

TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI TETES TEBU
DENGAN KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN



Disusun Oleh :

Gintra Ari W.	(210606002)
Nugro Asmoro	(210606005)
Mochammad Renaldi A.	(210606014)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK

2025

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 24.000 Ton/Tahun” yang terselesaikan tepat pada waktunya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan hati yang tulus dan ikhlas penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Keluarga yang telah memberikan dukungan baik secara materi dan juga moral.
2. Ibu Mega Mustikaningrum, S.T., M.Eng., selaku Ketua Progam Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Gresik.
3. Bapak Benny Arif Pambudiarto, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, penengah, motivasi, nasihat, doa, dan semangat dengan baik hingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Gresik yang telah memberikan ilmu, bantuan, saran, dan motivasi.
5. Teman – teman seperjuangan penulis yang telah memberi saran, nasihat, dan semangat hingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan menambah ilmu dibidang pengetahuan.

Gresik, 28 mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	x
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xx
ABSTRAK.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	2
1.3 Kapasitas Rancangan.....	5
1.3.1 Kebutuhan produk di indonesia	5
1.3.2 Produksi Etanol di Indonesia	7
1.3.3 Produksi Bioetanol di Indonesia.....	8
1.4 Lokasi Pabrik.....	9
1.5 Tinjauan Pustaka.....	11
1.5.1 Pemilihan Proses.....	11
1.5.2 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika.....	18
BAB II URAIAN PROSES.....	22
BAB III PERANCANGAN PRODUK.....	25
3.1 Spesifikasi Produk.....	25
3.1.1 Etanol.....	25
3.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	26
3.2.1 Molase.....	26
3.2.2 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	26
3.2.3 Ammonium sulfat	27
3.2.4 Asam sulfat	27
3.2.5 Natrium hidroksida	28
3.2.6 Asam asetat	28

3.2.7 Natrium asetat	29
3.2.8 Nitrogen	29
BAB IV DIAGRAM ALIR KUALITATIF DAN KUANTITATIF	30
4.1 Diagram Alir Kualitatif	30
4.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	31
BAB V NERACA MASSA.....	32
5.1 Rotary Drum Vacuum Filter-1 (F-01).....	32
5.2 Reaktor Hidrolisis (R-01).....	33
5.3 Netralizer (N-01)	34
5.4 Mixer (M-01).....	35
5.5 Reaktor Fermentasi (R-02).....	36
5.6 Rotary Drum Vacuum Filter-2 (F-02).....	38
5.7 Evaporator (E-01).....	39
5.8 Adsorber (A-01)	40
5.9 Neraca Massa Total	41
BAB VI NERACA ENERGI	42
6.1 Heat Exchanger-1 (HE-01).....	42
6.2 Reaktor Hidrolisis (R-01).....	43
6.3 Netralizer (N-01)	44
6.4 Mixer (M-01).....	45
6.5 Cooler-1 (CL-01).....	46
6.6 Reaktor Fermentasi (R-02).....	47
6.7 Evaporator (E-01).....	49
6.8 Cooler-2 (CL-02).....	50
6.9 Cooler-3 (CL-03).....	51
6.10 Neraca Panas Total	52
BAB VII SPESIFIKASI ALAT	54
7.1 Tangki Penyimpanan Molase.....	54
7.2 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat.....	55
7.3 Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida	56
7.4 Tangki Penyimpanan Air	57
7.5 Tangki Penyimpanan Bioetanol.....	58

