

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE
KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN



SKIPSI PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

NADYA NURFAUZIA SYAM	432 21 022
SRI WAHYUNI	432 21 027

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **"Prarancangan Pabrik Bioetanol Dari Molase Kapasitas 36.000 Ton/Tahun"** oleh Nadya Nurfauzia Syam NIM 432 21 022 yang telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 10 Oktober 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Zulmanwardi, M.Si
NIP 19621101 199103 1 003

Dosen Pembimbing II



M. Ilham Nurdin, S.T., M.T.
NIP 19930311 201903 1 018

Mengetahui



Wahyudi Utomo, HND., M.Sc.
NIP. 19650320 199202 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "**Prarancangan Pabrik Bioetanol Dari Molase Kapasitas 36.000 Ton/Tahun**" oleh Sri Wahyuni NIM 432 21 027 yang telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 10 Oktober 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Zulmanwardi, M.Si
NIP 19621101 199103 1 003

Dosen Pembimbing II

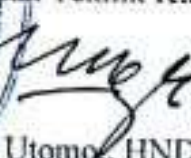


M. Ilham Nurdin, S.T., M.T.
NIP 19930311 201903 1 018

Mengetahui



Direktur
Jurusan Teknik Kimia


Budi Utomo, HND., M.Sc.
NIP. 19650320 199202 1 001

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
SURAT PERNYATAAN.....	xx
SURAT PERNYATAAN.....	xxi
RINGKASAN	xxii
SUMMARY	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	2
1.2.1 Kebutuhan Produk	2
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	8
1.2.3 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	11
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	12
1.4 Tinjauan Pustaka	13
BAB II URAIAN PROSES.....	21
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	21
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Penunjang.....	21
2.1.2 Spesifikasi Produk	24
2.2 Pemilihan Proses	26

2.3 Langkah Proses.....	32
2.3.1 Pengenceran Molase	32
2.3.2 Proses Propagasi (<i>Starter</i>).....	32
2.3.3 Proses Fermentasi	32
2.3.4 Proses Distilasi.....	33
2.3.5 Proses Dehidrasi	34
2.3.6 Diagram Alir Proses Pembuatan Bioetanol	35
BAB III NERACA MASSA	36
3.1 Tangki Pengenceran (T-103).....	36
3.2 Separator.....	37
3.3 Tangki Propagasi (T-108).....	37
3.4 Separator (SP-102)	38
3.5 Fermentor (FR-101)	38
3. 5 Centrifuge (CR-101).....	39
3.6 Menara Distilasi (MD-101).....	39
3.6 Dehidrator (DH-101)	40
BAB IV NERACA PANAS.....	41
4.1 Tangki Pengenceran (T-103).....	41
4.2 Separator (SP-101)	41
4.3 Tangki Propagasi (T-108).....	42
4.4 Separator (SP-102)	42
4.5 Fermentor (FR-101)	43
4.6 <i>Centrifuge</i> (CR-101).....	43
4.7 <i>Heater</i> (HE-101).....	44
4.8 Heater II (HE-102)	44
4.9 Distilasi (D-101).....	45
4.10 <i>Heater</i> (HE-102).....	45
4.11 Dehidrator (DH-101).....	45
4.12 Kondensor (CD-102).....	46
4.13 <i>Cooler</i> (C-101)	46
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES	47

5.1 Tangki Penyimpanan Molase (T-101).....	47
5.2 Tangki Penyimpanan Air (T-102)	48
5.3 Tangki Pengenceran (T-103).....	49
5.4 Separator (SP-101)	50
5.5 Tangki Penyimpanan <i>Yeast</i> (T-104).....	51
5.6 Tangki Penyimpanan NPK (T-105)	52
5.7 Tangki Penyimpanan Urea (T-106).....	53
5.8 Tangki Penyimpanan HCl (T-107).....	54
5.9 Tangki Propagasi (T-104).....	55
5.10 Separator (SP-102)	56
5.11 Fermentor (FR-101)	57
5.12 <i>Centrifuge</i> (CR-101).....	58
5.13 Heater	59
5.14 Menara Destilasi (MD-101)	60
5.15 Kondensor (CD-101).....	61
5.16 Reboiler	62
5.17 Akumulator.....	63
5.18 <i>Heater</i> (HE-102).....	64
5.19 Dehidrator (DH-101).....	65
5.20 Kondensor (CD-102).....	66
5.21 Tangki Penampungan Produk (T-109)	67
5.22 Cooler (C-101)	68
5.23 Tangki Penampungan Produk Samping (T-111).....	69
5.24 Pompa.....	70
BAB VI UTILITAS DAN UNIT PENDUKUNG PROSES	72
6.1 Unit Penyedia <i>Steam</i>	72
6.2 Unit Penyedia Air.....	73
6.2.1 Air Umpan Boiler	73
6.2.2 Air Sanitasi	73
6.2.3 Air Pendingin.....	74
6.2.4 Air Proses.....	75

