

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Katalis**

Katalis merupakan zat/bahan yang ditambahkan ke dalam suatu proses untuk mempercepat reaksi yang terjadi. Katalis bekerja dengan cara menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi dapat berlangsung pada temperatur yang lebih rendah. Katalis sangat berguna dalam berbagai proses di industri. Katalis dapat menghemat energi dan biaya selama proses produksi berlangsung.

##### **2.1.1 Katalis Homogen**

Katalis homogen merupakan jenis katalis yang memiliki fase/wujud yang sama dengan larutan yang akan direaksikan. Kelebihan katalis homogen adalah mudah digunakan dalam berbagai proses. Katalis homogen sulit dipisahkan dari larutan utama. Hal ini dapat berpotensi menimbulkan pencemaran larutan yang diakibatkan oleh katalis tersebut.

##### **2.1.2 Katalis Heterogen**

Katalis heterogen merupakan katalis yang wujudnya berbeda dari larutan yang akan direaksikan. Pada umumnya, katalis heterogen berwujud solid/padat. Kelebihan katalis ini adalah mudah dipisahkan, serta dapat digunakan berulang kali. Hal ini tentu menguntungkan karena dapat menghemat biaya pada proses produksi. Oleh karena itu, katalis heterogen cukup baik digunakan saat ini.

##### **2.1.3 Pemilihan Metode Karakterisasi Katalis**

Katalis yang telah dibuat perlu diuji apakah struktur katalis tersebut sudah sesuai dengan struktur yang diinginkan atau desain apa tidak. Struktur katalis ini secara saintifik didesain berdasarkan kinerja yang diharapkan pada saat penggunaan katalis. Jika sudah sesuai maka proses pembuatan katalis adalah berhasil, namun sebaliknya jika tidak sesuai maka katalis tersebut perlu penanganan lebih lanjut atau merubah teknik proses pembuatannya. Pengujian katalis ini biasa disebut karakterisasi (*characterization*). Bagian yang paling

penting dalam karakterisasi katalis adalah pemilihan metode karakterisasi katalis yang tepat.

Pada dasarnya semua metode karakterisasi katalis adalah bermanfaat. Metode karakterisasi katalis dipilih sedemikian rupa berpedoman pada beberapa hal berikut yang menjadi pertimbangan:

- Sesuai pengaplikasiannya untuk katalis nyata
- Kemudahan akses bahan dan peralatan
- Luas cakupan pengaplikasiannya
- Lebih informatif untuk aspek-aspek katalis

Tentunya pemilihan metode karakterisasi katalis sangat tergantung pada keperluan atau kepentingannya secara ilmiah dan teknis, biaya karakterisasi, dan kemudahan akses peralatan.

Secara garis besar, teknik karakterisasi katalis dapat dibagi menjadi beberapa macam berdasarkan sifat-sifat yang akan diteliti, antara lain:

1. Sifat – sifat partikel, meliputi: luas permukaan (surface area), porositas atau distribusi ukuran pori (adsorpsi uap pada suhu rendah, Hg porosimetry, dan incipient wetness), densitas, ukuran partikel, sifat-sifat mekanis, dan difusifitas.
2. Sifat-sifat permukaan (surface), meliputi: struktur dan morfologi (SEM, TEM, XRD, EXAFS, XPS, IR, Raman, UV-Vis), dispersi (chemisorption), dan keasaman (TPD).

Sifat-sifat bulk, meliputi: komposisi elemental (XRF, AAS), sifat-sifat senyawa atau struktur fasa (XRD, Raman, IR, DTA, TPR, TPO, TEM), struktur molekul (IR, Raman, UV-Vis, XAFS, NMR, dan EPR), serta reaktivitas bulk (XRD, UV-Vis, TGA, DTA, TPR, dan TPO).

