

**PRA RANCANGAN PABRIK METIL ESTER DARI CRUDE
PALM OIL (CPO) KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Diploma Empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

IRENE WITANIA PAKAN 43222206

RIDHA MARDIATI WARIS 43222214

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Pra Rancangan Pabrik Metil Ester dari *Crude Palm Oil* (CPO) Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”** oleh Irene Witania Pakan NIM 432 22 206 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 12 November 2024

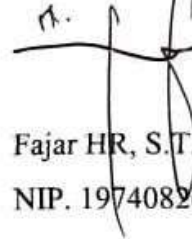
Menyetujui

Pembimbing I,



Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T.
NIP. 19651005 199303 1 001

Pembimbing II,



Fajar HR, S.T., M.Eng.
NIP. 19740826 200112 1 001

Mengetahui,



Ketua Jurusan Teknik Kimia

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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “**Pra Rancangan Pabrik Metil Ester dari *Crude Palm Oil* (CPO) Kapasitas 100.000 Ton/Tahun**” oleh Ridha Mardiaty Waris NIM 432 22 214 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, November 2024

Menyetujui

Pembimbing I,



Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T.

NIP. 19651005 199303 1 001

Pembimbing II,



Fajar HR, S.T., M.Eng.

NIP. 19740826 200112 1 001

Mengetahui,



Jurusan Teknik Kimia

Wahyuni Budi Utomo, HND., M.Sc.

NIP. 19650320 199202 1 001

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
RINGKASAN	xvi
SURAT PERNYATAAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	3
1.3 Kapasitas Produksi	15
1.4 Pemilihan Lokasi Pabrik	20
BAB II URAIAN PROSES	26
2.1 Pertimbangan Pemilihan Proses	26
2.2 Uraian Proses	28
BAB III NERACA MASSA	32
3.1 Degummer (DG)	32
3.2 Rotary Drum Vakum Filter (RDVF)	33
3.3 Mixer (M-01)	33
3.4 Reaktor Esterifikasi (R-01)	34

3.5 Dekanter (DC-01).....	34
3.6 Evaporator (EV-01).....	35
3.7 Mixer (M-02).....	35
3.8 Reaktor Transesterifikasi (R-02).....	36
3.9 Dekanter (DC-02).....	36
3.10 Evaporator (EV-02).....	37
BAB IV NERACA PANAS	38
4.1 Heater (HE-01).....	38
4.2 Reaktor Esterifikasi (R-01).....	38
4.3 Dekanter (DC-01).....	39
4.4 Evaporator (EV-01).....	39
4.5 Cooler (CO-01).....	40
4.6 Reaktor Transesterifikasi (R-02).....	40
4.7 Dekanter (DC-02).....	40
4.8 Evaporator (EV-02).....	41
4.9 Cooler (CO-02).....	41
BAB V SPESIFIKASI ALAT	42
5.1 Tangki Penampungan H ₃ PO ₄ 85%.....	42
5.2 Tangki Penampungan CPO	42
5.3 Tangki Penampungan HCl 37%.....	43
5.4 Tangki Penampungan CH ₃ OH 98%.....	44
5.5 Silo Penampungan Bentonit	44
5.6 Gudang NaOH	45
5.7 Tangki Penampungan Gliserol	46
5.8 Tangki Penampungan Metil Ester	46
5.9 Tangki Degumming.....	47
5.10 Rotary Drum Vakum Filter	48
5.11 Evaporator-01	48
5.12 Evaporator-02	49
5.13 Reaktor Esterifikasi	50
5.14 Reaktor Transesterifikasi	51

5.15 Dekanter-01	52
5.16 Dekanter-02	53
5.17 Tangki Pencampur - 01	54
5.18 Tangki Pencampur - 02	55
5.19 Reaktor Transesterifikasi	56
5.20 Heater	57
5.21 Cooler-01	58
5.22 Cooler-02	59
5.23 Bucket Elevator (BE-01)	60
5.24 Bucket Elevator (BE-02)	60
5.25 Pompa	61
BAB VI UTILITAS	64
6.1 Kebutuhan <i>Steam</i>	64
6.2 Kebutuhan Air	65
6.3 Kebutuhan Listrik	70
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	76
7.1 Instrumentasi	76
7.2 Keselamatan Kerja	79
BAB VIII BENTUK ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN	86
8.1 Bentuk Perusahaan	86
8.2 Struktur Organisasi	87
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	106
9.1 Lokasi Pabrik	106
9.2 Tata Letak Pabrik	109
BAB X ANALISIS EKONOMI	114
10.1 Modal Investasi	115
10.2 Total Penjualan	119
10.3 Perkiraan Rugi/Laba Usaha	119
10.4 Analisis Aspek Ekonomi	119

BAB XI KESIMPULAN	123
DAFTAR PUSTAKA.....	125
LAMPIRAN	



PRARANCANGAN PABRIK METIL ESTER DARI CRUDE PALM OIL (CPO) KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Prarancangan pabrik Metil Ester dari Crude Palm Oil (CPO) dengan kapasitas 100.000 ton per tahun. Pabrik ini diharapkan akan menghasilkan *metil ester* untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di Tangkiang, Kecamatan Kintom, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah. Pembuatan *metil ester* dilakukan dengan menggunakan 2 metode yakni esterifikasi dan transesterifikasi. Proses esterifikasi dan transesterifikasi direncanakan akan beroperasi pada suhu 60°C dan pada tekanan 1 atm menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk dengan masing-masing hasil konversi sebesar 92% dan 98% *metil ester*.

Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan bentuk organisasi type garis dan staff dimana jumlah karyawan sebanyak 129 orang. Pabrik beroperasi selama 24 jam tiap hari, dan 330 hari tiap tahun dengan pembagian jam kerja dilakukan berdasarkan sistem shift untuk karyawan operasional.

Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi untuk pendirian pabrik *metil ester* diatas total investasi yang dibutuhkan Rp 629.608.741.538,60 terdiri dari modal tetap Rp 440.726.119,077 dan modal kerja sebesar Rp 188.882.622.461,58 dengan keuntungan sebelum dan sesudah pajak sebesar 7,91% dan 5,54%. Profitabilitas meliputi POT sebelum dan sesudah pajak sebesar 2,73 tahun dan 3,49 tahun. Break Event Point (BEP) sebesar 64,75 % dan Shut Down Point 35,32 %.

Berdasarkan hal tersebut maka Prarancangan pabrik *metil ester* dari Crude Palm Oil (CPO) ini cukup layak dan dapat dilanjutkan ketahap perancangan sesuai prosedur yang telah direncanakan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, bahan bakar berbasis fosil adalah sumber energi secara global, termasuk di Indonesia. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengatakan masalah kelangkaan bahan bakar minyak dan persediaan bahan bakar fosil semakin menipis, maka akan diperkirakan habis pada tahun 2029 (Kementerian ESDM, 2020). Indonesia sedang mengalami krisis bahan energi dan harus impor Bahan Bakar Minyak (BBM) terutama bahan bakar diesel dari negara asing. Oleh karena itu, untuk mencari solusi dari permasalahan ini adalah membuat bahan bakar terbarukan (*energy renewable*) dimana bahan bakar alternatif itu harus layak, ramah lingkungan, ekonomis, dan mudah didapatkan.

Indonesia merupakan negara agraris dan sebagian besar penduduknya bermata pencaharian di bidang pertanian dan perkebunan. Kondisi alam yang mendukung, hamparan lahan yang luas, keragaman hayati yang melimpah, serta beriklim tropis dimana sinar matahari terjadi sepanjang tahun sehingga bisa menanam sepanjang tahun (Warsani, 2013). Salah satu produk pertanian penting di Indonesia dalam meningkatkan perekonomian adalah kelapa sawit. Kelapa sawit dikembangkan sebagai bahan baku untuk produksi energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar minyak, baik berupa bioetanol sebagai pengganti premium maupun biodiesel sebagai pengganti solar (Maharani, 2018).

Metil ester atau dikenal dengan nama biodiesel (Kurniasih, 2018) adalah

bahan bakar nabati untuk aplikasi mesin/motor diesel yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani melalui proses esterifikasi/transesterifikasi. Metil ester mempunyai sifat pembakaran yang sangat serupa dengan minyak solar tanpa mengubah mesin. Metil ester dapat dibuat dari bahan hayati yang ramah lingkungan seperti kelapa sawit (*crude palm oil*), jarak pagar, dan kacang kedelai (Dewi, 2019). Metil ester ini dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif paling berpotensi untuk dikembangkan.

Metil ester dari *Crude Palm Oil* (CPO) memiliki potensi yang sangat tinggi berdasarkan jumlah bahan bakunya. Indonesia saat ini memiliki luas area perkebunan kelapa sawit sekitar 15,34 juta hektar dengan produksi minyak kelapa sawit sebanyak 46,73 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2022). Jumlah ini akan meningkat pada tahun-tahun berikutnya mengingat penggunaan minyak kelapa sawit pada industri sangat besar akhir-akhir ini.

Menurut Kementerian ESDM, pada tahun 2022 penggunaan metil ester di Indonesia mencapai 9,2 juta ton. Kebutuhan akan metil ester ditahun-tahun selanjutnya akan terus meningkat dengan adanya program pemerintah yang akan meningkatkan persentase pencampuran Bahan Bakar Nabati (BBN) ke dalam BBM jenis minyak solar dari 30% (B30) menjadi 35% (B35) dan nantinya akan ditingkatkan lagi menjadi 40% (B40) (Kementerian ESDM, 2022). Provinsi Sulawesi Tengah merupakan penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di kawasan Indonesia Timur dengan luas lahan 142.217 hektar dengan jumlah produksi mencapai 534.519 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2022). Cadangan tersebut cukup untuk memasok kebutuhan pabrik metil ester.

Berdasarkan pertimbangan tersebut maka akan dibuat prarancangan pabrik metil ester kapasitas 100.000 ton/tahun yang berlokasi di Tangkiang, Kecamatan Kintom, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah. Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik berdasarkan beberapa faktor yaitu ketersediaan bahan baku yang cukup melimpah di Sulawesi Tengah, utilitas yang memadai, serta sarana transportasi yang mendukung. Lokasi pabrik berada dekat dari Pelabuhan Tangkiang sehingga dapat mempermudah pengiriman produk maupun penerimaan bahan baku. Pembangunan pabrik ini diharapkan dapat membantu perekonomian lokal dengan menyumbang devisa, menggerakkan ekonomi kabupaten, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan menyerap tenaga kerja.