6.3 Unit Penyedia Listrik.....	75
6.4 Unit Penyedia Bahan Bakar	75
6.5 Unit Pengolahan Limbah.....	76
6.6 Spesifikasi Alat Utilitas.....	77
6.6.1 Boiler	77
6.6.1 Bak Penampungan Awal.....	77
6.6.2 <i>Clarifier</i>	78
6.6.3 Bak Sand Filter	78
6.6.4 Bak Penampung Air Pendingin.....	79
6.6.5 Bak Air Proses	79
6.6.6 Bak Air Sanitasi	79
6.6.7 Cooling Tower	80
6.6.8 Tangki Umpan Boiler	80
6.6.9 Daerator	81
6.6.10 Pompa	81
6.6.11 Tangki Bahan Bakar	82
BAB VII INSTRUMENT DAN KESELAMATAN KERJA	84
7.1 Instrumentasi	84
7.1.1. Pemilihan Instrumentasi	85
7.1.2 Macam-Macam Instrumentasi	85
7.2 Keselamatan Kerja	89
7.2.1 Usaha Keselamatan.....	89
7.2.2 Sebab-sebab Keselamatan Kerja.....	89
7.2.3 Peningkatan Keselamatan Kerja	91
7.2.4 Alat pelindung diri	92
BAB VIII LAYOUT DAN TATA LETAK PABRIK	94
8.1 Tata Letak Pabrik	94
8.2 Tata Letak Alat Proses.....	99
BAB IX STRUKTUR ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN	100
9.1 Bentuk Perusahaan	100
9.2 Struktur Organisasi.....	100

9.3 Pembagian Tugas dan Wewenang.....	103
9.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	108
9.5 Jumlah dan Kualifikasi Karyawan	110
9.6 Sistem Kerja	111
9.6.1 Sistem Upah.....	111
9.6.2 Fasilitas Tenaga Kerja	114
BAB X ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI	117
10.1 Modal Investasi	118
10.1.2 Modal Kerja/ <i>Working Capital</i> (WC).....	120
10.1.3 Biaya Produksi Total (BPT)/Total Cost (TC).....	121
10.2 Total Penjualan.....	122
10.3 Perkiraan Rugi/Laba Usaha.....	122
10.4 Analisa Aspek Ekonomi	123
10.4.1 <i>Percent Profit on Sales</i> (POS) / Profit Margin	123
10.4.2 Break Even Point (BEP)	123
10.4.3 Return on Investment (ROI)	124
10.4.4 <i>Pay Out Time</i> (POT).....	125
10.4.5 Internal Rate of Return (IRR)	125
10.4.6 Shut Down Point (SDP).....	126
BAB XI PENUTUP	127
DAFTAR PUSTAKA	129

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Molase merupakan produk samping dari Industri Gula tebu yang berpotensi untuk dijadikan dan diolah kembali menjadi bioetanol. Pabrik Bioetanol dari molase ini direncanakan akan beroperasi di tahun 2030 dengan kapasitas 36.000 ton/tahun dan rate produksi 4.545,4545 kg/jam. Lokasi pabrik ini adalah di Kawasan Industri Makassar, Sulawesi Selatan dengan pertimbangan ekonomi dan peluang kapasitas, serta strategis.

Metode yang digunakan adalah Fermentasi dengan berbagai pertimbangan pemilihan metode dengan menggunakan *saccharomyces cerevisiae*. Tahapan dimulai dengan melakukan pengenceran molase dan air dengan rasio perbandingan 1:4, pembiakan yeast, fermentasi yang menghasilkan etanol dengan konsentrasi rendah, distilasi menghasilkan etanol 95%, dan di dehidrasi dengan zeolit hingga menghasilkan kemurnian etanol 99,5%.

Utilitas terdiri dari unit penyediaan air sebagai pendingin maupun keperluan umum, penyediaan *steam*, tenaga Listrik, penyediaan udara tekan, penyediaan bahan bakar, dan unit pengolahan limbah. Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff*. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian jam kerja yang terdiri dari karyawan *shift* dan *non shift*.

Hasil analisis ekonomi pabrik bioetanol dari molase diperoleh *Fixed Capital Investment* (FCI) Rp634.382.927.643,81 dan *Working Capital Investment* (WCI) Rp271.878.397.561,64 adapun persentase *Return on Investment* (ROI) 32,32% *Internal Rate of Return* (IRR) 11,10% dengan *Pay Out Time* (POT) yaitu 32,22 tahun dan *Break Even Point* (BEP) sebesar 51,46%. Berdasarkan hasil dari perhitungan analisis ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

PRELIMINARY DESIGN OF A BIOETHANOL PLANT FROM MOLASSES WITH A CAPACITY OF 36.000 TON/YEAR

SUMMARY

Molasses, a byproduct of the sugarcane industry, has potential as a raw material to be processed into bioethanol. The bioethanol plant from molasses is planned to operate in 2030 with a capacity of 36,000 tons per year and a production rate of 4,545.45 kg/hour. The plant location is in the Makassar Industrial Area, South Sulawesi, chosen for economic considerations, capacity potential, and strategic advantages.

*The production method is fermentation using *Saccharomyces cerevisiae*. The process stages include dilution of molasses and water at a ratio of 1:4, yeast cultivation, fermentation producing low-concentration ethanol, distillation to produce 95% ethanol, and dehydration with zeolite to achieve ethanol purity of 99.5%.*

The utilities consist of water supply for cooling and general use, steam, electricity, compressed air, fuel supply, and waste treatment units. The company is established as a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organizational structure. The workforce system combines shift and non-shift employees.

Economic analysis shows a Fixed Capital Investment (FCI) of IDR 634.382.927.643,81 billion and Working Capital Investment (WCI) of IDR 271.878.397.561,64 billion, with a Return on Investment (ROI) of 32,32%, Internal Rate of Return (IRR) of 11.10%, Pay Out Time (POT) of 32,32 years, and Break Even Point (BEP) of 51,46%. Based on this economic calculation, the plant is deemed feasible to be established.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang membangun berbagai sektor, salah satunya indikatornya adalah pembangunan di bidang industri. Perkembangan di sektor industri dunia saat ini sangat bergantung pada minyak bumi ditambah lagi penggunaan kendaraan bermotor yang semakin hari semakin meningkat. Jadi tidak heran apabila kebutuhan minyak bumi di dunia, termasuk di Indonesia sangat besar. Namun, meningkatnya kebutuhan BBM untuk kendaraan bermotor tidak diimbangi dengan cadangan minyak bumi sebagai BBM di Indonesia, akibatnya jumlah produksi minyak nasional mulai turun demi ketahanan energi. Bahan bakar di Indonesia lebih banyak menggunakan bahan bakar fosil yang menimbulkan emisi gas rumah kaca yang dapat merusak lingkungan sebanyak 90% pada tahun 2000. Sedangkan tidak lama lagi bahan bakar fosil akan habis. Pemanfaatan energi terbarukan masih belum terlalu banyak. Bioetanol menjadi solusi sebagai bahan bakar alternatif. Untuk memenuhi kebutuhan bioetanol di Indonesia, pemerintah masih melakukan impor kebutuhan bioetanol.

