

**PRA RANCANGAN PABRIK
FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA
CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN
TRANSESTERIFIKASI**



**Disusun Oleh :
TREYNA DARA LAURENTCYA
21031010207**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2026**

**PRA RANCANGAN PABRIK
FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA
CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN
TRANSESTERIFIKASI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia**



**Disusun Oleh :
TREYNA DARA LAURENTCYA
21031010207**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2026



**PRA RANCANGAN
FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI
MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI**

**LEMBAR PENGESAHAN
PRA RANCANGAN PABRIK
“FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA
CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN
TRANSESTERIFIKASI”**

Disusun Oleh:

TREYNA DARA LAURENTCYA

NPM. 21031010207

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Penguji

Pada tanggal : 23 Februari 2026

Dosen Penguji:

1.

Ir. Caecilia Pujiastuti, M.T.

NIP. 19630305 198803 2 001

2.

Ir. Nurul Widji Triana, M.T.

NIP. 19610301 198903 2 001

3.

Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19800410 200501 1 001

Dosen Pembimbing:

1.

Ir. Suprihatin, M.T.

NIP. 19630508 199203 2 001

2.

Atika Nandini, S.T., M.S.

NIP. 202 19931006 211

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik & Sains

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001



**PRA RANCANGAN
FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI
MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI**

LEMBAR PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK

**"FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA
CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN
TRANSESTERIFIKASI**

Disusun Oleh:

TREYNA DARA LAURENTCYA

NPM. 21031010207

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing sebagai persyaratan

Untuk mengikuti Ujian Lisan

Pada Tanggal : 19 Februari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Pra Rancangan Pabrik,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Suprihatin, M.T.)

NIP. 19630508 199203 2 001

Dosen Pembimbing II

(Atika Nandini, S.T., M.S.)

NIP. 202 19931006 211



KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Treyna Dara Laurentcya
NPM : 21031010207
Program Studi : Teknik Kimia / ~~Teknik Industri~~ / ~~Teknologi Pangan~~ /
~~Teknik Lingkungan~~ / ~~Teknik Sipil~~

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) PRA RENCANA (DESAIN) / ~~SKRIPSI~~ /
TUGAS AKHIR Ujian Lisan Periode Februari, TA. 2025/2026.

Dengan Judul : PABRIK FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA
CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN
TRANSESTERIFIKASI

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi :

1. Ir. Caecilia Pujiastuti, M.T.

2. Ir. Nurul Widji Triana, M.T

3. Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D.

Surabaya, 23 Februari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Suprihatin, M.T.)

NIP. 19630508 199203 2 001

Dosen Pembimbing II

(Atika Nandini, S.T., M.S.)

NIP. 202 19931006 211



**PRA RANCANGAN
FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI
MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Treyna Dara Laurentcya
NPM : 21031010207
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Disertasi/Tugas Akhir ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 23 Februari 2026

Yang Menyatakan,

Treyna Dara Laurentcya
NPM. 21031010207



PRA RANCANGAN FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, sehingga dapat diselesaikan Pra Rancangan Pabrik dengan judul **“Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Dari Mikroalga Chlorella Sp Dengan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi”**.

Dalam melaksanakan penyusunan Pra Rancangan Pabrik ini, tidak lepas dalam bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik & Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
3. Ir. Suprihatin, M.T. selaku dosen pembimbing 1 pra rancangan pabrik yang telah membimbing selama proses penyusunan pra rancangan pabrik.
4. Atika Nandini, S.T.,M.S. selaku dosen pembimbing 2 pra rancangan pabrik yang telah membimbing selama proses penyusunan pra rancangan pabrik
5. Kedua orang tua, adik serta keluarga penyusun, terima kasih sepenuh hati yang tak henti-hentinya memberikan dukungan tanpa syarat, tanpa pernah membebani dengan tuntutan atas hasil, melainkan hanya dengan ketulusan doa dan kepercayaan yang tak tergoyahkan
6. Sahabat semasa kuliah, terima kasih atas waktu dan kesabaran kalian menjadi pendengar yang baik. Bantuan dan dukungan tulus yang kalian berikan selama masa perkuliahan adalah energi terbesar bagi saya untuk terus melangkah.
7. Sahabat dari Mts yang menjadi saksi perjalanan saya hingga detik ini. Terima kasih telah menjadi bagian dari sekian banyak bab dalam hidup saya. Kalian adalah tempat saya menaruh lelah dan bercerita apa adanya tanpa takut dihakimi. Terima kasih atas dukungan dan bantuan tulus yang tak pernah putus hingga saat ini