1.2 Tinjauan Pustaka

Metil ester (*Fatty Acid Methyl Ester*) adalah bahan bakar nabati untuk aplikasi mesin/motor diesel yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani melalui proses esterifikasi/transesterifikasi. Metil ester memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan bahan bakar minyak diesel yang berasal dari minyak bumi. Metil ester terbuat dari bahan terbarukan atau secara khusus merupakan bahan bakar mesin diesel yang terdiri atas ester alkil dari asam-asam lemak. Metil ester merupakan salah satu bahan bakar mesin diesel yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (*renewable*) (Dewi, 2019).

Metil ester atau yang lebih dikenal dengan nama biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam konsentrasi 100% (B100) atau campuran dengan minyak diesel pada konsentrasi tertentu, seperti 10% biodiesel dicampur 90% solar yang dikenal dengan nama B10. Bahan bakar yang berbentuk cair ini bersifat menyerupai

bahan bakar diesel, sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan. Selain itu, penggunaan metil ester memberikan banyak keunggulan, yaitu (Tickell, 2000):

1. Tidak memerlukan modifikasi mesin diesel yang telah ada.
2. Ramah lingkungan karena bersifat biodegradasi dan tidak beracun.
3. Emisi polutan berupa hidrokarbon yang tidak terbakar, CO, CO₂, SO₂, dan jelaga hasil pembakaran biodiesel lebih rendah dari pada solar.
4. Tidak memperparah efek rumah kaca karena siklus karbon yang terlibat pendek.
5. Kandungan energi yang hampir sama dengan kandungan energi petroleum diesel (80% dari kandungan petroleumdiesel).
6. Angka setana lebih tinggi dari pada petroleum diesel (solar).
7. Penyimpanan mudah karena titik nyala yang rendah.

Bahan bakar diesel dikehendaki relatif mudah terbakar sendiri (tanpa harus dipicu dengan letikan api busi) jika disemprotkan ke dalam udara panas bertekanan.

1.2.1 Proses Pembuatan Metil Ester

Proses pembuatan metil ester yang umum digunakan saat ini ada beberapa macam, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam seleksi atau pemilihan proses. Seleksi proses dilakukan guna memperoleh proses yang efisien dengan produk terbaik. Proses yang terpilih diharapkan adalah proses yang paling efisien dan ekonomis. Ada 4 macam proses pembuatan metil ester, yaitu:

1. Proses Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan

tanpa atau sedikit oksigen atau pereaksi kimia lainnya. Proses pirolisis minyak kelapa sawit mengalami dekomposisi termal dengan kehadiran udara/nitrogen (jika tidak diinginkan kehadiran oksigen). Dekomposisi termal minyak kelapa sawit menghasilkan berbagai jenis senyawa termasuk alkana, alkena, alkadiena, aromatil, dan asam karboksilat. Komposisi hasil dekomposisi sangat bervariasi tergantung dari minyak kelapa sawit yang digunakan. Fraksi-fraksi cair dari minyak kelapa sawit yang terdekomposisi termal cukup mendekati karakter minyak diesel. Minyak kelapa sawit terpirolisis mengandung jumlah sulfur, air, dan endapan dalam jumlah yang dapat diterima, demikian juga dengan korosi tembaga, namun terdapat juga abu dan residu karbon dalam jumlah yang tidak diterima. Minyak kelapa sawit yang diproses secara pirolisis dibatasi untuk pemakaian jangka pendek (Adi, 2011).

2. Proses Mikroemulsifikasi

Mikroemulsifikasi disebut juga dengan proses penyabunan dengan menambahkan katalis basa dalam jumlah banyak pada minyak nabati sehingga terjadi penyabunan, kemudian memisahkan sabun dengan alkil ester/biodiesel. Selain itu, mikroemulsi merupakan pembentukan depresi stabil secara termodinamis dari dua cairan yang biasanya tidak mudah larut. Proses ini ditunjukkan untuk mengatasi tingginya nilai viskositas minyak nabati sehingga mendekati viskositas bahan bakar diesel. Proses ini berlangsung dengan menggunakan satu atau lebih surfaktan dengan penurunan diameter dalam mikroemulsifikasi berkisar 100-1000Å. Mikroemulsifikasi ini menggunakan solvent seperti etanol, 1-butanol, atau metanol. Mikroemulsifikasi minyak nabati

dengan alkohol tidak dapat direkomendasikan untuk jangka panjang terutama untuk mesin diesel karena metil ester yang dihasilkan dari proses ini mempunyai deposit karbon yang tinggi, pembakaran yang tidak sempurna, dan peningkatan nilai viskositas pada pemberian minyak (*lubricating oil*) sehingga tidak memenuhi standar mutu (Estiasih, 2015).

