

**PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE  
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Fermentor (RE-202))**

**(Skripsi)**

Oleh

**ULFA OCTI REZKIANI**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

**ABSTRAK**  
**PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE**  
**BERKAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

**(Tugas Khusus Prarancangan Fermentor (RE-202))**

Oleh:

**Ulfa Octi Rezkiani**

Bioetanol merupakan produk yang memiliki banyak kegunaan antara lain bahan baku pembuatan senyawa kimia lain, antiseptik, bahan bakar kendaraan bermotor, dan sebagainya. Kebutuhan dalam negeri akan bioetanol meningkat seiring waktu sehingga dibutuhkan pabrik yang mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya dapat diekspor untuk meningkatkan devisa negara.

Pabrik Bioetanol ini direncanakan didirikan di Bandar Mataram, Lampung Tengah, Provinsi Lampung dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah molase sebanyak 15.542,74 kg/jam. Pabrik beroperasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Kebutuhan utilitas diantaranya adalah unit penyediaan air dan *steam*, unit penyediaan listrik, unit penyediaan bahan bakar, dan unit penyediaan udara tekan.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas yang berstruktur organisasi *line and staff* dengan kebutuhan karyawan 178 orang. Dari analisis ekonomi diperoleh:

*Fixed Capital Investment* (FCI) = Rp 320.354.364.471

*Working Capital Investment* (WCI) = Rp 56.533.123.142

*Total Capital Investment* (TCI) = Rp 376.887.487.613

*Break Even Point* (BEP) = 42,83%

*Shut Down Point* (SDP) = 21,32%

*Pay Out Time after taxes* (POT)<sub>a</sub> = 2,94 tahun

*Return on Investment after taxes* (ROI)<sub>a</sub> = 20,41%

*Discounted cash flow* (DCF) = 28,89%

Hasil studi kelayakan teknik dan ekonomi menyatakan bahwa pendirian Pabrik Bioetanol layak dikaji lebih lanjut karena menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

**Kata Kunci** : Bioetanol, Molase, Fermentasi

**ABSTRACT**  
**FEASIBILITY STUDY BIOETHANOL PLANT FROM MOLASSES**  
**CAPACITY 30.000 TON/YEAR**

**(Designing Fermentor (RE-202))**

By:

**Ulfa Octi Rezkiani**

Bioethanol is a product that has many uses such as raw materials for other chemical substances, antiseptic, biofuel and so forth. Domestic demand for bioethanol increases that the plant is needed to meet domestic demand and can be reliable to increase the country's foreign exchange.

The Bioethanol Plant is planned to be established in Bandar Mataram, Central Lampung, Lampung Province with a capacity of 30,000 tons/year. The raw material used is molasses as much as 15.542,74 kg/hour. The supplies of plant's utility are: water treatment, steam, power generation, electricity, fuel, and pressed air supply system.

The company entity form is Limited Liability Company (PT) with line and staff organization structure. Total labors are 178 people. Plant's economic studies are:

Fixed Capital Investment (FCI) = Rp 320.354.364.471

Working Capital Investment (WCI) = Rp 55.276.404.873

Total Capital Investment (TCI) = Rp 56.533.123.142

Break Even Point (BEP) = 42,83%

Shut Down Point (SDP) = 21,32%

Pay Out Time after taxes (POT)<sub>a</sub> = 2,94 years

Return on Investment after taxes (ROI)<sub>a</sub> = 20,41%

Discounted Cash Flow (DCF) = 28,89%

The result of technical and economic feasibility study is feasible and need further analysis, because the plant is profitable with good sustainability.

**Key Word** : Bioethanol, Molasses, Fermentation

**PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE  
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Fermentor (RE-202))**

Oleh

**ULFA OCTI REZKIANI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

**Judul Skripsi**

**: PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI  
MOLASE BERKAPASITAS 30.000 TON/TAHUN  
(Perancangan Fermentor (RE-202))**

**Nama Mahasiswa**

**: Ulfa Octi Rezkiani**

**Nomor Pokok Mahasiswa : 1215041051**

**Program Studi**

**: Teknik Kimia**

**Fakultas**

**: Teknik**



**Simpardin Br. Ginting, S.T.,M.T.**  
**NIP.196611111994022001**

**Yuli Darni., S.T.,M.T.**  
**NIP. 197407122000032001**

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**

**Ir. Azhar, M.T.**

**NIP. 196604011995011001**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua**

**: Simparmin Br.Ginting, S.T., M.T.**



**Sekretaris**

**: Yuli Darni, S.T.,M.T.**



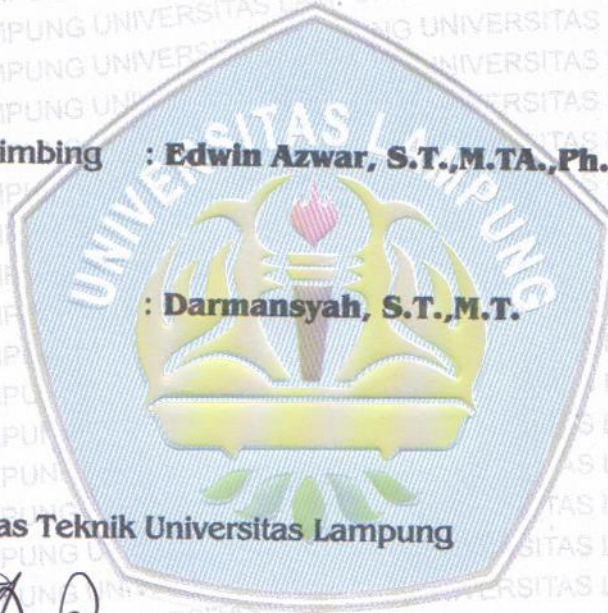
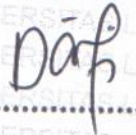
**Penguji**

**Bukan Pembimbing**

**: Edwin Azwar, S.T.,M.TA.,Ph.D.**



**: Darmansyah, S.T.,M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Prof. Dr. Suharno, M.Sc. Ph.D.**

**NIP. 19620717 198703 1 0002**

**Tanggal Lulus Seminar : 26 Februari 2018**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 Februari 2018



Ulfa Octi Rezkiani  
NPM. 1215041051

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 16 Oktober 1995, sebagai putri kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Budi Mulyono dan Ibu Shofiyatun. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri Percontohan 05 Pagi Cipinang Muara pada tahun 2007,

Sekolah Menengah Pertama Negeri 252 Jakarta pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 54 Jakarta pada tahun 2012.

Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Ujian Mandiri (UM) 2012. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif berorganisasi menjadi anggota Divisi Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Periode 2013-2014, anggota Divisi Media Informasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung Periode 2014–2015 dan pada tahun 2015-2016, penulis menjadi Staff Dinas Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) BEM Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pada tahun 2016, penulis melakukan Kerja Praktek di PT PERTAMINA (Persero) RU III Plaju, Palembang. Penulis ditempatkan di bagian *Process Engineer* dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Cooler* LS-E-3A/B pada Unit *Riser Fluid Catalytic Cracking*” (RFCC). Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan



judul “Aplikasi Pembuatan *Edible Film* dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Sebagai Cangkang Kapsul”. Penelitian ini juga telah dipublikasikan pada Seminar Nasional Riset dan Industri III Balai Riset dan Standarisasi Industri Lampung tahun 2017.

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Kuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini yang berjudul "Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Molase dengan Kapasitas Produksi 30.000 Ton /Tahun" dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Simparmin Br. Ginting., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
2. Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas semua ilmu, saran, masukan dan pengertiannya dalam penyelesaian tugas akhir.
3. Ir. Azhar, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
4. Edwin Azwar, S.T.,M.TA.,Ph.D. dan Darmansyah, S.T., M.T, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik.
5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
6. Keluargaku tercinta, Mama dan Papa, atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Kakak ku Muhammad Arief atas kasih sayang dan doa. Uwa ku Srimi Hadiyati atas dukungan, kasih sayang dan doa. Semoga Allah yang Mahakuasa dan Maha Penyayang memberikan perlindungan dan Karunia-Nya kepada kalian.

