

**SKRIPSI**

**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK  
JARAK PAGAR DAN METHANOL DENGAN PROSES  
TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**



**Disusun Oleh :**

**Riska Oktiana Kusumawardani  
24180321D**

**Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Setia Budi Surakarta**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SETIA BUDI  
SURAKARTA  
2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK  
DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 15.000  
TON/TAHUN**

**Oleh:**

**RISKA OKTIANA KUSUMAWARDANI**


**24180321D**


Telah disetujui oleh Pembimbing

Pada tanggal 23 Januari 2024

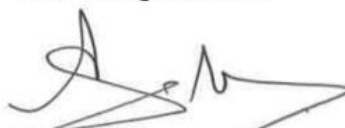
Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng  
NIS.01199601032053

  
Argoto Mahayana, S.T., M.T  
NIS.01199906201069

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

  
Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng  
NIS.0119960103205

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK  
DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 15.000  
TON/TAHUN**

**Oleh:**

**RISKA OKTIANA KUSUMAWARDANI**

**24180321D**

Telah Dipertahankan didepan penguji

Pada tanggal *23 Januari 2024*

Penguji 1 : Ir. Sumardiyono, M.T  
Penguji 2 : Gregorius Prima Indra B., S.T.,M.Eng  
Penguji 3 : Argoto Mahayana, S.T., M.T  
Penguji 4 : Dewi Astuti Herawati, S.T.,M.Eng



Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Setia Budi

Dr. Drs. Suseno, M.Si  
NIS.01199408011044

Ketua Program Studi  
S1Teknik Kimia

Dewi Astuti Herawati, S.T.,M.Eng  
NIS.01199601032053

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Ketika aku melibatkan Allah SWT dalam semua rencana dan impianku, dengan penuh keikhlasan dan keyakinan, aku percaya tidak ada yang tidak mungkin untuk diraih”

Allahumma yassir walaa tu'assir. “Ya Allah mudahkanlah dan janganlah Engkau persulit.”

“Kita harus berarti untuk diri kita sendiri terlebih dahulu, sebelum kita menjadi orang yang berharga bagi orang lain”

(Ralph Waldo Emerson)

Allah SWT karena hanya atas izin dan karuniaNya maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai pada waktunya. Puji syukur yang tak terhingga pada Allah SWT penguasa alam yang meridhoi dan mengabulkan segala do'a.

Bapak dan Ibu saya, yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tidak ada kata yang seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusyuk selain do'a yang terucap dari orang tua.

Adik saya Raista, yang juga sedang menempuh pendidikan. Terima kasih semangat dan do'a, semangat kita. *It's the little things you do that makes me love you.* Tumbuhlan menjadi versi paling hebat.

Bapak dan Ibu Dosen pembimbing, penguji, dan pengajar yang selama ini telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan pelajaran yang tidak ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik. Terima kasih banyak terkhususnya pembimbing saya, Bapak Argoto Mahayana S.T., M.T dan Ibu Dewi Astuti Herawati S.T., M.Eng jasa kalian akan selalu terpatri dihati saya.

Sahabat dan teman saya, teknik kimia 2018 Nadia, Ulfa, Devia, dll, Terimakasih banyak untuk bantuan dan kerja samanya selama ini, serta semua pihak yang membantu selama penyelesaian Skripsi ini. Buat Antonia dan Afia soon S.T, serta Mbak Musdhalifah Fitria Djaeni S.T sekali lagi terima kasih selama ini atas tumpangan kost, jalan bareng, nangis bareng, ketawa bareng, nribun bareng, yang bisa membuatku senang dan semangat.

Dan yang terakhir kupersembahkan Skripsi ini teruntuk manusia yang selalu bertanya “Kapan Skripsimu selesai ?, Kapan Kamu Wisuda?, Kapan Kamu Nyusul ?” dan sejenisnya. Kalian adalah alasanku segera menyelesaikan tugas akhir ini.

*Kupersembahkan untuk Almamaterku*

*“Universitas Setia Budi”*

## PERNYATAAN

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

Apabila skripsi ini terdapat jiplakan dari penelitian/karya ilmiah/skripsi orang lain, maka saya siap menerima sanksi, baik secara akademis maupun hukum.

Surakarta, 23 Januari 2024

Riska Oktiana Kusumawardani

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis ucapkan kehadirat Allah SWT karena atas izin dan limpahkan rahmat serta kasih sayang-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi saya yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Biodiesel Dari Minyak Jarak Dengan Proses Transesterifikasi Dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun”**.

Skripsi ini bertujuan untuk membantu pemerintah dalam menemukan mencari pengganti bahan bakar fosil yang ramah lingkungan agar bahan bakar fosil yang tersedia tidak akan habis dengan mempertimbangkan bahan baku, proses, dan limbah yang dihasilkan tetap aman tidak menimbulkan masalah baru.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dewi Astuti Herawati, S.T.,M.Eng sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Argoto Mahayana, S.T.,M.T sebagai dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi masukan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Supriyono, S.T., M.T selaku Penasihat Akademis yang selalu memberikan bimbingan selama masa studi.
4. Teman-teman seperjuangan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh kesempurnaan, karena itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segala pihak.

Surakarta, Januari 2024

Riska Oktiana Kusumawardani  
(241803121D)

---

---

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
PERNYATAAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GRAFIK .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.1.1 Potensi Minyak Jarak Pagar ( <i>Jatropha</i> <i>Curcas</i> ) .....	3
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan .....	3
1.2.1 Kebutuhan Biodiesel .....	4
1.2.2 Kapasitas Minimal .....	7
1.3 Lokasi Pabrik .....	8
1.3.2 Faktor – Faktor Khusus .....	10
1.4 Faktor Pendukung .....	14
1.5 Proses Yang Dipilih .....	15
1.5.1 Mikroemulsifikasi .....	15
1.5.2 Pirolisis .....	15
1.5.3 Esterifikasi .....	15

	1.5.4. Transesterifikasi .....	16
	1.5.5 Ultrasonik .....	17
	1.5.6 Bantuan Katalis Biologis .....	17
	1.5.7 Pemanasan Dengan <i>Microwave</i> .....	18
1.6	Tinjauan Pustaka .....	20
	1.6.1 Sifat Fisika dan Kimia .....	20
	1.6.2 Kinetika Reaksi.....	21
1.7	Tinjauan Termodinamika .....	21
1.8	Tinjauan Kinetika .....	23
<b>BAB II</b>	<b>SPESIFIKASI BAHAN</b> .....	<b>25</b>
2.1	Spesifikasi bahan baku .....	25
	2.1.1 Minyak jarak .....	25
	2.1.2 Meitanol .....	25
2.2	Spesifikasi bahan katalis.....	26
	2.2.1 NaOH .....	26
	2.2.2 Hidrogein Klorida .....	26
2.3	Spesifikasi produk .....	27
	2.3.1 Biodieisel .....	27
2.4	Spesifikasi Produk Samping.....	28
	2.4.1 Gliseirol.....	28
<b>BAB III</b>	<b>DESKRIPSI PROSES</b> .....	<b>30</b>
3.1	Uraian Proses .....	30
	3.1.1 Tahap persiapan Bahan Baku .....	30
	3.1.2 Tahap Pembentukan Produk.....	31
	3.1.3 Tahap Pemurnian Produk.....	31
<b>BAB IV</b>	<b>NERACA MASSA &amp; NERACA PANAS</b> .....	<b>35</b>
4.1	Neraca Massa.....	35
4.2	Neraca Panas .....	40
<b>BAB V</b>	<b>SPESIFIKASI ALAT</b> .....	<b>46</b>



