

**PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI BIOMASSA
LIGNOSELULOSA TONGKOL JAGUNG DENGAN PROSES
SEPARATED HYDROLYSIS AND FERMENTATION (SHF) DENGAN
KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN**

Perancangan Reaktor Hidrolisis (RE-201)

(Skripsi)

Oleh

ADELLIA NOVARINGGA



JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2022

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI BIOMASSA LIGNOSELULOSA TONGKOL JAGUNG DENGAN PROSES SEPARATED HYDROLYSIS AND FERMENTATION (SHF) DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor Hidrolisis (RE-201))

Oleh

ADELLIA NOVARINGGA

Pabrik Bioetanol dari Biomassa Tongkol Jagung, akan didirikan di Kabupaten Kediri, Jawa Timur. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik ini direncanakan memproduksi Bioetanol sebanyak 37.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Tongkol Jagung sebanyak 18.355,1006 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik Bioetanol terdiri dari unit pengadaan air, pengadaan udara instrument, *steam*, pengadaan listrik dan pengolahan limbah. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 211 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 974.993.363.486
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 172.059.652.380
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1.147.051.015.866
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 44,38 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 23,47 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 2,39 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,82 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 27,11 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 21,69 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 29,93 %

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

ABSTRACT

FACTORY DESIGN OF BIOETHANOL FROM LIGNOCELLULOSIC BIOMASS CORN COBS WITH PROCESS SEPARATED HYDROLYSIS AND FERMENTATION (SHF) WITH CAPACITY 37.000 TONS/YEAR

(Design Of Hydrolysis Reactor (RE-201))

By

ADELLIA NOVARINGGA

The Bioethanol Factory from raw materials corn cobs, will be build in Kediri, Jawa Timur. Establishment of this factory is based on some consideration due to raw material resources, transportation, the labors availability and also the environmental condition.

This factory is planned produce 37.000 tons/year, with time of operation 24 hours/day, and 330 days/year. The raw material used is corn cobs as much as 18.355,1006 kg/hour

This factory has utility units which the function are for water supply system, instrument air supply system, steam, power generation system, refrigerant supply system and waste treatment system. The bussines entity of this plant is limited liability company (PT) and using line and staff structure with 211 labors

From the economic analysis, it is obtained that :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 974.993.363.486
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 172.059.652.380
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1.147.051.015.866
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 44,38 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 23,47 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 2,39 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,82 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 27,11 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 21,69 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 29,93 %

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

**PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI BIOMASSA
LIGNOSELULOSA TONGKOL JAGUNG DENGAN PROSES
SEPARATED HYDROLYSIS AND FERMENTATION (SHF) DENGAN
KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN**

Perancangan Reaktor Hidrolisis (RE-201)

Oleh

ADELLIA NOVARINGGA

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2022

Judul Skripsi

: PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI
BIOMASSA LIGNOSELULOSA TONGKOL JAGUNG
DENGAN PROSES SEPARATED HYDROLYSIS AND
FERMENTATION (SHF) DENGAN KAPASITAS 37.000
TON/TAHUN.

(Perancangan Reaktor Hidrolisis (RE-201))

Nama Mahasiswa

: *Adellia Novaringga*

No. Pokok Mahasiswa : 1755041004

Program Studi

: Teknik Kimia

Fakultas

: Teknik



Dr. Herti Utami, S.T., M.T.
NIP. 19711219 200003 2 001

Lia Lismeri, S.T., M.T.
NIP. 19850312 200812 2 004

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

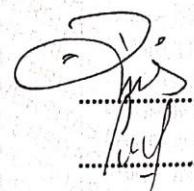
[Handwritten signature]
Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

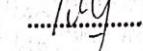
Ketua

: Dr. Herti Utami, S.T., M.T.



Sekretaris

: Lia Lismeri, S.T., M.T.



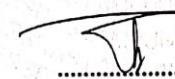
Pengaji

: Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc



Bukan Pembimbing

: Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 Oktober 2022

SURAT 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, 11 November 2022



Adellia Novaringga
NPM. 1755041004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Muaradua, pada tanggal 18 November 1998, sebagai anak keempat dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Bahrunuddin dan Ibu Narmiati. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 07 Muaradua pada tahun 2010, Madrasah Tsanawiyah Negeri 01 Muaradua (MTsN 01 Muaradua) pada tahun 2013, dan Madrasah Aliyah Negeri 01 Muaradua (MAN 01 Muaradua) pada tahun 2016.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Barat (SMMPTN-Barat)

Penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Pindo Deli Pulp and Paper Mills II (Jawa Barat) dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja Chlorine Liquefaction pada PU 730 B. Selanjutnya, penulis melakukan penelitian dengan judul “Sintesis Komposit Vinil Ester Berpenguat Serat Gedebok Pisang dengan Penambahan Nanofiller Terhadap Sifat Mekanik Komposit“ yang dilakukan di Laboratorium Kimia Terapan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2018 sebagai Staff Departemen Dana dan Usaha Himatemia

Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selanjutnya, pada periode 2019 sebagai Staff Departemen Minat dan Bakat Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Kemudian penulis juga aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa pada periode 2019 sebagai Staff Dinas Eksternal.

Selama menjadi mahasiswa penulis juga mengikuti beberapa pelatihan yang diadakan oleh HIMATEMIA yaitu Pelatihan Penulisan Karya Ilmiah, Pelatihan Tari, dan Pelatihan Aspen.

Motto

*“Keringat orangtuaku menanti kesuksesanku”
(Adellia Novaringga)*

*“Nanakorobi Yaoki (Jatuh tujuh kali, bangkit delapan kali)”
(Pepatah Jepang)*

*“Kuwa Rakuno Tane (Penderitaan adalah bibit dari kesenangan)”
(Pepatah Jepang)*

*“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan dengan kemampuannya”
-(Qs. Al-Baqarah: 286)-*

*“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”
-(Qs. Ar-Ra'd: 11)-*

*”Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan) tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain”
-(Qs. Al-Insyirah : 6-7)-*

*“Jika seorang anak Adam (manusia) meninggal, maka seluruh amalannya terputus kecuali tiga hal: Sedekah jariah, ilmu yang bermanfaat, dan doa anak yang sholeh”
-(H.R. Muslim)-*

Persembahan

*Sebuah Hasil Jerih Payahku.....
Dengan segenap hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

*Allah SWT,
Atas kehendak-Nya semua ini ada
Atas rahmat-Nya semua ini aku dapatkan
Atas kekuatan dari-Nya aku bisa bertahan.*

*Orang tuaku sebagai tanda baktiku, terima kasih atas segalanya,
doa, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, dan keikhlasannya.
Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan
berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang
yang tidak pernah berakhir.*

