

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biodiesel (Metil Ester)

Biodiesel merupakan bahan bakar mesin diesel yang berasal dari minyak yang bisa diperbaharui yaitu minyak nabati atau hewani. Biodiesel dapat bekerja pada mesin diesel konvensional, meskipun tanpa perlu ada modifikasi ataupun dengan penambahan konverter kit.

Biodiesel terdiri dari 11 persen oksigen dan tidak mengandung belerang, sehingga penggunaan biodiesel pada mesin diesel akan mengurangi hidrokarbon yang tak terbakar, karbon monoksida dan partikulat kasar seperti karbon dan debu. Selain itu dapat pula memperpanjang umur mesin karena lebih berpelumas dibanding petroleum diesel (Saputera, 2001).

Menurut Saiyuddin dan Chua (2004), biodiesel akan menjadi energi yang mempunyai prospek dan masa depan yang cerah karena ramah lingkungan, dapat didegradasi dan bebas sulfur. Bahan bakunya diperoleh dari sumber yang dapat diperbaharui, tidak menambah secara signifikan terhadap akumulasi gas rumah kaca selain itu bilangan setana biodiesel lebih tinggi dibanding dengan solar.

Uji yang dilakukan oleh Universitas Idaho menunjukkan bahwa larutan encer biodiesel terdegradasi 95 % setelah 28 hari sedangkan solar hanya mampu terdegradasi 40 % (Saputera, 2001).

Pada lingkungan akuatik biodiesel terdegradasi 85,5 - 88,5 persen sedangkan solar hanya mampu 26,24 persen. Hal ini menjadikan biodiesel

memungkinkan untuk beberapa kategori pada industri seperti rekreasi, niaga, patroli pantai atau pun riset. Selain aman dibawa dan disimpan seperti petrodiesel dalam berbagai rasio. Yang paling umum adalah campuran antara 20 % biodiesel dan 80 % petrodiesel atau yang lebih dikenal B20. Semakin besar komposisi biodiesel pada campuran dengan petrodiesel, semakin berkurang pula emisi gas yang dihasilkan.

2.2.Katalis

Katalis adalah suatu zat yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia dan zat tersebut tidak terlibat dalam reaksi secara permanen. Dengan demikian, pada akhir reaksi katalis tidak bergabung dengan senyawa produk reaksi. Entalpi reaksi dan faktor-faktor termodinamika lainnya merupakan fungsi sifat dasar dari reaktan dan produk, sehingga tidak dapat diubah dengan katalis. Dengan adanya katalis dapat mempengaruhi faktor-faktor kinetik suatu reaksi seperti laju reaksi, energi aktivasi, sifat dasar keadaan transisi dan lain-lain.

Berdasarkan fasanya, katalis dapat digolongkan menjadi katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen ialah katalis yang mempunyai fasa sama dengan fasa campuran reaksinya, sedangkan katalis heterogen adalah katalis yang berbeda dengan campuran reaksinya. Katalis heterogen kurang efektif dibandingkan katalis homogen karena heterogenitas permukaannya.

Dari aspek ekonomi, proses transesterifikasi tanpa katalis tampaknya sangat sulit karena ester yang akan dibakar dalam mesin diesel memerlukan input energi yang tinggi, waktu reaksi yang lama dan harga pasar yang rendah. Karena



itu, agar hasil esternya memuaskan, produksi biodiesel secara umum perlu menggunakan katalis.

Pada proses transesterifikasi dapat digunakan katalis asam, basa dan enzim. Katalis basa diantaranya sodium hidroksida, kalium hidroksida, sodium karbonat, potassium karbonat dan sodium metoksida. Asam sulfat dan asam hidroklorida biasanya dipakai sebagai katalis asam. Lipase juga bisa digunakan sebagai biokatalis (Hanna dan Ma, 1999).

