

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1 Tanaman Nyamplung

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) adalah pohon yang hidup di pesisir yang berpasir dan berbatu karang, kulit pohonnya dapat digunakan untuk obat, kayunya keras dan dapat digunakan untuk bahan pembuat perahu serta tiang kapal. Tanaman ini merupakan tanaman industri yang cukup baik untuk dikembangkan, tanaman ini termasuk dalam famili Guttiferae yang dapat tumbuh dengan baik, dan biasa banyak dijumpai disepanjang tepian pantai, tetapi tanaman ini dapat juga tumbuh pada tempat yang berada pada ketinggian 100 sampai 350 mdpl. Tanaman ini tumbuh liar, tinggi tanaman dapat mencapai 20 m dan mempunyai diameter batang 1.50 m. Dengan batang yang sangat pendek, bercabang rendah dekat permukaan tanah, tumbuh berkelompok (Udarno dan Tjahjana, 2019).

Berdasarkan Udarno dan Tjahjana (2019), berikut klasifikasi tanaman nyamplung:

Divisi : Spermatophyta
Sub Divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledone
Bangsa : Guttiferales
Suku : Guttiferae
Genus : Calophyllum
Species : Calophyllum inophyllum

Tanaman nyamplung tumbuh pada wilayah pantai berpasir yang marginal dan toleran terhadap kadar garam serta pada tanah liat berdrainase baik, pH 4 sampai dengan 7,4. Tumbuh baik pada ketinggian tempat 0-200 mdpl, bertipe curah hujan A dan B dengan curah hujan 1000-3000 mm/tahun, 4-5 bulan kering dan suhu rata-rata 18-33 °C (Susila, 2020). Di Indonesia nyamplung tersebar mulai dari bagian barat sampai bagian timur. Sebaran alam pohon nyamplung di Indonesia ditemui di Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, hingga Nusa Tenggara Timur dan Papua (Priyanto, 2013).

Nyamplung menghasilkan bunga dan buah yang tumbuh langsung dari kuncup dorman pada ketiak daun teratas. Buah nyamplung merupakan buah tunggal berbentuk bulat bagian ujung meruncing dengan diameter 2 cm, biji dilindungi oleh kulit biji dengan kulit biji berwarna hijau terusi, bila telah masak berwarna coklat. Kandungan minyak dari biji nyamplung sangat tinggi yaitu mencapai 73%, minyak ini lebih besar dari minyak jarak pagar (Udarno dan Tjahjana, 2019).

Melihat kandungan minyak nabati yang sangat tinggi, tanaman nyamplung sangat potensial bila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Biofuel* dari tanaman ini bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif dengan mengolah bijinya untuk dijadikan bahan bakar minyak atau biodiesel. Selain itu pemanfaat nyamplung sebagai bahan baku biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan dengan minyak sawit karena tidak bertentangan dengan pangan.

2.2 *Tamanu Oil*

Minyak nyamplung atau *tamanu oil* adalah minyak hasil ekstraksi dari biji nyamplung. Udarno dan Tjahjana (2019), memperoleh minyak nyamplung melalui beberapa tahapan proses sebagai berikut:

- 1) Pengupasan biji dari kulit yang keras
- 2) Perajangan hingga menjadi irisan tipis
- 3) Pengeringan dengan panas matahari selama 2 hari;
- 4) Penumpukan
- 5) Pengukusan
- 6) Pengepresan atau ekstraksi dengan pelarut organik

Minyak yang keluar dari mesin pres berwarna hitam/gelap karena relatif banyak mengandung pengotor-pengotor dari kulit dan senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil, dan lain lain. Agar minyak nyamplung dapat digunakan untuk proses produksi biodiesel maka perlu dilakukan proses degumming untuk menghilangkan getah (gum) dan pengotor-pengotor yang lain. Berikut ini merupakan komposisi *Tamanu oil*:

Tabel 2.1 Kandungan *Tamanu Oil* (Muderawan dan Daiwataningsih, 2016)

Komponen	Persentase (%)
FFA (Asam Lemak Bebas)	5,1
TGA (Trigliserida)	76,7
DGA (Digliserida)	7,0
<i>Impurities</i>	11,2

