

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai

Kedelai adalah salah satu komoditi pangan utama setelah padi dan jagung di Indonesia. Di antara jenis kacang-kacangan, kedelai putih merupakan sumber protein paling baik karena mempunyai susunan asam amino esensial paling lengkap. Selain itu kedelai merupakan tanaman yang mudah tumbuh lain (Martin, 1998). Data terakhir konsumsi kedelai pada tahun 2009 mencapai 2,3 juta ton per tahun. Dari jumlah tersebut, 50% dikonsumsi berupa tempe, 40% berupa tahu dan 10% berupa produk kedelai lainnya (Ekasari, 2009).

Pabrik pembuatan tempe dipastikan hampir tidak menghasilkan limbah, sedangkan untuk pabrik tahu menghasilkan produk samping berupa limbah pabrik tahu. Limbah pabrik tahu terdiri dari limbah cair dan ampas kedelai yang berkisar antara 25-67% produksi tahu (<http://cisaruafarm.com/bahan-baku-pakan/ampas-kedelai/>). Menurut data biro pusat statistik pada tahun 1990 ampas kedelai yang diperoleh sebagai produk samping proses pembuatan tahu adalah sebanyak 13.057 ton (Jenie dkk., 1994), sedangkan pada tahun 1999 adalah sebanyak 731.501 ton (Tarmidi, 2003). Terjadi peningkatan sebesar 700.000 ton dalam jangka waktu 9 tahun. Bentuk fisik kedelai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kedelai

Komposisi kimia produk dari kedelai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Produk-Produk dari Kedelai

Produk	Protein (gr/100gr)	Minyak (gr/100gr)	Serat (gr/100gr)	Kandungan air (%)
Mentah	33	9,7	6,5	11,9
Masak	11	5,7	10,8	72
Susu kedelai	2,7	1	0	96,2
Ampas	24	15,2	14,5	76,8
Tahu	7,8	4,2	2,4	85

Sumber: Martin, 1988

2.2 Ampas Kedelai

Konsumsi tahu di Indonesia mencapai 920.000 ton setiap tahunnya. Besarnya konsumsi masyarakat terhadap tahu menyebabkan produksi tahu mengalami kenaikan dari tahun ke tahun, sehingga banyak pabrik tahu yang didirikan. Permasalahan yang dihadapi adalah limbah ampas kedelai yang belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah pabrik tahu biasanya berupa padatan putih yang masih mengandung air. Air yang masih terkandung dalam ampas kedelai disebut dengan whey, atau lebih sering disebut limbah cair kedelai, sedangkan ampas putih disebut ampas kedelai padat.

Limbah cair kedelai memiliki sifat *degradable* atau mudah diuraikan oleh mikroorganisme secara alamiah, sehingga pembuangan langsung ke lingkungan tidak berdampak buruk bagi makhluk hidup. Limbah cair kedelai juga telah dimanfaatkan secara optimal seperti untuk pembuatan biogas, pembuatan bahan penggumpal lateks atau diolah secara anaerob dan aerob atau dengan menggunakan tumbuhan azolla dan bahan koagulasi alami.

2.3 Komposisi Kimia Ampas Kedelai

Ampas kedelai tersedia dalam bentuk basah yang bercampur dengan whey, dengan komposisi ampas 88,96%. Komposisi ampas kedelai pada setiap pabrik

tahu berbeda-beda tergantung dari cara pengolahan dan kualitas bahan baku. Mengenai ampas kedelai dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ampas Kedelai

Komposisi kimia pada ampas kedelai ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia Ampas Kedelai

Komponen	Kadar (%)
Bahan Kering	13,3
Protein Kasar	21,0
Serat	3,58
Lemak	10,49
NDF (Neutral Detergent Fiber)	25,63
ADF (Acid Detergent Fiber)	51,93
Abu	2,96
Ca (Kalsium)	0,53
P (Posfor)	0,24