7. Pimpinan RB Genesis Erik Hidayat, M.Pd., atas dukungan dan segala bantuan yang telah diberikan.
8. Sahabat terbaikku Erfina Febrianti dan Sandra Fetriana atas segala kebaikan, bantuan dan dukungan dalam setiap hal, baik dalam suka maupun duka.
9. Partner Kerja Praktek Verraprinita Arizal, karena telah membantu dalam melewati fase-fase di tanah orang selama Kerja Praktek.
10. Partner Penelitian Fakhri Aulia Rahman, terimakasih karena telah melewati proses bersama-sama.
11. Teman angkatan Elliza atas ilmu-ilmunya, Tari, Azel, Finka, Dera, Fathya atas segala pengalaman suka maupun duka selama penulis kuliah, dan seluruh angkatan 2012 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan dan doa kalian semua.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis. Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 26 Februari 2018

Penulis,

**Ulfa Octi Rezkiani**

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
JUDUL DALAM .....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN .....	iv
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
PERNYATAAN .....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	vii
SANWACANA .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxv
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Kegunaan Produk .....	5
1) Produk Utama .....	5
2) Produk Samping .....	6
C. Ketersediaan Bahan Baku .....	7
D. Analisis Pasar .....	9
E. Kapasitas Pabrik .....	15
F. Lokasi Pabrik .....	16
 <b>BAB II PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES</b>	
A. Pemilihan Bahan Baku Proses Fermentasi Bioetanol .....	20
B. Pemilihan Mikroba pada Proses Fermentasi .....	23
C. Jenis-jenis Proses Pembuatan Etanol .....	25

D. Pemilihan Proses .....	28
a) Tinjauan Termodinamika .....	28
b) Tinjauan Ekonomi .....	28
E. Uraian Proses Fermentasi .....	32

### **BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK**

A. Bahan Baku .....	36
1) Molase .....	36
2) <i>Saccaromyces cereviceae</i> (Yeast) .....	37
3) Air .....	38
4) Urea .....	38
5) Enzim Sukrase .....	39
B. Produk .....	39
1) Etanol .....	39
2) Karbon Dioksida .....	40

### **BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI**

A. Neraca Massa.....	41
1) Filter (FT-101) .....	42
2) <i>Hydrolisis Tank</i> (RE-201) .....	43
3) <i>Sterilization Tank</i> (SR-201) .....	44
4) <i>Cooler</i> (CO-201) .....	45
5) <i> Holding Tank</i> Gula (HT-202) .....	46
6) <i> Seeding Tank</i> (SD-201).....	47
7) <i> Holding Tank Yeast</i> (HT-203).....	48
8) Fermentor (RE-202) .....	49
9) Filter (FT-201) .....	50
10) <i> Holding Tank</i> Bioetanol (HT-204) .....	51
11) Menara Distilasi (DC-301) .....	52
12) Kondensor Menara Distilasi (CD-301) .....	53
13) Reboiler Menara Distilasi (RB-301) .....	54
14) Adsorber (AD-401) .....	55

B. Neraca Panas .....	56
1) <i>Hydrolysis Tank</i> (RE-201) .....	61
2) <i>Sterilization Tank</i> (SR-201) .....	61
3) <i>Cooler</i> (CO-201) .....	62
4) Fermentor (RE-202) .....	62
5) <i>Heater</i> (HE-301) .....	63
6) Menara Distilasi (DC-301) .....	63
7) <i>Cooler</i> (CO-301) .....	64

## **BAB V SPESIFIKASI ALAT**

A. Peralatan Proses .....	65
1) <i>Storage Tank</i> Molase (ST-101) .....	65
2) Filter (FT-101).....	66
3) <i> Holding Tank</i> Enzim (HT-201).....	67
4) <i>Hydrolysis Tank</i> (RE-201) .....	68
5) <i>Sterilization Tank</i> (SR-201) .....	69
6) <i>Cooler</i> (CO-201) .....	70
7) <i> Holding Tank</i> Gula (HT-202) .....	71
8) <i>Seeding Tank</i> (SD-201) .....	72
9) <i> Holding Tank</i> Yeast (ST-203) .....	73
10) Fermentor (RE-202) .....	74
11) <i> Holding Tank</i> Bioetanol (HT-204) .....	75
12) Filter (FT-201) .....	76
13) Heater (HE-301) .....	77
14) Menara Distilasi (DC-301) .....	78
15) Kondenser Menara Distilasi 1(CD-301) .....	79
16) Reboiler Menara Distilasi (RB-301) .....	80
17) Akumulator Menara Distilasi (AC-301) .....	81
18) <i>Cooler</i> (CO-301) .....	82
19) Adsorber (AD-401) .....	83
20) <i>Storage Product</i> Bioetanol (ST-401) .....	84

21) Pompa Proses 101 (PP-101) .....	85
22) Pompa Proses 102 (P-102) .....	86
23) Pompa Proses 201 (P-201).....	87
24) Pompa Proses 202 (P-202).....	88
25) Pompa Proses 203 (P-203).....	89
26) Pompa Proses 204 (P-204).....	90
27) Pompa Proses 205 (P-205).....	91
28) Pompa Proses 206 (P-206).....	92
29) Pompa Proses 207 (P-207).....	93
30) Pompa Proses 208 (P-208).....	94
31) Pompa Proses 209 (P-209).....	95
32) Pompa Proses 301 (P-301).....	96
33) Pompa Proses 302 (P-302).....	97
34) Pompa Proses 303 (P-303).....	98
35) Pompa Proses 304 (P-304).....	99
<b>B. Peralatan Utilitas .....</b>	<b>100</b>
36) Bak Sedimentasi (SB-501) .....	100
37) Tangki Alum (ST-501) .....	101
38) Tangki Kaporit (ST-502) .....	102
39) Tangki Soda Kaustik (ST-503) .....	103
40) Klarifier (CF-501) .....	104
41) Sand Filter (SF-501) .....	105
42) Tangki Air Filter (ST-504) .....	106
43) Tangki Asam Sulfat (ST-505) .....	107
44) Tangki Dispersan (ST-506) .....	108
45) Tangki Inhibitor (ST-507) .....	109
46) <i>Cooling Tower</i> (CT-501) .....	110
47) <i>Cation Exchanger</i> CE-501) .....	111
48) <i>Anion Exchanger</i> (AE-501) .....	112
49) Tangki Air Proses (ST-508) .....	113
50) Tangki Air Demin (ST-509) .....	114
51) Tangki Hidrazin (ST-510) .....	115

52) Tangki Kondensat (ST-511) .....	116
53) Deaerator (DA-501) .....	117
54) Boiler (BO-501) .....	118
55) Tangki Air Hidran (ST-512) .....	119
56) Air Dryer (AD – 801) .....	120
57) Blower Udara 1(BU – 801) .....	120
58) <i>Cyclone</i> (CL-801) .....	121
59) BlowerUdara 2 (BU – 802) .....	121
60) BlowerUdara 3(BU – 803) .....	122
61) Air Compressor (AC-801) .....	122
62) BlowerUdara 4(BU – 804) .....	123
63) Pompa Utilitas (PU– 501) .....	123
64) Pompa Utilitas (PU– 502) .....	124
65) Pompa Utilitas (PU– 503) .....	125
66) Pompa Utilitas (PU– 504) .....	126
67) PompaUtilitas (PU– 505) .....	127
68) Pompa Utilitas (PU– 506) .....	128
69) Pompa Utilitas (PU– 507) .....	129
70) Pompa Utilitas (PU– 508) .....	130
71) Pompa Utilitas (PU– 509) .....	131
72) Pompa Utilitas (PU– 510) .....	132
73) PompaUtilitas (PU– 511) .....	133
74) Pompa Utilitas (PU– 512) .....	134
75) Pompa Utilitas (PU– 513) .....	135
76) Pompa Utilitas (PU– 514) .....	136
77) Pompa Utilitas (PU– 515) .....	137
78) Pompa Utilitas (PU– 516) .....	138
79) Pompa Utilitas (PU– 517) .....	139
80) Pompa Utilitas (PU– 518) .....	140
81) Pompa Utilitas (PU– 519) .....	141
82) Pompa Utilitas (PU– 520) .....	142



83) Pompa Utilitas (PU– 521) .....	143
84) Tangki Bahan Bakar (ST-701) .....	144
85) Generator Listrik (GS-701) .....	145

## **BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

A. Kebutuhan Air .....	146
1) Air untuk keperluan umum dan sanitasi .....	147
2) Air pendingin .....	148
3) Air Umpan Boiler ( <i>Boiler Feed Water</i> ) .....	150
4) Air Proses .....	152
5) Air Pemadam Kebakaran .....	154
B. Unit Penyedia Air ( <i>Water Treatment Plant</i> ).....	154
1) Sedimentasi .....	156
2) Koagulasi dan Flokulasi .....	156
3) Penyaringan ( <i>Filtration</i> ) .....	159
4) Demineralisasi .....	160
5) Deaerasi .....	163
C. Unit Penyedia Bahan Bakar .....	164
D. Unit Penyedia Udara Instrumen .....	164
E. Unit Penyedia Steam .....	165
F. Unit Pembangkit Tenaga Listrik .....	165
G. Unit <i>Cooling Tower</i> .....	165
H. Unit Pengolahan Limbah .....	169
I. Unit Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	170
J. Laboratorium .....	172

