

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Serbuk Gergaji Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd.)

Limbah kayu akasia berupa limbah potongan log serta paling dominan adalah limbah dalam bentuk serbuk gergajian. Sampai saat ini pemanfaatan limbah tersebut belum optimal (Sutapa, 2013). Umumnya, pada industri pengolahan kayu terutama industri penggergajian memiliki kendala dalam hal peningkatan rendemen kayu olahan dan meminimalisir produksi limbah kayu. Rendemen kayu gergajian di Indonesia rata-rata masih rendah yaitu berkisar antara 50-60%, dengan jumlah limbah kayu gergajian berupa serbuk gergajian kayu sebesar 15-20% (Sudrajat dan Pari, 2011).

Pohon akasia memiliki kayu yang berwarna coklat pucat sampai coklat tua dengan tinggi bebas cabang hingga 30 meter. Porsi tinggi batang bebas cabang dapat lebih dari setengah tinggi pohon, bentuk batang silindris pada batang bawah dan diameter jarang lebih dari 50 cm, Permukaan kulit kasar dan beralur, berwarna abu-abu atau coklat. Kayu akasia berpori soliter dan berganda radial 2-3 pori, parenkim tipe selubung, kadang-kadang berbentuk sayap pada pori berukuran kecil, jari-jari sempit, pendek dan agak jarang (Jeker, 2011).



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 1. Serbuk Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd.)

Menurut penelitian Danish (2013) Kayu akasia mengandung karbon 51,75% dan oksigen 48,25% dan setelah dikarbonisasi dan diaktivasi menjadi karbon aktif kandungan karbon meningkat menjadi 84,37% dan kandungan oksigen menurun

menjadi 15,63% dan memiliki luas permukaan sebesar 395,9 m²/g dengan pengukuran menggunakan BET. Kayu akasia dapat digunakan untuk *pulp*, kertas, papan partikel, krat dan kepingan-kepingan kayu. Selain itu juga berpotensi untuk kayu gergajian, *molding*, mebel. Karena memiliki nilai kalori sebesar 4.800–4.900 kkal/kg, dapat digunakan untuk kayu bakar dan arang. (Krisnawati, 2011).

Kayu akasia memiliki kandungan biomassa yang tinggi, sehingga sangat potensial untuk digunakan sebagai karbon aktif. Kandungan biomassa pada kayu akasia berdasarkan penelitian ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Dugaan Biomassa (t/ha) *Acacia mangium* pada Berbagai Umur

Lokasi	Umur (tahun)	Batang	Cabang + Ranting	Kulit
Toman, Sumsel	2	20,85	14,73	4,02
Suban jeriji, Sumsel	2,5	27,1	10,4	A
Baserah, Riau	3	85,2	22,3	11,9
Maribaya, Jabar	3	13,9	2,4	A
Baserah, Riau	5	123,6	14,0	12,0
Sodong, Sumsel	5,5	82,1	23,8	A
Baserah, Riau	7	106,9	26,3	11,9
Toman, Sumsel	8,5	112,0	17,5	A
Suban jeriji, Sumsel	9	124,7	46,6	14,2
Maribaya, Jabar	10	71,9	10,3	A
Sodong, Sumsel	10	162,2	56,4	17,7

Sumber : Krisnawati, 2011

2.2. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif (Darmawan, 2008). Karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang ataupun bahan tambang. Bahan-bahan tersebut antara lain berbagai jenis kayu, serbuk gergaji, sekam padi, tempurung kelapa, tulang/cangkang binatang, batubara dan lain-lain. Karbon aktif dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Sumber : Dejean, 2015

Gambar 2. Karbon Aktif

Bahan karbon telah sering digunakan sebagai penyangga katalis. Karbon aktif telah sering digunakan pada beberapa proses katalitik heterogen. Karbon aktif memiliki sifat yang baik sebagai penyangga karena bersifat *inert*, permukaan yang dapat dimodifikasi dan memiliki pori yang sangat besar (Lazaro, 2015). Dari beberapa penyangga katalis heterogen, karbon aktif memiliki banyak keuntungan antara lain ketersediaannya yang mudah, dimana sebagian besar adalah limbah pertanian/perkebunan, biaya yang murah dan stabilitasnya pada temperatur rendah (Dejean, 2017). Berikut merupakan syarat mutu karbon aktif pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Syarat Mutu Karbon Aktif SNI 06-3730-1995

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1	Bagian yang hilang pada %pemanasan 950°C	%	Maks 15	Maks 25
2	Kadar Air	%	Maks 4,5	Maks 15
3	Kadar Abu	%	Maks 2,5	Maks 10
4	Daya Serap terhadap larutan I ₂	mg/gram	Min 750	Min 750
5	Karbon Aktif murni	%	Min 80	Min 65

Sumber : Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah LIPI, 1997

Sifat arang aktif yang paling penting adalah daya serap. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

a. Sifat Adsorben

Arang aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang

penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan arang aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosis arang aktif yang digunakan, juga diperhatikan. Untuk itu dapat digunakan persamaan : 6-eundkich, yaitu: $X/M = kCl/n$.

Persamaan ini menghubungkan kapasitas adsorpsi persatuan berat karbon (X/M) dengan konsentrasi serapan yang tersisa dalam larutan pada keadaan setimbang. Dalam hal ini, dilakukan percobaan terhadap sederetan sampel dengan menggunakan berat arang aktif yang berbeda, dimana waktu dan temperatur dibuat tetap untuk semua perlakuan.

b. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

c. Temperatur

Dalam pemakaian arang aktif dianjurkan untuk menyelidiki temperatur pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna atau dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

d. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut.

Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

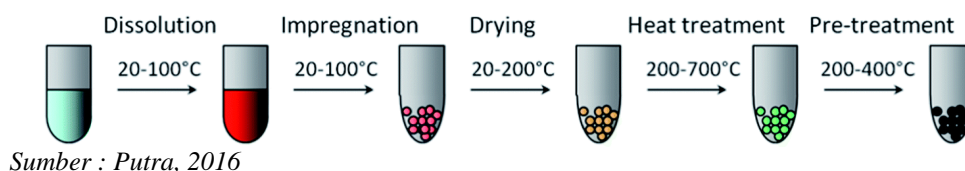
e. Waktu Singgung

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Seisin ditentukan oleh dosis arang aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama (Sembiring, 2003).

2.3. Sintesis Katalis dengan Metode Impregnasi

Impregnasi secara luas memiliki pengertian 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 fase aktif (Putra, 2016).

Prinsip impregnasi adalah memasukkan katalis logam secara paksa ke dalam rongga-rongga *support* dengan cara merendam *support* ke dalam prekursor logam aktif disertai dengan pengadukan dan pemanasan. Proses sintesis katalis melalui metode impregnasi dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



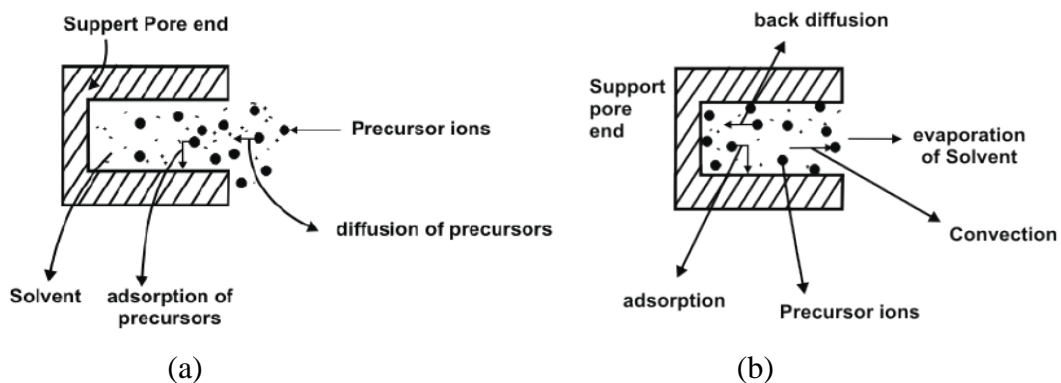
Gambar 3. Proses Sintesis Katalis Melalui Metode Impregnasi

Mekanisme impregnasi melalui beberapa tahapan penting, antara lain :

1. Kontak *support* dengan prekursor fase aktif dalam jangka waktu tertentu.

2. Proses pengeringan *support*.
3. Aktivasi katalis dengan kalsinasi, reduksi atau perlakuan yang lain yang sesuai.

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* ke dalam 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* dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini (Putra, 2016).



Sumber : Munnik, 2015

Gambar 4. Gambaran Tahapan Impregnasi Fase Aktif pada *Support* (a) Difusi prekursor pada pori dan (b) Setelah proses pengeringan

2.3.1. Faktor Faktor yang Mempengaruhi Impregnasi pada Karbon Aktif

Suhu dan waktu pirolisis, perbandingan larutan impregnasi dan sifat dari bahan pengaktivasi mempengaruhi karakteristik dari karbon aktif yang dihasilkan melalui aktivasi kimia, meliputi banyaknya karbon dihasilkan, luas permukaan spesifik dan sisi aktif karbon (Dejean, 2017). Dalam proses impregnasi, faktor faktor yang mempengaruhi antara lain :

a. Rasio Impregnasi

Perbandingan impregnasi NaOH merupakan faktor yang mempengaruhi %natrium pada katalis. Rasio impregnasi NaOH yang semakin tinggi menyebabkan %natrium pada katalis juga semakin tinggi. Kenaikan perbandingan impregnasi dan perlakuan panas dapat menyebabkan destruksi struktur karbon dan meningkatkan massa karbon yang hilang ketika dibakar, kemungkinan terjadinya dekomposisi dari bahan awal, dispersi yang buruk, interaksi katalitik dari bahan aktif dengan penyangga yang lemah. Penelitian yang telah dilaporkan menggunakan rentang konsentrasi dari bahan pengaktivasi dari 10% sampai > 100% pada basis berat bahan penyangga (Dejean, 2017).

b. Waktu Impregnasi

Waktu impregnasi menandakan waktu kontak antara karbon aktif dengan larutan untuk menyerap suatu logam. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel arang aktif yang kontak dengan logam, hal ini menyebabkan semakin banyak logam yang terikat di dalam pori pori arang aktif. Telah diketahui bahwa lamanya waktu kontak atau waktu adsorpsi antara adsorbat dan adsorben sangat mempengaruhi proses adsorpsi itu sendiri (Dejean, 2017).

c. Suhu Karbonisasi

Rentang suhu karbonisasi yang memungkinkan berada pada 400°C sampai 900°C. Suhu yang lebih tinggi meningkatkan massa biomassa yang hilang. Massa yang hilang tidak terlalu signifikan pada suhu antara 500°C sampai 800°C. Karbonisasi dengan menggunakan rentang suhu ini menyebabkan biomassa dapat terkonversi menjadi karbon (Dejean, 2017).

2.4 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat suatu laju reaksi dan menurunkan energi aktivasi, namun zat tersebut tidak habis bereaksi. Secara luas katalis dianggap tidak ikut bereaksi dalam reaksi yang terjadi, tetapi sebenarnya secara mekanisme suatu reaksi katalis ikut terlibat dalam proses reaksi, namun dihasilkan kembali pada akhir reaksi tanpa bercampur dengan senyawa produk. Proses reaksi dengan menggunakan katalis dikenal dengan reaksi katalisis (Widjajanti, 2005).

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

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

Support katalis umumnya dipersiapkan dengan 2 tahapan :

1. Deposisi fase aktif katalis pada *support*.
2. Transformasi fase aktif katalis sebagai sisi aktif.

Katalis biasanya disusun oleh komponen-komponen yang dapat menunjang sifat dan fungsi katalitik yang diinginkan. Komponen tersebut antara lain:

1. *Support*

Merupakan komponen katalis berupa benda padat yang kuat. Sifat padatan yang dipertimbangkan dalam pemilihan *support* adalah kekuatan mekanik, kestabilan pada rentang kondisi reaksi, luas permukaan yang besar, porositas, harga tidak terlalu mahal, dan *inert*. Pemilihan *support* sangat penting dalam proses pembuatan katalis heterogen. *Support* akan menentukan luas permukaan, porositas, stabilitas, aktifitas dan selektifitas katalis. Contoh *support* yang paling banyak digunakan misalnya alumina, silika alumina, karbon, zeolit, dan lain-lain.

2. Promotor

Promotor merupakan komponen katalis, selektifitas atau kestabilan katalis. Promotor dibedakan menjadi promotor tekstual yang berfungsi sebagai penstabil dan promotor struktural yang mengarahkan terbentuknya struktur intermediet tertentu.

3. Fase Aktif

Fase aktif merupakan pengemban fungsi utama katalis yaitu mempercepat dan mengarahkan reaksi. Fase aktif merupakan logam-logam transisi yang memiliki orbital d kosong atau memiliki elektron tunggal yang akan

disumbangkan pada molekul reaktan sehingga membentuk ikatan baru. Pada umumnya fase aktif didispersikan pada *support* dan berjumlah maksimal 1% dari seluruh katalis yang ada (Lestari, 2012).

2.4.1 Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase yang sama dengan reaktan dan produk. Katalis homogen yang banyak digunakan adalah KOH dan NaOH dalam alkohol. Penggunaan katalis homogen mempunyai kelemahan, yaitu bersifat korosif, sulit dipisahkan dari produk dan katalis tidak dapat digunakan kembali. Keuntungan dari katalis homogen yaitu memiliki *yield* yang besar dan reaksi suhu yang rendah.

2.4.2 Katalis Basa Heterogen

Katalis basa heterogen merupakan suatu zat yang dapat mempercepat terjadinya suatu reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi, mempunyai sifat basa, dan fasa zatnya berbeda dengan fasa reaktannya. Katalis basa heterogen dapat mempercepat reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol membentuk ester dan gliserol. Jika menggunakan metanol maka ester yang dihasilkan dikenal dengan nama *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Reaksi ini digunakan secara luas untuk mengurangi viskositas trigliserida. Katalis heterogen antara lain CaO, MgO (Samik, 2011).

Saat ini banyak industri menggunakan katalis heterogen yang mempunyai banyak keuntungan dan sifatnya yang ramah lingkungan yaitu tidak bersifat korosif, mudah dipisahkan dari produk dengan cara filtrasi serta dapat digunakan berulang kali dalam jangka waktu yang lama (Widyastuti, 2007).

Penyiapan katalis basa yang disangga dengan karbon dapat dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu kalsinasi, *wet impregnation* dan aktivasi. Kalsinasi dipengaruhi oleh suhu sesuai dengan jenis bahan baku yang digunakan. Impregnasi basah adalah sebuah perlakuan kimia dengan berbagai variasi campuran logam aktif dalam larutan. Garam logam basa yang kuat dan senyawaan oksida yang dapat digunakan dalam impregnasi (perendaman) antara lain NaOH, KOH dan CaO. Ketika

diimpregnasi, garam logam akan terdifusi ke dalam pori katalis penyangga. Akibatnya, bahan yang telah selesai diimpregnasi harus dikalsinasi atau dilakukan aktivasi panas untuk menghilangkan kelembaban dan bahan volatil yang dapat menutup permukaan katalis. Aktivitas katalitik dengan katalis penyangga memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibanding dengan katalis yang tidak berpenyangga. (Kaban, 2017).

2.5 Instrumen Analisis Katalis

2.5.1. SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkar elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Ayu, 2013). Alat SEM (*Scanning Electron Microscope*) dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Sumber: Ayu, 2013

Gambar 5. Alat SEM (*Scanning Electron Microscope*)

2.5.2. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau spektroskopi infra merah merupakan suatu metode yang mengamati menganalisa komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, *coating* atau pelapisan, material semi konduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000 μm atau pada Bilangan Gelombang 13.000 – 10 cm^{-1} . Teknik spektroskopi infra merah terutama untuk mengetahui gugus fungsional suatu senyawa, juga untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan (Benny, 2012).

2.5.3. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

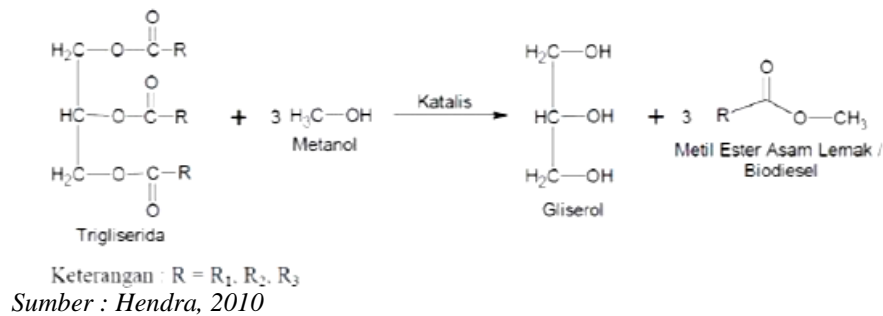
Spektrofotometri Serapan Atom merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektrofotometri adalah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog, 2000).

Pada alat SSA terdapat dua bagian utama yaitu sel atom yang menghasilkan atom-atom gas bebas dalam keadaan dasarnya dan suatu sistem optik untuk pengukuran sinyal.

2.6 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran monoalkil ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak nabati misalnya minyak sawit, minyak kelapa, minyak kemiri, minyak jarak pagar, dan minyak berbagai tumbuhan yang mengandung trigliserida. Biodiesel tergolong bahan bakar yang dapat diperbarui karena diproduksi dari hasil pertanian, antara lain jarak pagar (*Jatropha curcas*), kelapa sawit, kedelai, jagung, kapas, dan juga bisa dari lemak hewan. Penggunaan biodiesel cukup sederhana, dapat terurai (*biodegradable*), tidak beracun dan pada dasarnya bebas kandungan belerang (Hendra, 2010).

Pada prinsipnya, proses pembuatan biodiesel sangat sederhana. Biodiesel dihasilkan melalui proses yang disebut reaksi esterifikasi asam lemak bebas atau reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dengan bantuan katalis dan dari reaksi ini akan dihasilkan metil ester/etil ester asam lemak dan gliserol reaksi ditunjukkan pada Gambar 6 dibawah ini.



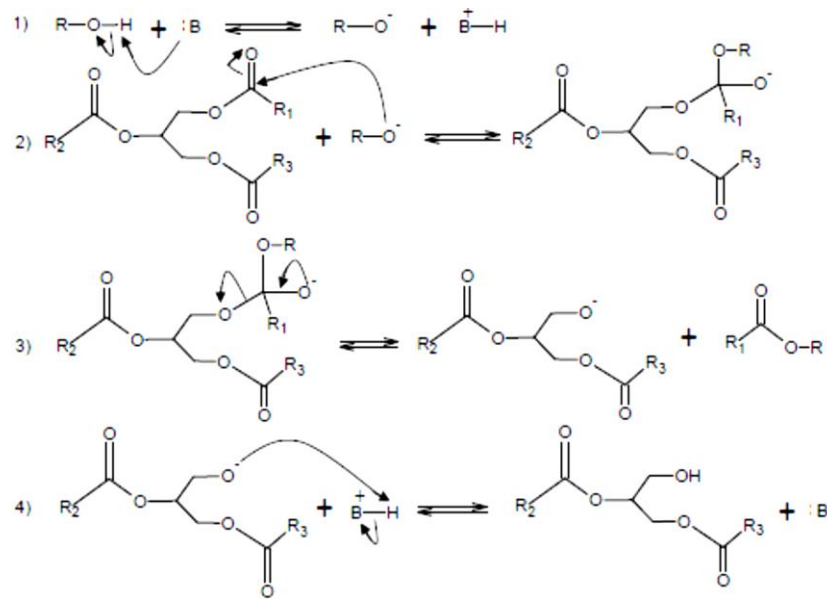
Gambar 6. Reaksi Transesterifikasi Minyak Nabati Menjadi Biodiesel

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi antara trigliserida dengan alkohol dan katalis membentuk metil ester asam lemak (FAME) dan gliserol sebagai produk samping. Transesterifikasi dengan katalis basa pada umumnya berlangsung lebih cepat dari pada katalis asam karena reaksi berangsung searah. Minyak tidak boleh mengandung air agar reaksi berjalan sempurna dengan katalis basa.

Proses yang terjadi selama transesterifikasi dengan katalis basa :

1. Abstraksi proton alkohol oleh katalis basa membentuk anion alkoksida.
2. Penyerangan gugus karbonil trigliserida oleh anion alkoksida membentuk zat antara tetrahedral.
3. Terjadi penataan ulang membentuk ion digliserida dan molekul alkil ester.
4. Ion digliserida tersebut kemudian bereaksi dengan basa terprotonasi membentuk digliserida dan katalis basa.

Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis basa ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Sumber : Hendra, 2010

Gambar 7. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi Dengan Katalis Basa

Tahapan reaksi ini berulang dua kali hingga membentuk gliserol dan alkil ester asam lemak. Kondisi proses produksi biodiesel dengan menggunakan katalis basa adalah :

1. Reaksi berlangsung pada temperatur dan tekanan yang rendah (150°F dan 20 psi).
2. Menghasilkan konversi yang tinggi (98%) dengan waktu reaksi dan terjadinya reaksi samping yang minimal.
3. Konversi langsung menjadi biodiesel tanpa tahap *intermediate*.
4. Tidak memerlukan konstruksi peralatan yang mahal.

2.6.1. Standar Mutu Biodiesel

Dari peraturan pengujian biodiesel tentang spesifikasi bahan bakar minyak dan gas dan standar pengujian SNI (Standar Nasional Indonesia) dapat dianalisa :

a. Angka Setana

Bilangan setana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang dapat diinjeksikan ke ruang bahan bakar agar terbakar secara spontan. Bilangan setana dari minyak diesel konvensional dipengaruhi oleh struktur hidrokarbon penyusun. Semakin rendah bilangan setana maka semakin rendah pula kualitas penyalan karena memerlukan. Suhu penyalan yang

lebih tinggi (Hendartono, 2005). Semakin tinggi angka setana, semakin cepat pembakaran semakin baik efisiensi termodinamisnya.

b. *Kinematic Viscosity*

Viskositas merupakan sifat intrinsik fluida yang menunjukkan resistensi fluida terhadap alirannya, karena gesekan di dalam bagian cairan yang berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain mempengaruhi pengatoman bahan bakar dengan injeksi kepada ruang pembakaran, akibatnya terbentuk pengendapan pada mesin. Viskositas yang tinggi atau fluida masih lebih kental akan mengakibatkan kecepatan aliran akan lebih lambat sehingga proses derajat atomisasi bahan bakar akan terlambat pada ruang bakar. Untuk mengatasi hal ini perlu dilakukan proses kimia yaitu transesterifikasi untuk menurunkan nilai viskositas minyak nabati itu sampai mendekati viskositas solar. Standar *Kinematik viscosity* dari biodiesel adalah sebesar 2,3 cSt sampai 6 cSt.

c. Massa Jenis (Densitas)

Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar. Kerapatan suatu fluida (ρ) dapat didefinisikan sebagai massa per satuan volume.

d. Nilai Kalor

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yg dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/oksigen.

e. Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala ketika bereaksi dengan udara. Bila nyala terus terjadi secara menerus maka suhu tersebut dinamakan titik bakar (*fire point*). Titik nyala yang terlampau tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan timbulnya denotasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar. Hal ini juga dapat meningkatkan resiko bahaya saat penyimpanan. Semakin tinggi

titik nyala dari suatu bahan bakar semakin aman penanganan dan penyimpanannya (Widyastuti, 2007)

f. Kadar Air (*Water Content*)

Pada negara yang mempunyai musim dingin kandungan air yang terkandung dalam bahan bakar dapat membentuk kristal yang dapat menyumbat aliran bahan bakar. Selain itu keberadaan air dapat menyebabkan korosi dan pertumbuhan mikroorganisme yang juga dapat menyumbat aliran bahan bakar. Sedimen dapat menyebabkan penyumbatan juga dan kerusakan mesin (Indartono, 2006).

g. Bilangan Iodine (*Number iodine*)

Angka iodine pada biodiesel menunjukkan tingkat ketidakjenuhan senyawa penyusun biodiesel, padahal disisi lain keberadaan senyawa tak jenuh meningkatkan performansi biodiesel pada temperatur rendah karena senyawa ini memiliki titik leleh (*melting point*) yang lebih rendah sehingga berkorelasi pada *cloud* dan *pour point* yang juga rendah. Pengaruh naiknya ketidakjenuhan metil ester dapat menyebabkan gas CO₂ bertambah besarnya derajat ketidakjenuhan berhubungan dengan bilangan iod. Semakin panjang rantai karbon semakin rendah emisi gas buang CO₂ dan semakin tinggi bilangan iodine semakin rendah emisi gas buang CO₂ yang dihasilkan (Indantono, 2006). Berikut persyaratan mutu biodiesel ester alkil menurut SNI 04-7182-2006 pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Persyaratan Mutu Biodiesel Ester Alkil Menurut SNI 04-7182-2006

Parameter	Satuan	Nilai
Massa Jenis pada 40°C	Kg/m ³	850-890
Viskositas Kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
Angka Setana		Min 51
Titik Nyala (Mangkok Tertutup)	°C	Min 100
Titik Kabut	°C	Min 18
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		Maks no 3
Residu		
• Dalam contoh asli, atau	%-massa	Maks 0,05
• Dalam 10% ampas distilasi		Maks 0,30
Air dan sedimen	%-vol	Maks 0,05*
Temperatur distilasi 90%	°C	Maks 360
Abu tersulfaktan	%-massa	Maks 0,02

Tabel 4. Persyaratan Mutu Biodiesel Ester Alkil Menurut SNI 04-7182-2006

Parameter	Satuan	Nilai
Belerang	Ppm-m (mg/kg)	Maks 100
Fosfor	Ppm-m (mg/kg)	Maks 10
Angka Asam	mg-NaOH/g	Maks 0,8
Gliserol bebas	%-massa	Maks 0,02
Gliserol Total	%-massa	Maks 0,24
Kadar ester alkil	%-massa	Min 96,5
Angka Iodium	%-massa	Maks 0,02
Uji Halphen		Negatif

Sumber : Julianti, 2009

2.6.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Biodiesel

Tahapan reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel selalu menginginkan agar didapatkan produk biodiesel dengan jumlah yang maksimum. Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan biodiesel adalah :

a. Pengaruh air dan asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air. Karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Katalis harus terhindar dari kontak dengan udara agar tidak mengalami reaksi dengan uap air dan karbon dioksida.

b. Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah

c. Pengaruh jenis alkohol

Pada rasio 6:1, metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol atau butanol.

d. Metanolisis *Crude* dan *Refined* Minyak Nabati

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati *refined*. Namun apabila produk metil ester akan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya dan disaring.

e. Pengaruh temperatur

Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30 – 65°C (titik didih methanol sekitar 65°C). Semakin tinggi temperatur, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat. (Junita, 2014)