Tabel 2.2 Karakteristik *Tamanu Oil* (Handayani dkk., 2020)

Parameter	Nilai
Minyak	54,96%
Bilangan Iod	160.31 Iod/100 g Minyak
Bilangan Asam	64.141 mg-KOH/g Minyak
Bilangan Penyabunan	153.293 mgKOH/g Minyak
Densitas	0.822 g/ml
Inti Buah	38,66%
Selulosa	-
Viskositas	0,35 cSt

Tamanu oil merupakan salah satu bahan baku energi terbarukan yang dapat menghasilkan biofuel. *Tamanu oil* dapat diolah menjadi produk minyak dan berbagai macam produk turunannya, dengan prospek pemasaran yang menjanjikan. Kandungan minyak dari biji nyamplung mengandung angka setana cukup tinggi dibandingkan beberapa tanaman penghasil biofuel lainnya (Susila, 2020). Selain itu, *tamanu oil* mempunyai keunggulan kompetitif di masa depan antara lain biodiesel nyamplung dapat digunakan sebagai pencampur solar dengan komposisi tertentu, bahkan dapat digunakan 100% apabila teknologi pengolahan tepat, kualitas emisi lebih baik dari solar, dapat digunakan sebagai biokerosen pengganti minyak tanah (Muderawan dan Daiwataningsih, 2016).

Tamanu oil sebelumnya telah banyak diteliti dan dibandingkan dengan minyak nabati lain dalam pembuatan biodiesel. Berikut tabel perbandingan biodiesel dari berbagai bahan baku dengan katalis enzim lipase yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti:

Tabel 2.3 Perbandingan biodiesel dari berbagai bahan baku

Bahan Baku	Metode	Katalis	Pelarut	Kondisi	%yield	Referensi
<i>Tamanu Oil</i>	Batch	Enzim Lipase	Metanol	37 °C, volume enzim 3%, rasio minyak/ metanol sebesar 1:6, 300 rpm selama 24 jam.	83,40%	Muderawan dan Daiwataningsih, 2016
PO dan PKO	Batch	Enzim Lipase	Metanol	40 °C, volume enzim 5%, rasio methanol: minyak sebesar 3:1, 100-200 rpm; selama 48 jam.	95%	Kareem dkk., 2017
Minyak Biji Karet	Batch	Enzim Lipase	Metanol	60 °C, volume enzim 2,5%, rasio methanol: minyak sebesar 3:1, selama 24 jam	67,4%	Arifan dkk., 2009
Minyak Sawit	Batch	<i>Pacific White Shrimp</i>	Metanol	45 °C, volume enzim 70 kUnit, rasio molar metanol/minyak 4:1, kadar air 3%; selama 16 jam	97,01%	Kuepethkaew dkk., 2016
Minyak Biji Carica	Batch	Enzim Lipase yang Diekstraksi dari Bekatul	Metanol	50 °C, volume enzim 1 mL, rasio minyak/metanol sebesar 1:6, 350 rpm; selama 22 jam.	65,86%	Istiningrum dkk., 2018
POME	Batch	Lipase dari <i>Thermomyces Lanuginosus</i>	Metanol	40 °C, volume enzim 0,3%, rasio metanol/minyak sebesar 4:1, kadar air 4,7%, 500 rpm; selama 24 jam	81,87%	Rachmadona dkk., 2017
Minyak Jelantah	Batch	Enzim Lipase Amobil	Metanol	37 °C, volume enzim 5%, rasio minyak/ metanol sebesar 3:1, 150 rpm; selama 8 jam	99,71%	Chourasia dkk., 2015
Minyak Kacang Kedelai	Batch	Enzim <i>Eversa Transform</i>	Metanol	35 °C, volume enzim 0,2%, 1,5 ekivalen molar metanol, 500 rpm, kadar air 3% w/w, 500 rpm; selama 1 jam.	97,5%	Nielsen dkk., 2016
<i>Alperujo</i>	Batch	Enzim lipase Amobil	Metanol	30 °C, 200 rpm	28,26%	Ragel dkk., 2015

