

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*)

Kelapa sawit adalah tumbuhan industri atau perkebunan yang berguna sebagai penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar. Tanaman kelapa sawit berupa pohon batang lurus yang bernama latin *Elaeis Guineensis Jacq*. Nama *Elaeis* berasal dari kata elaion yang berarti minyak, *Guineensis* berasal dari kata guinea berarti Pantai Barat Afrika, dan *Jacq* yang merupakan botanis Amerika pemberi nama latin kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit terdiri dari dua spesies yaitu *elaeis guineensis* dan *elaeis oleifera* yang digunakan untuk pertanian komersil dalam penghasil minyak kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit dalam taksonomi tumbuhan dapat dijabarkan sebagai berikut (Mardawati dkk., 2019):

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Sub kingdom	: <i>Viridiplantae</i>
Divisi	: <i>Tracheophytina</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Arecales</i>
Genus	: <i>Elaeis Jaca</i>
Spesies	: <i>Elaeis Guineensis Jacq</i>

Tanaman kelapa sawit dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu bagian vegetatif dan bagian generatif. Bagian vegetatif kelapa sawit meliputi akar, batang dan daun. Sedangkan bagian generatif yang merupakan alat perkembangbiakan terdiri dari bunga dan buah yang dapat dijabarkan sebagai berikut (Ristianingsih dkk., 2016):

1. Bagian vegetatif

a. Akar

Akar tanaman kelapa sawit berfungsi sebagai penyerap unsur hara dalam tanah dan respirasi tanaman. Selain itu, akar tanaman kelapa sawit juga berfungsi sebagai penyangga berdirinya tanaman sehingga mampu menyokong tegaknya tanaman pada ketinggian yang mencapai puluhan meter ketika tanaman berumur 25 tahun. Akar tanaman kelapa sawit ujungnya runcing dan berwarna putih atau kekuningan.

b. Batang

Kelapa sawit tidak memiliki cabang dan kambium dengan tipe pertumbuhan primer. Tinggi maksimum kelapa sawit yang ditanam di perkebunan mencapai 18 meter, sedangkan yang tumbuh di alam mencapai 30 meter. Batang berfungsi sebagai struktur tempat melekatnya daun, bunga dan buah. Batang juga berfungsi sebagai organ penimbun zat makanan yang memiliki sistem pembuluh yang mengangkut air dan hara mineral dari akar ke tajuk serta hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tanaman. Batang kelapa sawit berbentuk silinder dengan diameter 20 – 75 cm. Tanaman yang masih muda, batangnya tidak terlihat karena tertutup oleh pelepah daun. Semakin tua tanaman, bekas pelepah daun mulai rontok, kerontokan dimulai dari bagian tengah batang yang kemudian meluas ke atas dan ke bawah.

c. Daun

Daun kelapa sawit mirip kelapa, yaitu membentuk susunan daun majemuk, bersirip genap dan bertulang daun sejajar. Daun – daun membentuk satu pelepah yang panjangnya mencapai lebih dari 7,5 – 9 m. Jumlah anak daun di setiap pelepah berkisar 250 – 400 helai. Daun muda yang masih kuncup berwarna kuning pucat. Jumlah pelepah, panjang pelepah dan jumlah anak daun tergantung pada umur tanaman.

2. Bagian Generatif

a. Bunga

Kelapa sawit merupakan tanaman berumah satu (monoceus), artinya bunga jantan dan bunga betina terdapat dalam satu tanaman serta masing – masing terangkai dalam satu tandan. Tandan bunga jantan terpisah dengan bunga betina. Setiap tandan bunga muncul dari pangkal pelepah daun. Sebelum bunga mekar dan masih diselubungi seludang, sudah dapat dibedakan bunga jantan dan betina, yaitu dengan melihat bentuknya. Bunga jantan bentuknya lonjong memanjang dengan ujung kelopak agak meruncing dan garis tengah bunga lebih kecil, sedangkan bunga betina bentuknya agak bulat dengan ujung kelopak agak rata dan garis tengah lebih besar.

b. Buah

Secara anatomi, buah kelapa sawit terdiri dari dua bagian utama yaitu eksokarp yaitu bagian kulit buah berwarna kemerahan dan mesokarp yaitu serabut buah. Sedangkan yang kedua adalah biji yang terdiri dari endoskarp yaitu cangkang pelindung inti.

