proses Produksi)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/5	1/3	1/3	1/3
MP		1	1/2	5	3
Pk			1	2	3
Pem				1	1
PTPL					1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/5	1/3	3	5
MP		1	3	5	7
Pk			1	3	5
Pem				1	5
PTPL					1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	5	5	1	3
MP		1	1	1	3
Pk			1	1/2	1
Pem				1	1
PTPL					1

## Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/4	3	1/2	1/3
MP		1	5	3	3
Pk			1	1	1
Pem				1	1
PTPL					1

## Matrik Pendapat Gabungan

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PLL	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
PS	1,00	1,41	2,17	1,21	2,17	1,38	0,28	1,46	5,29
MP	0,71	1,00	2,38	3,50	4,00	1,65	0,33	1,76	5,32
Pk	0,46	0,42	1,00	1,63	2,50	0,83	0,17	0,88	5,26
Pem	0,83	0,29	0,62	1,00	2,00	0,72	0,14	0,74	5,13
PTLP	0,46	0,25	0,40	0,50	1,00	0,42	0,08	0,43	5,16
						5,00	1,00		26,15

$$\lambda_{\max} = \frac{26,15}{5} = 5,23$$

$$CI = \frac{5,23 - 5}{4} = 0,06$$

$$RI = 1,12 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,08}{1,12} = 0,05 \text{ (konsisten)}$$

## E. Data Aktor terhadap Faktor/Kriteria (Penguasaan dan Penerapan Teknologi)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/4	1/2	1/2	1/2
MP		1	1/2	3	1/2
Pk			1	3	1
Pem				1	1
PTPL					1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/4	1/3	1/2	1/2
MP		1	4	4	3
Pk			1	2	3
Pem				1	4
PTPL					1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/4	1/3	3	1/2
MP		1	4	3	3
Pk			1	1	1
Pem				1	1
PTPL					1

## Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/5	1/3	3	1/2
MP		1	4	4	3
Pk			1	3	1
Pem				1	1
PTPL					1

## Matrik Pendapat Gabungan

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PLL	Jumlah Normalisa si	VP	VA	VB
PS	1,00	0,24	0,38	1,75	0,50	0,52	0,10	0,56	5,41
MP	4,21	1,00	3,13	3,50	2,38	2,11	0,42	2,28	5,41
Pk	2,67	0,32	1,00	2,75	1,50	1,08	0,22	1,17	5,42
Pem	0,57	0,29	0,36	1,00	1,75	0,60	0,12	0,62	5,21
PTLP	2,00	0,42	0,67	0,57	1,00	0,70	0,14	0,74	5,28
						5,00	1,00		26,73

$$\lambda_{\max} = \frac{26,73}{5} = 5,35$$

$$CI = \frac{5,35 - 5}{4} = 0,09$$

$$RI = 1,12 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,09}{1,12} = 0,08 \text{ (konsisten)}$$

## F. Data Aktor terhadap Faktor/Kriteria (Kebijakan Pemerintah)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/5	1/3	1/2	1/2
MP		1	3	2	1
Pk			1	3	3
Pem				1	1
PTPL					1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/5	3	1	1
MP		1	5	1	2
Pk			1	3	1
Pem				1	1
PTPL					1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/5	1/3	1/2	1
MP		1	4	1	2
Pk			1	1	3
Pem				1	1
PTPL					1

## Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PTPL
PS	1	1/5	1/3	2	1
MP		1	3	3	3
Pk			1	1	1
Pem				1	1
PTPL					1

## Matrik Pendapat Gabungan

Aktor	PS	MP	Pk	Pem	PLL	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
PS	1,00	0,20	1,00	1,00	0,88	0,61	0,12	0,66	5,36
MP	5,00	1,00	3,75	1,75	2,00	2,05	0,41	2,26	5,51
Pk	1,00	0,27	1,00	2,00	2,00	0,95	0,19	0,98	5,15
Pem	1,00	0,57	0,50	1,00	1,00	0,70	0,14	0,73	5,20
PTLP	1,14	0,50	0,50	1,00	1,00	0,69	0,14	0,72	5,20
						5,00	1,00		26,41

$$\lambda_{\max} = \frac{26,41}{5} = 5,28$$

$$CI = \frac{5,28 - 5}{4} = 0,07$$

$$RI = 1,12 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,07}{1,12} = 0,06 \text{ (konsisten)}$$

