

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Jelantah

Minyak jelantah atau minyak goreng bekas dengan kualitas yang paling rendah. Minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel. Sehingga minyak goreng bekas merupakan limbah rumah tangga dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Jadi dalam pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan dan lingkungan (Busyairi dkk., 2020).

Minyak jelantah dapat diolah kembali melewati sistem filterisasi, hingga warnahnya Kembali jernih serta seolah layaknya minyak goreng baru, tetapi kandungannya yang telah rusak tetap ada didalam minyak tersebut sehingga jika dikonsumsi dalam tubuh sangat tidak baik. Alternatif minyak jelantah sebagai bahan bakar pengganti solar yaitu biodiesel. Karakteristik minyak jelantah yang dapat digunakan bahan baku biodiesel dapat dilihat Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Mutu Minyak Goreng Bekas

No	Kriteria	Persyaratan
1.	Bau dan Rasa	Normal
2.	Warna	Putih, Kuning Pucat sampai kuning
3.	Kadar Air	Max 0,3 % b/b
4.	Berat Jenis	0,900 g/liter
5.	Bilangan Asam	Max 2 mg KOH/g
6.	Bilangan Peroksida	Max 2 Meq/kg
7.	Bilangan Iodine	45-46
8.	Bilangan Penyabunan	1,448-1,450
9.	Bilangan Bias	Max 0,1 mg/kg (kecuali seng)
10.	Bilangan Angka Setana	57-79

(Adhani dkk, 2016)

Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak Pada Minyak Jelantah

No	Asam Lemak Jenuh	Asam lemak tak jenuh
1.	Asam Stearat	Palmitat
2.	-	Linelenat

(Rahkadima dkk, 2017).

Semua minyak sama sehatnya untuk orang yang tidak sensitive terhadap asam lemak darah. Alasannya pada suhu penggorengan 200°C rantai kimia akan terurai.

Tabel.2.3 Perbandingan Emisi Biodiesel Minyak Jelantah dan Solar

Hal	Minyak Jelantah	Solar
Emisi NO	1030 ppm	1070 ppm
Emisi CO	152 ppm	184 ppm
Emisi CH	12,5 ppm	18,4 ppm
Emisi Partikulat/debu	0,70	0,93
Emisi SO ₂	Tidak ada	Ada

(Rahkadima dkk, 2017).

Dari table tersebut merupakan hasil uji gas buang menunjukkan keunggulan minyak jelantah dibandingkan dengan solar sesuai memenuhi persyaratan SNI untuk biodiesel.

Tabel 2.4 Mutu Minyak Goreng Jelantah Untuk Biodiesel

Parameter	Minyak Goreng jelantah	Standar Mutu Minyak Goreng jelantah
Kadar air	0,1	Maksimum 0,1
Bilangan asam (mg KOH/g)	0,3	Maksimum 0,6
Timbal (ppm)	0,0	Maksimum 0,1
Timah (ppm)	0,0	Maksimum 40
Raksa (ppm)	0,0	Maksimum 0,05
Tembaga (ppm)	0,0	Maksimum 0,1
Arsen (ppm)	0,1	Maksimum 0,1
Bau	Normal	Normal
Rasa	Normal	Normal
Warna	Kuning Pucat	Putih, kuning pucat, sampai kuning

(Karouw dkk, 2019).

Tabel 2.5 Perbandingan Biodiesel Dari Berbagai Bahan Baku

Bahan Baku	Metode	Katalis	Pelarut	Kondisi	% Yield	Referensi
<i>Tamanu Oil</i>	Batch	Enzim <i>Lipase</i>	Metanol	60°C Konsentrasi NaoH 1%, rasio minyak/ methanol sebesar 1 :6, selama 3 jam	83,40%	Muderawan dan Daiwataningsih, 2016
PO dan PKO	Batch	Enzim <i>lipase</i>	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 <i>Lipase</i>	Metanol	60°C, Volume enzim 2,5 %, rasio methanol : minyak sebesar 3:1, sellama 24 jam.	67,4%	Arifan dkk.,2009
Minyak Sawit	Batch	<i>Pacific White Shrimp</i>	Metanol	45°C, Volume enzim 70 K unit rasio molar methanol/minyak 4:1, kadar 3 %; selama 16 jam	97,01%	Kuepethkaew dkk., 2016
Minyak Biji Carica	Batch	Enzim <i>lipase</i> yang diekstraksi dari bekatul	Metanol	50°C, volume enzim 1 mL, rasio minyak/methanol sebesar 1:6 350 rpm; selama 22 jam	65,86%	Istiningrum dkk., 2018
POME	Batch	<i>Lipase</i> dari <i>Thermomyces Lanuginosus</i>	Metanol	30°C, volume enzim0,3% rasio minyak/methanol sebesar 4:1, kadar air 4,7 %,500 rpm ; selama 24 jam	81,87%	Rachmadona dkk., 2017
Minyak Jelantah	Batch	Enzim <i>Lipase</i> Amobil	Metanol	37°C, Volume enzim 5%, rasio minyak/methanol sebesar 3:1, 150 rpm; selama 8 jam	99,71%	Chourasia dkk., 2015
Minyak	Batch	Enzim <i>everse</i>	Metanol	35°C, Volume enzim 0,2 %, 1,5	97,5%	Nielsen

