

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Biodiesel**

Biodiesel dapat dikatakan sebagai bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (*renewable*), sebagai mono-alkil ester yang terdiri dari asam lemak rantai panjang, dari minyak nabati maupun minyak hewani [17]. Mono-alkil ester dapat berupa metil ester atau etil ester, tergantung dari sumber alkohol yang digunakan. Metil ester atau etil ester merupakan senyawa yang relatif stabil, berwujud cairan pada suhu ruang (titik leleh antara 4°-18°C), nonkorosif, dan titik didihnya rendah [18]. Biodiesel dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi antara minyak nabati atau lemak hewani, yang mengandung trigliserida dengan alkohol, seperti metanol dan etanol [19]–[23].

Biodiesel banyak dikembangkan karena mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar diesel dari minyak bumi, yaitu bersifat *non-toxic*, *renewable*, *biodegradable*, dan tidak mengemisikan karbon terhadap atmosfer. Selain itu, biodiesel juga dapat dicampur dengan minyak diesel konvensional serta dapat digunakan pada mesin diesel konvensional, dengan ataupun tanpa modifikasi [6], [19], [24].

Adapun hasil produksi biodiesel yang dikembangkan tentunya akan memiliki karakteristik yang berbeda-beda, bergantung pada bahan baku, serta metode dan katalis yang digunakan. Tabel standar karakteristik kualitas biodiesel berdasarkan SNI7128:2012 dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Standar Karakteristik Kualitas Biodiesel

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode Uji
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m <sup>3</sup>	850-890	ASTM D 1298 atau ASTM 4052
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3-6,0	ASTM D 445
3	Angka setana	Min	51	ASTM D 613
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100	ASTM D 93
5	Titik kabut	°C, maks	18	ASTM D 2500
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada suhu 50 °C)		Nomor 1	ASTM D 130 – 10
7	Residu karbon dalam percontoh asli atau dalam 10 % ampas destilasi	%- massa, maks	0,05 0,3	ASTM D 4530
8	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9	Temperatur destilasi 90 %	°C, maks	360	ASTM D 1660

10	Abu tersulfatkan	%- massa, maks	0,02	ASTM D 874
11	Belerang	mg/kg, maks	100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266
12	Fosfor	mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12- 55
13	Angka asam	mg- KOH/g, maks	0,6	AOCS Cd 3d- 63 atau ASTM D 6664
14	Gliserol bebas	%- massa, maks	0,02	AOCS Ca 14- 56 atau ASTM D 6584
15	Gliserol total	%- massa, maks	0,24	AOCS Ca 14- 56 atau ASTM D 6584
16	Kadar ester metil	%- massa, min	96,5	Lihat bagian 9.15
17	Angka iodium	%- massa (g- 12/100 g), maks	115	AOCS Cd 1-25
18	Kestabilan oksidasi			

	Periode induksi metode rancimat atau	Menit	360	EN 15751
	Periode induksi metode petro oksidasi		27	ASTM D 7545

(Sumber:BSN, 2012[25]).

## 2.2. Bahan Baku Biodiesel

Mengingat biodiesel adalah bahan bakar terbarukan yang bersifat *renewable* yang dapat disintesis dari minyak nabati maupun minyak hewani, maka bahan baku biodiesel tentunya sangat banyak, adapun minyak nabati yang biasa dipergunakan untuk menggoreng yaitu mengandung banyak asam lemak tidak jenuh, yaitu asam oleat dan linoleat.

Minyak yang termasuk dalam golongan ini yaitu minyak jagung, minyak kacang tanah, minyak wijen, minyak bunga matahari, minyak sawit, minyak biji kapas, minyak zaitun, dan minyak safflower. Sebagian besar minyak goreng di Indonesia berasal dari minyak kelapa sawit. Biodiesel dari bahan baku minyak kelapa sawit telah banyak dikembangkan, karena mengandung trigliserida cukup banyak, namun penggunaan minyak sawit dapat meningkatkan biaya produksi biodiesel, karena harga minyak sawit yang cukup tinggi. Jika dibandingkan dengan minyak sawit, minyak jelantah lebih marak dikembangkan, karena lebih ekonomis untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel, sebab harga minyak jelantah 2-3 kali lebih murah daripada minyak kelapa sawit. Sumber bahan baku biodiesel.dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Sumber Bahan Baku Biodiesel