## **2.2 Biodiesel**

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang bersifat ramah lingkungan. Penggunaan biodiesel disinyalir dapat menekan jumlah emisi kendaraan bermotor yang selama ini menggunakan bahan bakar minyak, seperti bensin dan minyak diesel. Beberapa bahan baku yang lazim digunakan untuk pembuatan biodiesel adalah kelapa sawit, kedelai, jarak pagar, tebu, dan berbagai

jenis tumbuhan lainnya. Dari beberapa bahan tersebut, kelapa sawit dan jarak pagar memiliki potensi tertinggi sebagai bahan baku biodiesel. Kelapa sawit memiliki prospek yang lebih tinggi apabila dilakukan pengolahan biodiesel secara besar-besaran (Rahayu, n.d.).

Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif diharapkan dapat mengatasi kelangkaan bahan bakar minyak yang kerap terjadi di Indonesia. Penurunan produksi minyak bumi menjadi satu alasan yang kuat untuk segera menggunakan bahan bakar alternatif seperti biodiesel. Produksi biodiesel perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan serta menggantikan peranan bahan bakar minyak yang kian menurun setiap tahunnya.

Biodiesel memiliki tingkat polusi yang lebih rendah dari pada solar dan dapat digunakan pada motor diesel tanpa modifikasi sedikitpun (Briggs, 2004). Biodiesel dianggap tidak menyumbang pemanasan global sebanyak bahan bakar fosil. Mesin diesel yang beroperasi dengan menggunakan biodiesel menghasilkan emisi karbon monoksida, hidrokarbon yang tidak terbakar, partikulat, dan udara beracun yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum (Gerpen, 2004).

Sebagai bahan bakar alternatif, biodiesel memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar minyak bumi diantaranya: ramah lingkungan, emisi pencemaran udara yang relatif rendah, dapat terurai secara alami (biodegradable), dan bisa digunakan tanpa memerlukan proses modifikasi mesin. Biodiesel dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi, yaitu reaksi antara minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol menghasilkan alkil ester (biodiesel) dan hasil samping gliserol dengan bantuan katalis (Noiroj, dkk 2009). Katalis digunakan untuk meningkatkan kecepatan reaksi dan yield produk. Karena reaksi ini merupakan reaksi bolak-balik (reversible), dibutuhkan alkohol berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk (Helwani, dkk 2009). Konversi trigliserida menjadi metil ester atau etil ester melalui proses transesterifikasi dapat mengurangi berat molekul trigliserida hingga sepertiganya dan mengurangi viskositas hingga seperdelapannya, serta sedikit meningkatkan titik nyalanya (Lemigas, 2005).

### 2.2.1 Standar Kualitas Biodiesel

Standar kualitas biodiesel di Indonesia diatur oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia (2015) dalam SNI 7182:2015 sebagai pedoman untuk mengetahui kelayakan biodiesel yang dihasilkan. Berikut merupakan syarat mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015 :

**Tabel 2.1** SNI Biodiesel – [BTBRD]-BPPT

No.	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode Uji Alternatif
1.	Massa Jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850-890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
2.	Viskositas kinematic pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s(cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445
3.	Angka setana	Min	51	ASTM D 613 atau ASTM D 6890
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 50°C)		Nomor 1	ASTM D 130
7.	Residu karbon	%-massa, maks		
	- Dalam per contoh asli, atau		0,05	ASTM D 4530 atau
	- Dalam 10% ampas distilasi		0,3	ASTM D 189
8.	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9.	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
10.	Abu tersulfatkan	%-massa,maks	0,02	ASTM D 874
11.	Belerang	Mg/kg, mks	100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266 atau ASTM D 4294 atau ASTM D2622
12.	Fosfor	Mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12-55
13.	Angka asam	Mg-KOH/g, maks	0,5	AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D 664
14.	Gliserol bebas	%-massa,maks	0,02	AOCS Ca 15-56 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	
17.	Angka iodium	%-massa (gI <sub>2</sub> /100g) maks	115	AOCS Cd 1-25
18.	Kadar monogliserida	%-massa,maks	0,8	ASTM D 6584
19.	Kestabilan oksidasi	Menit		
	- Periode induksi metode rancimat, atau		360	EN 15751
	- Periode induksi metode petro oksidasi		27	ASTM D 7545

### 2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu bahan berupa karbon yang telah diaktivasi sehingga pori-porinya terbuka. Karbon aktif memiliki daya serap tinggi, tidak berasa, dan tidak berbau, dengan bentuk granular atau bubuk. Karbon aktif dapat dibuat dari seluruh bahan yang mengandung karbon, seperti tumbuhan, hewan, ataupun berbagai jenis mineral yang mengandung karbon (Rahim & Octania, 2010).

Pembuatan karbon aktif dapat dilakukan melalui dua proses, yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses Karbonisasi dilakukan dengan cara membakar biomassa tanpa adanya oksigen, sehingga zat terbang pada batu bara dapat terlepas dan menyisakan kandungan karbonnya saja (Novananda dkk, 2020). Proses karbonisasi dapat dilakukan pada rentang temperatur 300–900°C, tergantung dari sifat kekerasan bahan baku (Patmawati & Kurniawan, 2017).

Proses aktivasi merupakan tahapan yang berfungsi untuk memperbesar pori-pori karbon yang terbentuk pada proses karbonisasi. Proses aktivasi dibedakan menjadi dua macam, yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi fisika dilakukan pada rentang temperatur 600–900°C (Patmawati & Kurniawan, 2017), sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan cara merendam karbon dengan senyawa kimia seperti HF, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KOH, NaOH, AlCl<sub>3</sub>, KMnO<sub>4</sub>, SO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, K<sub>2</sub>S, dan HNO<sub>3</sub> (Novananda dkk., 2020).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif cukup efektif ketika digunakan sebagai adsorben. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Utari dkk., 2016), karbon aktif mampu menyerap zat warna dan zat pengotor pada minyak goreng bekas. Selain itu, karbon aktif juga mampu menurunkan bilangan peroksida pada minyak goreng bekas secara efektif. Sementara itu, pada penelitian (Muhammad dkk., 2020), karbon aktif mampu meningkatkan kualitas minyak jelantah, yaitu dengan menurunkan kadar lemak jahat yang terkandung di dalam minyak tersebut.

## **2.4 Minyak Jelantah**

Minyak goreng bekas, sering pula disebut sebagai minyak jelantah, merupakan minyak yang berasal dari sisa-sisa penggunaan minyak goreng. Ciri-ciri yang mudah dikenali pada minyak goreng bekas adalah warnanya yang gelap, keruh, dan cenderung lebih kental dari minyak goreng biasa.

Menurut (S. F. Arifin, 2009), minyak jelantah dapat dijadikan sebagai alternatif dari minyak berkualitas tinggi atau minyak sulingan. Minyak jelantah mudah diperoleh dari berbagai industri lain, seperti restoran, atau dapat pula berasal dari sisa-sisa rumah tangga. Selain itu, minyak jelantah harganya relatif lebih murah dibandingkan minyak lainnya.

#### 2.4.1 Dampak dari Limbah Minyak Goreng Bekas

Minyak goreng bekas tergolong ke dalam limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya). Penggunaan minyak goreng bekas secara terus menerus dapat menimbulkan masalah yang serius bagi kesehatan. Seperti yang dikutip dalam jurnal Ardhanay & Lamsiyah, (2018), konsumsi minyak goreng bekas secara kontinyu dan dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan resiko penyakit jantung koroner, hipertensi, hingga memicu kanker.

Pembuangan limbah minyak goreng bekas ke dalam saluran air dan sistem perpipaan dapat menyebabkan kebuntuan pada saluran tersebut, sehingga berpotensi menimbulkan banjir di musim penghujan. Penyumbatan saluran air dan perpipaan berpotensi menjadi salah satu masalah yang serius karena seringkali sulit dibersihkan, terutama penyumbatan pada instalasi sistem perpipaan yang rumit pada kawasan perkotaan ataupun perumahan padat penduduk.

Menurut Geshaw & Teshita, (2018), tingginya biaya pembuangan memicu banyak orang untuk membuang minyak jelantah ke lingkungan langsung, terutama masyarakat pedesaan. Pembuangan limbah minyak goreng bekas ke lingkungan secara langsung, seperti ke danau, laut, atau sungai dapat menimbulkan pencemaran air yang tentunya menurunkan kualitas air di perairan tersebut. Pembuangan minyak goreng bekas pada perairan dapat menyebabkan timbulnya lapisan minyak pada permukaan air. Apabila kondisi ini terjadi secara terus-menerus, ekosistem perairan akan terganggu karena lapisan minyak pada permukaan air akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam perairan, dimana sinar matahari tersebut dibutuhkan oleh sebagian besar makhluk hidup yang berada dibawah perairan. Saat ini diberlakukan berbagai peraturan pembuangan limbah, dimana limbah-limbah yang akan dibuang termasuk minyak jelantah, harus memenuhi standar baku mutu limbah yang ditetapkan oleh pemerintah pusat

maupun pemerintah daerah.

#### 2.4.2 Pemanfaatan Ulang Minyak Goreng Bekas

Minyak goreng bekas memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan kembali menjadi produk yang lebih berguna. Dikutip dari Panadare & Rathod (2015), minyak goreng bekas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar mesin pembakaran dalam, media komponen fermentasi, bahan baku produk bernilai tambah, preparasi lemak, produk *polyurethane*, dan juga sebagai komponen makanan hewan. Dengan adanya berbagai pemanfaatan ini, diharapkan pencemaran limbah minyak goreng bekas dapat dikurangi secara optimal.

### 2.5 Metanol

Metanol atau metil alkohol atau sering juga disebut karbinol merupakan larutan polar yang larut dalam air, alkohol, ester dan pelarut organik lainnya. Metanol mempunyai rumus molekul  $\text{CH}_3\text{OH}$  adalah alkohol alifatik sederhana. Reaksinya ditentukan oleh gugus hidroksil fungsional, sedangkan reaksi terjadi oleh gugus C – O atau O – H. Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Penggunaan metanol sebesar 85% digunakan sebagai bahan baku serta bahan pelarut sintesis. Dalam hal ini metanol direaksikan dengan trigliserida akan menghasilkan metil ester.

Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi / 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 metanol lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol. Keberadaan metanol dalam proses transesterifikasi adalah untuk memutuskan hubungan gliserin dengan zat asam lemak. Adapun sifat fisik dan kimia dari metanol dapat dilihat pada tabel 2.2

**Tabel 2.2** Sifat fisik dan kimia metanol

<b>Karakteristik</b>	<b>Nilai</b>
Massa molar	32,04 g/mol
Wujud cairan	Tidak berwarna
<i>Spesific gravity</i>	0,7918
Titik leleh	-97 °C, -142,9 °F (176 K)
Titik didih	64,7 °C, 148,4 °F (337,8 K)
Kelarutan dalam air	Sangat larut
Keasaman (pKa)	~ 15,5

## 2.6 Batu Bara

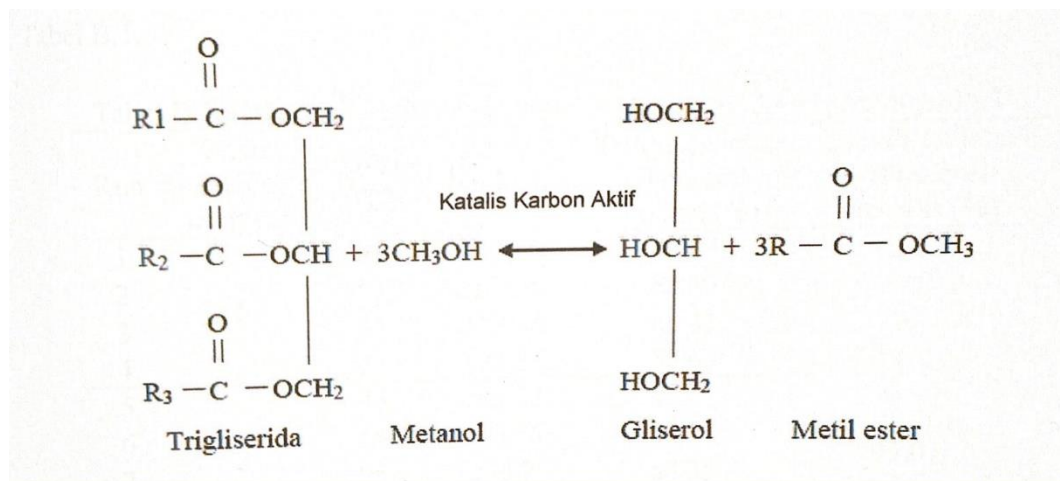
Batu bara didefinisikan sebagai batuan sedimen yang terakumulasi sebagai gambut, yang utamanya terdiri dari maseral dan mineral di bawahnya, serta mengandung sejumlah air dan gas dalam pori-pori submikroskopik. Batu bara bukanlah suatu campuran antara karbon, hidrogen, oksigen, belerang, dan unsur-unsur lainnya dengan jumlah kecil. Batu bara tidak hanya sebagai sebuah poliaromatik yang merupakan zat polimer seragam, melainkan batu bara merupakan agregat dari maseral dan mineral yang dapat diklasifikasikan secara mikroskopis berdasarkan perbedaan secara fisika dan kimia maseral. (Neavel, 1979).

Dikutip dari Pasymi, (2008), Batu bara merupakan batuan organik yang berasal dari fosil tumbuhan, berwarna gelap, dan sedikit mengandung mineral. Struktur kimia batu bara diperkirakan berbentuk polimer padat yang terdiri dari kelompok aromatik serta kelompok polisiklik yang dihubungkan dengan struktur alifatik dan gugus fungsional oksigen. Batu bara terbentuk melalui dua proses, yaitu proses biokimia dan proses dinamokimia. Secara keseluruhan, tipe lingkungan pengendapan, temperatur, tekanan dan skala waktu geologi mempengaruhi kedua proses tersebut.



## 2.7 Reaksi Transesterifikasi

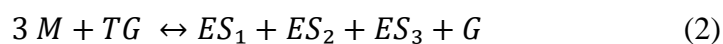
Reaksi antara minyak (trigliserida) dan alkohol adalah merupakan reaksi transesterifikasi (Darnoko dan Cheryan, 2000). Transesterifikasi adalah suatu reaksi yang menghasilkan ester dimana salah satu pereaksinya juga merupakan senyawa ester. Jadi disini terjadi pemecahan senyawa trigliserida dan migrasi gugus alkil antara senyawa ester. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi ini disebut biodiesel. R' adalah gugus alkil dan R1 – R3 merupakan gugus asam lemak jenuh dan tak jenuh rantai panjang.



**Gambar 2.1** Raksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan berlebih agar reaksi bergeser ke kanan. Pemilihan katalis dilakukan berdasarkan kemudahan penanganan dan pemisahannya dari produk. Untuk itu dapat digunakan katalis asam, basa dan penukar ion (Groggins, 1958).

Reaksi transesterifikasi pada persamaan Gambar 2.1 dapat disederhanakan menjadi :



Dengan :

M = metanol

TG = minyak,  $ES_1 + ES_2 + ES_3$  = ester

G = gliserol

Persamaan reaksi (2) dapat disederhanakan menjadi :



Jika dinyatakan dalam ekivalen, persamaan (3) menjadi :



Darnoko dan Cheryan (2000), mereaksikan minyak sawit dengan metanol menggunakan katalis KOH didapatkan order reaksi dua terhadap trigliserida. Widiono (1995) juga mendapatkan order dua terhadap trigliserida dari reaksi minyak jarak dengan metanol.