Kacang Kedelai		<i>Transform</i>		ekivalen molar methanol, 500 rpm, kadar air 3% w/w, 500 rpm selama 1 jam		dkk.,2016
Alperujo	Batch	Enzim <i>lipase</i> Amobil	Metanol	30°C, 200 rpm	28,26%	Ragel dkk., 2015

2.2 Metanol

Alkohol bertindak sebagai pereaksi yang akan mengubah ester gliserida menjadi ester lain. Alkohol yang akan dipakai pada proses transesterifikasi yakni metanol. Metanol merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil, tak hanya itu 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 sementara etanol memiliki dua ikatan karbon, sehingga metanol lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol (Santoso dkk, 2021). Karakteristik Sifat metanol dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.6 Karakteristik Sifat Metanol

Sifat	Keterangan
Berat molekul	32,04 g/mol
Wujud	Cairan
Titik didih	67,4 °C (Pada 760 mmHg)
Titik lebur	-97,8 °C
Titik Nyala	11°C
Massa jenis	0,79
Viskositas	0,544mPas
Kalor pembakaran	726,1 kJ/mol
Kalor penguapan	37,34 kJ/mol
Tegangan permukaan	22,07mN/m

(Asrori dkk, 2020)

2.3 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

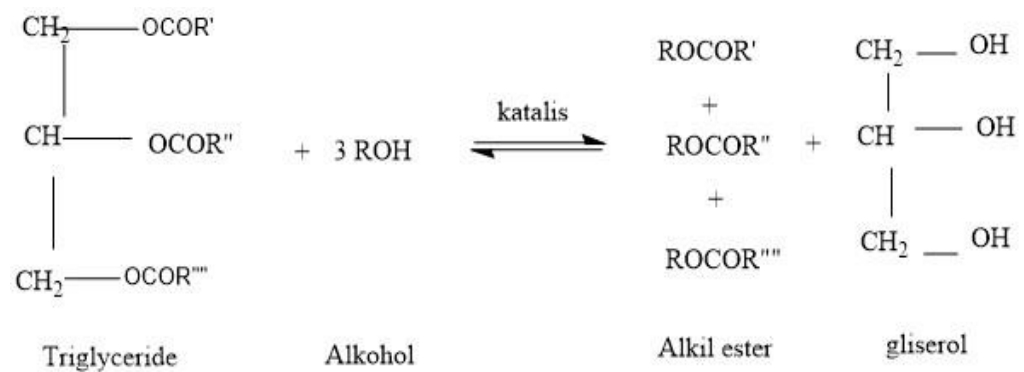
ester dapat dilakukan secara kimiawi dengan katalis asam atau basa, penggunaan teknologi enzim lebih menguntungkan pada kondisi normal tidak asam, tidak basa dan dapat mengurangi terbentuknya reaksi samping (Kareem dkk, 2017). Biodiesel yang menggunakan katalis enzim *lipase* dapat terpisahkan dengan 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 faktor pH, suhu, serta waktu.

Kestabilan *lipase* sangat bergantung pada derajat keasaman (pH), jika kondisi faktor ini jauh dari optimum akan menyebabkan aktivasi, karena terjadinya kerusakan struktur protein enzim. Kondisi keasaman yang terlalu rendah mengakibatkan ion H^+ akan berikatan dengan NH_2^- membentuk NH_3^+ . Proses pengikatan tersebut menyebabkan ikatan hidrogen antara atom nitrogen dengan atom hidrogen terputus, sehingga enzim terdenaturasi. Kondisi pH yang tinggi mengakibatkan ion OH^- berikatan dengan atom hidrogen dan gugus $COOH$ enzim membentuk H_2O . Hal tersebut mengakibatkan rusaknya ikatan antara atom hidrogen dengan nitrogen atau oksigen, sehingga struktur enzim mengalami kerusakan. 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. Sebagai biokatalis enzim pada umumnya mempunyai aktivitas optimum pada suhu 30 - 40°C dan mulai terdenaturasi di atas suhu 45°C. Seperti yang telah dijelaskan pada teori sebelumnya, kekurangan katalis ini adalah harganya yang relatif mahal dan sulitnya *recovery* terutama pada media cair. Sehingga Enzim *lipase* digunakan menjadi ekstrak yang diperoleh dari kentos kelapa yang dituntaskan selama 30 hari dalam penelitian sampel diberi air destilat diganti dengan larutan *buffer fosfat* pH 7 untuk mencegah