## **BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK**

A. Lokasi Pabrik .....	177
B. Tata Letak Pabrik .....	179

## **BAB VIII MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN**

A. Latar Belakang .....	185
-------------------------	-----

B. Struktur Organisasi Perusahaan .....	188
C. Tugas dan Wewenang .....	190
1) <i>Board of Director</i> (Pemegang Saham) .....	190
2) <i>General Manager</i> .....	191
3) Manager .....	191
D. Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	194
1) Status Karyawan .....	194
2) Sistem Penggajian .....	194
3) Kenaikan Upah .....	195
E. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	195
F. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan .....	198
1) Penggolongan Jabatan .....	194
2) Jumlah Karyawan .....	200
G. Kesejahteraan Karyawan .....	202
1) Tunjangan .....	202
2) Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	203
H. Manajemen Produksi .....	211
1) Perencanaan Produksi .....	210
2) Pengendalian Produksi .....	211
 <b>BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI</b>	
A. Investasi .....	213
B. Evaluasi Ekonomi .....	217
C. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF) .....	220
 <b>BAB X KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	222
B. Saran .....	223
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	 224

**LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A. NERACA MASSA**

**LAMPIRAN B. NERACA ENERGI**

**LAMPIRAN C. SPESIFIKASI ALAT**

**LAMPIRAN D. UTILITAS**

**LAMPIRAN E. KEEKONOMIAN**

**LAMPIRAN F. TUGAS KHUSUS**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1	Kapasitas Produksi Pabrik Gula di Indonesia ..... 7
Tabel 1.2	Kapasitas Produksi Pabrik Molase ..... 8
Tabel 1.3	Data Impor Bioetanol di Indonesia ..... 9
Tabel 1.4	Data Ekspor Bioetanol ..... 11
Tabel 1.5	Data Konsumsi Bioetanol di Indonesia ..... 13
Tabel 1.6	Pabrik Bioetanol yang Beroperasi di Indonesia ..... 15
Tabel 2.1	Perbandingan Bahan Baku Proses Fermentasi Bioetanol ..... 21
Tabel 2.2	Nilai $\Delta H^{\circ}F$ dan $\Delta G^{\circ}$ Reaktan dan Produk Proses Fermentasi... 28
Tabel 2.3	Data Bahan Baku dan Produk Proses dengan Fermentasi ..... 30
Tabel 2.4	Mol Bahan Baku dan Produk Proses Fermentasi ..... 31
Tabel 3.1	Spesifikasi <i>Yeast</i> ..... 37
Tabel 3.2	Spesifikasi <i>Fuel Grade Bioethanol</i> SNI (7390-2008) ..... 40
Tabel 4.1	Neraca Massa <i>Filter</i> (FT-101) ..... 42
Tabel 4.2	Neraca Massa <i>Hydrolysis Tank</i> (RE-201) ..... 43
Tabel 4.3	Neraca Massa <i>Sterilization Tank</i> (SR-201) ..... 44
Tabel 4.4	Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-201) ..... 45
Tabel 4.5	Neraca Massa <i> Holding Tank</i> Gula (HT-201) ..... 46
Tabel 4.6	Neraca Massa <i>Seeding Tank</i> (SD-201) ..... 47
Tabel 4.7	Neraca Massa <i> Holding Tank Yeast</i> (HT-203)..... 48
Tabel 4.8	Neraca Massa <i>Fermentor</i> (RE-202) ..... 49
Tabel 4.9	Neraca Massa <i>Filter</i> (FT-201) ..... 50
Tabel 4.10	Neraca Massa <i> Holding Tank</i> Bioetanol (HT-204) ..... 51

Tabel 4.11	Neraca Massa Menara Distilasi (DC-301) .....	52
Tabel 4.12	Neraca Massa Kondensor Menara Distilasi(CD-301) .....	53
Tabel 4.13	Neraca Massa Reboiler Menara Distilasi (RB-301) .....	54
Tabel 4.14	Neraca Massa Adsorber (AD-401) .....	55
Tabel 4.15	<i>Heat of Formation</i> .....	59
Tabel 4.16	Konstanta Entalpi Penguapan .....	59
Tabel 4.17	Konstanta <i>Heat Capacity</i> .....	60
Tabel 4.18	Neraca Panas <i>Hydrolysis Tank</i> (RE-201) .....	61
Tabel 4.19	Neraca Panas <i>Sterilization Tank</i> (SR-201) .....	61
Tabel 4.20	Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-201) .....	62
Tabel 4.21	Neraca Panas <i>Fermentor</i> (RE-202) .....	62
Tabel 4.22	Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-301) .....	63
Tabel 4.23	Neraca Panas Menara Distilasi (DC-301) .....	63
Tabel 4.24	Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-301) .....	64
Tabel 5.1	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Molase (ST-101).....	65
Tabel 5.2	Spesifikasi <i>Filter</i> (FT-101) .....	66
Tabel 5.3	Spesifikasi <i> Holding Tank</i> Enzim (HT-201) .....	67
Tabel 5.4	Spesifikasi <i>Hydrolysis Tank</i> (RE-201) .....	68
Tabel 5.5	Spesifikasi <i>Sterilization Tank</i> (SR-201) .....	69
Tabel 5.6	Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201) .....	70
Tabel 5.7	Spesifikasi <i> Holding Tank</i> Gula (HT-202) .....	71
Tabel 5.8	Spesifikasi <i>Seeding Tank</i> (SD-201) .....	72
Tabel 5.9	Spesifikasi <i> Holding Tank</i> Yeast (ST-203) .....	73
Tabel 5.10	Spesifikasi <i>Fermentor</i> (RE-202) .....	74
Tabel 5.11	Spesifikasi <i> Holding Tank</i> Bioetanol (HT-204) .....	75
Tabel 5.12	Spesifikasi <i>Filter</i> (FT-201) .....	76

Tabel 5.13	Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-301) .....	77
Tabel 5.14	Spesifikasi Menara Distilasi (DC-301) .....	78
Tabel 5.15	Spesifikasi Kondenser Menara Distilasi (CD-301) .....	79
Tabel 5.16	Spesifikasi Reboiler Menara Distilasi (CD-301) .....	80
Tabel 5.17	Spesifikasi Akumulator Menara Distilasi (AC-301) .....	81
Tabel 5.18	Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301) .....	82
Tabel 5.19	Spesifikasi Adsorber (AD-401) .....	83
Tabel 5.20	Spesifikasi <i>Storage Product</i> Bioetanol (ST-401) .....	84
Tabel 5.21	Spesifikasi Pompa Proses 101 (P-101) .....	85
Tabel 5.22	Spesifikasi Pompa Proses 102 (P-102) .....	86
Tabel 5.23	Spesifikasi Pompa Proses 201 (P-201) .....	87
Tabel 5.24	Spesifikasi Pompa Proses 202 (P-202) .....	88
Tabel 5.25	Spesifikasi Pompa Proses 203 (P-203) .....	89
Tabel 5.26	Spesifikasi Pompa Proses 204 (P-204) .....	90
Tabel 5.27	Spesifikasi Pompa Proses 205 (P-205) .....	91
Tabel 5.28	Spesifikasi Pompa Proses 206 (P-206) .....	92
Tabel 5.29	Spesifikasi Pompa Proses 207 (P-207) .....	93
Tabel 5.30	Spesifikasi Pompa Proses 208 (P-208) .....	94
Tabel 5.31	Spesifikasi Pompa Proses 209 (P-209) .....	95
Tabel 5.32	Spesifikasi Pompa Proses 301 (P-301) .....	96
Tabel 5.33	Spesifikasi Pompa Proses 302 (P-302) .....	97
Tabel 5.34	Spesifikasi Pompa Proses 303 (P-303) .....	98
Tabel 5.35	Spesifikasi Pompa Proses 304 (P-304) .....	99
Tabel 5.36	Spesifikasi Bak Sedimentasi (SB-501) .....	100
Tabel 5.37	Spesifikasi Tangki Alum (ST-501) .....	101
Tabel 5.38	Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-502) .....	102