*Ketiga Kakakku atas segalanya, kasih sayang, semangat dan doa
yang diberikan selama ini.*

*Sahabat-Sahabatku, Terima kasih telah menjadi bagian hidupku
selama kuliah di Teknik Kimia Universitas Lampung. Semua cerita
hidup ini, semua akan ku simpan selamanya. Semoga suatu saat nanti
kita bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita*

*Guru-guruku dan Dosen-dosenku sebagai tanda hormatku,
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.*

*Kepada Almamaterku tercinta,
Universitas Lampung
semoga kelak berguna dikemudian hari.*

Seorang motivator dan pemberi semangat saat penggerjaan skripsi ini

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 dengan judul “Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Biomassa Lignoselulosa Tongkol Jagung dengan proses *Separated Hidrolysis and Fermentation* (SHF) dengan Kapasitas 37.000 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. Bapak , selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Herti Utami, 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. Terimakasih telah menghantarkanku sampai mendapatkan gelar sarjana. Rasanya ucapan terimakasih saja tidak akan

mampu mewakili rasa bersyukur saya karena dapat lulus, terimakasih bu karena telah rela meluangkan waktu untuk membimbingku mewujudkan semuanya.

4. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari. Merampungkan skripsi jelas bukanlah momen mudah yang harus kujalani sebagai mahasiswi. Terimakasih bu karena telah rela meluangkan waktu untuk membimbingku mewujudkan semuanya.
5. Ibu Dr. Lili Hermida, S.T., M.Sc sebagai Dosen Pengaji I, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam perbaikan Tugas Akhir.
6. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc selaku Dosen Pengaji II, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam perbaikan Tugas Akhir.
7. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
8. Orangtuaku tercinta Bapak Bahrunuddin dan Ibu Narmiati, terimakasih atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Terimakasih atas segala semangat dan dukungan yang diberikan selama ini baik secara moril maupun material yang tidak akan pernah terbalaskan oleh penulis.
9. Ketiga Kakakku tersayang Merdiansyah, Afriadi dan Eldo Paleka Saputra Jaya beserta ketiga Ayuk iparku tersayang Kartini, Susi Ira Wati, Indra

Nurhardiyanti terimakasih atas kasih sayang, doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan, bantuan baik secara moril maupun material serta semangat yang kalian berikan tidak ada habisnya selama ini. Semoga Allah yang Mahakuasa dan Maha Penyayang memberikan perlindungan dan Karunia-Nya.

10. Kelima keponakan ku tersayang M. Bima Al-bahrun, Rionaldo Ferdiansyah, Elbino Fiernando, Alviyen Fiernando, dan M. Ibrahim Elfredo terimakasih sudah menjadi penghibur disaat penulis sedang *down* menghadapi semuanya.
11. Partner Skripsiku Esterlita Sihombing terimakasih selama ini telah menjadi *Partner* Kerja Praktik dan Tugas Akhir yang baik dalam mengerjakan semua tugas yang diberikan dan selalu memberikan semangat dan arahan apabila saya ada *problem* dalam mengerjakan Tugas Akhir ini. *See you on the top* ☺
12. Ary Anggi Saputra tempat keluh kesah yang selalu memberikan motivasi disaat saya mulai lelah dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Teman – teman seperjuangan di Teknik Kimia, kakak – kakak serta adik – adik angkatan yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala bantuan dan doa kalian semua. Semoga suatu saat nanti kita bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini. Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna.

Bandar Lampung, 11 November 2022

Penulis,

Adellia Novaringga

DAFTAR ISI

COVER	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
COVER DALAM.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
MOTTO	x
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk	3
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	4
1.4 Analisis Pasar	8
1.5 Kapasitas Produksi Pabrik.....	13

1.6 LokasiPabrik.....	14
-----------------------	----

BAB II PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

2.1 Jenis – Jenis Proses Pembuatan Etanol.....	16
2.1.1 Proses Sintesa dari Etilen.....	17
2.1.2 Proses Fermentasi.....	18
2.2 PemilihanBahan Baku Proses Pembuatan Etanol.....	21
2.3 Sumber Selulosa	23
2.4 Enzim Selulase pada Proses Hidrolisis	25
2.5 Pemilihan Mikroba Pada Proses Fermentasi Etanol.....	26
2.6 Pemilihan Proses.....	28
2.6.1 <i>Pretreatment</i>	28
2.6.2 Proses Hidrolisis.....	34
2.6.3 Proses Fermentasi.....	37
2.7 Tinjauan Proses	41
2.7.1 KelayakanTeknis	40
2.7.2 Tinjauan Ekonomi	45
2.8 Uraian Proses.....	48
2.8.1 <i>Pretreatment</i>	48
2.8.2 Proses Hidrolisis.....	51
2.8.3 Proses Fermentasi.....	51
2.8.4 Tahap Pemurnian Etanol.....	52
2.9 Diagram Alir Proses.....	54

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1	Bahan Baku	55
3.2	Produk	58

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1	Neraca Massa	60
4.2	Neraca Energi	71

BAB V SPESIFIKASI ALAT

5.1	Spesifikasi Peralatan Proses	76
5.2	Spesifikasi Peralatan Utilitas.....	131

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1	Unit Penyediaan Air.....	178
6.2	Unit Penyediaan <i>Steam</i>	194
6.3	Unit Pembangkit Tenaga Listrik	195
6.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	196
6.5	Unit Penyediaan Udara <i>Instrument</i>	196
6.6	Unit Pengolahan Limbah	197
6.7	Laboratorium	204
6.8	Instrumentasi dan Pengendalian Proses	208

BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1	Lokasi Pabrik.....	211
7.2	Tata Letak Pabrik.....	214
7.3	Perkiraan Areal Lingkungan	217

BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN

8.1.	<i>Project Master Schedule</i>	222
------	--------------------------------------	-----

8.2. Bentuk Perusahaan.....	225
8.3. Struktur Organisasi Perusahaan.....	127
8.4. Tugas Dan Wewenang	232
8.5. Status Karyawan Dan Sistem Penggajian	239
8.6. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	241
8.7. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Tenaga Kerja	243
8.8. Kesejahteraan Karyawan.....	248
8.9. Manajemen Produksi	254

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1 Investasi	256
9.2 Evaluasi Ekonomi	260
9.3 <i>Discounted Cash Flow(DCF)</i>	262

BAB X KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan.....	264
10.2 Saran	265

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A(NERACA MASSA)

LAMPIRAN B(NERACA ENERGI)

LAMPIRAN C(SPESIFIKASI ALAT)