---

<b>BAB VI</b>	<b>UTILITAS.....</b>	<b>65</b>
6.1	Unit Pendukung Proses (Utilitas) .....	65
6.1.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air Sungai ( <i>Waste Treatmen System</i> ).....	65
6.1.2	Air Sanitasi.....	66
6.1.3	Air umpan <i>Boiler</i> .....	67
6.1.4	Tahapan peingolahan air.....	68
6.2	Unit pengadaan air <i>steam</i> .....	70
6.3	Unit Pengadaan Tenaga Listrik .....	70
6.3.1	Listrik proses.....	70
6.3.2	Listrik Utilitas .....	71
6.3.3	Listrik peineirangan dan AC .....	72
6.3.4	Cadangan listrik.....	72
6.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	73
6.5	Unit Pengolahan Limbah .....	73
6.6	Unit Laboratorium .....	74
6.7	Utilitas .....	74
6.8	Unit Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	74
6.9	Alat Utilitas.....	75
6.10	Unit Air Pendingin.....	79
<b>BAB VII</b>	<b>MANAJEMEN PERUSAHAAN.....</b>	<b>81</b>
7.1	Organisasi Perusahaan .....	81
7.2	Bentuk Hukum Badan Usaha .....	81
7.3	Struktur Organisasi .....	82
7.4	Tugas dan Wewenang.....	84
7.5	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	91
7.6	Keselamatan dan kesehatan kerja .....	95
7.7	Lay Out Pabrik .....	98

---

BAB VIII ANALISIS EKONOMI .....	104
8.1 Perhitungan Biaya.....	106
8.1.1 <i>Total Fixed Capital Investment (FCI)</i> .....	106
8.1.2 <i>Working Capital</i> .....	106
8.1.3 <i>Manufacturing Cost</i> .....	107
8.1.4 <i>Geineiral Eixpeinseis</i> .....	108
8.2 Analisis Kelayakan.....	108
8.2.1 <i>Return On Investment (ROI)</i> .....	108
8.2.2 <i>Pay Ouit Timei (POT)</i> .....	109
8.2.3 <i>Breiak Eivein Point (BEiP)</i> .....	109
8.2.4 <i>Shuit Down Cash Flow (SDP)</i> .....	110
8.2.5 <i>Discouinteid Cash Flow (DCF)</i> .....	111
BAB IX KESIMPULAN.....	113
DAFTAR PUSTAKA.....	115

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta Pulau Sumba NTT .....	12
Gambar 2	Diagram Kualitatif .....	33
Gambar 3	Diagram Kuantitatif .....	34
Gambar 4	Neraca Massa Total .....	39
Gambar 5	Pengolahan Air dan Utilitas .....	80
Gambar 6	Struktur Organisasi .....	83
Gambar 7	Tata Letak Pabrik .....	102
Gambar 8	Lay Out Peralatan .....	103
Gambar 9	Diagram Alir Proses .....	114

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Data Produksi Biodiesel di Indonesia .....	4
Tabel 2	Data Import Biodiesel Di Indonesia.....	5
Tabel 3	Data Ekspor Biodiesel di Indonesia .....	6
Tabel 4	Kapasitas Pabrik Produksi Biodiesel di Indonesia.....	7
Tabel 5	Perbandingan Kondisi Proses.....	19
Tabel 6	Harga $\Delta H_f^O$ dan $\Delta G_f^O$ masing-masing komponen.....	21
Tabel 7	<i>Critical Properties</i> .....	40
Tabel 8	Kapasitas Panas Cairan .....	41
Tabel 9	Kapasitas Panas Cairan .....	41
Tabel 10	Viskositas Liquid .....	46
Tabel 11	Densitas <i>Liquid</i> .....	47
Tabel 12	Kebutuhan Air Pendingin.....	66
Tabel 13	Kebutuhan Air Sanitasi .....	67
Tabel 14	Kebutuhan Air <i>Steam</i> .....	68
Tabel 15	Kebutuhan Air Total .....	68
Tabel 16	Kebutuhan Listrik Proses .....	71
Tabel 17	Listrik Kebutuhan Utilitas.....	71
Tabel 18	Kebutuhan Listrik Total.....	72
Tabel 19	Jadwal pembagian kelompok <i>shift</i> minggu pertama .....	92
Tabel 20	Jadwal pembagian kelompok <i>shift</i> minggu ke dua .....	92
Tabel 21	Penggolongan gaji berdasarkan jabatan .....	93
Tabel 22	Rincian Lahan Pabrik.....	101

Tabel 23	<i>Chemical Plant Index Cost</i> .....	105
Tabel 24.	<i>Total fixed capital investment</i> .....	106
Tabel 25	<i>Working capital</i> .....	107
Tabel 26	<i>Manufacturing cost</i> .....	107
Tabel 27	<i>General expenses</i> .....	108
Tabel 28	<i>Fixed cost</i> .....	110
Tabel 29	<i>Variable cost</i> .....	110
Tabel 30	<i>Regulated cost</i> .....	110
Tabel 31	Analisis kelayakan ekonomi .....	113

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Produksi Biodiesel Di Indonesia.....	4
Grafik 2 Import Biodiesel di Indonesia.....	5
Grafik 3 Eksport Biodiesel di Indonesia .....	6
Grafik 4 Hubungan tahun dengan cost index .....	105
Grafik 5. Grafik BEP dan SDP.....	112

## ABSTRAK

Pra rancangan pabrik dengan kapasitas 15.000 ton/tahun akan direncanakan dibangun di Desa Kalena Wanno, Kecamatan Tambolaka, Kota Sumba Barat Daya, Provinsi NTT. Pabrik ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dengan jumlah pekerja 95 orang. Minyak Jarak dapat dimanfaatkan menjadi biodiesel dikarenakan kandungan trigliserida lebih dari 90% sehingga pada suhu 60°C dan tekanan 1 Atm pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) seri. Bahan baku yang diperlukan adalah minyak jarak sebesar 2.064 Kg/jam, Methanol sebagai bahan baku utama agar reaksi berjalan dengan sempurna sebesar sebesar 39.328 Kg/jam, NaOH sebagai katalis sebesar 20 Kg/jam dan HCl sebagai penetral produk sebelum di pasarkan sebesar 8,5 Kg/jam. Kebutuhan utilitas air sebesar 44.096.457 Kg/jam, kebutuhan listrik sebesar 239,87 kW , bahan bakar boiler berupa fuel oil sebesar 1,62 m<sup>3</sup>/jam dan solar sebagai bahan bakar boiler dan cadangan listrik. Hasil analisa ekonomi dari pabrik ini menunjukkan jumlah Fixed Capital Investment (FCI) sebesar Rp. 1.740.684.010,- dan Working Capital (WC) sebesar Rp. 6.606.322.627,14,-. Keuntungan sebelum pajak (30%) sebesar Rp. 196.009.800624,- . Return On Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 19,4 % dan Return On Investment (ROI) setelah pajak sebesar 13,6% . Pay Out Time (POT) sebelum pajak 3,4 tahun dan *Pay Out Time* (POT) 4,2 tahun. *Break Event Point* (BEP) pada 47 % dan *Shut Down Point* (SDP) pada 19% . Berdasarkan perhitungan analisis yang telah dilakukan, hasil yang diperoleh telah memenuhi persyaratan seluruh indikator dari analisis kelayakan ekonomi sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dari minyak jarak dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata-kata Kunci : Minyak Jarak, Biodiesel, Transesterifikasi, Reaktor Seri

