

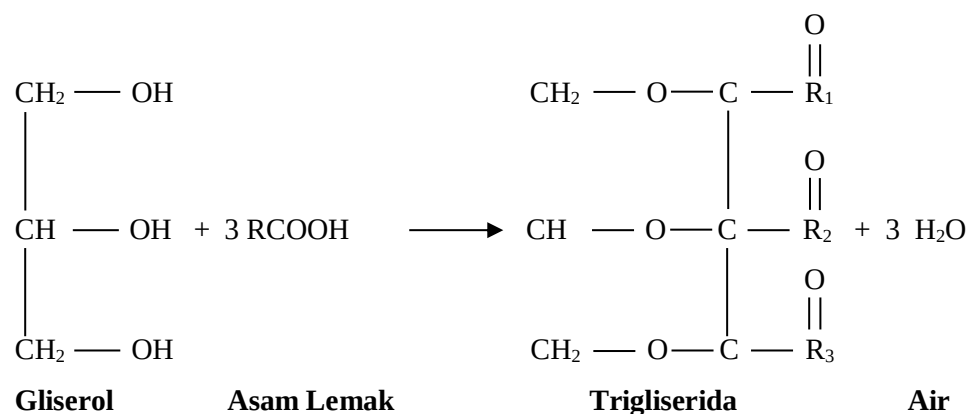
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Crude Palm Oil (CPO)*

Crude Palm Oil (CPO) atau minyak mentah kelapa sawit merupakan hasil proses pengepressan buah sawit (mesocarf) yang berwarna kuning jingga berbentuk cair. Sifat fisik CPO pada suhu 25°C memiliki densitas antara 0,909 – 0,917 g/mL dan untuk suhu 55°C densitas CPO sebesar 0,888 – 0,892 g/mL (Wulandari dkk, 2011). CPO memiliki karakteristik (Ketaren S, 1986) sebagai berikut :

Rumus Kimia	: $C_3H_5(COOR)_3$
Berat Molekul	: 847.28 g/mol
Titik Didih	: 298°C
Titik Beku	: 5°C
Spesific Gravity	: 0.9
Densitas	: 0.895 g/cm ³
Panas Jenis	: 0.497 kal/g°C
Kenampakan	: Cairan Kuning Jingga
Kemurnian	: 98%



Gambar 2.1. Reaksi Pembentukan Trigliserida pada Minyak Kelapa Sawit

Pembentukan trigliserida adalah sama, dengan memiliki pengertian bahwa trigliserida yang sederhana. Pada pembentukan terdapat rantai rangkap, maka

asam lemak yang terbentuk adalah asam lemak tak jenuh, apabila tidak ada rangkap maka akan terjadi sebaliknya (Hudaya, 2010).

Tabel 2.1. Syarat Mutu Minyak Kelapa Sawit Mentah (BSN,2006)

Kriteria Uji	Syarat Mutu	Satuan
Warna	Jingga Kemerahan	-
Kadar Air	0,5%	%Fraksi Massa
Asam Lemak Bebas (asam palmiat)	5%	%Fraksi Massa
Bilangan Yodium	50 – 55	g Yodium / 100 g
Titik Leleh	21 – 24	°C
Kadar Kotoran	Maks 0,5	%Fraksi Massa

(Badan Standarisasi Nasional,2006)

Crude Palm Oil (CPO) merupakan minyak kelapa sawit kasar yang berwarna kemerah-merahan yang diperoleh dari hasil ekstraksi atau pengempaan daging buah kelapa sawit dan belum mengalami pemurnian. Minyak kelapa sawit juga menghasilkan berbagai produk turunan yang kaya manfaat sehingga dapat dimanfaatkan di berbagai industri. Mulai dari industri makanan, farmasi, sampai industry kosmetik. Bahkan, limbahnya pun masih dapat dimanfaatkan untuk industri mebel, oleokimia, hingga pakan ternak. Dengan demikian kelapa sawit memiliki arti penting bagi perekonomian di Indonesia (Novalina dkk.,2015).

Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) di Indonesia Sebagian besar difraksinasi sehingga dihasilkan fraksi cair (Olein) dan fraksi padat (Stearin). Fraksi Olein tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestic sebagai bahan baku untuk minyak makan. Minyak sawit yang masih kasar kemudian harus mengalami proses pemurnian terlebih dahulu agar tidak terjadi penurunan mutu akibat adanya reaksi hidrolisis dan oksidasi (Ermawati dan Saptia.,2013).

Komponen penyusun minyak sawit terdiri dari campuran trigliserida dan komponen lainnya yang merupakan komponen minor. Trigliserida terdapat dalam jumlah yang besar sedangkan komponen minor terdapat dalam jumlah yang relatif kecil namun keduanya memegang peranan dalam menentukan kualitas minyak sawit. Minyak sawit kasar berfase semi padat suhu kamar karena komposisi asam lemak dapat dilihat pada Tabel 2.2 yang bervariasi dengan titik leleh yang juga

bervariasi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Novalina dkk.,2015) didapat kandungan asam lemak dari *Crude Palm Oil* (CPO) yakni sebagai berikut :

Tabel 2.2. Komposisi Asam Lemak *Crude Palm Oil* (CPO)

Komponen Penyusun	Komposisi % (b/b)
Asam Arakidat (C _{20:0})	0,3649
Asam Eikosenoat (C _{20:1})	0,1461
Asam Linoleat (C _{18:2})	8,4687
Asam Linolenat (C _{18:3})	0,3086
Asam Palmiat (C _{16:0})	47,5118
Asam Palmitoleat (C _{16:1})	0,1965
Asam Stearat (C _{18:0})	3,5314
Asam Oleat (C _{18:1})	38,3876

(Novalina dkk.,2015)

2.2 Metanol

Metanol (CH₃OH) merupakan pelarut yang sering dikenal tidak memiliki warna (bening), jernih serta memiliki sifat mudah menguap dan mudah terbakar. Penggunaan umum methanol biasanya sebagai bahan pelarut, bahan pendingin anti beku, sebagai bahan aditif dan sebagai bahan bakar. Pada umumnya produksi methanol secara alami oleh bakteri dan metabolisme anaerobic (Busyari dkk.,2020). Metanol sebagai bahan bakar telah dipakai beberapa waktu lalu sebagai bahan bakar mesin umum yang biasanya dipakai banyak orang. Metanol juga memiliki keuntungan dalam segi perekonomian, methanol lebih murah harga produksinya daripada energi terbarukan (Halid dkk.,2016).

Walaupun sama seperti bahan bakar fosil lainnya, methanol menghasilkan karbondioksida selama pembakaran namun methanol diyakini lebih ramah dalam penggunaannya, tidak menghasilkan asap, jelaga ataupun sejumlah besar senyawa hidrokarbon lainnya. Methanol yang digunakan sebagai bahan bakar tetap berpotensi bersifat mudah korosif pada beberapa logam terutama aluminium sehingga membuat kita harus lebih sering mengganti pipa dan tangka pada penyimpanan serta tangka pada mesin, berakibatkan pada biaya perawatan tinggi.

Methanol juga memiliki sifat lebih beracun jika dibandingkan dengan bahan bakar pada umumnya seperti bensin (Halid dkk.,2016). Karakteristik dari methanol dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Sifat Fisika dan Kimia Methanol

Karakteristik	Nilai
Massa Molar	32,04 g/mol
Wujud Cairan	Tidak Berwarna
Spesific Gravity	0,7918
Titik Leleh	-97°C, -142,9°F (179 K)
Titik Didih	64,7°C, 148,4°F (337,8 K)
Kelarutan dalam Air	Sangat Larut
Keasaman (pKa)	~ 15,5

(Halid dkk.,2016)

2.3 Enzim Lipase

Enzim Lipase (E.C 3.1.1.3) adalah enzim yang bekerja dengan menghidrolisis lipid trigliserida. *Lipase* yang dapat berfungsi sebagai biokatalis dalam pelarut organik anhidrat menawarkan kemungkinan baru seperti pergeseran kesetimbangan termodinamika, mendukung sintesis, memungkinkan penggunaan substrat hidrofobik, control atau memodifikasi enzim selektivitas oleh rekayasa pelarut, menekan reaksi samping tergantung air yang tidak diinginkan, meningkatkan stabilitas termal enzim dan juga meminimalkan kemungkinan kontaminan (Kumar.,2016). Menurut (Murni dkk.,2011). *Enzim Lipase* dapat berperan sebagai biokatalis untuk reaksi – reaksi transesterifikasi, hidrolisis, asidolisis, dan alkoholisis. *Enzim Lipase* juga dikenal sebagai enzim yang memiliki aktivitas yang tinggi dalam reaksi hidrolisis pada kimia sintesis dan berperan dalam bioteknologi modern. Proses kerja enzim sebagai katalis yaitu mengubah senyawa yang disebut substrat menjadi senyawa yang baru sebagai produk dan senyawa enzim tidak berubah dalam reaksi tersebut (Supriyatna.,2015).

Keuntungan pada penggunaan *Enzim Lipase* sebagai biokatalis adalah kondisi operasi dalam keadaan lunak dan pemurnian dapat dilakukan dengan lebih mudah dan juga tanpa menghasilkan limbah kimia, dapat menghasilkan biodiesel dengan kualitas baik, rendemen yang tinggi dan biaya produksi yang rendah. Namun, penggunaan *Enzim Lipase* ini juga memiliki kekurangan yakni struktur *Lipase* ini juga memiliki kekurangan yakni struktur *Lipase* sendiri yang sangat

tidak stabil terhadap adanya perubahan lingkungan seperti pH dan mengungkapkan bahwa laju reaksi akan meningkat seiring dengan adanya kenaikan temperature sampai pada batas optimalnya, karena enzim akan terdeaktivasi pada temperature yang terlalu tinggi. Untuk itu kestabilan termal enzim lipase pada reaksi hidrolisis dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Kestabilan Termal *Enzim Lipase* pada Reaksi Hidrolisis

Temperatur	FFA <i>Enzim Lipase</i> bebas (%)
Normal	62,82
35°C	67,58
40°C	71,53
45°C	43,00
50°C	25,95

(Wardoyo dan Hidayah, 2015)

2.4 Mekanisme Reaksi

Proses reaksi antara minyak nabati dengan alkohol yang menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping dengan bantuan katalis. Katalis digunakan untuk mempercepat laju reaksi dan meningkatkan jumlah produk. Alkohol yang biasanya digunakan sebagai reaktan dalam proses ini adalah metanol karena merupakan alkohol yang paling reaktif. Sedangkan bahan baku yang digunakan untuk reaksi ini harus memiliki kadar asam lemak bebas yang kecil yakni $< 2\%$ untuk menghindari angka penyabunan yang tinggi. Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan kualitas biodiesel yang lebih baik dari karena mengalami pertukaran asam lemak dan menghasilkan ester baru, reaksi ini serupa dengan reaksi alkoholisis (Busyari dkk.,2020). Fungsi alami utama dari enzim lipase adalah untuk mengkatalisis reaksi hidrolisis rantai Panjang triasigliserol (TAG). Bertentangan dengan banyak enzim lain, enzim lipase menunjukkan Tingkat aktivitas dan stabilisasi yang sangat baik di lingkungan tidak berair, yang memfasilitasi katalisis beberapa reaksi tidak alami seperti esterifikasi dan transesterifikasi. Literatur mengungkapkan hubungan antara struktur lipase dan kemampuan katalitiknya (Quasyon dkk.,2020).

2.5 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari minyak tumbuhan, lemak hewan, atau minyak bekas melalui proses esterifikasi dengan alkohol. Nama biodiesel telah disetujui oleh *Department of Eergy* (DOE), *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *American Society of Testing Material* (ASTM). Biodiesel dapat digunakan tanpa modifikasi ulang mesin diesel. Biodiesel dapat ditulis B20 yang berarti dalam bahan bakar tersebut terkandung biodiesel 20% dan minyak solar 80% (Siswani, dkk., 2012).

Standar dan mutu (spesifikasi) yang ditetapkan oleh SNI 7182 : 2015 mengenai karakteristik dari biodiesel disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.5. Standar Biodiesel menurut SNI 7182-2015

No	Parameter uji	satuan,min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s(cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala	°C,min	100
5	Titik kabut	°C,maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada suhu 50°C)		Nomor 1
7	Residu karbon	% -massa,maks	
	- dalam percontoh asli;atau		0,05
	- dalam 10% ampas distilasi		0,3
8	Air dan sedimen	%-volume,maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C,maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa,maks	0,02
11	Belarang	mg/kg,maks	50
12	Fosfor	mg/kg,maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g,maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa,maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa,maks	0,24
16	Kadar metil ester	%-massa,min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100g),maks	115
18	Kestabilan oksidasi	menit	
	- Periode induksi metode rancimat atau		480
	- Periode induksi metode petro aksi		
			36
19	Monogliserida	%-massa,maks	0,8
18	Kestabilan oksidasi	menit	
	- Periode induksi metode rancimat atau		480
	- Periode induksi metode petro aksi		
			36
19	Monogliserida	%-massa,maks	0,8

(Badan Standarisasi Nasional SNI 7182-2015, 2015)

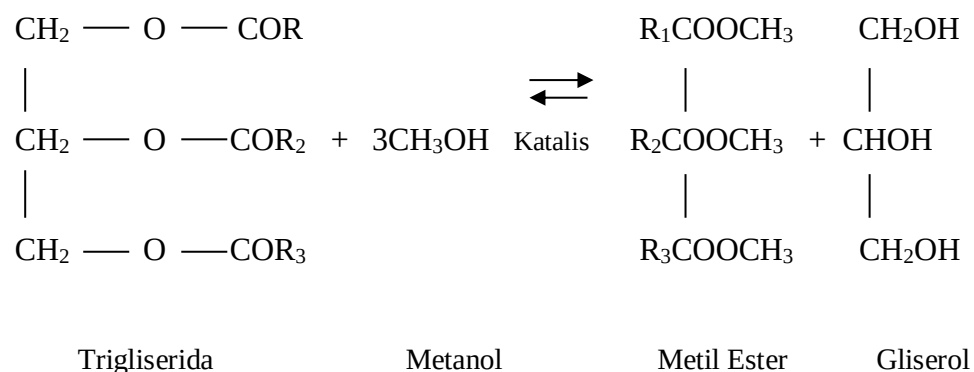
Dari Tabel 2.5 dapat diketahui karakteristik dari biodiesel yang ditetapkan, sehingga dalam pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak nabati, standar yang ditetapkan oleh SNI harus dipenuhi.

Tabel 2.6. Perbandingan Biodiesel dari Berbagai Bahan Baku

Bahan Baku	Katalis	Reaktor	%Yield	Refrensi
<i>Tamanu Oil</i> (Minyak Nyamplung)	Enzim Lipase	<i>Packed Bed Reactor</i>	84,16%	Wahyunita., DN., 2023
Minyak Biji Carica	Enzim Lipase	<i>Batch Reactor</i>	65,85%	Istiningrum BR, dkk, 2018
<i>Tamu Oil</i>	Enzim Lipase	<i>Batch Reactor</i>	87,67%	Aznury dkk., 2022
<i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	Enzim Eversa	<i>Batch Reactor</i>	97,91%	Farobie et all, 2021

2.6 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah suatu proses yang terjadi dengan mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan gugus alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol (umumnya yang sering digunakan adalah metanol dikarenakan lebih ekonomis) menghasilkan metil ester asam lemak *Fatty Acids Methy Esters* (FAME) atau biodiesel dan gliserol sebagai produk samping (Daryono., 2020). Biodiesel dan gliserol dipisahkan untuk mendapatkan produk (Daryono dkk., 2021). Pada Gambar 2.3 merupakan reaksi transesterifikasi secara umum.



Gambar 2.3. Reaksi Dasar dari Transesterifikasi

RCOOR adalah *fatty acid methyl ester* (biodiesel). Produk yang diinginkan dari reaksi. Selain merupakan reaksi yang berjalan tiga tahap, reaksi transesterifikasi juga merupakan reaksi *reversible* (dapat balik), dimana monogliserida dan digliserida terbentuk sebagai intermediate. Reaksi stoikiometris membutuhkan 3 mol alkohol untuk mengkonversi 1 mol trigliserida. Alkohol dapat digunakan secara berlebih untuk meningkatkan *yield* alkil ester dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk (Hikmah dkk., 2016). Terdapat beberapa cara agar keseimbangan reaksi lebih kearah produk, yaitu:

- a. Menambahkan methanol berlebih ke dalam reaksi
- b. Memisahkan gliserol
- c. Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksotermis).

Laju reaksi transesterifikasi dan *yield* biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu suhu minyak, dimana pada suhu minyak sebelum dilakukan proses transesterifikasi, suhu reaksi, rasio mol minyak terhadap alkohol, jenis katalis dan konsentrasinya, intensitas pencampuran, dan kemurnian reaktan. Faktor kinetik lain seperti jenis pengadukan dan jenis reaktor juga mempengaruhi laju reaksi (Musta dkk., 2017).

2.7 Stirred Tank Reactor

Reaktor *Stirred Tank* dianggap sebagai bentuk dasar CSTR, sebagai model dalam skala besar dari labu di laboratorium. Reaktor *Stirred Tank* digunakan untuk reaksi homogen (liquid-liquid), reaksi heterogen (liquid-gas) dan reaksi yang melibatkan padatan tersuspensi yang dibantu dengan adanya pengadukan. Kebanyakan aplikasi dari tangka berpengaduk digunakan pada operasi kontinyu. Di dalam *Stirred Tank Reactor* terjadi reaksi pembentukan atau penguraian komponen dalam reaksi satu arah, reaksi bolak balik, atau reaksi berantai.

Menurut (Le Tu dkk.,2012) dari hasil penelitiannya, produksi biodiesel banyak yang menggunakan *Stirred Tank Reactor* untuk metode produksi biodiesel dengan menggunakan pengadukan mekanik ini adalah metode yang paling banyak digunakan dan cocok untuk katalis homogen ataupun heterogeny, memanfaatkan

STR untuk mengkonversi minyak nabati menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Variable yang dioptimalkan yaitu suhu reaksi, konsentrasi katalis, dan waktu reaksi. Dari hasil penelitiannya bahwa penggunaan *Stirred Tank Reactor* dalam produksi biodiesel suhu kondisi optimal 60°C dengan reaksi 1 jam.

Menurut hasil penelitian biodiesel dari limbah minyak goreng dengan katalis KOH di dalam *Stirred Tank Reactor* menghasilkan nilai kalor yang dapat menggantikan biodiesel yaitu 9.657,591 Kal/kg dengan suhu optimal 65°C dan perbandingan mol limbah minyak goreng : metanol = 1 : 6 (Astuti, E dkk.,2019). Menurut hasil penelitian (Keng P. S *et al.*,2008) produksi ester sawit yang dikatalisi lipase yang dipakai berulang kali setelah 15 siklus reaksi dengan alat *Stirred Tank Reactor* menghasilkan ester sawit %Yield yang tinggi yaitu 79%.