Jenis minyak	Sumber minyak
Minyak tumbuhan	Kelapa, jagung, biji kapas, canola, olive, kacang, safflower, wijen, kedelai, bunga matahari.
Minyak kacang-kacangan	Almond, cashew, ha zelnut, macadamia, pecan, pistachio, walnut.
Beberapa minyak masak	Amaranth, apricot, argan, articoke, alpukat, babassu, biji anggur. Hemp, biji kapuk, biji lemon, mustard.
Minyak lainnya	Alga, jatropha, jojoba, neem, biji karet, cynara cardunculuc L., castor, radish, dan dedak padi.

(Sumber: Santoso, 2013[26]).

### **2.3. Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Biodiesel**

Indonesia saat ini merupakan produsen terbesar minyak sawit di seluruh dunia [5]. Hal ini menyebabkan ketersediaan minyak goreng kelapa sawit di Indonesia tentunya begitu banyak.

Seiring dengan meningkatnya laju konsumsi minyak goreng kelapa sawit, maka potensi minyak jelantah juga akan semakin meningkat. Dewasa ini minyak jelantah masih dimanfaatkan dalam pengolahan bahan makanan. Penggunaan minyak jelantah untuk pengolahan makanan dapat membahayakan kesehatan. Hal ini dikarenakan selama proses penggorengan, terjadi pemanasan yang mengakibatkan warna minyak berubah menjadi

berwarna gelap, karena terjadinya reaksi kimia yang dapat menghasilkan sekitar 400 senyawa kimia yang umum-nya bersifat karsinogenik. Sedangkan pembuangan minyak jelantah secara langsung ke lingkungan akan menimbulkan pencemaran [15], [27], [28].

Minyak jelantah ialah minyak yang telah mengalami hidrolisis saat proses penggorengan terjadi, sehingga menyebabkan molekul trigliserida berubah menjadi asam lemak bebas (FFA). Secara fisik, minyak jelantah lebih kental dan juga berwarna coklat dibandingkan dengan minyak goreng segar [29].

Apabila minyak jelantah tetap dikonsumsi, maka dapat menyebabkan berbagai penyakit diantaranya tekanan darah tinggi, kanker dan menurunkan kecerdasan. Penggunaan minyak jelantah juga dapat menyebabkan rasa gatal pada tenggorokan pada saat mengkonsumsi makanan yang digoreng menggunakan minyak jelantah [4].

Minyak jelantah sangat berpotensi sebagai salah satu bahan baku biodiesel dimanfaatkan di Indonesia [4]. Data menyatakan bahwa produksi minyak jelantah mencapai 5,06 ton per tahun. Maka apabila penggunaan minyak goreng mencapai 80%, maka terdapat potensi minyak jelantah yang mencapai 1 juta kL. Jadi, setiap penggunaan minyak goreng sebanyak 80% maka akan dihasilkan minyak jelantah sebesar 20%. Sampai saat ini, minyak jelantah masih belum dimanfaatkan dengan baik dan hanya dibuang sebagai limbah rumah tangga ataupun industri.

Meningkatnya produksi dan konsumsi nasional minyak goreng, akan berkorelasi dengan ketersediaan minyak jelantah yang semakin meningkat pula. Oleh karena itu, pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel akan meningkatkan nilai jual bagi minyak jelantah sekaligus mengurangi pencemaran minyak jelantah [6].

Pengolahan biodiesel dari minyak jelantah dilakukan melalui beberapa tahapan proses yaitu, penentuan bilangan asam yang bertujuan untuk mengetahui kadar FFA pada bahan baku. Bahan baku dengan kadar FFA yang tinggi dapat mempengaruhi *yield* biodiesel yang dihasilkan, maka dilakukan proses esterifikasi guna menurunkan kadar FFA pada bahan baku dan transesterifikasi untuk konversi trigliserida menjadi metil ester [17].