Bioetanol merupakan suatu bentuk energi alternatif, karena dapat mengurangi ketergantungan terhadap Bahan Bakar Minyak dan sekaligus pemasok energi nasional. Bioetanol dapat diperoleh dari fermentasi bahan-bahan yang mengandung amilum, sukrosa, glukosa, maupun fruktosa. Etanol memiliki banyak manfaat yaitu dapat dikonsumsi manusia sebagai bahan minuman beralkohol, dan sebagai bahan baku farmasi dan kosmetika (Erliza, 2008).

Pengembangan bioetanol berbasis tebu diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor BBM nasional dan menciptakan bauran energi baru yang lebih ramah lingkungan. Penggunaan bioetanol sebagai campuran BBM dapat menurunkan impor BBM jenis bensin, mengurangi emisi polutan kendaraan, dan menciptakan lapangan kerja di sektor pertanian dan produksi bioetanol.

Molasses adalah hasil samping yang berasal dari pembuatan gula tebu (*Saccharum officinarum L*). Molase tebu berupa cairan kental dan diperoleh dari tahap pemisahan Kristal gula. Menurut Ratna Juwita (2012) molasse tidak dapat lagi dibentuk menjadi sukrosa namun masih mengandung gula dengan kadar tinggi 50- 60%, asam amino, dan mineral, namun molases yang masih mengandung kadar gula 10-18% telah memberikan hasil yang memuaskan dalam pembuatan etanol. Mola ses bersifat asam mempunyai pH 5-5.5 yang disebabkan oleh adanya asam-asam organik bebas (Harahap, 2003).

1.2 Kapasitas Rancangan

Pendirian suatu pabrik bertujuan memenuhi kebutuhan pasar terhadap suatu produk. Hal tersebut berdampak terhadap eskalasi devisa negara, dan mereduksi ketergantungan impor dari negara lain. Penentuan kapasitas pabrik perlu mempertimbangkan beberapa faktor antara lain kebutuhan produk, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik komersial.

1.2.1 Kebutuhan Produk

Kebutuhan produk bioetanol digunakan dalam berbagai industri, yaitu sebagai energi alternatif pengganti bahan baku minyak, bahan minuman keras,

bahan pelarut pembuatan kosmetik, dan bahan antiseptik. Selain itu, adapun produk samping dari bioetanol adalah karbondioksida. Karbondioksida ini telah digunakan diberbagai industri, yaitu untuk industri kimia seperti bahan baku dalam urea dan methanol, membuat minuman berkarbonasi, membuat *dry ice*, dan ekstraksi minyak dalam sumur.

Kebutuhan produk merupakan faktor krusial dalam penentuan kapasitas produksi suatu industri. Kapasitas produksi suatu pabrik ditetapkan berdasarkan perhitungan peluang kapasitas pasar tahunan yang mempertimbangkan nilai impor, ekspor, produksi dan konsumsi di Indonesia dan beberapa negara yang dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor Etanol di Indonesia

Tahun	Jumlah (ton/tahun)
2020	22.431,979
2021	42.431,163
2022	25.533,009
2023	4.383,301
2024	9.308,857
Total	104.088,309
Rata-rata	20.817,6618

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025)

Data yang didapatkan pada BPS menunjukkan data Ekspor Etanol di Indonesia mengalami penurunan, seperti pada tabel 1.2

Tabel 1.2 Data Ekspor Etanol di Indonesia

Tahun	Jumlah (ton/tahun)
2020	36.371,89
2021	64.342,80
2022	60.528,64
2023	46.769,236
2024	39.555,55
Total	247.567
Rata-rata	49.513

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025)

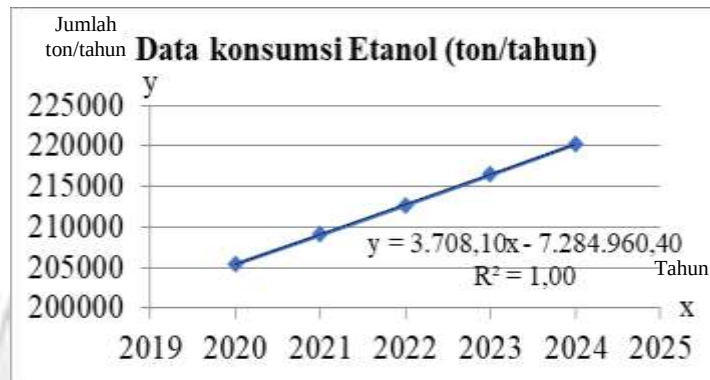
Berdasarkan data yang didapatkan pada BPS menunjukkan data Konsumsi Etanol di Indonesia mengalami kenaikan, seperti pada tabel 1.3

Tabel 1.3 Data Konsumsi Etanol di Indonesia

Tahun	Jumlah (ton/tahun)
2020	205.466
2021	209.078
2022	212.753
2023	216.493
2024	220.299
Total	1.064.089
Rata-rata	212.817,8