LAMPIRAN D(PERHITUNGAN UTILITAS)

LAMPIRAN E(PERHITUNGAN EKONOMI)

LAMPIRAN F(TUGAS KHUSUS)

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Lahan Perkebunan Jagung dan Produksinya di Indonesia.....	5
1.2 Ketersedian Tongkol Jagung di Kediri.....	6
1.3 Kapasitas Produksi Pabrik Jagung di Jawa Timur	7
1.4 Data Impor Bioetanol di Indonesia	8
1.5 Data Ekspor Bioetanol di Indonesia.....	10
1.6 Data Konsumsi Bioetanol di Indonesia	11
1.7 Pabrik Bioetanol yang Beroperasi di Indonesia.....	12
2.1 Perbandingan Proses Sintesa dan Proses Fermentasi	19
2.2 <i>Pretreatment</i> untuk Material Ligniselulosa	30
2.3 Hasil <i>Pretreatment</i> dengan <i>Alkaline Hydrolysis</i>	31
2.4 Perbandingan Proses Hidrolisis Asam dan Hidrolisis Enzimatik	35
2.5 Nilai ΔH°_f Reaktan dan Produk Proses Fermentasi	42
2.6 Nilai ΔG° Reaktan dan Produk Proses Fermentasi.....	44
2.7 Mol Bahan Baku dan Produk Pada Proses dengan Fermentasi	46
2.8 Harga Bahan Baku dan Produk Proses dengan Fermentasi	46
3.1 Kandungan Tongkol Jagung	55
3.2 Spesifikasi <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	56
3.3 Spesifikasi <i>Fuel Grade Bioetanol</i> SNI (7390 – 2008)	59

4.1	Neraca Massa <i>Cutting Machine</i> (CM-101).....	61
4.2	Neraca Massa <i>Rod Mills</i> (RM-101).....	61
4.3	Neraca Massa <i>Hopper</i> (HP-101).....	61
4.4	Neraca Massa <i>Mixing Tank A/B</i> (MT-101).....	62
4.5	Neraca Massa <i>Delignification Tank A/B</i> (DT-101).....	62
4.6	Neraca Massa <i>Rotary Filter A/B</i> (RF-101)	62
4.7	Neraca Massa Tangki Pengenceran (T-101).....	63
4.8	Neraca Massa <i>Holding Tank Enzim</i> (HT-201).....	63
4.9	Neraca Massa <i>Reaktor Hidrolisis</i> (RE-201)	63
4.10	Neraca Massa <i>Sterillization Tank</i> (SR-201)	64
4.11	Neraca Massa <i>Chiller</i> (CH-201)	64
4.12	Neraca Massa <i>Holding Tank Gula</i> (HT-202).....	64
4.13	Neraca Massa <i>Seeding Tank</i> (SD-201).....	65
4.14	Neraca Massa <i>Holding Tank Yeast</i> (HT-203).....	65
4.15	Neraca Massa <i>Fermentor</i> (RE-202)	66
4.16	Neraca Massa <i>Holding Tank Bioetanol</i> (HT-204)	66
4.17	Neraca Massa <i>Filter</i> (FT-201)	67
4.18	Neraca Massa <i>Heater</i> (H-201)	67
4.19	Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-301).....	68
4.20	Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301)	68
4.21	Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301)	69
4.22	Neraca Massa <i>Accumulator</i> (AC-301)	69
4.23	Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-301).....	69
4.24	Neraca Massa <i>Adsorber</i> (AD-301).....	70

4.25	Neraca Massa <i>Storage Tank Bioetanol</i> (ST-301).....	70
4.26	Neraca Panas <i>Delignification Tank A/B</i> (DT-101).....	72
4.27	Neraca Panas <i>Reaktor Hidrolisis</i> (RE-201)	72
4.28	Neraca Panas <i>Sterillization Tank</i> (SR-201)	73
4.29	Neraca Panas <i>Chiller</i> (CH-201)	73
4.30	Neraca Panas <i>Fermentor</i> (RE-202)	74
4.31	Neraca Massa <i>Heater</i> (H-201)	74
4.32	Neraca Panas <i>Distillation Column</i> (DC-301)	75
4.33	Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-301)	75
5.1	Spesifikasi <i>Storage House</i> (SH-101).....	76
5.2	Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-101)	77
5.3	Spesifikasi <i>Cutting Machine</i> (CM-101)	78
5.4	Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-102)	79
5.5	Spesifikasi <i>Rod Mills</i> (RM-101)	80
5.6	Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-103)	81
5.7	Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	82
5.8	Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP-101).....	83
5.9	Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101)	84
5.10	Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-102).....	85
5.11	Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-102)	86
5.12	Spesifikasi <i>Mixing Tank NaOH A/B</i> (MT-101)	87
5.13	Spesifikasi <i>Delignification Tank A/B</i> (DT-101).....	88
5.14	Spesifikasi <i>Rotary Filter A/B</i> (RF-101).....	90
5.15	Spesifikasi Tangki Pengenceran (T-101).....	91

5.16	Spesifikasi <i>Holding Tank Enzim</i> (HT-201)	93
5.17	Spesifikasi <i>Reaktor Hidrolisis</i> (RE-201).....	94
5.18	Spesifikasi <i>Sterillization Tank</i> (SR-201)	96
5.19	Spesifikasi <i>Chiller</i> (CH-201)	97
5.20	Spesifikasi <i>Holding Tank Gula</i> (HT-202)	98
5.21	Spesifikasi <i>Seeding Tank</i> (SD-201).....	99
5.22	Spesifikasi <i>Holding Tank Yeast</i> (HT-203).....	100
5.23	Spesifikasi <i>Fermentor</i> (RE-202)	101
5.24	Spesifikasi <i>Holding Tank Bioetanol</i> (HT-204)	103
5.25	Spesifikasi <i>Filter</i> (FT-201)	104
5.26	Spesifikasi <i>Heater</i> (H-201).....	105
5.27	Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301)	106
5.28	Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301)	107
5.29	Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301)	108
5.30	Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-301)	110
5.31	Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301)	111
5.32	Spesifikasi <i>Adsorber</i> (AD-301).....	112
5.33	Spesifikasi <i>Storage Tank Bioetanol</i> (ST-301)	113
5.34	Spesifikasi Pompa Proses 101 (PP-101).....	115
5.35	Spesifikasi Pompa Proses 102 (PP-102).....	116
5.36	Spesifikasi Pompa Proses 103 (PP-103).....	117
5.37	Spesifikasi Pompa Proses 104 (PP-104).....	118
5.38	Spesifikasi Pompa Proses 201 (PP-201).....	119
5.39	Spesifikasi Pompa Proses 202 (PP-202).....	120

