

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK BODIESEL DARI *PALM FATTY ACID
DISTILLATE* (PFAD) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI
MENGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 100.000
TON/TAHUN**

***PRE-DESIGN OF BODIESEL PLANT FROM PFAD BY ESTERIFICATION
PROCESS USING SULFURIC ACID CATALYST WITH 100.000 TONS/YEAR
CAPACITY***



DISUSUN OLEH:

NAJMA NUR ALIFA	2210814320012
RISMA DIANI	2210814220036

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. RIANI AYU LESTARI, S.T., M.Eng.

NIP. 198604292023212031

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2026

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM FATTY ACID*
***DISTILLATE* (PFAD) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI**
MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS
100.000 TON/TAHUN

Oleh:

NAJMA NUR ALIFA

2210814320012

RISMA DIANI

2210814220036

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 2 Juli 2026 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :

Penguji 1 : Awali Sir Kautsar Harivram, S.T., M.T.

NIP. 198910302020121006

Penguji 2 : Prof. Ir. Chairul Irawan, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197504042000031002

Pembimbing : Dr. Riani Ayu Lestari, S.T., M. Eng.

NIP. 198604292023212031

27/26
108
37/7
Reni

Banjarbaru, 27 Juli 2026

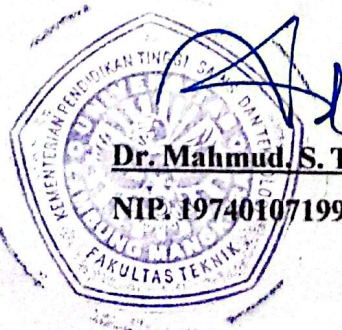
Diketahui dan disahkan oleh

Wakil Dekan Bidang Akademik

Koordinator Program Studi

Fakultas Teknik ULM,

S-1 Teknik Kimia,



Dr. Mahmud, S. T., M. T.

NIP. 197401071998021001



Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph. D., IPM

NIP. 198005292005012003

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarbaru, 31 Juli 2026

Mahasiswa 1



Najma Nur Alifa
NIM. 2210814320012

Mahasiswa 2



Risma Diani
NIM. 2210814220036

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT karena atas rahmat-Nya maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul Prarancangan Pabrik Biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) dengan Proses Esterifikasi Menggunakan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 100.000 Ton/Tahun. Tugas ini disusun dalam rangka memenuhi mata kuliah tugas akhir dan sebagai persyaratan memperoleh gelar sarjana pada Jurusan S-1 Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat:

Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Riani Ayu Lestari, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan waktu bimbingan secara rutin, saran dan bantuan demi kemajuan progress kami.
2. Bapak Awali Sir Kautsar Harivram, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Chairul Irawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji sidang akhir yang telah memberikan pengetahuan, saran, kritik, dan masukan untuk hasil yang terbaik untuk tugas akhir ini.
3. Ibu Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan S-1 Teknik Kimia.
4. Seluruh dosen dan staf Jurusan S-1 Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini dan senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat bagi kami.
5. Orang tua dan saudara kami yang telah memberikan segala dukungan moral, dan moril serta doa yang tiada henti kepada kami.
6. Teman-teman angkatan 2022 yang telah kebersamai dan senantiasa berbagi informasi selama perkuliahan.
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terima kasih untuk semua masukan, bantuan, dan kerjasamanya.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan, menyadari adanya kekurangan pada tugas akhir ini maka kami mengharapkan saran dan kritik

