

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Katalis Berpengemban Karbon Aktif

2.1.I. Katalis

Katalis merupakan zat yang mampu meningkatkan laju suatu reaksi kimia agar reaksi tersebut dapat berjalan lebih cepat, dalam suatu reaksi sebenarnya katalis ikut terlibat, tetapi pada akhir reaksi terbentuk kembali seperti bentuknya semula. Dengan demikian, katalis tidak memberikan tambahan energi pada sistem dan secara termodinamika tidak dapat mempengaruhi keseimbangan [23].

Katalis merupakan zat yang mampu meningkatkan laju suatu reaksi kimia agar reaksi tersebut dapat berjalan lebih cepat. Dalam suatu reaksi sebenarnya katalis ikut terlibat, tetapi pada akhir reaksi terbentuk kembali seperti bentuknya semula. Dengan demikian, katalis tidak memberikan tambahan energi pada sistem dan secara termodinamika tidak dapat mempengaruhi keseimbangan. Katalis mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi [24]. Penurunan energi aktivasi tersebut terjadi sebagai akibat dari interaksi antara katalis dan reaktan [24].

Katalis menyediakan situs-situs aktif yang berperan dalam proses reaksi. Situs-situs aktif ini dapat berasal dari logam-logam yang terdeposit pada pengemban atau dapat pula berasal dari pengemban sendiri. Logam-logam tersebut umumnya adalah logam-logam transisi yang menyediakan orbital d kosong atau elektron tunggal yang akan disumbangkan pada molekul reaktan sehingga terbentuk ikatan baru dengan kekuatan ikatan tertentu [25]. Secara umum katalis mempunyai 2 fungsi yaitu mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas dan meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas.

Umumnya kenaikan konsentrasi katalis yang digunakan dalam reaksi akan menaikkan kecepatan reaksi. Peranan katalis dalam suatu reaksi yang digunakan dalam suatu reaksi memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat dibandingkan reaksi tanpa penggunaan katalis dikarenakan:

- a. Katalis berperan dalam membuat mekanisme reaksi alternatif yang memiliki energi aktivasi yang lebih rendah.
- b. Katalis berperan dalam memperbesar kemungkinan terjadinya tumbukan antara molekul reaktan, dikarenakan adanya proses adsorpsi reaktan pada sisi aktif.

Reaksi katalitik secara umum dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu reaksi katalitik homogen dan reaksi katalitik heterogen [26]. Katalis yang berada pada fase yang sama (liquid) dengan reaktan disebut sebagai katalis homogen, sedangkan katalis yang berada pada fase yang berbedadengan reaktannya (dapat berupa padatan, cairan yang tidak dapat bercampur ataupun gas) disebut sebagai katalis heterogen [26]. Walaupun banyak keuntungan dari katalis homogen, kekurangannya adalah pada proses pemisahan dari campuran terkadang juga menghambat penggunaannya dalam industri.

Sebagian besar industri kimia menggunakan katalis heterogen. Keuntungan pemakaian katalis heterogen (berupa padatan) adalah jenis katalisnya banyak, mudah dimodifikasi dan dapat diregenerasi pada suhu pemisahan serta dapat digunakan untuk mereaksikan senyawa yang peka terhadap suasana asam dan tidak merusak warna hasil reaksi. Kelebihan utama katalis heterogen adalah kemudahannya dipisahkan dari hasil reaksi. Untuk menilai baik tidaknya suatu katalis, menurut Nurhayati, 2008 ada beberapa parameter yang harus diperhatikan, antara lain sebagai berikut:

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.

2.1.2. Karbon Aktif



Gambar 2.1. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu material padat berpori yang dihasilkan dari bahan yang mengandung unsur karbon tinggi (*carbonaceous material*) melalui proses pembakaran tanpa oksigen (pirolisis) dengan atau tanpa aktivasi. Karbon aktif mempunyai porositas yang tinggi dan *internal surface area* yang besar. *Internal surface area* karbon aktif bernilai antara 300-2500 m²/gram [27].

Karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon, baik berasal dari tumbuh-tumbuhan, hewan, ataupun bahan tambang seperti berbagai jenis kayu, serbuk gergaji, sekam padi, tempurung kelapa, tulang/cangkang hewan, batubara dan lain-lain. Karbon aktif memiliki sifat yang baik sebagai penyangga katalis karena bersifat inert, permukaan yang dapat dimodifikasi dan memiliki pori yang besar [28].