Tabel 5.39	Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-503).....	103
Tabel 5.40	Spesifikasi Klarifier (CF-501) .....	104
Tabel 5.41	Spesifikasi <i>Sand Filter</i> ( SF-501) .....	105
Tabel 5.42	Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-504) .....	106
Tabel 5.43	Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-505) .....	107
Tabel 5.44	Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-506) .....	108
Tabel 5.45	Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-507) .....	109
Tabel 5.46	Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-501) .....	110
Tabel 5.47	Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-501) .....	111
Tabel 5.48	Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-501).....	112
Tabel 5.49	Spesifikasi Tangki Penyimpanan Air Proses (ST-508) .....	113
Tabel 5.50	Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST-509) .....	114
Tabel 5.51	Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-510) .....	115
Tabel 5.52	Spesifikasi Tangki Kondensat (ST-511) .....	116
Tabel 5.53	Spesifikasi Deaerator (DA-501) .....	117
Tabel 5.54	Spesifikasi Boiler (BO-501) .....	118
Tabel 5.55	Spesifikasi <i>Hydran Water Tank</i> (ST-512) .....	119
Tabel 5.56	Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-801) .....	120
Tabel 5.57	Spesifikasi Blower Udara 1 (BU-801) .....	120
Tabel 5.58	Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CL-801) .....	121
Tabel 5.59	Spesifikasi Blower Udara 2 (BU-802) .....	121
Tabel 5.60	Spesifikasi Blower Udara 3 (BU-803) .....	122
Tabel 5.61	Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-801) .....	122
Tabel 5.62	Spesifikasi Blower Udara 4 (BU-804) .....	123
Tabel 5.63	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501) .....	123
Tabel 5.64	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502) .....	124

Tabel 5.65	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503) .....	125
Tabel 5.66	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-504) .....	126
Tabel 5.67	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-505) .....	127
Tabel 5.68	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-506) .....	128
Tabel 5.69	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-507) .....	129
Tabel 5.70	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-508) .....	130
Tabel 5.71	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-509) .....	131
Tabel 5.72	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-510) .....	132
Tabel 5.73	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-511) .....	133
Tabel 5.74	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-512) .....	134
Tabel 5.75	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-513) .....	135
Tabel 5.76	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-514) .....	136
Tabel 5.77	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-515) .....	137
Tabel 5.78	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-516) .....	138
Tabel 5.79	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-517) .....	139
Tabel 5.80	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-518) .....	140
Tabel 5.81	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-519) .....	141
Tabel 5.82	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-520) .....	142
Tabel 5.83	Spesifikasi Pompa Utilitas (PP-521) .....	143
Tabel 5.84	Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-701) .....	144
Tabel 5.85	Spesifikasi Generator Listrik (GS-701) .....	145
Tabel 6.1	Spesifikasi Air Sanitasi .....	147
Tabel 6.2	Spesifikasi Kebutuhan Air Umum .....	148
Tabel 6.3	Spesifikasi Air Pendingin .....	149
Tabel 6.4	Kebutuhan Air Pendingin .....	150
Tabel 6.5	Spesifikasi Air Umpan Boiler .....	151



Tabel 6.6	Jumlah Kebutuhan Air Umpan Boiler .....	152
Tabel 6.7	Spesifikasi Air Proses .....	153
Tabel 6.8	Kebutuhan Air Proses .....	154
Tabel 6.9	Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian .....	171
Tabel 6.10	Pengendalian Variabel Utama Proses .....	172
Tabel 6.11	Spesifikasi Bioetanol .....	174
Tabel 7.1	Distribusi Penggunaan Lahan Industri .....	178
Tabel 8.1	Hari dan Jam Kerja Karyawan Reguler .....	196
Tabel 8.2	Jam Kerja Karyawan Produksi, Teknik dan Keamanan .....	196
Tabel 8.3	Jadwal Kerja Masing-masing Regu .....	197
Tabel 8.4	Prasyarat Tingkat Pendidikan terhadap Jabatan .....	198
Tabel 8.5	Rincian Jumlah Karyawan .....	200
Tabel 9.1	<i>Total Capital Investment</i> .....	214
Tabel 9.2	<i>Manufacturing Cost</i> .....	216
Tabel 9.3	<i>General Expenses</i> .....	217
Tabel 9.4	Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi .....	221

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Grafik 1.1	Impor Bioetanol di Indonesia .....	9
Grafik 1.2	Ekspor Bioetanol di Indonesia .....	11
Grafik 1.3	Konsumsi Bioetanol di Indonesia .....	13
Gambar 2.1	Diagram Alir Proses .....	35
Gambar 6.1	Diagram Alir Proses Pengolahan Air .....	156
Gambar 6.2	Mekanisme Proses Deaerasi .....	164
Gambar 6.3	Kontak Udara Cooling Water System .....	167
Gambar 6.4	Diagram Cooling Water System .....	168
Gambar 7.1	Pra Rencana Lokasi Pabrik Bioetanol .....	179
Gambar 7.2	Tata Letak Pabrik Bioetanol .....	183
Gambar 8.1	Struktur Organisasi Perusahaan Bioetanol .....	189
Gambar 9.1	Analisa Ekonomi Pabrik Bioetanol .....	220
Gambar 9.2	Kurva Cumulative Cash Flow terhadap Umur Pabrik .....	221

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Kebutuhan manusia terhadap bahan bakar minyak semakin meningkat, sedangkan cadangan energi minyak bumi (fosil) setiap harinya semakin berkurang. Berdasarkan OPEC *World Energy Model* (OWEM) diketahui bahwa permintaan minyak dunia pada periode jangka menengah dari tahun 2002 hingga tahun 2010 diperkirakan mengalami pertumbuhan 1,8 persen per tahun. Peningkatan kebutuhan itu akan mencapai 12 juta barrel per hari (bph), atau dari 77 juta bph menjadi 89 juta bph dan pada periode berikutnya, yakni dari tahun 2010 hingga tahun 2020 permintaan akan naik menjadi 106 juta bph (Departemen ESDM, 2004). Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan sumber energi lain sebagai alternatif yang murah dan dapat diperbaharui guna mengurangi ketergantungan BBM. Khususnya di Indonesia, pemerintah berharap ketergantungan terhadap konsumsi bahan bakar fosil, berkurang dari 52% menjadi 20% (Menteri ESDM RI, 2007), seperti diterbitkan Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai bahan bakar pengganti minyak. Selain itu, pemerintah serius untuk mengembangkan bahan bakar nabati dengan menerbitkan INPRES No. 1 tahun 2006 tanggal 25 Juni 2006 tentang penyediaan Bahan Bakar Nabati (BBN) sebagai sumber bahan bakar (Martono dan Sasongko, 2007).

Potensi Indonesia untuk mengembangkan energi yang terbarukan (*renewable energy*) relatif besar karena sumber daya alam Indonesia yang melimpah. Salah satu potensi yang relatif besar adalah pengembangan etanol. Bioetanol ( $C_2H_5OH$ ) adalah etanol yang dibuat dari proses fermentasi bahan baku nabati. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Untuk pengganti premium, terdapat alternatif gasohol yang merupakan campuran antara bensin dan bioetanol. Adapun manfaat pemakaian gasohol di Indonesia yaitu, memperbesar basis sumber daya bahan bakar cair, mengurangi impor BBM, menguatkan *security of supply* bahan bakar, meningkatkan kesempatan kerja, berpotensi mengurangi ketimpangan pendapatan antar individu dan antar daerah, meningkatkan kemampuan nasional dalam teknologi pertanian dan industri, mengurangi kecenderungan pemanasan global dan pencemaran udara (bahan bakar ramah lingkungan), dan berpotensi mendorong komoditi ekspor baru. Bioetanol memberikan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan.

Pemerintah telah membuat *road map* teknologi bioetanol, yaitu pada periode tahun 2005-2010 dapat memanfaatkan bioetanol sebesar 2% dari konsumsi premium (0,43 juta kL), kemudian pada periode tahun 2011-2015, persentase pemanfaatan bioetanol ditingkatkan menjadi 3% dari konsumsi premium (1 juta kL), dan selanjutnya pada periode tahun 2016-2025, persentase pemanfaatan bioetanol ditingkatkan menjadi 5% dari konsumsi premium (2,8 juta kL).

Mengacu *Blue Print* Pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN) untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran disebutkan bahwa kebutuhan *biofuel* sampai tahun 2025 adalah sebesar 22,26 juta kL dengan kebutuhan lahan yaitu 4

juta ha sawit dan 3 juta ha jarak pagar untuk memproduksi biodiesel dan *bio-oil*, serta 3,5 juta ha tebu dan singkong untuk memproduksi bioetanol.