## ABSTRACT

*The pre-designed factory with a capacity of 15.000 tons/year will be planned to be built in Kalena Wanno Village, Tambolaka District, Southwest Sumba City. , NTT Province. This factory is planned to operate for 330 days a year with a workforce of 95 people. Castor oil can be used as biodiesel because the triglyceride content is more than 90% at a temperature of 60°C and a pressure of 1 Atm in a series stirred tank flow reactor (RATB). The raw materials needed are castor oil amounting to 2,064 Kg/hour, Methanol as the main raw material so that the reaction runs perfectly amounting to 39.328 Kg/hour, NaOH as a catalyst amounting to 20 Kg/hour and HCl as a product neutralizer before being marketed amounting to 8.5 Kg/hour. Water utility needs are 44,096,457 Kg/hour, electricity needs are 239.87 kW, boiler fuel is fuel oil at 1.62 m<sup>3</sup>/hour and diesel as boiler fuel and electricity backup. The results of the economic analysis of this factory show that the amount of Fixed Capital Investment (FCI) is IDR. 1,740,684,010,- and Working Capital (WC) of Rp. 6,606,322,627.14,-. Profit before tax (30%) is IDR. 196.009.800624,- . Return On Investment (ROI) before tax was 19.4% and Return On Investment (ROI) after tax was 13.6%. Pay Out Time (POT) before tax is 3.4 years and Pay Out Time (POT) is 4.2 years. Break Event Point (BEP) at 47% and Shut Down Point (SDP) at 29%. Based on the analytical calculations that have been carried out, the results obtained have met the requirements of all indicators of the economic feasibility analysis so that it can be concluded that the biodiesel plant from castor oil with a capacity of 15,000 tons/year is feasible to be established.*

*Keywords: Castor Oil, Biodiesel, Transesterification, Series Reactor*



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam baik yang terbarukan maupun yang tidak terbarukan namun sangat bergantung terhadap bahan bakar minyak. Masyarakat Indonesia selama ini menggantungkan kebutuhan energi bahan bakar minyak (BBM) yang bersumber pada energi minyak bumi atau fosil. Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Usaha-usaha untuk mencari dan mengembangkan sumber bahan bakar alternatif terus dilakukan. Salah satunya adalah biodiesel sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel.

Produksi minyak bumi selama 10 tahun terakhir menunjukkan kecenderungan menurun yaitu dari tahun 2009 didapat 346 juta barel di tahun 2018 menjadi 283 juta barel. Penurunan produksi tersebut disebabkan oleh sumur-sumur produksi utama minyak bumi yang umumnya sudah tua, sementara produksi sumur baru *relative* terbatas. Untuk memenuhi kebutuhan kilang, Indonesia mengimpor minyak bumi terutama dari Timur Tengah sehingga ketergantungan terhadap impor mencapai 35%. Biodiesel atau biasa disebut dengan metil ester merupakan sumber *energy* yang dapat diperbaharui, karena terbuat dari minyak tumbuhan melalui proses transesterifikasi. Biodiesel bersifat ramah lingkungan karena emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan minyak *diesel*/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah dan angka sentana antara 57-62, terbakar sempurna dan tidak beracun (EBTKE ESDM, 2019).

Minyak nabati yang lazim digunakan dalam produksi biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam oleat dan asam linoleat. Lemak yang lazim digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam palmitat, asam stearat dan asam oleat (Zhang, 2003).

Untuk saat ini, bahan baku biodiesel di Indonesia berasal dari minyak sawit (CPO). Selain dari CPO tanaman lain yang akan berpotensi untuk bahan baku biodiesel antara lain yaitu tanaman

jarak pagar, kemiri sunan, kemiri cina, nyamplung dan lain-lain. Pengolahan biodiesel dari minyak nabati yang sudah banyak digunakan akan tetapi juga banyak hambatan salah satunya yaitu karena harganya yang *relative* mahal.

Biodiesel merupakan pilihan bahan yang akan dekat untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia, karena biodiesel 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. Oleh karena itu, pemanfaatan minyak jarak pagar sebagai biodiesel memberikan peluang yang besar untuk menggantikan BBM.

Minyak jarak pagar tersebut secara kimia terdiri dari trigliserida yang berantai asam lemak lurus (tidak bercabang) dengan tanpa ikatan rangkap. Minyak ini tidak termasuk dalam kategori *edible oil* sehingga pemanfaatan minyak jarak sebagai bahan baku biodiesel tidak mengganggu penyediaan kebutuhan minyak makan nasional yaitu kebutuhan *industry* oleh kimia dan ekspor *Crude Palm Oil* (CPO).

Mengingat bahwa peranan biodiesel dari minyak jarak pagar sangat penting yaitu sebagai alternatif pengganti energy fosil yang semakin menipis, maka timbul pemikiran untuk mendirikan pabrik biodiesel di Indonesia. Adapun dampak positif lainnya dengan mendirikan pabrik ini, bahwa biodiesel lebih aman bagi lingkungan serta dapat diperbaharui dan memberi manfaat dari segi ekonomi. Ada beberapa keuntungan penggunaan biodiesel, yaitu penggunaannya pada mesin diesel dapat mengurangi hidrokarbon yang tak terbakar, karbon monoksida, dan partikulat kasar seperti karbon dan debu. Biodiesel 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 aquatik biodiesel mampu terdegradasi antara 85,5% sampai 88,5% sama seperti gula atau dextrose, sedangkan solar hanya mampu 26,24%. 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 ini adalah diesel akan terpenuhi.

### **1.1.1 Potensi Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*)**

Pengembangan tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas*) sebagai bahan baku biodiesel mempunyai potensi yang sangat besar karena selain menghasilkan minyak dengan produktivitas tinggi yaitu sekitar 1.590 kg / 1.892 liter minyak/ha/tahun, juga dapat berfungsi sebagai pengendali erosi serta memperbaiki tanah (Syah, 2006)

Minyak biji jarak pagar secara kimia terdiri dari trigliserida yang berantai asam lemak lurus (tidak bercabang) dengan atau tanpa ikatan rangkap. Minyak ini tidak termasuk dalam kategori minyak makan (edible oil) sehingga pemanfaatan minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel tidak mengganggu penyediaan kebutuhan minyak makan nasional yaitu kebutuhan industry oleokimia dan ekspor *crude palm oil* (CPO)

Biodiesel dari minyak jarak pagar menghasilkan 0,8 x liter, sehingga potensial dapat menghasilkan 0,8 x 1.892 liter = 1.514 liter biodiesel ha/tahun. Sementara sebagian bungkil biji akan didetoksifikasi untuk dijadikan pakan ternak dan kulit biji serta sisa bungkil biji akan diproses menjadi biogas. Produk sampingnya yaitu merupakan gliserol yang banyak digunakan dalam *industry* cat, farmasi, pasta gigi, kosmetik dan lain-lain.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan**

Didalam menentukan kapasitas produksi pabrik biodiesel yang akan didirikan ada beberapa faktor yang menjadi pertimbangan, diperlukan berbagai peralatan utama dan pendukung agar dapat berjalan dengan yang sudah direncanakan diantaranya yaitu:

### 1.2.1 Kebutuhan Biodiesel

Kebutuhan biodiesel dari tahun ketahun mengalami peningkatan, hal ini menunjukkan pesatnya berkembangnya industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan biodiesel akan terus meningkat di tahun-tahun yang akan datang, sejalan dengan meningkatnya jumlah kepemilikan kendaraan bermotor yang menggunakan solar, serta berkembangnya industri-industri yang menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar solar.

#### 1. Supply

- Produksi

Produksi Biodiesel dalam negeri menurut data statistik Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data produksi Biodiesel di Indonesia pada tahun 2016 - 2021 dapat dilihat pada

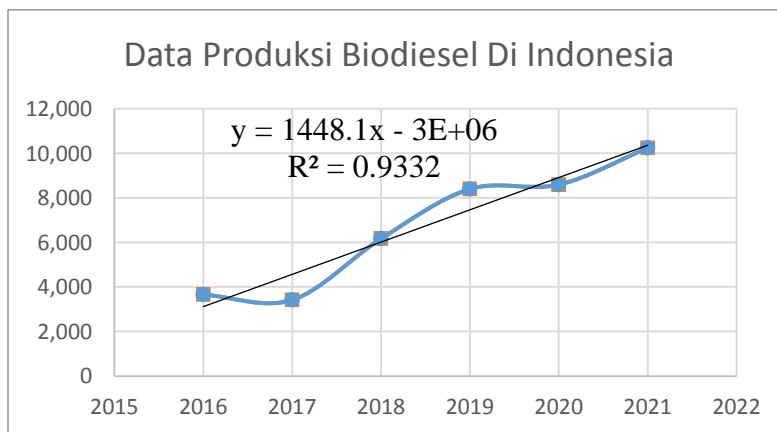
**Tabel 1**

Tabel 1 Data Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Production (Thousand KL)
2016	3.656
2017	3.416
2018	6.168
2019	8.399
2020	8.594
2021	10.240

Sumber : *Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia*, ESDM 2021

Dari data produksi tersebut dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi biodiesel dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada **Grafik 1**



**Grafik 1** Produksi Biodiesel Di Indonesia

- **Konsumsi**

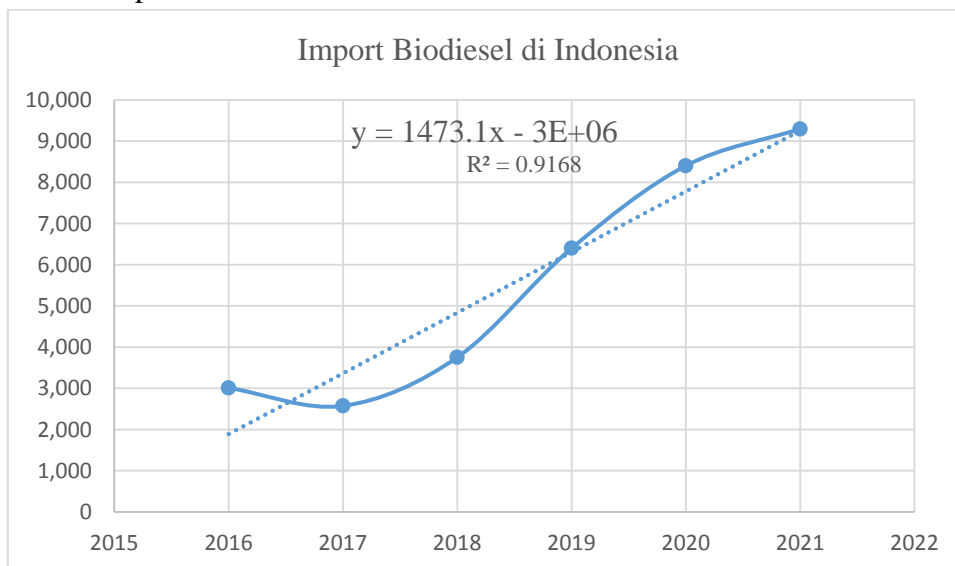
Konsumsi biodiesel dalam negeri menurut Data statistik Indonesia dari tahun ketahun cenderung meningkat. Data konsumsi atau pemakaian Biodiesel di Indonesia pada tahun 2016-2021

**Tabel 2 Data Import Biodiesel Di Indonesia**

Tahun	Konsumsi (Thousand KL)
2016	3.008
2017	2.572
2018	3.750
Tabel 2 Data Import Biodiesel Di Indonesia (Lanjutan)	
2019	6.396
2020	8.400
2021	9.294

Sumber : *Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia*, ESDM 2021

Dari data import tersebut dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada **Grafik 2**.



**Grafik 2 Import Biodiesel di Indonesia**

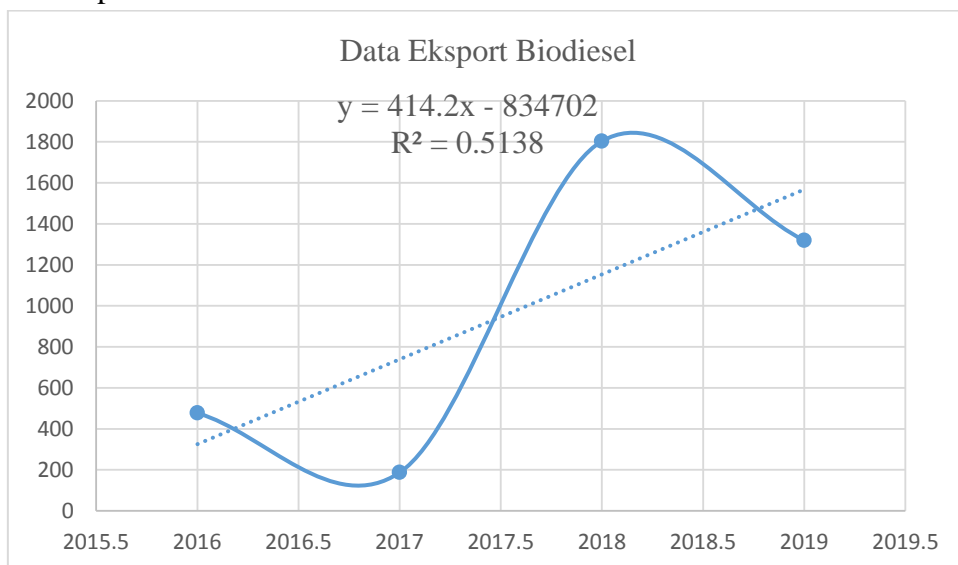
Data statistik terkait ekspor Biodiesel di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Data import biodiesel di Indonesia pada tahun 2014-2019 dapat dilihat pada **tabel 3**.

