

PRA RANCANGAN PABRIK *METHYL ESTER* DARI MINYAK JARAK
DENGAN METODE ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI
KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN



SKRIPSI PRA RANCANGAN PABRIK

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

NINING ARFANI ANGRAENI 431 21 038

ZULKHAERANI 431 21 051

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG
PANDANG MAKASSAR

2025

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

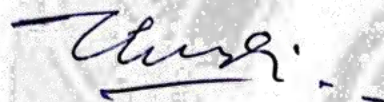
Skripsi dengan judul “ **Pra Rancangan Pabrik *Methyl Ester* dari Minyak Jarak dengan metode Ester-Transesterifikasi Kapasitas 17.000 Ton/Tahun**” oleh Nining Arfani Angraeni, Nim 43121038 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Empat (D-4) pada jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 2025

Mengesahkan

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Zulman Wardi, M.si
Nip.19621101 199103 1 003



Ir. Yuliani HR, ST., M.Eng
Nip.19730409 200312 2 002

Mengetahui

Koordinator Program Studi

D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan

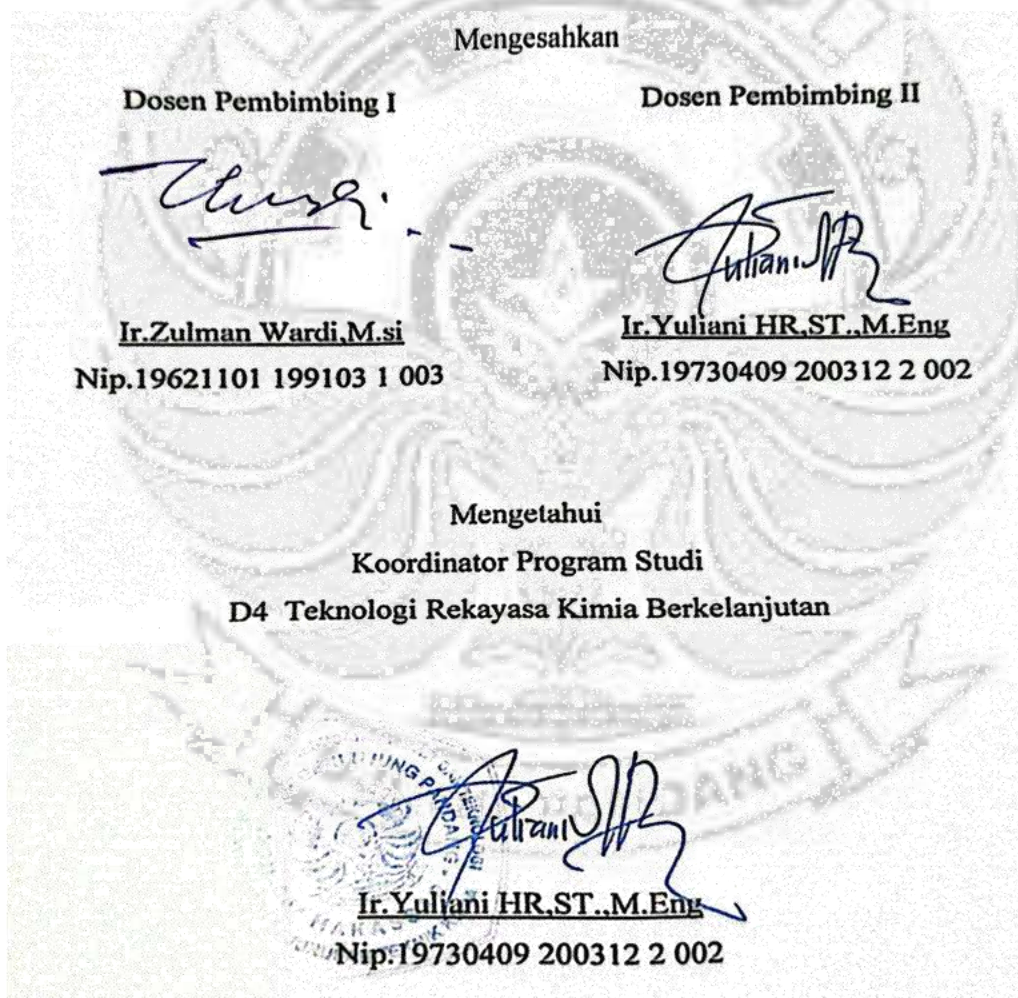


Ir. Yuliani HR, ST., M.Eng
Nip.19730409 200312 2 002

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “ **Pra Rancangan Pabrik *Methyl Ester* dari Minyak Jarak dengan metode Ester-Transesterifikasi Kapasitas 17.000 Ton/Tahun**” oleh Zulkhaerani, Nim 43121051 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Empat (D-4) pada jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Oktober 2025



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAN	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
SURAT PERNYATAAN	xvi
SURAT PERNYATAAN	xvii
DAFTAR SIMBOL,SATUAN,DAN SINGKATAN	xviii
RINGKASAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Pabrik	4
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	10
1.4 Tinjauan Pustaka	14
BAB II DESKRIPSI PROSES	21
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	21
2.2 Uraian Proses.....	23
BAB III NERACA MASSA	28
3.1 Neraca Massa Degummer (DG-101).....	28
3.2 Neraca Massa Rotary Vakum Filter (RVF-101).....	29
3.3 Neraca Massa Evaporator (EV-101)	29
3.4 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi (R-101)	29
3.5 Neraca Massa Dekanter (DC-101)	30
3.6 Neraca Massa Evaporator (EV-102)	30
3.7 Neraca Massa Mixer (M-101)	30
3.8 Reaktor Transesterifikasi (R -102).....	31
3.9 Neraca Massa Dekanter (DC-102)	31

3.10 Neraca Massa Evaporator.....	31
BAB IV NERACA PANAS	33
4.1 Neraca Panas Heater (HE-101)	33
4.2 Neraca Panas Evaporator (EV-101)	34
4.3 Neraca Panas Heater (HE-102)	34
4.4 Neraca Panas Reaktor Esterifikasi (R-101).....	34
4.5 Neraca Panas Dekanter (DC-101)	34
4.6 Neraca Panas Evaporator (EV-102)	35
4.7 Neraca Panas Heater (HE-103)	35
4.8 Neraca Panas Reaktor Transesterifikasi (R-102)	35
4.9 Neraca Panas Dekanter (DC-102)	36
4.10 Neraca Panas Evaporator (EV-103)	36
4.11 Neraca Panas Heater (HE-103)	36
BAB V SPESIFIKASI ALAT	37
5.1 Silo Penampungan Bentonit	37
5.2 Gudang NaOH.....	37
5.3 Tangki Penampungan Minyak Jarak	38
5.4 Tangki Penampungan H ₃ PO ₄ 85%.....	38
5.5 Tangki Penampungan CH ₃ OH 89%	39
5.6 Tangki Penampungan HCL 37%.....	39
5.7 Tangki Penampungan Gliserol	40
5.8 Tangki Penampungan Metil Ester	40
5.9 Tangki Degumming.....	41
5.10 Rotary Drum Vakum Filter	42
5.11 Evaporator -101.....	42
5.12 Evaporator -102.....	44
5.13 Evaporator-103.....	45
5.14 Reaktor Esterifikasi	47
5.15 Reaktor Transesterifikasi	48
5.16 Dekanter -101	50
5.17 Dekanter – 102	52

5.18 Tangki Pencampur.....	53
5.19 Heater – 101	54
5.20 Heater – 102	55
5.21 Heater – 103	56
5.22 Heater – 104	57
5.23 Bucket Elevator – 101	58
5.24 Bucket Elevator – 102	59
5.25 Pompa.....	60
BAB VI UTILITAS.....	64
6.1 Kebutuhan Steam.....	64
6.2 Kebutuhan Air	64
6.3 Kebutuhan Listrik.....	71
6.4 Kebutuhan Bahan Bakar.....	72
6.5 Pengolahan Limbah.....	72
BAB VII INSTRUMEN DAN KESELAMATAN KERJA.....	74
7.1 Instrumentasi	74
7.2 Keselamatan Kerja.....	78
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI.....	88
8.1 Bentuk Perusahaan	88
8.2 Struktur Organisasi.....	90
8.3 Tugas dan Wewenang	93
8.4 Pengaturan Jam Kerja.....	98
8.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji.....	102
8.6 Status Karyawan dan Sistem Penggajian Karyawan.....	105
8.7 Fasilitas dan Hak Karyawan.....	106
8.8 Klasifikasi Karyawan	108
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	110
9.1 Lokasi Pabrik.....	110
9.2 Tata Letak Pabrik	115
9.3 Tata Letak Alat Proses	119

BAB X ANALISIS EKONOMI	123
10.1 <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	123
10.2 <i>Total Production Cost</i> (TPC)	124
10.3 Laba/Keuntungan.....	125
10.4 <i>Break Event Point</i> (BEP).....	125
10.5 <i>Pay Out Time</i> (POT).....	126
10.6 <i>Rate of Investment</i> (ROI).....	126
BAB XI KESIMPULAN	128
DAFTAR PUSTAKA.....	130



PRA RANCANGAN PABRIK *METHYL ESTER* DARI MINYAK JARAK
DENGAN METODE ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI
KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Prarancangan pabrik *Methyl ester* dari Minyak Jarak Dengan Metode Ester-Transesterifikasi Kapasitas 17.000 Ton/Tahun. Pabrik ini diharapkan akan menghasilkan *methyl ester* untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Pembuatan *methyl ester* dilakukan dengan menggunakan 2 metode yakni esterifikasi dan transesterifikasi. Proses esterifikasi dan transesterifikasi direncanakan akan beroperasi pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk dengan masing – masing hasil konversi 92% dan 98% *methyl ester*.

Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan bentuk organisasi type garis dan staff dimana jumlah karyawan 162 orang. Pabrik beroperasi selama 24 jam tiap hari, dan 330 hari tiap tahun dengan pembagian jam kerja dilakukan berdasarkan sistem shift untuk karyawan operasional. Hasil perhitungan analisa ekonomi menunjukkan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 35.731.298.113, 34/ tahun, *Break Event Point* (BEP) pada 30% ROI sebesar 21% dan POT 3,2 tahun

Berdasarkan hal tersebut maka Prarancangan pabrik *Methyl ester* dari Minyak Jarak Dengan Metode Ester-Transesterifikasi Kapasitas 17.000 Ton/Tahun ini cukup layak dan dapat dilanjutkan ketahap perancangan sesuai prosedur yang telah direncanakan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam baik yang terbarukan maupun yang tidak terbarukan namun sangat bergantung terhadap bahan bakar minyak. Minyak bumi dan Batubara yang berasal dari fosil merupakan salah satu sumber daya alam strategis tidak terbarukan dan merupakan komoditas vital yang mempunyai peranan penting Dalam memenuhi konsumsi energi bahan bakar minyak di Indonesia. Masyarakat Indonesia selama ini menggantungkan kebutuhan energi bahan bakar minyak (BBM) yang bersumber pada energi minyak bumi atau fosil. Padahal semakin hari kebutuhan energi fosil semakin meningkat sedangkan cadangan energi fosil/minyak bumi semakin berkurang. Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Laju konsumsi BBM tersebut diikuti dengan semakin menurunnya produksi minyak bumi dalam negeri.

Usaha-usaha untuk mencari dan mengembangkan sumber bahan bakar alternatif terus dilakukan. Salah satunya adalah metil ester sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel. Metil ester atau biasa disebut dengan biodiesel merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui, karena terbuat dari minyak tumbuhan (minyak nabati) melalui proses esterifikasi/transesterifikasi. Metil ester mempunyai keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi yang lain

yaitu metil ester lebih mudah ditransportasikan, memiliki kerapatan energi per volume yang tinggi, biaya produksi rendah, dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk minyak tidak mengering (*non-drying oil*), dan mampu mengurangi emisi karbondioksida. Metil ester bersifat ramah lingkungan karena emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan minyak diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah dan angka setana antara 57-62, terbakar sempurna dan tidak beracun (EBTKE ESDM, 2019)

Metil ester merupakan kandidat yang paling dekat untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia, karena metil ester merupakan bahan bakar terbarukan yang dapat menggantikan diesel *petroleum* di mesin sekarang ini. Berdasarkan data *Automotive Diesel Oil*, konsumsi bahan bakar minyak Indonesia telah melebihi produksi dalam negeri sejak tahun 1995. Fakta lain juga menyebutkan, bahwa Indonesia sudah menjadi importir minyak (solar) dari tahun 2005.

Hal yang serupa juga sudah sejak lama diperkirakan oleh pengamat energi bahwa sektor minyak bumi Indonesia akan mengalami stagnasi dalam memproduksi minyak mentah sebagai akibat meningkatnya kebutuhan energi dalam negeri. Itulah sebabnya masih dalam kaitan ini, diversifikasi merupakan tujuan dari kebijakan energi Indonesia dalam jangka panjang. Salah satu upaya diversifikasi tersebut adalah meningkatkan produksi dan pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan untuk dimanfaatkan di dalam negeri maupun untuk ekspor. Ilmu pengetahuan yang semakin maju, pengembangan dan teknologi dalam penggunaan

motor diesel pada industri sangat membantu dalam menangani permasalahan energi. Salah satu cara untuk tetap bisa memenuhi kebutuhan akan sumber daya energi/ bahan bakar yaitu dengan mengembangkan energi alternatif. Penggunaan energi alternatif seperti biodiesel merupakan salah satu solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan ini.

Kebutuhan akan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat, maka dari itu perlu adanya alternatif untuk memenuhi kebutuhan BBM yang semakin meningkat, dengan adanya alternatif diharapkan kebutuhan akan BBM dalam hal ini adalah diesel akan terpenuhi. Ada beberapa keuntungan penggunaan metil ester, yaitu penggunaannya pada mesin diesel dapat mengurangi hidrokarbon yang tak terbakar, karbon monoksida, dan partikulat kasar seperti karbon dan debu. Metil ester dapat juga memperpanjang umur mesin karena lebih berpelumas dibanding *petrodiesel* dengan relatif tidak mempengaruhi konsumsi bahan bakar, *auto ignition*, daya keluaran dan torsi mesin pada lingkungan akuatik metil ester mampu terdegradasi antara 85,5% sampai 88,5% sama seperti gula atau *dextrose*, sedangkan solar hanya mampu 26,24%. Selain aman dibawa dan disimpan seperti petrodiesel, biodiesel dapat digunakan secara murni atau dicampur dengan petrodiesel dalam berbagai rasio.

Semakin besar komposisi biodiesel pada campuran dengan petrodiesel, semakin berkurang pula emisi gas buang yang dihasilkan. Mengingat kebutuhan akan Bahan Bakar Minyak (BBM) Indonesia yang meningkat, maka perlu alternatif untuk memenuhinya. Sehingga diharapkan kebutuhan akan BBM dalam hal ini adalah diesel akan terpenuhi.

1.2 Kapasitas Prarancangan

Penentuan kapasitas Prarancangan pabrik metil ester (biodiesel) ini ditentukan dengan beberapa pertimbangan yaitu kebutuhan metil ester (biodiesel) di Indonesia, ketersediaan bahan baku dan kapasitas pabrik yang telah ada.

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

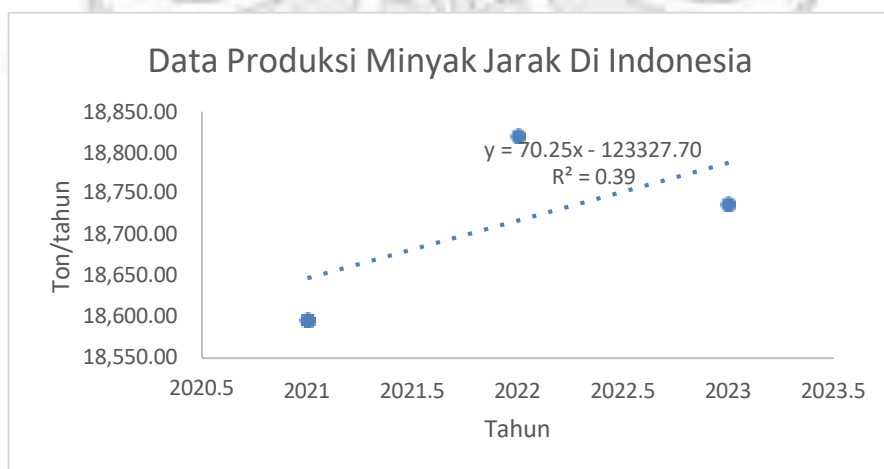
Data produksi minyak jarak di Indonesia dalam 3 tahun terakhir. Data ini digunakan untuk memperkirakan produksi minyak jarak pada tahun 2030 mendatang

Tabel 1.1 Data Produksi Minyak Jarak di Indonesia

Tahun	Jumlah Produksi Minyak Jarak (Ribuan/Tahun)
2021	18.597,50
2022	18.891,90
2023	18.737,00

Sumber :kementrian ESDM

Berdasarkan data Tabel 1.1 dibuat grafik hubungan antara produksi minyak jarak taun 2021-2023 di Indonesia diilustrasikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Data Produksi Minyak Jarak Di Indonesia

Analisis perhitungan menggunakan persamaan regresi linier pada Gambar didapatkan Jumlah Produksi (Y) = 69,75*X – 122292 Nilai X adalah tahun. Prediksi produksi minyak jarak pada tahun 2030, menggunakan persamaan 1.1.

keterangan

a : slope

b : intercept

x = tahun yang diprediksi (2030)

$$y = ax + b \quad (1.1)$$

Hasil perhitungan ditunjukkan pada persamaan (1.2)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Produksi (Y)} &= 70,25X - 123327,70 \quad (1.2) \\ &= 70,25(2030) - (123327,70) \\ &= 19.279,80 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Nilai Rsquare (R^2) < 0,9 maka nilai perhitungan kapasitas tahun 2030 tidak dapat digunakan sehingga perhitungan selanjutnya menggunakan metode *discounted*

1.2.2 Kapasitas Pabrik yang Telah Ada

Dalam penentuan kapasitas pabrik, hal penting yang harus diperhatikan selain ketersediaan bahan baku adalah kapasitas pabrik yang telah ada. Hal ini digunakan memperkirakan kapasitas pendirian pabrik agar tidak terlalu jauh berbeda dari kapasitas pabrik yang telah ada.

Tabel 1.2 Data Perusahaan Metil Ester di Indonesia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (KL)
Cemerlang Energi Perkasa	Riau	449.753
Wilmar Bioenergi Indonesia	Riau	844.949
Pelita Agung Agrindustri	Riau	145.396

Lanjutan Tabel 1.2 Data Perusahaan Metil Ester di Indonesia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas
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 Hijau Palm Oleo	Medan	261.183
Total Pulau Sumatra		3.805.913
Total Pulau Lainnya		2.865.975
Total Indonesia		6.671.888

1.2.3 Kapasitas Produksi

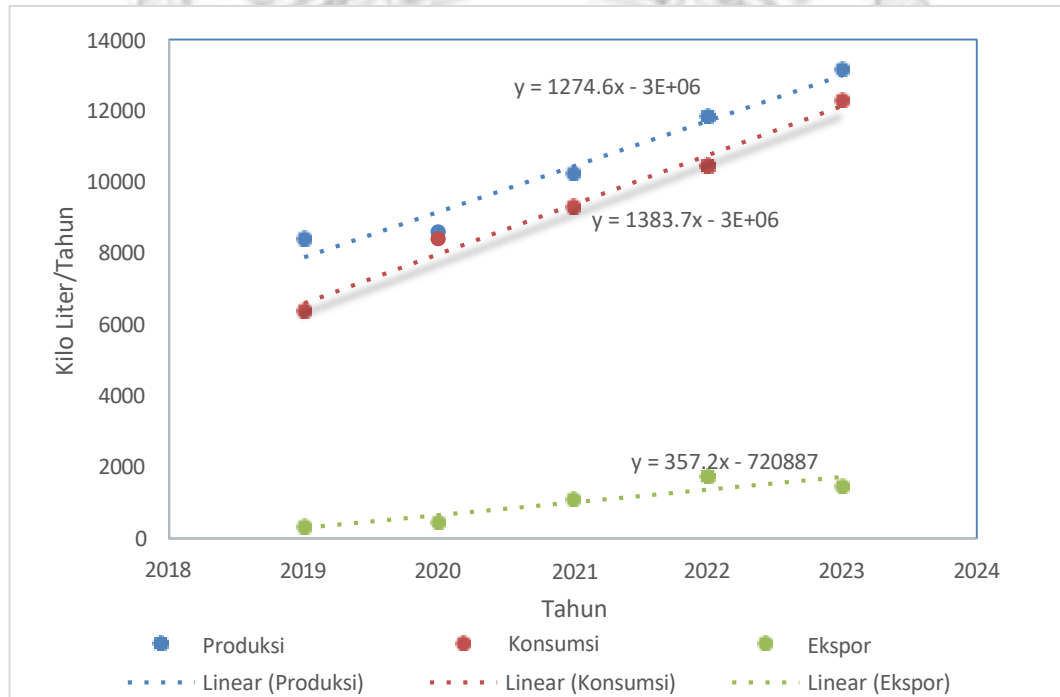
Belakangan ini kebutuhan energi BBM di Indonesia semakin meningkat, tetapi kebutuhan yang meningkat tidak diimbangi dengan adanya peningkatan dari segi energi. Karena masyarakat Indonesia hanya menggantungkan kebutuhan energi BBM yang bersumber dari fosil. Padahal, cadangan energi fosil di Indonesia dan dunia semakin hari semakin berkurang. Diperkirakan minyak bumi di Indonesia dengan tingkat konsumsi yang tinggi akan habis dalam waktu 10-15 tahun lagi. Fakta lain menyebutkan, bahwa Indonesia sudah menjadi importir minyak (solar) dari tahun 2005 (Susilo, 2006). Penggunaan metil ester sebagai sumber energi, menuntut untuk segera direalisasikan. Mengingat energi fosil pada masa yang akan datang, Metil ester mempunyai keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi yang lain. Bahan bakar alternatif dari metil ester diprediksikan menjadi pilihan utama untuk menggantikan minyak bumi yang semakin menipis.

Tabel 1.3 Data Ekspor, Konsumsi dan Produksi Metil Ester di Indonesia

Tahun	Ekspor (kL/tahun)	Produksi (kL/tahun)	Konsumsi (kL/tahun)
2019	329.000	8.339.000	6.396.000
2020	447.000	8.594.361	8.400.480
2021	1.087.000	10.240.461	9.294.000
2022	1.739.000	11.836.837	10.449.720
2023	1.459.456	13.151.193	12.290.120

Sumber : Kementrian ESDM (2023)

Berdasarkan data Tabel 1.3 maka diperoleh grafik hubungan antara Ekspor, produksi dan konsumsi metil ester di Indonesia setiap tahun.



Gambar 1.2 Perolehan Data Ekspor, Produksi dan Konsumsi Metil Ester di Indonesia

Pendirian metil ester di tahun 2030 ditentukan menggunakan metode pertumbuhan rata-rata pertahun (metode *discounted*) Pada persamaan 1.3 (Untuk Kapasitas pabrik baru pada tahun 2030 dapat diperkirakan menggunakan

persamaan (1.4)

$$m = P (1 + I)^n \quad (1.4)$$

Keterangan :

m : jumlah produk pada tahun yang
diperhitungkan

P : jumlah produk pada tahun terakhir yang
diketahui (ton/tahun)

i : rata- rata pertumbuhan pertahun (%)

n : selisih tahun

Sehingga ,

Perkiraan Ekspor pada tahun 2030 sebagai berikut:

$$m_1 = 1.469.456 (1 + (26,10\%))^{2030-2023}$$

$$m_1 = 7.450.102 \text{ kL/Tahun}$$

Perkiraan Produksi pada tahun 2030 sebagai berikut:

$$m_2 = 13.151.193 (1 + (12,22\%))^{2030-2023}$$

$$m_2 = 29.475.216,37 \text{ kL/Tahun}$$

Perkiraan Konsumsi pada tahun 2030 sebagai berikut:

$$m_3 = 12.290.120 (1 + (14,87\%))^{2030-2023}$$

$$m_3 = 32.434.146,26 \text{ kL/Tahun}$$

Peluang kapasitas produksi pabrik metil ester pada tahun dapat di tentukan
menggunakan Persamaan (1.5)

$$m_4 = m_2 - (m_3 + m_1) \quad (1.5)$$

Keterangan

M1 : Nilai Ekspor pada tahun 2030

M2 : Nilai Produksi pabrik tahun 2030

M3 : Nilai Konsumsi pada tahun 2030

M4 : Kapasitas pabrik yang

akan didirikan Sehingga

$$M4 = m2 - (m3 + m1)$$

$$M4 = 29.475.21,37 - (32.434.146,26 + 29.475.21,37)$$

$$M4 = 10.409.031 \text{ kL/Tahun}$$

Perhitungan diperoleh peluang kapasitas prarancangan pabrik metil ester di tahun 2030 sebesar 10.409.031 kL/Tahun atau setara dengan 10.242.486,5Ton/Tahun.

Berdasarkan data peluang kapasitas dengan ketersediaan bahan baku (minyak Jarak) maka direncanakan kapasitas produksi 17.000 ton/tahun metil ester.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi pendirian pabrik Metil ester dapat kita lihat pada gambar 1.3



Gambar 1.3 Lokasi Pabrik Metil Ester Sumber : Google Maps 2024

Pemilihan dan penentuan letak suatu pabrik dalam perancangan pabrik akan mempengaruhi kemajuan serta kelangsungan suatu industry, karena hal tersebut menyangkut faktor produksi dan besarnya keuntungan yang dihasilkan serta perluasan dimasa yang akan datang. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat karena akan memberikan kontribusi yang sangat penting baik dalam segi teknis maupun segi ekonomis. Berdasarkan pertimbangan – pertimbangan tertentu, pabrik Biodiesel yang direncanakan akan didirikan di daerah Sidoarjo, Jawa Timur. Pemilihan lokasi pabrik ini didasarkan pada beberapa faktor antara lain:

a. Pemasaran

Metil ester merupakan bahan yang dapat dipasarkan langsung ke masyarakat, yaitu berupa metil ester murni ataupun dijual ke produsen lainnya untuk kemudian dijual sebagai produk campuran minyak solar dan biodiesel dengan perbandingan tertentu.

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan lokasi pemasaran. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai pemasaran:

- Daerah pemasaran produk
- Jumlah pesaing (*competitor*) yang ada dan pengaruhnya
- Kemampuan daya serap pasar
- Jarak pemasaran dari lokasi pabrik
- System pemasaran yang digunakan

b. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku merupakan modal utama pendirian suatu pabrik, dengan

lokasi pabrik yang berjarak cukup dekat dengan ibu kota provinsi, sehingga dapat diperkirakan bahan baku yang tersedia cukup banyak. Suatu pabrik sebaiknya dibangun di daerah yang dekat dengan lokasi sumber bahan baku untuk memudahkan pengadaan dan transportasi dari bahan baku. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan.

- Jarak bahan baku dengan pabrik
- Kapasitas dari bahan baku yang ada di sumber
- Penanganan dari bahan baku
- Kemungkinan memperoleh bahan baku dari sumber yang lain

c. Kondisi Iklim

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai kondisi iklim:

- Keadaan lingkungan alam yang sulit akan menambah biaya konstruksi pembangunan pabrik
- Kecepatan dan arah angin
- Kemungkinan terjadinya gempa bumi
- Pengaruh alam sekitar terhadap perluasan pada masa mendatang

d. Sumber Air

Lokasi yang dipilih merupakan Kawasan yang luas dipinggir kota sehingga masih tersedia lahan yang cukup luas. Selain itu terdapat pula sumber air yang cukup banyak serta sarana dan prasarana transportasi dan listrik. Air merupakan komponen yang sangat penting bagi pihak industri. Air digunakan sebagai media pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Kebutuhan air di pabrik dapat diperoleh melalui dua sumber yaitu:

- Sumber langsung yaitu air sungai atau air tanah
- Instalasi penyediaan air

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air:

- Kapasitas dari sumber air
- Kualitas dari sumber air
- Jarak sumber air dari lokasi pabrik
- Pengaruh musim terhadap kemampuan sumber air untuk menyediakan air sesuai dengan kebutuhan rutin pabrik
- Polusi air tidak boleh melebihi ambang batas yang ditetapkan

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Minyak Jarak

Jarak pagar, termasuk dalam family Euphorbiaceae, satu keluarga dengan karet dan ubi kayu. Genus *Jatropha*, spesies *Jatropha curcas* Lin. Jarak pagar (*jatropha curcas*) tumbuh di dataran rendah sampai ketinggian sekitar 500 mdpl. Namun tanaman ini dapat tumbuh pada daerah dengan curah hujan antara 300-2380 mm/tahun. Mulai berbuah umur 1 tahun dengan usia produktif 50 tahun. Satu hektar lahan dapat ditanami 2500 Tanaman jarak agar (*jatropha curcas*).

Tabel 1.4 Komponen Penyusun Minyak Jarak

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

Sumber : Gunstone(1997)

Tabel 1.5 Komposisi asam lemak dalam minyak jarak

Tipe Asam Lemak	Presentase (%)
Asam Laurat	0,2
Asam Miristas	1,1
Asam Palmitat	44

Lanjutan Tabel 1.5. Komposisi asam lemak dalam minyak jarak

Tipe Asam Lemak	Presentase (%)
Asam Kaprat	-
Asam Kaprilat	-
Asam Stereat	4,5
Asam Oleat	39,2
Asam Linoleat	10,2
Lainnya	0,8

Sumber : Kementrian perindustrian (2018)

Tabel 1. 6 Komposisi Bahan Kimia dari Biji, Kulit, dan Buah Jarak Pagar

Unsur	Biji	Kulit	Buah
Protein Kasar	22,22-27,2	4,3-4,5	56,4-63,8
Lemak	56,8-58,4	0,5-1,4	1,0-1,5
Abu	3,6-3,8	2,8-6,2	9,6-10,4
Serat detergen Netral	3,5-3,8	83,9-89,4	8,1-9,1
Serat detergen Asam	2,4-3,0	74,6-78,3	5,7-7,0
Lignin detergen Asam	0,0-0,2	45,1-47,5	0,1-0,4
Jumlah Energi	30,5-31,1	19,3-19,5	18,0-18,4

Sumber : (Trabi,1998)

Minyak jarak mempunyai rasa asam dan dapat dibedakan dengan trigliserida lainnya karena bobot jenis, viskositas dan bilangan asetil serta kelarutannya dalam alkohol yang nilainya relatif tinggi. Minyak jarak larut dalam etanol 95% pada suhu kamar serta pelarut organik polar dan sedikit larut dalam golongan hidrokarbon alifatis. Nilai kelarutan dalam petroleum eter relatif rendah sehingga dapat dibedakan dengan golongan trigliserida lainnya. Kandungan tokoferol kecil (0,05%), serta kandungan asam lemak esensial yang sangat rendah menyebabkan minyak jarak tersebut berbeda dengan minyak nabati lainnya. (Kateren,1986).

Asam lemak bebas pada biodiesel dapat beraksi dengan sisa katalis dan membentuk sabun, hal ini dapat menyebabkan terbentuknya abu saat pembakaran biodiesel. Bilangan asam yang diperoleh dalam ASTM D 664 tidak lebih dari 0,8 mg NaOH/g. Tabel 1.7 di atas merupakan komposisi asam lemak trigliserida di dalam minyak jarak pagar, dimana diketahui perbandingan C : D di setiap jenisnya dengan diketahui setiap konsentrasinya.

Tabel 1. 7 Parameter fisis dan kimia minyak jarak pagar

Parameter	Minyak Jarak Pagar
Densitas (g/cm ³)	0,920
Viskositas (cSt)	52
Titik nyala (°C)	110 – 240
Bilangan netralisir	0,92
Titik beku (°C)	2,0
Kandungan Energi (MJ/Kg)	39,6 – 41,8
Monoliserida, (%m/m)	Tidak ditemukan
Digliserida (%m/m)	2,7
Trigliserida (%m/m)	95,63
Air(%m/m)	0,2
Phosphatida (mg/kg)	0,07
Karoten (mg/kg)	0,03

Sumber: Gybitz, et al, 1999

1.4.2 Macam – Macam Proses Pembuatan Metil Ester

a. Mikroemulsifikasi

Mikroemulsifikasi merupakan pembentukan dispresi stabil secara termodinamis dari dua cairan yang tidak mudah larut. Proses ini berlangsung dengan satu atau lebih banyak surfaktan. Penurunan diameter dalam mikroemulsifikasi berkisar 100-1.000 Å. Suatu mikroemulsi minyak nabati dapat dilakukan dengan menggunakan pelarut metanol, etanol atau 1- butanol. Hal tersebut dikarenakan bahwa mikroemulsifikasi minyak nabati dan alkohol tidak dapat direkomendasikan untuk jangka panjang, terutama untuk mesin diesel dengan yang

diterapkan pada minyak nabati yang efisien.

Bahan bakar dari proses ini memproduksi tingkat pembakaran yang tidak sempurna, membentuk deposit karbon dan meningkatkan kekentalan minyak pelumas. Mikroemulsifikasi menunjukkan nilai pemanasan volumetrik yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel hidrokarbon akibat kandungan alkoholnya yang tinggi.

b. Pirolisis

Pirolisis merupakan reaksi dekomposisi termal. Biasanya berlangsung tanpa oksigen. Pirolisis minyak nabati biasanya menggunakan garam logam sebagai katalis. Proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan *centane number* yang tinggi. Namun, menurut standar baku mutu biodiesel yang semakin ketat, viskositas biodiesel yang dihasilkan dengan pirolisis dianggap terlalu tinggi dan karakteristik titik tuang yang rendah. Abu dan residu karbon yang dihasilkan dari proses tersebut jauh melebihi nilai diesel fosil. Selain itu, sifat aliran dingin dari minyak nabatinya juga buruk (Hidayat, 2009).

c. Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi antara metanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis asam yang sering digunakan adalah asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl). Reaksi esterifikasi tidak hanya mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester tetapi juga menjadi trigliserida walaupun dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa. Faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi adalah jumlah pereaksi, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Metil ester hasil reaksi esterifikasi harus bebas air dan sisa katalis

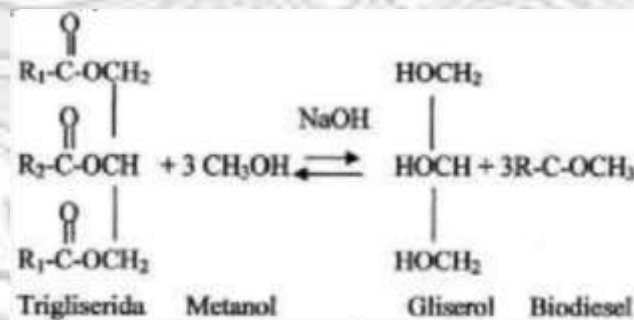
sebelum reaksi transesterifikasi. Reaksi Esterifikasi dapat dilihat sebagai berikut (katalis asam):



Asam lemak bebas + Metanol $\rightleftharpoons$ Metil Ester + Air

d. Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol yang menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters/FAME*) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Jenis katalis yang biasa digunakan antara seperti Natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dengan metanol digambarkan sebagai berikut



Gambar 1.4 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang berjalan tiga tahap dan *reversible* (bolak-balik) dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai intermediate. Reaksi stoikiometris membutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol. Alkohol digunakan secara berlebih untuk meningkatkan *yield alkyl ester* dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk.