Apabila pada tahun 2010 bioetanol dimanfaatkan untuk mensubstitusi 10% konsumsi bensin, maka dibutuhkan 1,48 juta kL bioetanol dengan lahan untuk bahan baku (tebu dan singkong) sebesar 2,25 juta ha dan perlu dibangun pabrik bioetanol sebanyak 104 unit @60 kL/hari. Selain itu, akan menyerap tenaga kerja 1,75 juta orang tenaga non terampil dan 15 ribu tenaga terampil. Pemanfaatan bioetanol juga mendukung program langit biru, karena dapat menurunkan emisi gas berbahaya, seperti CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, senyawa aromatik dalam bensin.

Pabrik didirikan dengan tujuan untuk memproses bahan baku menjadi produk yang lebih bernilai. Pembangunan di bidang industri kimia di Indonesia semakin pesat perkembangannya. Hal ini dibuktikan dengan telah didirikannya pabrik-pabrik kimia di Indonesia. Kegiatan pengembangan industri kimia di Indonesia diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun luar negeri akan bahan kimia serta untuk memecahkan masalah ketenagakerjaan.

Bioetanol merupakan salah satu jenis sumber energi yang sedang dipacu pengembangannya oleh Pemerintah Indonesia. Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, Instruksi Presiden No. 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati, dan Keputusan Presiden No. 10 Tahun 2006 tentang Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran, merupakan upaya pemerintah dalam mendukung pengembangan energi alternatif khususnya Bahan Bakar Nabati (BBN).

Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi telah menetapkan spesifikasi BBM jenis Bensin yang diperdagangkan di dalam negeri melalui Keputusan Dirjen Migas No. 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006, mengacu kepada ASTM D 4806 tentang *Denaturated Fuel Etanol for Blending with Gasolines for Use as Automotive Spark Ignition Engine Fuel*.

Produksi bioetanol dapat dibuat dari bahan baku yang mengandung glukosa, pati, dan selulosa. Glukosa dapat berasal dari kandungan molase yang dikonversi secara langsung menjadi etanol. Molase mengandung kadar gula (sekitar 50% - 60%) dan sejumlah asam amino dan mineral dapat diolah menjadi beberapa produk termasuk sebagai produk utama adalah etanol (Paturau, 1982).

Penggunaan molase dikarenakan lebih ekonomis, ditinjau dari harga bahan baku yang relatif murah yang merupakan hasil samping dari pembuatan gula. Pada umumnya sebagai media untuk produksi etanol digunakan molase yang dapat diperoleh secara mudah dan murah. Molase merupakan hasil samping dari industri gula yang didapat setelah sukrosanya dikristalkan dan sentrifugasi dari sari gula tebu. Molase merupakan campuran kompleks yang mengandung sukrosa, gula invert, dan bahan-bahan non gula. Molase bersifat asam, mempunyai pH 5,5–6,5 yang disebabkan oleh adanya asam-asam organik bebas (Hidayat, 2006).

Produksi molase mempunyai pangsa pasar yang relatif besar di dalam dan luar negeri. Hal ini dapat dibuktikan bahwa pada tahun 2006 PTPN II Tanjung Morawa Sumut mampu menghasilkan molase sebesar 45.000 ton.

Dengan didirikannya pabrik bioetanol diharapkan dapat memenuhi seluruh kebutuhan di Indonesia dan sisanya dapat diekspor untuk meningkatkan devisa negara.

## **B. Kegunaan Produk**

### **1. Produk Utama**

Bioetanol merupakan produk intermediet yang secara umum digunakan sebagai bahan baku turunan etanol, bahan baku industri farmasi, dan campuran bahan bakar untuk pembakaran. Adapun kegunaan dari bioetanol antara lain adalah sebagai berikut:

#### **a. Bidang Industri Kimia**

- Sebagai bahan baku untuk membuat senyawa kimia lain, seperti asetaldehid, etil asetat, asam asetat, etilen dibromida, glikol, etil klorida, dan semua etil ester.
- Bahan pembuat minuman beralkohol.
- Bahan pelarut dalam pembuatan cat dan bahan-bahan kosmetik.

#### **b. Bidang Kedokteran, Farmasi, dan Laboratorium**

- Sebagai bahan antiseptik.
- Sebagai pelarut dan reagensia dalam laboratorium dan industri.
- Sebagai cairan pengisi termometer karena etanol membeku pada suhu  $-114^{\circ}\text{C}$ .
- Sebagai bahan pembuatan sejumlah besar obat-obatan dan juga sebagai bahan pelarut atau sebagai bahan antara di dalam pembuatan senyawa-senyawa lain skala laboratorium.

- c. Bahan bakar kendaraan bermotor (*Full Grade Ethanol*). Etanol dalam aplikasi sebagai bahan bakar dicampur dengan *gasoline* sehingga menghasilkan gasohol yang ramah lingkungan. Etanol cocok digunakan sebagai campuran *gasoline* karena nilai oktannya yang tinggi.

## 2. Produk Samping

Produk samping adalah produk yang terbentuk baik dari proses utama maupun reaksi samping. Produk samping dan kegunaannya dijelaskan sebagai berikut.

### a. Karbon Dioksida

- Digunakan sebagai bahan baku dalam industri proses kimia, khususnya untuk metanol dan produksi urea.
- Digunakan dalam sumur minyak untuk ekstraksi minyak dan menjaga tekanan dalam formasi. Ketika karbon dioksida dipompakan ke dalam sumur minyak, sebagian dilarutkan ke dalam minyak, mengurangi kekentalan, sehingga minyak yang akan diekstraksi lebih mudah dari batuan dasar dan meningkatkan produksi.
- Digunakan untuk pembuatan *dry ice*, yang dapat dimanfaatkan sebagai pendingin.
- Digunakan untuk membuat minuman berkarbonasi.



### C. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan bioetanol ini adalah molase atau gula tetes. Molase dapat diperoleh dari pabrik gula dalam negeri. Pabrik gula tebu dengan kapasitas 12 terbesar Nasional ditunjukkan oleh Tabel 1.1. Sebagai cadangan, bahan baku juga bisa diperoleh dari berbagai pabrik gula yang ada di Pulau Jawa dan luar Jawa.

Tabel 1.. Kapasitas Produksi Pabrik Gula Tebu Indonesia

Nama Pabrik Gula (PG)	Lokasi Pabrik	Kapasitas (TCD)
PG. Gunung Madu	Lampung Tengah	16.000
PG. Gula Putih Mataram	Lampung Tengah	12.000
PG. Sweet Indo Lampung	Tulang Bawang	10.000
PG. Indo Lampung Perkasa	Tulang Bawang	10.000
PG. Bunga Mayang	Lampung Utara	10.000
PG. Jatiroto	Lumajang	10.000
PG. Tolangohula	Gorontalo	8.000
PG. Semboro	Jember	7.000
PG. Krebbe Baru 1	Malang	6.500
PG. Gempolkrep	Mojokerto	6.500
PG. Pesantren Baru	Kediri	6.250
PG. Ngadirejo	Kediri	6.200

Sumber: <http://www.kppbumn.depkeu.go.id>, 2017

Tabel 1.2. Kapasitas Produksi Molase

Nama Pabrik Gula (PG)	Lokasi Pabrik	Kapasitas (Ton/hari)
PG. Gunung Madu	Lampung Tengah	800
PG. Gula Putih Mataram	Lampung Tengah	600
PG. Sweet Indo Lampung	Tulang Bawang	500
PG. Indo Lampung Perkasa	Tulang Bawang	500
PG. Bunga Mayang	Lampung Utara	500
PG. Jatiroto	Lumajang	500
PG. Tolangohula	Gorontalo	400
PG. Semboro	Jember	350
PG. Kreet Baru 1	Malang	325
PG. Gempolkrep	Mojokerto	325
PG. Pesantren Baru	Kediri	312,5
PG. Ngadirejo	Kediri	310

Sumber: <http://www.kppbumn.depkeu.go.id>, 2017

Jika dihitung dari kapasitas produksi per hari di Lampung (Tabel 1.2), diperoleh molase sebanyak 2.400 ton/hari. Komposisi glukosa di dalam molase sebanyak 10%. *Yield* teoritis bioetanol dari glukosa sebesar 51% (Kitani and Hall, 2008; Widjaja, 2007), maka potensi bioetanol didapatkan sebanyak 122,4 Ton/hari atau 40.392 ton/tahun.

#### D. Analisis Pasar

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk dalam hal ini adalah bioetanol.