7.6 Tangki Intermediat – 01	59
7.7 Tangki Intermediat - 02	61
7.8 Tangki Intermediat – 03.....	62
7.9 Tangki Intermediat – 04.....	63
7.10 Silo <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	65
7.11 Silo Ammonium Sulfat	65
7.12 Netralizer	66
7.13 Mixer	68
7.14 Rotary Drum Vacuum Filter – 01	70
7.15 Rotary Drum Vacuum Filter – 02	71
7.16 Screw Conveyor - 01	72
7.17 Screw Conveyor - 02.....	73
7.18 Bucket Elevator	73
7.19 Reaktor Hidrolisis.....	74
7.20 Reaktor Fermentasi.....	76
7.21 Evaporator	78
7.22 Adsorber	80
7.23 Heat Exchanger – 01	81
7.24 Cooler – 01	82
7.25 Cooler – 02.....	84
7.26 Cooler – 03.....	85
7.27 Expansion Valve - 01.....	86
7.28 Expansion Valve - 02.....	87
7.29 Pompa - 01.....	87
7.30 Pompa - 02.....	88
7.31 Pompa - 03.....	88
7.32 Pompa - 04.....	89
7.33 Pompa - 05.....	90
7.34 Pompa - 06.....	90
7.35 Pompa - 07.....	91
7.36 Pompa - 08.....	91
7.37 Pompa - 09.....	92

7.38 Pompa - 10.....	93
7.39 Pompa - 11.....	94
BAB VIII UTILITAS	95
8.1 Unit Penyedia dan Pengolahan air.....	95
8.1.1 Kebutuhan air.....	95
8.1.2 Sumber air.....	98
8.1.3 Spesifikasi Alat Utilitas	100
8.2 Unit Pembangkit Steam.....	123
8.3 Kebutuhan Udara Instrumen.....	124
8.4 Kebutuhan Listrik.....	125
8.5 Pengolahan Limbah.....	126
BAB IX TATA LETAK PABRIK.....	133
9.1 Tata Letak Pabrik.....	133
9.2 Tata Letak peralatan proses	134
BAB X PERTIMBANGAN ASPEK KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA, DAN LINGKUNGAN	138
10.1 Pertimbangan Aspek Safety Pabrik	140
10.2 Pertimbangan Aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja di utilitas maupun proses.....	147
10.3 Pertimbangan Aspek Lingkungan Pabrik	150
BAB XI ORGANISASI PERUSAHAAN	154
11.1 Diagram Organisasi	154
11.2 Perincian Tugas, Jumlah, dan Kualifikasi Karyawan	155
11.3 Struktur Penggajian Karyawan.....	160
11.4 Pembagian Jam Kerja karyawan.....	160
BAB XII EVALUASI EKONOMI.....	163
12.1 Dasar Perhitungan	164
12.2 Perkiraan Harga Alat	164
12.3 Modal Tetap.....	167
12.4 Modal Kerja.....	177
12.5 Biaya Total Produksi	179
12.6 Analisa Kelayakan.....	187
BAB XIII KESIMPULAN.....	193

DAFTAR PUSTAKA	194
LAMPIRAN A PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT.....	195
LAMPIRAN B PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM	242



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Industri Produsen Molase	3
Tabel 1. 2 Data Industri Produsen Bahan Pendukung.....	4
Tabel 1. 3 Data ekspor dan impor etanol di Indonesia	5
Tabel 1. 4 Data produksi etanol di Indonesia	7
Tabel 1. 5 Daftar Produsen Bioetanol di Indonesia.....	8
Tabel 1. 6 Keuntungan dan Kerugian Proses Hidrolisis	16
Tabel 1. 7 Keuntungan dan Kerugian 4 Mode Integrasi Hidrolisis dan Fermentasi	17
Tabel 1. 8 Nilai ΔG_f , saat 298 K tiap Komponen	19
Tabel 1. 9 Nilai ΔG_f , saat 298 K tiap Komponen	20
Tabel 1. 10 Nilai ΔG_f , saat 298 K tiap Komponen	21
Tabel 5. 1 Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter 1	32
Tabel 5. 2 Neraca Massa Reaktor Hidrolisa	33
Tabel 5. 3 Neraca Massa Netralizer	34
Tabel 5. 4 Neraca Massa Mixer.....	35
Tabel 5. 5 Neraca Massa Reaktor Fermentasi	37
Tabel 5. 6 Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter 2	38
Tabel 5. 7 Neraca Massa Evaporator.....	39
Tabel 5. 8 Neraca Massa Adsorber.....	40
Tabel 5. 9 Neraca Massa Total	41
Tabel 6. 1 Neraca Energi Heat Exchanger (HE-01)	42
Tabel 6. 2 Data Entalpi Pembentukan Komponen	43
Tabel 6. 3 Neraca Energi Reaktor Hidrolisis (R-01).....	43
Tabel 6. 4 Data Entalpi Pembentukan Komponen	44
Tabel 6. 5 Neraca Energi Netralizer (N-01)	44
Tabel 6. 6 Neraca Energi Mixer (M-01).....	45
Tabel 6. 7 Neraca Energi Cooler-1 (C-01)	46
Tabel 6. 8 Entalpi Pembentukan Komponen.....	47
Tabel 6. 9 Entalpi Pembentukan Komponen.....	47