Kelapa sawit menjadi populer setelah revolusi industri pada akhir abad ke-19 yang menyebabkan tingginya permintaan minyak nabati untuk bahan pangan dan industri sabun. Potensi produksi minyak kelapa sawit untuk setiap hektarnya adalah 5,28 ton per tahun yang dapat dari 24 ton tandan buah segar (Badan Pusat Statistik, 2021). Buah kelapa sawit yang bermutu akan menghasilkan rata-rata 22 persen minyak kelapa sawit. Pada tiga tahun pertama disebut sebagai kelapa sawit muda dan pada usia tujuh sampai sepuluh tahun disebut sebagai periode matang, dimana pada periode tersebut mulai menghasilkan tandan buah segar. Tanaman sawit usia sebelas sampai dua puluh tahun sudah mulai mengalami penurunan produksi buah tandan buah segar. Tingkat produksi yang mungkin dicapai dari suatu kebun kelapa sawit adalah merupakan hasil interaksi antara faktor potensi genetik varietas tanaman, lingkungan tempat tumbuhnya, dan pengelolaan dalam budidayanya (Rahayu dkk., 2016).

2.2 CPO (*Crude Palm Oil*)

CPO (*Crude Palm Oil*) 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 industri 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 CPO di Indonesia sebagian besar difraksinasi sehingga dihasilkan fraksi cair (olein) dan fraksi padat (stearin). Fraksi olein tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik 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. Sifat fisika dan kimia minyak sawit meliputi warna, kadar air, asam lemak bebas, bilangan iod, bilangan asam, bilangan penyabunan, dan titik leleh dapat dilihat Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Sawit Kasar

Kriteria uji	Syarat mutu
Warna	Jingga kemerahan
Kadar air	0,5%
Asam lemak bebas	5%
Bilangan iod	50-55 g/1 (100 gr minyak)
Bilangan asam	6,9 mg KOH/g minyak
Bilangan penyabunan	224-249 mg KOH/g minyak
Bilangan iod (wijs)	44-54
Titik leleh	21-24°C

(SNI 2901:2021)

Minyak sawit kasar berfasa semi padat pada 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* yakni sebagai berikut:

Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak *Crude Palm Oil*

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 Palmitat (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)

2.3 Metanol

Metanol (CH₃OH) merupakan pelarut yang sering dikenal tidak memiliki warna (bening), jernih serta memiliki sifat mudah menguap dan mudah terbakar. Penggunaan umum metanol biasanya sebagai bahan pelarut, bahan pendingin anti beku, sebagai bahan aditif dan sebagai bahan bakar. Pada umumnya produksi

metanol secara alami oleh bakteri dan metabolisme anaerobik (Busyairi dkk., 2020). Metanol sebagai bahan bakar telah dipakai beberapa waktu lalu sebagai bahan bakar mesin balap namun kegunaannya tidak seperti bahan bakar fosil yang digunakan pada mesin umum yang biasanya dipakai banyak orang. Metanol juga memiliki keuntungan dalam segi perekonomian, metanol lebih murah harga produksinya daripada energi terbarukan (Halid dkk., 2016).

Walaupun sama seperti bahan bakar fosil lainnya, metanol menghasilkan karbondioksida selama pembakaran namun metanol diyakini lebih ramah dalam penggunaannya, tidak menghasilkan asap, jelaga ataupun sejumlah besar senyawa hidrokarbon lainnya. Metanol yang digunakan sebagai bahan bakar tetap berpotensi bersifat mudah korosif pada beberapa logam terutama aluminium sehingga membuat kita harus lebih sering mengganti pipa dan tangki pada penyimpanan serta tangki pada mesin, berakibatkan pada biaya perawatan yang tinggi. Metanol juga memiliki sifat lebih beracun jika dibandingkan dengan bahan bakar pada umumnya seperti bensin (Halid dkk., 2016). Karakteristik dari metanol dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Sifat Fisika dan Kimia Metanol

Karakteristik	Nilai
Massa molar	32,04 g/mol
Wujud cairan	Tidak berwarna
Specific 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)

