

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Ketapang (*Terminalia catappa* Linn)

Ketapang (*Terminalia catappa* Linn) atau Almond merupakan tumbuhan mangrove keluarga *combretaceae* yang berasal dari daerah tropis di India lalu dikembangkan ke daerah Asia dan Afrika, tumbuh secara alami di Taiwan selatan (Ta Chen Lin and Feng Lin Tsu, 1999). Penyebarannya sampai ke wilayah Indonesia-Malaysia lalu berkembang ke negara Filipina. Di Indonesia, ketapang biasanya ditanam secara luas di dataran tinggi (Chudnoff dalam Flores, 1994). Tumbuhan ketapang memiliki klasifikasi sebagai berikut (Edward, 1994) :

- Divisio : Spermatophyta
- Kelas : dikotyl
- Ordo : Combretaceaes
- Famili : Combretaceae
- Genus : Terminalia
- Spesies : *Terminalia catappa* Linn



Gambar 1. Tumbuhan ketapang (*Terminalia catappa* L.) dan buah

Ketapang (*Terminalia catappa* Linn) merupakan tanaman yang dapat tumbuh di tanah tandus dan gersang, tanah berbatu serta tumbuh di dataran rendah dan tinggi, mempunyai akar pengikat yang baik dan relatif tumbuh dengan cepat. Bagian dari pohon ketapang ini masing – masing memiliki fungsi dimana bijinya dapat dimakan, kulitnya digunakan sebagai bahan penyamak kulit, bahan pembuatan tinta, dijadikan obat (luka, peradangan selaput lendir usus), dan dapat dijadikan sebagai bahan bangunan, minyaknya dipakai sebagai pengganti minyak almond untuk meredakan radang rongga perut, daunnya dapat menyembuhkan lepra, kudis serta penyakit kulit lainnya. Ketapang ditanam di jalan raya dan kebun sebagai naungan karena perawakannya yang cocok, seperti pagoda. Tanin yang diperoleh dari tumbuhan ini yang berasal dari daun dan kayunya digunakan untuk mengobati disentri dan dipakai sebagai obat luar pada erupsi kulit. Di Filipina rebusan daunnya dipakai sebagai vermifuge (Wardiyono *dalam* Noviana, 2009).



Gambar 2. Biji dan buah ketapang

Riyanti dkk (2006), berhasil mendapatkan kandungan biji ketapang yang diambil dari tanaman ketapang yang tumbuh di sekitar kampus Universitas Sriwijaya seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Biji Ketapang

Komposisi	Jumlah
Kadar air	0,69 %
Kadar minyak	56,66 %
Protein	368,965 mg/100 g
Gula total/karbohidrat	167,83 mg/100 g
Vitamin	56 mg/100 g

2.2 Ekstraksi Minyak Biji Ketapang

Ekstraksi pelarut adalah suatu teknik pemisahan suatu zat dari dalam sampel dengan menggunakan pelarut. Teknik ini mutlak diperlukan untuk memisahkan minyak dari tumbuhan berbiji yang berpotensi mengandung minyak. Minyak hasil ekstraksi cenderung menunjukkan kualitas yang lebih bagus dibandingkan dengan minyak hasil pengepresan. Faktor pemilihan pelarut perlu diperhatikan agar diperoleh hasil maksimal (Vogel, 1985). Dibandingkan teknik lain, metoda ekstraksi minyak dengan pelarut mempunyai keunggulan karena hampir seluruh minyak dapat dikeluarkan, yang tinggal hanya sekitar 1 % (Ketaren, 1986).

Ekstraksi minyak nabati dari kacang – kacangan biasanya menggunakan pelarut tipe heksana. Enves *dalam* Darmilah (1989), menyelidiki ekstraksi biji kapas dengan menggunakan lima macam pelarut, yaitu n-heksana, benzena, etil eter, aseton dan butanon. Hasilnya adalah n-heksana sebagai pelarut terbaik untuk mengekstraksi minyak biji kapas ini. Priyatno (1999), berhasil mengekstraksi

minyak biji ketapang dengan pelarut n-heksana dengan lama waktu 24 jam dan suhu 80°C.

Riyanti dkk (2007), telah mempelajari pengaruh pelarut (etanol, n-heksan dan etil asetat), temperatur (60°, 70° dan 80°C) serta lama ekstraksi (10; 12,5; 15 dan 17,5 jam) terhadap kualitas minyak biji ketapang yang dihasilkan (sifat fisika kimia). Hasil penelitian menunjukkan kondisi terbaik untuk mendapatkan minyak dari biji ketapang menggunakan pelarut n-heksana, suhu 70°C dan lama ekstraksi 15 jam.