2.3 Metanol

Alkohol bertindak sebagai pereaksi yang akan mengubah suatu ester gliserida menjadi ester lain. Alkohol yang dipakai pada proses transesterifikasi yakni methanol dan etanol. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena metanol (CH_3OH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi dan lebih stabil dibandingkan dengan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Metanol memiliki satu ikatan karbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan karbon, sehingga methanol lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol (Santoso dkk, 2021). Karakteristik sifat metanol dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristik sifat Metanol (Asrori dkk, 2020)

Sifat	Keterangan
Berat molekul	32,04 g/mol
Wujud	Cairan
Warna	Tidak berwarna
Bau	Menyengat
Titik didih	67,4 °C (pada 760 mmHg)
Titik lebur	-97,8 °C
Titik nyala	11 °C
Kelarutan	-Dapat bercampur dalam air (25 °C) -Larut dalam aseton, kloroform
Massa jenis	0,79
Viskositas	0,544 mPas
Kalor pembakaran	726,1 kJ/mol
Kalor penguapan	37,34 kJ/mol
Tegangan permukaan	22,07 mN/m

2.4 Enzim Lipase

Lipase merupakan biokatalis yang dapat mengkatalis berbagai macam reaksi, seperti hidrolisis, esterifikasi, alkoholisis, acidolisis dan aminolisis. Saat ini lipase memiliki banyak banyak potensi dalam berbagai bidang, seperti teknologi pangan, biomedis, dan industri kimia (Rachmadona dkk., 2017)

Lipase mampu memecah ikatan ester dari trigliserida menjadi asam lemak bebas, digliserida, monogliserida dan gliserol. Lipase juga dapat mengkatalis reaksi pembentukan ester pada kondisi dengan kadar air rendah. Meskipun pembentukan ester dapat dilakukan secara kimiawi dengan katalis asam atau basa, penggunaan

teknologi enzim lebih menguntungkan pada kondisi normal (tidak asam dan tidak basa) dan dapat mengurangi terbentuknya reaksi samping (Kareem dkk., 2017).

Biodiesel yang menggunakan katalis enzim lipase dapat terpisahkan dengan produk secara mudah karena perbedaan fasa antara reaktan dengan enzim baik dalam kondisi terimmobilisasi maupun pada kondisi *free enzyme* (tanpa terimmobilisasi) serta mampu mengarahkan reaksi secara spesifik tanpa adanya reaksi samping. Beberapa penelitian mengenai penggunaan lipase pada produksi biodiesel telah banyak dilakukan (Kareem dkk., 2017), (Rachmadona dkk., 2017) dan (Istiningrum dkk., 2018). Sifat yang dimiliki lipase bergantung terhadap substrat dan asal lipase tersebut. Lipase yang dihasilkan dari mikroba yang satu akan memiliki aktivitas optimum yang berbeda dari mikroba yang lainnya. Aktivitas lipase biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Berikut penjelasan singkat mengenai faktor yang mempengaruhi aktivitas lipase dalam memproduksi biodiesel:

a. Pengaruh pH

Kestabilan lipase sangat bergantung pada derajat keasaman (pH), jika kondisi faktor ini jauh dari optimum akan menyebabkan inaktivasi, karena terjadinya kerusakan struktur protein enzim. Kondisi pH yang terlalu rendah (sangat asam) mengakibatkan enzim terdenaturasi. Kondisi pH yang tinggi (sangat basa) mengakibatkan rusaknya ikatan antara atom hidrogen dengan nitrogen atau oksigen, sehingga struktur enzim mengalami kerusakan. Lipase bekerja pada secara normal pada kondisi pH 6,5-7,5 dan menunjukkan aktivitas optimum pada pH 7. Rentang pH tersebut telah dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh (Kuepethkaew dkk, 2016), (Amalia dkk, 2013) dan (Sholeha dkk, 2021)

b. Pengaruh Suhu

Faktor suhu juga cukup menentukan kualitas aktivitas enzim lipase sebagai biokatalis. Kenaikan suhu dalam reaksi enzimatik akan meningkatkan laju reaksi, sehingga jumlah produk yang dihasilkan meningkat. Kenaikan suhu pada batas maksimum akan menyebabkan enzim terdenaturasi. Berdasarkan Kareem dkk, (2016), Rachmadona dkk, (2017) dan Istiningrum dkk, (2018) sebagai biokatalis enzim lipase pada umumnya mempunyai aktivitas optimum pada suhu 30°C-40°C dan mulai terdenaturasi di atas suhu 45°C.