2.4 Zeolit Alam

Zeolit adalah material mikropori yang menyajikan peran penting dalam berbagai area teknologi terutama karena luas permukaan yang tinggi, kemampuan adsorpsi dan adanya pusat asam aktif. Senyawa ini merupakan kristal aluminosilikat dengan struktur berdasarkan tridimensional yang kombinasi tetrahedral alumina (AlO_4^{5-}) dan silika (SiO_4^{4-}) yang membentuk struktur bermuatan negatif dan berongga atau berpori. Aluminosilikat dapat menjadi penyangga untuk imobilisasi biomolekul. Pada penelitian ini akan dilakukan hidrolisis pada minyak dengan

penambahan *lipase* sebagai biokatalisator sedangkan matriks yang digunakan adalah zeolit (Againa, 2017).

Berdasarkan cara terbentuknya, zeolit dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zeolit alam dan zeolit buatan. Zeolit alam merupakan zeolit yang terbentuk secara alami akibat adanya perubahan alam atau dari batuan vulkanik akibat letusan gunung berapi. Zeolit alam dapat diaplikasikan sebagai sistem penjerap setelah proses aktivasi dengan menguraikan pengotor yang berada di permukaan zeolit. Zeolit alam pada umumnya dapat diaktivasi melalui proses kimia dan fisika, hal ini bertujuan untuk meningkatkan sisi aktif sehingga dapat mengoptimalkan kinerja zeolit (Zhang dkk., 2020). Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan metode pencucian asam, yang selanjutnya disebut sebagai aktivasi secara kimia. Selain itu perlakuan hidrotermal juga dapat digunakan sebagai metode aktivasi pada preparasi zeolit. Metode hidrotermal, merupakan metode pemanasan suhu tinggi untuk menghilangkan kadar air sekaligus unsur pengotor di dalam zeolit aktivasi merupakan salah satu proses yang banyak dilakukan untuk meningkatkan kualitas zeolit alam. Proses aktivasi pada zeolit akan merubah rasio Si/Al dan dapat meningkatkan terbentuknya rongga kosong sehingga kemampuan zeolit sebagai adsorben menjadi optimal sehingga karakteristik zeolit sesuai dengan bahan yang akan diadsorpsi (Kurniawan dkk., 2014).

2.5 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, kontrol 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 enzim 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* sendiri yang sangat tidak stabil terhadap adanya perubahan lingkungan seperti pH dan suhu. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Wardoyo dan Hidayah, 2015) mengungkapkan bahwa laju reaksi akan meningkat seiring dengan adanya kenaikan temperatur sampai pada batas optimalnya, karena enzim akan terdeaktivasi pada temperatur 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

Temperature	FFA enzim <i>lipase</i> bebas (%)	FFA enzim <i>lipase</i> terimobilisasi (%)
Normal	62,82	52,32
35°C	67,58	54,89
40°C	71,53	56,08
45°C	43,00	52,51
50°C	25,95	48,55

(Wardoyo dan Hidayah, 2015)

Salah satu cara untuk mengatasi kelemahan dari enzim *lipase* tersebut adalah dengan imobilisasi enzim. Imobilisasi enzim adalah suatu metode dimana pergerakan molekul enzim ditahan pada tempat tertentu dalam suatu ruang reaksi kimia yang dikatalisnya. Selain itu, metode imobilisasi enzim digunakan untuk meningkatkan daya tahan enzim terhadap perubahan lingkungan dan penggunaan secara berulang. Untuk metode imobilisasi yang digunakan adalah metode entrapment yakni dimana enzim dilokasir dalam suatu matriks sehingga aktivitas katalitiknya tetap terjaga. Matriks yang digunakan dapat berupa zeolit, karbon aktif, silika, bentonit dan sebagainya (Kurniawan dkk., 2014).

2.6 Imobilisasi Enzim

Imobilisasi enzim merupakan metode untuk membuat enzim tidak bergerak, sehingga enzim dapat digunakan secara berulang pada proses biokonversi secara batch. Enzim amobil juga dapat digunakan pada biokonversi secara berulang sampai periode tertentu tergantung stabilitas enzim amobil. Dengan cara ini, biokonversi enzimatik akan lebih praktis dan dapat dilakukan lebih mudah dan murah dibandingkan dengan penggunaan enzim bebas. Imobilisasi enzim telah berhasil dilakukan untuk enzim *desaturase* dan enzim *lipase* (Dirmawarnita dkk., 2019).