Pada penelitian ini digunakan katalis basa natrium hidroksida (NaOH). Pada umumnya peneliti menggunakan 0,1 – 0,2 % NaOH (dari berat minyak) untuk produksi biodiesel. Kondisi proses produksi biodiesel dengan menggunakan katalis basa menghasilkan konversi yang tinggi dengan waktu reaksi dan terjadinya reaksi samping yang minimal, reaksi berlangsung pada temperatur dan tekanan yang rendah dan tidak memerlukan konstruksi peralatan yang mahal. Sedangkan penggunaan katalis asam berlangsung pada temperatur diatas 100⁰C dengan waktu relatif lama sekitar 3 – 48 jam (Haryanto, 2002).

Dalam pembuatan biodiesel, sebenarnya KOH lebih mudah digunakan dan waktu yang diperlukan 1,4 kali lebih cepat dibandingkan penggunaan NaOH. Produk samping yang dihasilkan yaitu pupuk potash tetapi NaOH lebih mudah didapatkan dan harganya lebih murah (Pelly, 2005).

2.3. Minyak Goreng

Minyak goreng adalah produk turunan minyak sawit. Minyak sawit merupakan minyak nabati yang diproduksi terbanyak nomor dua di dunia. Karena



kandungan asam lemak jenuhnya yang tinggi (hampir 50%), maka minyak sawit kadang-kadang dianggap sama dengan minyak hewan yang juga jenuh seperti mentega dan lard (lemak babi). Padahal studi-studi pada hewan percobaan dan juga manusia menunjukkan bahwa minyak sawit berbeda dengan lemak yang bersifat hiperkolesterolemik (meningkatkan kolesterol) seperti lard. Minyak sawit lebih tepat digolongkan sebagai minyak dengan kadar lemak jenuhnya hampir seimbang. Dari segi ekonomi minyak sawit adalah yang termurah karena Indonesia kaya akan perkebunan sawit.

Tabel 1. Komposisi asam lemak minyak kelapa sawit (Ketaren, 2005)

Asam lemak	Kadar (%)
Asam kaprilat	-
Asam kaproat	-
Asam laurat	-
Asam miristat	1,1 – 2,5
Asam palmitat	40 – 46
Asam stearat	3,6 – 4,7
Asam oleat	39 – 45
Asam linoleat	7 – 11

Zat warna dalam minyak terdiri dari 2 golongan yaitu: zat warna alamiah dan warna dari hasil degradasi zat warna alamiah didalam bahan yang mengandung minyak dan ikut tersekstrak bersama minyak pada proses ekstarksi. Zat warna terbuat antara lain terdiri dari λ dan β karoten, xantofil, dan

anthosyanin. Zat warna ini menyebabkan minyak berwarna kuning, kuning kecoklatan, kehijau-hijauan dan kemerah-merahan.

Pigmen yang merah jingga atau kuning disebabkan oleh karotenoid yang bersifat larut dalam minyak. Karotenoid merupakan persenyawaan hidrokarbon tak jenuh dan jika minyak dihidrogenasi, maka karoten juga ikut terhidrogenasi sehingga intensitas warna kulit kuning berkurang. Karotenoid bersifat tidak stabil pada suhu tinggi dan jika minyak dialiri uap panas maka warna kuning akan hilang (Kateran, 1986).

Minyak kelapa sawit digunakan sebagai minyak goreng. Minyak goreng merupakan salah satu dari sembilan bahan pokok yang dikonsumsi oleh seluruh lapisan masyarakat. Konsumsi minyak goreng biasanya digunakan sebagai media menggoreng bahan pangan, penambah cita rasa.

Minyak goreng yang baik memiliki sifat tahan panas, stabil pada cahaya matahari, tidak merusak cita rasa hasil gorengan. Produk yang dihasilkan menghasilkan tekstur dan rasa yang bagus, asapnya sedikit setelah digunakan berulang kali, serta menghasilkan warna keemasan pada produk.

Sebanyak 49% dari total permintaan minyak goreng adalah konsumsi rumah tangga dan sisanya untuk keperluan industri, seperti industri perhotelan, restoran yang pesat. Hal ini menyebabkan permintaan akan minyak goreng semakin meningkat sehingga dihasilkan minyak goreng bekas dalam jumlah yang cukup tinggi (Hidayat dkk, 2005).