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025)

Berdasarkan Tabel 1.3, diperoleh grafik persamaan laju konsumsi etanol di Indonesia seperti pada Gambar 1.3



Gambar 1.1 Grafik Data Konsumsi Etanol di Indonesia

Data BPS terbaru yang didapatkan menunjukkan data Produksi Etanol di Indonesia mengalami penurunan, seperti pada tabel 1.4

Tabel 1.4 Data Produksi Etanol di Indonesia

Tahun	Jumlah (ton/tahun)
2020	140.768
2021	150.073
2022	158.715
2023	104.125
2024	125.720
Total	679.401
Rata-rata	226.467

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025)

Pabrik direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2030. Untuk perencanaan produksi, digunakan data dari tahun 2020 hingga 2024, sehingga

estimasi penggunaan etanol yaitu pada tahun 2030. Adapun metode yang digunakan untuk menentukan peluang kapasitas pabrik, yaitu:

$$m_3 = (m_1 + m_2) - (m_4 + m_5) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

m1 = Nilai impor tahun pabrik dibangun (ton/tahun)

m2 = Produksi pabrik dalam negeri (ton/tahun)

m3 = Peluang Kapasitas Pabrik (ton/tahun)

m4 = Nilai ekspor tahun pabrik dibangun (ton/tahun)

m5 = Nilai konsumsi dalam negeri tahun pabrik dibangun (ton/tahun)

Dengan menggunakan persamaan regresi linear pada data dan grafik maka dapat diperoleh proyeksi kebutuhan impor bioetanol di Indonesia pada 2030. Maka nilai x pada persamaan tersebut adalah x=2030. Penentuan nilai m1, m2, dan m4 menggunakan metode discounted berikut:

$$m_2 = P(1+i)^n \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

P = Data besarnya produksi dalam negeri pada tahun 2024

m = Jumlah Produk Pada Tahun 2030

I = Rata-rata kenaikan produksi tiap tahun (%)

n = Selisih tahun (-)

Dan karena grafik konsumsi konstan naik, maka digunakan persamaan linear untuk menentukan nilai m5, berikut:

$$m_5 = m_3 + m_4 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

x = Tahun

a = *Slope*

b = *Intercept*

Berdasarkan grafik didapatkan persamaan linear pada m5, berikut :

$$\text{Konsumsi (m5)} = y = 3.708,10x + -7.284.960,40 \dots \dots \dots (4)$$

Maka diperoleh m1, m2, m4, dan m5:

Estimasi nilai impor (m1) tahun pabrik dibangun (2030):

$$m1 = P (1+i)^n$$

$$m1 = 9.308,857 (1 + 0,157736091)^5$$

$$m1 = 19.361,73 \text{ ton/tahun}$$

Estimasi nilai Produksi (m2) tahun pabrik dibangun (2030):

$$m2 = P (1+i)^n$$

$$m2 = 125.720 (1 + (-0,002573582))^5$$

$$m2 = 124.110,55 \text{ ton/tahun}$$

Estimasi nilai Ekspor (m4) tahun pabrik dibangun (2030):

$$m3 = P (1+i)^n$$

$$m3 = 39555,55 (1 + 0,065646963)^5$$

$$m3 = 54.359,34 \text{ ton/tahun}$$

Estimasi nilai Konsumsi (m5) tahun pabrik dibangun (2030):

$$m5 = 3.708,10x - 7.284.960,40$$

$$m5 = 3.708,10(2030) - 7.284.960,40$$

$$m5 = 242.482,6 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil tersebut, peluang kapasitas pabrik Bioetanol Berbahan Baku Molase pada tahun 2030 dapat dihitung yaitu sebagai berikut:

$$m_3 = (m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)$$

$$m_3 = (54.359,34 + 242.482,6) - (19.361,73 + 124.110,55)$$

$$m_3 = 440314,23 \text{ ton/tahun.}$$

Berdasarkan hasil perhitungan melalui metode discounted pada data ekspor, impor, produksi, dan persamaan linear pada konsumsi didapatkan Peluang Kapasitas (m₃) yaitu 440314,23 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan bioetanol adalah molase. Seperti yang diketahui ada banyak pabrik gula yang tersebar diberbagai daerah di Indonesia. Bahan baku akan diambil dari beberapa pabrik gula penghasil tetes tebu atau molase di Sulawesi Selatan dengan mengadakan kontrak kerjasama dengan harapan bahan baku pembuatan bioetanol terpe nuhi. Berikut merupakan rincian tabel kapasitas produksi Molase di Indonesia :

Tabel 1.5 Kapasitas Produksi Molase di Indonesia

Nama Pabrik Gula	Lokasi Pabrik	Kapasitas (ton/hari)	
		GKP	Molase
PG. Gunung Madu	Lampung Tengah	16,000	800
PG. Gula Putih Mataram	Lampung Tengah	12,000	600
PG. Bombana	Bombana	12,000	600
PG. Jatiroto	Lumajang	10,000	500
PG. Tolangohula	Gorontalo	8,000	400
PG. Gempolkrep	Mojokerto	6,500	325
PG. Krebet Baru I	Malang	6,500	325

PG. Pesantren Baru	Kediri	6,250	313
PG. Camming	Bone	3,000	300
PG. Takalar	Takalar	3,000	150
PG. Bone	Bone	2,400	100
Total		85,650	4,413
Rata-rata		7,786	401

(Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan 2022).

Pabrik ini direncanakan akan dibangun di Pulau Sulawesi, maka dapat dilihat pada tabel 1.6 data ketersediaan bahan baku berdasarkan kapasitas produksi molase pada pabrik gula yang ada di Sulawesi.