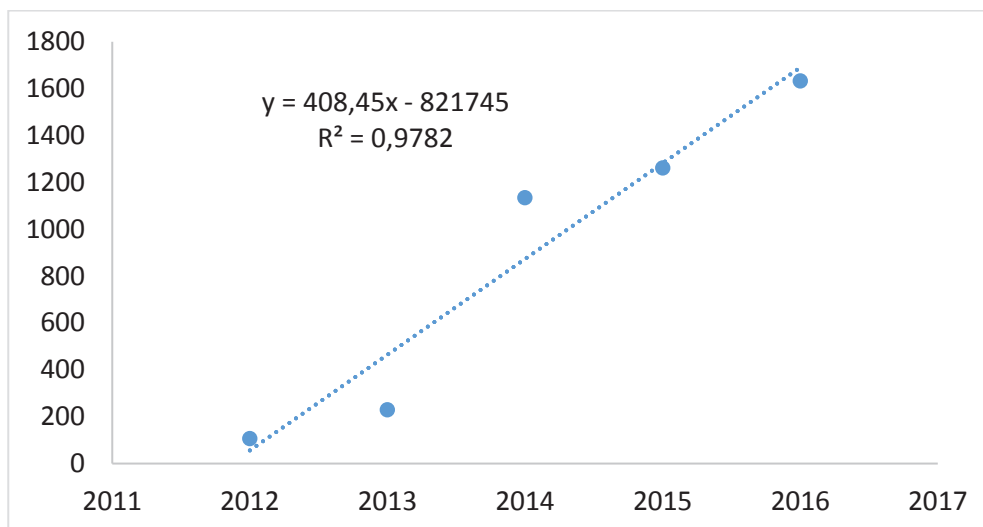
Target pasar prarancangan pabrik ini adalah Indonesia.

Berikut ini data impor bioetanol di Indonesia pada lima tahun terakhir.

Tabel 1.3. Data Impor Bioetanol di Indonesia

Tahun	X	Jumlah(ton)
2012	1	106,43
2013	2	229,44
2014	3	1.134,5
2015	4	1.262
2016	5	1.632,4

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017



Grafik 1.1 Impor Bioetanol di Indonesia

Pada Grafik 1.1, sumbu-x merupakan tahun ke-n

Tahun 2012 = Tahun ke-1

Tahun 2013 = Tahun ke-2

Tahun 2014 = Tahun ke-3

dan seterusnya sampai Tahun 2020 = Tahun ke-8

Berdasarkan data-data yang sudah diplotkan pada Grafik 1.1 dilakukan pendekatan berupa garis lurus,  $y = mx + C$ .

dimana:  $y$  = kebutuhan impor bioetanol (ton/tahun)

$x$  = tahun ke (n)

$m$  = *slope*

$C$  = *intercept*

Didapatkan nilai *slope* sebesar:

$$m = \frac{n \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 408,45$$

Dan didapatkan juga nilai *intercept* sebesar:

$$C = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum xy \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = -821.745$$

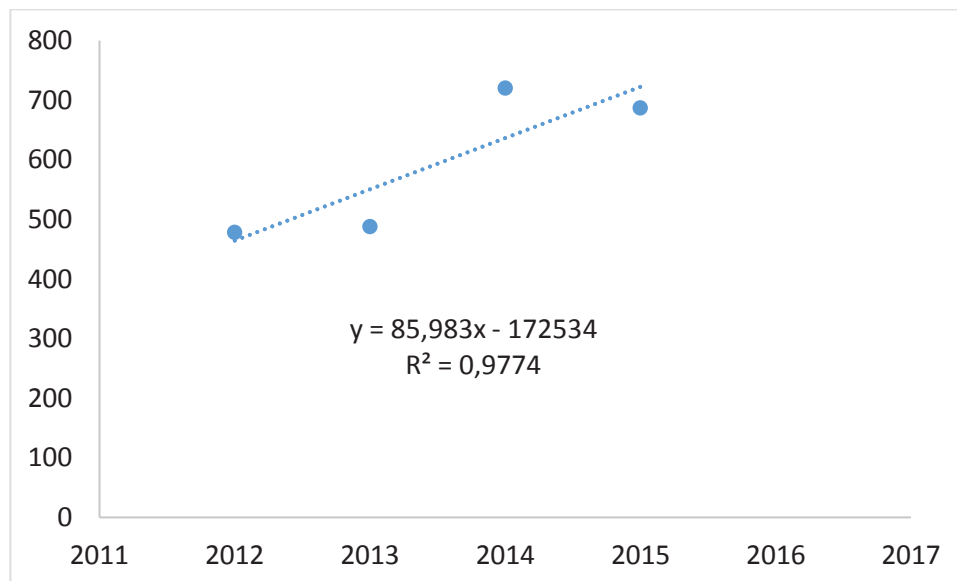
Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan  $y = 408,45x - 821.745$  yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor bioetanol di Indonesia pada tahun 2020. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi impor bioetanol di Indonesia sebesar 3.324 ton/tahun.

Berikut data ekspor bioetanol di Indonesia.

Tabel 1.4. Data Ekspor Bioetanol

Tahun	X	Jumlah (ton)
2012	1	391,478
2013	2	478,054
2014	3	488,136
2015	4	720,374
2016	5	687,253

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017



Grafik 1.2 Ekspor Bioetanol di Indonesia

Pada Grafik 1.2, sumbu-x merupakan tahun ke-n

Tahun 2012 = Tahun ke-1

Tahun 2013 = Tahun ke-2

Tahun 2014 = Tahun ke-3

dan seterusnya sampai Tahun 2020 = Tahun ke-8

Berdasarkan data-data yang sudah diplotkan pada Grafik 1.2 dilakukan pendekatan berupa garis lurus,  $y = mx + C$ .

dimana:  $y$  = kebutuhan ekspor bioetanol (ton/tahun)

$x$  = tahun ke (n)

$m$  = *slope*

$C$  = *intercept*

Didapatkan nilai *slope* sebesar:

$$m = \frac{n \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 85,983$$

Dan didapatkan juga nilai *intercept* sebesar:

$$C = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum xy \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = -172.534$$

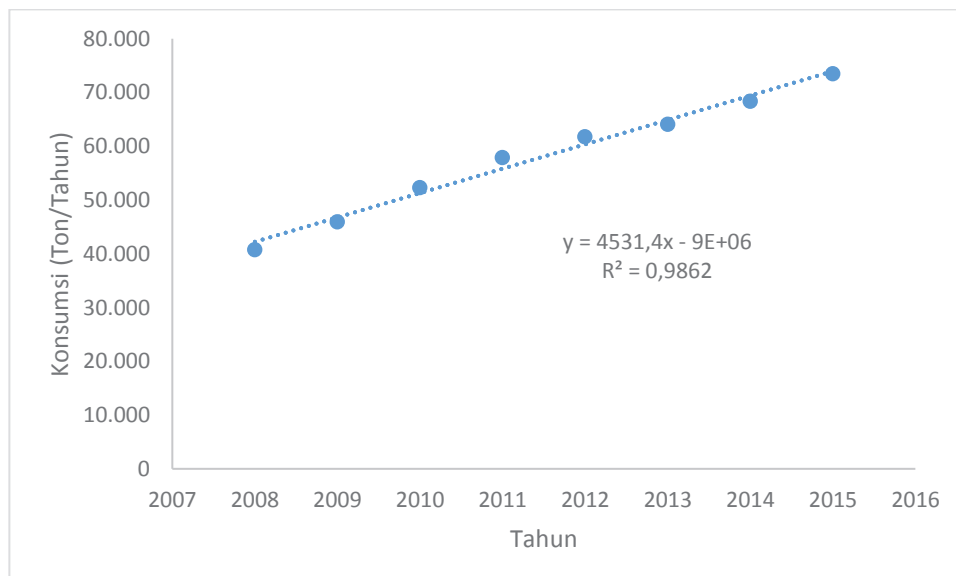
Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan  $y = 85,983x - 172.534$  yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan ekspor bioetanol di Indonesia pada tahun 2020. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi ekspor bioetanol di Indonesia sebesar 1.151,66 ton/tahun.

Berikut data konsumsi bioetanol di Indonesia.

