

PRA RANCANGAN PABRIK
METHYL ESTER DARI MINYAK KELAPA SAWIT MENTAH
(CPO) KAPASITAS 67.000 TON/TAHUN



SKRIPSI PRA RANCANGAN PABRIK

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

A. Ghina Farah Adilah

432 19 045

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik *Methyl Ester* dari Minyak Kelapa Sawit Mentah (CPO) Kapasitas 67.000 Ton/Tahun” oleh A. Ghina Farah Adilah dengan NIM 432 19 045 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Empat (D-4) pada jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Januari 2022

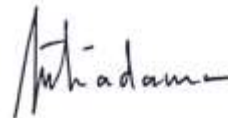
Mengesahkan,

Pembimbing I



Dr. Joice Manga, S.T., M.T
NIP 19731215 200312 2 001


Pembimbing II



Vilia Darma Paramita, S.TP., M.Food.Sc., Ph.D
NIP 19780323 200801 2 015

Mengetahui,
Ketua Jurusan,




Drs. Herman Banggalino, M.T.
NIP 19610831 199003 1 002

DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
SURAT PERNYATAAN.....	xii
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
.....	L
atar Belakang.....	1
.....	T
injauan Pustaka.....	3
.....	K
apasitas Produksi	15
.....	P
emilihan Lokasi Pabrik.....	22
BAB II URAIAN PROSES	25
.....	P
ertimbangan Pemilihan Proses	25
.....	U

raian Proses.....	27
BAB III NERACA MASSA.....	32
.....	N
eraca Massa	32
BAB IV NERACA PANAS	37
.....	N
eraca Panas	37
BAB V SPESIFIKASI ALAT	42
.....	S
pesifikasi Alat.....	42
BAB VI UTILITAS	67
.....	K
ebutuhan <i>Steam</i>	67
.....	K
ebutuhan Air	67
.....	K
ebutuhan Listrik.....	74
.....	K
ebutuhan Bahan Bakar	75
.....	P
pengolahan Limbah	75
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	77
.....	I
nstrumentasi	77
.....	K
eselamatan Kerja	80
BAB VIII BENTUK ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	87
.....	B
entuk Perusahaan	87
.....	S
truktur Organisasi	88

BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	103
..... L	
Lokasi Pabrik	103
..... T	
Tata Letak Pabrik.....	108
BAB X ANALISIS EKONOMI	112
..... T	
Total <i>Capital Investment</i> (TCI)	112
..... T	
Total <i>Production Cost</i> (TPC).....	113
..... L	
Laba/Keuntungan.....	114
..... B	
Break <i>Event Point</i> (BEP)	115
..... P	
Pay <i>Out Time</i> (POT).....	115
..... R	
Rate of <i>Investment</i> (ROI)	115
BAB XI KESIMPULAN	117
DAFTAR PUSTAKA	119

PRARANCANGAN PABRIK *METHYL ESTER* MINYAK KELAPA SAWIT
(CPO) KAPASITAS 67.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Prarancangan pabrik *methyl ester* dari minyak kelapa sawit mentah (CPO) dengan kapasitas 67.000 ton per tahun. Pabrik ini diharapkan akan menghasilkan *methyl ester* untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Pasangkayu, Sulawesi Barat. Pembuatan *methyl 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% *methyl 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 *methyl ester* diatas total investasi yang dibutuhkan Rp 396.962.158.628,00 terdiri dari modal tetap Rp 337.417.834.834,00 dan modal kerja sebesar Rp 59.544.323.794,00 dengan keuntungan sebelum dan sesudah pajak sebesar 33,50 % dan 23,45 %. Profitabilitas meliputi POT sebelum dan sesudah pajak sebesar 2,25 tahun dan 3,07 tahun. Break Event Point (BEP) sebesar 49,99 % dan Shut Down Point 32,25 %.

Berdasarkan hal tersebut maka Prarancangan pabrik *methyl ester* dari minyak kelapa sawit mentah (CPO) ini cukup layak dan dapat dilanjutkan ketahap perancangan sesuai prosedur yang telah direncanakan.

DESIGN OF PALM OIL (CPO) METHYL ESTER FACTORY CAPACITY 67.000 TON/YEAR

SUMMARY

The design of a methyl ester plant from crude palm oil (CPO) with a capacity of 67.000 tons per year. This factory is expected to produce methyl ester to meet domestic demand. This factory is planned to be established in Pasangkayu Regency, West Sulawesi. The manufacture of methyl ester is carried out using 2 methods namely esterification and transesterification. The esterification and transesterification processes are planned to operate at a temperature of 60°C and at a pressure of 1 atm using a stirred tank flow reactor with conversion results of 92% and 98% methyl ester, respectively.