5.40	Spesifikasi Pompa Proses 203 (PP-203).....	121
5.41	Spesifikasi Pompa Proses 204 (PP-204).....	122
5.42	Spesifikasi Pompa Proses 205 (PP-205).....	123
5.43	Spesifikasi Pompa Proses 206 (PP-206).....	124
5.44	Spesifikasi Pompa Proses 207 (PP-207).....	125
5.45	Spesifikasi Pompa Proses 208 (PP-208).....	126
5.46	Spesifikasi Pompa Proses 209 (PP-209).....	127
5.47	Spesifikasi Pompa Proses 210 (PP-210).....	128
5.48	Spesifikasi Pompa Proses 301 (PP-301).....	129
5.49	Spesifikasi Pompa Proses 302 (PP-302).....	130
5.50	Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	131
5.51	Spesifikasi <i>Pot Feeder</i> Alum (PF-401)	131
5.52	Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402)	132
5.53	Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-403)	133
5.54	Spesifikasi Bak Penggumpal (BP-401)	134
5.55	Spesifikasi <i>Clarifer</i> (CL-401)	135
5.56	Spesifikasi Sand Filter (SF-401)	136
5.57	Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-404).....	137
5.58	Spesifikasi Hot Basin (HB-401).....	138
5.59	Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405)	139
5.60	Spesifikasi Tangki <i>Dispersant</i> (ST-406)	140
5.61	Spesifikasi Tangki <i>Inhibitor</i> (ST-407)	141
5.62	Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	142
5.63	Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	142

5.64	Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	143
5.65	Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (CE-401).....	144
5.66	Spesifikasi Tangki Air Demin (ST-408).....	145
5.67	Spesifikasi Tangki <i>Hidrazin</i> (ST-409)	146
5.68	Spesifikasi <i>Dearator</i> (DA-501).....	147
5.69	Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501)	148
5.70	Spesifikasi Tangki Bahan Bakar Boiler (ST-502).....	149
5.71	Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST-503).....	150
5.72	Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-601)	151
5.73	Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-601).....	151
5.74	Spesifikasi <i>Air Compresor</i> (AC-601).....	152
5.75	Spesifikasi <i>Blower 1</i> (BU-601)	153
5.76	Spesifikasi <i>Blower 2</i> (BU-602)	153
5.77	Spesifikasi <i>Blower 3</i> (BU-603)	154
5.78	Spesifikasi <i>Blower 4</i> (BU-604)	154
5.79	Spesifikasi Pompa Utilitas 401 (PU-401).....	155
5.80	Spesifikasi Pompa Utilitas 402 (PU-402).....	156
5.81	Spesifikasi Pompa Utilitas 403 (PU-403).....	157
5.82	Spesifikasi Pompa Utilitas 404 (PU-404).....	158
5.83	Spesifikasi Pompa Utilitas 405 (PU-405).....	159
5.84	Spesifikasi Pompa Utilitas 406 (PU-406).....	160
5.85	Spesifikasi Pompa Utilitas 407 (PU-407).....	161
5.86	Spesifikasi Pompa Utilitas 408 (PU-408).....	162
5.87	Spesifikasi Pompa Utilitas 409 (PU-409).....	163

5.88	Spesifikasi Pompa Utilitas 410 (PU-410).....	164
5.89	Spesifikasi Pompa Utilitas 411 (PU-411).....	165
5.90	Spesifikasi Pompa Utilitas 412 (PU-412).....	166
5.91	Spesifikasi Pompa Utilitas 413 (PU-413).....	167
5.92	Spesifikasi Pompa Utilitas 414 (PU-414).....	168
5.93	Spesifikasi Pompa Utilitas 415 (PU-415).....	169
5.94	Spesifikasi Pompa Utilitas 416 (PU-416).....	170
5.95	Spesifikasi Pompa Utilitas 417 (PU-417).....	171
5.96	Spesifikasi Pompa Utilitas 418 (PU-418).....	172
5.97	Spesifikasi Pompa Utilitas 419 (PU-419).....	173
5.98	Spesifikasi Pompa Utilitas 420 (PU-420).....	174
5.99	Spesifikasi Pompa Utilitas 501 (PU-501).....	175
5.100	Spesifikasi Pompa Utilitas 502 (PU-502).....	176
5.101	Spesifikasi Pompa Utilitas 503 (PU-503).....	177
6.1	Kebutuhan Air Umum	179
6.2	Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam</i>	180
6.3	Kebutuhan Air Pendingin	183
6.4	Kebutuhan Air Proses	186
6.5	Kebutuhan Air <i>Hidrant</i> / Pemadam Kebakaran	186
6.6	Kebutuhan Air Total	186
6.7	Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha / Kegiatan Industri Etanol.....	198
6.8	Spesifikasi Bioetanol	205
6.9	Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	209
6.10	Pengendalian Variabel Utama Proses.....	210

7.1	Perincian Luas Area Pabrik Bioetanol.....	217
8.1	<i>Project Master Schedule of Bioetanol Plant.....</i>	124
8.2	Jadwal Kerja Regu Shift.....	242
8.3	Perincian Tingkat Pendidikan	244
8.4	Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat.....	245
8.5	Penggolongan Tenaga Kerja	246
9.1	Perincian TCI Pabrik Bioetanol	257
9.2	<i>Manufacturing Cost.....</i>	259
9.3	<i>General Expenses</i>	260

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.8 Lahan Perkebunan Jagung dan Kapasitas Produksi di Indonesia	6
1.9 Grafik Data Impor Bioetanol di Indonesia	9
1.10 Grafik Data Ekspor Bioetanol di Indonesia.....	10
1.11 Grafik Data Konsumsi Bioetanol di Indonesia	12
2.1 Diagram Proses Pembuatan Bioetanol Secara Fermentasi	24
2.2 Skematik Dari <i>Pretreatment</i> Pada Biomassa.....	50
6.1 Diagram <i>Cooling Water Systems</i>	185
6.2 <i>Daerator</i>	195
6.3 Diagram PengolahanLimbah.....	201
7.1. Peta Provinsi Kediri.....	218
7.2. Area Sungai Brantas – Kediri	219
7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	220
7.4. Rencana Perumahan Karyawan.....	221
8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	231
9.1. Grafik Analisis Ekonomi Pabrik Bioetanol	262
9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> Terhadap Umur Pabrik.....	263