Tabel 1.5. Data Konsumsi Bioetanol di Indonesia

Tahun	X	Jumlah (ton)
2008	1	40.780
2009	2	45.920
2010	3	52.320
2011	4	57.920
2012	5	61.750
2013	6	64.120
2014	7	68.380
2015	8	73.510

Sumber: <https://indexmundi.com>, 2017



Grafik 1.3 Konsumsi Bioetanol di Indonesia

Pada Grafik 1.3, sumbu-x merupakan tahun ke-n

Tahun 2012 = Tahun ke-1

Tahun 2013 = Tahun ke-2

Tahun 2014 = Tahun ke-3

dan seterusnya sampai Tahun 2020 = Tahun ke-8

Berdasarkan data-data yang sudah diplotkan pada Grafik 1.3 dilakukan pendekatan berupa garis lurus,  $y = mx + C$ .

dimana:  $y$  = konsumsi bioetanol (ton/tahun)

$x$  = tahun ke (n)

$m$  = *slope*

$C$  = *intercept*

Didapatkan nilai *slope* sebesar:

$$m = \frac{n \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 4531,4$$

Dan didapatkan juga nilai *intercept* sebesar:

$$C = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum xy \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = -9.000.000$$

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan  $y = 4531,4x - 9.000.000$  yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan bioetanol di Indonesia pada tahun 2020. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi kebutuhan bioetanol di Indonesia sebesar 153.428 ton/tahun.



Tabel 1.6. Pabrik Bioetanol yang beroperasi di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT. Molindo Raya	40.500
2	Indo Acidatama	40.000
3	Indo Lampung Distillery	16.000

Sumber: BPPT, 2015

### E. Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik dibatasi oleh analisis pasar dan ketersediaan bahan baku. Prarancangan Pabrik Bioetanol ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2020.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Konsumsi} - \text{Produksi} + \text{Impor} - \text{Ekspor} \\
 &= (153.428 - 96.500 + 3.324 - 1.151,7) \text{ ton/tahun} \\
 &= 59.100 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas diketahui bahwa kebutuhan Bioetanol di Indonesia pada tahun 2020 berdasarkan pertimbangan di atas, analisis potensi ketersediaan molase Provinsi Lampung dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2020 maka diputuskan akan dibuat pabrik Bioetanol dengan kapasitas sebesar 30.000 ton/tahun yang akan memenuhi kebutuhan di Indonesia sekitar 50%.

Berdasarkan pertimbangan di atas dengan kapasitas produksi bioetanol sebesar 30.000 ton/tahun diharapkan:

- Dapat memenuhi kebutuhan bioetanol di Indonesia sehingga mengurangi impor dari luar negeri.
- Dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif yang dicampur dengan *gasoline* sehingga menghasilkan gasohol yang ramah lingkungan.
- Memberi kesempatan pada industri-industri yang menggunakan bioetanol untuk mengembangkan produksinya dan memperolehnya dengan mudah dan murah tanpa harus mengimpor.

#### **F. Lokasi Pabrik**

Untuk menentukan lokasi pendirian suatu pabrik, perlu diperhatikan beberapa pertimbangan yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan kegiatan industri pabrik tersebut, baik produksi maupun distribusinya.

Oleh karena itu pemilihan lokasi pabrik harus memiliki pertimbangan tentang biaya distribusi dan biaya produksi yang minimum agar pabrik dapat terus beroperasi dengan keuntungan yang maksimal. Faktor-faktor lain yang perlu dipertimbangkan diantaranya adalah ketersediaan bahan baku, transportasi, unit pendukung, karakterisasi lokasi dan tersedianya tenaga kerja. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka lokasi pabrik bioetanol dipilih di daerah Bandar Mataram, Lampung Tengah, Provinsi Lampung dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Penyediaan bahan baku

Lokasi sumber bahan baku merupakan salah satu faktor yang terpenting dalam pendirian pabrik. Semakin dekat pabrik dengan penyedia bahan baku, maka biaya untuk transportasi akan minimum. Lokasi yang berdekatan dengan ketersediaan bahan baku juga menjadikan keberlangsungan bahan baku yang lebih stabil, karena tidak terganggu dengan transportasi bahan baku dari lahan ke lokasi pabrik.

Lokasi Bandar Mataram berdekatan dengan pabrik gula tebu penyuplai bahan baku, yaitu PT. Gunung Madu, PT. Gula Putih Mataram, PT. Sweet Indo Lampung, dan PT. Indo Lampung Perkasa.

2. Fasilitas transportasi

Fasilitas transportasi pada kawasan yang dipilih sebagai tempat pendirian pabrik memiliki pengaruh yang cukup besar pada perekonomian pabrik, diantaranya adalah berpengaruh terhadap pengiriman bahan baku, serta pendistribusian produk. Untuk mempermudah transportasi bahan baku, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan maka lokasi pabrik harus berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan-kendaraan besar, Penentuan lokasi pabrik di Bandar Mataram, Lampung Tengah dapat memenuhi pertimbangan di atas. Lokasi tersebut bersanding dengan jalur Lintas Tengah Sumatera yang memudahkan transportasi darat untuk menuju bandara dan pelabuhan serta sentra perindustrian.

### 3. Unit Pendukung

Karena kawasan yang dipilih merupakan kawasan khusus industri, maka untuk unit pendukung seperti bahan bakar dan pembangkit listrik dari PLN sudah tersedia. Untuk memenuhi kebutuhan air proses bisa dipenuhi dari air sungai.

### 4. Ketersediaan tenaga kerja

Indonesia pada tahun 2020 akan sudah berpengalaman dalam Masyarakat Ekonomi ASEAN. Tenaga kerja tidak lagi sulit didapatkan, melainkan pabrik akan lebih selektif dalam memilih tenaga kerja terampil, baik dari masyarakat sekitar maupun luar daerah. Pada tahun 2015, jumlah penduduk Bandar Mataram mencapai 76.793 jiwa. ([www.lampungtengahkab.go.id](http://www.lampungtengahkab.go.id)). Dengan kepadatan penduduk tersebut, lokasi Bandar Mataram akan memberikan kemudahan ketersediaan tenaga kerja.

### 5. Pemasaran Produk

Kemudahan pemasaran hingga ke tangan pembeli mempengaruhi harga produk. Umumnya, pembeli akan membeli produk dengan harga tertentu dan harga tersebut sudah termasuk biaya transport hingga produk diterima pembeli. Lokasi Bandar Mataram, Kab. Lampung Tengah mudah menjangkau industri yang berada di Pulau Sumatera dan Pulau Jawa, karena masih berdekatan dengan Pelabuhan Panjang.

## 6. Karakterisasi lokasi

Karakterisasi lokasi menyangkut iklim di daerah tersebut, yang tidak rawan terjadinya banjir. Di sekitar lokasi penentuan juga sudah terdapat industri besar seperti industri Gula Tebu, dan lainnya. Dalam hal ini daerah Bandar Mataram, Lampung Tengah, Provinsi Lampung digunakan sebagai lokasi pendirian pabrik bioetanol.

Lokasi pendirian pabrik yang dipilih merupakan kawasan industri. Dengan adanya kebijakan pemerintah tersebut, pendirian pabrik di kawasan ini tidak akan menimbulkan masalah lingkungan karena dari segi pembuangan limbah dan sampah telah dipertimbangkan.

## **BAB X**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Molase berkapasitas 30.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses utama yang digunakan adalah fermentasi dari bahan baku molase yang menghasilkan produk utama berupa bioetanol dan produk samping gas karbon dioksida.
2. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 20,41%.
3. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,94 tahun.
4. *Break Even Point* (BEP) sebesar 42,83%, dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 20–60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 21,32%.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 28,89%. lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

**B. Saran**

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Molase dengan kapasitas 30.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2016. Kurs *BI*. ([www.bi.go.id](http://www.bi.go.id)). Diakses Oktober 2017.

Anonim. Diakses dari [www.lampungengahkab.go.id](http://www.lampungengahkab.go.id) pada 1 Mei 2017 pukul 12.00 WIB.

Anonim. Diakses dari <http://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/> pada 18 Mei 2017 pukul 20.00 WIB.

Anonim. Diakses dari [www.yeastgenome.org](http://www.yeastgenome.org) pada 20 Juni 2017 pukul 20.30 WIB.

Anonim. Diakses dari <http://www.kppbumn.depkeu.go.id> pada 1 Maret 2017 pukul 19.00 WIB

Anonim. Diakses dari <https://indexmundi.com>, 2017 pada 1 Maret 2017 pukul 19.00 WIB.

Anonim. PT. Industri Etanol Indonesia. Diakses dari <https://pt.iei.com>, 2017 pada 24 Agustus 2017 pukul 20.12 WIB.

Anonim. *National Renewable Energy Laboratory*. Diakses dari <https://nrel.com>, 2017 pada 18 September 2017 pukul 12.31 WIB.

Alibaba Group. 2016. *Product Price*. <http://www.alibaba.com>. Diakses pada 26 Juli 2017.