2.3.1. Minyak goreng bekas

Selama penggorengan minyak goreng akan mengalami pemanasan pada suhu tinggi $\pm 170 - 180^\circ$ dalam waktu yang cukup lama. Hal ini akan menyebabkan terjadinya proses oksidasi, hidrolisis dan polimerisasi yang menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak seperti keton, aldehid dan polimer yang merugikan kesehatan manusia. Proses tersebut menyebabkan minyak mengalami kerusakan.

Kerusakan minyak mengakibatkan bau dan rasa tenggik, sedangkan kerusakan lain meliputi peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), perubahan indeks refraksi, angka peroksida, angka karbonil, timbulnya kekentalan minyak, terbentuknya busa dan adanya kotoran dari bumbu bahan yang digoreng. Semakin sering digunakan tingkat kerusakan minyak akan semakin tinggi. Penggunaan minyak berkali-kali akan mengakibatkan minyak menjadi cepat berasap atau berbusa dan meningkatkan warna coklat serta cita rasa yang tidak disukai pada bahan makanan yang digoreng.

2.3.2. Bahaya minyak goreng bekas

Minyak bukan hanya media transfer panas ke makanan, tetapi juga sebagai makanan. Selama penggorengan sebagian minyak akan teradsorpsi dan masuk kebagian luar minyak goreng dan mengisi ruang kosong yang semula diisi oleh air. Hasil penggorengan biasanya mengandung 5 – 40% minyak. Konsumsi minyak yang rusak dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti pengendapan lemak dalam pembuluh darah dan penurunan nilai cerna lemak.

Berdasarkan penelitian juga disebutkan kemungkinan adanya senyawa karsinogenik dalam minyak yang dipanaskan. Ini dibuktikan dari bahan pangan berlemak teroksidasi yang dapat mengakibatkan pertumbuhan kanker hati. Selain itu selama penggorengan juga akan terbentuk senyawa acrolein yang bersifat racun dan menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan.

Kerusakan minyak goreng yang berlangsung selama penggorengan juga akan menurunkan nilai gizi dan berpengaruh terhadap mutu dan nilai bahan pangan yang digoreng. Bahan pangan yang digoreng dengan menggunakan minyak yang telah rusak akan terlihat kurang menarik, mengurangi cita rasa, dan bau minyak yang kurang enak.

2.3.3. Pemurnian minyak goreng

Pemurnian merupakan tahap pertama dari proses pemanfaatan minyak goreng bekas, baik untuk dikonsumsi kembali maupun untuk digunakan sebagai bahan baku produk. Tujuan utama pemurnian minyak goreng ini adalah menghilangkan rasa serta bau yang tidak enak, warna yang kurang menarik dan memperpanjang daya simpan sebelum digunakan kembali. Pemurnian minyak goreng ini meliputi 4 tahap proses yaitu, penghilangan bumbu (*despicing*), nertalisasi, pemucatan, dan menghilangkan bau (*deodorisasi*).

1. Penghilangan Bumbu (*despicing*)

Despicing merupakan proses pengendapan dan pemisahan kotoran akibat bumbu dan kotoran dari bahan pangan yang bertujuan menghilangkan partikel halus tersuspensi atau berbentuk koloid seperti

protein, karbohidrat, garam, gula dan bahan pangan tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas dalam minyak.

2. Netralisasi

Netralisasi merupakan proses untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak dengan mereaksikan asam lemak bebas tersebut dengan larutan basa sehingga terbentuk sabun. Proses ini juga dapat menghilangkan bahan penyebab warna gelap, sehingga minyak menjadi lebih jernih.

3. Pemucatan

Pemucatan adalah usaha untuk menghilangkan zat warna alami dan zat warna lain yang merupakan degradasi zat alamiah, dan warna akibat oksidasi.

4. Penghilangan bau (*deodorisasi*)

Deodorisasi dilakukan untuk menghilangkan zat-zat yang menentukan rasa dan bau tidak enak pada minyak (Wijana, 2005).

