

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Katalis

Katalis adalah zat atau substansi yang mempercepat laju suatu reaksi tanpa ikut permanen dalam reaksi. Katalis memberikan jalur alternatif dalam suatu reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi sehingga energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi berkurang dan reaksi menjadi lebih cepat (Richardson, 1989). Katalis memberikan jalan alternatif dengan cara katalis lebih dulu bereaksi dengan reaktan sebelum berinteraksi dengan reaktan lainnya. Hasil interaksi katalis dengan reaktan tersebut disebut zat antara yang bersifat reaktif dan selanjutnya menghasilkan produk reaksi.

Katalis bersifat spesifik yaitu suatu katalis hanya dapat mempercepat reaksi tertentu saja tidak pada semua reaksi kimia. Katalis yang dipreparasi dengan cara berbeda akan menghasilkan aktivitas dan selektivitas yang berbeda (Lestari, 2012). Untuk menilai baik tidaknya suatu katalis, ada beberapa parameter yang harus diperhatikan, antara lain (Nurhayati, 2008):

1. Aktivitas, yaitu kemampuan katalis untuk mengkonversi reaktan menjadi produk yang diinginkan.
2. Selektivitas, yaitu kemampuan katalis mempercepat satu reaksi di antara beberapa reaksi yang terjadi sehingga produk yang diinginkan dapat diperoleh dengan produk sampingan seminimal mungkin.
3. Kestabilan, yaitu lamanya katalis memiliki aktivitas dan selektivitas seperti pada keadaan semula.
4. Rendemen katalis / *Yield*, yaitu jumlah produk tertentu yang terbentuk untuk setiap satuan reaktan yang dikonsumsi.
5. Kemudahan diregenerasi, yaitu proses mengembalikan aktivitas dan selektivitas katalis seperti semula.

Bahan katalis umumnya tersusun dari satu bagian katalitik, bagian bagian katalis yang menjadi kesatuan katalitik antara lain yaitu sisi aktif (*active component*), penyangga (*support*) dan promotor. Berikut penjelasan mengenai ketiganya (Richardson, 1989):

1. Sisi Aktif (*Active Component*)

Sisi aktif katalis berfungsi sebagai inti utama pada saat reaksi kimia terjadi. Pemilihan dari sisi aktif adalah tahap awal dalam menentukan katalis yang akan digunakan dalam suatu reaksi kimia. Sisi aktif katalis merupakan sisi yang berfungsi untuk melakukan proses reaksi secara spesifik pada katalis.

2. Penyangga (*Support*)

Penyangga katalis merupakan substansi tempat mendispersikan sisi aktif katalis. Penyangga katalis memiliki peran penting dalam menjaga agar luas permukaan sisi aktif tetap besar untuk memperbanyak bidang kontak dengan reaktan dan juga meningkatkan kekuatan mekanik dari sisi aktif katalis agar tidak mudah hancur saat terjadi proses katalitik. Proses penempelan sisi aktif ke penyangga katalis dapat dilakukan dengan cara impregnasi.

3. Promotor

Promotor merupakan substansi dalam jumlah sedikit yang dapat meningkatkan aktivitas, selektivitas atau stabilitas katalis. Promotor berfungsi untuk membantu penyangga atau sisi aktif dari katalis dalam menjaga stabilitas katalis.

Penggunaan katalis dapat dilakukan pada reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel dari trigliserida yang direaksikan dengan metanol. Katalis diperlukan untuk mempercepat waktu reaksi sehingga efisien.

2.2 Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel

Biodiesel atau metil ester merupakan bahan bakar alternatif pengganti solar dari minyak bumi yang diproduksi umumnya melalui reaksi transesterifikasi dari minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek dengan bantuan katalis. Minyak nabati yang telah dimanfaatkan menjadi biodiesel antara lain, minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk dan masih banyak lagi termasuk minyak jelantah.