**Tabel 3 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia**

Tahun	Export (Thousand KL)
2016	477
2017	187
2018	1803
2019	1319

Sumber : *Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia*, ESDM 2021

Dari data ekspor tersebut dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Grafik 3



**Grafik 3 Ekspor Biodiesel di Indonesia**

Menentukan kapasitas pada industri merupakan salah satu faktor penting saat prarancangan pabrik secara teknis maupun ekonomis. Secara teori dijelaskan semakin besar kapasitas akan mendapatkan keuntungan yang semakin besar, akan tetapi jika pabrik terlalu besar maka perlu di perhatikan di bagian pemasaran. Untuk itu, untuk mencari kebutuhan pada tahun 2028, digunakan metode *discaunted* (Buku Pedoman Penyusunan Prarancangan Pabrik Institusi Teknologi Indosia, 2021):

$$m = P(1+i)^n$$

Dimana :

m = jumlah produk pada tahun yang diperhitungkan

P = jumlah produk pada tahun terakhir yang di ketahui

$i$  = rata-rata pertumbuhan pertahun

$n$  = selisih tahun

Kebutuhan produksi 2028 = *demand* – *supply*

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

Dimana :

$m_1$  = nilai import tahun 2028

$m_2$  = nilai produksi pabrik dalam negeri tahun 2021

$m_3$  = nilai produksi pabrik dalam negeri tahun 2028

$m_4$  = nilai ekspor tahun 2028

$m_5$  = nilai konsumsi tahun 2028

Berdasarkan pada tahun 2028, diperoleh nilai ekspor sebesar 80.514,58 ton/tahun, produksi 18.568,005 ton/tahun, dan import 19.267,22019 ton/tahun. Jika ditinjau dari kapasitas dan kebutuhan dalam negeri yang cukup tinggi, maka peluang untuk mendirikan industri biodiesel cukup menjanjikan. Oleh karena itu, didapatkan kapasitas 14.867 ton/tahun dengan asumsi diambil 24 %, nilai 24 % bersumber dari *handbook of energy and economic statistic of Indonesia* diterbitkan kementerian energi dan sumber daya mineral (ESDM) dimana dianjurkan untuk mengambil nilai tersebut dalam penentuan kapasitas yang diambil apabila mendirikan perusahaan biodiesel. Sehingga didapat nilai 14.867 ton/tahun atau diambil 15.000 ton/tahun dan akan didirikan pada tahun 2028.

### 1.2.2 Kapasitas Minimal

Penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan ini dipengaruhi oleh kapasitas pabrik sejenis yang sudah beroperasi. Berikut ini adalah

**Tabel 4 Kapasitas Pabrik Produksi Biodiesel di Indonesia**

<b>Pabrik</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
PT. Musim Mas	1.342
PT. Pelita Agung	12.276
PT. Ciliandra Perkasa	12.276
Pt. Energi Baharu Lestari	4.911
PT.Permata Hijau Palm Olea	17.825
PT. LDC Indonesia	20.335
PT. Cemerlang Energi	29.463
<b>Total</b>	<b>98.428</b>

Sumber : (PT. Kreatif Energi Indonesia, [www.indobiofuel.com](http://www.indobiofuel.com))

Lahan jarak pagar di PT. Algeria Indonesia hanya sebesar 9.500 hektar dan 1 hektar jarak pagar menghasilkan 1,6 kiloliter, dimana masa panen jarak pagar 3 bulan sekali (Syah, 2006), sehingga dalam setahun PT. Algeria Indonesia dapat memproduksi minyak jarak pagar sebesar 179.482 ton/tahun. Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dengan kapasitas 15.000 ton/tahun sudah sesuai dengan kapasitas ekonomis yang sudah beroperasi.

Mengacu pada industri yang beroperasi tersebut maka pabrik biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dengan kapasitas 15.000 ton/tahun sudah sesuai dengan kapasitas ekonomis yang sudah beroperasi dan diharapkan dengan kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan produk Biodiesel baik dalam negeri maupun luar negeri.

### 1.3 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik adalah hal yang sangat penting karena dapat berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik. Desa yang dipilih adalah Desa Kalena Wanno, Kecamatan Kota Tambolaka, Sumba Barat Daya

#### 1. Faktor – Faktor Utama

##### a. Pemasaran

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

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

##### b. Ketersediaan Bahan Baku

Suatu pabrik sebaiknya dibangun didaerah yang dekat dengan lokasi sumber bahan baku untuk memudahkan pengandaan 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

Air merupakan suatu komponen yang sangat penting pada industri kimia. 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 Mata Likku
- Instalasi penyediaan air PDAM setempat yang digunakan sebagai sanitasi pabrik.

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air :

- Kapasitas dari sumber air Air Mata Likku
- Kualitas dari sumber air Air Mata Likku
- 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

e. Sumber listrik

Dalam pendirian suatu pabrik tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Berikut adalah hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar suatu pabrik :

- Kemungkinan pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar di lokasi pabrik untuk sekarang dan masa yang akan datang
  - Harga bahan bakar yang akan digunakan
- f. Kebutuhan Tanah dan Pengembangannya
- Dalam pembangunan suatu pabrik topologi tanah akan menentukan biaya penyiapan tanah. Jenis dan keadaan tanah akan menentukan biaya pembangunan gedung.

### 1.3.2 Faktor – Faktor Khusus

#### a. Transportasi

Permasalahan transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran dari suplai bahan baku dan pemasaran produk dapat terjamin dan dengan biaya operasi serendah mungkin dalam waktu yang singkat. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Jalan raya yang dapat dilalui mobil, truk dan angkutan darat lain
- Laut yang dapat dilalui kapal dapat diakses melalui pelabuhan terdekat adalah Pelabuhan Antar Pulaui 50 km dapat diakses melalui jalan raya.
- Bandara terdekat adalah Bandara Udara Ledo Kalumbang dengan jarak 2,7 km

#### b. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kerja kasar maupun tenaga ahli sangat berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran perusahaan. Tingkat pendidikan dari masyarakat dan tenaga kerja dapat mendukung pendirian pabrik. Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Kemungkinan memperoleh tenaga kerja yang diinginkan
- Pendidikan atau keahlian tenaga kerja yang tersedia
- Penghasilan tenaga kerja disekitar lokasi pabrik
- Adanya ikatan perburuhan dan peraturan perburuhan
- Terdapatnya lokasi atau lembaga *training* tenaga kerja

#### c. Lingkungan dan Masyarakat

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai lingkungan dan masyarakat :

- Apakah lokasi pembangunan pabrik berada di pedesaan atau perkotaan
- Ada tidaknya fasilitas rumah, sekolah, dan ibadah.
- Ada tidaknya tempat rekreasi dan kesehatan.

d. Undang – undang Peraturan Pemerintah (Pusat maupun Daerah)

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai undang – undang dan peraturan pemerintah :

- Ketentuan – ketentuan mengenai daerah industri.
- Ketentuan – ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah pembangunan pabrik
- Perpajakan dan asuransi

e. Limbah Pabrik

Buangan dari pabrik harus diperhatikan dengan cermat, terutama dampak terhadap kesehatan masyarakat sekitar lokasi pabrik. Berikut hal- hal yang harus diperhatikan mengenai limbah pabrik :

- Cara menangani limbah agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.
- Biaya yang diperlukan untuk menangani masalah polusi terhadap lingkungan.

f. Pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran

Berikut adalah hal – hal yang harus perlu diperhatikan dalam pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran :

- Lokasi pabrik harus jauh dari lokasi perumahan penduduk.
- Lokasi pabrik diusahakan tidak berada pada lokasi rawan banjir

Berdasarkan beberapa pertimbangan, pabrik biodiesel ini akan didirikan Desa Kalena Wannu, Kecamatan Tambolaka, Kota Sumba Barat Daya.



Sumber : Google *image* peta pulau sumba

**Gambar 1 Peta Pulau Sumba NTT**

Berikut adalah dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi :

a. Ketersediaan Bahan baku

Bahan baku minyak ini didapatkan dengan cara berkerja sama dengan masyarakat pemilik kebun jarak pagar di Sumba Barat Daya, NTT seluas 100.000 ha. Dan dapat di peroleh dari PT. Algeria Indonesia, Pasuruan Jawa Timur. Bahan baku katalis Natrium Hidroksida (NaOH) di peroleh dari PT. Gochem Globalindo dan bahan baku untuk penetral Asam Klorida (HCl) diperoleh dari CV. Cahaya Semesta

b. Pemasaran

Produk dari pabrik ini merupakan biodiesel, yang merupakan bahan bakar untuk transportasi darat yang bermesin diesel berat, sehingga pemasarannya diharapkan tidak hanya untuk dalam negeri saja melainkan juga bisa di ekspor. Untuk dalam negeri produk biodiesel dapat di pasarkan ke pulau Jawa, Bali, Sumatra dan Kalimantan, seluruh wilayah Indonesia. Selain di pasarkan sendiri, akan lebih baik jika dapat berkerja sama dengan PT. Pertamina, sehingga bahan bakar dari minyak bumi dapat di campur dengan biodiesel. Jika berhasil maka selain lebih menghemat minyak bumi, polusi pun akan lebih berkurang.

c. Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik merupakan kawasan yang strategis. Telah memiliki sarana jalan raya penhubung antar kota – kota besar di NTT sehingga pembelian bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan melalui jalan darat maupun laut.

d. Kebutuhan Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Bahan bakar bisa diperoleh dari pabrik sendiri yaitu produk biodiesel, dan untuk memenuhi kebutuhan listrik dapat menggunakan generator berbahan bakar biodiesel, sehingga tidak bergantung pada PLN di daerah tersebut. Sedangkan udara tekan dapat diperoleh dari kompresor udara. Dari perencanaan diatas maka kebutuhan utilitas diharapkan dapat terpenuhi dengan mudah.

e. Kebutuhan Air

Air merupakan komponen penting bagi suatu pabrik industri kimia. Penyediaan air diperoleh dari sungai mata air mata likku yang mengalir sepanjang tahun dan terletak radius 1 KM dari lokasi pabrik. Air sangat berguna untuk proses, sarana utilitas, dan keperluan domestik.

f. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah. Namun untuk bagian- bagian utama dibutuhkan tenaga kerja berpendidikan sarjana atau di atasnya. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik ataupun memberi kesempatan padamasyarakat di luar daerah, misalnya dari Jawa.

g. Perluasan dan Ekspansi

Perluasan dan ekspansi pabrik merupakan hal yang memungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan disekeliling pabrik belum terdapat pabrik lain sehingga tidak mengganggu pemukiman. Tersedianya area yang luas

memungkinkan pabrik untuk memperluas wilayah area pabrik sehingga pabrik dapat berjalan maksimal.

h. Kondisi Iklim dan Cuaca

Kondisi cuaca dan iklim sekitar pabrik relatif stabil sehingga dapat menunjang keberlangsungan pabrik yang dapat berjalan optimal. Kondisi alam sekitar area yang ingin didirikan pabrik belum pernah terjadi bencana alam yang berarti sehingga memungkinkan pabrik berjalan dengan lancar.

#### **1.4 Faktor Pendukung**

Faktor pendukung juga diperlukan untuk mendapatkan perhatian di dalam pemilihan lokasi pabrik. Hal ini dikarenakan faktor-faktor yang ada di dalamnya selalu menjadi pertimbangan agar pemilihan pabrik dan proses produksi dapat berjalan lancar. Faktor pendukung ini meliputi:

1. Kemungkinan perluasan pabrik.
2. Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang.
3. Pemilihan lokasi pabrik Sumba Barat Daya, NTT yaitu selain dekat dengan bahan baku utama juga dikarenakan daerah ini masih memiliki tanah kosong yang luas berupa sabana. Sehingga jika ada perluasan kebun jarak dan pabrik tidak akan masalah.
4. Sarana transportasi, seperti jalan raya.
5. Tersedianya fasilitas servis, misalnya di sekitar lokasi pabrik tersebut atau jarak yang relatif dekat dari bengkel besar dan semacamnya.
6. Tersedianya air yang cukup.  
Lokasi pabrik berdekatan dengan sungai besar yang mengalir sepanjang tahun dengan jarak 1 km. Sehingga kebutuhan air akan tercukupi dengan baik.
7. Peraturan pemerintah daerah setempat.
8. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya).
9. Iklim.
10. Keadaan tanah untuk rencana pembangunan dan pondasi.
11. Perumahan penduduk atau bangunan lain.

---

## 1.5 Proses Yang Dipilih

### 1.5.1 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 32 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.

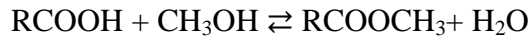
### 1.5.2 Pirolisis

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 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).

### 1.5.3 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

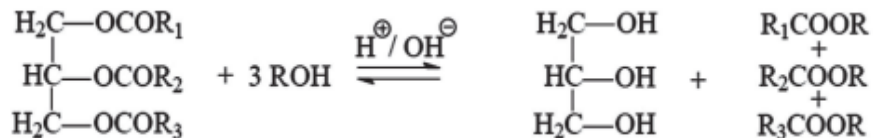
mempengaruhi reaksi esterifikasi adalah jumlah pereaksi, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Metil ester hasil reaksi esterifikasi harus bebas air dan sisa katalis sebelum reaksi transesterifikasi. Reaksi esterifikasi dapat dilihat sebagai berikut (katalis asam) :



Asam lemak bebas + Methanol  $\rightleftharpoons$  Metil Ester + Air Gambar

#### 1.5.4. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserid dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol 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 methanol digambarkan sebagai berikut:



(Wahyudin, 2018)

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang berjalan tiga tahap dan *reversible* (bolak-balik) dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai intermediate. Reaksi stoikimetris membutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkhohol. 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)



### 1.5.5 Ultrasonik

Ultrasonik merupakan metode pembuatan biodiesel dengan bantuan gelombang suara dimana frekuensi yang diperlukan antara 20 –100 35 MHz, yang dapat memberikan energi mekanik dan aktivasi pada proses reaksi dalam reaktor. Waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan biodiesel 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).

### 1.5.6 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 antarctica 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, kemudian ikatan akan terlepas dan membentuk produk berupa digliserida dan asam lemak. Pembentukan produk diikuti dengansisi aktif enzim 36 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.

---

### 1.5.7 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 dalam 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 di dalam *microwave*.