Adapun syarat mutu karbon aktif yang dibutuhkan dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Syarat Mutu Karbon Aktif (SNI. 06-3730-1995)				
No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Max 15	Max 25
2.	Kadar air	%	Max 4,5	Max 15
3.	Kadar abu	%	Max 2,5	Max 10
4.	Bagian yang tidak mengarang		Tidak ternyata	Tidak ternyata
5.	Daya serap terhadap larutan I ₂	mg/gram	Min 750	Min 750
6.	Karbon aktif murni	%	Min 80	Min 65

2.1.3. Tempurung Kelapa



Gambar 2.2. Tempurung Kelapa

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai macam bahan dasar selama bahan dasar tersebut mengandung karbon. Salah satu bahan dasar yang bisa digunakan sebagai karbon aktif adalah tempurung kelapa. Tempurung kelapa mengandung material lignoselulosis. Tempurung kelapa terdiri dari 62% selulosa dan hemiselulosa yang merupakan polimer linear dari glukosa serta mengandung 35% lignin yang merupakan polimer 3 dimensi dari alkohol aromatik. Sementara itu sisa kandungan tempurung kelapa 3% merupakan zat intraselular [12].

Tempurung kelapa memiliki beberapa alasan untuk digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif antara lain karena kandungan karbonnya yang sangat banyak serta kemudahan bahan tersebut untuk didapatkan secara komersial sehingga sering disebutkan bahwa tempurung kelapa merupakan bahan dasar yang paling cocok untuk dijadikan sebagai karbon aktif.

2.1.4. Sintesis Katalis dengan Metode Impregnasi

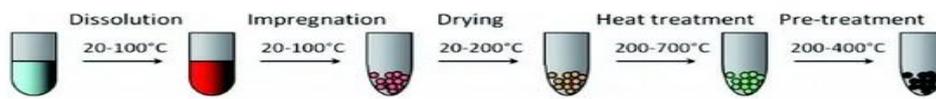
Impregnasi merupakan proses penjenuhan zat tertentu secara total. Penjenuhan ini dilakukan dengan mengisi pori-pori penyangga dengan larutan logam aktif melalui adsorpsi logam, yaitu dengan merendam support dalam larutan yang mengandung logam aktif. Dalam hal ini, penyangga memiliki fungsi sebagai penyedia permukaan yang luas agar lebih mudah menebarkan situs aktif, sehingga permukaan kontakannya lebih luas dan efisien. Impregnasi dilakukan jika pada support tidak terdapat anion atau kation yang dapat dipertukarkan dengan fasa aktif [29].

Secara umum cara impregnasi dibagi menjadi 2 macam, yaitu impregnasi secara langsung (ko-impregnasi) dan impregnasi bertahap (sekuensial impregnasi)

[29]. Impregnasi langsung adalah proses pemasukan larutan logam fasa aktif dan dari promotor bersama dalam pori support dengan cara pencampuran dan pengadukan secara bersamaan, sedangkan untuk impregnasi bertahap (sekuensial impregnasi) proses impregnasi fasa aktif dan promotor dilakukan secara terpisah. Pada umumnya, dilakukan impregnasi promotor terlebih dahulu lalu dilanjutkan dengan fasa aktif dengan pengadukan secara berurutan [30].

Mekanisme impregnasi melalui beberapa tahapan penting, antara lain:

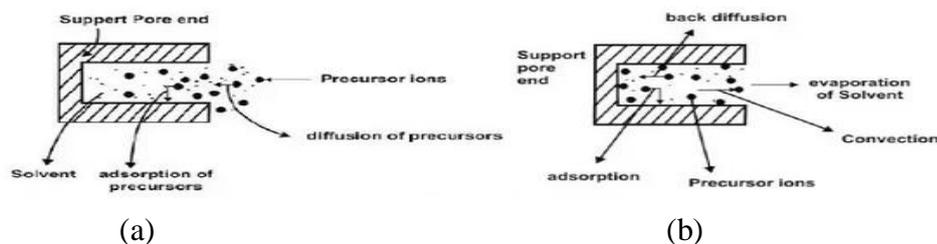
- Kontak support dengan prekursor fasa aktif dalam jangka waktu tertentu
- Proses pengeringan support
- Aktivasi katalis dengan kalsinasi, reduksi atau perlakuan yang lain yang sesuai



Gambar 2.3. Proses Sintesis Katalis Melalui Metode Impregnasi

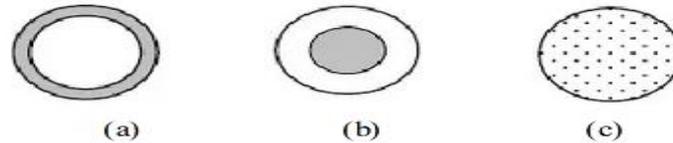
Suatu katalis disintesis melalui metode impregnasi umumnya menggunakan senyawa yang dapat terlarut didalam air seperti garam-garam logam sulfat, karbonat, klorida, nitrat dan asetat ataupun dapat berupakan logam kompleks seperti logam asetilasetonat. Garam-garam ini umumnya dilarutkan dalam pelarut air, dikarenakan kelarutan yang tinggi untuk banyak prekursor.

Impregnasi logam kedalam support dilakukan dengan penambahan senyawa support kedalam larutan dan dilakukan pengadukan dengan pemanasan dibawah titik didih pelarut yang digunakan hingga terbentuk bubur (slurry) dengan variasi waktu dimana semakin lama waktu pencampuran diharapkan semakin banyak logam yang mengisi pori-pori support (Gambar 2a) [30].



Gambar 2.4. Tahapan Impregnasi Fasa Aktif Pada Support
(a) Difusi prekursor pada pori, (b) Setelah proses pengeringan

Distribusi prekursor pada pori support tergantung pada beberapa faktor, seperti kondisi pada saat difusi dan pengeringan yang menyebabkan tiga jenis distribusi seperti yang terlihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar 2.5. Bentuk distribusi prekursor pada variasi kondisi impregnasi dan pengeringan (a) Egg shell, (b) Egg yolk, (c) Uniform

Distribusi “Egg shell” berupa penumpukan prekursor pada dinding pori, distribusi ini diperoleh jika proses prekursor sangat diserap oleh dinding pori dan viskositas yang tinggi dari prekursor. Pada distribusi “Egg yolk” terjadi distribusi prekursor pada inti pori yang dikarenakan adanya interaksi kuat dengan dinding pori dari support. Sedangkan distribusi “Uniform” menunjukkan prekursor tersebar merata diseluruh pori yang disebabkan lemah dan lamanya adsorpsi prekursor, biasanya pengeringan terjadi pada suhu ruang [31].

2.1.5. Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium hidroksida merupakan senyawa anorganik dengan rumus kimia KOH. Katalis basa homogen seperti NaOH (natrium hidroksida) dan KOH (kalium hidroksida) merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan biodisel karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Akan tetapi, katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan [32].

Katalis basa KOH memiliki sifat fisika dan kimia. KOH dapat dimodifikasi menjadi katalis heterogen dengan impregnasi pada penyangga karbon karena KOH mengandung garam logam basa kuat yaitu K, ketika diimpregnasi garam logam akan terdifusi ke dalam pori penyangga katalis. Preparasi katalis basa yang disangga karbon aktif dapat dilakukan dengan tiga tahapan yaitu: kalsinasi,

impregnasi basa dan aktivasi. Logam K memiliki jari-jari atom 203 pm (1 pm = 10^{-12} m) dan jari-jari ionik 138 pm [33].

Tabel 2.2 Sifat Fisika dan Sifat Kimia Kalium Hidroksida

Sifat Kimia	Sifat Fisika
Merupakan padatan	Bersifat korosif
Berwarna putih	Secara cepat menyerap air di udara
Tidak berbau	Stabil pada suhu dan tekanan standar
Massa molar 56,11 g/cm ³	Bereaksi hebat dengan air
Titik didih 1320°C	Tidak dapat terbakar

2.2. Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester [34]. Biodiesel mudah digunakan, bersifat *biodegradable*, tidak beracun, dan bebas dari sulfur dan senyawa aromatik. Selain itu biodiesel mempunyai nilai *flash point* (titik nyala) yang lebih tinggi dari petroleum diesel sehingga lebih aman jika disimpan dan digunakan.

Biodiesel juga merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh hujan asam (*rain acid*) [35]. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (*renewable*), dengan komposisi ester asam lemak dari minyak nabati antara lain : minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak, minyak biji kapuk, dan masih ada beberapa tumbuhan lain lagi di indonesia yang berpotensi untuk dijadikan biodiesel [36].

Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk Biodiesel dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015 yang sudah merevisi SNI 04-7182-2006 dan SNI 7182:2012 - Biodiesel. Adapun syarat mutu biodiesel tersebut dapat dilihat dari **Tabel 2.3** berikut:

Tabel 2.3. Syarat mutu biodisel Menurut SNI 7182:2015

No.	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode Uji Alternatif
1.	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
2.	Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /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) Residu karbon		Nomor 1	ASTM D 130
7.	- Dalam per contoh asli, atau	% -massa, maks	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, maks	100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266 atau ASTM D 4294 atau ASTM D 2622
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 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	
17.	Angka iodium	% -massa (gI ₂ /100g), maks	115	AOCS Cd 1-25
18.	Kadar monogliserida	% -massa, maks	0,8	ASTM D 6584
19.	Kestabilan oksidasi			
	- Periode induksi metode rancimat, atau	Menit	360	EN 15751
- Periode induksi metode petro oksi	27		ASTM D 7545	

Sumber : SNI Biodisel –[BTBRD]-BPPT

2.3. Minyak Jelantah

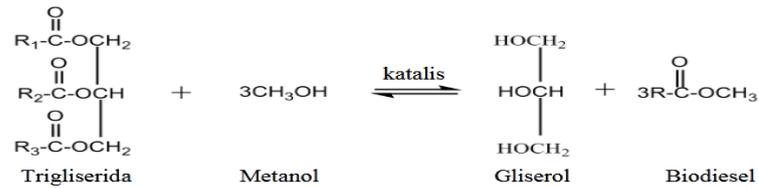
Minyak jelantah (*free palm oil*) merupakan limbah dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah secara terus-menerus dapat menjadi gangguan bagi kesehatan manusia, dapat menimbulkan penyakit kanker. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan [37].

Salah satu bentuk pemanfaatan minyak jelantah agar dapat bermanfaat dari berbagai macam aspek ialah dengan mengubahnya secara proses kimia menjadi biodiesel. Hal ini dapat dilakukan karena minyak jelantah juga merupakan minyak nabati, turunan dari CPO (*crude palm oil*). Adapun pembuatan biodiesel dari minyak jelantah ini menggunakan reaksi transesterifikasi seperti pembuatan biodiesel pada umumnya pretreatment untuk menurunkan angka asam pada minyak jelantah. Pemanfaatan minyak goreng bekas untuk pembuatan biodiesel akan memberikan beberapa keuntungan diantaranya dapat mereduksi limbah rumah tangga atau industri makanan dan mereduksi biaya produksi biodiesel sehingga harganya lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan minyak nabati

2.4. Reaksi Transesterifikasi

Proses produksi biodiesel umumnya melalui reaksi transesterifikasi senyawa trigliserida yang terkandung di dalam minyak atau lemak. Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak atau lemak agar dapat memenuhi spesifikasi sebagai bahan bakar. Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam-asam lemak ke dalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkil ester. Proses tersebut dikenal sebagai proses alkoholisis. Proses alkoholisis ini merupakan reaksi biasanya berjalan lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalis [38]. Selain itu transesterifikasi didefinisikan sebagai reaksi pembentukan metil atau etil ester dengan mereaksikan komponen minyak yaitu

trigliserida dengan alkohol (metanol atau etanol) dibantu dengan katalis basa atau asam. Reaksi transesterifikasi ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters*/FAME) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Biasanya pada reaksi ini digunakan katalis untuk meningkatkan laju reaksi dan jumlah yield produk. Karena reaksi ini adalah reaksi reversible, maka digunakan alkohol berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk [38].

2.5. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Proses Pembuatan Biodiesel

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi jalannya reaksi pembuatan biodiesel. Faktor tersebut dapat berasal dari kandungan dalam bahan baku dan dari mekanisme prosedur reaksi. Adapun faktor-faktor tersebut yaitu:

1. Kandungan air dan asam lemak bebas bahan baku

Besarnya kandungan air yang ikut dalam reaksi pembuatan biodiesel akan mempengaruhi performa katalis, sebab katalis akan bereaksi dengan air. Akibatnya jumlah katalis untuk reaksi pembuatan biodiesel menjadi berkurang. Sementara, banyaknya kandungan asam lemak bebas akan menentukan tahapan reaksi pembuatan biodiesel, di mana kandungan asam lemak bebas yang tinggi perlu melalui tahap reaksi esterifikasi sebelum digunakan pada reaksi transesterifikasi.

2. Rasio bahan baku dengan metanol

Rasio metanol dengan bahan baku atau trigliserida yang semakin besar umumnya akan meningkatkan laju reaksi sampai batas tertentu. Hal ini disebabkan metanol cepat menjadi ion metoksi kemudian bereaksi dengan trigliserida membentuk metil ester.

3. Temperatur

Reaksi transesterifikasi dapat berlangsung pada temperatur ruang sedangkan reaksi esterifikasi membutuhkan temperatur tinggi. Temperatur tinggi akan mempercepat laju reaksi.

4. Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan akan turut mempengaruhi jalannya reaksi pembentukan biodiesel. Menurut Herry Santoso, 2013 yang meneliti kecepatan pengadukan pada pembuatan biodiesel dari minyak sawit, meningkatnya kecepatan pengadukan akan meningkatkan konversi reaksi.

5. Katalis

Katalis digunakan untuk mempercepat jalannya reaksi. Pada reaksi esterifikasi, katalis yang biasanya digunakan adalah asam kuat misalnya asam sulfat. Sebaliknya pada reaksi transesterifikasi, katalis yang biasanya digunakan adalah basa kuat misalnya Kalium Hidroksida.

6. Waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi, maka konversi akan semakin besar. Hal ini disebabkan waktu yang panjang memungkinkan molekul reaktan saling bertumbukkan. Akan tetapi, waktu reaksi yang terlalu lama juga dapat menyebabkan berkurangnya konversi karena reaksi balik (*reversible*)