Kelebihan biodiesel dibandingkan solar adalah biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan karena memiliki kandungan sulfur yang rendah sehingga emisi yang jauh lebih baik, angka setana yang lebih tinggi sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dan merupakan bahan bakar terbarukan karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui. Biodiesel di Indonesia telah distandardisasi yaitu

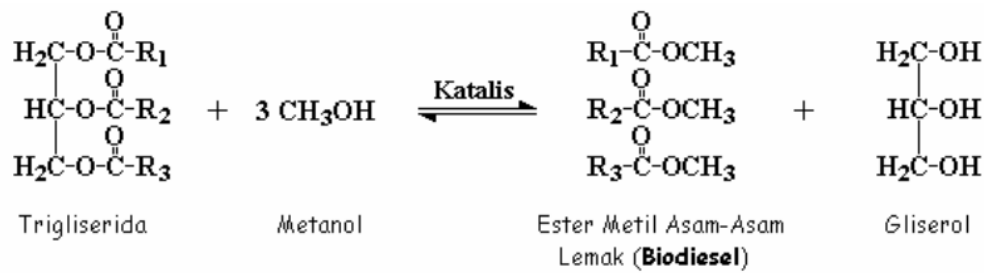
pada SNI 7182:2015. Standar Nasional Indonesia (SNI) memiliki peran penting dalam menjaga kualitas biodiesel yang dipasarkan didalam negeri untuk melindungi konsumen, produsen dan mendukung perkembangan industri biodiesel. Parameter yang ada didalam SNI 7182:2015 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter SNI Biodiesel

No.	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C) Residu karbon		nomor 1
7	- dalam percontoh asli; atau - dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g), maks	115
	Kestabilan oksidasi		
18	Periode induksi metode rancimat atau Periode induksi metode petro oksi	menit	480 36
19	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

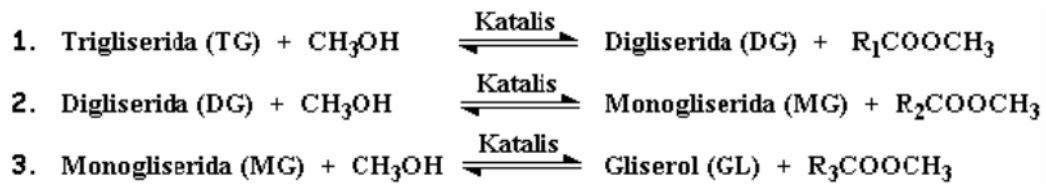
Sumber : SNI 7182:2015

Transesterifikasi atau alkoholisis merupakan metode umum untuk memproduksi biodiesel, yaitu proses reaksi kimia yang menggunakan katalis yang mereaksikan minyak nabati/hewani dengan metanol menjadi metil ester atau biodiesel dan gliserol (Chua dkk., 2020). Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tahapan Transesterifikasi

Penggunaan metanol berlebih digunakan agar kesetimbangan bergeser ke arah produk.

Pada umumnya, reaksi transesterifikasi memiliki beberapa faktor yang sangat berpengaruh terhadap hasil akhir sintesis. Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu (Rezeika dkk., 2018):

1. Waktu reaksi,
2. Pengaruh air dan asam lemak,
3. Perbandingan mol alkohol dan minyak
4. Jenis alkohol,
5. Jenis katalis,
6. Suhu reaksi.

Katalis dalam pembuatan biodiesel dibagi menjadi 3 antara lain (Rezeika dkk., 2018):

1. Katalis Homogen

Katalis homogen merupakan katalis yang mempunyai fasa yang sama dengan reaktannya. Katalis homogen dapat dengan mudah ditambahkan pada suatu reaksi, mudah diproduksi kembali dan memiliki selektivitas yang tinggi namun sulit untuk dipisahkan dari produknya. Katalis homogen dibagi menjadi dua yaitu katalis homogen asam dan basa.

Katalis homogen asam mendukung efisiensi yang lebih tinggi untuk esterifikasi FFA dibandingkan dengan katalis basa. Transesterifikasi dengan katalis asam membutuhkan suhu yang cukup tinggi ($\sim 100^{\circ}\text{C}$), tekanan (~ 5 bar) dan jumlah alkohol yang tinggi. Dibandingkan dengan katalisis basa, seringkali lebih lambat. Jenis katalis ini terutama disukai untuk minyak umpan yang memiliki nilai asam yang sangat tinggi. Contoh katalis homogen asam adalah H_2SO_4 (Maheshwari dkk., 2022).