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap bahan bakar minyak semakin meningkat, dan saat ini keberadaan sumber energi seperti minyak bumi dan gas alam semakin terbatas. British Petroleum (BP) merupakan suatu perusahaan minyak bumi yang bermarkas di London dan merupakan salah satu dari empat besar perusahaan minyak di seluruh dunia (bersama Shell, Exxon Mobile, dan Total). Menurut publikasi BP yang berjudul "Statistical Review of World Energy 2005", menyatakan bahwa, produksi minyak tertinggi Indonesia terjadi pada tahun 1977, dengan rata-rata sebesar 1.685 ribu barrel/hari, tetapi setelah itu produksi minyak Indonesia tidak pemah lagi mencapai angka tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan sumber energi lain sebagai alternatif yang murah dan dapat diperbarui guna mengurangi ketergantungan BBM perlu adanya suatu inovasi untuk mengatasi masalah yang akan dihadapi oleh negara Indonesia, yaitu krisis energi, dimana salah satunya adalah mengenai menipisnya cadangan minyak bumi yang ada, sehingga Indonesia tidak perlu melakukan impor minyak mentah untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar. Menipisnya cadangan minyak bumi tidak

hanya terjadi di Indonesia, tetapi juga di dunia Hal ini berdampak pula pada semakin mahalnya harga pasaran minyak bumi di dunia, dimana harga minyak mentah dunia akan semakin mahal seiring dengan meningkatnya permintaan akan minyak dan menipisnya persedian. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut diatas, maka dilakukan berbagai penelitian seperti pembuatan produk bioetanol. 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 *Denatured Fuel Etanol for Blending with Gasolines for Use as Automotive Spark Ignition Engine Fuel.*

Bioetanol dapat diolah dari berbagai jenis tanaman berpati (ubi kayu, jagung, sorgum biji, sagu) tanaman bergula (tebu, sorgum manis, bit), serta serat (jerami, serbuk gergaji, ampas tebu, dan tongkol jagung). Penggunaan tongkol jagung dikarenakan lebih ekonomis, ditinjau dari harga bahan baku yang relatif murah dan merupakan limbah pertanian. Indonesia memiliki keunggulan dalam hal biomassa lignoselulosa dibandingkan negara-negara

beriklim dingin Pada umumnya negara-negara maju mencari bahan baku karena kurangnya bahan baku didaerahnya sebagai bahan pembuatan bioetanol tidak demikian dengan Indonesia yang memiliki biomassa lignoselulosa melimpah, murah, yang kebanyakan disia-siakan. Ada banyak potensi biomassa lignoselulosa di Indonesia, misal hasil dan limbah pertanian tongkol jagung sehingga nilai mutu dari tongkol jagung yang bersifat limbah juga semakin meningkat. Dengan didirikannya pabrik bioetanol diharapkan dapat memenuhi seluruh kebutuhan di Indonesia dan sisanya dapat dieksport untuk meningkatkan devisa negara.

1.2 Kegunaan Produk

1.2.1 Produk Utama

Etanol banyak digunakan sebagai bahan bakar (*Fuel Grade Ethanol*) dan bahan baku pada berbagai industri. Etanol sebagai bahan bakar, jika dibandingkan dengan gasoline, memiliki nilai oktan yang lebih tinggi, flammability limit yang lebih luas, pembakaran yang lebih cepat dan panas penguapan yang lebih tinggi. Properti ini menyebabkan etanol mempunyai *higher compression ratio*, waktu bakar singkat, dan mesin yang lebih kecil serta menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Etanol merupakan bahan bakar yang mengandung 35% oksigen, yang dapat mengurangi jumlah emisi nitrogen oksida dari hasil pembakaran. 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.

1.2.2. Produk Samping

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

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.

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

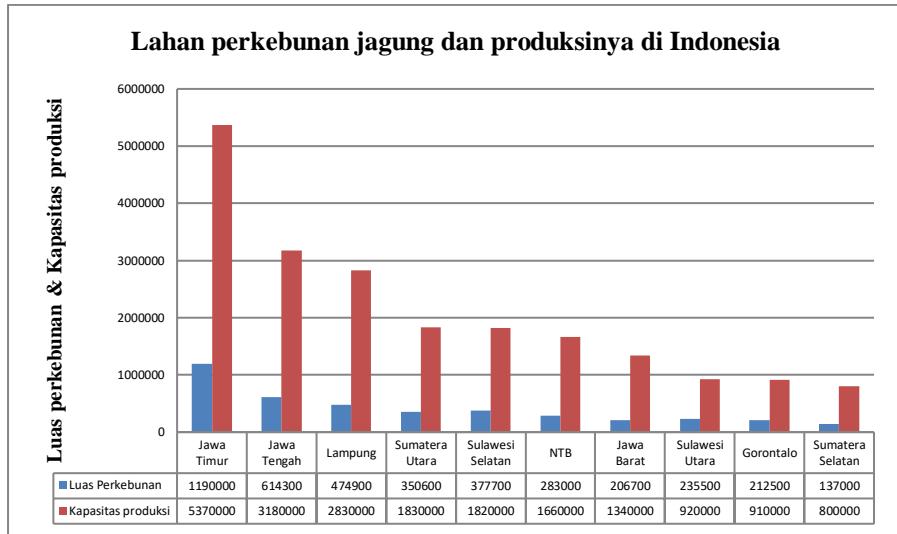
Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan bioetanol ini adalah tongkol jagung. Panjang tongkol jagung bervariasi antara 8-12 cm

(Effendi dan Sulistiati,1991) menurut Koswara (1991) jagung mengandung kurang lebih 30% tongkol jagung dan sisanya adalah biji dan kulit. Menurut prasetyo (2002) limbah tongkol jagung kering adalah 3,46 ton/ha. tongkol jagung dapat diperoleh dari perkebunan dalam negeri. Perkebunan dengan kapasitas 10 Terbesar Nasional ditunjukkan oleh Tabel 1.1. Sebagai cadangan, bahan baku juga bisa diperoleh dari berbagai perkebunan yang ada di Pulau Jawa dan luar Jawa.