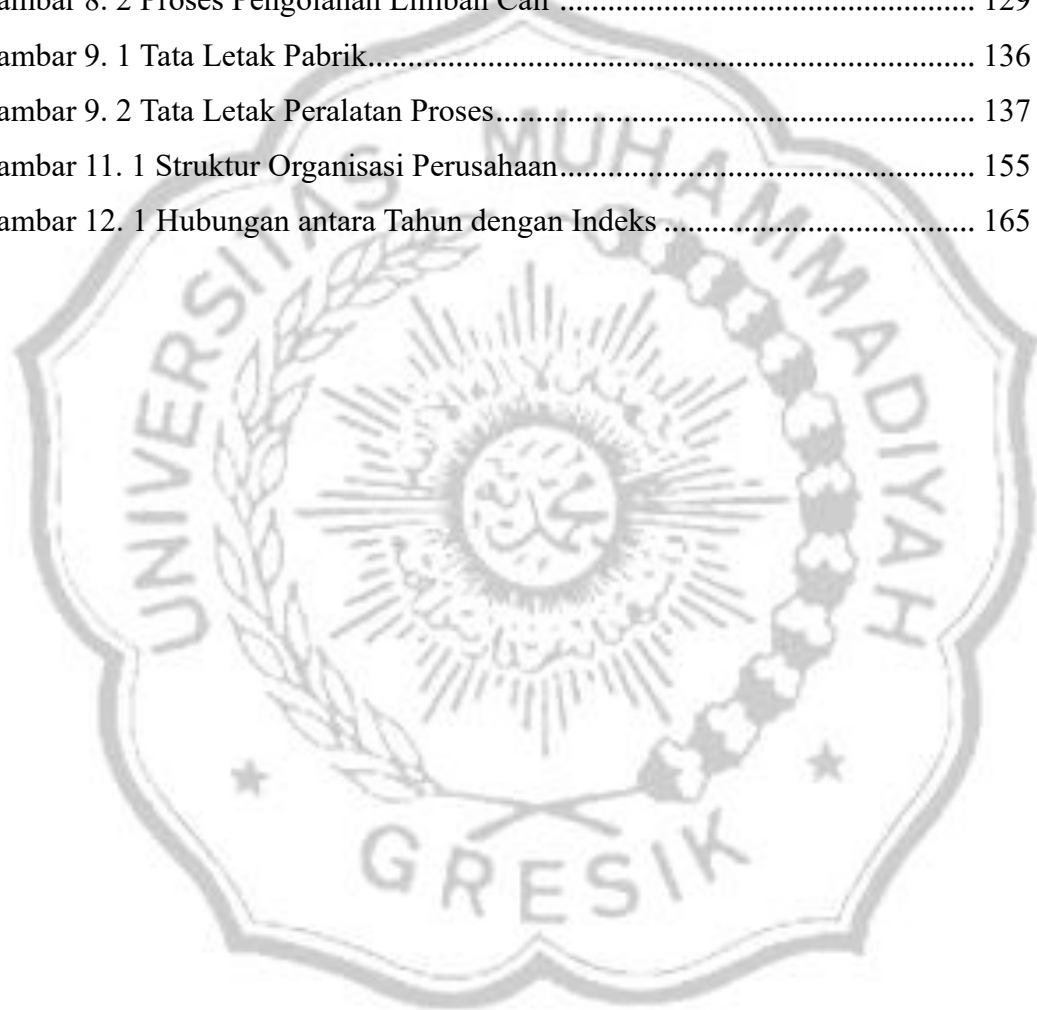
Tabel 6. 10 Neraca Energi Reaktor Fermentasi.....	48
Tabel 6. 11 Neraca Energi Evaporator (E-01)	49
Tabel 6. 12 Neraca Energi Cooler-2 (C-02)	50
Tabel 6. 13 Neraca Energi Cooler-3 (C-03)	51
Tabel 6. 14 Neraca Energi Total.....	52
Tabel 8. 1 Kebutuhan Air Sanitasi.....	95
Tabel 8. 2 Kebutuhan Air Pendingin	96
Tabel 8. 3 Kebutuhan Air untuk Pembangkit Steam	97
Tabel 8. 4 Batasan Air Umpan Boiler	123
Tabel 8. 5 Standar Baku Mutu Air Limbah Provinsi Lampung	127
Tabel 8. 6 Standar Baku Mutu Air Limbah Berdasarkan permenkes RI No.2 Tahun 2023	128
Tabel 8. 7 Standar Baku Mutu Limbah Pencemaran Udara.....	132
Tabel 11. 1 Tabel Gaji Karyawan	160
Tabel 11. 2 Daftar Pembagian Shift untuk Karyawan.....	162
Tabel 11. 3 Daftar Pembagian Shift untuk Security	162
Tabel 12. 1 Data CEP Index	164
Tabel 12. 2 Harga Peralatan Proses	166
Tabel 12. 3 Total PEC	169
Tabel 12. 4 Purchased Equipment Cost.....	169
Tabel 12. 5 Piping Cost	170
Tabel 12. 6 Instrumentation Cost	171
Tabel 12. 7 Biaya Electrical Cost.....	171
Tabel 12. 8 Harga Peralatan Utilitas.....	172
Tabel 12. 9 Insulation Cost.....	175
Tabel 12. 10 Physycal Plant Cost (PPC)	175
Tabel 12. 11 Fixed Capital Investment (FCI).....	176
Tabel 12. 12 Raw Material Inventory	177
Tabel 12. 13 Total Working Capital Investment.....	179
Tabel 12. 14 Total Capital Investment	179
Tabel 12. 15 Raw Material Cost.....	180