Sumber : Tarmidi, 2003

2.4 Lemak Pada Ampas Kedelai

Ampas kedelai mengandung bahan organik maupun anorganik yang masih dapat dimanfaatkan. Bahan organik yang masih belum dimanfaatkan adalah

lemak. Kadar lemak dalam ampas kedelai adalah 10.49% (Tarmidi, 2003). Lemak dan minyak adalah salah satu kelompok yang termasuk pada golongan cair, yaitu senyawa organik yang terdapat di alam serta memiliki sifat tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non-polar, misalnya dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$), Khloroform ($CHCl_3$), benzena (C_6H_6), n-heksana (C_6H_{14}) dan pelarut organik non-polar lainnya yang memiliki polaritas tidak jauh berbeda dengan zat terlarutnya.

2.5 Pelarut

Sebagian besar reaksi kimia secara luas dilakukan di dalam larutan. Larutan terdiri dari pelarut (*solvent*) dan zat terlarut (*solute*) pada umumnya pelarut adalah zat yang berada pada larutan dalam jumlah yang besar, sedangkan zat lainnya dianggap sebagai zat terlarut (*solute*). Pelarut memenuhi beberapa fungsi dalam reaksi kimia, dimana pelarut melarutkan reaktan dan reagen agar keduanya bercampur, sehingga hal ini akan memudahkan penggabungan antara reaktan dan reagen yang seharusnya terjadi agar dapat berubah menjadi produk. Pelarut juga bertindak sebagai kontrol suhu, salah satunya untuk meningkatkan energi dari partikel sehingga partikel-partikel tersebut dapat beraksi lebih cepat, atau untuk menyerap panas yang dihasilkan selama reaksi eksoterm. Pada umumnya pelarut yang baik mempunyai kriteria sebagai berikut :

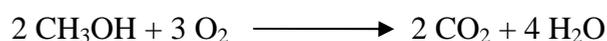
1. Pelarut harus dapat melarutkan reaktan dan reagen.
2. Pelarut harus mudah dihilangkan pada saat akhir dari reaksi

2.5.1 Metanol

Metanol juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . 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). Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, bahan bakar dan sebagai bahan aditif bagi industri etanol (Wikipedia, 2014).

Metanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik bakteri. Hasil proses tersebut adalah uap metanol (dalam jumlah kecil) di udara. Setelah beberapa hari, uap metanol tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan sinar matahari menjadi karbon dioksida dan air.

Reaksi kimia metanol yang terbakar di udara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut :



Metanol disebut juga sebagai *wood alcohol* karena metanol merupakan produk samping dari distilasi kayu. Saat ini metanol dihasilkan melalui proses multi tahap. Secara singkat, gas alam dan uap air dibakar dalam tungku untuk membentuk gas hidrogen dan karbon monoksida; kemudian, gas hidrogen dan karbon monoksida ini bereaksi dalam tekanan tinggi dengan bantuan katalis untuk menghasilkan metanol. Tahap pembentukannya adalah endotermik dan tahap sintesisnya adalah eksotermik.

Sifat-sifat fisika dan kimia metanol dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat – sifat Fisika dan Kimia Metanol

Sifat	
Massa molar	32,04 g/mol
Wujud cairan	Tidak berwarna
Specific gravity	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)

Sumber : Perry, 1984

Metanol digunakan secara terbatas dalam mesin pembakaran dalam, dikarenakan metanol tidak mudah terbakar dibandingkan dengan bensin. Metanol campuran merupakan bahan bakar dalam model radio kontrol. Salah satu

kelemahan metanol sebagai bahan bakar adalah sifat korosif terhadap beberapa logam, termasuk aluminium. Metanol, merupakan asam lemah, menyerang lapisan oksida yang biasanya melindungi aluminium dari korosi.

2.6 Katalis

Katalis memegang peranan yang sangat penting pada perkembangan industri kimia. Dewasa ini hampir setiap produk industri kimia dihasilkan melalui proses yang memanfaatkan jasa katalis (Biodiesel, html). Katalis dapat didefinisikan sebagai zat yang dapat mempercepat dan mengendalikan reaksi. Reaksi dapat berjalan pada kondisi yang lebih lunak (suhu dan tekanan rendah) dengan laju dan aktivitas yang tinggi, jika menggunakan katalis..