Katalis homogen basa cocok untuk minyak yang memiliki FFA rendah karena sensitivitasnya terhadap minyak dengan FFA lebih tinggi dapat berubah menjadi sabun, bukan biodiesel. Katalis basa bereaksi dengan FFA yang mengarah ke pembentukan sabun yang membatasi pemisahan gliserin, biodiesel dan air. Oleh karena itu, pada transesterifikasi khususnya minyak nabati asam yang lebih rendah, menghasilkan ester yang tinggi. Contoh katalis homogen basa adalah NaOH dan KOH (Maheshwari dkk., 2022).

2. Katalis Heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis yang mempunyai fasa yang berbeda dengan reaktannya. Misalnya katalis pendukung (*supported catalyst*). Katalis pendukung dapat dibedakan menjadi *supported* logam oksida, sulfida dan *supported* basa. Katalis heterogen mempunyai kelebihan yaitu mudah dipisahkan dari produknya tetapi terkadang *yield* yang diperoleh tidak terlalu besar. Pengaruh massa katalis kurang begitu penting dibandingkan dengan pengaruh permukaan areanya adsorpsi dan desorpsi, sehingga pada katalis heterogen luas permukaan adalah hal yang paling dilihat. Proses adsorpsi akan membawa molekul reaktan pada sisi aktif dari katalis yang akan merubah sifat dari reaktan, membentuk intermediet tertentu, kemudian produk dilepaskan dari permukaan melalui proses desorpsi.

Katalis heterogen juga dibagi menjadi dua yaitu katalis homogen asam dan basa. Contoh katalis heterogen asam adalah karbon aktif diimpregnasi asam sulfat, sedangkan katalis heterogen basa adalah kalsium oksida, karbon aktif yang diimpregnasi CaO, karbon aktif yang diimpregnasi KOH, karbon aktif yang diimpregnasi NaOH.

3. Biokatalis

Biokatalis merupakan katalis ada pada makhluk hidup, seperti enzim, proses biokatalitik dalam sel dan *immobilized* enzim. Kelebihan dari katalis ini adalah aktivitas dan selektivitas yang tinggi dan juga mudah dipisahkan, namun katalis ini sulit disintesis dan harganya mahal. Contoh biokatalis yang digunakan adalah enzim lipase.

2.3 Cangkang Biji Karet

Cangkang biji karet adalah hasil pemisahan biji karet. Biji karet memiliki berat kisaran 3-5 gram, yang terdiri dari 40-50% kulit atau cangkang yang keras dan 50-60% daging atau kernel yang berwarna putih (Julia, 2020). Perkebunan karet akan menghasilkan cangkang serta biji karet yang sangat banyak, oleh karena itu diperlukan alternatif pemanfaatan cangkang dan kernel biji karet sehingga menjadi lebih bernilai. Salah satu pemanfaatan cangkang biji karet adalah dengan dijadikan karbon aktif. Kandungan selulosa dan lignin dalam cangkang biji karet sangat tinggi, sehingga sangat baik dimanfaatkan sebagai sumber karbon / karbon aktif. Komposisi kimia yang terdapat didalam cangkang biji karet dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Cangkang Biji Karet

Komponen Penyusun	Persentase (%)
Selulosa	48,64
Lignin	33,54
Pentosa	16,81
Kadar Abu	1,25

Sumber: (Fauzah, 2017)

Berdasarkan hasil penelitian Borhan dan Kamil (2012), cangkang biji karet yang diolah menjadi karbon aktif dengan diaktivasi KOH 10% terbukti memiliki luas permukaan yang besar mencapai 1200 m²/gr. Dengan luas permukaan yang besar, karbon aktif dari cangkang biji karet sangat potensial digunakan sebagai bagian dari katalis untuk pembuatan biodiesel.

2.4 Katalis Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan karbon yang mempunyai rumus kimia C dan berbentuk amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung

karbon atau dari karbon yang diberi perlakuan khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas (Hartini, 2014).