2.4. Asam Lemak Bebas

Menurut Sudarmadji, dkk (1997) asam lemak bebas ditentukan sebagai kandungan asam lemak yang terdapat paling banyak dalam minyak tertentu. Dengan demikian berat molekul asam lemak terbanyak yang terkandung dapat dipakai sebagai tolak ukur jenis minyak.

Kualitas minyak goreng bekas dipengaruhi oleh kadar air dan asam lemak bebas. Semakin tinggi kadar asam lemak bebasnya maka produk minyak tersebut

kurang bagus. Asam lemak bebas dapat memberi pengaruh negatif, dengan adanya asam lemak bebas dan air dapat menyebabkan terbentuknya sabun, bereaksi dengan katalis dan keefektifan kerja katalis berkurang yang dapat mengurangi hasil produksi ester.

2.5. Alkohol

Bahan baku yang penting untuk mendukung proses transesterifikasi adalah alkohol. Alkohol merupakan derivat hidrokarbon yang molekulnya mengandung satu gugus hidroksi (-OH) atau lebih sebagai ganti atom hidrogen. Alkohol paling sederhana diturunkan dari alkana dan mengandung hanya satu gugus hidroksil permolekul. Senyawa ini mempunyai rumus molekul umum (ROH), dengan R adalah gugus alkil dengan susunan C_nH_{2n+1} (Keenan, 1984).

Ada dua alkohol yang biasa dipergunakan pada pembuatan biodiesel, yaitu metanol dan etanol. Metanol atau metil alkohol (CH_3OH) yang dijual dipasaran Indonesia selama ini, pada umumnya adalah produk samping dari industri bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui antara lain dari gas alam. Metanol sebenarnya dapat pula diproduksi dari bahan nabati, yakni destilasi kayu limbah. Metanol yang dijual dipasaran umum selama ini adalah metanol murni berkadar 99,95 % dan merupakan kualitas yang cukup bagus untuk membuat biodiesel dengan hasil yang memuaskan. Adapun etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) adalah alkohol yang bisa dikonsumsi oleh manusia, biasanya terkandung dalam minuman keras. Selain itu, etanol juga diperdagangkan



tersendiri dengan kadar 95% murni, hasil dari fermentasi bahan nabati (Syarief, 2004).

Dalam pembuatan biodiesel, idealnya menggunakan etanol yang dapat diperbaharui tetapi permasalahan teknis utama pada penggunaan etanol untuk bahan baku biodiesel adalah dibutuhkan etanol dengan kemurnian minimal 99,95 %. Untuk membuat etanol dengan kemurnian setinggi itu tidak mudah, sehingga secara ekonomis etanol kurang layak digunakan dalam pembuatan biodiesel.

Oleh karena itu, penggunaan metanol lebih dapat diterima dibandingkan dengan etanol. Proses metanolisis berkatalis alkali dapat dilakukan pada suhu ruangan dan akan menghasilkan ester lebih dari 80 % beberapa saat setelah reaksi dilangsungkan. Berbeda dengan etanol, metanol tersedia dalam bentuk absolut yang mudah diperoleh, sehingga hidrolisa dan pembantukan sabun akibat air yang terdapat dalam alkohol dapat diminimalkan (Syah, 2006).

Metanol mempunyai titik didih $64,5^{\circ}\text{C}$, rapatan $0,79 \text{ g/ml}$ pada suhu 20°C (Fessenden, 1994). Metanol bersifat racun dan dapat mematikan bila ditelan. Metanol dapat juga menyebabkan kebutaan bila terjadi kontak dengan kulit atau penghirupan uapnya terlalu lama. Metanol dapat dihasilkan dari bahan bakar lain seperti batu bara, serpihan minyak, gas alam, minyak bumi, kayu dan sampah pertanian. Metanol mudah disimpan dalam tangki bahan bakar, metanol dapat dibakar dengan bersih untuk kebanyakan kebutuhan energi kita. Jika ditangani dengan baik, cairan ini merupakan bahan baku yang bersih dan aman serta dapat

juga dibakar dalam pembangkit tenaga listrik dengan pencemaran udara yang sangat sedikit (Keenan, 1984).