3. Proses Esterifikasi

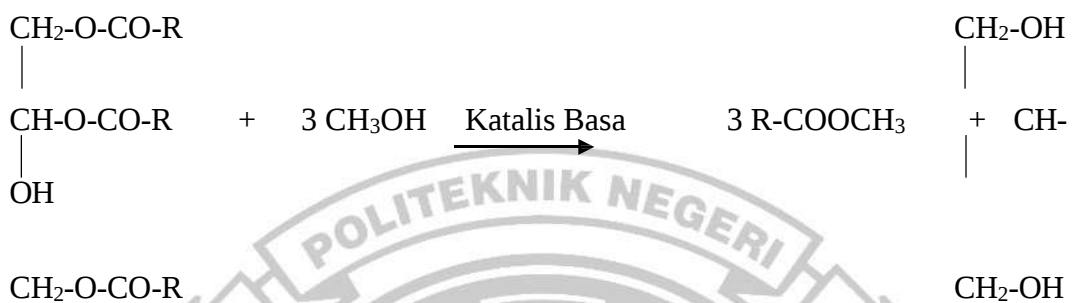
Metil ester dapat disintesis dengan proses esterifikasi antara bahan baku metanol dan asam lemak dalam bentuk *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas. Pada reaksi esterifikasi ini dibutuhkan katalis asam seperti asam klorida atau asam sulfat pekat. Dalam esterifikasi asam lemak, alkohol bertindak sebagai reagen nukleofil. Reaksi ini dimulai dengan mencampur minyak kelapa sawit mentah yang mengandung FFA dengan metanol dan katalis asam. Kemudian dipanaskan sampai suhu reaksi sehingga dihasilkan metil ester dan air. Temperatur reaksi dan tekanan dibuat konstan 60°C pada tekanan 1 atm (Maharani, 2018). Reaksinya adalah sebagai berikut:



4. Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida menjadi metil ester melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping gliserol. Pada reaksi transesterifikasi ini dibutuhkan katalis basa seperti natrium hidroksida. Temperatur reaksi dan tekanan dibuat konstan 60°C pada tekanan 1 atm. Metanol

adalah yang paling umum digunakan karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi. Penggunaan katalis pada transesterifikasi berfungsi untuk meningkatkan kecepatan reaksi dan yield yang dihasilkan (Maharani, 2018).



1.2.2 Kegunaan Produk

1) Metil ester

- a. Metil ester berfungsi sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi khusus untuk mesin diesel otomotif dan industri.
- b. Menanggulangi pencemaran lingkungan akibat pembakaran bahan bakar fosil.

2) Gliserol

- a. Untuk obat

Digunakan di dalam medis dan persiapan farmasi misalnya sebagai pelumas peralatan kedokteran, obat pencuci perut, sirup obat batuk, pengganti alkohol, untuk bahan pelarut dalam pengambilan herbal dan antiseptik.

- b. Untuk perawatan pribadi

Digunakan sebagai bahan pasta gigi, obat kumur, produk perawatan kulit, cream cukur rambut, sabun.

c. Makanan dan minuman

Digunakan sebagai bahan pelarut dan bahan pemanis, mengawetkan makanan dan pewarna makanan (Susanto, 2014).

1.2.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

1.2.3.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Minyak Kelapa Sawit Mentah (CPO)

Minyak kelapa sawit terdiri dari lemak atau minyak yang dapat disabunkan, dan bagian lain yang tidak dapat disabunkan yang jumlahnya tidak melebihi 2%. Lemak atau minyak terdiri dari gliserida yang terikat pada asam-asam lemak. Satu molekul gliserida dapat mengikat tiga molekul asam lemak. Jika molekul-molekul asam lemak itu berbeda-beda, maka lemak disebut trigliserida campuran. Tetapi pada umumnya ketiga tempat itu diduduki oleh tiga asam lemak yang sama, misalnya triolein, tripalmitin, dan sebagainya (Maimun, 2017). Berikut tabel komposisi asam lemak pada minyak sawit.

Tabel 1.1. Komponen Penyusun Minyak Sawit

Komponen	Komposisi (%)
Trigliserida	95,63
Asam lemak bebas	4
Air	0,2
Phosphatida	0,07
Karoten	0,03
Aldehid	0,07

Sumber: Gunstone (1997)

Table 1.2. Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Sawit

Tipe Asam Lemak	Presentase
Asam Laurat C12:0	0,2%
Asam Miristat C14:0	1,1%
Asam Palmitat C16:0	44%
Asam Kaprat C10:0	-
Asam Kaprilat C8:0	-
Asam Stearat C18:0	4,5%
Asam Oleat C18:1	39,2%
Asam Linoleat C18:2	10,2%
Asam Linolenat C18:2	0,8%

Sumber: Kementerian Perindustrian (2018)

Tabel 1.3. Sifat Fisik dan Kimia Asam Palmitat

Parameter	Nilai
Rumus kimia	$C_{16}H_{32}O_2$
Berat molekul	256,431 g/mol
Titik beku	63 °C
Titik didih	348,5 °C
<i>Critical temperature</i>	791 °K
<i>Critical pressure</i>	19 bar
<i>Critical volume</i>	0,946 m ³ /mol
Densitas	0,828 g/cm ³

Sumber: Coulson (1983)

Tabel 1.4. Sifat Fisik dan Kimia Asam Oleat

Parameter	Nilai
Rumus kimia	$C_{18}H_{34}O_2$
Berat molekul	282,689 g/mol
Titik beku	13,3 °C
Titik didih	362,3 °C
<i>Critical temperature</i>	797 °K
<i>Critical pressure</i>	17 bar
<i>Critical volume</i>	1,035 m ³ /mol
Densitas	0,893 g/cm ³

Sumber: Coulson (1983)

2. Metanol

Metanol disebut juga dengan metil alkohol yaitu merupakan senyawa organik yang paling sederhana dari alkohol. Formula molekularnya adalah CH_3OH .