PRA RANCANGAN FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI

8. Sahabat semasa SMA. Terima kasih karena selalu berusaha memahami saya dalam keadaan apa pun, bahkan di saat-saat tersulit sekalipun. Dukungan kalian yang tak terputus sampai sekarang sangatlah berarti. Terima kasih telah menyediakan telinga dan hati sebagai tempat saya berkeluh kesah tanpa henti hingga hari ini.
9. Rasa terima kasih yang tulus juga saya sampaikan kepada teman terkasih yang selalu memberikan dukungan, bantuan, serta nasihat-nasihat berharga selama ini. Kehadiran dan kepedulian kalian telah memberikan kekuatan tersendiri bagi saya untuk terus berproses hingga menyelesaikan studi ini
10. Teman-teman Paralel D Angkatan 2021 yang tidak bisa disebut satu-persatu, yang telah banyak membantu dan menemani penulis dalam setiap kondisi selama masa perkuliahan.

Akhir kata semoga Pra Rancangan Pabrik ini dapat memberi manfaat kepada semua pihak yang berkepentingan dan Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan kepada semua pihak yang telah memberi bantuan dalam penyusunan Pra Rancangan Pabrik ini.

Surabaya, 23 Februari 2026

Penyusun



**PRA RANCANGAN
FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI
MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI**

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
INTISARI.....	x
BAB I	I-1
PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	I-1
I.1.1 Kegunaan Produk	I-2
I.1.2 Prospek Ekonomi Kedepan	I-3
I.1.3 Penentuan Kapasitas Produksi	I-4
I.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	I-10
I.2.1 Spesifikasi Bahan Baku	I-10
I.2.2 Spesifikasi Bahan Baku Pembantu	I-11
I.2.3 Spesifikasi Produk	I-13
BAB II.....	II-1
URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES	II-1
II.1 Macam macam proses.....	II-1
II.1.1 Mikroemulsi	II-1
II.1.2 Pyrolysis.....	II-1
II.1.3 Esterifikasi dan Transesterifikasi	II-2
II.2 Pemilihan Proses.....	II-3
II.3 Uraian Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi	II-5
II.3.1 Kondisi Operasi.....	II-5
II.3.2 Tahap Persiapan Bahan Baku.....	II-5
II.3.3 Tahap Pembentukan Produk	II-5
II.3.4 Tahap Pemisahan Produk.....	II-6
BAB III.....	III-1
NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV	IV-1



PRA RANCANGAN FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI

NERACA PANAS.....	IV-1
BAB V.....	V-1
SPESIFIKASI ALAT.....	V-1
BAB VI.....	VI-1
INSTRUMEN DAN KESELAMATAN KERJA.....	VI-1
VI.1 Instrumentasi.....	VI-1
VI.1.1 Pemilihan Instrumentasi.....	VI-1
VI.1.2 Macam - Macam Instrumentasi.....	VI-2
VI.1.3 Pengendalian Proses.....	VI-4
VI.2 Keselamatan Kerja.....	VI-4
VI.2.1 Keselamatan Kebakaran dan Ledakan.....	VI-5
VI.2.2 Bahaya Karena Mekanik.....	VI-6
VI.2.3 Bahaya Karena Bahan Kimia.....	VI-9
VI.3 Peningkatan Keselamatan Kerja.....	VI-9
VI.4 Alat Pelindung Diri.....	VI-10
VI.5 Kesehatan Kerja.....	VI-11
BAB VII.....	VII-1
UTILITAS.....	VII-1
VII.1 Unit Penyediaan Steam.....	VII-1
VII.2 Unit Pengolahan Air.....	VII-4
VII.2.1 Air Sanitasi.....	VII-4
VII.2.2 Air Umpan Boiler.....	VII-6
VII.2.3 Air Pendingin.....	VII-6
VII.2.4 Air Proses.....	VII-11
VII.2.5 Perhitungan Perlatan Pengelolaan Air	VII-11
VII.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	VII-108
VII.4 Unit Bahan Bakar.....	VII-112
BAB VIII.....	VIII-1