c. Pengaruh Waktu Reaksi

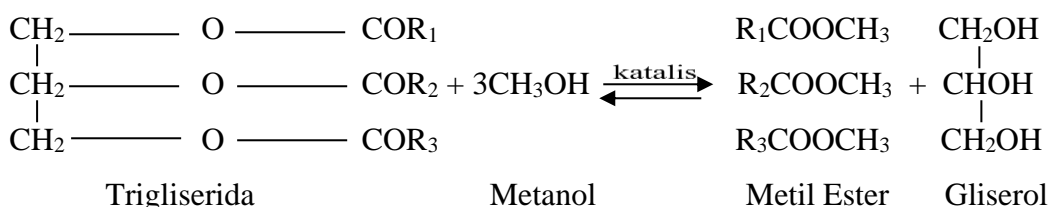
Konversi biodiesel akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan waktu reaksi namun akan mencapai titik jenuh pada lama waktu tertentu. Beberapa penelitian telah membuktikan teori tersebut, seperti sintesa biodiesel dengan katalis enzim dari bahan baku minyak biji carica selama 22 jam menghasilkan %yield sebesar 65,86% (Istiningrum dkk., 2018), bahan baku *Palm Oil Mill Effluent* (POME) selama 24 jam menghasilkan %yield sebesar 81,87% (Rachmadona dkk., 2017) dan bahan baku minyak sawit dengan waktu reaksi selama 48 jam menghasilkan %yield sebesar 95% (Kareem dkk., 2017).

d. Pengaruh Metanol

Metanol menunjukkan efek yang serius pada proses transesterifikasi enzimatis yaitu dapat menghambat aktivitas enzim lipase. Oleh karena itu, penambahan metanol saat produksi biodiesel harus dilakukan secara bertahap. Penelitian yang dilakukan oleh Najjar dkk, (2021) mendapatkan hasil 90% yield biodiesel dari penambahan metanol secara bertahap sebanyak tiga kali, yang menunjukkan hasil produk 42% lebih tinggi dari jumlah yang didapat dari penambahan metanol secara langsung satu kali.