Tabel 1.6 Ketersediaan Bahan Baku Molase di Sulawesi

Nama Pabrik Gula	Lokasi Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)	
		GKP	Molasses
PG. Bombana	Bombana	12,000	600
PG. Tolangohula	Gorontalo	8,000	400
PG. Camming	Bone	3,000	300
PG. Takalar	Takalar	3,000	150
PG. Bone	Bone	2,400	100
Total		28,400	1,550
Rata-rata		5,680	310

(Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi 2022)

Berdasarkan Tabel 1.6 didapat diketahui bahwa produksi Gula di Sulawesi mencapai 28.400 ton/hari dan produksi tetes tebu yang merupakan bahan baku pada praperancangan pabrik bioetanol ini adalah 1.550 ton/hari. Kandungan gula yang ada di dalam molase sebesar 10%. Yield teoritis bioetanol dari glukosanya sebanyak 51,11% (Wardani dan Pertiwi, 2013). Maka dari itu, potensi bioetanol yang dapat dihasilkan sebanyak 792,21 ton/hari. Karena ketersediaan bahan baku

gula yaitu tebu tidak ada setiap saat atau musiman, umumnya pabrik gula di Indonesia beroperasi selama 90-170 hari giling dalam satu tahun. Jika diambil waktu paling minimalnya, maka potensi bioetanol yang dapat dihasilkan sebanyak 71,298.90 ton/tahun. Jika produksi molase 10% meningkat tiap tahunnya yaitu 35.649 ton/tahun, maka potensi molase hingga tahun 2030 adalah 106.948,4 ton/tahun.

Penentuan kapasitas pabrik perlu didasarkan pada beberapa pertimbangan. Pertama, kapasitas harus berada di bawah kebutuhan dalam negeri serta disesuaikan dengan ketersediaan bahan baku. Kedua, kapasitas sebaiknya berada di atas kapasitas minimal pabrik yang telah berdiri sebelumnya agar tetap kompetitif. Selain itu, perlu pula mempertimbangkan kebutuhan di negara lain atau wilayah sekitar sebagai peluang pasar ekspor. Oleh karena itu, data kapasitas minimal pabrik yang telah beroperasi serta kebutuhan di negara lain sangat penting untuk ditambahkan dalam analisis. Data kapasitas produksi tersebut dapat dilihat pada tabel 1.7 dan tabel 1.8.

Tabel 1.7 Produksi Bioetanol di Indonesia

No	Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT. Molindo Raya Industrial	Malang, Jawa Timur	63.120
2	PT. Indo Lampung Distillery	Lampung Tengah, Sumatra	47.340
3	PT. Energi Agro Nusantara	Mojokerto, Jawa Timur	23.670
4	PT. Madubaru	Bantul, Yogyakarta	7.200
5	PT. Indo Acidatama	Kebakkramat, Jawa Tengah	34.400

(Sumber: Tabel “*Ethanol Supplies, Trade and Use in Indonesia*”)

Tabel 1.8 Produksi Bioetanol di Luar Negeri

No	Nama	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Amerika Serikat	45.878.522
2	Thailand	1.087.955
3	Kanada	1.330.468
4	Eropa	4.145.924
5	Argentina	842.646

(Sumber: *RFA Annual Ethanol Production by Country*
& *Ethanol Industry Outlook*)

1.2.3 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas rancangan pabrik dibuat berdasarkan analisis pasar serta ketersediaan bahan baku. Praperancangan pabrik ini direncanakan berdiri pada tahun 2030 didapatkan Peluang Kapasitas Pabrik (m³) adalah 440314,23 ton/tahun. Pabrik bioetanol ini rencananya akan dibangun di Pulau Sulawesi maka pemasok bahan baku sebisa mungkin diambil dari Sulawesi juga. Ketersedian bahan baku tetes tebu berdasarkan data lima tahun terakhir produksi didapatkan 71,298.90 ton/tahun dengan lima pabrik gula yang beroperasi di Pulau Sulawesi. Berdasarkan data tersebut, jika kapasitas produksi yang diambil 8% dari peluang kapasitas pabrik, maka kapasitas produksi untuk prarancangan pabrik bioetanol dari tetes tebu adalah $35.225,14 \approx 36.000$ ton/tahun. Dengan perkiraan penggunaan bahan baku berdasarkan yield secara teoritis yaitu 70.436,31 ton/tahun.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Dalam menentukan lokasi pabrik, ada banyak hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan agar keberlangsungan kegiatan industri dapat berjalan dengan baik. Baik dalam produksi maupun distribusi dipabrik tersebut. Oleh karena itu, pembangunan pabrik harus mempertimbangkan biaya produksi dan biaya distribusi seminim mungkin agar dapat meraih keuntungan yang maksimal. Adapun faktor lain yang harus dipertimbangkan antara lain ketersediaan bahan baku, transportasi, unit pendukung, karakterisasi lokasi, dan ketersediaan tenaga kerja.

Adapun rencana pembangunan pabrik Bioetanol ini berlokasi di Kawasan Industri Makassar (KIMA). Lokasi ini dipilih karena lokasinya yang cukup strategis. KIMA juga memiliki infrastruktur yang lengkap seperti unit utilitas dan pengolahan limbah, serta perizinan yang lebih mudah karena kawasan ini telah legal sebagai zona industri. Selain itu, ketersediaan tenaga kerja terampil dan dukungan dari pemerintah daerah menjadikan KIMA lokasi yang efisien dan menguntungkan untuk pembangunan pabrik.