(Freedman, 1987).

Pengetahuan mengenai reaksi transesterifikasi diperlukan untuk mencapai model kinetik yang bertujuan untuk menurunkan model matematik dari laju reaksi transesterifikasi. Laju reaksi transesterifikasi dan *yield* biodiesel dipengaruhi beberapa kondisi seperti perbandingan mol alkohol dan minyak, temperatur, dan presentasi katalis. Faktor kinetik lain seperti jenis pengadukan dan jenis reaktor juga mempengaruhi laju reaksi (Veljkovic, Vlada B., et al, 2011).

e. Ultrasonik

Ultrasonik merupakan metode pembuatan biodiesel dengan bantuan gelombang suara dimana frekuensi yang diperlukan antara 20 – 100 MHz, yang dapat memberikan energi mekanik dan aktivasi pada proses reaksi dalam reaktor. Waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan metil ester dengan metode ultrasonik lebih singkat di banding metode konvensional dan perbandingan molar bahan baku dengan metanol. Namun keberadaan katalis menyebabkan reaksi penyabunan dan tertinggal dalam biodiesel serta gliserol, sehingga membutuhkan proses pemurnian. Selain itu, gelombang suara yang digunakan jauh di atas batas frekuensi yang dapat didengar oleh manusia, yaitu 16–18 kHz (Buchori, 2015).

f. Bantuan Katalis Biologis

Pengembangan katalis biologis dalam proses pembuatan biodiesel dilakukan untuk mengurangi energi proses dan menghilangkan senyawa pengotor yang ikut dalam biodiesel kasar, seperti gliserol, air, katalis alkalis, dan sabun dari proses transesterifikasi. Beberapa katalis biologis yang sedang dikembangkan diantaranya *Candida antartica* B, *Rizhomucor meihei*, dan *Pseudomonas cepacia*. Penggunaan katalis biologis dalam proses pembuatan

biodiesel akan menambah biaya produksi karena harganya yang mahal (Susanty, 2013).

Katalis yang digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu enzim lipase, dimana menggunakan prinsip *Log and Key*. Penggunaan enzim terjadi dalam reaktor dimana sisi aktif enzim menempel dengan substratnya, berupa trigliserida dengan media air. Setelah menempel, akan terbentuk enzim substrat – kompleks, dengan kemudai ikatan akan terlepas dengan membentuk produk berupa digliserida dan asam lemak. Pembentukan produk diikuti dengan sisi aktif enzim dan substrat yang terlepas karena tidak lagi sama dengan sisi sebelum reaksi. Hal tersebut berulang sampai tiga rantai asam lemak pada trigliserida berubah menjadi gliserol dengan melepaskan tiga asam lemak

g. Pemanasan dengan *Microwave*

Pemanasan dengan *microwave* merupakan metode pembuatan biodiesel dengan menggunakan bantuan gelombang mikro untuk mengatasi permasalahan pembuatan biodiesel secara konvensional, dimana pemanasan secara konvensional bergantung pada konduktivitas bahan, panas spesifik dan densitas bahan. Selain itu, pada pemanasan konvensional tidak merata meskipun dengan pengadukan, serta boros energi karena membutuhkan waktu reaksi berjam – jam. Pada pemanasan dengan *microwave*, menggunakan medan elektromagnetik dimana muncul tumbukan antar molekul yang menimbulkan panas reaksi sehingga pemanasan berlangsung dengan cepat (Buchori, 2015). Metode pemanasan dengan *microwave* menghasilkan biodiesel dengan waktu yang sangat singkat dengan *persentase yield* yang tinggi. Produk samping yang dihasilkan juga hanya sedikit. Namun

pembuatan biodiesel dengan metode pemanasan dengan *microwave* sulit dikembangkan dalam industri karena keamanannya yang belum terjamin, serta *maintenance* pada reaktor didalam *microwave*.

BAB XI

KESIMPULAN

Hasil analisis pada Pra Rancangan Pabrik *Methyl Ester* dari Minyak Jarak Dengan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi kapasitas 17.000 Ton/Tahun diperoleh kesimpulan,yaitu:

1. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produksi 17.000 ton/tahun.
 2. Proses yang dipilih untuk pembuatan metil ester yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan konversi 98%.
 3. Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan metil ester adalah minyak jarak.
 4. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah Sidoarjo, Jawa Timur. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 162 orang yang terdiri dalam 2 kategori yaitu karyawan *shift* dan *non shift*.
 5. Hasil analisis ekonomi diperoleh adalah sebagai berikut:
 - Laba Bersih = Rp 35.7131.298.113,34
 - *Pay Out Time* (POT) = 3.2 tahun
 - *Break Event Point* (BEP) = 30 %
1. Berdasarkan hasil pertimbangan dari data diatas maka dapat disimpulkan

bahwa pada Pra Rancangan Pabrik Metil Ester dari Minyak Jarak Dengan Metode Ester-Transesrterifikasi kapasitas 17.000 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 $\text{NiO}/\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ dan $\text{NiMo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. 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 Spesification 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*. Kharagfur.
- 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 Transesifikasi. 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 Appication*. 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