Berdasarkan fase katalis, reaktan dan produk reaksinya, katalis dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

- a. Katalis homogen adalah katalis yang berfase sama dengan fasa campuran reaksinya.
- b. Katalis heterogen adalah katalis yang berbeda fasa reaktan dan produk reaksinya.

Katalis homogen pada umumnya memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis heterogen karena setiap molekul katalis aktif sebagai katalis. Katalis heterogen, biasanya berupa padatan, memiliki pusat aktif yang tidak seragam. Tidak semua bagian permukaan padatan dapat berfungsi sebagai pusat aktif dan tidak semua pusat aktif memiliki keaktifan yang sama. Bahkan pada keadaan yang terburuk, bagian permukaan yang satu dapat meracuni bagian yang lainnya.

Permukaan yang heterogen menyebabkan katalis heterogen menjadi kurang efektif dibandingkan dengan katalis homogen. Walaupun demikian, katalis heterogen tetap digunakan dalam industri karena mudah dipisahkan dari campuran reaksinya. Selain itu, katalis heterogen lebih stabil terhadap perlakuan panas sehingga reaksi dan regenerasi katalis dapat dilakukan pada suhu tinggi.

2.6.1 Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa natrium oksida yang dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkali yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Natrium hidroksida digunakan pada berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun, dan deterjen.

Natrium Hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia. NaOH murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. NaOH bersifat lebat cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. NaOH sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. NaOH juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil dari pada kelarutan KOH. NaOH tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya.

Karakteristik Natrium Hidroksida dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik Natrium Hidroksida

	Sifat
Rumus molekul	NaOH
Massa molar	39,9971 g/mol
Penampilan	Zat padat putih
Densitas	2,1 g/cm ³ , padat
Titik lebur	318°C (519 K)
Titik didih	1390°C (1663 K)
Kelarutan dalam air	111 g/100 ml (20 °C)
Kebasaan (pKb)	-2,43

Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/natrium_hidroksida

2.6.2 Kalium Hidroksida (Katalis Heterogen)

Kalium Hidroksida (KOH) adalah senyawa alkali yang larut dalam air dan bersifat basa kuat. Kalium hidroksida (KOH) mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan katalis lainnya, pada akhir sebuah proses sisa katalis KOH dapat dinetralkan dengan asam fosfat menjadi pupuk (K_3PO_4) sehingga proses produksi biodiesel dengan katalis KOH tidak menghasilkan limbah cair yang berbahaya bagi lingkungan. Karakteristik kalium hidroksida dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. Karakteristik Kalium Hidroksida

Sifat	
Rumus molekul	KOH
Massa molar	56,11 g/mol
Penampilan	padat putih, lembab cair
Densitas	56,11 g/cm ³ , padat
Titik lebur	406°C
Titik didih	1320°C
Kelarutan dalam air	1100 g/100 ml (25 °C)
Kebasaan (pKb)	0

Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/kalium_hidroksida

2.7 Biodiesel

2.7.1 Pengertian Biodiesel

Biodiesel didefinisikan sebagai metil ester yang diproduksi dari minyak nabati atau hewan dan memenuhi kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar di dalam mesin diesel. Keunggulan dari bahan bakar ini adalah dalam melakukan kendali kontrol polusi, dimana biodiesel lebih mudah daripada bahan bakar diesel fosil karena tidak mengandung sulfur bebas dan memiliki gas buangan dengan kadar pengotor yang rendah dan dapat didegradasi (Wirawan dan Tambunan, 2006).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diformulasikan khusus untuk mesin diesel dengan berbagai kelebihan antara lain

tidak perlu modifikasi mesin, mudah digunakan, ramah lingkungan, tercampurkan dengan minyak diesel (solar), memiliki bilangan sentana tinggi, memiliki daya pelumas yang tinggi, dapat dibiodegradasi, tidak beracun, serta bebas dari sulfur dan bahan aromatik (Soerawidjaja, 2005; Nasional Biodiesel Board - NBB, 2003).