PRA RANCANGAN FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	VIII-1
VIII.1 Lokasi Pendirian Pabrik.....	VIII-1
VIII.2 Tata Letak Pabrik.....	VIII-7
VIII.3 Tata Letak Peralatan Pabrik.....	VIII-13
BAB IX.....	IX-1
STRUKTUR ORGANISASI.....	IX-1
IX.1 Umum.....	IX-1
IX.2 Bentuk Perusahaan.....	IX-1
IX.3 Struktur Organisasi.....	IX-1
IX.4 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab.....	IX-2
IX.5 Jam Kerja.....	IX-11
IX.6 Kesejahteraan Sosial.....	IX-12
IX.7 Struktur Karyawan dan Sistem Upah.....	IX-13
IX.8 Sistem Upah Pada Karyawan.....	IX-14
BAB X.....	X-1
ANALISA EKONOMI.....	X-1
X.1 Modal (<i>Total Capital Investment</i>).....	X-1
X.2 Perhitungan Modal (<i>Total Capital Investment</i>).....	X-4
X.2.1 Modal Tetap (<i>Fixed Capital Investmeni</i>).....	X-4
X.2.2 Depresiasi.....	X-4
X.2.3 Total Production Cost.....	X-5
X.3 Analisa Ekonomi.....	X-7
X.3.1 Laju Pengembalian Modal (<i>Rate of Investment</i>).....	X-8
X.3.2 Laju Pengembalian Modal (<i>Internal Rate of Return</i>).....	X-9
X.3.3 Lama Pengembalian Modal (<i>Pay Back Period</i>).....	X-10
X.3.4 Titik Impas (<i>Break Event Point</i>).....	X-10
BAB XI.....	XI-1
DISKUSI DAN KESIMPULAN.....	XI-1



**PRA RANCANGAN
FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI
MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI**

XI.1 Diskusi.....	XI-1
XI.2 Kesimpulan.....	XI-2
DAFTAR PUSTAKA.....	DP-1



PRA RANCANGAN FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI

INTISARI

FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau yang biasa dikenal sebagai biodiesel merupakan bahan bakar pengganti bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar biodiesel digalakkan oleh pemerintah Indonesia sebagai salah satu gerakan energi terbarukan. Pendirian pabrik FAME berbahan Mikroalga *Chlorella Sp* dirancang memiliki kapasitas produksi 60.000 ton/tahun. Pembangunan ini diharapkan dapat membantu memenuhi kebutuhan FAME untuk industri dalam negeri maupun luar negeri.

Bahan baku mikroalga ditampung dalam tangki penampung mikroalga dialirkan ke Ekstraksi dengan bantuan N-Hexane dengan kadar kemurnian 95% untuk mendapatkan minyak dari mikroalga untuk dialirkan ke proses selanjutnya yaitu Oil Press, pada tahap ini keluaran dari ekstraksi merupakan slutch mikroalga yang mengandung N-Hexane yang akan di press untuk memisahkan minyak dari padatan mikroalga. Minyak dari mikroalga akan dialirkan ke proses pemisahan antara minyak dan N-Hexane menggunakan Flash Drum dengan suhu 100°C masuk kedalam Cooler. Cooler berfungsi untuk menurunkan suhu menjadi 60°C sebelum masuk kedalam ke reactor esterifikasi.