yang membangun demi memperoleh hasil yang maksimal dan dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Banjarbaru, Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR ISTILAH	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	3
1.2.1 Biodiesel.....	3
1.2.2 PFAD	4
1.2.3 Metanol	5
1.2.4 Asam Sulfat sebagai Katalis.....	6
1.2.5 Reaksi Esterifikasi.....	7
1.2.6 Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).....	7
1.3 Penentuan Kapasitas Perancangan	8
1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku	8
1.3.2 Kebutuhan dan Aspek Pasar.....	10
1.4 Spesifikasi Bahan	22
1.4.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	22
1.4.2 Spesifikasi Bahan Penunjang	22
1.4.3 Spesifikasi Produk Utama	26
BAB II URAIAN PROSES.....	28
2.1 Seleksi Proses.....	28
2.1.1 Esterifikasi PFAD dan Metanol dengan Katalis H_2SO_4	28
2.1.2 Esterifikasi PFAD dan Metanol dengan Katalis Zirkonia Tersulfatasi 29	
2.1.3 Esterifikasi PFAD dan Metanol dengan Katalis Zirkonia berbasis BFA (<i>Bagasse Fly Ash</i>)	29
2.2 Uraian Proses	33
2.2.1 Persiapan Bahan Baku.....	33
2.2.3 Tahap Reaksi	34

2.2.4	Pemurnian Produk Biodiesel.....	34
2.3	Tinjauan Termodinamika	35
2.3.1	Entalpi Pembentukan Standar (ΔH_f°) dan Energi Bebas Gibbs (ΔG_f°) 35	
2.3.2	Harga Kesetimbangan Kimia	39
2.4	Tinjauan Kinetika	41
2.5	Diagram Alir Kualitatif	43
2.6	Diagram Alir Kuantitatif	44
2.7	<i>Process Flow Diagram</i>	45
BAB III		46
NERACA MASSA.....		46
BAB IV		54
BAB V.....		67
SPESIFIKASI ALAT PROSES		67
BAB VI		107
6.1	Instrumentasi	107
6.2	Instrumentasi pada Prarancangan Pabrik Biodiesel	112
BAB VII.....		120
7.1	Latar Belakang	120
7.2	Identifikasi Hazard Bahan.....	122
7.3	Identifikasi Potensi Paparan Bahan.....	129
7.3.1	Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia.....	129
7.3.2	Identifikasi Potensi Paparan Fisis	131
7.4	Identifikasi Potensi Paparan Bahan.....	134
7.4.1	Identifikasi Hazard Limbah Gas dalam Proses	134
7.4.2	Identifikasi Hazard Limbah Cair dalam Proses	136
7.4.3	Identifikasi Hazard Limbah Padat dalam Proses	139
7.5	Identifikasi Hazard Peralatan Proses.....	142
7.5.1	Identifikasi Hazard Kondisi Peralatan Proses	142
7.5.2	Identifikasi Hazard Kondisi Peralatan Pengolahan Air.....	148
7.5.3	Identifikasi <i>Hazard Plant Layout</i> dan Lokasi Pabrik.....	155
7.6.1	Deskripsi	175
7.6.2	Potensi Bahaya dalam Sistem	176
7.6.3	Estimasi <i>Consequences</i>	182

7.7	Rekomendasi Mitigasi.....	191
7.8	Kesimpulan	203
BAB VIII.....		204
8.2	Tata Letak Bangunan dan Alat Proses.....	209
8.2.1	Layout Pabrik	210
8.2.2	Tata Letak Alat Proses.....	213
BAB IX		217
ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN		217
9.1	Bentuk perusahaan	217
9.2	Visi dan Misi Perusahaan	219
9.3	Manajemen Perusahaan.....	220
9.4	Struktur Organisasi Perusahaan	221
9.5	Uraian, Tugas, Wewenang, dan Tanggung Jawab	224
9.5.1	Pemegang Saham	224
9.5.2	Dewan Komisaris	224
9.5.3	Direksi Utama	225
9.5.4	Staf Ahli	226
9.5.6	Direktur	227
9.5.7	Sekretaris.....	227
9.5.8	Kepala Bagian	228
9.5.9	Kepala Seksi.....	230
9.5.10	Kepala Regu	231
9.6	Pembagian Jam Kerja Karyawan	232
9.7	Status Karyawan dan Sistem Upah	234
9.8	Penggolongan Jabatan, Jumlah, dan Gaji Karyawan	234
9.8.1	Penggolongan Jabatan Kerja.....	234
9.8.2	Gaji Karyawan	236
9.9	Fasilitas Tenaga Kerja	239
9.11	Jaminan Sosial Ketenagakerjaan.....	241
BAB X UTILITAS		244
10.1	Unit Pengolahan Air	244
10.1.2	Kebutuhan Air Pendingin.....	247
10.1.3	Air Pencuci.....	248
10.1.4	Air Sanitasi.....	249