## G. Data Tujuan terhadap Aktor (Petani Supplier)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1/5	1/5
M2		1	5
M3			1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1/4	3
M2		1	5
M3			1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1/5	1/3
M2		1	3
M3			1

Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	3	4
M2		1	3
M3			1

## Matrik Pendapat Gabungan

Tujuan	M1	M2	M3	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
M1	1,00	0,91	1,96	1,09	0,36	1,10	3,04
M2	1,10	1,00	4,00	1,46	0,49	1,49	3,07
M3	0,51	0,25	1,00	0,46	0,15	0,46	3,02
				3,00	1,00		9,13

$$\lambda_{\max} = \frac{9,13}{3} = 3,04$$

$$CI = \frac{3,04 - 3}{4} = 0,01$$

$$RI = 0,58 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,01}{0,58} = 0,02 \text{ (konsisten)}$$

## H. Data Tujuan terhadap Aktor (Manajer Perusahaan)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1	3
M2		1	5
M3			1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1	3
M2		1	5
M3			1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1	2
M2		1	3
M3			1

Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	3	4
M2		1	3
M3			1

## Matrik Pendapat Gabungan

Tujuan	M1	M2	M3	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
M1	1,00	1,50	3,00	1,42	0,47	1,45	3,07
M2	0,67	1,00	4,00	1,20	0,40	1,22	3,07
M3	0,33	0,25	1,00	0,38	0,13	0,39	3,02
				3,00	1,00		9,16

$$\lambda_{\max} = \frac{9,16}{3} = 3,05$$

$$CI = \frac{3,05 - 3}{4} = 0,01$$

$$RI = 0,58 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,01}{0,58} = 0,02 \text{ (konsisten)}$$

## I. Data Tujuan terhadap Aktor (Pekerja)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1/5	3
M2		1	7
M3			1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	5	5
M2		1	2
M3			1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1/3	3
M2		1	5
M3			1

Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	3	3
M2		1	2
M3			1

## Matrik Pendapat Gabungan

Tujuan	M1	M2	M3	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
M1	1,00	2,13	3,50	1,63	0,54	1,69	3,10
M2	0,47	1,00	3,50	1,00	0,33	1,02	3,07
M3	0,29	0,29	1,00	0,37	0,12	0,37	3,02
				3,00	1,00		9,19

$$\lambda_{\max} = \frac{9,19}{3} = 3,06$$

$$CI = \frac{3,06 - 3}{4} = 0,02$$

$$RI = 0,58 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,02}{0,58} = 0,03 \text{ (konsisten)}$$

## J. Data Tujuan terhadap Aktor (Pemerintah)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	5	1/2
M2		1	1/5
M3			1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	3	1/5
M2		1	1/7
M3			1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	3	1/5
M2		1	1/7
M3			1

Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	5	1/5
M2		1	1/7
M3			1

## Matrik Pendapat Gabungan

Tujuan	M1	M2	M3	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
M1	1,00	4,00	0,28	0,75	0,25	0,76	3,07
M2	0,25	1,00	0,16	0,25	0,08	0,25	3,02
M3	3,64	6,36	1,00	2,00	0,67	2,10	3,15
				3,00	1,00		9,23

$$\lambda_{\max} = \frac{9,23}{3} = 3,08$$

$$CI = \frac{3,08 - 3}{4} = 0,02$$

$$RI = 0,58 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,02}{0,58} = 0,03 \text{ (konsisten)}$$

## K. Data Tujuan terhadap Aktor (Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	2	1
M2		1	1/3
M3			1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1/2	1
M2		1	3
M3			1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1	1/2
M2		1	1
M3			1

Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

<b>Tujuan</b>	M1	M2	M3
M1	1	1/2	1/3
M2		1	1/3
M3			1

## Matrik Pendapat Gabungan

Tujuan	M1	M2	M3	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
M1	1,00	1,00	0,71	0,89	0,30	0,90	3,02
M2	1,00	1,00	1,17	1,05	0,35	1,06	3,03
M3	1,41	0,86	1,00	1,06	0,35	1,07	3,03
				3,00	1,00		9,08

$$\lambda_{\max} = \frac{9,08}{3} = 3,03$$

$$CI = \frac{3,03 - 3}{4} = 0,01$$

$$RI = 0,58 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,01}{0,58} = 0,01 \text{ (konsisten)}$$

L. Data Alternatif terhadap Tujuan (Meningkatkan Keuntungan Perusahaan)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	4	3	1
A2		1	3	1/3
A3			1	1/3
A4				1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/3	1
A2		1	3	3
A3			1	3
A4				1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/4	1
A2		1	3	4
A3			1	3
A4				1

## Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	5	3	1
A2		1	2	1/2
A3			1	1/3
A4				1

## Matrik Pendapat Gabungan

Tujuan	A1	A2	A3	A4	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
A1	1,00	2,42	1,65	1,00	1,37	0,34	1,53	4,49
A2	0,38	1,00	2,75	1,96	1,18	0,29	1,28	4,36
A3	0,61	0,33	1,00	1,67	0,73	0,18	0,79	4,31
A4	1,00	0,51	0,60	1,00	0,72	0,18	0,78	4,33
					4,00	1,00		17,49

$$\lambda_{\max} = \frac{17,49}{4} = 4,37$$

$$CI = \frac{4,37 - 4}{4} = 0,09$$

$$RI = 0,90 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,09}{0,90} = 0,10 \text{ (konsisten)}$$

M.Data Alternatif terhadap Tujuan (Meningkatkan jumlah produksi gula)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	3	3	3
A2		1	1	1/3
A3			1	1
A4				1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/5	1
A2		1	3	5
A3			1	3
A4				1

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/5	1
A2		1	3	3
A3			1	3
A4				1

Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/5	1/3	3
A2		1	2	4
A3			1	3
A4				1

Matrik Pendapat Gabungan

Tujuan	A1	A2	A3	A4	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
A1	1,00	0,97	0,93	2,00	1,07	0,27	1,09	4,07
A2	1,03	1,00	2,25	3,08	1,50	0,38	1,55	4,13
A3	1,07	0,44	1,00	2,50	0,97	0,24	0,98	4,06
A4	0,50	0,32	0,40	1,00	0,46	0,12	0,47	4,06
					4,00	1,00		16,32

$$\lambda_{\max} = \frac{16,32}{4} = 4,08$$

$$CI = \frac{4,08 - 4}{4} = 0,02$$

RI = 0,90 (tabel random index)

$$CR = \frac{0,02}{0,90} = 0,02 \text{ (konsisten)}$$

N. Data Alternatif terhadap Tujuan (Pengurangan Dampak Lingkungan)

Pakar 1 : Aditya Mahendra S.TP (Manager Pengolahan PG. Gending)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	5	3	3
A2		1	1	3
A3			1	1
A4				1

Pakar 2 : Dr. Ir. Herlina, M.P (Dosen Fakultas Teknologi Pertanian)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	3	1	1
A2		1	1	1
A3			1	1
A4				2

Pakar 3: Suyitno (Kasi.Tanaman Perkebunan Tahunan Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	3	1	2
A2		1	1/2	3
A3			1	3
A4				1