Aspen Hysis. 2017.



- Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*.  
Bachus Company, Inc. Oxford: UK.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistic Indonesia*. Diakses dari [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) pada  
25 Juni 2017.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1955. *Introduction to Chemical  
Engineering*. McGraw Hill: New York.
- Baratti, J. C., and Bullock J. D. 1986. *Zymomonas mobilis: A Bacterium of Ethanol  
Production*. Biotech Advance, Vol. 4, 95-115.
- Boerio., and Goates, J. 1991. *Heat Capacity Measurements and Thermodynamic  
Functions of  $\alpha$ -D-Glucose at Temperature 10 K to 340 K*. J. Chem.  
Thermodynamic, Vol. 23, Page. 403-409.
- Boulton, C., and Quain, D. 2001. *Brewing Yeast and Fermentation*. John Wiley and  
Sons.
- Brown, G.George. 1950. Unit Operation 6ed. Wiley & Sons; USA.
- Brownell, Lloyd E., and Edwin H. Young. 1959. *Process Equipment Design*. John  
Wiley & Sons, Inc.: New York.
- Cheremisinoff, N.P. 2002. *Handbook of Water and Wastewater Treatment  
Technologies*. Butterworth-Heinemann: USA.
- Chohey, Nicolas P. 2004. *Handbook of Chemical Engineering Calculations 3<sup>rd</sup>  
edition*. Bloomfield.
- Clarke, T. H., and Stegeman, G. 1939. *Heat of Combustion of Some Mono- and  
Disaccharides*. J. Am. Chem. Soc, Vol. 61, Page 1726-1730.
- Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2003. *Chemical Engineering Volume 6 3<sup>rd</sup>  
edition*. Butterworth-Heinemann: Washington.

- Cox, J. D., and Pilcher, G. 1970. *Thermochemistry of Organic and Organometallic Compounds*. Academic Press, New York.
- Departemen ESDM, 2008
- Department of The Army: U.S. Army Corps of Engineers. 1999. *Engineering and Design*. Publication Number: EM 1110-1-4008.
- Dunn, S. M., Constantinides, A., and Moghe, P. V. 2002. *Numerical Methods in Biomedical Engineering*.
- Finegold, L., Franks, F., and Hatley, R. H. M. 1989. *Glass or Rubber Transitions and Heat Capacity of Binary Sugar Blends*. J. Chem. Soc., Faraday Trans, Vol. 85 (9), Page. 2945-2951.
- Firmana, A. N., dan Tjahjani, S. 2014. *Characterization Results and Determination Reaction Rates of Fermentation Etanol with Saccharomyces cerevisiae*. UNESA Journal of Chemistry, Vol. 3, No. 3.
- Fogler, H. Scott. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice Hall International Inc.: United States of America.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations* 3<sup>rd</sup> edition. Prentice Hall: New Jersey.
- Gunasekaran, P., and Chandra, R. K. 1999. *Ethanol Fermentation Technology-Zymomonas mobilis*. Current Science, Vol. 77 (1), 56-58.
- Himmeblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Hidayat, N. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta.

- Juliana, B. G. 1991. *Heat Capacity Measurements and Thermodynamic Function of Crystalline  $\alpha$ -D-Glucose at Temperature 10K to 340K*. J. Chem. Thermodynamic, Vol. 23 (5): 403-409.
- Junaidi, A. B. 2012. *Kajian Produksi Biodiesel dan Bioetanol Berbasis Mikroalga secara Simultan*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.
- Kawaizumi, F., Nisho, N., Nomura, H., and Miyahara, Y. 1981. *Heat Capacity Measurements of Aqueous Solution of Mono-, Di-, and Tri-Saccharides using An Twin Calorimeter*. J. Chem. Thermodynamic, Vol. 13, Page. 89-98.
- Khak, M., dan Rohmatningsih, R. N. 2015. *Optimalisasi Fermentor untuk Produksi Etanol dan Analisis Hasil Fermentasi Menggunakan Gas Chromatografi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F. 2006. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4<sup>th</sup> ed., vol. 17. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Kitani, O., and Hall, C. W. 2008. *Biomass Handbook*. Gordon and Breach Science Publisher.
- Landry, C. R., Townsend, J. P., Hartl, D. L., and Cavalieri, D. 2006. *Ecological and Evolutionary Genomics of Saccharomyces cerevisiae*. Molecular Ecology, Vol. 15, 575-591.
- Levenspiel, Octave. 1995. *Chemical Reaction Engineering 2<sup>nd</sup> edition*. John Wiley & Sons, Inc.: New York.
- Martono, B., dan Sasongko. 2007. *Prospek Pengembangan Ubi Kayu sebagai Bahan Baku Bioetanol*. Diakses dari <http://www.diy.go.id> pada 12 Mei 2017 pukul 14.00 WIB.

- McCabe, W.L. and Smith, J.C. 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga: Jakarta.
- McDonals, James. 2005. *Thermal Conductivities of Metals*. CSTN.
- McKetta, John J. 1993. *Chemical Processing Handbook*. US: Marcel Dekker, Inc.
- Megawati, Sediawan, W. B., Sulisty, H., dan Hidayat, M. 2009. *Kinetika Reaksi Hidrolisis pada Kondisi Non-Isotermis*. Reaktor, Vol. 12, No. 4, Hal. 211-217.
- Megyesy, E.F. 1983. *Pressure Vessel Handbook*. Pressure Vessel Publishing Inc., USA.
- Mortimer, R. K. 2000. *Evolution and Variation of The Yeast (Saccharomyces) Genome*. Genome, Vol. 10, 403-409.
- Nguyan, T., and Glassner, D. 2001. *Zymomonas mobilis: Lowering The Cost of Converting Biomass to Ethanol*. Transportation for The 21<sup>st</sup> Century.
- Olbrich, Hubert. 1963. *The Molasses*. Institut für Zuckerindustrie, Berlin (Germany).
- Onuki, Shinnosuke. 2006. *Bioethanol: Industrial production process and recent studies*. [www.public.iastate.edu/~tge/courses/ce521/sonuki.pdf](http://www.public.iastate.edu/~tge/courses/ce521/sonuki.pdf) pada 19 Juni 2016 pukul 20.00 WIB.
- Parks, G. S., Huffman, H. M., and Barmore, M. 1993. *Thermal Data on Organic Compounds, The Heat Capacity, Entropies, and Free Energy Gibbs of Ten Compounds*. J. Am. Chem. Soc, Vol. 55, Page. 2833-2740.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill: New York.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill: New York.

- Powell, S. 1954. *Water Conditioning for Industry*, 1<sup>st</sup> edition. Mc Graw Hill Book Company: London.
- Puratau, J. M. 1982. *By-product of The Cane Sugar Industry*, Vol. 3. Elsevier.
- Reed, G., and Nagodawithana, T. W. 1991. *Yeast Technology 2<sup>th</sup> Edition*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Sherwood, T. 1977. *The Properties of Gases and Liquid*. 3th ed, McGraw-Hill Book Company Inc., Singapore.
- Sihotang, A. 2007. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta.
- Simon, F. 1922. *Untersuchungen über die spezifische Wärme bei tiefen Temperaturen. Ann Physik, Vol. 68, Page. 241-280.*
- Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill: New York.
- Sugiarto, Y. 1997. *Mengenal Dasar-Dasar Teknologi Pada Industri Gula*. PT Gunung Madu Plantations: Gunung Batin.
- Susantris, M., dan Gamayanti, N. 2010. *Simulasi Proses Produksi Etanol dari Molasses melalui Beberapa Konfigurasi Alternatif Proses*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Teoh, A. L., Heard, G., and Cox, J. 2004. *Yeast Ecology of Kombucha Fermentation*. International of Food Microbiology, Vol. 95 (2), 119-126.
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>rd</sup> edition*. McGraww-Hill Book Company:New York.

- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5<sup>th</sup> edition*. McGraw-Hill: New York.
- Ulmann. 2007. *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. VCH Verlagsgesell Scahft. Wanheim: Germany.
- Ulrich.G.D. 1987. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc: New York.
- Wade, L. G. 1987. *Organic Chemistry*. Prentice Hall Inc. USA.
- Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann: Washington.
- Widjaja, T. 2007. *Produksi Etanol dari Molase dengan Teknik Immobilized Cell Ca Alginate dalam Bioreaktor Packed Bed*. Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia. ISSN 1410-5667.
- Worldwatch Institute and Centre for American Progress. 2006. *American Energy: The Renewable Path to Energy Security*.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co. New York.