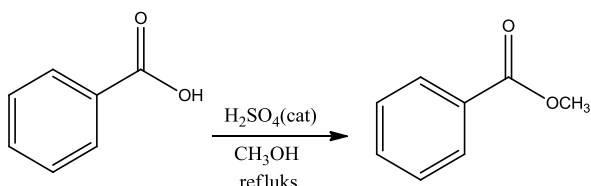
### 2.3.1. Bilangan Asam

Bilangan asam menyatakan jumlah asam lemak bebas, dihitung berdasarkan berat molekul asam lemak atau campuran asam lemak. Bilangan asam menyatakan sebagai milligram KOH 0,1 N yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak [22], [30]. Bilangan asam dari suatu bahan baku dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 [31].

$$\% \text{FFA} = \frac{(\text{mL KOH} \times \text{N KOH} \times \text{BM As.lemak})}{\text{Berat sampel} \times 1000} \times 100\% \quad \dots(2.1)$$

### 2.3.2. Reaksi Esterifikasi

Suatu ester dapat dibentuk dengan reaksi secara langsung antara suatu asam karboksilat dengan suatu alkohol, reaksi ini disebut dengan reaksi esterifikasi [32]. Persamaan reaksi esterifikasi dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Persamaan reaksi esterifikasi menggunakan etanol [17].

Esterifikasi pada proses sintesis biodiesel bertujuan untuk (menurunkan kadar FFA pada bahan baku). Katalis yang digunakan pada reaksi esterifikasi adalah asam kuat seperti asam klorida (HCl) dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) [17].

### **2.3.3. Reaksi Transesterifikasi**

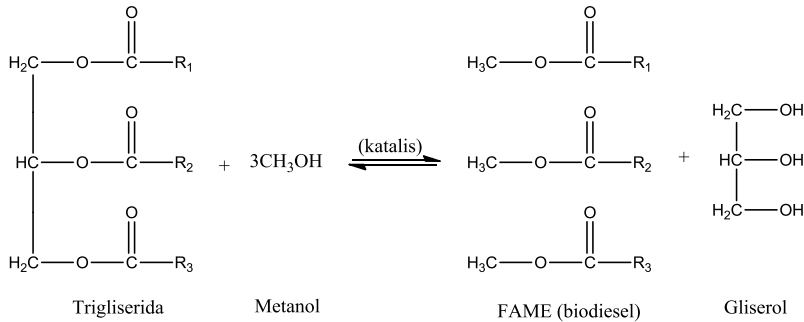
Transesterifikasi dapat dikatakan sebagai suatu reaksi yang bersifat *reversible*, di mana trigliserida berubah secara sempurna menjadi digliserida, monogliserida, dan terakhir menjadi gliserin. Berdasarkan stoikiometrinya, dibutuhkan 3 mol alkohol untuk mengubah satu mol trigliserida menjadi metil ester, tetapi dalam prakteknya diperlukan perbandingan yang lebih besar dari itu untuk menggeser kesetimbangan sehingga menghasilkan ester yang lebih banyak [33].

Reaksi transesterifikasi ini memerlukan katalis basa kuat seperti natrium hidroksida atau kalium hidroksida sehingga menghasilkan senyawa kimia baru yang disebut dengan metil ester. Metil ester merupakan hasil dari proses transesterifikasi minyak atau lemak dengan alkohol. Gugus alkil dalam alkohol akan menggantikan gugus hidroksil pada struktur ester minyak dengan bantuan katalis. Alkohol yang dapat digunakan antara lain alkohol etanol, propanol, butanol dan amil alcohol [19]. Alkohol yang digunakan merupakan alkohol dengan rantai pendek, seperti metanol, etanol dan butanol. Etanol menghasilkan etil ester yang lebih sedikit dan meninggalkan sisa karbon yang banyak, jika dibandingkan dengan metanol. Selain harganya yang lebih murah, metanol juga merupakan jenis alkohol yang paling umum digunakan.

Metanol dan etanol dapat dikatakan sebagai jenis alkohol yang banyak dipakai dalam industri, karena kedua jenis alkohol ini memberikan reaksi



yang alkohol lebih cepat [33]. Persamaan reaksi transesterifikasi ditunjukkan pada gambar 2.