2.3 Minyak Biji Ketapang

Beberapa parameter yang digunakan sebagai uji kualitas minyak seperti kadar air, berat jenis, indek bias, kekeruhan, angka asam, angka peroksida, angka penyabunan, komposisi asam lemak, cemaran logam, kandungan minyak pelikan dan penampakan fisik seperti bau, rasa dan warna (Anonim, 2002).

Priyatno (1999), mengekstraksi minyak dari biji ketapang, minyak yang dihasilkan mempunyai beberapa parameter seperti tercantum pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Sifat fisika kimia minyak biji ketapang

Parameter	Jumlah
Berat jenis	0,923 g/mL
Angka asam	6 mg KOH/g minyak
Angka peroksida	3,2 meq/g minyak
Bilangan penyabunan	207,61 mg KOH/g minyak

Menurut Riyanti dkk (2007), diperoleh kualitas minyak biji ketapang yang lebih baik seperti tercantum pada tabel 3.

Tabel 3. Sifat fisika kimia minyak biji ketapang dengan pelarut n-heksana

Parameter	Jumlah
Berat jenis	0,9060 g/mL
Viskositas	0,1378 poise
Kekeruhan	3,517 NTU
Angka asam	1,005 mg KOH/g minyak
Angka peroksida	1,985 meq/g minyak
Bilangan penyabunan	185,278 mg KOH/ g minyak
Komposisi asam lemak	asam palmitat, palmitoleat, stearat, oleat dan linoleat

Keterangan : pelarut n-heksana, suhu 70°C selama 15 jam

2.4 Pembuatan Biodiesel

2.4.1 Bahan Kimia Untuk Proses Produksi Biodiesel

Selain minyak biji ketapang, bahan kimia yang diperlukan untuk membuat metil ester adalah alkohol dan katalis.

2.4.1.1 Alkohol

Metanol adalah alkohol yang dapat dibuat dari batu bara, gas alam, atau kayu. Namun, metanol adalah alkohol yang agresif sehingga bisa berakibat fatal bila terminum, dan memerlukan kewaspadaan dalam penggunaannya. Alkohol yang paling umum digunakan untuk reaksi transesterifikasi adalah metanol, karena harganya lebih murah dan daya reaksinya lebih tinggi dibandingkan dengan alkohol yang berantai lebih panjang. Berbeda dengan etanol, metanol tersedia dalam bentuk absolut yang mudah diperoleh, sehingga hidrolisa dan pembentukan sabun akibat air yang terdapat dalam alkohol dapat diminimalkan (Alamsyah, 2006).

2.4.1.2 Katalis

Katalis adalah suatu bahan yang berfungsi untuk mempercepat suatu reaksi dengan menurunkan energi aktivasinya. Tanpa katalis, reaksi transesterifikasi baru dapat berjalan pada suhu 205°C. Katalis yang dapat digunakan adalah katalis asam, basa ataupun penukar ion. Dengan katalis asam pada umumnya memerlukan suhu reaksi diatas 100°C, sedangkan dengan katalis basa reaksi dapat berlangsung pada suhu kamar (Kirk dan Othmer, 1992 *dalam* Suryani, 2009). Katalis basa lebih efisien dibandingkan dengan katalis asam pada reaksi transesterifikasi. Alkali katalis (katalis basa) akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis yang mungkin untuk reaksi pembuatan metil ester adalah natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH). Natrium hidroksida (NaOH) biasanya disebut dengan soda api. Kalium hidroksida (KOH) dapat digunakan jika natrium hidroksida (NaOH) tidak tersedia. Keduanya berbentuk serbuk, butiran atau pelet. Natrium hidroksida dan kalium hidroksida dapat merusak kulit, mata, sumsum, dan berakibat fatal jika tertelan. Dalam pembuatan metil ester, KOH lebih mudah digunakan dan waktu yang diperlukan 1,4 kali lebih cepat dibandingkan NaOH. KOH bekerja seperti atau lebih baik daripada soda api dalam reaksi pembuatan metil ester, dan dibanding soda api, racun pada KOH lebih sedikit (Alamsyah, 2006).

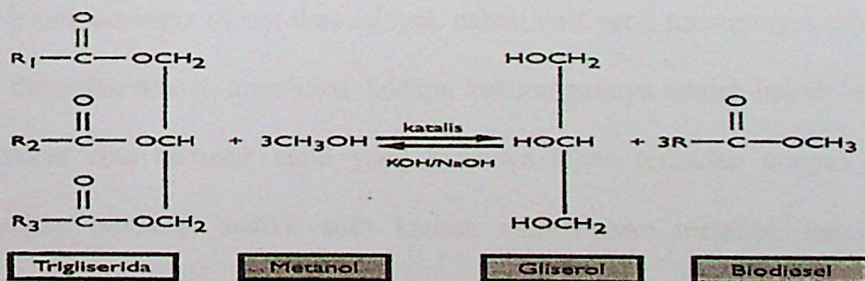
2.4.2 Proses Pembuatan Biodiesel

Viskositas minyak nabati yang terlalu tinggi menyebabkan proses penginjeksian dan atomisasi bahan bakar tidak dapat berlangsung dengan baik, sehingga akan menghasilkan pembakaran yang kurang sempurna yang dapat

mengakibatkan terbentuknya deposit dalam ruang bakar. Senyawa ini juga dapat menyebabkan kerusakan pada mesin, karena akan membentuk deposit pada pompa injektor. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan proses konversi minyak nabati ke dalam bentuk ester (metil ester) dari asam lemak minyak nabati melalui proses transesterifikasi (Hamid dan Yusuf, 2002).

Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida menjadi metil ester melalui reaksi dengan alkohol (metanol atau etanol) dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Suatu katalis biasanya digunakan untuk meningkatkan laju reaksi dari jumlah produk. Karena reaksi reversible, alkohol berlebih digunakan untuk menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan produk (Manningara, 2000).

Transesterifikasi merupakan reaksi antara trigliserida dan alkohol yang lebih rendah menghasilkan metil ester asam lemak dengan hasil samping gliserol (Suryani, 2009).



Gambar 3. Reaksi Transesterifikasi Pembentukan Metil Ester

Dalam tiap tahap satu mol alkohol dikonsumsi dan satu mol ester dibebaskan. Tiga buah asam lemak itu bereaksi dengan metanol menjadi metil ester asam lemak yang sifatnya mirip dengan minyak solar. Terputusnya



trigliserida menjadi tiga metil ester asam lemak akan menurunkan sepertiga dari berat awal molekul. Selain itu, akan menurunkan viskositas 5-10% (Prihandana dkk, 2006).

2.5 Metil Ester / Biodiesel

Metil ester merupakan bahan bakar nabati yang memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan minyak solar/minyak diesel dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus. Metil ester dapat dibuat dari lemak unggas, minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak serta material yang lain. Metil ester merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati sehingga ramah lingkungan dan tidak beracun. Metil ester memiliki keunggulan komparatif, antara lain dapat menekan polusi dan meningkatkan efisiensi mesin (Yuniarsi, 2007).

Metil ester selain dapat dibuat dari minyak tumbuhan murni, juga dapat dibuat dari minyak sisa penggorengan, atau sisa lemak atau minyak hewan. Biodiesel merupakan modifikasi dari minyak nabati. Biodiesel atau metil ester asam lemak biasanya dibuat dari minyak nabati cair yang mempunyai sifat lebih encer dan tidak mudah membeku. Sedang kekurangannya adalah bahan ini dapat melarutkan atau merusak karet yang biasanya tahan terhadap minyak diesel. Pembuatan biodiesel sedikit sulit karena memerlukan metanol, katalis dan pemisahan gliserin yang berasal dari reaksi samping (Yessy dan Ledian, 2005).

FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) adalah minyak nabati, lemak hewani, atau minyak goreng yang diubah melalui proses transesterifikasi biasanya dengan pereaksi metanol dan katalis NaOH atau KOH. FAME secara populer disebut biodiesel (Prihandana dkk, 2006).

Penggunaan biodiesel secara definisi adalah bahan bakar cair yang diformulasikan untuk mesin diesel yang bahan bakunya berasal dari sumber daya hayati. Keunggulan biodiesel adalah bahan baku yang dapat diperbarui, ramah lingkungan karena hasil pembakarannya tidak meningkatkan jumlah CO₂, SO₂ di udara dan dapat terurai secara biologis (Yuniarsi, 2007).

Bahan bakar biodiesel dapat diperbarui, memperkuat perekonomian negara dan menciptakan lapangan kerja. Apabila 0,4 – 5% biodiesel dicampur dengan bahan bakar minyak, otomatis akan meningkatkan daya lumas bahan bakar. Biodiesel mempunyai rasio kesetimbangan energi yang baik yaitu 1 sampai 2,5. Artinya untuk setiap unit energi yang digunakan pada pupuk, pestisida, bahan bakar, pemurnian, *prosesing*, dan transportasi minimum terdapat 2,5 unit energi dalam biodiesel (Alamsyah, 2006).

Energi yang ada dalam biodiesel 12% lebih rendah daripada bahan bakar diesel minyak bumi. Biodiesel mengandung energi sekitar 37 MJ/kg, sedangkan minyak diesel sekitar 42 MJ/kg. Pengurangan energi tersebut diimbangi dengan peningkatan efisiensi pembakaran biodiesel sebesar 7%. Rata-rata penggunaan biodiesel menghasilkan 5% penurunan torsi, tenaga dan efisiensi bahan bakar.

Berikut adalah karakteristik emisi biodiesel :

1. Emisi karbon dioksida netto (CO₂) berkurang 100%
2. Emisi sulfur dioksida berkurang 100%
3. Emisi debu berkurang 40-60%
4. Emisi gas karbon monoksida (CO) berkurang 10-50%
5. Emisi hidrokarbon berkurang 10-50%

6. Hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) berkurang, terutama PAH yang beracun, seperti : phenanthren berkurang 97%, benzofloraanthen berkurang 56%, benzapyren berkurang 71%, serta aldehid dan senyawa aromatik berkurang 13% (Alamsyah, 2006).

2.6 Minyak Solar

Bahan bakar diesel yang sering disebut solar (*light oil*) merupakan suatu campuran hidrokarbon yang didapat dari penyulingan minyak mentah pada temperatur 200°C-340°C. Minyak solar yang sering digunakan adalah hidrokarbon rantai lurus *hetadecene*(C₁₆H₃₄) dan *alpha-methylnaphthalene*. Bahan bakar yang sebaiknya digunakan dalam motor diesel adalah jenis bahan bakar yang dapat segera terbakar (sendiri) yaitu yang dapat memberikan periode persyaratan pembakaran rendah (Amin, 2003).

Bahan bakar motor diesel juga mempunyai sifat-sifat yang mempengaruhi prestasi. Sifat-sifat bahan bakar diesel yang mempengaruhi prestasi dari motor diesel antara lain: Penguapan (*volality*), abu dan endapan, titik tuang, dan sifat korosif :

- Penguapan (*Volality*)

Penguapan dari bahan bakar diesel diukur dengan 90% suhu penyulingan. Ini adalah suhu dengan 90% dari contoh minyak yang telah disuling, semakin rendah suhu ini maka semakin tinggi penguapannya.

- Abu dan endapan

Abu dan endapan dalam bahan bakar adalah sumber dari bahan pengeras yang mengakibatkan keausan mesin. Kandungan abu maksimal yang diijinkan adalah 0,01% dan endapan 0,05%.

- Titik Tuang

Titik tuang adalah titik temperatur terendah dimana mulai terbentuk kristal-kristal parafin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar. Titik tuang ini dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan (angka iodium). Semakin tinggi ketidakjenuhan maka titik tuang semakin rendah. Titik tuang juga dipengaruhi oleh panjang rantai karbon, semakin panjang rantai karbon maka semakin tinggi titik tuang. Titik tuang maksimum untuk bahan bakar diesel adalah 0°F (Darmanto, 2006).

- Sifat korosif

Bahan bakar minyak tidak boleh mengandung bahan yang bersifat korosif dan tidak boleh mengandung asam basa (Anonim, 2009).

Minyak solar adalah suatu fraksi yang mempunyai sifat diantara *kerosine* berat dan *lubricant* ringan dan merupakan bahan bakar jenis distilat berwarna kuning kecoklatan yang jernih. Penggunaan minyak solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi/kecepatan tinggi (diatas 1.000 RPM) (Anonim, 2009).

2.6.1 Spesifikasi Minyak Solar

Tabel 4. Spesifikasi bahan bakar minyak solar PT Pertamina

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metoda Uji	
			Min	Max	ASTM	Others
1	Bilangan Cetana			-		
	- Angka Cetana		48		D613	
	- Indek Cetana		45		D4737	
2	Berat jenis@15 °C	kg/m ³	815	870	D4052/1298	
3	Viskositas @40 °C	mm ² /Sec	2,0	5,0	D445	
4	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35	D2622	
5	Distilasi :				D86	
	T 95	°C	-	370		
6	Titik Nyala	°C	60		D93	
7	Titik Tuang	°C		18	D97	
8	Residu Karbon	% m/m		0,1	D4530	
9	Kandungan Air	mg/kg		500	D1744	
10	Biological Growth *)		Nihil *)			
11	Kandungan FAME *)	% v/v		10		
12	Kandungan Metanol & Etanol *)	% v/v	Tidak terdeteksi		D4815	
13	Korosi bilah tembaga		Kelas 1		D130	
14	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	
15	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	
16	Bilangan Asam Kuat	mg KOHL	-	0,0	D664	
17	Bilangan Asam Total	mg KOHL	-	0,6	D664	
18	Partikulat		-	-	D2276	
19	Penampilan visual		Jernih & terang			
20	Warna	No ASTM	-	3,0	D1500	

(Anonim, 2009)

2.6.2 Spesifikasi Bahan Bakar Diesel

Tabel. 5. Spesifikasi bahan bakar diesel berdasarkan ASTM D-975 (1991)

No	Karakteristik	Jenis bahan bakar diesel			Metode pengujian
		1-D	2-D	4-D	
1	Angka setana (min)	45	40	30	ASTM D-613
2	Berat jenis 60/60 ⁰ F (min)	0,82	0,84	-	ASTM D-1298
	(maks)	0,87	0,92	-	
3	Suhu distilasi ⁰ C (min)	-	282	-	ASTM D-38
	90% vol distilat (maks)	288	338	-	
4	Viskositas kinematik (min)	1,3	1,9	5,5	ASTM D-445
	100 ⁰ F (cSt) (maks)	2,4	4,1	24,0	
5	Titik nyala ⁰ C (min)	38	52	55	ASTM D-56
6	Titik tuang ⁰ C (min)	18,3	18,3	-	ASTM D-97
7	Panas pembakaran (MJ/kg) (min)	45,30	42,70	-	ASTM D-240
8	Kandungan				
	a. Air (% vol) maks	0,05	0,25	0,75	ASTM D-95
	b. Sedimen (% berat) maks	0,01	0,02	0,15	ASTM D-473
	c. Belerang (% berat) maks	0,5	0,5	2,0	ASTM D-1551
	d. Residu karbon pada 10 % residu (% berat) maks	0,15	0,35	-	ASTM D-189
e. Abu (% berat)	0,01	0,01	0,01	ASTM D-482	

(American Standard for Testing and Material (ASTM), dalam Suryani, 2009)

2.7 Pencampuran Metil Ester Dengan Solar

Penggunaan minyak nabati secara langsung sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel (biodiesel) masih menimbulkan masalah. Masalah tersebut terutama diakibatkan oleh viskositas minyak nabati yang terlalu tinggi jika dibandingkan dengan petrodiesel, sehingga akan menyebabkan proses

pembakaran yang tidak sempurna. Untuk itu, perlu dilakukan proses konversi minyak nabati kedalam bentuk ester (metil ester) melalui reaksi transesterifikasi dan pencampurannya dengan solar guna menurunkan viskositasnya (Hamid dan Yusuf, 2002).

Bahan bakar biodiesel yang dihasilkan dari minyak nabati yaitu merupakan senyawa ester alkil dari minyak nabati dengan alkohol yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi/esterifikasi dan mempunyai sifat fisika mendekati minyak solar/diesel. Secara teknis disebut B100 (100% murni biodiesel). Biodiesel dapat dimanfaatkan sebagai pencampur minyak solar atau sebagai salah satu pengganti minyak solar/minyak diesel, baik untuk bahan bakar transportasi maupun industri. Densitas dan viskositas lebih tinggi dari bahan bakar diesel fosil, yang mempengaruhi atomisasi bahan bakar dalam ruang bakar motor diesel. Atomisasi yang kurang baik akan menurunkan daya mesin dan menyebabkan terjadinya pembentukan deposit yang berlebihan pada ruang bakar dan bagian-bagian motor yang bersentuhan dengan hasil pembakaran (Hartati, 2010).

Campuran biodiesel dan solar telah digunakan di beberapa negara, seperti Brazil dan Amerika, sebagai pengganti solar. Beberapa lembaga riset di Indonesia telah mampu menghasilkan dan menggunakan biodiesel sebagai pengganti solar, misalnya BPPT, IPB, dan Pusat Penelitian Pendayagunaan Sumber Daya Alam dan Pelestarian Lingkungan ITB. Biodiesel mengandung sulfur yang relatif rendah serta angka setana yang lebih tinggi dibanding solar sehingga menambah daya tarik penggunaannya. Pada penggunaan mesin diesel, tingginya kandungan sulfur merupakan salah satu kendala. Keunggulan lain biodiesel adalah

menurunkan emisi dari mesin diesel yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, terbuat dari bio-oil yang merupakan sumber daya terbarukan (*renewable*), bersifat *biodegradable* (dapat terurai oleh mikroba-mikroba yang terdapat di lingkungan), memiliki efek pelumasan terhadap mesin, menurunkan koefisien gesek pompa dan melindungi `cam-profile` pompa, meningkatkan efisiensi pembakaran di dalam mesin (Anonim, 2008).

2.8 Parameter Biodiesel

Menurut Allison (1973), sesuai tipe mesin terdapat beberapa tingkatan jenis bahan bakar diesel yaitu :

1. 1-D, bahan bakar diesel yang digunakan untuk mesin diesel kecepatan tinggi.
2. 2-D, bahan bakar diesel untuk mesin industri dan kendaraan berat.
3. 4-D, bahan bakar diesel untuk mesin kecepatan rendah dan menengah dengan kecepatan tetap.

Kualitas bahan bakar diesel ditentukan dari beberapa parameter yaitu :

2.8.1 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis merupakan angka yang menyatakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak terhadap berat air pada volume yang sama, dengan suhu bahan bakar minyak 15⁰C dan air 4⁰C. Pengujian gravitasi spesifik metil ester akan memberikan lebih banyak informasi tentang bagaimana bahan bakar bekerja dalam mesin diesel. Gravitasi spesifik metil ester dapat diukur dengan hidrometer, yaitu alat berupa tabung gelas yang telah diisi udara dan disesuaikan dengan

satuan berat. Di Amerika berat jenis dinyatakan dalam satuan lain yaitu °API (*American Petroleum Institute*) dan cara perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Derajat API} = \frac{141,5}{\text{Gravitasi Spesifik (60/60°F)}} - 131,5$$

Bahan bakar minyak umumnya mempunyai berat jenis antara 0,74 – 0,96, dengan kata lain minyak lebih ringan daripada air (Anonim, 1996). Menurut standard ASTM, biodiesel seharusnya memiliki berat jenis tidak lebih dari 0,900 pada suhu 15°C. Jika bahan bakar biodiesel mempunyai gravitasi spesifik lebih dari 0,900 pada 15°C, kemungkinan merupakan hasil dari reaksi yang tidak sempurna dan seharusnya tidak digunakan untuk mesin diesel, karena dapat meningkatkan keausan mesin, emisi, dan menyebabkan kerusakan pada mesin (Syah, 2006 *dalam* Larasati, 2009).

2.8.2 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah suhu terendah dimana uap minyak yang terdapat di atas cairannya dapat membentuk campuran dengan udara, dan akan menyala bila dikenai oleh percikan api. Titik nyala yang terlalu rendah menyukarkan dalam penyimpanan dan pengangkutan (Daryanto *dalam* Larasati, 2009).

Titik nyala yang rendah sangat berbahaya terutama di daerah beriklim panas. Titik nyala minyak diesel 100-130°F atau 38-53°C, sedangkan titik nyala biodiesel 300°F. Titik nyala dapat dihitung menggunakan *Pensky Marten's Closed Cup Flash Point Meter*. Titik nyala biodiesel diharapkan tinggi (> 140°C), karena bila titik nyala rendah sangat mudah terbakar dalam penyimpanan (Yessy dan Lediana, 2005).

2.8.3 Kinematik Viskositas

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan atau hambatan dalam dari suatu bahan cairan untuk mengalir atau ukuran tahanan geser dari bahan cair. Kinematik viskositas dinyatakan dalam satuan cSt atau mm^2/detik . Kinematik viskositas dapat diukur dengan metode ASTM D-455, metode ini untuk menentukan viskositas cairan produk petroleum, dengan mengukur waktu alir suatu volume tertentu cairan pada temperatur yang dikehendaki, melalui kapiler yang sudah dikalibrasi dan menggunakan aliran berdasarkan gravitasi. Makin tinggi viskositas suatu minyak, makin kental minyak tersebut dan makin sukar untuk mengalir, demikian sebaliknya makin rendah viskositas minyak, makin encer minyak tersebut dan makin mudah mengalir. Viskositas bahan bakar minyak sangat penting bagi mesin-mesin diesel karena viskositas minyak sangat berkaitan dengan suplai konsumsi bahan bakar ke ruang bakar dan juga berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan (*atomizing*) bahan bakar melalui injektor (Mahon, 1992 *dalam* Sitompul, 2006).

Menurut Prihandana (2006), kinematik viskositas merupakan rasio dari koefisien viskositas pada densitas fluida. Pengukuran kekentalan ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel. Atomisasi bahan bakar sangat bergantung pada viskositas, tekanan injeksi, serta ukuran lubang injektor. Bahan bakar dengan viskositas yang tinggi memungkinkan butir-butir bahan bakar masuk terhempas jauh ke dalam ruang bakar sehingga derajat pengabutan menjadi jelek dan pembakarannya tidak sempurna.

Hasil penelitian Platini (2007), menunjukkan bahwa viskositas metil ester dari minyak kelapa semakin naik dengan kenaikan perbandingan metanol. Viskositas campuran metil ester minyak kelapa dengan minyak solar (B5) diperoleh 2,712 cSt mendekati viskositas dari solar yaitu 2,981 cSt.

2.8.4 Indeks Setana

Indeks setana merupakan persentase setana dalam campurannya dengan metil naftalin sehingga sifat pembakarannya sama dengan minyak diesel (Daintith, 1990). Tingkat pembakaran untuk minyak diesel dinyatakan oleh indeks setana seperti halnya angka oktan untuk bensin. Indeks setana adalah suatu indeks yang biasa digunakan bagi motor diesel, untuk menunjukkan tingkat kepekaannya terhadap ketukan (*detonase*). Skala campuran antara normal setana ($C_{16}H_{34}$) dengan *alfa-methyl-naphthalene* ($C_{10}H_7CH_3$) atau dengan *heptamethylnonane* ($C_{16}H_{34}$) dipergunakan sebagai bahan bakar standar pengukuran (Wiranto, 1997).

Indeks setana juga dapat diartikan sebagai angka yang menunjukkan kualitas pembakaran dari bahan bakar mesin diesel yang diperlukan untuk mencegah *diesel knock* atau suara pukulan dalam ruang bakar mesin diesel. Untuk mesin diesel yang bekerja dengan putaran tinggi diperlukan bahan bakar minyak dengan indeks setana yang tinggi pula, sebaliknya untuk mesin diesel yang bekerja pada putaran rendah cukup diperlukan bahan bakar dengan indeks setana yang rendah pula.

Nilai indeks setana antara 0-100, dimana angka 100 adalah yang paling baik dan 0 adalah yang paling jelek. Indeks setana minyak diesel adalah 40, sedangkan indeks setana biodiesel berkisar 53 (Wanto dan Subagio, 1980).

Indeks setana yang tinggi menunjukkan bahan bakar dapat menyala pada temperatur yang rendah, sebaliknya indeks setana yang rendah menunjukkan bahan bakar baru dapat menyala pada temperatur yang tinggi. Penggunaan bahan bakar yang mempunyai indeks setana yang tinggi, dapat mencegah terjadinya *detonasi* dan *knocking* karena begitu bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar, bahan bakar akan langsung terbakar dan tidak terakumulasi (Prihandana, 2006).

Hasibuan (2007), mendapatkan indeks setana campuran metil ester minyak kelapa dan minyak solar (B5 = metil ester 95% : solar 5%) sebesar 51,3, sedangkan hasil penelitian Platini (2007) menunjukkan bahwa peningkatan jumlah metanol dan temperatur cenderung menaikkan nilai indeks setana.

2.8.5 Residu Karbon

Residu karbon adalah jumlah karbon yang terbentuk bila minyak dipanaskan sampai suhu tinggi. Semakin tinggi residu karbon makin kurang baik karena dalam pemakaiannya akan semakin banyak karbon. Residu karbon juga merupakan pengukuran tendensi bahan bakar dalam bentuk batu arang ketika dipanaskan (Conderson dan Ramsbottom *dalam* Mahon, 1992).

Tingkatan residu karbon tergantung pada jumlah asam lemak bebas, jumlah gliserida, dan jumlah alkali sebagai katalis yang sudah terbentuk sabun. Kadar residu karbon harus kecil karena fraksi hidrokarbon ini akan menyebabkan penumpukan residu karbon dalam ruang pembakaran. Akibatnya, kinerja mesin akan berkurang. Pada temperatur yang tinggi, deposit karbon dapat membara sehingga akan menaikkan temperatur silinder pembakaran (Prihandana, 2006).

Pemeriksaan karbon dapat dilakukan menggunakan *Conradson and Ramsbottom test*. Pemeriksaan ini diperlukan untuk menaksir kemungkinan terbentuknya karbon pada proses pembakaran yang berasal dari bahan bakar minyak tersebut, karena hal ini dapat menyebabkan kerak pada injektor dari mesin diesel (Anonim, 1996).