Reaksi esterifikasi akan menghasilkan biodiesel dengan air. Dari komposisi Minyak dan methanol dialirkan kedalam reactor alir tangka berpengaduk (RATB) dengan rasio molar 1:40 antara asam oleat dan methanol dengan bantuan katalis H_2SO_4 1% pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm untuk mengurangi kadar asam oleat pada minyak agar kandungan asam oleat sesuai standar produk. Kemudian hasil keluaran reaktor esterifikasi dialirkan ke alat Flash Drum yang berfungsi untuk meregenerasi methanol yang tidak bereaksi didalam reactor esterifikasi.

Kemudian trigliserida yang belum bereaksi pada kolom sebelumnya, akan direaksikan kembali menggunakan methanol dengan perbandingan molar 1:20 antara trigliserida dan methanol dengan bantuan katalis basa yaitu KOH pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan biodiesel dan gliserol. Hasil dari proses ini berupa metanol yang dapat direcycle dengan bantuan kolom fraksinasi, serta produk bawah yang dihasilkan adalah methyl ester dan



PRA RANCANGAN FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI

gliserol. Campuran produk methyl ester yang keluar dari reaktor akan masuk kedalam cooler terlebih dahulu sebelum masuk ke kolom ekstraksi untuk dilakukan proses pencucian dan pemisahan. Prinsip dari proses ini yaitu dengan menambahkan air untuk menghilangkan katalis, sisa alkohol, dan senyawa tidak diinginkan. gliserol dan air . kemudian akan FAME dan produk samping dipisahkan dengan decanter dengan prinsip perbedaan densitas sehingga produk atas berupa FAME akan masuk kedalam tangki penyimpanan dan KOH campuran keluar sebagai produk bawah yaitu hasil samping yang kemudian akan ditampung ke dalam tangki penampung.

Adapun rincian pra rencana pabrik Fatty Acid Methyl Ester adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas Produksi : 60.000 Ton/Tahun
2. Bentuk Organisasi : Perseroan Terbatas
3. Sistem Organisasi : Garis dan Staff
4. Lokasi Pabrik : Kawasan Industri Manyar Sido Rukun,
Manyarsidorukun, Kabupaten Gresik, Jawa Timur
5. Sistem Operasi : Kontinyu
6. Waktu Operasi : 330 hari/tahun ; 24 Jam/Hari
7. Jumlah Karyawan : 200 Karyawan
8. Utilitas
 - a. Kebutuhan Steam : 26.008,6676 kg/jam
 - b. Kebutuhan Listrik
 - Alat Proses & Utilitas : 31 kWh
 - AC kantor & Penerangan : 116,316 kWh
 - c. Kebutuhan Air : 267,3227 m³/jam
 - d. Kebutuhan Bahan Bakar : 195.123,6338 L/Hari
 - e. Luas Pabrik : 52.048 m²
9. Analisa Ekonomi
 - a. Modal Tetap (FCI) : Rp.404.668.275.53
 - b. *Working Capital Investment* (WCI) : Rp. 213.959.940.787
 - c. *Total Capital Investment* (TCI) : Rp.618.628.216.326



PRA RANCANGAN FATTY ACID METHYL ESTER (FAME) DARI MIKROALGA CHLORELLA SP DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI

d. Bahan Baku (1 Tahun)	: Rp. 566.286.661.801
e. Biaya Utilitas (1 Tahun)	: Rp. 23.801.509.519
f. <i>Total Production Cost</i> (TPC)	: Rp. 855.839.763.148
g. Bunga Bank	: 8,0% per tahun
h. <i>Return of Investment (Before Tax)</i>	: 20,71%
i. <i>Return of Investment (After Tax)</i>	: 15,54%
j. <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	: 12%
k. <i>Pay Back Periode</i> (PBP)	: 4 Tahun 5 Bulan
l. <i>Break Even Point</i> (BEP)	: 33 %