Imobilisasi enzim dilakukan menggunakan teknik penjebakan secara entrapping jenis kisi. Untuk matriks yang digunakan ialah zeolit. Imobilisasi enzim pada metode entrappment sangat bergantung pada agen pengemulsi gel yaitu NaF 0,5 M. Agen pengemulsi gel ini berperan untuk menahan *lipase* yang masuk dalam pori-pori zeolit karena agen pengemulsi gel (NaF) dapat membentuk lapisan gel pada permukaan pori-pori zeolit. Diharapkan dengan penambahan NaF mampu meningkatkan pengikatan enzim pada saat imobilisasi dengan cara mengikat enzim lebih kuat terutama pada saat proses pengadukan dan penyaringan akhir. Kelebihan dari imobilisasi enzim yaitu dapat digunakan berulang kali. Sehingga dapat mengefisienkan penggunaan enzim. Metode ini enzim tidak mengalami perubahan konformasi dan metode ini sederhana tetapi metode ini dapat menyebabkan enzim mengalami desorpsi sebagai akibat perubahan suhu dan pH (Againa dkk., 2017). Imobilisasi enzim dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu (Sutrisno, 2017):

1. Entrapment

Metode entrapment atau penjebakan adalah teknik imobilisasi enzim dimana enzim ditempatkan pada suatu matriks atau ruang pada suatu polimer atau membran sehingga aktifitas katalitiknya tetap terjaga. Pori-pori yang terdapat pada polimer atau membran memungkinkan substrat kontak dengan enzim sehingga katalisis dapat berlangsung. Metode penjebakan ini terbagi menjadi pemerangkapan dalam matriks atau mikrokapsul. Untuk bahan yang biasa digunakan dalam metode ini adalah:

- a) Organik : Ca-alginat, agar, K-karagenan, kolagen
- b) Inorganik : Zeolit, karbon aktif, keramik berpori

2. Carrier-binding

Metode ini terbagi menjadi 3 berdasarkan jenis ikatan antara enzim dengan matriksnya:

a) Adsorpsi fisik

Metode ini dengan teknik adsorpsi fisik didasarkan pada fenomena adsorpsi enzim yang tidak larut pada air. Matriks yang digunakan dapat berupa kaolin, bentonit, silica dan lainnya. Kekurangan pada metode ini adalah enzim dapat mengalami desorpsi akibat perubahan temperature dan pH.

3. Cross-linking

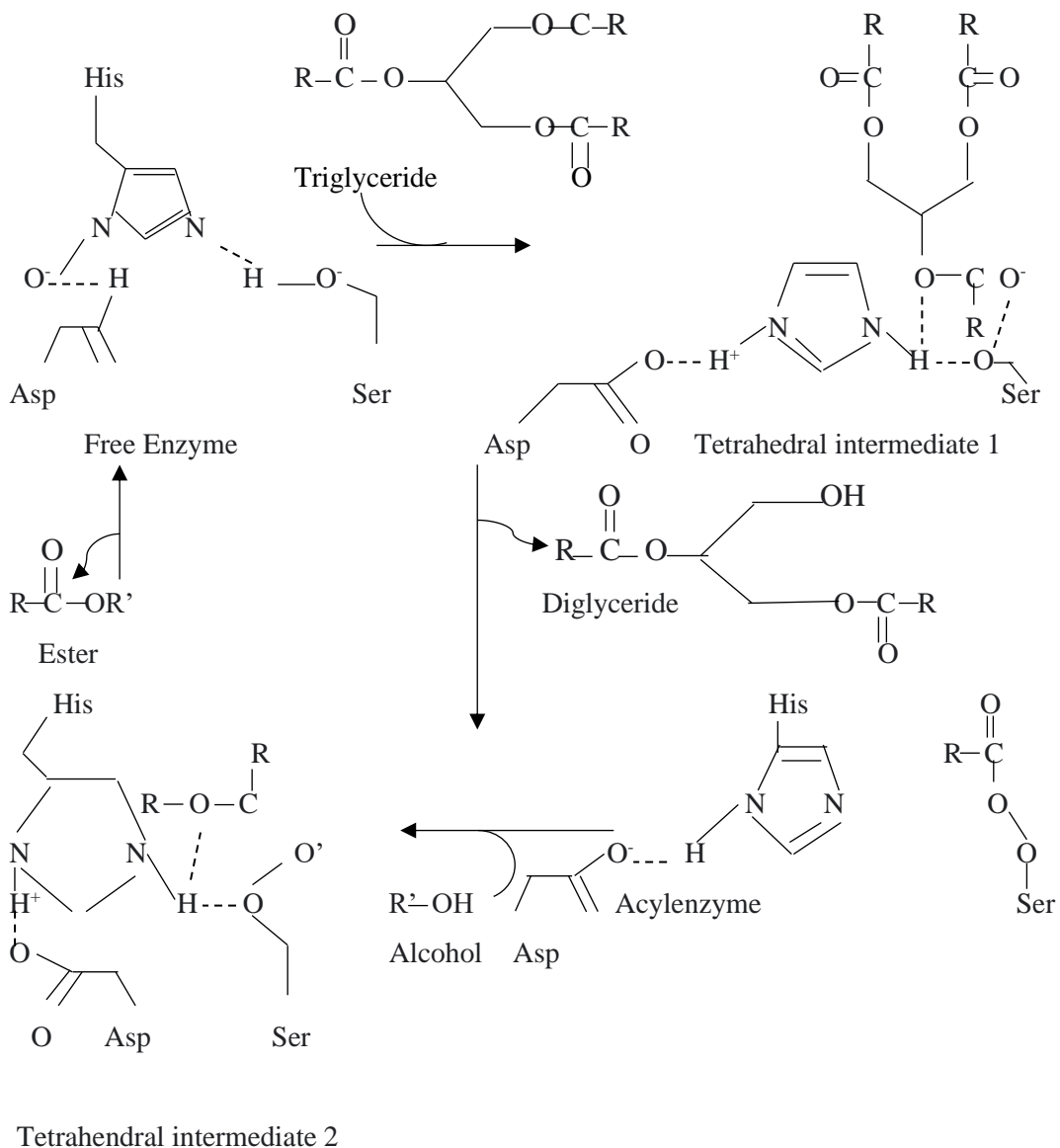
Metode ini adalah pengikatan silang antar molekul protein dengan molekul protein lain yakni gugus fungsional dari padatan pendukung. Dengan teknik ini enzim akan terikat cukup kuat pada padatan pendukung sehingga kemungkinan untuk terjadi desorpsi enzim sangat kecil tetapi pada teknik ini menyebabkan terjadinya perubahan sisi aktif enzim secara drastis dan aktivitas enzim setelah imobilisasi menjadi sangat rendah.

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode entrapment atau penjebakan yakni teknik imobilisasi enzim dimana enzim di-adsorpsikan pada suatu matriks atau ruang pada suatu polimer atau membran sehingga aktifitas katalitiknya tetap terjaga. Pori-pori yang terdapat pada polimer atau membran memungkinkan substrat kontak dengan enzim sehingga katalisis dapat berlangsung. Metode penjebakan ini terbagi menjadi pemerangkapan dalam matriks atau mikrokapsul. Untuk bahan yang digunakan dalam metode ini adalah zeolit.

2.7 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 (Busyairi, dkk., 2020). Fungsi alami utama dari enzim *lipase* adalah untuk mengkatalisis reaksi hidrolisis rantai panjang triasilgliserol (TAG). Bertentangan dengan banyak enzim lain, enzim *lipase* menunjukkan tingkat aktivitas dan stabilitas 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 (Quayson dkk., 2020).



Gambar 2.1 Mekanisme Reaksi Enzimatis (Quayson dkk., 2020)

Enzim *lipase* merupakan enzim yang sering digunakan dalam proses sintesis suatu senyawa organik, khususnya reaksi esterifikasi. Enzim *lipase* merupakan suatu enzim yang tersusun atas berbagai macam asam amino memiliki sisi aktif yaitu Asp-His-Ser berorientasi dari kiri ke kanan. Enzim ini dapat mengkatalisis reaksi esterifikasi, transesterifikasi dan hidrolisis. Aspartat, histidin, serta serin merupakan tiga asam amino yang mempunyai peran cukup besar dalam proses reaksi asetilasi. Beberapa penelitian mengungkapkan secara teoritis mekanisme asetilasi antara alkohol dengan asam karboksilat menggunakan enzim *lipase* (Quayson dkk., 2020). Berdasarkan Gambar 3.1 menggambarkan mekanisme esterifikasi terkatalisis *lipase* yang menghasilkan ester. Dalam mekanisme tersebut terlihat bahwa pada awal reaksi, substrat asam karboksilat berinteraksi dengan sisi serin dari enzim. Tahap ini terlihat pada tahap interaksi I terjadinya interaksi ini menyebabkan terbentuknya intermediet berupa kompleks enzim substrat I. Terbentuknya kompleks enzim ini memicu terjadinya interaksi enzim dengan substrat alkohol (interaksi II) sehingga terbentuk kompleks enzim substrat II. Tahap terakhir dari reaksi tersebut terbentuklah suatu senyawa ester (Yang dkk., 2020).

Langkah pertama dalam reaksi adalah membuat alkohol serin menjadi nukleofil yang lebih baik. Tugas ini dilakukan oleh histidin, yang sepenuhnya menarik proton dari alkohol serin, membentuk oksianion. Oksianion serin kemudian menyerang karbon karbonil substrat, membentuk intermediet tetrahedral. Oksianion yang dibuat distabilkan oleh asam amino terdekat (aspartat dan histidin), yang berikatan hidrogen dengan oksianion. Selanjutnya, elektron pada oksianion didorong kembali ke karbon karbonil, dan proton saat ini pada histidin ditransfer ke digliserida, yang kemudian dilepaskan dan bereaksi dengan alkohol untuk menyelesaikan transesterifikasi. Nitrogen histidin menghilangkan hidrogen dari molekul alkohol membentuk anion alkil oksida. Hidroksida menyerang karbon karbonil, oksianion antara distabilkan oleh ikatan hidrogen intermediet tetrahedral 2, elektron didorong kembali ke karbon karbonil, dan monogliserida terbentuk. Oksigen serin kemudian mengambil kembali hidrogen yang terletak pada histidin untuk membangun kembali jaringan ikatan hidrogen sehingga terbentuk ester (Quayson dkk., 2020).

2.8 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif ramah lingkungan sebagai pengganti minyak diesel yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau lemak hewan. Biodiesel yang dihasilkan dengan proses kimia yang dikenal sebagai reaksi transesterifikasi, yaitu mereaksikan minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol seperti metanol. Reaksi akan menghasilkan senyawa kimia baru yang disebut metil ester atau yang dikenal sebagai biodiesel (Daryono dkk., 2021).

Biodiesel dapat dibuat dengan transesterifikasi asam lemak. Asam lemak dari minyak nabati akan direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester. Proses transesterifikasi pada prinsipnya merupakan proses mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol menjadi metil ester. Biodiesel yang dipasarkan di Indonesia harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk produk biodiesel. Oleh karena itu, diperlukan tahap purifikasi agar biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar. Adapun syarat mutu biodiesel berdasarkan Standar nasional biodiesel yang harus dipenuhi agar layak dipasarkan yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Standar Nasional Biodiesel

Parameter	Satuan	Batas nilai
Massa jenis pada 40°C	gr/cm ³	0,850 – 0,890
Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3 - 6,0
Angka setana	Min	48-51
Bilangan iod	%-massa, Maks (gr I ₂ /100g)	115
Bilangan saponifikasi	%-massa, Maks (mg KOH/gr)	225
Titik nyala	°C, Min	100
Titik kabut	°C, Maks	18
Residu karbon	%-massa, Maks	0,05
Air sendimen	%-vol, Maks	0,05
Temperatur distilasi 90%	°C, Maks	360
Abu tersulfatkan	%-massa, Maks	0,02
Belerang	(mg/kg), Maks	50
Fosfor	(mg/kg), Maks	4
Angka asam	Mg-KOH/g, Maks	0,5
Gliserol total	%-massa, Maks	0,24
Kadar ester alkil	%-massa, Maks	96,5
Monogliserida	%-massa, Maks	0,8

(SNI 7182:2015)