Tabel 12. 16 Gaji Labor	181
Tabel 12. 17 Direct Manufacturing Cost.....	182
Tabel 12. 18 Indirect Manufacturing Cost	183
Tabel 12. 19 Fixed Manufacturing Cost.....	184
Tabel 12. 20 Total Manufacturing Cost.....	185
Tabel 12. 21 Management Salaries	185
Tabel 12. 22 Total Administration Cost	186
Tabel 12. 23 General Expense.....	187
Tabel 12. 24 Production Cost	187
Tabel 12. 25 Total Penjualan	187
Tabel 12. 26 Fixed Cost	190
Tabel 12. 27 Variabel Cost	190
Tabel 12. 28 Regulated Cost	190



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Ekspor Etanol di Indonesia.....	6
Gambar 1. 2 Data Impor Etanol di Indonesia	6
Gambar 1. 3 Data produksi etanol di Indonesia.....	7
Gambar 1. 4 Rencana Pembangunan pabrik Bioetanol 2030.....	9
Gambar 8. 1 Proses Pengolahan Air Utilitas.....	99
Gambar 8. 2 Proses Pengolahan Limbah Cair	129
Gambar 9. 1 Tata Letak Pabrik.....	136
Gambar 9. 2 Tata Letak Peralatan Proses.....	137
Gambar 11. 1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	155
Gambar 12. 1 Hubungan antara Tahun dengan Indeks	165