## Pakar 4: Mujiyono (Kasi.Standarisasi Produk PG. Gending)

Alternatif	A1	A2	A3	A4
A1	1	5	4	3
A2		1	2	3
A3			1	1
A4				1

## Matrik Pendapat Gabungan

Tujuan	A1	A2	A3	A4	Jumlah Normalisasi	VP	VA	VB
A1	1,00	4,00	2,25	2,25	1,86	0,46	2,04	4,38
A2	0,25	1,00	1,13	2,50	0,84	0,21	0,87	4,16
A3	0,44	0,89	1,00	1,75	0,78	0,20	0,82	4,16
A4	0,44	0,40	0,57	1,00	0,52	0,13	0,53	4,09
					4,00	1,00		16,80

$$\lambda_{\max} = \frac{16,80}{4} = 4,20$$

$$CI = \frac{4,20 - 4}{4} = 0,05$$

$$RI = 0,90 \text{ (tabel random index)}$$

$$CR = \frac{0,05}{0,90} = 0,06 \text{ (konsisten)}$$

**LAMPIRAN 9. HASIL PERHITUNGAN DATA SECARA HORIZONTAL****Bobot Faktor/Kriteria**

Faktor/Kriteria	Bobot	Prioritas
Ketersediaan Sarana dan Prasarana	0,113	3
Standar Mutu Tebu	0,454	1
Karakteristik Bahan Baku dan Bahan Pendukung	0,264	2
Penguasaan dan Penerapan Teknologi	0,093	4
Kebijakan Pemerintah	0,077	5

**Bobot Aktor terhadap Faktor/Kriteria**

Aktor	Faktor/Kriteria				
	Ketersediaan Sarana dan Prasarana Produksi (KSPP)	Standar Mutu Tebu (SMT)	Karakteristik Bahan Baku dan Bahan Pendukung (KBBP)	Penguasaan dan Penerapan Teknologi (PPT)	Kebijakan Pemerintah (KP)
Petani Supplier (PS)	0,249	0,373	0,276	0,104	0,122
Manajer Perusahaan (MP)	0,270	0,199	0,331	0,422	0,409
Pekerja (Pk)	0,310	0,231	0,167	0,215	0,190
Pemerintah (Pem)	0,109	0,126	0,143	0,119	0,140
Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian (PTLP)	0,062	0,072	0,084	0,140	0,138

**Bobot Tujuan terhadap Aktor**

Tujuan	Aktor				
	Petani Supplier (PS)	Manajer Perusahaan (MP)	Pekerja (Pk)	Pemerintah (Pem)	Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian (PTLP)
Meningkatkan Keuntungan Perusahaan (M1)	0,362	0,473	0,544	0,250	0,296
Meningkatkan Jumlah Produksi Gula (M2)	0,486	0,399	0,332	0,083	0,350
Pengurangan Dampak Lingkungan (M3)	0,152	0,128	0,124	0,667	0,354

**Bobot Alternatif terhadap Tujuan**

Alternatif	Tujuan		
	Meningkatkan Keuntungan Perusahaan (M1)	Meningkatkan Jumlah Produksi Gula (M2)	Pengurangan Dampak Lingkungan (M3)
Peningkatan Kualitas SDM (A1)	0,342	0,267	0,465
Penerapan Teknologi yang tepat (A2)	0,294	0,376	0,209
Optimasi proses produksi (A3)	0,184	0,242	0,196
Pengendalian Karakter Bahan Baku (A4)	0,181	0,115	0,130

**LAMPIRAN 10. HASIL PERHITUNGAN VERTIKAL****Bobot Faktor/Kriteria dan Aktor**

Aktor	Bobot	Prioritas
Petani Supplier	0,289	1
Manajer Perusahaan	0,278	2
Pekerja	0,218	3
Pemerintah	0,129	4
Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian	0,085	5

**Bobot Aktor dan Tujuan**

Tujuan	Bobot	Prioritas
Meningkatkan Keuntungan Perusahaan	0,413	1
Meningkatkan Jumlah Produksi Gula	0,365	2
Pengurangan Dampak Lingkungan	0,223	3

**Bobot Tujuan dan Alternatif**

Alternatif	Bobot	Prioritas
Peningkatan Kualitas SDM	0,201	1
Penerapan Teknologi yang tepat	0,184	2
Optimasi proses produksi	0,132	3
Pengendalian karakter bahan baku	0,071	4