10.1.5	Pengolahan Air	250
10.2	Spesifikasi Alat Unit Pengolahan Air.....	256
BAB XI		285
ANALISA EKONOMI		285
11.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	286
11.2	Penentuan Investasi Modal Total (TCI)	288
11.2.1	Investasi Modal Tetap (<i>Fixed Capital Investment</i>)	288
11.2.2	Plant Start Up	291
11.2.3	Penentuan Biaya Total Produksi (TPC)	291
11.2.4	Manufacturing Cost (MC).....	291
11.2.5	General Expense.....	293
11.2.6	Total Penjualan.....	294
11.2.6	Perkiraan Laba Usaha	294
11.3	Analisa Kelayakan	295
11.3.1	Percent Profit on Sales (POS)	295
11.3.2	Percent Return On Investment (ROI).....	295
11.3.3	Pay Out Time (POT)	295
11.3.4	Net Present Value (NPV)	296
11.3.5	Interest Rate of Return (IRR).....	296
11.3.6	Break Even Point (BEP).....	297
11.3.7	Shut Down Point (SDP)	297
BAB XII.....		300
KESIMPULAN		300
DAFTAR PUSTAKA		302

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Struktur Kimia Metanol.....	6
Gambar 1. 2 Struktur Kimia Asam Sulfat.....	7
Gambar 1. 3 Regresi Linear Produksi Biodiesel di Indonesia.....	14
Gambar 1. 4 Regresi Linear Konsumsi Biodiesel di Indonesia.....	16
Gambar 1. 5 Regresi Linear Ekspor Biodiesel di Indonesia.....	17
Gambar 2. 1 Reaksi Esterifikasi Konversi FFA menjadi FAME	28
Gambar 2. 2 Mekanisme Reaksi Esterifikasi dengan Bantuan Katalis H_2SO_4	29
Gambar 2. 3 Diagram Alir Kualitatif Prarancangan Pabrik Biodiesel dari <i>Palm Fatty Acid Distillate</i> (PFAD) dengan Proses Esterifikasi Kapasitas 100.000 Ton/Tahun.....	43
Gambar 7.1 Reaktor (R-310)	VII-177
Gambar 8.1 Masterplan KEK Sei Mangkei (sumber: kek.go.id)	VIII-206
Gambar 8.2 Peta Lokasi Rencana Pendirian Pabrik Biodiesel berbasis PFAD di Kabupaten Simalungun	VIII-208
Gambar 8.3 Tata Letak Pabrik	VIII-211
Gambar 8.4 Tata Letak Tank Farm	VIII-215
Gambar 8.5 Tata Letak Alat Proses	VIII-216
Gambar 9.1 Bagan Struktur Organisasi Perusahaan.....	IX-223
Gambar 10.1 Flow Diagram Process Unit Utilitas Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) dengan Proses Esterifikasi menggunakan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 100.000 Ton/Tahun	X-284
Gambar 11.1 Break Event Point dan Shut Down Point Pra-rancangan Pabrik Biodiesel dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun	XI-299