2.8.6 Kandungan Sedimen

Pengukuran kandungan sedimen dalam bahan bakar minyak adalah untuk mengurangi partikel yang nyata seperti pasir, kotoran atau senyawa yang larut termasuk suspensi dan logam dalam jumlah kecil sebagai zat pengotor (*impurities*) yang tidak dikehendaki keberadaannya. Keberadaan sedimen dapat menyumbat dan merusak mesin yang berpengaruh pada proses pembakaran dan mengakibatkan pencemaran udara dan menurunkan angka setana. Selain itu sedimen juga dapat meracuni katalis (Anonim, 1996).

Hasibuan (2007), mendapatkan kandungan sedimen pada campuran B5 metil ester minyak kelapa dan minyak solar sebesar 0,01105 % berat.

2.8.7 Kadar Sulfur

Kadar sulfur yang tinggi dalam minyak akan menyebabkan terjadinya korosif pada mesin diesel (Wanto dan Subagio, 1980). Semua bahan bakar mengandung belerang dalam jumlah yang kecil. Pembatasan kadar belerang sangat penting dalam spesifikasi bahan bakar minyak. Hal ini disebabkan karena selama proses pembakaran, belerang akan teroksidasi oleh oksigen menjadi belerang dioksida (SO_2) dan belerang trioksida (SO_3). Oksida belerang ini apabila kontak dengan air merupakan bahan yang bersifat merusak/korosif terhadap

logam di dalam ruang bakar dan sisa pembakaran minyak yang mengandung sulfur ini umumnya berupa gas yang sangat berbahaya bagi lingkungan hidup (Anonim, 1996).

Umumnya kandungan sulfur dalam minyak nabati lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Platini, 2007).

2.8.8 Kandungan Air (*Water content*)

Kandungan air dalam minyak dapat menyebabkan pembakaran kurang sempurna. Apabila kontak dengan belerang menyebabkan korosi pada logam dalam ruang bakar. Kandungan air minyak diesel maksimum 0,05 % berat (Anonim, 1996).

Kandungan air yang nilainya di atas ketentuan akan menyebabkan reaksi yang terjadi pada konversi minyak nabati tidak sempurna (terjadi reaksi penyabunan). Bisa juga terjadi proses hidrolisis pada biodiesel sehingga akan meningkatkan bilangan asam, menurunkan pH, dan meningkatkan sifat korosif. Pada temperatur rendah, air dapat mendorong terjadinya pemisahan pada biodiesel murni dan dalam proses pencampuran (Prihandana, 2006).

2.7.9 Warna

Pengukuran warna adalah suatu pengamatan menggunakan pembanding warna standar, dimana sampel bahan bakar dibandingkan dengan standar warna yang ada, bilamana warna sampel bahan bakar di luar standar spesifikasinya maka ada kemungkinan bahan bakar tersebut tercampur dengan bahan lain. Ini dilakukan untuk menunjukkan kemurniannya. Selain sebagai daya tarik produk, warna juga dapat dipakai sebagai dasar untuk mengetahui pada tingkat awal



adanya *deteriorasi* ataupun *kontaminasi*. Metode untuk pengujian warna yang dilakukan adalah ASTM D-1500 (Yubaidah, 2008).

2.8.10 Destilasi

Destilasi mengindikasikan sifat penguapan suatu zat/cairan. Kemudahan suatu cairan berubah menjadi gas memegang peranan penting dalam campuran udara dan bahan bakar diesel pada saat terjadinya penyalaan di ruang bakar motor diesel. Sifat destilasi (volatilitas) dari bahan bakar memiliki pengaruh penting terhadap keselamatan dan kinerjanya. Volatilitas adalah hal utama bagi bahan bakar untuk membentuk uap yang mudah terbakar. Sifat ini mempengaruhi penyalaan dan pemanasan. Adanya komponen yang mempunyai titik didih tinggi akan mempengaruhi terbentuknya sisa pada pembakaran (Manningara, 2000).

Destilasi diukur dengan menggunakan metode ASTM D-38. Dalam pengukuran destilasi akan diketahui titik didih awal dan titik didih akhir. Titik didih awal adalah pembacaan termometer pada waktu tetesan pertama diujung kondensor. Sedangkan titik didih akhir adalah pembacaan termometer tertinggi (maksimum) sewaktu analisa, keadaan ini biasanya terjadi apabila semua cairan dalam tabung sudah habis menguap (Anonim, 2001).