Gambar 1.2 Lokasi Pabrik Bioetanol

1.4 Tinjauan Pustaka

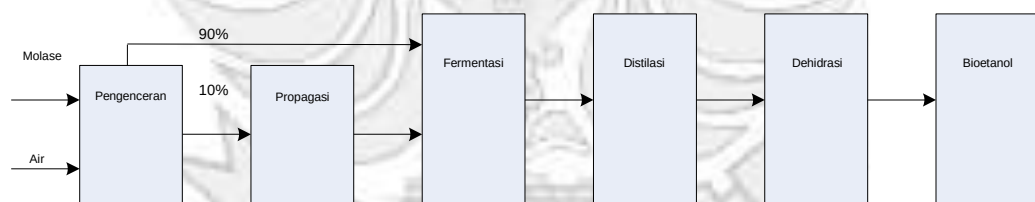
Produk yang dihasilkan dari industri gula ternyata tidak hanya gula kristal putih yang dikenal luas oleh masyarakat. Industri gula memiliki produk sampingan lain yang dihasilkan dari proses pengolahan tebu yang dijadikan gula kristal putih. Produk-produk sampingan tersebut antara lain adalah *Bagasse*, Blotong, Abu Ketel dan *Molasses* (Tetes Tebu). Diantara produk sampingan tersebut, ada molases atau yang biasa disebut dengan tetes tebu. Produk tetes tebu ini merupakan zat yang dihasilkan dari pengolahan gula yang masih mengandung gula dan asam-asam organik. *Molasses* adalah hasil samping yang berasal dari pembuatan gula tebu (*Saccharum officinarum L.*). Diperkirakan untuk setiap ton tebu menghasilkan 5,67% tetes tebu.

Olbrich (1973) mendefinisikan molase sebagai produk akhir pembuatan gula yang tidak mengandung lagi gula yang dapat dikristalkan dengan cara konvensional. Molase berwarna coklat dan berbentuk cairan kental yang terlihat merupakan hasil samping dari industri pengolahan gula yang masih mengandung gula cukup tinggi yakni sukrosa sebesar 48-55% (Prescott dan Dunn, 1959).

Sampai saat ini pemanfaatan molase masih terbatas pada industri alkohol dan MSG (Mono Sodium Glutamat), meskipun beberapa peneliti memanfaatkan molase pada pembuatan gasohol, perlu dilakukan usaha pemanfaatan molase untuk dijadikan produk lain (Rahman, 1992). Menurut Padang dkk. (2011), keuntungan dalam menambahkan molase di dalam proses fermentasi adalah dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri sehingga proses pemecahan senyawa organik

menjadi senyawa sederhana terjadi dengan sempurna dan kualitas biogas meningkat. Selain itu, molase biasa digunakan karena harganya yang murah.

Produksi pembuatan bioetanol dapat diperoleh dari bermacam-macam bahan baku seperti pati yaitu jagung, ubi kayu dan ubi jalar, gula yaitu molase, gula bit, gula dan tebu (Farida, 2019). Tetapi pada prarancangan produksi bioetanol ini menggunakan bahan baku molase karena tingginya kandungan gula yang terdapat pada molase sehingga dapat difermentasi langsung oleh *yeast* menjadi bioetanol tanpa *pretreatment*, tidak seperti fermentasi dari senyawa pati harus melalui *pretreatment* terlebih dahulu untuk memperoleh senyawa gula. (Rochani, 2016).



Gambar 1.3 Bagan Proses Pembuatan Bioetanol

Adapun nilai persentase komponen molase dapat dilihat pada tabel 1.7

Tabel 1.9 Komponen dalam Molase

Komponen	Persentase (%) berat
Air	22
Sukrosa	30
Fruktosa	13
Glukosa	12

(Sumber: Retnaningtyas, 2017)

1) Pengenceran Molase

Abu dan mineral pada molase memiliki keterkaitan erat namun menunjukkan pengertian yang berbeda. Abu merupakan residu anorganik yang tersisa setelah seluruh komponen organik pada molase mengalami pembakaran sempurna, sehingga menggambarkan jumlah total zat anorganik yang terkandung di dalamnya. Sementara itu, mineral merupakan unsur-unsur kimia penyusun abu tersebut, seperti kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), fosfor (P), dan besi (Fe). Kandungan abu dalam molase umumnya berkisar antara 8–10% dari berat kering, yang menunjukkan tingginya kandungan mineral. Kehadiran mineral-mineral ini berperan penting dalam proses fermentasi karena dapat memengaruhi aktivitas mikroorganisme, keseimbangan pH, serta nilai nutrisi molase sebagai bahan baku industri bioteknologi. (Bafrcova dkk, 1999 dalam Ishmayana, 2011).



Sukrosa + air Glukosa + Fruktosa (monosakarida)

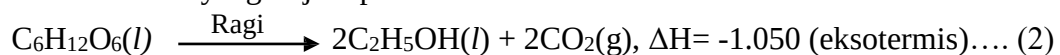
2) Propagasi

Tahap propagasi atau dengan nama lain tahap pembiakan yeast. Tujuan dari tahap propagasi untuk membuat yeast dapat beradaptasi dengan lingkungannya sehingga dapat berkembangbiak, selain itu untuk mempersiapkan bibit agar mampu melakukan proses pengubahan gula menjadi alcohol dengan penambahan Urea dan NPK sebagai nutrisi (PTPN X, 2018).

3) Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Fermentasi dapat diartikan sebagai perubahan gradual oleh enzim dengan bakteri atau khamir. Contoh perubahan kimia dari fermentasi, meliputi pengasaman susu, dekomposisi pati, dan gula menjadi alkohol dan karbon dioksida, serta oksidasi senyawa nitrogen organik (Hidayat, dkk., 2006). Fermentasi bioetanol dapat didefinisikan sebagai proses penguraian gula menjadi bioetanol dan karbondioksida yang disebabkan enzim yang dihasilkan oleh massa sel mikroba. Perubahan yang terjadi selama proses fermentasi adalah glukosa menjadi bioetanol oleh sel-sel ragi roti (Prescott and Dunn, 1959).