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Komposisi Asam Lemak dalam PFAD (Hui, 1996)	5
Tabel 1. 2 Sumber Penghasil Bahan Baku Utama di Indonesia	8
Tabel 1. 3 Sumber Penghasil Bahan Baku Pendukung di Indonesia	9
Tabel 1. 4 Pertumbuhan Produksi Biodiesel di Indonesia	10
Tabel 1. 5 Pertumbuhan Konsumsi Biodiesel di indonesia	11
Tabel 1. 6 Ekspor Biodiesel di Indonesia	12
Tabel 1. 7 Data Produksi Biodiesel di Indonesia (APROBI, 2025):	14
Tabel 1. 8 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia (APROBI, 2025)	15
Tabel 1. 9 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia (APROBI, 2025)	16
Tabel 1. 10 Pertumbuhan Ekspor di Indonesia	18
Tabel 1. 11 Hasil Perhitungan Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Indonesia Tahun 2030.....	19
Tabel 1. 12 Kapasitas Pabrik Biodiesel berbasis CPO dan Turunannya di Indonesia	20
Tabel 1. 13 Kapasitas Pabrik-Pabrik Biodiesel berbasis PFAD di Dunia.....	21
Tabel 2.1 Perbandingan Jenis-jenis Produksi Biodiesel dari PFAD	30
Tabel 2. 2 Komponen Asam Bebas Pembentuk PFAD.....	35
Tabel 2. 3 Nilai Gugus (Joback dan Reid, 1987).....	36
Tabel 2. 4 Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° Komponen pada Suhu 298,15K	37
Tabel 2. 5 Nilai (ΔH_f°) Komponen Reaksi Esterifikasi Pada Suhu Operasi 338,15K	38
Tabel 6.1 Instrumentasi pada Prarancangan Pabrik Biodiesel.....	VI-112
Tabel 7.1 Guide Word dan Deviasi komponen Node Reaktor.....	VII-177
Tabel 7.2 Guide Word dan Deviasi komponen Cooling jacket.....	VII-178
Tabel 7.3 Guide Word dan Deviasi komponen Agitator	VII-180
Tabel 7.4 Guide Word dan Deviasi komponen node TIC dan LIC.....	VII-180
Tabel 7.5 Guide Word dan Deviasi komponen node Input Reaktor	VII-181
Tabel 7.6 Guide Word dan Deviasi komponen node Output Reaktor	VII-182
Tabel 7.7 Estimasi Consequences node Reaktor	VII-182
Tabel 7.8 Estimasi Consequences node Cooling jacket	VII-183

Tabel 7.9 Estimasi Consequences node Agitator	VII-185
Tabel 7.10 Estimasi Consequences node LIC dan TIC	VII-185
Tabel 7.11 Estimasi Consequences node Input Reaktor.....	VII-187
Tabel 7.12 Estimasi Consequences node Output Reaktor.....	VII-187
Tabel 7.13 Penilaian Risk Matrix menurut ISO 45001	VII-188
Tabel 7.14 Analisis Risiko node Reaktor	VII-189
Tabel 7.15 Analisis Risiko node Cooling jacket	VII-189
Tabel 7.16 Analisis Risiko node Agitator.....	VII-190
Tabel 7. 17 Analisis Risiko node LIC dan TIC	VII-190
Tabel 7.18 Analisis Risiko node Input dan Output Reaktor.....	VII-190
Tabel 7.19 Rekomendasi Mitigasi Analisis HAZOP Reaktor CSTR	VII-191
Tabel 8.1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	VIII-211
Tabel 9.1 Jadwal Kerja Karyawan Shift	IX-233
Tabel 9. 2 Jadwal Kerja Karyawan Shift (Lanjutan)	IX-233
Tabel 9. 3 Penggolongan Jabatan Kerja.....	IX-234
Tabel 9. 4 Jumlah Karyawan dan Rincian Gaji Karyawan.....	IX-237

DAFTAR ISTILAH

FFA	: <i>Free Fatty Acid</i>
PFAD	: <i>Palm Fatty Acid Distillate</i>
FAME	: <i>Fatty Acid Methyl Ester</i>
PAO	: <i>Palm Acid Oil</i>
MeOH	: Metanol
TG	: Trigliserida
NaOH	: Natrium hidroksida
H ₃ PO ₄	: Asam fosfat
H ₂ SO ₄	: Asam sulfat
Na ₂ SO ₄	: Natrium sulfat
Na ₃ PO ₄	: Natrium fosfat
H ₂ O	: Air