2.6. Proses Sintesis Biodiesel (proses transesterifikasi)

Biodiesel dibuat melalui proses transesterifikasi, yang pada prinsipnya adalah mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (misalnya metanol) menjadi alkohol ester (*Fatty acid Methyl Ester/ FAME*) atau biodiesel (Anggraini, 1999).

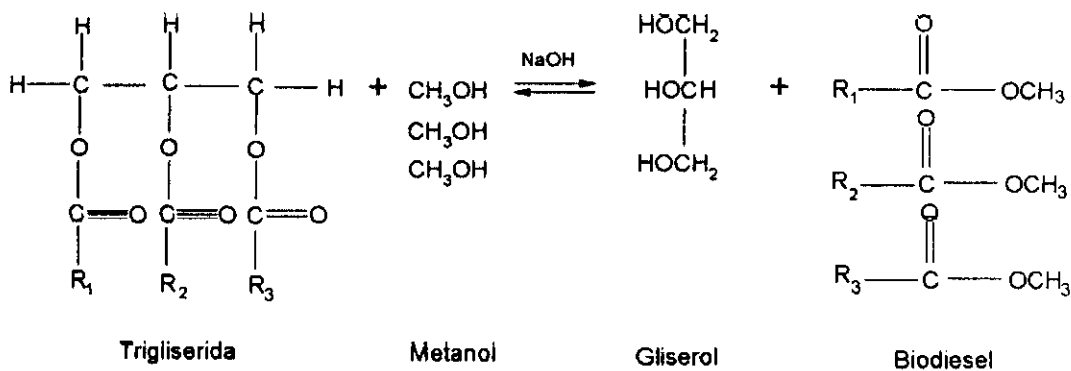
Pada proses transesterifikasi terjadi penggantian gugus alkohol dari ester dengan alkohol lain dalam suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Namun berbeda dengan hidrolisis, pada proses transesterifikasi bahan yang digunakan bukan air melainkan alkohol (Hambali, 2006).

Transesterifikasi merupakan perubahan bentuk dari satu jenis ester menjadi bentuk ester yang lain. Suatu ester adalah rantai hidrokarbon yang akan terikat dengan molekul yang lain. Satu molekul minyak nabati terdiri dari tiga ester yang terikat pada satu molekul gliserol. Sekitar 20 % molekul minyak nabati adalah gliserol.

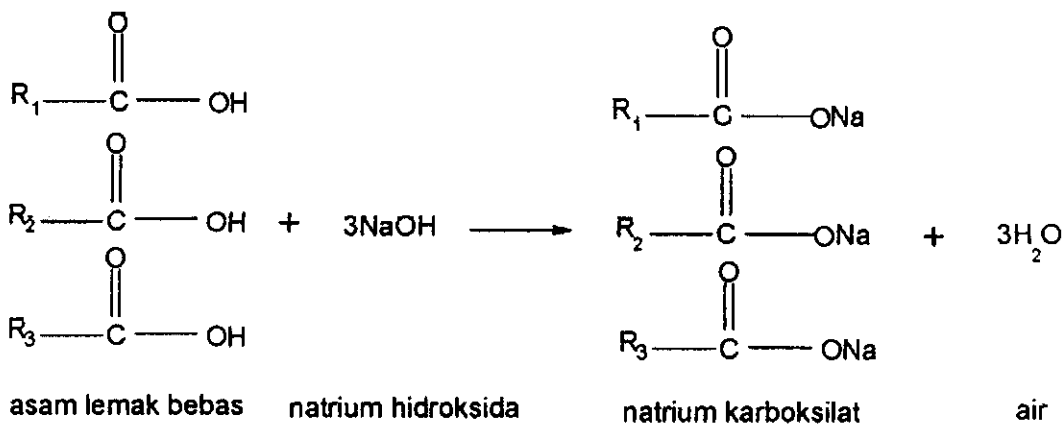
Dalam suatu transesterifikasi atau reaksi alkoholisis satu mol trigliserida bereaksi dengan tiga mol alkohol untuk membentuk satu mol gliserol dan tiga mol alkil ester asam lemak berikutnya. Proses tersebut merupakan suatu rangkaian dari reaksi reversible, yang didalamnya molekul trigliserida diubah tahap demi tahap menjadi digliserida, monogliserida dan gliserol (Hanna dan Ma, 1999).