Berdasarkan beberapa perbandingan macam-macam proses dan kondisi operasi tersebut, maka dipilih kondisi 1 (Transesterifikasi) karena memiliki suhu yang lebih rendah dan tekanan rendah sehingga lebih aman. Selain itu konversi yang digunakan juga lebih tinggi. Berdasarkan beberapa jurnal, perbandingan kondisi operasi dapat dilihat pada Tabel 5

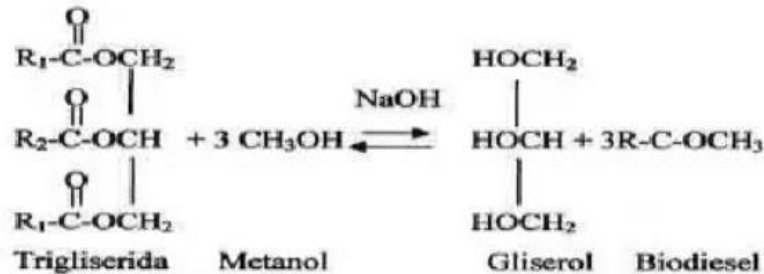
**Tabel 5 Perbandingan Kondisi Proses**

Kondisi	1	2	3	4	5	6	7	8
Jenis proses	<b>Transesterifikasi</b>	Esterifikasi	Esterifikasi & Ultrasonik	Esterifikasi & Transesterifikasi	Pirolisis	Mikroemulsi	Katalis Biologis	Ultrasonik
Suhu	<b>60 °C</b>	60 °C		60 °C	450 °C	30 °C	70 °C	40-70°C
Waktu Reaksi	<b>60 Menit</b>	2 jam	6 jam (Esterifikasi) 40 menit (Ultrasonik)	2 jam (Esterifikasi) 2 jam (Transesterifikasi)	30 menit		2 jam	1 jam
Kecepatan Pengadukan	<b>400 rpm</b>	400 rpm					600 rpm	684 rpm
Katalis	<b>NaOH</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	BF <sub>3</sub> (Esterifikasi) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Ultrasonik)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Esterifikasi) NaOH (Transesterifikasi)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<i>Tween 80, oleique plurol, labrasol</i>	CaO	Na <sub>2</sub> O
Rasio minyak : methanol	<b>1 : 3</b>	1 : 6	1 : 15	1 : 3 (Esterifikasi) 1 : 5 (Transesterifikasi)			87,41 %	89,53%
FFA	<b>37 %</b>	17,97%	26,8 %	19,62 %				
Konversi	<b>98 %</b>	77,39 %	44,15 % (Esterifikasi) 62,7 % (Ultrasonik)	93,46 %				
Sumber	<b>Retno, 2017</b>	Mudzofar, 2013	Rachmadona, 2017	Haryanto, 2019	Rofiki, 2018	Rofiki, FD Putri, 2015	Maisrah, 2019	QH

## 1.6 Tinjauan Pustaka

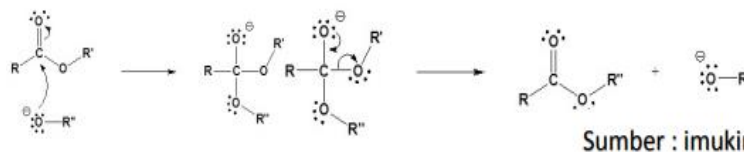
### 1.6.1 Sifat Fisika dan Kimia

Reaksi pembentukan biodiesel secara transesterifikasi:



#### Reaksi Pembentukan Biodiesel

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang berjalan tiga tahap dan *reversible* (bolak-balik) dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai *intermediate*. Reaksi stoikimetris 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. Dalam reaksi ini menggunakan katalis, karena tanpa adanya katalis akan berjalan dengan lambat. Metil ester yang diproduksi harus sesuai dengan standar biodiesel. Ciri biodiesel secara umum meliputi massa jenis, viskositas kinematik, bilangan setana, residu karbon, titik nyala, kandungan sulfur, temperatur distilasi. Berikut reaksi transesterifikasi :



#### Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi pertukaran gugus organik R1 suatu ester dengan gugus organik R2 suatu alkohol R adalah alkil. Reaksi ini sering dikatalisis dengan penambahan katalis asam atau basa. Asam kuat mengkatalisis reaksi dengan mendonasikan sebuah proton pada gugus karbonil, sehingga membuatnya elektrofil kuat. Sedangkan katalis basa

mengkatalisis reaksi dengan melepas sebuah proton dari alkohol, sehingga menjadikan nukleofilik.

### 1.6.2 Kinetika Reaksi

Reaksi trigliserida dengan methanol membentuk methyl ester diasumsikan orde satu dan bergantung pada konsentrasi trigliserida yang bereaksi. Hal tersebut disebabkan karena zat *intermediate* diabaikan dan metanol diumpungkan sangat besar (*exses*) (Kusdiana & Saka, 2008) dapat dituliskan sebagai berikut :

### 1.7 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Untuk menentukan sifat reaksi dapat dihitung dengan perhitungan panas reaksi ( $\Delta H_R$ ) dengan berdasar pada panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada kondisi standar ( $P = 1 \text{ atm}$ ;  $T = 25^\circ\text{C}$ ), sedangkan untuk menentukan arah reaksi dapat diketahui dengan perhitungan energi Gibbs ( $\Delta G_f$ ) pada kondisi operasi.

**Tabel 6 Harga  $\Delta H_f^\circ$  dan  $\Delta G_f^\circ$  masing-masing komponen**

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ , kJ/mol	$\Delta G_f^\circ$ , kJ/mol
<i>Free Fatty Acid (FFA)</i>	-681,146	-226,571
Methanol	-201,170	-162,200
<i>Fatty Acid Methyl Ester (Metil Ester)</i>	-655,650	-168,545
Air	-241,800	-237,129
Trigliserida	-1844,00	-34,480
Gliserol	-584,870	-448,49

(Yaws, 1999)

Reaksi pembentukan *Methyl Ester*

(i) Panas reaksi standar ( $\Delta H_R^\circ$ )



$$\begin{aligned} \Delta H_R^\circ &= \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_8\text{O} + 3 \Delta H_f^\circ \text{RCOOCH}_3) - (\Delta H_f^\circ \text{TG} + 3 \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH}) \\ &= (-584,870 + 3(-655,650)) \text{ kJ/mol} - (-1844,00 + 3(-201,17)) \text{ kJ/mol} \\ &= -104,3085 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Karena  $\Delta H_R^0$  bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis.