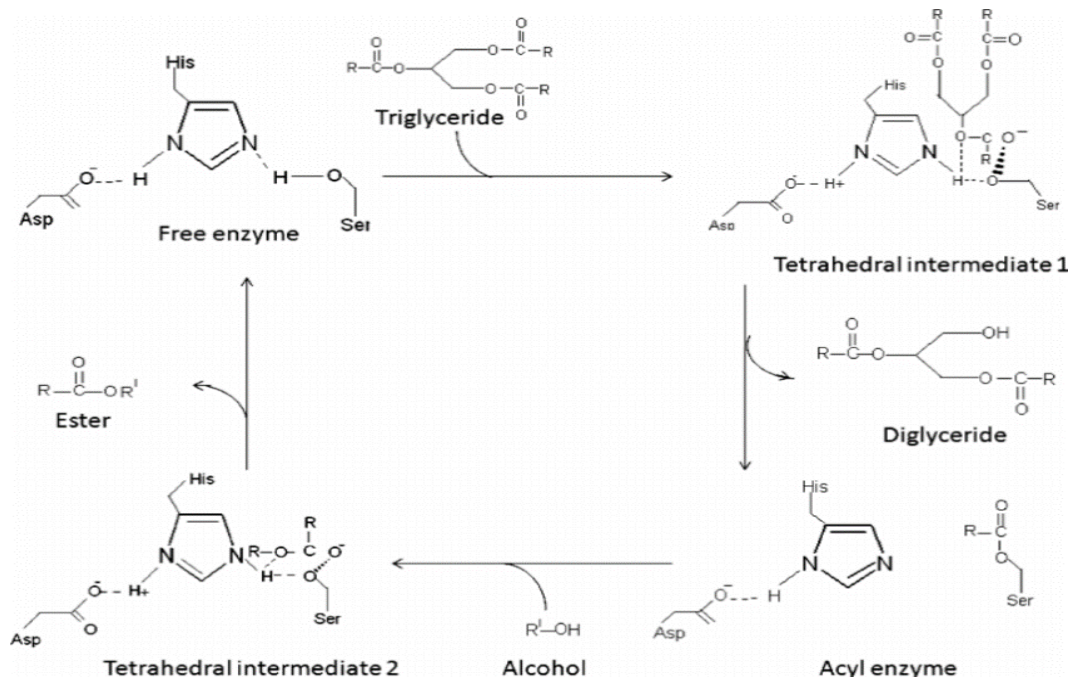
2.5 Mekanisme Katalitik Enzim Lipase

Reaksi transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida ataupun digliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan metanol dikarenakan lebih ekonomis) menghasilkan Fatty Acids Methyl Esters (FAME) atau biodiesel dan gliserol sebagai produk samping (Musta dkk., 2017). Berikut reaksi trigliserida:



RCOOCH_3 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. Mekanisme katalitik enzim lipase dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Mekanisme Katalitik Enzim Lipase (Raman dan Abang, 2014)

Mekanisme lipase melibatkan katalitik Asp-His-Ser triad bertindak sebagai sistem *charge-relay* (Ribeiro dkk, 2012). Gugus karboksilat pada asam aspartat melakukan ikatan hidrogen ke histidin, dan nitrogen pada histidin melakukan ikatan hidrogen dengan alkohol pada serin.

Langkah pertama dalam reaksinya adalah membuat alkohol serin menjadi nukleofil yang lebih baik. Tugas ini dilakukan oleh histidin, yaitu menarik proton dari alkohol serin, membentuk oksianion. Oksianion serin kemudian menyerang karbon karbonil substrat, membentuk tetrahedral intermediate 1. Oksianion yang terbentuk distabilkan oleh asam amino terdekat (aspartat dan histidin), yang berikatan hidrogen dengan oksianion. Selanjutnya, elektron pada oksianion didorong kembali ke karbon karbonil, dan proton pada histidin ditransfer ke digliserida (Raman dkk, 2014). Lalu ester serin yang terbentuk bereaksi dengan alkohol untuk menyelesaikan transesterifikasi. Nitrogen histidin menghilangkan hidrogen dari molekul alkohol membentuk anion alkil oksida. Hidroksida menyerang karbonil karbon, oksianion intermediate distabilkan oleh ikatan hidrogen (intermediet tetrahedral 2), elektron didorong kembali ke karbon karbonil,

dan asam lemak bebas terbentuk. Oksigen serin kemudian mengambil kembali hidrogen yang terletak di histidin untuk membangun kembali jaringan ikatan hidrogen. Asam aspartat berfungsi untuk menarik muatan positif dari histidin secara terprotonasi (Mandari dan Devarai, 2021).

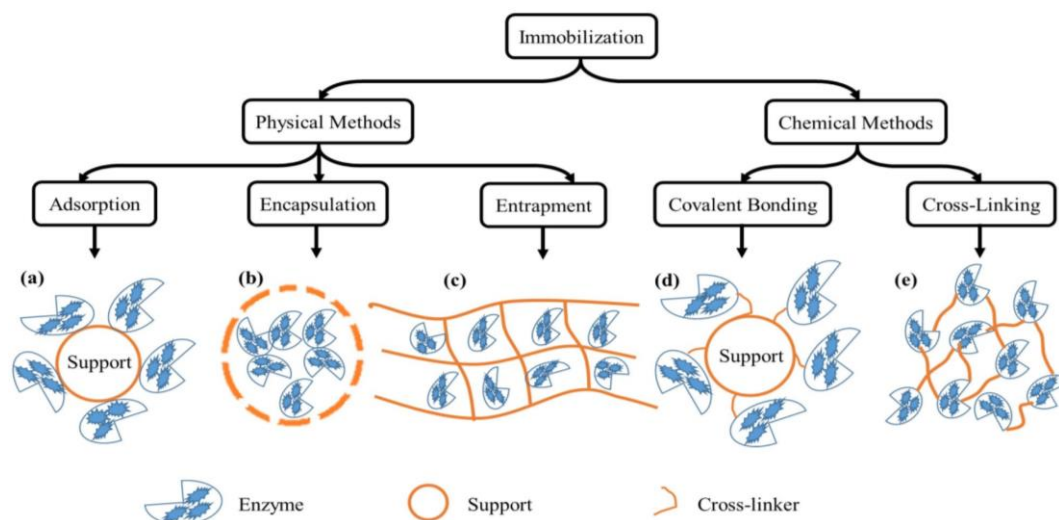
2.6 Imobilisasi Enzim

Hampir sebagian besar enzim tersusun dari protein globular dan mudah larut dalam air. Dalam industri komersial, hal ini menjadi kendala karena enzim sukar dipisahkan dari produk dan pada kondisi batch, enzim tidak bisa digunakan kembali padahal harga enzim tergolong mahal.

Metode yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini adalah dengan melakukan teknik imobilisasi enzim. Imobilisasi di sini berarti memasukkan suatu enzim ke dalam senyawa matriks atau menutupi suatu enzim dengan matriks sehingga diperoleh ukuran enzim yang lebih besar dengan metode fisika atau kimia (Wardoyo dan Kartika, 2017). Kelebihan metode imobilisasi enzim adalah sebagai berikut:

- a) Imobilisasi sel dapat memberikan stabilitas enzim yang lebih baik
- b) Imobilisasi enzim dapat digunakan pada sistem aliran kontinu
- c) Pemisahan enzim dari produk menjadi lebih mudah
- d) Enzim dapat digunakan secara berulang

Teknik imobilisasi umumnya diklasifikasikan ke dalam dua metode, yakni metode kimia dan fisika. Perbedaan keduanya adalah ikatan kovalen dan non kovalen yang terbentuk.



Gambar 2.2 Skema Imobilisasi Enzim (Mandari dan Devarai, 2021)

a. Metode Kimia

1) Pemasangan Kovalen

Pemasangan kovalen untuk molekul enzim menggunakan residu asam amino non esensial ke dalam senyawa yang tidak larut ke dalam air. Beberapa grup fungsional residu asam amino yang biasa digunakan adalah phenyl, hydroxyl, atau grup imidazola. Umumnya support untuk pemasangan kovalen yang tidak larut dalam air ini berasal dari bahan sintesis seperti polimer acrylamida, polimer styrene basa, dan polypeptida. Sedangkan dari bahan alami berasal dari agarosa, selulosa, dextran, gelas, dan pati (Hardiyanto dan Azim, 2016).

2) *Cross-linking* menggunakan reagen multifungsi

Imobilisasi enzim dilakukan dengan pembentukan ikat silang intermolekuler diantara molekul enzim dengan penambahan reagent bi- atau multifungsional. Preparasi enzim imobil dengan menggunakan metode ini yaitu dengan menciptakan ikatan kovalen tanpa bantuan penyangga padat. Enzim diimobilisasi dengan cara ikatan silang antara molekul enzim dengan agen pengikat (matriks alifatik diamine, dimetilsuberimidat, formaldehid, dan glutaraldehid) sehingga molekul enzim menjadi tidak larut (Susanti dan Fibriana, 2017).

b. Metode Fisika

1) Adsorpsi

Metode ini menggunakan proses penyerapan reversibel. Perbedaan antara penggunaan sel dan enzim pada metode ini adalah pada sel yang diikat menggunakan sekat multipoint sehingga lebih kuat terhadap sorbent (Hardiyanto dan Azim, 2016).

Kelebihan dari metode ini adalah:

- a) Prosedur imobilisasi mudah
- b) Memungkinkan untuk pemisahan dan purifikasi enzim saat imobilisasi
- c) Enzim tidak mudah terdeaktivasi karena penjerapan
- d) Proses adsorpsi adalah reversibel

Sedangkan kelemahan metode ini adalah:

- a) kekuatan ikatan matrix enzim adalah rendah
- b) Senyawa imobilisasi sangat sensitif terhadap cairan ber ion, pH dan suhu
- c) Jumlah enzim yang digunakan dalam imobilisasi sangat sedikit

2) *Entrapment*

Metode ini dapat digunakan dengan cara mencampur sel dengan polimer matrik sehingga dihasilkan struktur yang dapat menjerat sel. Kelebihan dari metode ini adalah didapatkannya area permukaan yang lebih luas antara substrat dan sel, dengan volume yang lebih kecil dan kecenderungan imobilisasi yang simultan. Kelemahan metode ini terletak pada ketidakatifan sel selama mikroenkapsulasi sehingga dibutuhkan konsentrasi sel yang lebih tinggi (Susanti dan Fibriana, 2017).

3) Imobilisasi afinitas

Metode ini didasarkan pada prinsip afinitas kromatografi. Metode ini tidak dipengaruhi reaksi kimia antara matrik dan sel kecuali untuk material absorbent. Metode ini biasanya digunakan untuk sel yang memiliki karakteristik yang sensitif (Hardiyanto dan Azim, 2016).

2.7 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi antara minyak nabati atau lemak hewani yang mengandung trigliserida dengan alkohol seperti metanol dan etanol. Reaksi transesterifikasi ini memerlukan katalis basa kuat seperti natrium hidroksida atau kalium hidroksida sehingga menghasilkan senyawa kimia baru yang disebut dengan metil ester. Secara kimia biodiesel termasuk dalam golongan mono alkil ester atau metil ester dengan panjang rantai karbon antara 12-20. Hal ini yang membedakannya dengan petroleum diesel (solar) yang komponen utamanya adalah hidrokarbon.

Dalam (Devita, 2015), menjelaskan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh biodiesel diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sumber energi terbarukan karena terbuat dari bahan alami serta mudah didegradasi.
2. Memiliki angka setana yang tinggi sehingga pembakaran yang terjadi akan semakin cepat.
3. Tidak beracun.
4. Limbah buangan biodiesel bersifat ramah lingkungan karena tidak mengandung sulfur dan benzena.

5. Biodiesel memberikan efek pelumasan yang lebih baik
6. Mempunyai titik nyala yang lebih tinggi sehingga aman dalam proses penyimpanan maupun pendistribusian.

Di bawah ini tabel penjelasan beberapa perbandingan sifat fisika dan kimia biodiesel terhadap solar:

Tabel 2.5 Perbandingan biodiesel dan solar (Assyifa, 2012)

Sifat	Biodiesel	Solar
Kelembaban %	0,1	0,1
<i>Engine Power</i>	Energi yang dihasilkan 128.000 BTU	Energi yang dihasilkan 130.000 BTU
<i>Engine Torque</i>	Sama	Sama
Modifikasi Mesin	Tidak diperlukan	-
Konsumsi Bahan Bakar	Sama	Sama
Lubrikasi	Lebih tinggi	Lebih rendah
Emisi	CO rendah, total	CO tinggi, total
	hidrokarbon sulfur dioksida dan nitroksida	hidrokarbon sulfur dioksida dan nitroksida
Penanganan	<i>Flammable</i> lebih rendah	<i>Flammable</i> lebih tinggi
Lingkungan	Ramah lingkungan	Tidak ramah lingkungan
Keberadaan	Terbarukan	Tidak terbarukan

Biodiesel yang beredar di Indonesia harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu SNI 7182:2015. Adapun standar nasional biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015 dapat dilihat pada Tabel 2.2:

Tabel 2.6 Standar Nasional Biodiesel (SNI 7182:2015)

Parameter	Satuan	Batas Nilai
Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890
Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
Angka setana	min	51
Angka Penyabunan	mg KOH/g	<500
Angka Iodium	%-Massa, (g I ₂ /100g), maks	115
Titik nyala	°C, min	100
Titik kabut	°C, maks	18
Residu karbon	%-massa, maks	0,05
Air sedimen	%-volume, maks	0,05
Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
Belerang	(mm/kg), maks	50
Fosfor	(mm/kg), maks	4
Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
Gliserol total	%-Massa, maks	0,24
Kadar ester alkil	%-Massa, Maks	96,5

sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020