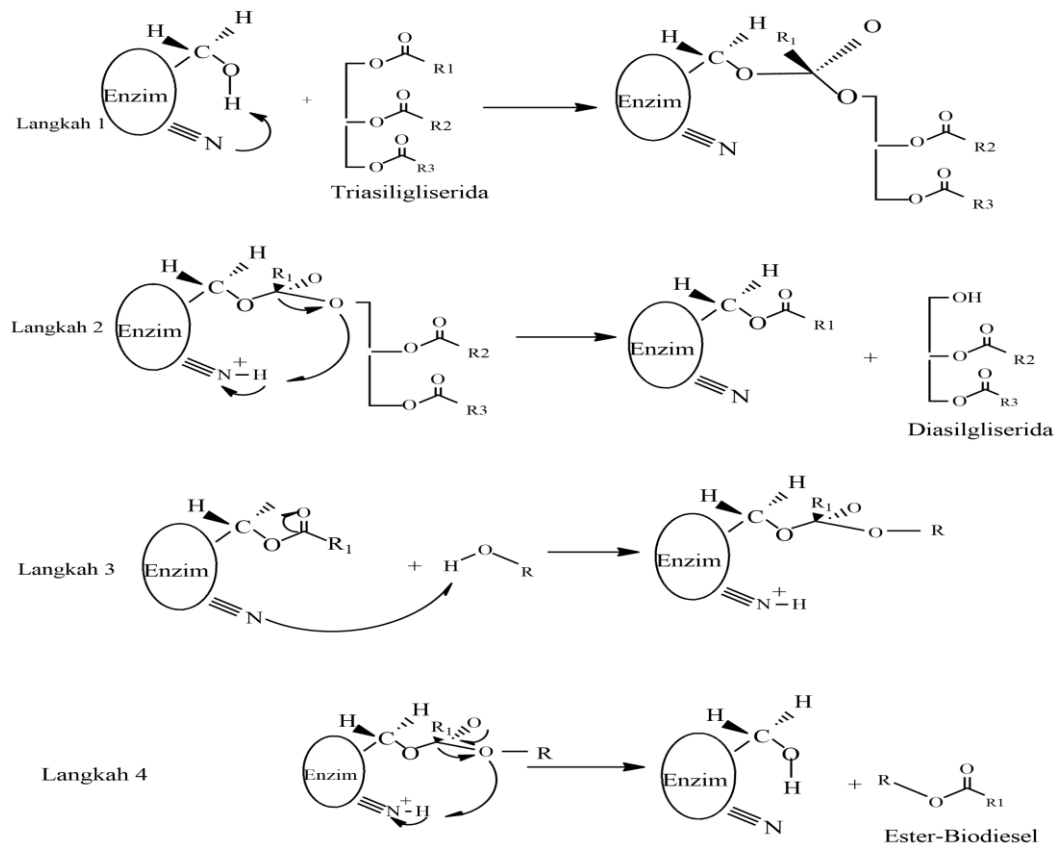
perubahan pH selama isolasi enzim.(Su'i dkk, 2015).

2.4 Mekanisme Katalitik Enzim *Lipase*

Reaksi transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida atau digliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Sebagian besar produksi biodiesel menggunakan metanol dikarenakan lebih ekonomis untuk menghasilkan *Fatty Acids Methyl Ester* (FAME) atau biodiesel dan gliserol sebagai produk samping (Musta dkk, 2017).