(ii) Konstanta kesetimbangan ( $K_1$ ) pada keadaan standar

Perubahan energi Gibbs pada keadaan standar ( $T = 298 \text{ K}$  dan  $P = 1 \text{ bar}$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut (Smith Van Ness, 1987).

$$\Delta G_f^0 = RT_1 \ln K_1 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

$\Delta G_f^0$  = Energi Gibbs pada keadaan standar, J/mol

$\Delta H_R^0$  = Panas reaksi, J/mol

$K_1$  = Konstanta kesetimbangan pada keadaan standar

$T_1$  = Suhu standar, K

$R$  = Tetapan Gas Ideal, J/mol.K (8,314 J/mol.K)

Sehingga  $\Delta G_f^0$  dari reaksi pembentukan Metil Ester dari *Free Fatty Acid* (FFA) adalah :

$$\Delta G_f^0 = \Delta G_f^0 \text{ produk} - \Delta G_f^0 \text{ reaktan} \dots\dots\dots(3)$$

$$= (\Delta G_f^0 \text{RCOOCH}_3 + \Delta G_f^0 \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G_f^0 \text{RCOOH} + \Delta G_f^0 \text{CH}_3\text{OH})$$

$$= (-168,545 + (-237,129)) \text{kJ/mol} - (-226,571 + (-162,200)) \text{kJ/mol}$$

$$= -16,903 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K_1 = -\frac{\Delta G_f^0}{RT} = -\frac{-(16,903 \times 1000) \text{J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \cdot 298 \text{K}} = 6,823$$

$K_1 = 918,30$  Sehingga  $\Delta G_f^0$  dari reaksi pembentukan Metil Ester dari Trigliserida adalah :

$$\Delta G_f^0 = \Delta G_f^0 \text{ produk} - \Delta G_f^0 \text{ reaktan} \dots\dots\dots(4)$$

$$= (\Delta G_f^0 \text{C}_3\text{H}_8\text{O} + 3 \Delta G_f^0 \text{RCOOCH}_3) - (\Delta G_f^0 \text{TG} + 3 \Delta G_f^0 \text{CH}_3\text{OH})$$

$$= (-448,490 + 3(-168,545)) \text{kJ/mol} - (-34,480 + 3(-162,200)) \text{kJ/mol}$$

$$= -433,046 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K_1 = -\frac{\Delta G_f^0}{R \cdot T} = \frac{-(433,046 \times 1000) \text{J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot 298 \text{K}} = 174,78$$

$$K_1 = 8,104 \times 10^{72}$$

(iii) Konstanta kesetimbangan pada suhu operasi  $T = 60 \text{ }^\circ\text{C} = 338 \text{ K}$

Konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu operasi ( $T_2$ ) dapat dihitung dengan rumus berikut: (Smith Van Ness, 1987).

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-\Delta H_R^0}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \dots \dots \dots (5)$$

$$\ln K_2 - \ln K_1 = \frac{-\Delta H_R^0}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \dots \dots \dots (6)$$

$$\ln K_2 = \frac{-\Delta H_R^0}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) + \ln K_1 \dots \dots \dots (7)$$

Sehingga, harga konstanta kesetimbangan pada suhu operasi untuk reaksi

pembentukan Metil Ester dari FFA adalah :

$$\begin{aligned} \ln K_2 &= \frac{-\Delta H_R^0}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) + \ln K_1 \\ &= \frac{-(15,1337 \times 1000) \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \left( \frac{1}{333 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right) + 6,823 = 7,465 \end{aligned}$$

$K_2 = 1745,875$  Karena harga konstanta kesetimbangan jauh lebih besar daripada 1, maka reaksi berlangsung searah, yaitu ke arah kanan (*irreversible*).

Harga konstanta kesetimbangan pada suhu operasi untuk reaksi pembentukan Metil Ester dari TG adalah :

$$\begin{aligned} \ln K_2 &= \frac{-\Delta H_R^0}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) + \ln K_1 \\ &= \frac{-(-104,30 \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{mol}})}{8,314 \text{ J/molK}} \\ &= \frac{-(-104,30 \times 1000) \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \left( \frac{1}{353 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right) + 174,786 = 168,211 \end{aligned}$$

$$K_2 = 1,130 \times 10^7$$

Karena harga konstanta kesetimbangan jauh lebih besar dari pada 1, maka reaksi berlangsung searah, yaitu ke arah kanan (*irreversible*).

## 1.8 Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari kinetika reaksi pembentukan biodiesel dari minyak jarak pagar dan methanol pada reaksi transesterifikasi termasuk reaksi order 1, searah, dan konversi dari biodiesel (XA) adalah 98% (Said M., 2009). Persamaan reaksi merupakan reaksi orde satu menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Berikut ini adalah persamaan kecepatan reaksi:

$$-r_A = k \cdot C_A \dots \dots \dots (8)$$

$$T = \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{k \cdot C_{A0}(1-X_A)} = \frac{1}{k} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan :

$T$  = waktu tinggal(detik)

$V$  = volume reaktor (L)

$F_A$  = laju alir (kmol/detik)

$C_{A0}$  = konsentrasi biodiesel mula-mula (kmol/L)

$X_A$  = konversi

$k$  = konstanta kecepatan reaksi (1/detik)

= 0,074 L/mol.menit

Maka didapatkan,  $T$  (waktu tinggal) yang didapatkan adalah 0,07 jam dan volume yang diperoleh 1,118 m<sup>3</sup> sehingga perlu di optimasi untuk mendapatkan hasil yang optimum sehingga dapat digunakan sebagai dasar perancangan reaktor alir tangki berpengaduk dan nilai  $k$  berlaku pada suhu 60°C. Setelah di optimasi didapatkan  $T$  (waktu tinggal) sebesar 1 jam 18 menit.

Reaksi dalam proses pembuatan biodiesel merupakan reaksi yang lambat karena berlangsung dalam sistem dua fase (reaksi heterogen). Hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan kelarutan antara minyak nabati dengan metanol. Di dalam methanol, campuran reaktan membentuk dua lapisan dan diperlukan waktu beberapa saat agar minyak nabati dapat larut dalam methanol. Salah satu cara untuk mengatasi keterbatasan transfer massa adalah meningkatkan temperatur reaksi, meningkatkan waktu, kecepatan pengadukan, dan dengan penambahan *co-solvent* (Fredman et al,1986).

### 1.9 Kondisi operasi

Suhu	: 60°C
Konversi reaksi	: 98%
Rasio minyak : methanol	: 1:3
Waktu reaksi	: 1 jam 18 menit
Reaktor	: RATB seri
Kondisi proses	: Cair-cair



## BAB II SPESIFIKASI BAHAN

### 2.1 Spesifikasi bahan baku

#### 2.1.1 Minyak jarak

Menurut dari PT Algaria Indonesia yang digunakan sebagai bahan baku utama pada pembuatan biodiesel memiliki spesifikasi antara lain :

- Nama lain : *Jatropha curcas oil*
- Rumus molekul :  $C_{57}H_{106}O_6$
- Fase : Cair
- Berat molekul : 888,4608 g/gmol
- Densitas ( $\rho$ ), (cair, 25°C, 1 atm) : 0,895 kg/L
- Viskositas ( $\mu_{liq}$ ), (25°C, 1 atm) : 27 cp
- Titik didih : 300°C
- Titik nyala : 290°C
- Indeks bias 25°C : 1,4655
- Bilangan asam : 3,08 mg KOH/g
- Bilangan iodin : 105,2 mg
- Bilangan penyabunan : 96,7 mg/gr
- Wujud bahan : Cair
- Warna : Kuning keemasan
- Kelarutan : Tidak larut dalam air
- Kemurnian :
- Air : 0,02 % Asam Oleat (FFA)
- tak jenuh : 3 %
- Trigliserida : 96,9 %
- Pengotor 0,03%

#### 2.1.2 Meitanol

Metanol yang diperoleh dari PT. Gochem Globalindo (<https://gochem.co.id/>) memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Rumus molekul :  $CH_3OH$
- Berat molekul : 32,0424 g/gmol
- Densitas ( $\rho$ ), (cair, 25°C, 1 atm) : 0,7534 kg/L