The company is in the form of a Limited Liability Company (PT) with a line and staff type organization where the number of employees is 129 people. The factory operates 24 hours a day, and 330 days a year with the division of working hours based on a shift system for operational employees.

Based on the calculation of the economic analysis for the establishment of a methyl ester factory above, the total investment required is Rp. 396.962.158.628,00 consisting of fixed capital of Rp. 337.417.834.834,00 and working capital of Rp. 59.544.323.794,00 with a profit before and after tax of 33,50% and 23,45%. Profitability includes POT before and after tax of 2,25 years and 3,07 years. Break Event Point (BEP) is 49,99% and Shut Down Point is 32,25%

Based on this, the design of the methyl ester plant from crude palm oil (CPO) is quite feasible and can be continued to the design stage according to the planned procedure.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 sehingga bisa menanam sepanjang tahun (Warsani, 2013). Kelapa sawit merupakan salah satu produk pertanian di Indonesia yang dikembangkan sebagai bahan baku untuk produksi energi alternatif pengganti bahan bakar minyak, baik berupa bioetanol pengganti premium maupun metil ester pengganti solar.

Saat ini Indonesia masih sangat bergantung pada bahan bakar berbasis fosil sebagai sumber energi. Persediaan minyak mentah di Indonesia, yaitu sekitar 4,17 milyar barrel dengan cadangan yang sudah terbukti keberadaannya sebesar 2,44 milyar barrel, persediaan tersebut akan habis dalam kurung waktu 9,5 tahun kedepan (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021). Untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi satu-satunya cara adalah dengan pengembangan bahan bakar alternatif ramah lingkungan.

Metil ester atau dikenal dengan nama biodiesel dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif paling berpotensi untuk dikembangkan. Metil ester mempunyai sifat pembakaran yang sangat serupa dengan minyak solar tanpa mengubah mesin serta ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah, terbakar sempurna, dan tidak beracun. Metil ester dapat dibuat dari bahan hayati yang ramah lingkungan seperti kelapa sawit, jarak pagar, dan kacang kedelai (Dewi, 2019).

Menurut data dari Badan Pusat Statistik (2019), jumlah total luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada saat ini sekitar 14.60 juta hektar dengan produksi minyak kelapa sawit sebanyak 44.050.000 ton. 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 2020 penggunaan metil ester di Indonesia mencapai 6,2 juta kiloliter. Metil ester digunakan sebagai bahan campuran B20 yang saat ini tengah dijalankan oleh pemerintah yang selanjutnya bergerak menuju penggunaan B30 sehingga diprediksikan meningkat mencapai 9,6 juta kiloliter. Adanya perencanaan program B100 oleh pemerintah yang telah diuji coba oleh Pertamina *Research & Technology Center* (RTC)-ITB maka kebutuhan akan metil ester ditahun-tahun selanjutnya akan terus mengalami peningkatan. Provinsi Sulawesi Barat merupakan penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua dikawasan Indonesia Timur dengan luas lahan 167.518 hektar dengan jumlah produksi mencapai 386.211 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2019). Cadangan tersebut cukup untuk memasok kebutuhan pabrik metil ester. Metil ester yang diproduksi dapat dipasarkan di pulau Kalimantan dan Sulawesi.

Berdasarkan pertimbangan di atas maka perlu dibuat pra rancangan pabrik metil ester sehingga dengan adanya pabrik tersebut selain mendorong kemandirian energi juga membantu perekonomian bangsa dengan mengurangi ketergantungan impor solar sehingga dapat meningkatkan devisa negara, menambah pendapatan daerah dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan mendorong stabilitas harga sawit serta membuka lapangan pekerjaan untuk masyarakat Indonesia.

1.2 Tinjauan Pustaka

Biodiesel adalah bahan bakar nabati untuk aplikasi mesin/motor diesel berupa metil ester asam lemak (*fatty acid methyl ester/FAME*) yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani melalui proses esterifikasi/transesterifikasi. Biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan bahan bakar minyak diesel yang berasal dari minyak bumi. Biodiesel terbuat dari bahan terbarukan atau secara khusus merupakan bahan bakar mesin diesel yang terdiri atas ester alkil dari asam-asam lemak. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar mesin diesel yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (*renewable*).

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 biodiesel 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 petroleum diesel).

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 Biodiesel

Ada beberapa macam proses pembuatan biodiesel yang umum digunakan saat ini, 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 biodiesel, 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 tembaganya, 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).

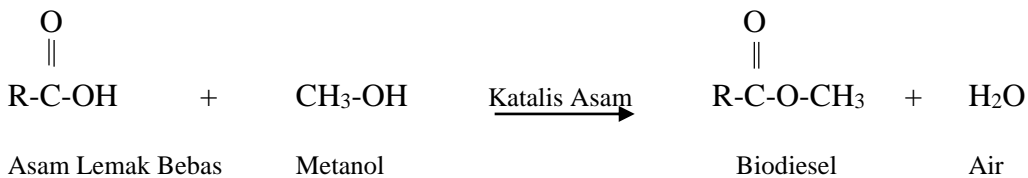
2. Proses Mikroemulsifikasi

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 biodiesel 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

Biodiesel dapat disintesis dengan proses esterifikasi antara bahan baku methanol 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

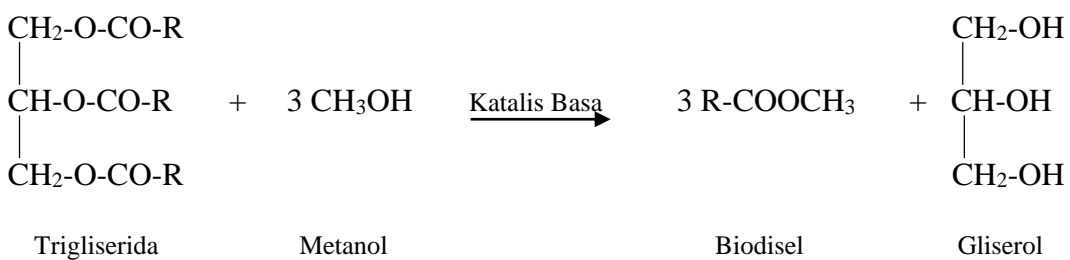
suhu reaksi sehingga dihasilkan biodiesel dan air. Temperatur reaksi dan tekanan dibuat konstan 60°C pada tekanan 1 atm (Maharani, 2018). Reaksinya adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Reaksi Esterifikasi

4. Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida menjadi alkil 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).



Gambar 2. Reaksi Transesterifikasi

1.2.2 Kegunaan Produk

1) Metil Ester (Biodisel)

- a. Metil ester berfungsi sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi khusus untuk mesin disel 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 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. Komponen Penyusun Minyak

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

Sumber: Gunstone (1997)

Table 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%
Lainnya	0,8%

Sumber: Kementerian Perindustrian (2018)

Tabel 3. Sifat Fisik dan Kimia Minyak Sawit

Parameter	Nilai
Rumus kimia	$C_3H_5(COOR)_3$
Berat molekul	847,28 g/mol
Wujud	Cairan kuning jingga
<i>Specific gravity</i> (37.8°C)	0,9
Titik beku	5°C
Titik didih	298°C
Densitas	0,895 g/cm ³
Panas jenis	0,497 kal/g °C
Bilangan penyabunan	198
Kadar air	2%

Sumber: Ketaren (1986)

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 4. 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 (<i>pKa</i>)	-15,5
Tekanan kritis	80,97 bar
Temperatur kritis	239,45 °C

Sumber: Perry (2008)

3. Natrium Hidroksida

Katalis basa homogen seperti natrium hidroksida (NaOH), merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan biodiesel karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Akan tetapi, 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 5. 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 (<i>pK_b</i>)	-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 6. 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 (<i>pK_a</i>)	-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 7. 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 (Biodisel)

Metil ester adalah jenis ester asam lemak yang diturunkan dengan transesterifikasi lemak dengan metanol. Molekul dalam biodiesel terutama metil ester biasanya diperoleh dari minyak nabati melalui transesterifikasi. Metil ester digunakan untuk memproduksi deterjen dan biodiesel. 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 8. Spesifikasi Metil Ester

Parameter	Nilai
Rumus molekul	R-COOCH ₃
Berat molekul	283,79 g/mol
Wujud	Cairan jernih kekuningan
<i>Specific gravity</i>	0,87-0,89
Densitas	0,81 g/ml
Viskositas	7,3 cp
Titik didih	182-338°C
Titik kabut	-11-16 °C

Sumber: Pratiwi (2016)

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 9. Sifat Fisik dan Kimia Gliserol

Parameter	Nilai
Rumus molekul	C ₃ H ₈ O ₃
Berat molekul	92,09 g/mol
Wujud	Cair
Densitas	1,26 g/cm ³
Spesifik gravity	1,260
Titik lebur	17,8°C
Titik didih	290°C
Tekanan uap	0,003 mmHg pada 50°C

Sumber: Perry (2008)

1.2.4 Karakteristik Minyak Diesel

Minyak diesel adalah bahan bakar jenis distilat yang mengandung fraksi-fraksi

berat atau merupakan campuran dari distilat fraksi ringan dan fraksi berat (*Residual Fuel Oils*). Penggunaan minyak diesel ini pada umumnya untuk bahan bakar mesin diesel dengan putaran sedang atau lambat (300-1000 RPM) atau sebagai bahan bakar pembakaran langsung dalam dapur-dapur industri.

Bilangan setana yang baik dari minyak diesel adalah lebih besar dari 30 dengan volatilitas yang tidak terlalu tinggi supaya pembakaran yang terjadi di dalamnya lebih sempurna. Minyak diesel dikehendaki memiliki kekentalan yang relatif rendah agar mudah mengalir melalui pompa injeksi. Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar. Kadar belerang dapat menyebabkan terjadinya keausan pada dinding silinder (Maharani, 2018).

Tabel 10. Persyaratan Mutu Minyak Diesel

Sifat	Jenis Minyak Diesel		
	Mesin putaran tinggi	Mesin industri	Mesin putaran rendah dan sedang
Bilangan setana	≥ 40	≥40	≥30
Temperatur didih (°C)	288	282-338	-
Kekentalan (pada 38 °C, mm ² /s)	1,4-2,5	2,0-4,3	5,8-26,4
Titik nyala (°C)	≥38	≥52	≥55
Kadar belerang (% berat)	≤0,50	≤0,50	≤2,00
Kadar air dan sedimen (% vol)	≤0,05	≤0,05	≤0,50
Kadar abu (% berat)	≤0,01	≤0,01	≤0,10
<i>Rams bottom residu</i>	≤0,15	≤0,35	-

Sumber: ASTM D-975 (1991)

Persyaratan mutu biodiesel Indonesia ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015, persyaratan biodiesel ini merupakan revisi dari SNI

7128:2012.

Tabel 11. Standarisasi Mutu Biodiesel 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 Cetana	-	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 Biodiesel	% massa, min	96,5
16	Angka iodium	% massa (g-I ₂ /100g), maks	115
17	Trigliserida	% massa, maks	0,8

1.3 Kapasitas Produksi

Pabrik metil ester dari minyak kelapa sawit mentah akan direncanakan dibangun tahun 2024. Dalam penentuan kapasitas produksi pabrik metil ester dari minyak kelapa sawit mentah ini ada beberapa faktor yang perlu menjadi pertimbangan, yaitu kebutuhan metil ester dalam negeri maupun ekspor serta ketersediaan bahan baku.

1.3.1 Supply

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama metil ester adalah minyak kelapa sawit mentah dan metanol. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, berikut data produksi minyak kelapa sawit mentah di Indonesia:

Tabel 12. Produksi Minyak Kelapa Sawit Mentah di Indonesia

NO.	Tahun	Produksi (Ton)
1	2015	31.070.015
2	2016	31.487.986
3	2017	34.940.289
4	2018	36.594.813
5	2019	44.050.000

Sumber: Kementerian ESDM (2019)

2. Produksi Metil Ester

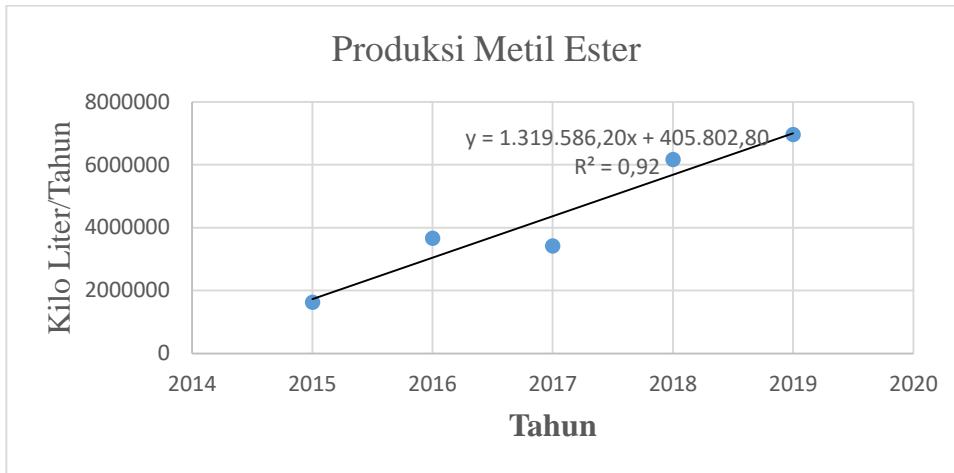
Metil ester merupakan bahan bakar nabati yang dapat digunakan untuk menggerakkan mesin diesel. Produksi metil ester berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik yaitu:

Tabel 13. Produksi Metil Ester

No.	Tahun	Produksi (KL)
1	2015	1.620.000
2	2016	3.656.361
3	2017	3.416.416
4	2018	6.167.837
5	2019	6.962.193

Sumber: Kementerian ESDM (2019)

Berdasarkan data dari table 13 dibuat persamaan garis lurus untuk memperkirakan produksi metil ester di Indonesia pada tahun 2024:



Gambar 3. Regresi Linier Hubungan antar Tahun dan Produksi Metil Ester

Persamaan hasil regresi linier yang diperoleh yaitu:

$$y = 1.319.586,20x + 405.802,80 \dots \dots \dots (1)$$

Pada tahun 2024 saat pembuatan pabrik diperkirakan, produksi metil ester yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Produksi metil ester (KL)} &= 1.319.586,20x + 405.802,80 \\ &= 1.319.586,20 (10) + 405.802,80 \\ &= 13.601.665 \text{ KL} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas maka perkiraan produksi metil ester pada tahun 2024 adalah 13.601.665 KL atau 11.969.465 Ton.

1.3.2 Demand

1. Kebutuhan Metil Ester di Indonesia

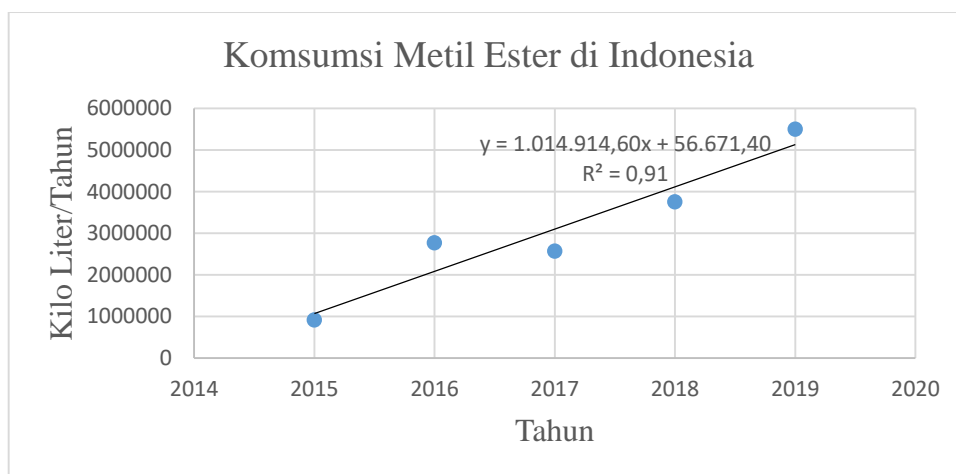
Kebutuhan metil ester terus mengalami peningkatan tiap tahunnya karena adanya kebijakan *mandatory obligation* untuk memenuhi konsumsi dalam negeri untuk menyelesaikan B30.

Tabel 14. Kebutuhan Metil Ester di Indonesia

No.	Tahun	Konsumsi (KL)
1	2015	915.460
2	2016	2.770.000
3	2017	2.572.000
4	2018	3.750.066
5	2019	5.500.000

Sumber: Kementerian ESDM (2019)

Berdasarkan data dari table 14 dibuat persamaan garis lurus untuk memperkirakan kebutuhan metil ester di Indonesia pada tahun 2024:



Gambar 4. Regresi Linier Hubungan antar Tahun dan Konsumsi Metil Ester

Persamaan hasil regresi linier yang diperoleh yaitu:

$$y = 1.014.914,60x + 56.671,40 \dots \dots \dots (1)$$

Pada tahun 2024 saat pembuatan pabrik diperkirakan, kebutuhan metil ester yaitu:

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan metil ester (KL)} &= 1.014.914,60x + 56.671,40 \\
&= 1.014.914,60 (10) + 56.671,40 \\
&= 10.205.907 \text{ KL}
\end{aligned}$$

Dari persamaan diatas maka perkiraan kebutuhan metil ester Indonesia pada tahun 2024 adalah 10.205.907 KL atau 8.981.198 Ton.

2. Kebutuhan Ekspor Metil Ester

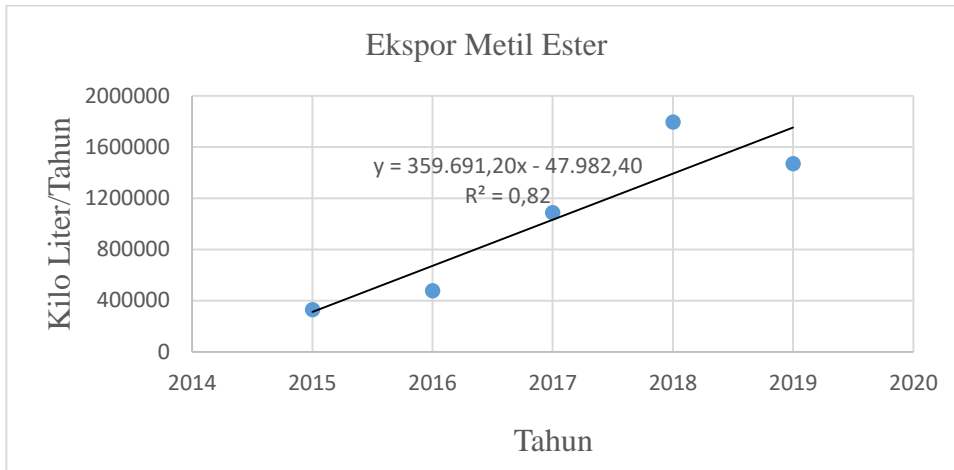
Selain dikonsumsi, Indonesia juga masih mengekspor metil ester ke beberapa negara besar di dunia. Kebutuhan ekspor metil ester berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik yaitu:

Tabel 15. Kebutuhan Ekspor Metil Ester

No.	Tahun	Konsumsi (KL)
1	2015	329.000
2	2016	447.000
3	2017	1.087.000
4	2018	1.793.000
5	2019	1.469.456

Sumber: Kementerian ESDM (2019)

Berdasarkan data dari table 15 dibuat persamaan garis lurus untuk memperkirakan kebutuhan ekspor metil ester pada tahun 2024:



Gambar 5. Regresi Linier Hubungan antar Tahun dan Ekspor Metil Ester

Persamaan hasil regresi linier yang diperoleh yaitu:

$$y = 359.691,20x - 47.982,40 \dots \dots \dots (1)$$

Pada tahun 2024 saat pembuatan pabrik diperkirakan, kebutuhan ekspor metil ester yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan ekspor metil ester (KL)} &= 359.691,20x - 47.982,40 \\ &= 359.691,20 (10) - 47.982,40 \\ &= 3.548.928 \text{ KL} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas maka perkiraan kebutuhan ekspor metil ester pada tahun 2024 adalah 3.548.929 KL atau 3.123.058 Ton.

1.3.3 Kapasitas Produksi

Pabrik akan direncanakan dibangun tahun 2024 dengan target produksi tahun

2024 yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan metil ester} &= \text{Kebutuhan dalam negeri} + \text{Kebutuhan ekspor} \\ &= 8.981.198 \text{ Ton} + 3.123.058 \text{ Ton} \\ &= 12.104.256 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan perkiraan jumlah produksi metil ester tahun 2024 maka dibutuhkan tambahan produksi metil ester pada tahun 2024 sebanyak:

$$\begin{aligned}\text{Tambahan produksi metil ester} &= \text{Kebutuhan} - \text{Produksi} \\ &= 12.104.256 \text{ Ton} - 11.969.465 \text{ Ton} \\ &= 134.791 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Dengan maksud untuk membantu memenuhi 50% kebutuhan metil ester pada tahun 2024 maka direncanakan pembuatan pabrik metil ester dengan kapasitas pabrik 67.000 Ton/Tahun.

Berikut daftar perusahaan penghasil biodiesel yang ada di Indonesia.

Tabel 16. Perusahaan Penghasil Biodiesel di Indonesia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (KL)
Cemerlang Energi Perkasa	Riau	449.753
Wilmar Bioenergi Indonesia	Riau	844.949
Pelita Agung Agrindustri	Riau	145.396
Ciliandra Perkasa	Riau	171.854
Bayas Biofuel	Riau	229.075
Inti Benua Perkasatama	Riau	241.053
Dabi Biofuels	Riau	207.344
Musim Mas	Kep. Riau	745.504
LDC Indonesia	Lampung	292.927
Tunas Baru Lampung	Lampung	216.875
Permata Hijaju Palm Oleo	Medan	261.183
Total Pulau Sumatra		3.805.913
Total Pulau Lainnya		2.865.975
Total Indonesia		6.671.888

Sumber: Kepmen ESDM (2018)

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. Untuk itu pemilihan lokasi pabrik perlu untuk dipertimbangkan agar nantinya dapat memberikan keuntungan yang besar pada perusahaan. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik biodiesel didirikan di Pasangkayu, Sulawesi Barat.

Pertimbangan-pertimbangan tersebut meliputi dua faktor yaitu, faktor utama dan faktor pendukung.

1. Faktor utama

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

a. Sumber bahan baku

Bahan baku pembuatan metil ester adalah minyak kelapa sawit. Provinsi Sulawesi Barat merupakan penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua dikawasan Indonesia Timur dengan luas lahan 167.518 hektar dengan jumlah produksi mencapai 386.211 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2019). Cadangan tersebut cukup untuk memasok kebutuhan pabrik metil ester.

b. Tenaga kerja

Untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik ataupun memberikan kesempatan pada masyarakat di luar daerah.

c. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik penyediaan air, bahan bakar, dan listrik adalah faktor penunjang yang paling peting. Tenaga listrik tersebut didapat dari PT. Rekind Daya Mamuju. Sedangkan untuk keperluan air dapat diperoleh dari air tanah.

d. Transportasi

Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalur darat dan laut. Pendirian pabrik di pasangkayu dilakukan dengan pertimbangan kemudahan sarana transportasi darat seperti jalan raya trans Sulawesi dan transportasi laut seperti Pelabuhan Pasangkayu.

2. Faktor pendukung

Faktor pendukung juga perlu mendapatkan perhatian di dalam pemilihan lokasi pabrik karena faktor-faktor yang ada di dalamnya selalu menjadi pertimbangan agar pemilihan pabrik dan proses produksi dapat berjalan lancar.

Faktor pendukung ini meliputi:

- a. Harga tanah dan Gedung dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang
- b. Kemungkinan perluasan pabrik
- c. Sarana transportasi, seperti jalan raya
- d. Tersedianya air yang cukup
- e. Peraturan pemerintah daerah setempat
- f. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya)
- g. Iklim
- h. Keadaan tanah untuk rencana pembangunan dan pondasi.

Perumahan penduduk atau bangunan lain.

BAB XI

KESIMPULAN

Hasil analisis pada Pra Rancangan Pabrik *Methyl Ester* dari Minyak Kelapa Sawit Mentah (CPO) dengan Kapasitas Produksi 67.000 Ton/Tahun diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produksi 67.000 ton/tahun.
2. Proses yang dipilih untuk pembuatan metil ester yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan konversi 98%.
3. Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan metil ester adalah minyak kelapa sawit mentah.
4. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Desa Ako, Kecamatan Pasangkayu, Kabupaten Pasangkayu Mamuju Utara, Provinsi Sulawesi Barat yang merupakan daerah penghasil minyak sawit. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 129 orang yang terbagi dalam 2 kategori yaitu karyawan *shift* dan *non shift*.
5. Hasil analisis ekonomi yang diperoleh adalah sebagai berikut :
 - *Total Capital Investment* = Rp 396.962.158.628,00
 - *Sales Cost* = Rp 714.351.407.452,00
 - Laba Bersih = Rp 93.088.709.171,00
 - *Pay Out Time (POT)* = 3,07 tahun
 - *Break Event Point (BEP)* = 49,99 %
6. Berdasarkan hasil pertimbangan dari data di atas maka dapat disimpulkan bahwa Pra Rancangan Pabrik *Methyl Ester* dari Minyak Kelapa Sawit Mentah (CPO) dengan

Kapasitas Produksi 67.000 Ton/Tahun ini layak dan dapat dilanjutkan ke tahap perancangan sesuai dengan prosedur yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Muhammad Syah Budi Kusuma. 2011. Reaksi Pirolisis Minyak Jarak Pagar Menjadi Bio Sentara Solar Komersial Menggunakan Katalis NiO/ α -Al₂O₃ dan NiMo/ γ -Al₂O₃. Universitas Indonesia. Depok
- Adu, R. E. Y. 2020. Esterifikasi dan Deasidifikasi Minyak Jelantah Sebelum Pembuatan Biodiesel dengan Katalis Abu Tongkol Jagung. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)* Vol. 14 (2):162
- American National Standard*. 1991. *Standard Specification for Diesel Fuel Oils*. Philadelphia
- Arfandi, Azis. 2008. Simulasi Proses Pembuatan Biodiesel dengan Bantuan *Chemcad* Menggunakan Metode *Hybrid* dan Perhitungan Awal Ekonominya. Universitas Indonesia. Jakarta
- Asri, Fajar. 2018. Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi Kapasitas 7.500 Ton/Tahun. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Indonesia. www.bps.go.id. Diakses pada tanggal 11 April 2021
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. SNI 7182:2015, Biodisel. Badan Standar Nasional.
- Bhattacharya B. C. 1976. *Introduction to Chemical Equipment Design Mechanical Aspects*. Kharagpur.
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons, Inc. New York
- Coulson, J. M., and Richardson, J. F. 2005. *Chemical Engineering Desing*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Damarani, Z. 2019. Pra-Desain Pabrik *Refined Bleached Deodorized (RBD) Olein* dari *Crude Palm Oil (CPO)*. *Jurnal Teknik ITS* vol. 8 (1): 51
- Dewi, Riska Apriliana. 2019. Pra Rancangan Pabrik Pembuatan *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* dari *Crude Palm Oil (MINYAK KELAPA SAWIT)* dengan Proses Transesrifikasi. Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. Jakarta

- Estiasih, Teti. 2015. Mikroemulsifikasi Fraksi Tidak Tersabunkan Distilat Asam Lemak Minyak Sawit. *Jurnal Tekn Ol dan Industri Pangan* Vol. 26 (2):190
- Geankoplis, C.J. 1983. *Transport Processes and Unit Operations, 2ed.* Allyn and Bacon Inc. Boston
- Gustone, F.D., dan Padley, F.B. 1997. *Lipid Technologies and Application.* Marcel Dekket Inc, New York.
- Himmelblau, D.M. 1989. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering, 5ed.* Prentice-Hall International. Singapore
- <https://www.matches.com>
- Joshi, M.V. 1977. *Process Equipment Design.* McGraw Hill Indian Ltd
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI. 2021. Cadangan Minyak Indonesia Tersedia untuk 9,5 Tahun dan Cadangan Gas 19,9 Tahun. www.esdm.go.id. Diakses pada tanggal 10 April 2021
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI. 2020. Energi Kolaborasi Edisi Mei 2020. www.esdm.go.id. Diakses pada tanggal 11 April 2021
- Kementerian Perindustrian. 2018. Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit. www.kemenperin.go.id. Diakses pada tanggal 18 Agustus 2020
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer, Int ed.* Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York
- Ketaren, s. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Press. Jakarta
- Killeainda, Elda Sefti. 2015. Pengaruh Konsentrasi Larutan Asam Klorida Tanpa dan Dengan Inhibitor Kalium Kromat 0,2% terhadap Laju Korosi Baja Api 51 Grade B PSI 1. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* Vol. 03 (1):44
- Maharani, Putri. 2018. Perancangan Pabrik *Fatty Acid Methyl Ester* dari Minyak Kelapa Sawit Kapasitas 80.000 Ton/Tahun. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Maimun, Teuku. 2017. Penghambatan Peningkatan Kadar Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid*) pada Buah Kelapa Sawit dengan Menggunakan Asap Cair. *Jurnal Unsyiah* vol. 9 (2):45
- Maron, Lando. 1974. *Fundamentals of Physical Chemistry, Int ed.* Macmillan Publishing Co. Inc.

New York

- Mc Cabe, W.L., Smith, J.C and Harriot, P., 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering*, 5th Edition. Singapore, McGraw Hill Book
- Nalco Company. 1988. *The Nalco Water Handbook* 3^{ed}. McGraw-Hill, Inc. New York
- Rachmania, O. 2009. Produksi Biodiesel Berkemurnian Tinggi dari *Crude Palm Oil* (CPO) dengan *Tertrahidrofuran-fast Single-Phase Process*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Perry, Chilton. 1999. *Perry's Chemical Engineering Handbook*, 7th ed, Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York
- Perry, R.H. and Green, D.W. 2008. *Perry's Chemical Engineering Handbook*, 8th ed, Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York
- Peter, M.S and K.D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design Economic's for Chemical Engineering*, 3th ed, Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York
- Powell, P.T. 1954. *Water Condition for Industry*. Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York
- Prasetyo, A. 2012. Potensi Gliserol dalam Pembuatan Turunan Gliserol Melalui Proses Esterifikasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan* Vol. 10 (1):26
- Pratiwi, Ati'ah. 2016. Prarancangan Pabrik Metil Ester dari Minyak Jarak Pagar dan Metanol Kapasitas 65.000 Ton/Tahun. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Putra, Yudi. 2014. Pengaruh Campuran Premium dan Metanol terhadap Emisi Gas Buangan Sepeda Motor Vario *Techno* PGM-FI. Universitas Negeri Padang. Padang
- Santoso, Herry. 2013. Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung
- Sianturi, Nancy L. 2011. Kajian Proses *Degumming* Minyak Kelapa Sawit Kasar (CPO) dengan Menggunakan Asam Fosfat. IPB. Bogor
- Smith, J.M., Van Ness, H.C. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 4th ed, Mc Graw Hill Book Company. Singapore

- Susanto, Heri. 2014. Prarancangan Pabrik Biodisel dari *Crude Palm Oil* (MINYAK KELAPA SAWIT) dan Metanol Kapasitas 660.000 Ton/Tahun. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sukoharjo
- Tickell, J. 2000. *From the Fryer to the Fuel Tank, 3rd ed. Tickell Energy Consulting*. USA
- Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Departement of Chemical and Petroleum Engineering University of Kanas
- Warlinda, Yulia Asri. 2019. Asam Posfat (H_3PO_4) *Ionic Trasformation of Phosphoric Acid in Aqueous Solution*. Universitas Negeri Padang. Padang
- Warsani, Hengki. 2013. Kajian Pemanfaatan Lahan Sawah di Kecamatan Kuantan Tengah Kabupaten Kuantan Singingi. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung
- Yaws, Carl L. 1999. *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw-Hill. New York