Berdasarkan kandungan FFA dalam minyak nabati maka proses pembuatan biodiesel secara komersial dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Transesterifikasi dengan katalis basa (sebagian besar menggunakan kalium hidroksida) untuk bahan baku refined oil atau minyak nabati dengan kandungan FFA rendah.
2. Esterifikasi dengan katalis asam (umumnya menggunakan asam sulfat) untuk minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan katalis basa.

Proses pembuatan biodiesel dari minyak dengan kandungan FFA rendah secara keseluruhan terdiri dari reaksi transesterifikasi, pemisahan gliserol dari metil ester, pemurnian metil ester (netralisasi, pemisahan methanol, pencucian dan pengeringan/dehidrasi), pengambilan gliserol sebagai produk samping (asidulasi dan pemisahan metanol) dan pemurnian metanol tak bereaksi secara destilasi/rectification. Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA di atas 5%. Jika minyak berkadar FFA tinggi (>5%) langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian. Jadi esterifikasi digunakan sebagai proses pendahuluan untuk mengkonversikan FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalam minyak nabati dan selanjutnya ditransesterifikasi dengan katalis basa untuk mengkonversikan trigliserida menjadi metil ester.

Asam-asam lemak penyusun minyak/lemak terdiri atas :

- a. Asam Lemak Jenuh (Saturated Fatty Acid / SFA) Merupakan asam lemak jenuh yang tidak mengandung ikatan rangkap, dan secara umum penyusun lemak berasal dari sumber hewani.

- b. Asam Lemak tak Jenuh (Unsaturated Fatty Acid / UFA) Merupakan asam lemak tak jenuh yang mengandung ikatan rangkap, secara umum penyusun lemak berasal dari sumber nabati dan terdiri dari Mono - Unsaturated Fatty Acid / MUFA dan Poly - Unsaturated Fatty Acid / PUFA.

Berikut komposisi yang terkandung dalam minyak ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi Asam Lemak Minyak

No.	Asam Lemak	Persen Komposisi	Berat Molekul	Titik Didih (°C)
1	Asan Laurat (C ₁₂)	0,0 – 0,4	200,32	180
2	Asam Miristat (C ₁₄)	0,6 – 1,7	228,38	250
3	Asam Palmitat (C ₁₆)	41,1 – 47,0	256,43	271
4	Asam Stearat (C ₁₈)	3,7 – 5,6	284,49	232
5	Asam Oleat (C ₁₈₋₁)	38,2 – 43,6	282,47	260
6	Asam Linoleat (C ₁₈₋₂)	6,6 – 11,9	280,45	176
7	Asam Linoleat (C ₁₈₋₃)	0,0 – 0,6	278,44	180

Sumber : *Teknologi Bioenergi, Erliza Hambali, 2007*

2.7.2 Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar minyak adalah suatu senyawa organik yang dibutuhkan dalam suatu pembakaran dengan tujuan untuk mendapatkan energi (tenaga). Bahan bakar minyak merupakan hasil dari proses distilasi minyak bumi (*crude oil*) dari hasil penambangan menjadi fraksi-fraksi yang diinginkan. Adapun jenis bahan bakar minyak antara lain :

a. Premix

Premix adalah jenis motor gasoline dengan kandungan tambahan MTBE (*Metil Tertiary Butyl Eter*) sebagai oktan booster maksimum 15 % vol. MTBE adalah satu peningkat angka oktan.

b. Premium

Premium adalah bahan bakar minyak jenis destilat berwarna kekuningan yang jernih, karena zat tambahan berwarna (*dye*). Penggunaan premium umumnya

untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin seperti mobil, sepeda motor dan lain-lain.

c. Minyak tanah (*kerosene*)

Minyak tanah adalah bahan bakar minyak jenis distilat tidak berwarna, jernih. Penggunaan minyak tanah pada rumah tangga adalah untuk keperluan bahan bakar, tetapi pada beberapa industri minyak tanah hanya digunakan untuk beberapa peralatan saja.