Tabel 1.1 lahan perkebunan jagung dan produksi nya di Indonesia

Lokasi perkebunan	Luas perkebunan (Ha)	Kapasitas produksi (Ton)
Jawa Timur	1.190.000	5.730.000
Jawa Tengah	614.300	3.180.000
Lampung	474.900	2.830.000
Sumatera Utara	350.600	1.830.000
Sulawesi	377.700	1.820.000
Selatan		
NTB	283.000	1.660.000
Jawa Barat	206.700	1.340.000
Sulawesi Utara	235.500	920.000
Gorontalo	212.500	910.000
Sumatera	137.000	80.000
Selatan		

Sumber : <http://www.kppbumn.depkeu.go.id>, 2021



Grafik 1.1 Lahan perkebunan jagung dan kapasitas produksi di Indonesia

Ketersediaan Limbah Tongkol Jagung di Kecamatan Kediri

No.	Nama Kecamatan	Luas Panen	Jumlah produksi	Limbah Tongkol
		(ha)	(ton/tahun)	jagung (ton/tahun)
1.	Mujo	2.653	172.600	9.179,38
2.	Semen	2.025	150.890	7.006,5
3.	Ngadiluwih	169	10.850	584,74
4.	Kias	1.047	66.380	3.622,62
5.	Ringinrejo	1.117	71.750	3.864,82
6.	Kandat	563	35.730	1.947,98
7.	Wates	918	58.680	3.176,28
8.	Ngancar	823	53.130	2.847,58
9.	Plosoklaten	3.181	213.030	11.006,26
10.	Gurah	2.088	140.100	7.224,28
11.	Puncu	1.288	82.040	4.456,48
12.	Kepung	1.646	108.570	5695,16
13.	Kandangan	1.393	92.490	4.819,78
14.	Pare	2.406	160.980	8.324,76
15.	Badas	2.407	163.220	8.328,22
16.	Kunjang	2.788	186.020	9.646,48
17.	Plemahan	4.012	278.430	13.881,52

18.	Purwosari	2.740	193.730	9.480,4
19.	Papar	4.340	306.990	15.016,4
20.	Pagu	1.436	97.570	4.968,56
21.	Payenkidul	1.599	108.340	5.532,54
22.	Gampengrejo	998	67.120	3.453,08
23.	Ngasem	567	38.100	1.961,82
24.	Banyakan	3.126	203.820	10.815,96
25.	Grogol	1.654	107.320	5.722,84
26.	Tarokan	2.932	190.030	10.144,72
TOTAL				172.727,16

Sumber : Kedirikab.bps.go.id (Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Kediri)

Limbah tongkol jagung perkebunan kediri = 172.727,16 ton/tahun

= 523.415,6364 kg/jam

Untuk bahan baku tongkol jagung yang dibutuhkan 18.355,1006 kg/jam.

Sehingga dari segi bahan baku memenuhi dari perkebunan disekitar kediri.

Tabel 1.2 Kapasitas produksi pabrik jagung di Jawa Timur

Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas produksi (Ton/Tahun)
PT. Kediri Matahari Corn Mills	Kediri	50.000
PT. Jagung Mas Sejati	Kediri	25.000
PT Dupont Indonesia	Malang	20.000
PT. Konesia Spesial Agraris	Mojokerto	22.000

Sumber : www.kemenperin.go.id,2021

Tongkol Jagung dari PT.Kediri Matahari Corn Mills 50.000 ton/tahun

untuk digunakan pada pakan ternak.

Limbah tongkol jagung dari PT. Kediri Matahari Corn Mills

= 50.000 ton/tahun

= 151.515,1515 kg/jam

Untuk bahan baku tongkol jagung yang dibutuhkan 18.355,1006 kg/jam.

Sehingga dari segi bahan baku memenuhi dari PT. Kediri Matahari Corn Mills (Pabrik penggilingan jagung dan pakan ternak)

1.4. 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.

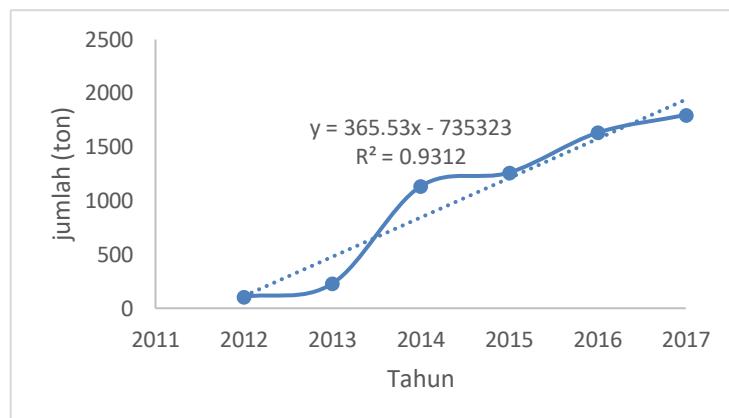
Berikut ini data impor bioetanol di Indonesia pada lima tahun terakhir.

Tabel 1.3 Data impor bioetanol di Indonesia

Tahun	X	Jumlah (Ton)
2012	1	106,43
2013	2	229,44
2014	3	1.134,50
2015	4	1.262,00
2016	5	1.632,40
2017	6	1.797,83

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2021)

Maka diperoleh persamaan laju kenaikan impor bioetanol di Indonesia seperti yang terlihat pada grafik 1.2 dibawah ini:



Berdasarkan data diatas, melalui metode regresi linear dengan menggunakan persamaan garis lurus :

$$y = ax + b$$

dimana y = kebutuhan impor bioetanol (ton/tahun)

x = Tahun

a = Slope

b = Intercept

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 365,53x - 735.323$ yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor bioetanol di Indonesia pada tahun 2025. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi impor bioetanol di Indonesia sebesar 4.875,25 ton/tahun.

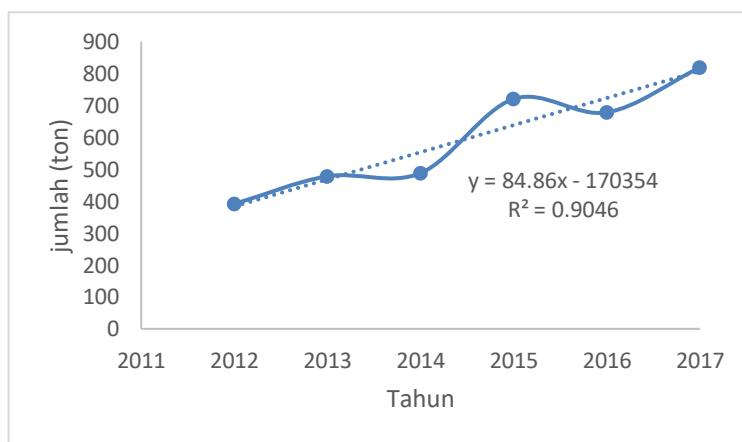
Berikut data ekspor bioetanol di Indonesia

Tabel 1.4 Data ekspor bioetanol di Indonesia

Tahun	X	Jumlah (Ton)
2012	1	391,478
2013	2	478,054
2014	3	488,136
2015	4	720,374
2016	5	687,253
2017	6	818,930

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2021)

Maka diperoleh persamaan laju ekspor bioetanol di Indonesia seperti yang terlihat pada grafik 1.3 dibawah ini:



Berdasarkan data diatas, melalui metode regresi linear dengan menggunakan persamaan garis lurus :

$$y = ax + b$$

dimana y = kebutuhan ekspor bioetanol (ton/tahun)

x = Tahun

a = Slope

b = Intercept

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 84,86x - 170,354$ yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan ekspor bioetanol di Indonesia pada tahun 2025. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi ekspor bioetanol di Indonesia sebesar 1.487,5 ton/tahun.