Gambar 2.1 Reaksi trigliserida (Sebastian, 2016)



Gambar 2.2 Mekanisme Lipase Pada Transesterifikasi (Raman & Abang, 2014)

Gliserol 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 digunakan secara berlebih untuk meningkatkan yield alkil ester dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk (Musta dkk., 2017). Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan reaksi lebih ke arah produk (pembentukan biodiesel), yaitu:

- Kemudahan dalam pemisahan produk dari enzim
- Penurunan laju penghambatan.
- Parameter dalam proses enzim lebih optimal dalam transesterifikasi sehingga enzimatik bisa menjadi metode yang layak untuk produksi biodiesel

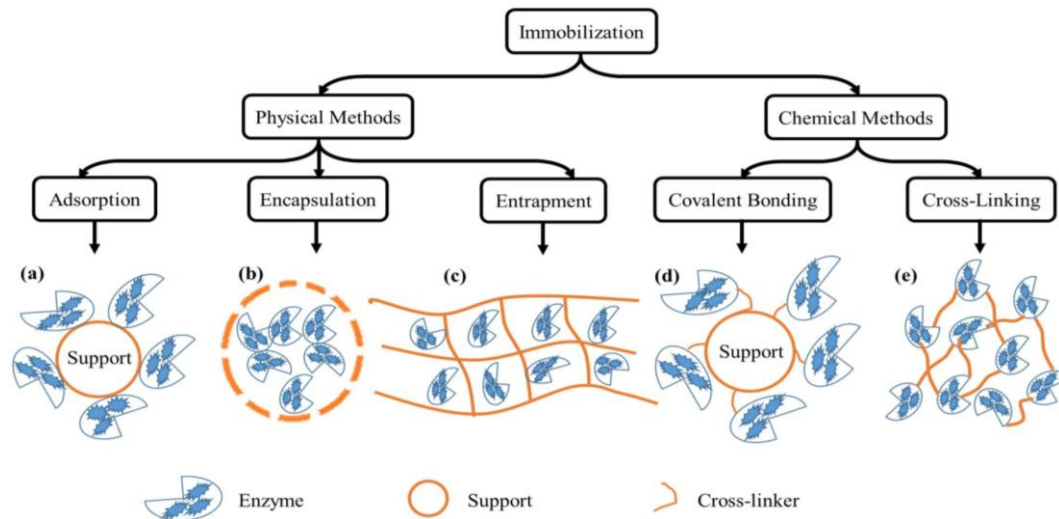
Laju reaksi transesterifikasi dan yield biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya yaitu suhu minyak sebelum dilakukan proses transesterifikasi, suhu reaksi, rasio mol minyak terhadap alkohol, jenis katalis dan konsentrasinya, intensitas pencampuran, dan kemurnian reaktan. Faktor kinetik lain seperti jenis pengadukan dan jenis reaktor juga mempengaruhi.

Reaksi transesterifikasi menggunakan enzim termasuk kedalam reaksi transesterifikasi langsung. Keuntungan dari proses transesterifikasi langsung yaitu produk ester yang dihasilkan dapat langsung diambil tanpa perlu melalui tahap pemurnian terlebih dahulu (Pico, 2016).

2.5 Imobilisasi Enzim

Imobilisasi enzim merupakan metode untuk membuat enzim tidak bergerak, sehingga enzim dapat digunakan secara berulang-ulang pada proses biokonversi secara batch. Enzim amobil juga dapat digunakan pada biokonversi secara kontinu sampai periode tertentu tergantung stabilitas enzim amobil. Sementara teknik yang dapat diterapkan agar enzim dapat dipergunakan berulang adalah dengan menggunakan teknik amobilisasi enzim. Keuntungan imobilisasi enzim diantaranya enzim dapat digunakan berulang, proses dapat dihentikan secara cepat, enzim dapat diperbaiki.

Penggunaan Imobiliasasi enzim *lipase* sebagai biokatalis memiliki beberapa kelemahan antara lain mahalnya lipase yang hanya digunakan satu kali salah satu cara untuk mengatasi kelemahan dengan penggunaan enzim amobil. Amobilisasi enzim bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan produktivitas enzim tersebut sehingga *lipase* dapat digunakan Kembali. Keuntungan enzim ini adalah partikel enzim dapat diperoleh Kembali proses produksi untuk kemudia digunakan Kembali, pemisahan enzim dari produk lebih mudah, dan imobiliasasi enzim dapat digunakan pada sistem aliran kontinyu. Teknik imobilisasi umumnya memiliki dua metode, yaitu metode kimia dan fisika. Perbedaan keduanya adalah ikatan kovalen dan non kovalen yang terbentuk.



Gambar 2.3 Mekanisme Imobilisasi Enzim (Mandari dan Devarai, 2021)

a. Metode Kimia

1) Pemasangan kovalen

Pemasangan kovalen molekul enzim menggunakan residu asam amino non esensial kedalam senyawa yang tidak larut kedalam air. Beberapa fungsional residu asam amino yang biasa digunakan adalah phenyl, hydroxyl, atau grub imidazole. Umumnya *support* untuk pemasangan kovalen yang tidak larut dalam air seperti polimer *acrylamide*, polimer *styrene* basa, dan *polypeptide*. Sedangkan bahan alami berasal dari *agarose*, selulosa, *dextran*, dan pati (Hardiyanto dan Azim, 2016).

2) Cross-linking menggunakan reagen multifungsi

Imobilisasi enzim dilakukan pembentukan ikatan silang Intermolekuler diantara molekul enzim dengan penambahan reagent atau multifungsional. Preparasi enzim imobil dengan menggunakan metode yaitu menciptakan ikatan kovalen tanpa bantuan penyangga padat. Enzim diimobilisasi dengan cara ikatan silang antara molekul enzim dengan agen pengikat (matrik alifatik diamin) sehingga molekul enzim menjadi tidak larut (Susanti dan Fibriana, 2017).

b. Metode fisika

1) Adsorpsi

Metode ini menggunakan proses penyerapan *reversible*. Perbedaan antara penggunaan sel dan enzim pada metode ini adalah pada sel yang diikat

menggunakan sekat multipoint. Sehingga lebih kuat terhadap adsorbent (Hardiyanto dan Azim, 2016).

Kelebihan dari metode ini adalah :

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

Sedangkan, kelemahan metode ini adalah :

- a) Kekuatan ikatan enzim adalah rendah
- b) Senyawa imobilisasi sangat sensitive 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 yang 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 ketidakaktifan 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 adsorbent. Metode ini biasanya digunakan untuk sel yang memiliki karakteristik yang sensitif (Hardiyanto dan Azim, 2016).

2.6 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari senyawa metil-ester hasil proses esterifikasi atau transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani, sehingga biodiesel tidak mengandung bahan bakar minyak bumi tapi dapat dicampur sesuai perbandingan tertentu. Biodiesel mudah digunakan dapat diuraikan secara alami dan tidak teracun (Musta dkk, 2017).

2.6.1 Karakteristik Biodiesel

Biodiesel memiliki sifat melarutkan (*solveny*). Hal ini menyebabkan suatu permasalahan, dimana apabila digunakan pada mesin diesel yang sebelumnya menggunakan solar dan didalam tankinya telah terbentuk kerak dan sedimen, maka biodiesel akan melarutkan kerak dan sendimen tersebut, sehingga dapat menyumbat saringan dan saluran bahan bakar. Oleh karena itu apabila kandungan sedimen dan kerak didalam tangka bahan bakar cukup tinggi sebaiknya diganti sebelumnya digunakan biodiesel. Beberapa material seperti kuningan, tembaga, timah, dan seng dapat mengoksidasi biodiesel dengan menghasilkan sedimen, untuk mencegah hal ini maka sebaiknya biodiesel terbuat dari bahan stainless steel (Adelpho dkk, 2018).

Pada biodiesel pembakaran terdiri dari campuran rantai panjang ester asam lemak alkil yang biasanya dihasilkan dari bahan non-beracun, sumber-sumber-sumber terbarukan seperti minyak nabati, minyak mikroba, minyak biologis terbarukan seperti minyak nabati, minyak mikroba, lemak hewan atau bahkan minyak goreng (Pico, 2016). Sehingga harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) berdasarkan SNI 7182:2015.

Hasil penelitian pembuatan biodiesel yang didapatkan mempunyai sifat fisik dan kimia yang berdasarkan SNI 7182:2015 ditunjukkan Tabel 2.5

Tabel 2.7 Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel (Busyairi dkk, 2020).

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Metode Uji
1	Densitas	gr/cm ³	0,85-0,89	ASTM D 1298
2	Viskositas	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0	ASTM D 445
3	Bilangan Penyabunan	Mg/KOH-g	168,02	ASTM D 664
4	Angka Setana	-	51-78	ASTM D 613
5	Angka Iodine	% g I ₂ /100 g lipid	15-71	ASTM D 554
6	Kadar Metil Ester	% massa, min	96,5	AOCS Cd 1-25

(Busyairi dkk, 2020)

Pada biodiesel sebagai bahan bakar ramah lingkungan dapat menghasilkan gas buang yang relative lebih bersih dibandingkan bahan bakar fosil. Bahan- bahan pembuatan biodiesel adalah :

1. Trigliserida, yaitu komponen utama aneka lemak dan minyak-minyak
2. Asam lemak, yaitu komponen samping industri minyak-lemak

Trigliserida adalah triester dari gliserol dengan asam-asam lemak, yaitu asam-asam karboksilat beratom karbon 6 sampai 30. Trigliserida merupakan komponen terbesar penyusunan minyak nabati. Selain trigliserida, terdapat juga monogliserida dan digliserida.