d. Minyak solar (*Automotive Diesel Oil*)

Minyak solar adalah bahan bakar jenis distilat yang digunakan mesin diesel yang dikompresi menimbulkan tekanan dan panas yang tinggi sehingga dapat membakar solar yang disemprotkan oleh injektor. Kualitas bakarnya ditunjukkan oleh angka oktan, makin tinggi angka oktan menunjukkan minyak solar tersebut makin mudah terbakar. Umumnya untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi diatas 100 rpm yang dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung dalam dapur-dapur kecil terutama jika diinginkan pembakaran bersih.

e. Minyak diesel (*Industrial Diesel Oil*)

Minyak diesel adalah bahan bakar jenis distilat yang mengandung fraksi-fraksi berat atau merupakan campuran dari distilat fraksi ringan dan fraksi berat (*residu fuel oil*), berwarna hitam gelap, tetapi tetap cair pada suhu rendah. Umumnya untuk bahan bakar mesin diesel dengan putaran sedang atau lambat (300-1000 rpm) atau dapat juga digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran langsung dalam dapur-dapur industri.

f. Minyak bakar (*Fuel Oil*)

Minyak bakar yang bukan dari jenis distilat tetapi dari jenis residu yang berwarna hitam gelap. Minyak bakar lebih kental dari minyak diesel dan mempunyai titik tuang (*pour point*) yang lebih tinggi dari minyak diesel. Penggunaan minyak bakar ini yaitu untuk bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur industri besar, seperti pembangkit listrik tenaga uap dan lain sebagainya (Paradila. Y. UNSRI 2005).

2.7.3 Spesifikasi Standar Mutu Biodiesel

Karakteristik bahan bakar minyak yang akan dipakai pada suatu penggunaan tertentu untuk mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu dengan maksud agar hasil pembakaran dapat tercapai secara optimal. Secara umum karakteristik bahan bakar minyak khususnya minyak biodiesel yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

a. Berat Jenis

Berat jenis adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur yang sama. Bahan bakar minyak pada umumnya mempunyai densitas antara 0,86 – 0,90 gr/ml dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan dari pada air. Selain itu minyak juga tidak dapat larut dalam air pada semua perbandingan.

b. Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi. Atomisasi bahan bakar sangat tergantung pada viskositas, tekanan injeksi, serta ukuran lubang injektor. Viskositas yang lebih tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar dengan momentum tinggi dan memiliki kecenderungan bertumbukan dengan dinding silinder yang relatif lebih dingin. Hal ini menyebabkan pemadaman dan peningkatan deposit, penetrasi semprot bahan bakar, dan emisi mesin. Sebaliknya viskositas yang terlalu rendah akan memproduksi *spray* yang terlalu halus dan tidak dapat masuk lebih jauh ke dalam silinder pembakaran sehingga terbentuk daerah yang menyebabkan pembentukan jelaga. (Prihandana, dkk. 2006).

c. Kandungan air (Water Content)

Kandungan air adalah jumlah air yang terkandung dalam minyak dimana kandungan air ini berpengaruh terhadap nilai bakar. Terdapat tiga cara untuk menentukan kandungan (kadar) air dalam suatu sampel, yaitu cara hot plate, cara oven terbuka, dan cara oven hampa udara (Taufik, M., Jaksen M.Amin, 2011).

d. Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalan api sesaat, apabila pada permukaan

minyak tersebut didekatkan pada nyala api. Titik nyala diperlukan sehubungan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran, titik nyala ini tidak mempunyai pengaruh besar dalam persyaratan pemakaian bahan bakar minyak untuk mesin diesel. Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar.

e. Bilangan Asam

Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah miligram basa yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam satu gram minyak atau lemak. Bilangan asam yang besar menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang besar pula. Semakin tinggi bilangan asam, semakin rendah kualitas minyak atau lemak tersebut (Sudarmadji, 2003).