Umumnya karbon aktif berbentuk granular (butiran) dan serbuk. Karbon aktif berbentuk serbuk halus memiliki distribusi ukuran partikel 5-10 mikrometer, sedangkan karbon aktif berbentuk granular memiliki ukuran 0,8-1,2 mm. Porositas karbon aktif terbentuk saat proses karbonisasi. Pada karbon aktif terdapat 3 ukuran pori, yaitu mikropori (kurang dari 2 nm), mesopori (2 nm sampai 50 nm) dan makropori (lebih dari 50 nm).

Karbon aktif dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kegunaan Karbon Aktif

No.	Bidang	Kegunaan
1	Industri obat	Bahan penyaring dan penghilang warna. Bau serta rasa yang tidak dikehendaki
2	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah
3	Pembersih air	Penyulingan warna, bau dan penghilangan resin
4	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut
5	Pemurnian gas	Menghilangkan sulfur, gas beracun, bau busuk asap
6	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkut vinil klorida, vinil asetat
7	Pengolahan pupuk	Pemurnian dan penghilangan bau

Karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon, baik yang organik maupun anorganik dengan syarat bahan tersebut mempunyai struktur berpori (Kurnianti, 2019). Pembuatan karbon aktif diawali proses dehidrasi yang berfungsi untuk menghilangkan kadar air, karbonisasi berfungsi untuk memecah bahan organik menjadi karbon berpori lemah dan dilanjutkan dengan proses aktivasi material karbon untuk meningkatkan luas permukaan (porositas) dan volume pori pori karbon (Hartini, 2014).

Karbon aktif dapat dibuat melalui aktivasi langsung prekursor mentah kering atau melalui proses dua tahap termasuk karbonisasi awal dan kemudian aktivasi. Metode aktivasi pembuatan karbon aktif dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara fisik dan secara kimia.

1. Aktivasi fisik

Aktivasi fisik adalah proses dua langkah yang melibatkan proses karbonisasi (pirolisis) dalam atmosfer netral dan kemudian aktivasi dalam gas pengoksidasi atmosfer seperti uap, karbon dioksida, karbon dioksida dan campuran nitrogen atau udara dengan meningkatnya suhu dalam kisaran 800-1100°C. Metode ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan karbon aktif berpori struktur dan kekuatan fisik yang baik, yang merupakan metode murah untuk preparasi karbon aktif dan dianggap sebagai pendekatan hijau karena bebas bahan kimia. Namun, dalam proses aktivasi fisik karbon aktif, waktu aktivasi yang lama dan kapasitas adsorpsi karbon aktif yang rendah serta konsumsi energi yang tinggi merupakan kelemahan utama.

2. Aktivasi kimia

Aktivasi kimia juga dikenal sebagai oksidasi basah, biasanya digunakan untuk bahan baku yang mengandung selulosa, seperti kayu, serbuk gergaji atau lubang buah. Proses aktivasi kimia untuk pembuatan karbon aktif yaitu bahan mentah pada tahap pertama dijenuhkan dengan bahan kimia. Selanjutnya, suspensi dikeringkan dan campuran yang tersisa dipanaskan selama waktu tertentu. Tergantung pada bahan pengaktif dan sifat-sifat produk akhir, aktivasi dapat berlangsung pada suhu berkisar antara 400 hingga 900°C, dimana selulosa terdegradasi. Akhirnya, karbon aktif diperoleh dari pencucian berulang dari campuran yang dihasilkan. Bahan pengaktif ini merendam ke dalam struktur karbon menyebabkan pengembangan pori-pori kecil pada karbon aktif, sehingga meningkatkan luas permukaannya. Tidak seperti aktivasi fisik, karbonisasi dan aktivasi kimia terjadi secara bersamaan sehingga, berbeda dengan aktivasi fisik di mana proses karbonisasi dan aktivasi biasanya dilakukan dalam dua *furnace* yang berbeda, aktivasi kimia dapat dilakukan dalam satu *furnace*. Bahan kimia utama yang telah digunakan sebagai bahan pengaktif adalah gugus basa seperti kalium hidroksida (KOH), natrium hidroksida (NaOH), kalsium klorida (CaCl₂) dan kalium karbonat (K₂CO₃), gugus asam seperti asam fosfat (H₃PO₄) dan sulfat asam (H₂SO₄), garam logam antara seperti ZnCl₂ dan agek aktivasi lainnya.