Dari persamaan reaksi dibawah ini dapat dilihat bahwa tiap mol molekul trigliserida mengandung 3 gugus asam lemak, jadi tiap mol trigliserida akan bereaksi dengan metanol sehingga menghasilkan 1 mol trigliserida dan 3 mol ester asam lemak.

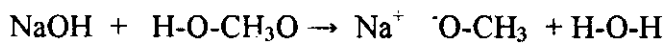
Reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan metil ester (biodiesel):



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi trigliserida dan metanol



Gambar 2. Reaksi asam lemak dan natrium hidroksida



Gambar 3. Reaksi NaOH dan metanol

Pada prakteknya pembuatan biodiesel bisa dilakukan dengan mencampur alkohol dengan natrium hidroksida untuk membuat natrium metoksida yang berperan sebagai katalisator. Campuran berbahaya ini kemudian direaksikan dengan minyak tumbuhan-tumbuhan. Campuran yang baru ini didiamkan sehingga terbentuk dua lapisan yaitu, lapisan bawah adalah gliserin dan lapisan palingatas adalah metil ester. Metil ester ini disaring untuk menjadi biodiesel yang siap digunakan (Saputra, 2001).

Faktor penting yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi adalah perbandingan molar antara trigliserida dan alkohol, jumlah metanol dan natrium hidroksida, temperatur reaksi dan waktu reaksi. Perbandingan molar antara trigliserida dan alkohol yang digunakan biasanya 6:1 – 30:1 (Demirbas, 2006)

Selain proses transesterifikasi, ada beberapa cara lain yang bisa digunakan untuk memproduksi biodiesel yaitu proses *blending*, pirolisis dan mikroemulsifikasi. Proses *blending* merupakan pencampuran antara minyak nabati dengan bahan bakar diesel dengan perbandingan tertentu. Proses ini menghasilkan endapan karbon dan viskositas yang tinggi serta pengentalan minyak pelumas. Pirolisis menunjukkan reaksi yang terdekomposisi termal maksudnya reaksi yang terurai akibat adanya energi panas, dimana kelemahan dari proses ini adalah viskositasnya terlalu tinggi, abu dan residu karbonnya melebihi nilai diesel fosil. Sementara itu mikroemulsifikasi merupakan pembentukan dispersi stabil secara termodinamis dari dua cairan yang biasanya

tidak mudah larut. Tetapi dari proses ini pembakaran yang dihasilkan tidak sempurna, membentuk deposit karbon dan meningkatkan kekentalan minyak pelumas (Hanna dan Ma, 1999).

2.7. Gliserol

Hasil samping dari proses ini yaitu gliserin yang merupakan bahan dasar 1600 macam produk antara lain adalah sabun. Alkohol dapat dipergunakan kembali untuk proses pembuatan biodiesel dan fertilizer digunakan untuk pemupukan kebun.

Gliserin merupakan produk samping yang prospektif, karena harganya lebih tinggi daripada reaktan metanol. Fasa gliserin metanol dapat dibebaskan dari sisa-sisa katalis dengan penetralan oleh asam, sehingga membentuk garam yang mengendapan dan dapat dipisahkan dengan penyaringan. Untuk menghasilkan gliserol murni maka fasa gliserol metanol bebas garam harus dipanaskan (Prokoso, 2005).

2.8. Karakteristik Biodiesel

Untuk menentukan karakteristik biodiesel kita dapat melakukan beberapa pengujian berdasarkan ASTM (American Society for Testing Materials).