Metanol mempunyai bilangan oktan yang tinggi. Metanol pada umumnya dibuat dari gas alam, dapat juga dihasilkan dari *biomass*. Metanol bersifat racun, jika terhirup menyebabkan sesak nafas dan jika terminum akan berbahaya (Putra, 2014).

Tabel 1.5. Sifat Fisik dan Kimia Metanol

Parameter	Nilai
Rumus molekul	CH ₃ OH
Massa molar	32,04 g/mol
Densitas	792 kg/m ³
Viskositas	0,59 mPa.s pada 20 °C
Wujud	Cairan tidak berwarna
Spesifik gravity	0,7918
Titik leleh	-97°C (176 K)
Titik didih	64,7°C (337,8 K)
Kelarutan dalam air	Sangat larut
Keasaman (pKa)	-15,5
Tekanan kritis	80,97 bar
Temperatur kritis	239,45 °C

Sumber: Perry (2008)

3. Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan katalis basa homogen yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan metil ester karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Namun, katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan

(Santoso, 2013).

Tabel 1.6. Sifat Fisik dan Kimia Natrium Hidroksida

Parameter	Nilai
Rumus molekul	NaOH
Massa molar	40 g/mol
Wujud	Zat padat putih
Densitas	1,43 g/cm ³
Spesifik gravity	2,130
Titik lebur	318°C (591 K)
Titik didih	1390°C (1663 K)
Kelarutan dalam air	111 g/100 ml (20°C)
Kebasaan (pKb)	-2,43

Sumber: Perry (2008)

4. Asam Klorida

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas hidrogen klorida (HCl). Asam klorida adalah senyawa asam kuat yang banyak digunakan secara luas dalam industri. Asam klorida harus ditangani dengan mewanti keselamatan yang tepat karena merupakan cairan yang sangat korosif (Killeainda, 2015).

Tabel 1.7. Sifat Fisik dan Kimia Asam Klorida

Parameter	Nilai
Rumus molekul	HCl
Massa molar	36,46 g/mol
Wujud	Cair
Densitas	1,18 g/cm ³
Titik beku	-27,32°C larutan 38%

Titik didih	48°C larutan 38%
Kelarutan	Tak terhingga
Spesifik gravity	2,130
Keasaman (pKa)	-6,3

Sumber: Perry (2008)

5. Asam Fosfat

Asam fosfat atau biasa dikenal sebagai asam ortofosfat merupakan suatu senyawa kimia yang digunakan dalam industri kimia yang dihasilkan dari hidrasi fosfor petoksida (Walinda, 2019).

Tabel 1.8. Sifat Fisik dan Kimia Asam Fosfat

Parameter	Nilai
Rumus molekul	H ₃ PO ₄
Massa molar	98 g/mol
Wujud	Cairan
Densitas	1,885 g/cm ³ (liquid) 1,685 g/cm ³ (85% solution)
Viskositas	2,4 – 9,4 cp
Spesifik gravity	1,843
Tekanan uap	0,03 mmHg pada 20 °C
Titik lebur	42,35°C
Titik didih	158°C
Kelarutan	Larut dalam air dan alkohol

Sumber: Perry (2008)

1.2.3.2 Spesifikasi Produk

1. Metil ester

Molekul dalam metil ester biasanya diperoleh dari minyak nabati melalui transesterifikasi. Metil ester biasanya diproduksi oleh reaksi katalis alkali antara lemak dan metanol dengan adanya basa seperti natrium hidroksida, natrium metoksida atau kalium hidroksida (Adu, 2020).

Tabel 1.9. Spesifikasi Metil Ester

Parameter	Nilai
Rumus molekul	R-COOCH ₃
Densitas	0,86 - 0,9 g/cm ³
Viskositas (40 °C)	1,9 - 6 mm ² /s
Titik kilat	172 °C
Angka setana	48 - 52
Energi yang dihasilkan	40,1 MJ/kg
Kemurnian metil ester yang dihasilkan	98%
Sumber: Labchem.com	

Persyaratan mutu metil ester Indonesia ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015, persyaratan metil ester ini merupakan revisi dari SNI 7128:2012.

Tabel 1.10. Standarisasi Mutu Metil ester di Indonesia (SNI 7182:2015)

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis (40°C)	Kg/m ³	850-890
2	Viskositas (40°C)	mm ² /s (CSt)	2,3-6
3	Angka Setana	-	51
4	Titik Nyala	°C	100
5	Titik Kabut	°C	18
6	Korosi Bilah Tembaga	-	51
7	Air dan Sedimen	% volume	0,05
8	Temperatur Destilasi	°C	360
9	Abu	% massa	0,02

10	Belerang	Ppm, mg/kg	50
11	Fosfor	Ppm, mg/kg	4
12	Angka asam	Mg KOH/g	0,5
13	Gliserol bebas	% massa	0,02
14	Gliserol total	% massa	0,24
15	Kadar Metil ester	% massa, min	96,5
16	Angka iodium	% massa (g-I ₂ /100g), maks	115
17	Trigliserida	% massa, maks	0,8

Tabel 1.11. Syarat Mutu Metil Ester Standar ASTM D6751-09

Property	Method	Limits	Units
Flash point. Closed cup	D93	130min	°C
Water and sediment	D2709	0.050max	%volume
Kinematic viscosity 40°C	D445	1.9-6.0	Mm ² /s
Sulphated ash	D874	0.020max	Wt%
Total ash	D5454	0.050max	Wt%
Copper strip corrosion	D130	No.3max	
Cetane number	D613	47min	
Cloud point	D2500	Report	°C
Carbon residue	D4530	0.050max	Wt%
Acid number	D664	0.80max	mgKOH/g
Free glycerine	D6584	0.020max	Wt%
Total glycerine	D6584	0.240max	Wt%
Phosphorus	D4951	0.0010	Wt%
Vacuum distillation end point	D1160	360°Cmax	°C
Oxidative stability	EN14538	At 90% 5max	ppm
Sodium/potassium	EN14538	3min	hours
Calcium, magnesium	EN14538	5max	ppm

2. Gliserol

Gliserol adalah senyawa poliol sederhana. Ini adalah cairan tidak berwarna, tidak berbau, kental yang berasa manis dan tidak beracun. Tulang punggung gliserol ditemukan di lipid yang dikenal sebagai gliserida. Gliserol banyak digunakan sebagai pemanis dalam industri makanan dan sebagai humektan dalam formulasi farmasi. Karena adanya tiga gugus hidroksil, gliserol larut dengan air dan bersifat higroskopis (Prasetyo, 2012).

Tabel 1.12. Sifat Fisik dan Kimia Gliserol

Parameter	Nilai
-----------	-------

Rumus molekul	$C_3H_8O_3$
Berat molekul	92,09 g/mol
Wujud	Cair
Densitas	1,26 g/cm ³
Spesifik gravity	1,260
Titik lebur	17,9°C
Titik didih	290°C
Tekanan uap	0,003 mmHg pada 50°C
Sumber: Perry (2008)	

1.3 Kapasitas Produksi

Pabrik metil ester dari minyak kelapa sawit mentah (CPO) akan direncanakan dibangun tahun 2027. Penentuan kapasitas produksi pabrik metil ester dari minyak kelapa sawit mentah (CPO) ini didapat dari data pendukung seperti data pertumbuhan produksi, konsumsi, dan ekspor suatu produk. Terdapat 4 tahapan perhitungan kapasitas produksi yaitu mengumpulkan data pendukung, menghitung prediksi data, menghitung peluang kapasitas dan menentukan kapasitas produksi.

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama metil ester adalah minyak kelapa sawit mentah dan metanol. Berdasarkan data dari Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), berikut data produksi, data persentase distribusi pada konsumsi domestik dan ekspor CPO di Indonesia:

Tabel 1.13. Data jumlah produksi CPO di Indonesia dan Sulawesi Tengah

Tahun	Produksi (Ton)	
	Indonesia	Sulawesi Tengah
2018	43.108.000	497.732

2019	47.180.000	542.174
2020	47.034.000	546.703
2021	46.888.000	465.778
2022	46.729.000	534.519

Sumber: GAPKI (2023)

Tabel 1.14. Data persentase distribusi CPO di Indonesia

Tahun	Konsumsi Domestik				Ekspor
	Pangan	Metil ester	Oleokimia	Total (%)	
2018	20,19%	8,87%	2,23%	31,29%	68,71%
2019	20,9%	12,36%	2,24%	35,5%	64,5%
2020	17,92%	15,36%	3,6%	36,88%	63,12%
2021	19,1%	15,66%	4,53%	39,29%	60,71%
2022	21,27%	18,92%	4,68%	44,87%	55,13%

Sumber: GAPKI (2023)

1.3.2 Pertumbuhan Rata-Rata Per Tahun

Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) produksi, konsumsi, dan ekspor metil ester pada tahun 2018-2022 di Indonesia sebagai berikut:

Tabel 1.15. Data jumlah produksi dan konsumsi metil ester di Indonesia

Tahun	Produksi (Ton)	Konsumsi (Ton)
2018	5.427.840	3.300.000
2019	7.391.120	5.628.480
2020	7.562.720	7.216.000
2021	9.011.200	8.178.720
2022	10.415.680	9.195.120

Sumber: Kementerian ESDM (2023)

Tabel 1.16. Data jumlah ekspor metil ester di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton)
-------	--------------

2018	1.586.640
2019	1.160.720
2020	316.800
2021	117.040
2022	327.360

Sumber: Kementerian ESDM (2023)

Dari data jumlah produksi, konsumsi, dan ekspor metil ester di Indonesia, nilai pertumbuhan rata-rata pertahun dapat dihitung menggunakan metode linier dengan persamaan sebagai berikut:

$$i = \frac{\sum \%P}{n}$$

(Sumber: Dewi, 2021)

dengan,

i = pertumbuhan rata-rata per tahun

%P = persen pertumbuhan per tahun

n = jumlah data %P

sehingga diperoleh nilai pertumbuhan rata-rata pertahun sebagai berikut:

Tabel 1.17. Pertumbuhan produksi dan konsumsi metil ester di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)		%P	
	Produksi	Konsumsi	Produksi	Konsumsi
2018	5.427.840	3.300.000	-	-
2019	7.391.120	5.628.480	36.17%	70.56%
2020	7.562.720	7.216.000	2.32%	28.20%
2021	9.011.200	8.178.720	19.15%	13.34%
2022	10.415.680	9.195.120	15.59%	12.43%
	I		18.31%	31.13%

Tabel 1.18. Pertumbuhan ekspor metil ester di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)	%P
-------	--------------	----

	Ekspor	Ekspor
2018	1.586.640	-
2019	1.160.720	-26.84%
2020	316.800	-72.71%
2021	117.040	-63.05%
2022	327.360	179.7%
	i	4.27%

1.3.3 Prediksi Data

Nilai prediksi data produksi, konsumsi, dan ekspor pada tahun 2027 dapat dicari dari data pertumbuhan rata-rata pertahun menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$m = p (1 + i)^a$$

(Sumber: Dewi, 2021)

dengan,

m = jumlah produk tahun yang diperhitungkan

p = jumlah produk pada tahun terakhir diketahui

a = selisih tahun (2027-2022)

sehingga diperoleh nilai prediksi data produksi pada tahun 2027 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 m_2 &= p (1 + i)^a \\
 &= 10.415.680 \text{ ton } (1 + 18,31\%)^5 \\
 &= 24.140.933 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.19. Prediksi data produksi, konsumsi, dan ekspor pada tahun 2027

Prediksi	Jumlah (Ton)
m_2	24.140.933
m_4	35.655.416

$$m_5 = 403.543$$

dengan,

m_2 = prediksi data produksi

m_5 = prediksi data ekspor

m_4 = prediksi data konsumsi

1.3.4 Peluang Kapasitas Produksi

Berdasarkan data dari Kementerian ESDM, Indonesia tidak melakukan kegiatan impor produk metil ester. Sehingga untuk nilai prediksi data impor (m_1) diasumsikan 0. Maka diperoleh peluang kapasitas pabrik pada tahun 2027 (m_3) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ &= (35.655.416 + 458.572) - (0 + 24.140.933) \\ &= 36.058.959 - 24.140.933 \\ &= 11.918.027 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

1.3.5 Penentuan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi pabrik metil ester dari *Crude Palm Oil* (CPO) ini berdasarkan jumlah pabrik yang sudah ada di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan hasil perhitungan peluang kapasitas produksi (m_3). Maka direncanakan pembuatan pabrik metil ester dengan maksud untuk membantu memenuhi 0,84% kebutuhan metil ester pada tahun 2027 di Indonesia yaitu pabrik metil ester dengan kapasitas pabrik 100.000 ton/tahun.

Tabel 1.20. Daftar Perusahaan Penghasil Metil ester di Indonesia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton)
Batara Elok Semesta Terpadu	Jawa Timur	341.807

Eco Prima Energi	Jawa Timur	114.400
Wilmar Nabati Indonesia	Jawa Timur	1.116.235
Darmex Biofuels	Jawa Barat	122.285
Sinarmas Bio Energi	Jawa Barat	371.909
Multimas Nabati Asahan	Banten	342.050
Energi Unggul Persada	Kalimantan Timur	892.147
Kutai Refinery Nusantara	Kalimantan Timur	846.759
Jhonlin Agro Raya	Kalimantan Selatan	275.438
SMART Tbk	Kalimantan Selatan	483.544
Sukajadi Sawit Mekar	Kalimantan Tengah	205.223
Multi Nabati Sulawesi	Sulawesi Utara	335.648
Sari Dumai Oleo	Riau	306.480
Sari Dumai Sejati	Riau	525.817
Wilmar Bioenergi Indonesia	Riau	956.935
Pelita Agung Agrindustri	Riau	544.351
Ciliandra Perkasa	Riau	222.513
Bayas Biofuel	Riau	134.449
Intibenua Perkasatama	Riau	233.564
Musim Mas	Kepulauan Riau	849.625
LDC Indonesia	Lampung	401.418
Tunas Baru Lampung	Lampung	405.604
Permata Hijau Palm Oleo	Sumatera Utara	307.479
Total		10.415.680

Sumber: Kementerian ESDM (2022)

1.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik metil ester ini didirikan di Tangkiang, Kecamatan Kintom, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah. Pertimbangan-pertimbangan tersebut meliputi faktor primer dan faktor sekunder.

1. Faktor Primer

a. Ketersediaan Bahan Baku

Lokasi dimana pabrik akan didirikan harus berdekatan dengan lokasi sumber bahan baku utama maupun bahan baku samping umumnya. Kondisi tersebut merupakan pilihan untuk pengamanan ketersediaan bahan baku dan perolehan bahan baku yang ekonomis. Bahan baku yang digunakan yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) yaitu minyak kelapa sawit. Provinsi Sulawesi Tengah merupakan penghasil minyak kelapa sawit terbesar di Pulau Sulawesi dengan luas lahan 142.217 hektar dengan jumlah produksi mencapai 534.519 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2022). Berdasarkan data pada tabel 3.6, menunjukkan bahwa belum adanya pabrik metil ester yang berlokasi di Sulawesi Tengah. Hal ini menunjukkan bahan baku yang tersedia di Sulawesi Tengah cukup besar sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri.

b. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik harus mendekati keberadaan konsumen. Pemilihan tersebut untuk mempermudah pendistribusian dan pemasaran produk.

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan pabrik. Berdasarkan pemasaran, lokasi pabrik relatif strategis untuk jadi pemasok metil ester dikawasan Indonesia Timur. Sasaran pasar produk mencakup di bidang Industri Pertanian, industri perikanan, dan transportasi lokal. Di wilayah Indonesia Timur yang mungkin memiliki akses terbatas terhadap infrastruktur bahan bakar fosil, metil ester dapat menjadi alternatif yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan untuk digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin-mesin pertanian, kapal-kapal dan alat-alat kerja perikanan, serta transportasi lokal, seperti kendaraan bermotor dan angkutan umum.

c. Infrastruktur

Lokasi pabrik harus sudah mempunyai infrastruktur yang baik, terutama dalam hal mobilitas. Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Berdasarkan lokasi pada gambar 3.1, menunjukkan lokasi pabrik berada dekat dengan jalan Trans Luwuk dan berjarak sekitar 1,7 km dari Pelabuhan Tangkiang (titik kordinat: -1.209006,122.628900). Sarana transportasi yang memadai ini dapat mempermudah dalam operasional administrasi dan pengelolaan manajemen pabrik.

d. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik penyediaan air, bahan bakar, dan listrik adalah faktor penunjang yang paling penting. Kebutuhan air diperoleh dari

sungai yang berlokasi di samping pabrik dengan jarak sekitar 300 meter. Untuk kebutuhan listrik, Sulawesi Tengah memiliki kapasitas listrik terpasang sebesar 1.687,64 megawatt (MW) (Koesnadi, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa listrik yang tersedia di Sulawesi Tengah cukup besar sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri.

e. Tenaga Kerja

Lokasi pabrik yang dipilih harus mudah untuk memperoleh tenaga kerja, baik sumber daya manusia skill (operator, engineer, dll), maupun sumber daya manusia non skill (satpam, buruh, cleaning service, dll). Tenaga kerja merupakan modal utama dalam pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Sulawesi Tengah memiliki Angka Partisipasi Murni (APM) pada jenjang pendidikan cukup tinggi.

2. Faktor Sekunder

a. Karakteristik Lokasi

Lokasi pabrik harus mempunyai iklim dan letak geografis yang baik, stabil, serta bebas bencana. Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik, yakni beriklim tropis dengan suhu udara 20 – 30 °C. Bencana alam seperti tanah longsor dan banjir jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

b. Peraturan Pemerintah

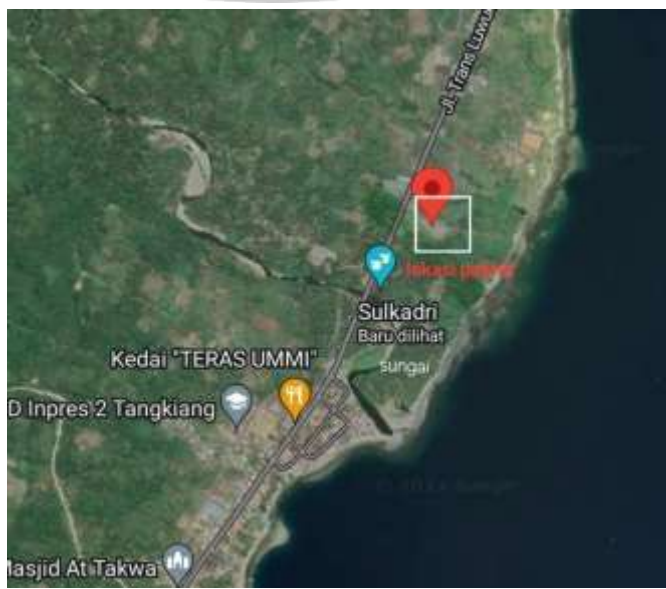
Daerah lokasi pabrik, peraturan pemerintah daerah mendukung dan memfasilitasi masuknya investor untuk pendirian dan pengoperasian pabrik. Selain itu, di Sulawesi Tengah sudah terdapat beberapa pabrik yang berdiri, sehingga pendirian pabrik akan lebih mudah.

c. Harga Tanah dan Bangunan

Lokasi pembangunan pabrik merupakan daerah dengan harga tanah dan bangunan yang terjangkau, serta masih tersedia lahan/tanah untuk perluasan pabrik dan pengolahan limbah. Penambahan bangunan dan perluasan pabrik dimasa yang akan datang harus sudah masuk dalam pertimbangan awal.

d. Kemasyarakatan

Lokasi pabrik yang dipilih berada di sekitar kawasan industri yang memiliki masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat. Kondisi sosial masyarakat yang baik diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik.



The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a banner reads "POLITEKNIK NEGERI". The center features a stylized bird with spread wings, a five-pointed star on its chest, and an open book below. At the bottom, a banner reads "UJUNG PANDANG".

Gambar 1.3 Rencana Lokasi Pabrik Metil ester

(Sumber: *Google Maps*, 2024)

Dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut diatas maka lokasi pabrik metil ester akan didirikan di Tangkang, Kecamatan Kintom, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah dengan titik koordinat -1,1933368, 122,6336934.