Luas permukaan yang besar yang ada pada karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai *support* katalis, khususnya pada reaksi transesterifikasi pembuatan

biodiesel (Ginting dkk., 2017). Syarat untuk menjadi penyangga katalis yang baik, karbon aktif harus mempunyai luas permukaan 500-1000 m²/gram (Richardson, 1989). Kualitas karbon aktif mengacu pada SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif teknis. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku karbon aktif adalah cangkang biji karet.

Karbon aktif cangkang biji karet tidak dapat digunakan secara langsung sebagai katalis karena tidak memiliki sisi aktif, sehingga diperlukan preparasi karbon aktif menjadi suatu katalis dengan metode impregnasi. Impregnasi adalah proses penjenahan zat yang dilakukan dengan mengisi pori-pori *support* katalis dengan larutan prekursor yang mengandung sisi aktif melalui proses adsorpsi. Impregnasi dilakukan dengan cara merendam *support* kedalam larutan yang mempunyai logam aktif. *Support* berfungsi sebagai penyedia permukaan yang luas agar lebih mudah menebarkan situs aktif, sehingga permukaan kontakannya lebih luas dan efisien (Zamhari dkk., 2021). Proses penjenahan pada logam anorganik umumnya menggunakan pelarut berupa air, karena kelarutannya yang tinggi, sedangkan logam organik umumnya menggunakan pelarut organik (Munnik dkk., 2015).

Metode impregnasi dibagi menjadi dua metode yaitu impregnasi basah dan impregnasi kering. Impregnasi basah dilakukan dimana jumlah larutan berlebih digunakan untuk mengisi volume *support* yang digunakan. Impregnasi kering dilakukan dengan mempertahankan karakter kering dari *support* dan juga fasa aktif katalis (Munnik dkk., 2015).

Impregnasi basah dilakukan dengan mencampurkan penyangga dengan larutan prekursor yang mengandung senyawa logam, setelah itu dikeringkan. Tujuan pengeringan adalah untuk menghilangkan sisa air. Selanjutnya, dikalsinasi bertujuan untuk mendekomposisi logam menjadi oksida logam dan meningkatkan stabilitas katalis terhadap perubahan temperatur.

2.5 Minyak Jelantah

Minyak jelantah atau minyak kelapa sawit bekas penggorengan adalah minyak yang digunakan lebih dari sekali dalam penggorengan, sehingga menyebabkan kerusakan pada minyak goreng mulai dari warna, bau dan sifat kimianya (Megawati

dkk., 2022). Perubahan sifat ini dikarenakan pada saat penggorengan, ikatan asam lemak tak jenuh akan putus membentuk asam lemak jenuh, semakin lama minyak digunakan dalam penggorengan semakin banyak lemak jenuh yang terbentuk dalam minyak jelantah. Perbedaan karakteristik minyak jelantah dan biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Perbedaan Minyak Jelantah dan Biodiesel

	Minyak Jelantah	Biodiesel
Densitas	0,9024	0,850-0,890
Viskositas	39,74-56,04	2,3-6
Titik Nyala	198-290	Min 100
Angka Setana	-	Min 51

Sumber: Alias dkk., 2018; Badan Standardisasi Nasional, 2015; Yusof dkk., 2021

Kualitas minyak goreng ditentukan oleh kadar asam lemak bebas (ALB) yang terkandungnya. Asam lemak bebas (ALB) atau *free fatty acid* (FFA) adalah asam lemak yang berada sebagai asam bebas yang tidak terikat sebagai trigliserida (Megawati dkk., 2022). Semakin sering minyak digunakan dalam proses penggorengan maka semakin tinggi kandungan dari asam lemak bebas pada minyak tersebut. Asam Lemak Bebas yang tinggi dapat berpengaruh terhadap proses transesterifikasi menggunakan katalis basa.