Secara umum, parameter yang menjadikan standar mutu biodiesel adalah bilangan asam, kandungan air, massa jenis, visikositas, residu karbon, dan titik nyala.

Tabel 2. Standar mutu biodiesel Indonesia SNI-04-7182-2006

Parameter	Batas Nilai	Satuan	Metoda Uji	Metoda Setara
Massa Jenis pada 40 °C	850-890	Kg/m ³	ASTM D 1298	ISO 3675
Viskositas Kinem.Pd. suhu 40 °C	2,3-6,0	mm ² /s (cSt)	ASTM D 445	ISO 3104
Titik nyala	Min. 100	°C	ASTM D 93	ISO 2710
Kandungan air	Maks.0,05	% volume	ASTM D2709	-
Angka asam	Maks. 0,8	mg KOH/g	AOCS Cd 3-63	FBI-A01-03
Residu karbon	0,03	%-m	ASTM D 4530	-

2.8.1. Bilangan asam

•Bilangan asam adalah jumlah milligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas dari satu gram minyak. Bilangan asam digunakan untuk mengukur jumlah asam lemak yang terdapat dalam minyak. Caranya adalah dengan melarutkan sejumlah minyak dalam alkohol-eter dan diberi indikator phenolphthalein. Kemudian dititrasi dengan larutan alkali sampai terjadi perubahan warna merah jambu yang tetap. Besarnya bilangan asam tergantung dari kemurnian dan umur minyak (Ketaren, 1986). Bilangan asam dalam sampel biodiesel memberikan pengaruh terhadap kinerja mesin karena bilangan asam dapat menyebabkan keausan pada sistim pompa bakarnya (Sutjahjo, 2006).

2.8.2. Kandungan air

Kandungan air berkaitan dengan temperatur suatu tempat, pada daerah dengan suhu rendah atau negara dengan musim dingin, kandungan air yang terkandung dalam bahan bakar dapat membentuk kristal yang dapat menyumbat

aliran bahan bakar. Selain itu, keberadaan air akan menyebabkan korosi dan pertumbuhan mikroorganisme yang juga dapat menyumbat aliran bahan bakar. Sedimen dapat menyebabkan penyumbatan dan kerusakan mesin.

Kandungan air dalam minyak yang digunakan sebagai bahan bakar dapat menimbulkan pengkaratan dalam ruang bakar mesin. Oleh karena itu, bahan bakar yang akan digunakan pada mesin harus memiliki kandungan air minimal 0,05. Cara termudah dalam menghilangkan kandungan air dalam bahan bakar adalah dengan menguapkan sisa-sisa air yang terkandung dengan jalan memanaskannya selama sekitar 15 menit atau lebih pada suhu diatas titik didih air (Syarieff, 2004).

2.8.3. Massa Jenis

Massa jenis menunjukkan perbandingan berat persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar (Sutjahjo, 2006).

Minyak yang berasal dari satu sumber, dengan kenaikan massa jenis biasanya menunjukkan kenaikan dalam visikositas dan penurunan dalam penguapan. Massa jenis biodiesel erat hubungannya dengan komponen-komponen ringan yang terdapat dalam biodiesel. Semakin rendah massa jenis biodiesel maka semakin banyak komponen-komponen ringan yang terkandung dalam minyak tersebut dan sebaliknya. Pengujian massa jenis biodiesel akan memberikan lebih banyak informasi tentang bagaimana bahan bakar berkerja dalam mesin diesel (Syah, 2006).



2.8.4. Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kepiler terhadap gaya grafitasi, biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tertentu. Jika viskositas tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor dalam mesin diesel. Atomisasi bahan bakar sangat bergantung pada visikositas, tekanan injeksi serta ukuran lubang injektor (Sutjahjo,2006).

Viskositas bahan bakar erat kaitannya dengan injeksi, pengkabutan dan kemampuan melumas sendiri dari bahan bakar tersebut. Dengan viskositas yang rendah akan meyebabkan keausan lebih cepat pada dinding silinder ruang bakar maupun tarok pompa injeksi dan lubang nozel. Sedangkan dengan viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan pemompaan yang lebih sulit sehingga atomisasi bahan bakar akan berkurang (Silaban, 1993).