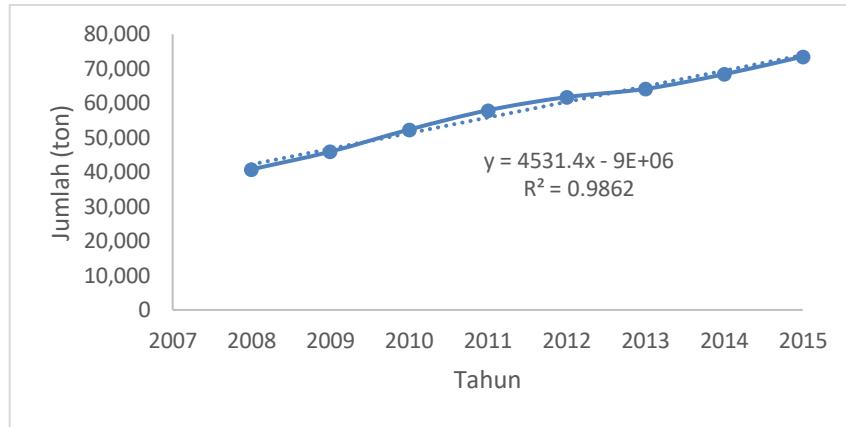
Berikut data konsumsi bioetanol di Indonesia

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 : Badan Pusat Statistik, 2021)

Maka diperoleh persamaan laju kenaikan konsumsi bioetanol di Indonesia seperti grafik 1.4 dibawah ini :



Berdasarkan data diatas, melalui metode regresi linear dengan menggunakan persamaan garis lurus :

$$y = ax + b$$

dimana y = konsumsi bioetanol (ton/tahun)

x = Tahun

a = Slope

b = Intercept

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 4.531,4x - 9 \times 10^6$ yang dapat digunakan untuk memprediksi konsumsi bioetanol di Indonesia pada tahun 2025. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi impor bioetanol di Indonesia sebesar 176.085 ton/tahun.

Pabrik Bioetanol yang beroperasi di Indonesia

Tabel 1.6 Pabrik Bioetanol yang beroperasi di Indonesia

No	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT. Malindo Raya	40.500
2.	PT. Madu Baru	10.000
3.	PT. Acidatama Indonesia	40.000
4.	PT. Indo Lampung Distillery	16.000

Sumber: BPPT, 2021

1.5. Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik dibatasi oleh analisis pasar dan ketersediaan bahan baku. Prarancangan Pabrik Bioetanol ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2025.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Konsumsi} - \text{Produksi} + \text{Impor} - \text{Ekspor} \\
 &= (176.085 - 106.500 + 4.875,5 - 1.487,5) \text{ ton/tahun} \\
 &= 72.973 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas diketahui bahwa kebutuhan Bioetanol di Indonesia pada tahun 2025. berdasarkan pertimbangan di atas, analisis potensi ketersediaan jagung Provinsi Jawa Timur dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2025 maka diputuskan akan dibuat pabrik Bioetanol dengan kapasitas sebesar 37.000 ton/tahun yang akan memenuhi kebutuhan di Indonesia sekitar 50% sesuai dengan undang-undang republik Indonesia nomor 5 tahun 1999 pasal 17.

Berdasarkan pertimbangan di atas dengan kapasitas produksi bioetanol sebesar 37.000 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

1.6. 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, pemasaran produk, unit pendukung dan utilitas, dan tersedianya tenaga kerja. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka lokasi pabrik bioetanol dipilih di daerah Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur 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. Kebutuhan bahan baku tongkol jagung ini dapat dipenuhi dari perkebunan jagung di Jawa Timur dan dari PT. Kediri Matahari Corn Mills. Oleh karena itu lokasi pendirian prarencana pabrik ini adalah di Kabupaten Kediri, karena dekat dengan lokasi ketersediaan bahan baku.

2. 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 Kediri, Jawa Timur mudah menjangkau industri yang berada di Pulau Jawa dan Pulau Bali

3. Unit Pendukung dan Utilitas

Infrastruktur seperti akses telekomunikasi, kesehatan, fasilitas sanitasi, jalan, dermaga, listrik, air, dan pendidikan sudah tersedia dengan baik, mapan, dan siap mendukung aktivitas produksi. 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

Kondisi politik dan sosial di Kabupaten Kediri cukup stabil dan sistem birokrasi mendukung proses industri. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Kediri, penduduk di Kabupaten Kediri berjumlah 1.635.294 jiwa, hal ini berpotensi mendukung sumber daya manusia bagi pabrik.

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab – bab sebelumnya, Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Biomassa Ligniselulosa Tongkol Jagung dengan kapasitas 37.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses utama yang digunakan adalah fermentasi dari bahan baku biomassa ligniselulosa Tongkol Jagung yang menghasilkan produk utama berupa bioetanol dan produk samping berupa karbondioksida.
2. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 21,69%.
3. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,82 tahun.
4. *Break Even Point* (BEP) sebesar 44,38%, dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 20 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23,47%.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DFC) sebesar 29,93% lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Biomassa Ligniselulosa Tongkol Jagung dengan Proses *Separated Hydrolysis and Fermentation* dengan kapasitas 37.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. Kementerian Riset dan Teknologi. Diakses pada 1 Mei 2021.
- Anonim. 2017. Diakses melalui <https://indexmundi.com> pada 1 Mei 2021.
- Anonim. 2017. Diakses melalui www.fermentis.com pada 1 Mei 2021.
- Anonim. 2017. Diakses melalui www.yeastenome.org pada 1 Mei 2021.
- Anonim. 2018. Diakses melalui www.shijanzhuang.co.id.ltd pada 1 Mei 2021.
- Anonim. 2019. BPPT. Diakses pada 1 Mei 2021.
- Anonim. 2019. Diakses melalui <https://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/> pada 1 Mei 2021.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui www.bps.go.id pada 1 Mei 2021.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Rata-rata Harian Aliran Sungai, Tinggi Aliran, dan Volume Air di Beberapa Sungai di Daerah Kediri-Jawa Timur*. Diakses melalui www.bps.go.id pada 1 Mei 2021.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.

Bank Indonesia. 2022. *Nilai Kurs*. Diakses melalui www.bi.go.id pada 19 Mei 2022.

Brown, G.George. 1950. *Unit Operation 6th Edition*. USA : Wiley&Sons, Inc.

Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. *Process Equipment Design 3rd Edition*. John Wiley & Sons, New York.

Carl and Yaws. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw Hill Book Co: New York

Chemical Engineering Plant Cost Index. 2020. Diakses melalui www.chemengonline.com/pci pada 21 Juni 2022.

Chemical Industry News. 2018. *Chemical, Price Reporting*. Diakses melalui www.icis.com pada 21 Juni 2022.

Cheremisinoff, Nicholas P. 2003. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann.

Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1983. *Chemical Engineering 4th edition*. Butterworth-Heinemann : Washington.

Couper, R. J., dkk. 2010. *Chemical Process Equipment: Selection and Design 3rd edition*. Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, Linacre House, Kidlington, Oxford, UK.

Data MSDS. 2019.

Dahnum, dkk. 2015. *Jurnal energyprocedia, Comparison of SHF and SSF Processes Using Enzyme and Dry Yeast for Optimization of Bioethanol Production from Empty Fruit Bunch*, Indonesia.

Firmana, A. N., dan Tjahjani, S. 2014. *Characterization Result and Determination Reaction Rate of Fermentation Etanol with Saccharomyces cerevisiae*. UNESA Journal of Chemistry. Vol 3: 3.

Fogler, H. Scott. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering* 4th edition. Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Foust, S. 1956. *Principles Of Unit Operations* 1nd Ed. John Wiley And Sons, New York.

Geankolis, Christie.J. 1983. *Transport Processes and unit Operation* 3rd edition. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

Himmelblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. Prentice Hall Inc, New Jersey.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Co.: New York.

Kirk, R.E and Othmer, D.F. 2006. “*Encyclopedia of Chemical Technologi*”, 4th edition, vol. 17. John Wiley and Sons Inc. New York.

Kitani, O., and Hall, C. W. 2008. *Biomassa Handbook*. Gordon and Breach Science Publisher.

Kristina, dkk. 2012. *Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi – Fermentasi Untuk Produksi Etanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit.* Universitas Sriwijaya : Palembang.

Kumar, P., dkk. 2009. *Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolisis and Biofuel Production.* American Chemical Society, pp 3713-3729.

Kurniawan, E. R. 2016. *Karakterisasi dan Alkaline Pretreatment Lignoselulosa Cambomba caroliniana.* Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Landry, C. R., Townsend, J. P., Hartl, D. L., and Cavalieri, D. 2006. *Ecological and Evolutionary Genomics of Saccharomyces cerevisiae.* Molecular Ecology, Vol15 : 575-591.

Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering 2nd edition.* John Wiley and Sons Inc, New York.

Lin, Y., dan S. Tanaka. 2006. *Ethanol Fermentation from Biomass Reseources : Current State and Projects.* Appl. Microbiol. Biotehnol. 69 : 627-642.

Matches. 2020. *Matches' Process Equipment Cost Estimates.* Diakses melalui www.matche.com pada 21 Juni 2022.

Mc.Graw Hill Education. *Price Order.* Diakses melalui www.mheducation.com pada 1 Mei 2021.

McCabe, W.L. and Smith, J.C. 1985. *Operasi Teknik Kimia.* Erlangga, Jakarta.

Missen, R. W. 1999. *Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics*. John Wiley and Sons, Inc : New York

Novia.,dkk. 2014. *Produksi Bioetanol Generasi Ke-2 dari TKKS dengan Metode Alkaline Pretreatment–Hydrolisis Enzimatik–Fermentasi*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia.

Olivieri *et all*.2021. *Bioreactor and Bioprocess Design Issues in Enzymatic Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass. Catalysts*

Peters and Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*4th Edition, McGraw Hill Book Co. Inc. New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook* 8th edition. McGraw Hill : New York.

Powell, S.T. 1954. “Water Conditioning for Industry”, McGraw Hill Book Company, New York.

Prasetyo, T, Joko Handoyo, dan Cahyati Setiani. 2002. Karakteristik Sistem Usahatani Jagung-Ternak di Lahan Irigasi. Prosiding Seminar Nasional: Inovasi Teknologi Palawijaya, Buku 2- Hasil Penelitian dan Pengkajian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian, Badan Litbang Pertanian, hal 581-605

Panduan PKL. *Description All Plant*. PT. Indo Acidatama Tbk, Karanganyar: Solo.

Panduan PKL. *Pengolahan Limbah*. PT. Indo Acidatama Tbk, Karanganyar: Solo.

Pujaningsih, R. 2005. *Teknologi Fermentasi dan Peningkatan Kualitas Pakan*.
Fakultas Perternakan UNDIP : Semarang.

PT. Indonesia Ethanol Industry. 2014. *Company Profile*.

Sanchez, dkk.2008. *Trends in Biotechnological Production of Fuel from different Feedstock*, International Journal of Bioresource Technology, page 99.

Sinnott, R.K. 2005. *Chemical Engineering Design 4th Edition Vol. 6*. Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.

Sun, Y., and Cheng, J. J. 2002. *Hydrolysis of Lignocellulose Materials for Ethanol Production. A Review*, Bioresource Technology, 83, 1-11.

Sutikno, et al. 2015. *Pengaruh Perlakuan Awal Basa dan Asam Terhadap Kadar Gula Reduksi Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian. Vol 20:1.

Taherzadeh, Mohammad J., dkk.2007 “Enzym-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Material: A Review”, ncsu.edu/bioresources 2(4), pp.707-738.

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. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th edition.* McGraw-Hill : New York.

Treyball, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation 3rd edition.* McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics.* John Wiley & Sons Inc, New York.

US Patent 3.591.454, 1968. Diakses melalui <https://www.google.com.ar/patent/US8232082> pada 29 Juni 2021.

Walangare, K.B.A., dkk. 2013. *Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik.* Jurusan teknik elektro UNSRAT : Manado.

Wade, L. G. 1987. *Organic Chemistry.* Prentice Hall Inc : USA.

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment.* Butterworth-Heinemann:Washington.

Wang, L, K. 2008. *Gravity Thickener, Handbook Of Environmental Engineering, Vol. 6th.* New Jersey : The Humana Press Inc.

Welty, J.R., R.E. Wilson, and C.E. Wick. 1976. *Fundamentals of Momentum heat and Mass Transfer.*

Widjaja, T.2007. *Produksi Etanol dar iMolase dengan Teknik Immobilized Cell Ca Alginale dalam Bioreaktor Packed Bed.* Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia. ISSN 1410-5667.

Wilson, E. T. 2005. *Clarifier Design.* London : Mc Graw Hill Book Company.

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