ABSTRAK

Etanol mempunyai rumus molekul C_2H_6O mempunyai nama IUPAC. Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia yang berasal dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme, karena pembuatannya melibatkan proses biologis. Pabrik dengan kapasitas produksi sebesar 24.000 ton/tahun akan didirikan di Kabupaten Lampung Tengah Provinsi Lampung, pada tahun 2030 dengan pertimbangan kemudahan akses bahan baku dan distribusi produk. Proses produksi dari Bioetanol terdiri berbagai proses utama yaitu proses hidrolisis dengan katalis asam, proses ini bertujuan untuk memecah sukrosa menjadi gula sederhana, kemudian proses fermentasi untuk merubah gula sederhana menjadi etanol, kemudian proses pemekatan produk. Pabrik Bioetanol beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produksi 24.000 ton/tahun. Bahan baku berupa molase yang dibutuhkan sebesar 46.638,50 kg/jam dengan bahan baku pendukung berupa Asam Sulfat, Natrium Hidroksida, *Saccharomyces Cerevisiae*. Kebutuhan utilitas berupa air sanitasi, air pendingin, air umpan boiler, air *Hydrant* dan air proses masing-masing diambil dari sungai yang ada disekitar pabrik. Limbah yang dihasilkan dari industri ini yaitu limbah cair, padat dan gas. Limbah cair, air buangan sanitasi, peralatan proses, utilitas, dan campuran air dan pengotor yang dihasilkan dari proses pemurnian. Limbah gas berupa hasil pembakaran batu bara pada unit boiler dan CO_2 dari proses fermentasi. Limbah padat berupa sludge dari bak sedimentasi pada unit pengolahan air. Analisis kelayakan menunjukkan ROI before tax 31,89 % ROI after tax 23,92 %, POT before tax 2,38 tahun, POT after tax 2,94 tahun, BEP 40,69 %, SDP 22,09 %, dan DCFRR 15,28 %. Berdasarkan evaluasi ini, pabrik dinilai menarik dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : Bioetanol, Hidrolisis, Fermentasi, Pengolahan Limbah, Analisis Kelayakan.

ABSTRACT

*Ethanol has the molecular formula C_2H_6O and an IUPAC name. Bioethanol (C_2H_5OH) is a biochemical liquid derived from the fermentation of sugars from carbohydrate sources using microorganisms, as its production involves biological processes. A plant with a production capacity of 24.000 tons/year will be established in Central Lampung Regency, Lampung Province, in 2030, considering ease of access to raw materials and product distribution. The bioethanol production process consists of several main steps, namely hydrolysis using an acid catalyst — this method aims to break down sucrose into simple sugars — followed by fermentation to convert the simple sugars into ethanol, and then product concentration. The bioethanol plant will operate for 330 days/year with a production capacity of 24.000 tons/year. The required raw material is molasses, amounting to 46.638,50 kg/hour, along with supporting raw materials such as sulfuric acid, sodium hydroxide, and *Saccharomyces cerevisiae*. Utility needs, including sanitary water, cooling water, boiler feed water, hydrant water, and process water, will be sourced from rivers around the plant. The waste produced by this industry includes liquid, solid, and gaseous waste. Liquid waste consists of wastewater from sanitation, process equipment, utilities, and a mixture of water and impurities from the purification process. Gaseous waste is generated from coal combustion in the boiler unit and includes CO_2 emissions from fermentation process. Solid waste includes sludge from the sedimentation basin in the water treatment unit. A feasibility analysis shows a return on investment (ROI) before tax of 31,89 %, ROI after tax of 23,92 %, payback period (POT) before tax of 2,38 years, POT after tax of 2,94 years, break-even point (BEP) of 40,69 %, shutdown point (SDP) of 22,09 %, and discounted cash flow rate of return (DCFRR) of 1528 %. Based on this evaluation, the plant is considered attractive and feasible for further study.*

Keywords: *Bioethanol, Hydrolysis, Fermentation, Waste Treatment, Feasibility Analysis*