Berikut reaksi yang terjadi pada fermentasi bioetanol:



Glukosa Etanol + Karbon dioksida

Ada beberapa variabel yang berpengaruh pada proses fermentasi yaitu:

a) Suhu

Suhu berpengaruh terhadap proses fermentasi melalui dua hal secara langsung yaitu mempengaruhi aktivitas enzim khamir dan secara

langsung mempengaruhi hasil alkohol karena adanya penguapan, seperti proses biologis (enzimatik) yang lain, kecepatan fermentasi akan bertambah sesuai dengan suhu yang optimum umumnya 27–32°C (Bahri, S., dkk, 2018).

b) pH

Pada umumnya pH untuk fermentasi dibutuhkan keasaman 3,4–4, ini didasari lingkungan hidup dari starter yang dapat tumbuh dan melakukan metabolisme pada pH tersebut (Prihandana, dkk, 2007).

c) Konsentrasi ragi

Konsentrasi ragi yang diberikan pada larutan yang akan difermentasikan optimalnya adalah 2–4% dari volume larutan (Dyah, 2011). Jika konsentrasi ragi yang diberikan kurang dari kadar optimal yang disarankan akan menurunkan kecepatan fermentasi karena sedikitnya massa yang akan menguraikan glukosa menjadi etanol, sedangkan maka akan dibutuhkan substrat yang lebih banyak karena substrat yang ada tidak cukup, karena itu menurunkan kecepatan fermentasi.

d) Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi yang biasa dilakukan 48 jam. Jika waktunya terlalu cepat maka *Saccaromyces cerevisiae* masih dalam masa pertumbuhan sehingga alkohol yang dihasilkan dalam jumlah sedikit dan jika terlalu lama, *Saccaromyces cerevisiae* akan mati maka alkohol yang dihasilkan tidak maksimal (Prescott and Dunn, 1959).

e) Penambahan Nutrisi

Ragi memerlukan penambahan nutrisi untuk pertumbuhan dan pembiakan ragi selama proses fermentasi berlangsung, misalnya:

- Unsur C : ada pada karbohidrat.
- Unsur N : dengan penambahan pupuk yang mengandung nitrogen, ZA dan urea.
- Unsur P : penambahan pupuk fosfat dari NPK, TSP, DSP dan lain-lain (Bahri, S., dkk, 2018).

4) Distilasi

Distilasi adalah metode pemisahan yang umum digunakan dalam industri kimia dan biokimia. Distilasi adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan titik didih. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Titik didih etanol murni berada pada suhu sekitar 78°C hingga 78,3°C sedangkan titik didih air berada pada suhu 100°C pada tekanan atmosfer panas. Dalam distilasi campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Konsentrasi bioetanol yang diperoleh dari hasil fermentasi masih sangat rendah (8-10%), maka bioetanol tersebut harus didistilasi untuk memperoleh kadar bioetanol yang diinginkan sesuai standar (Forn off, L. L. 1981).

Bioetanol merupakan etanol atau etil-alkohol (C_2H_5OH) yang bahan utamanya dari tumbuhan dengan menggunakan proses fermentasi. Campuran hasil fermentasi yang mengandung etanol dan air, suhu distilasi biasanya mulai dari sekitar 78°C hingga 85°C. Bioetanol merupakan cairan bening yang tidak

berwarna, larut dalam air, eter, aseton dan semua pelarut organik, memiliki bau khas alkohol, serta terurai secara biologis (*biodegradable*) dan toksisitas rendah. Bioetanol yang terbakar menghasilkan karbondioksida dan air (Bahri.S, dkk, 2019).

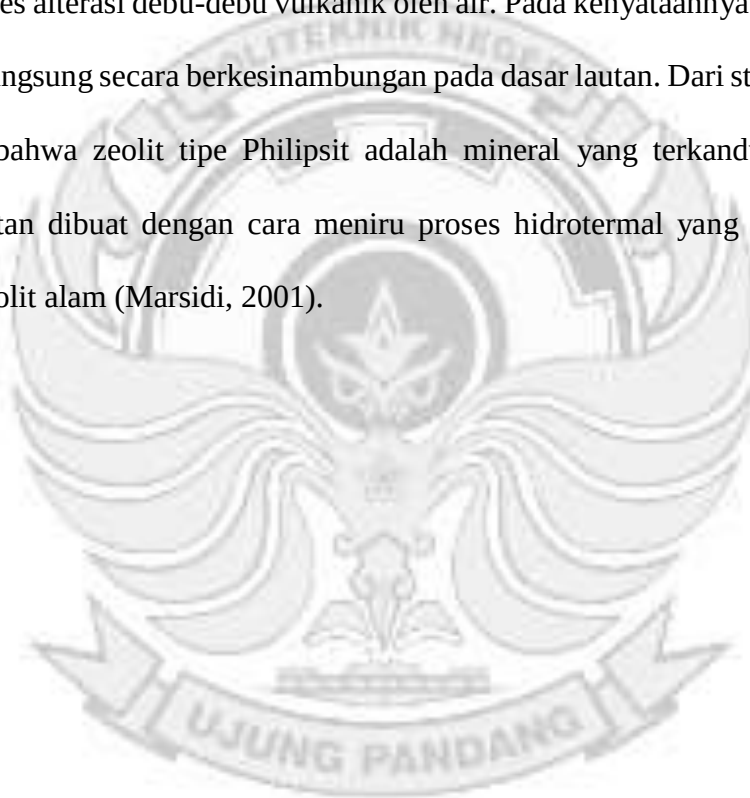
Penggunaan bioetanol yang disesuaikan dengan kualitas produknya yang dibedakan menjadi:

- Spiritus (88%) merupakan alkohol terdenaturasi.
- Industrial bioetanol (95%) untuk keperluan pelarutan dan bahan bakar (fuel).
- Fine bioetanol (96-97%) digunakan untuk pabrik farmasi dan kosmetik.
- Alkohol absolute (99,5% - 99,8%) tidak mengandung air sama sekali, digunakan untuk kepentingan farmasi dan bahan bakar kendaraan (Raven F.E dan Jonhson, 1986).

5) Dehidrasi

Dehidrasi adalah suatu proses peningkatan kadar etanol melalui penggunaan hidrat (zeolit) yang mempunyai kemampuan untuk menyerap air terkandung bioetanol dalam proses tertutup. Proses dehidrasi dengan menggunakan zeolit dapat membantu proses pemurnian bioetanol dengan menggunakan kadar etanol. Pada kasus dehidrasi bioetanol, luas permukaan dan volume pori berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi zeolit terhadap molekul-molekul air yang terkandung dalam campuran etanol-air (Lay et al.,2018).

Zeolit terbagi menjadi dua, pertama yaitu zeolit yang berasal dari alam (zeolit alam), kedua adalah zeolit buatan yaitu zeolit yang dibuat oleh manusia (zeolit sintesis). Zeolit alam ditemukan dalam bentuk sedimentasi yang terjadi akibat proses alterasi debu-debu vulkanik oleh air. Pada kenyataannya sedimentasi zeolit berlangsung secara berkesinambungan pada dasar lautan. Dari studi kelautan diketahui bahwa zeolit tipe Philipsit adalah mineral yang terkandung di alam. Zeolit buatan dibuat dengan cara meniru proses hidrotermal yang terjadi pada mineral zeolit alam (Marsidi, 2001).



BAB XI PENUTUP

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan pada Pabrik Bioetanol dari Molase diperoleh beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Kapasitas Rancangan Pabrik Bioetanol direncanakan 36.000 ton/tahun, dipertimbangkan dari peluang kapasitas, dengan rate produksi 4.545,4545 kg/jam.
2. Pabrik ini akan beroperasi di tahun 2025 dan berlokasi di Kawasan Industri Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia dengan berbagai pertimbangan seperti ketersediaan bahan baku, daerah pemasaran, pemenuhan sumber air, dan listrik.
3. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan tenaga kerja yang dibutuhkan 114 orang.
4. Analisis Ekonomi:
 - a. Modal Investasi Total : Rp293.017.518.542,18
 - b. Total Biaya Produksi : Rp906.261.325.205,45
 - c. Hasil Penjualan : Rp612.000.000.000 per tahun
 - d. Laba Bersih : Rp127.439.515.485,46
 - e. Profit Margin : 20,82%
 - f. Break Even Point : 51,46%

g. Return on Investment : 32,32%

h. Pay Out Time : 32,32 Tahun

i. Internal Rate of Return : 11,10%

Dari hasil analisa aspek ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik pembuatan Bioetanol dari Molase ini layak untuk didirikan.



DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi. 2022. Statistik Industri Perkebunan dan Pengolahan Molase Sulawesi 2022.

Badan Pusat Statistik. (2025). Data Impor dan Ekspor Etanol di Indonesia. Diakses dari <https://www.bps.go.id/id> [11 Januari 2025 Pukul 15.32]

Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (diedit oleh R. K. Sinnott). (2005). Chemical Engineering: Volume 6 - Chemical Engineering Design (4th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

Crueger, W., & Crueger, A. (1990). Biotechnology: A Textbook. Wiley.

Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian RI. 2022. Laporan Statistik Perkebunan Gula dan Molase di Sulawesi.

Erliza, R. (2008). Utilization of bioethanol as an alternative fuel in Indonesia. *Journal of Renewable Energy*, 15(3), 45-50.

Harahap, M. (2003). Karakteristik Molase dan Pemanfaatannya dalam Produksi Etanol.

Juwita, R. 2012. Studi Produksi Alkohol Dari Tetes Tebu (*Saccharum officinarum L*) Selama Proses Fermentasi. Skripsi. Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin Makassar.

Neelakandan. T. dan Usharani G. 2009. *Optimization and Production of Bioethanol From Cashew Apple Juice Using Immobilized yeast cells by*

Saccharomyces Cerevisiae. American-Eurasian Journal of Scientific Research
4. 85-88.

Olbrich, H. 1973. *Molasses*. In: *Principles of Sugar Technology*, Vol. III. Elsevier Publisher Benjamin-Cummings Publishing Company. Subs of Addison Wesley Longman Inc. ISBN 9780805345827.

Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (Eds.). (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). New York, NY: McGraw-Hill

Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (Eds.). (2018). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (9th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

Prescott, S. G dan Dunn, C. G. 1959. *Industrial Microbiology*. McGraw-Hill Book Company. New York.

Sudiyani, Y., Styarini, D., & Triwahyuni, E., Sudiarmanto, Sembiring, K.C., Aristiawan, Y., Min, H.H. (2013). Utilizon Of Biomass Waste Empty Fruit Bunch Fiber Of Palm Oil For Bioethanol Production Using Pilot-Scale Unit. *Physics Procedia*, 32, 31-38.

Sumber: Yeni Yulia, 2017, *Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Molase Berkapasitas 30.000 Ton/Tahun*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung.

Wardani, D., & Pertiwi, S. (2013). *Yield Teoritis Bioetanol dari Glukosa*. Diakses dari <https://media.neliti.com/media/publications/70038-ID-none.pdf> [12 Desember 2024 Pukul 22.33]