**Gambar 2.** Persamaan reaksi transesterifikasi menggunakan methanol [28].

## 2.4. Katalis

Katalis dapat dikatakan sebagai suatu zat atau senyawa yang dapat menurunkan energi aktivasi suatu reaksi, sehingga akan mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri.. Katalis dapat membantu suatu reaksi agar berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi berlangsung pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Sebab, katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah [29], [34].

Berdasarkan fasenya, katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama yaitu, katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen ialah katalis yang berada dalam fase berbeda dengan pereaksi pada reaksi yang dikatalisinya, sedangkan katalis homogen berada dalam fase yang sama. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerap. Ikatan dalam substrat-substrat akan menjadi lemah, sehingga

memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya katalis terlepas dari produk [34]. Katalis heterogen telah banyak digunakan dalam pembuatan biodiesel karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan katalis homogen. Beberapa diantaranya yaitu bersifat *reuseable*, tidak menghasilkan air dan sabun dan dapat menekan biaya produksi biodiesel serta bahan baku yang mudah didapatkan. Adapun dibawah ini merupakan beberapa penelitian mengenai produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis heterogen CaO.

Putra dkk [14] memproduksi biodiesel dari minyak goreng yang telah dimurnikan dengan radiasi gelombang mikro dan katalis CaO komersil menunjukkan hasil lebih baik (60,11 % pada waktu reaksi 20 menit, daya 200 watt) dibandingkan dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan tanpa katalis.

Menggunakan katalis yang sama, namun CaO yang digunakan berasal dari cangkang bakicot. Arifin dkk [17] melaporkan bahwa produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis CaO dari cangkang bakicot dengan konsentrasi katalis 6 % dan suhu reaksi 55-60°C selama 2 jam, menghasilkan rendeman yaitu sebesar 63 %.

Saputra dkk [6] mengemukakan bahwa, kondisi optimum reaksi transesterifikasi biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis CaO dari cangkang bakicot (suhu kalsinasi terbaik 800 °C selama 4 jam) sebesar 1 % dan waktu reaksi 60 menit serta suhu reaksi 60 °C.

Katalis CaO tidak hanya berasal dari cangkang bakicot, tetapi juga dapat disintesis dari cangkang telur ayam. Dalimunthe dkk [15] mengemukakan bahwa produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis CaO dari cangkang telur ayam (dikalsinasi pada suhu 800 °C selama 2 jam), mendapatkan hasil yang optimum pada waktu transesterifikasi selama 5 jam dengan suhu 70 °C dan persen katalis sebesar 7%, dengan kadar metil ester 99,738%. Santoso dkk [26] juga melaporkan bahwa dengan menggunakan

katalis CaO dari kulit telur yang dikalsinasi pada temperatur 1000 °C selama 2 jam. Kondisi optimum pembuatan biodiesel yang didapatkan yaitu, pada jumlah katalis 3%-b terhadap minyak, dan waktu reaksi selama 2 jam.

Sumber katalis CaO juga terdapat pada bahan alam, seperti dolomit. Edianti dan Rodiah telah mensintesis katalis CaO dari dolomit dan dimodifikasi dengan abu layang, dengan massa dolomit 100%, 75% dan 50%. Berdasarkan karakterisasi menggunakan FT-IR, pada katalis dolomit 100%, 75% dan 50% didapatkan hasil bahwa, pita serapan dari gugus Si-O-Ca muncul pada bilangan gelombang 991  $\text{cm}^{-1}$ .

Selain berasal dari sumber hewani seperti cangkang bakicot, cangkang telur ayam dan lain-lain. Katalis CaO juga terdapat pada tumbuhan, contohnya pada abu tanaman alang-alang.

## **2.5. Abu Alang-alang Sebagai Katalis Heterogen**

Alang-alang (*Imperata cylindrica*) merupakan salah satu famili rumput-rumputan (Poaceae) yang tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia, di wilayah Asia Tenggara dapat dijumpai sekitar 35 juta ha, dan sekitar 8,5 juta ha tersebar di Indonesia.

Alang-alang dikenal sebagai salah satu tumbuhan pengganggu (gulma) yang paling bandel dan sukar dibasmi. Tumbuhan gulma menahun ini tersebar di daerah subtropik dan tropik, terutama pada tempat-tempat terbuka. Pertumbuhannya tidak memerlukan persyaratan khusus, dan berkembang biak sendiri baik secara vegetatif maupun generatif, serta dapat tumbuh dengan subur pada habitat dan iklim yang kurang baik sekalipun [35]–[38]. Klasifikasi dan gambar tanaman alang-alang dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3.** Klasifikasi Tanaman Alang-alang

Kingdom	Plantae
Filum	Spermatophyta
Sub Filum	Angiospermae
Kelas	Monocotyledonae
Ordo	Poales
Famili	Poaceae
Genus	Imperata
Spesies	<i>Imperata cylindrical</i>

(Sumber: Martiana, 2018 [38])



**Gambar 3.** Tanaman Alang-alang [38].

Rumput alang-alang mengandung unsur kimiawi, diantaranya abu 5,42%, silica 3,67%, lignin 21,42%, pentosan 28,58%, dan selulosa 48,12%. Kandungan abu alang-alang sebesar 5,42% memiliki potensi untuk digunakan sebagai katalis basa heterogen pada produksi biodiesel dari minyak jelantah [1]. Analisis kandungan mineral abu alang-alang menggunakan instrumen XRF ditunjukkan pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4.** Analisis Kandungan Mineral Abu Alang-Alang menggunakan XRF.

Jenis Katalis	Unsur	% Kandungan
Akar	Ca	3,99± 0,36
	Fe	0,74± 0,03
Batang	Ca	2,04± 0,21
	Fe	0,99± 0,04
Daun	Ca	0,01± 0,001
	Fe	0,63± 0,030

(Sumber: Wicaksana dkk, 2017 [1]).

Berdasarkan kandungan mineral yang terdapat pada tanaman alang-alang, maka dapat diketahui fakta bahwa tanaman alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai katalis heterogen (CaO) pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah.

Sebelumnya Wicaksana dkk [1] telah memproduksi biodiesel dari minyak kedelai dan minyak jelantah, dengan katalis CaO dari akar alang-alang. Hasil tertinggi dari minyak kedelai dengan 5% katalis akar abu alang-alang dan menggunakan proses elektrokatalitik adalah sebesar 41,01% (rendemen 55,65%), sedangkan untuk minyak jelantah konsentrasi katalis yang sama adalah sebesar 41,79% (rendemen 44,47%). Efisiensi sintesis biodiesel dengan proses elektrokatalitik menggunakan katalis akar abu alang-alang yaitu lima kali lebih besar dibandingkan proses tanpa katalis. Hal ini juga dibuktikan melalui tabel 2.5.

**Tabel 2.5.** Hasil biodiesel dari minyak jelantah dengan jenis katalis abu ilalang

Jenis katalis	Berat katalis (%)	Rendemen (%)	Massa metil ester murni (g)	Efisiensi (%)
Tanpa katalis	5	8,47	2,025	8,09
Akar	5	44,47	10,449	41,79
Daun	5	36,95	8,579	34,31
Batang	5	37,48	7,431	29,36

(Sumber: Wicaksana dkk, 2017 [1]).

Berdasarkan tabel 2.6, dapat dilihat bahwa, selain akar, batang alang-alang juga memiliki potensi sebagai katalis CaO. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan akar dan batang alang-alang sebagai sumber CaO dengan harapan dapat meningkatkan konversi asam lemak pada minyak menjadi biodiesel.

Katalis heterogen dari abu alang-alang juga terbukti lebih baik jika dibandingkan dengan katalis homogen konvensional. Hal ini dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan oleh Ngaini dkk[12], mereka melaporkan bahwa katalis heterogen dari alang-alang yang digunakan pada proses esterifikasi dan transesterifikasi menunjukkan persentase hasil yang lebih tinggi, jika dibandingkan dengan katalis homogen konvensional pada produksi biodiesel dari *Palm Oil Mill Sludge* (POMS).