Bilangan asam merupakan salah satu parameter yang diuji untuk mengetahui kualitas minyak atau lemak baik yang berasal dari hasil ekstraksi, transesterifikasi dan transesterifikasi *insitu*. Lemak diartikan sebagai suatu bahan makanan yang pada suhu ruang terdapat dalam bentuk padat, sedangkan minyak adalah suatu bahan makanan yang dalam suhu ruang berbentuk cairan. Lemak dan minyak terdapat pada hampir semua bahan pangan dengan kandungan yang berbeda-beda, fungsi lemak dan minyak yaitu sebagai media penghantar panas, seperti minyak goreng (Winarno, 1992).

f. Nilai Kalori (*Calorific Value*)

Nilai kalori adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan pada proses pembakaran sejumlah bahan bakar tertentu dengan udara/oksigen. Nilai kalor berbanding terbalik terhadap berat jenis. Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak akan semakin rendah nilai kalor, demikian sebaliknya semakin rendah berat jenis suatu minyak akan semakin besar nilai kalornya. Sebagai contoh berat jenis solar lebih rendah dari pada premium akan tetapi nilai kalor minyak solar lebih rendah dari pada premium. Nilai kalor diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung

jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode.

g. Angka Setana (*Cetane Number*)

Angka setana adalah ukuran dari kinerja pembakaran bahan bakar dibandingkan dengan bahan bakar referensi yang telah diketahui angka setananya dengan mesin standar. Pemeriksaan angka setana ini juga bertujuan untuk menentukan kualitas penyalaan atau untuk mengetahui mudah tidaknya mesin di start pada suhu rendah, tekanan mesin yang rendah pada operasi mesin yang halus. Metode ini digunakan untuk menentukan nilai atau skala angka setana dari bahan bakar diesel dengan menggunakan diesel standar satu silinder empat langkah dengan perbandingan kompresi yang diubah-ubah. Skala angka setana ini dimulai dari 0 sampai 100 tetapi tesnya dimulai dari range 30 sampai 65 angka setana.

Standar mutu biodiesel telah dikeluarkan dalam bentuk SNI No.04-7182 Tahun 2006, melalui keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional (BSN) Nomor 73/KEP/BSN/2/2006 tanggal 15 Maret 2006. Syarat mutu biodiesel dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Syarat Mutu Biodiesel Berdasarkan Analisa SNI 04-7182-2006

Parameter	Satuan	Nilai	Metode Uji
Massa jenis	Kg/m ³	850-890	ASTM D 1298
Viskositas	Mm ² /s (cSt)	2,3-6,0	ASTM D 445
Angka Setana		Min. 51	ASTM D 613
Titik Nyala	°C	Mim. 100	ASTM D 93
Angka Asam	Mg.KOH/kg	Maks. 0,8	ASTM D 664
Titik Kabut	°C	Maks. 18	ASTM D 2500
Korosi Bilah tembaga	°C	Maks. 3	ASTM D 130
Air dan Sendimen	% V	Max 0,05	ASTM D 2709
Gliserol Bebas	% wt	Maks. 0,02	AOCS Ca 14-56
Gliserol Total	% wt	Maks. 0,24	AOCS Ca 14-56

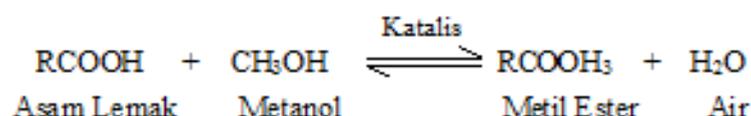
Sumber : Persyaratan kualitas biodiesel, Soeriwidjaja, 2006

2.7.4 Proses Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel adalah proses dimana asam lemak bereaksi dengan alkohol membentuk metil ester. Alkohol yang biasa digunakan sebagai pereaksi adalah metanol. Metanol sering digunakan karena merupakan alkohol yang mudah dan murah, sehingga cocok untuk pembuatan biodiesel komersial. Pembuatan biodiesel dapat menggunakan katalis asam maupun katalis basa. Proses pembentukan metil ester menggunakan katalis asam disebut dengan esterifikasi, dan pembentukan metil ester dengan katalis basa disebut transesterifikasi.

1. Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester, melalui reaksi minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat dan, karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial. Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120 °C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 kali nisbah stoikhiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode penyisihan air, konversi sempurna asam-asam lemak menjadi metil ester dapat dituntaskan dalam beberapa jam. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester adalah :



Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka asam ≥ 5 mg-KOH/gr). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti

dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpukan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu.

Hal-hal yang Mempengaruhi Reaksi Esterifikasi

Faktor-faktor yang berpengaruh pada reaksi esterifikasi antara lain :

a. Waktu Reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak memperbesar hasil.

b. Pengadukan

Pengadukan akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dengan zat yang bereaksi sehingga mempercepat reaksi dan reaksi terjadi sempurna.

c. Katalisator

Katalisator berfungsi untuk mengurangi tenaga aktivasi pada suhu reaksi sehingga pada suhu tertentu harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Pada reaksi esterifikasi yang sudah dilakukan biasanya menggunakan konsentrasi katalis antara 1 – 4 % berat sampai 10 % berat campuran pereaksi (Mc Ketta, 1978).

d. Suhu Reaksi

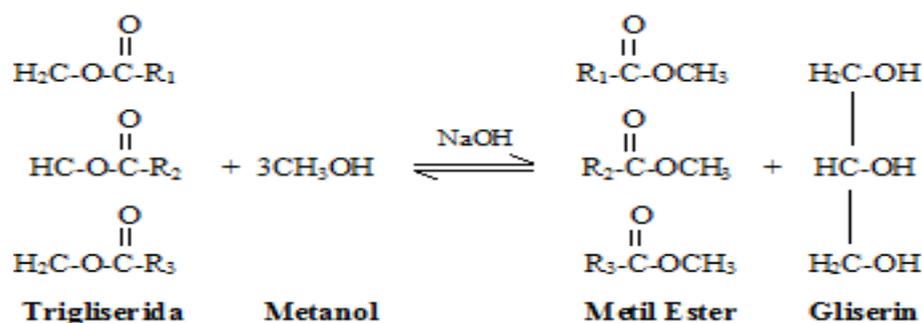
Semakin tinggi suhu yang dioperasikan maka semakin banyak konversi yang dihasilkan.

2. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber atau pemasok gugus alkil, methanol adalah yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktivitasnya paling tinggi,(sehingga

reaksi disebut metanolisis). Jadi, pada sebagian besar dunia ini, biodiesel praktis identik dengan metil ester asam-asam lemak (*Fatty Acids Metil Ester, FAME*).

Reaksi transesterifikasi dari trigliserida menjadi metil ester asam-asam lemak :



Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa karena katalis ini dapat mempercepat reaksi.

3. Transesterifikasi *In Situ*

Proses transesterifikasi yang selama ini dilakukan pada industri-industri besar adalah transesterifikasi konvensional. Pada pembuatan biodiesel secara konvensional, transesterifikasi dilakukan setelah proses ekstraksi dan pemurnian minyak. Transesterifikasi konvensional memerlukan waktu yang lama dan proses yang panjang. Transesterifikasi *in situ* merupakan langkah sederhana dalam menghasilkan biodiesel yaitu dengan cara mengeliminasi proses ekstraksi dan pemurnian minyak sehingga dapat menghemat biaya produksi (Haas. dkk., 2004). Trigliserida yang digunakan dalam proses transesterifikasi *in situ* adalah trigliserida yang berasal dari sumber bahan baku dan bukan dari minyak hasil ekstraksi dan pemurnian. Mekanisme proses transesterifikasi *in situ* adalah kontak langsung antara bahan baku sumber minyak dengan larutan alkohol dan katalis asam atau basa. Fungsi dari alkohol adalah untuk menghancurkan sel-sel yang mengandung minyak dan melarutkan minyak tersebut. (Georgogianni.dkk., 2008).