Viskometer Ostwald merupakan salah satu alat penentuan viskositas yang mempergunakan kecepatan alir cairan. Cairan mempunyai gaya yang lebih besar untuk mengalir daripada gas, hingga cairan mempunyai koefisien viskositas yang lebih besar daripada gas. Viskositas bertambah dengan naiknya temperatur, sedangkan visikositas cairan berkurang dengan turunnya temperatur. Koefisien visikositas gas pada tekanan tidak terlalu besar, tidak tergantung tekanan, tetapi untuk cairan naik dengan naiknya tekanan (Sukardjo, 2002).

Metoda yang banyak digunakan dan sangat dikenal untuk penentuan viskositas cairan biologi adalah metoda *Poiseuille's*. Peralatan yang berkerja mengikuti metoda tersebut adalah Viskometer Ostwald (Atkins, 1997).

Pada metoda ini diukur waktu (t) yang diperlukan oleh sejumlah volume (v) cairan yang mengalir (dari tanda garis) melewati kapiler. Menurut Poiseuille's viskositas ditentukan berdasarkan formulasi berikut:

$$\eta = \frac{\pi R^4 P t}{8 V L}$$

dimana:

P = tekanan penggerak (Nm^{-2})

T = waktu alir (detik)

R = jari-jari kapiler (m)

L = panjang kapiler (m)

V = volume cairan (m^3)

Sejumlah cairan dimasukkan kedalam pipa, selanjutnya dengan cara memompa, cairan dibawa ke kapiler sampai melewati tanda garis, cairan dibiarkan mengalir secara bebas. Waktu yang diperlukan untuk mengalir dari batas garis satu kebatas lainnya diukur. Pada metoda ini yang selalu diperhatikan adalah kecepatan alir. Viskositas suatu cairan dapat ditentukan dengan membandingkan hasil pengukuran waktu lair (t_1), rapat massa cairan 1 (ρ_1 , pembanding) yang telah diketahui viskositasnya terhadap waktu alair (t_2) dan rapat massa cairan 2 (ρ_2) yang akan ditentukan viskositasnya.

Gambar 4. Viskometer Oswald

Perbandingan kedua viskositas tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{t_1 \rho_1}{t_2 \rho_2}$$

2.8.5. Residu karbon

Residu karbon adalah kandungan karbon yang masih tersisa setelah mengalami pembakaran selama waktu tertentu yang biasanya ditentukan dengan persen berat. Pengotor dalam ruang bakar dari mesin diesel disebabkan oleh deposit karbon yang dapat terjadi apabila bahan bakar mengandung komponen-komponen yang tidak dapat terbakar dengan sempurna. Prinsip kerja penentuan residu karbon dengan cara: contoh didalam cawan porselen ditimbang, lalu dipanaskan sehingga terbakar, pada saat ini minyak dipecah menjadi fraksi-fraksi yang akhirnya dihasilkan karbon-karbon yang berwarna hitam. Setelah pembakaran selesai cawan porselen didinginkan didalam desikator dan

selanjutnya cawan ditimbang untuk memperoleh berat residu karbon (Silaban, 1993).

$$\text{Kadar residu karbon} = \frac{\text{berat residu karbon}}{\text{berat sampel}} \times 100$$

2.8.6. Titik nyala

Titik nyala adalah temperatur terendah dari sampel dimana saat api percoba dapat menyalakan uap diatas permukaan sampel pada saat pemeriksaan.

Tujuan penentuan titik nyala ini adalah untuk keamanan dalam penanganan, transportasi dan penyimpanan bahan bakar tersebut (Silaban, 1993).

Jika titik nyala terlalu tinggi akan menyebabkan keterlambatan penyalaan pada mesin, sementara itu jika titik nyala biodiesel terlalu rendah akan menyebabkan timbulnya denotasi yaitu ledakan-ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar.