

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Kelapa Sawit (Minyak Goreng)

2.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Minyak Goreng

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar dan biasanya digunakan untuk menggoreng bahan makanan (Wikipedia, 2009). Minyak goreng berfungsi sebagai penghantar panas, penambah rasa gurih, dan penambah nilai kalori bahan pangan. Sifat minyak goreng dibagi menjadi sifat fisik dan sifat kimia (S.Ketaren, 2005), yaitu :

1. Sifat Fisik

a. Warna

Terdiri dari 2 golongan, golongan pertama yaitu zat warna alamiah, yaitu secara alamiah terdapat dalam bahan yang mengandung minyak dan ikut terekstrak bersama minyak pada proses ekstraksi. Zat warna tersebut antara lain α dan β karoten (berwarna kuning), *xantofil* (berwarna kuning kecoklatan), *klorofil* (berwarna kehijauan) dan *antosyanin* (berwarna kemerahan). Golongan kedua yaitu zat warna dari hasil degradasi zat warna alamiah, yaitu warna gelap disebabkan oleh proses oksidasi terhadap *tokoferol* (vitamin E), warna coklat disebabkan oleh bahan untuk membuat minyak yang telah busuk atau rusak dan warna kuning umumnya terjadi pada minyak tidak jenuh.

a. *Odor dan flavor*, terdapat secara alami dalam minyak dan juga terjadi karena pembentukan asam-asam yang berantai sangat pendek.

b. Kelarutan, minyak tidak larut dalam air kecuali minyak jarak (*castor oil*), dan minyak sedikit larut dalam alkohol, etil eter, karbon disulfide dan pelarut-pelarut halogen.

c. Titik cair dan *polymorphism*, minyak tidak mencair dengan tepat pada suatu nilai temperatur tertentu. *Polymorphism* adalah keadaan dimana terdapat lebih dari satu bentuk kristal.

d. Titik didih (*boiling point*), titik didih akan semakin meningkat dengan bertambah panjangnya rantai karbon asam lemak tersebut.

- e. Titik lunak (*softening point*), dimaksudkan untuk identifikasi minyak tersebut
- f. *Slipping point*, digunakan untuk pengenalan minyak serta pengaruh kehadiran komponen-komponennya.
- g. Titik leleh, yaitu temperatur pada saat terjadi tetesan pertama dari minyak atau lemak.
- h. Bobot jenis, biasanya ditentukan pada temperatur 25°C, dan juga perlu dilakukan pengukuran pada temperatur 40°C.
- i. Titik asap, titik nyala dan titik api, dapat dilakukan apabila minyak dipanaskan. Merupakan kriteria mutu yang penting dalam hubungannya dengan minyak yang akan digunakan untuk menggoreng.
- j. Titik kekeruhan (*turbidity point*), ditetapkan dengan cara mendinginkan campuran minyak dengan pelarut lemak.

2. Sifat Kimia

- a. Hidrolisa, dalam reaksi hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisa yang dapat menyebabkan kerusakan minyak atau lemak terjadi karena terdapatnya sejumlah air dalam minyak tersebut.
- b. Oksidasi, proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak. Terjadinya reaksi oksidasi akan mengakibatkan bau tengik pada minyak dan lemak.
- c. Hidrogenasi, proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak.
- d. Esterifikasi, proses esterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-asam lemak dari trigliserida dalam bentuk ester. Dengan menggunakan prinsip reaksi ini hidrokarbon rantai pendek dalam asam lemak yang menyebabkan bau tidak enak, dapat ditukar dengan rantai panjang yang bersifat tidak menguap.

Semua minyak tersusun atas unit-unit asam lemak. Jumlah asam lemak alami yang telah diketahui ada dua puluh jenis asam lemak yang berbeda. Tidak ada satu pun minyak atau lemak tersusun atas satu jenis asam lemak, selalu dalam bentuk campuran dari banyak asam lemak. Proporsi campuran perbedaan asam-asam lemak tersebut menyebabkan lemak dapat berbentuk cair atau padat,

bersifat sehat atau membahayakan kesehatan, tahan simpan, atau mudah tengik. Pada Tabel 1 menampilkan komposisi asam lemak dari minyak goreng (minyak sawit).

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Goreng (Minyak Kelapa Sawit)

Asam Lemak	Jumlah (%)
Asam Kaprilat	-
Asam Kaproat	-
Asam Miristat	1,1 – 2,5
Asam Palmitat	40 – 46
Asam Stearat	3,6 – 4,7
Asam Oleat	30 – 45
Asam Laurat	-
Asam Linoleat	7 – 11

Sumber: Ketaren, 2005

Sebagian besar lemak dalam makanan (termasuk minyak goreng) berbentuk *trigliserida*. Jika terurai, *trigliserida* akan berubah menjadi satu molekul *gliserol* dan tiga molekul asam lemak bebas. Semakin banyak *trigliserida* yang terurai semakin banyak asam lemak bebas yang dihasilkan (Morton dan Varela, 1988), pada proses oksidasi lebih lanjut, asam lemak bebas ini akan menyebabkan lemak atau minyak menjadi bau tengik (Ketaren, 1986). Biasanya untuk menghilangkan atau memperlambat oksidasi yang menyebabkan bau tengik ini, minyak goreng ditambah dengan vitamin A, C, D atau E (Luciana, 2005). Standar mutu minyak goreng dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Standar Mutu Minyak Goreng

No	Kriteria Uji	Persyaratan
1	Bau	Normal
2	Rasa	Normal
3	Warna	Muda Jenuh
4	Cita Rasa	Hambar
5	Kadar Air	Max 0,3 %
6	Asam Lemak Bebas	Max 0,3%
7	Titik Asap	Max 200 ⁰ C
8	Bilangan Iodin	45-51

sumber : SNI 3741 – 1995 Standar Mutu Minyak Goreng

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada minyak goreng adalah sebagai berikut:

a. Lamanya kontak dengan panas

Berdasarkan penelitian terhadap minyak jagung, pada pemanasan 10-12 jam pertama, bilangan iod berkurang dengan kecepatan konstan, sedangkan jumlah oksigen dalam lemak bertambah dan selanjutnya menurun setelah pemanasan 4 jam kedua berikutnya. Kandungan persenyawaan *karbonil* bertambah dalam minyak selama proses pemanasan, kemudian berkurang sesuai dengan berkurangnya jumlah oksigen.

b. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kerusakan minyak telah diselidiki dengan menggunakan minyak jagung yang dipanaskan selama 24 jam pada suhu 120°C, 160°C dan 200°C. Minyak yang dipanaskan pada suhu 160°C dan 200°C menghasilkan bilangan peroksida lebih rendah dibandingkan dengan pemanasan pada suhu 120°C. Hal ini merupakan indikasi bahwa persenyawaan peroksida bersifat tidak stabil terhadap panas. Kenaikan nilai kekentalan dan indek bias paling besar pada suhu 200°C, karena pada suhu tersebut jumlah senyawa *polimer* yang terbentuk relatif cukup besar.

c. Akselerator Oksidasi

Kecepatan aerasi juga memegang peranan penting dalam menentukan perubahan-perubahan selama oksidasi thermal. Nilai kekentalan naik secara proporsional dengan kecepatan aerasi, sedangkan bilangan iod semakin menurun dengan bertambahnya kecepatan aerasi. Konsentrasi persenyawaan karbonil akan bertambah dengan penurunan kecepatan aerasi. Senyawa karbonil dalam lemak-lemak yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai pro-oksidan atau sebagai akselerator pada proses oksidasi.

2.2 Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah minyak limbah yang berasal dari minyak goreng seperti minyak jagung, minyak sayur, minyak samin, minyak matahari dll. Minyak ini merupakan bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga umumnya dapat digunakan lagi untuk keperluan kuliner akan tetapi di tinjau dari komposisi kimianya minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik dapat menyebabkan penyakit kanker dalam jangka waktu yang panjang. Jadi sangat jelas dikatakan bahwa penggunaan minyak goreng

secara berulang-ulang dapat mengganggu kesehatan manusia. Dari minyak jelantah ini dapat diproses menjadi minyak yang bermutu, misalnya membuat biodiesel dari minyak jelantah. Akan tetapi minyak jelantah yang akan diproses untuk pembuatann biodiesel harus melalui proses pemurnian. Selain pembuatan biodiesel minyak jelantah ini bisa digunakan dalam pembuatan *virgin coconut oil* (VCO). Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga umumnya, dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner, akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan (Wikipedia, 2009).

Minyak goreng sangat mudah untuk mengalami oksidasi (Ketaren, 2005). Minyak jelantah telah mengalami penguraian molekul-molekul, sehingga titik asapnya turun drastis, dan bila disimpan dapat menyebabkan minyak menjadi berbau tengik. Bau tengik dapat terjadi karena penyimpanan yang salah dalam jangka waktu tertentu menyebabkan pecahnya ikatan trigliserida menjadi gliserol dan FFA (*free fatty acid*) atau asam lemak jenuh. Sifat fisik dan kimia minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Sifat Fisik Dan Kimia Minyak Jelantah

Sifat Fisik Minyak Jelantah	Sifat Kimia Minyak Jelantah
Warna coklat kekuning-kuningan	Hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol.
Berbau tengik	Proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak.
Terdapat endapan	Proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak.

Sumber: Anonim, 2015

Pemilihan minyak jelantah (*waste cooking oil*) sebagai bahan baku biodiesel dikarenakan beberapa alasan berikut ini: (Rahchimoellah, 2011)

1. Murah

Pada tabel 4 dapat dilihat perbandingan harga rata-rata bahan baku dalam produksi biodiesel 2007 (US\$/ton).

Tabel 4. Perbandingan Harga Rata-Rata Bahan Baku dalam Produksi Biodiesel 2009 (US\$/ton)

<i>Jenis Feedstock</i>	<i>Price (US\$/ton)</i>
<i>Crude Palm Oil</i>	703
<i>Rapesses Oil</i>	824
<i>Soybean</i>	771
<i>Waste Cooking Oil</i>	224
<i>Yellow Grease</i>	412

Sumber: Demirbas, 2009

2. Melimpah

Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk diolah menjadi minyak biodiesel mengingat konsumsi minyak goreng yang sangat tinggi, sehingga sisa minyak yang telah digunakan (minyak jelantah) juga banyak. Pada tabel 5 menampilkan jumlah penghasil minyak jelantah pada tahun 2007.

Tabel 5. Menampilkan Jumlah Penghasil Minyak Jelantah pada Tahun 2007

Sektor Penghasil Minyak Jelantah	Jumlah (ton/tahun)
Rumah Tangga	305.050,14
Industri Pengolahan Makanan	2.079.417,56
Restauran & Hotel	1.502.218,93
Total	3.886.686,63

Sumber: Anonim, 2007

3. Merupakan Limbah

Minyak jelantah merupakan limbah hasil penggorengan dimana limbah tersebut biasanya dibuang ke saluran begitu saja sehingga akan berdampak terhadap lingkungan.

2.3 Biodiesel

Biodiesel merupakan sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, tidak mengandung sulfur dan tidak beraroma. Biodiesel dihasilkan dengan mereaksikan minyak tanaman (kelapa sawit, jarak pagar, minyak jelantah) dengan alkohol menggunakan katalis pada suhu dan konsentrasi tertentu, sehingga akan dihasilkan dua zat yang disebut *alkyl ester* (umumnya metil atau etil ester) dan *gliserol*. Proses reaksi di atas biasa disebut dengan proses "Transesterifikasi". Metil ester yang diperoleh perlu dimurnikan untuk mendapatkan biodiesel yang bersih.

Biodiesel mempunyai rantai karbon antara 12-20 serta mengandung Oksigen. Adanya oksigen pada biodiesel membedakannya pada *Petroleum Diesel* (solar) yang komponen utamanya hanya dari hidrokarbon. Jadi komposisi biodiesel dan petroleum sangat berbeda. Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan karena bahan bakunya dibudidayakan oleh manusia, selanjutnya dipanen dan diolah menjadi bahan bakar. Pemanfaatannya yang terus-menerus menjadikan bahan bakar nabati disebut bahan bakar yang dapat diperbaharui. Biodiesel secara nyata dapat mengurangi pencemaran, mengurangi hidrokarbon yang tidak terbakar, karbon monoksida, sulfat, dan hujan asam. Kandungan belerang yang sangat rendah akan memungkinkan penggunaan katalis pada sistem gas buang.

Pencampuran 20% biodiesel ke dalam *petroleum diesel* menghasilkan produk bahan bakar tanpa mengubah sifat fisik secara nyata. Standar biodiesel dalam bentuk metil ester telah dikembangkan di sejumlah negara untuk menjamin kualitas. Jika dipergunakan bersama minyak solar, biodiesel dapat mengurangi atau menghilangkan kebutuhan belerang dalam minyak diesel. Biasanya belerang dibutuhkan lebih 500 ppm atau 0,05% dalam minyak solar untuk menambah pelumasan. Pencampuran biodiesel dengan solar dapat mengurangi kadar belerang hingga 15 ppm atau 0,0015%. Pencampuran yang dilakukan dengan 1 %. Biodiesel akan memperoleh 65% pelumasan. Untuk maksud pengurangan kadar belerang ini cukup hanya dengan menambahkan biodiesel kedalam solar sebanyak 0,4-0,5%.

2.4 Komponen-Komponen Biodiesel

2.4.1 Metil Ester Asam Lemak Sebagai Komponen Biodiesel

Metil ester asam lemak memiliki rumus molekul $C_{n-1}H_{2(n-r)-1}COOCH_3$ dengan nilai n yang umum adalah angka genap antara 8 sampai dengan 24 dan nilai r yang umum 0, 1, 2 atau 3. Beberapa metil ester asam lemak yang dikenal adalah:

1. Metil *stearat*, $C_{17}H_{35}OOOCH_3$ ($n = 18$; $r = 0$)
2. Metil *paslmitat*, $C_{15}H_{31}OOOCH_3$ ($n = 16$; $r = 0$)
3. Metil *laurat*, $C_{11}H_{23}OOOCH_3$ ($n = 12$; $r = 0$)
4. Metil *oleat*, $C_{17}H_{33}OOOCH_3$ ($n = 18$; $r = 1$)

5. Metil *linoleat*, $C_{17}H_{31}OOCH_3$ ($n = 18$; $r = 2$)

6. Metil *linolenat*, $C_{17}H_{29}OOCH_3$ ($n = 18$; $r = 3$)

Kelebihan metil ester asam lemak dibandingkan asam-asam minyak lainnya:

1. Ester dapat diproduksi pada suhu yang lebih rendah.
2. Gliserol yang dihasilkan dari metanolisis adalah bebas air.
3. Pemurnian metil ester lebih mudah dibandingkan dengan minyak lemak lainnya karena titik didihnya lebih rendah.
4. Metil ester dapat diproses dalam peralatan *carbon steel* dengan biaya lebih rendah dari pada asam lemak yang memerlukan peralatan *stainless steel*.

Metil ester asam lemak tak jenuh memiliki angka setana yang lebih kecil disbanding metil ester asam lemak tak jenuh ($r = 0$). Meningkatnya jumlah ikatan rangkap suatu metil ester asam lemak akan menyebabkan penurunan bilangan setana. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa komponen biodiesel lebih dikehendaki metil ester asam lemak jenuh seperti yang terdapat dalam fraksi *stearin* minyak sawit.

2.4.2 Minyak Nabati Sebagai Komponen Biodiesel

Industri pengolahan minyak sawit menghasilkan fraksi *olein* dan *stearin*. Fraksi *olein* lebih baik digunakan untuk pembuatan minyak goreng, karena asam lemak tak jenuh yang terkandung di dalamnya lebih mudah dihancurkan didalam tubuh. Fraksi *stearin* biasanya digunakan sebagai bahan baku pabrik oleokimia dan untuk diekspor. *Stearin* memiliki asam lemak jenuh yang tinggi dibandingkan olein, karena itu fraksi *stearin* memiliki bilangan setana lebih besar. Kedua alasan diatas menjadikan fraksi *stearin* sebagai sumber yang tepat untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel.

Pada Tabel 6 menyajikan kandungan asam lemak dari beberapa minyak nabati. data yang disajikan mengenai peren kandungan asam lemak jenuh ($r = 0$) dan tidak jenuh ($r > 0$) dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya angka setana yang dimiliki tiap jenis asam lemak. Asam lemak dari sawit memiliki asam lemak jenuh yang lebih tinggi sehingga dapat diperkirakan memiliki angka setana yang lebih tinggi. Minyak kedelai adalah bahan baku yang dikembangkan di Amerika Serikat. Bahan baku minyak bunga matahari dan

kanola dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel di Eropa, memiliki angka setana dibawah biodiesel dari minyak sawit.

Tabel 6. Kandungan Asam Lemak Beberapa Minyak Nabati

Asam Lemak	R	n	Sawit (%)	Inti Sawit (%)	Kelapa (%)	Kedelai (%)	Bunga Matahari (%)	Kanola (%)
Heksanoat	0	6	-	0,5	0,5	-	-	-
Oktanoat	0	8	-	3-10	6 - 9	-	-	-
Dekanoat	0	10	-	3 - 14	6-10	-	-	-
Laurat	0	12	0,1-1,0	37-52	44-51	-	-	-
Miristat	0	14	0,9-1,5	7-17	13-18	-	-	-
Palmitat	0	16	41,8-46,8	2-9	8-10	7-10	4-8	3,49
Stearat	0	18	4,2-5,1	1-3	1-3	3-6	2-5	0,48
Eikosanoat	0	20	0,2-0,7	0,6	-	0-2	0-1	-
Dekasanoat	0	22	-	-	-	-	0-1	-
Palmitoleat	1	16	-	0,6	0,3	1	-	-
Oleat	1	18	37,3-40,8	11-23	5,5-7,5	20-35	20-35	64,4
Linoleat	2	18	9,1-11,0	1-3	Tr-2,5	40-57	45-68	22,30
Linolenat	3	18	0-0,6	-	-	5-24	-	8,23

Sumber: CIC Indonesia, 1992; Goering 1982

Keterangan: N = Jumlah Karbon

R = Ikatan Rangkap

2.4.3 Komponen Biodiesel Minyak Jelantah

Berdasarkan hasil penelitian Evi Setiawati dan Fatmir Edwar di Balai Riset dan Standarisasi Industri Bajarbaru tentang Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Bahan Bakar Alternatif Biodiesel, didapatkan hasil kandungan senyawa (komponen) yang terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kandungan Senyawa (Komponen) Biodiesel

No.	Senyawa	%
1.	<i>Metil ester tridekanoat</i>	0,56
2.	<i>Metil ester heksadekanoat (palmitat)</i>	39,93
3.	<i>Olealdehid</i>	0,15
4.	<i>Metil ester 9-octadekanoat (oleat)</i>	51,29
5.	<i>Metil ester oktadekanoat (stearat)</i>	4,58
6.	<i>Metil ester risinoleat (undekanoat)</i>	3,31
7.	<i>Metil ester eikosanoat (arachidat)</i>	0,18

Sumber: Evy Setiawati dan Fatmir Edwar, 2012

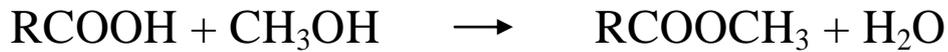
2.5 Reaksi Pembuatan Biodiesel

Dalam penentuan proses pembuatan biodiesel kandungan FFA (Kandungan Asam lemak bebas) merupakan faktor penentu jenis proses pembuatan biodiesel yang akan dilakukan apakah dengan menggunakan proses transesterifikasi, esterifikasi atau esterifikasi-transesterifikasi.

2.5.1 Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi antara metanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat, karena itu zat seperti asam sulfat, asam *sulfonat* organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial (Soerawidjaja, 2006). Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan 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 ke konversi yang 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. Reaksi esterifikasi tidak hanya mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester tetapi juga mengubahnya menjadi

trigliserida meskipun dengan kecepatan reaksi yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa (Freedman *et al.*, 1984). Untuk mendorong reaksi dapat mengkonversi sempurna pada suhu rendah (65°C) reaktan metanol.

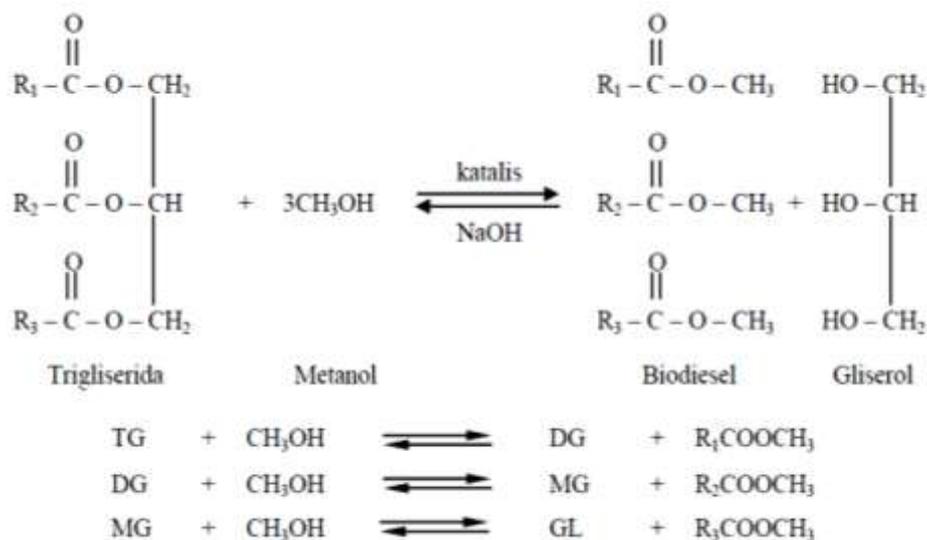


Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester

Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka-asam ≥ 5 mg-KOH/g). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu.

2.5.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi biasa disebut dengan alkoholisis adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi metil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Proses transesterifikasi biasanya ditunjukkan untuk membuat biodiesel dengan menggunakan bahan baku yang memiliki kadar FFA rendah yaitu $< 5\%$. Tujuan dari proses transesterifikasi ini adalah untuk menurunkan viskositas atau kekentalan minyak sehingga mendekati viskositas dari solar.



Menurut Hambali *et al* (2007) Metode transesterifikasi terdiri dari 4 tahapan :

1. Pencampuran katalis alkali umumnya NaOH atau KOH dengan alkohol biasanya metanol dan etanol pada konsentrasi katalis antara 0,5 – 1 wt% dan dan 10-20 wt % metanol terhadap minyak.
2. Pencampuran alkohol dan katalis dengan minyak pada temperatur 55°C dengan kecepatan pengadukan konstan. Reaksi dilakukan sekitar 30 – 40 menit.
3. Setelah reaksi berhenti pencampuran didiamkan hingga terjadi pemisahan antara metil ester dan gliserol. Metil ester yang dihasilkan pada tahap ini sering disebut sebagai *crude* biodiesel, karena metil ester yang dihasilkan mengandung zat pengotor seperti sisa metanol, sisa katalis, gliserol dan sabun.
4. Metil ester yang dihasilkan pada tahap ini dicuci menggunakan air hangat untuk memisahkan zat-zat pengotor dan kemudian dilanjutkan dengan drying untuk menguapkan air yang terkandung didalam biodiesel.

2.6 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Biodiesel

Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor Internal merupakan kondisi yang berasal dari minyak, seperti kandungan air dan asam lemak bebas. Sedangkan faktor eksternal merupakan kondisi yang tidak berasal dari minyak, meliputi kecepatan pengadukan, suhu reaksi, rasio metanol dan jenis katalis. Berikut ini adalah faktor-faktor yang yang mempengaruhi hasil perolehan biodiesel dari proses transesterifikasi.

1. Pengaruh air dan asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari Banyak peneliti yang menyarankan agar kandungan asam lemak bebas lebih kecil dari 0,5% (<0,5%). Apabila bahan baku memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi (> 5%) harus dilakukan perlakuan awal terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan katalis basa akan bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun dan air (Joelianingsih, Tambunan, H.A.,*et al*). Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air, karena katalis basa bersifat

higroskopis atau mudah menyerap air. Jika penyerapan air terlalu banyak mengakibatkan katalis tidak bekerja optimal.

2. 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. Pada rasio molar 6 : 1, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98-99%, sedangkan pada 3 : 1 adalah 74-89%.

3. Pengaruh jenis alkohol

Pada rasio 6 : 1, metanol akan memberikan perolehan rendemen ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol atau butanol. Hal ini disebabkan metanol merupakan alkohol yang memiliki rantai terpendek dan lebih reaktif dengan minyak. Keuntungan penggunaan metanol yaitu katalis alkali mudah larut dalam alkohol ini. Jumlah metanol yang diberikan secara berlebih yaitu untuk menggeser reaksi kearah kanan. Penambahan metanol yang terlalu besar akan menyulitkan dalam proses pemisahan gliserol karena akan meningkatkan kelarutan gliserol didalam metil ester (Meher et al, 2006).

4. Pengaruh jenis katalis

Dalam reaksi pembuatan biodiesel diperlukan katalis karena reaksi cenderung berjalan lambat. Katalis berfungsi menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Katalis yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dapat berupa katalis basa maupun katalis asam. Dengan katalis basa reaksi berlangsung pada suhu kamar sedangkan dengan katalis asam reaksi baru berjalan baik pada suhu sekitar 100°C. Bila tanpa katalis, reaksi membutuhkan suhu minimal 250°C (Kirk & Othmer, 1980).

a. Katalis Basa

Terdapat dua jenis katalis basa yang umum digunakan dalam pembuatan biodiesel, yaitu katalis basa homogen dan heterogen. Katalis basa

homogen merupakan katalis basa yang memiliki fasa yang sama dengan reaktan dan produk reaksinya. Katalis basa homogen memiliki kelebihan yakni suhu dan tekanan yang dibutuhkan dalam reaksi relatif rendah. Katalis basa homogen yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah NaOH (natrium hidroksida) dan KOH (kalium hidroksida). Beberapa katalis basa heterogen yang juga dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah CaZrO_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SnO}$, Li/MgO , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{KI}$, $\text{KOH/Al}_2\text{O}_3$, KOH/NaY dan K_2CO_3 tersuport alumina/silika. Keuntungan dari katalis basa adalah kemampuan katalisatornya yang tinggi dan harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan katalis asam. Akan tetapi untuk mendapatkan performa proses yang optimum, penggunaan katalis basa dalam reaksi transesterifikasi memiliki beberapa persyaratan penting, diantaranya alkohol yang digunakan harus dalam keadaan anhidrous dengan kandungan air $< 0,1\text{--}0,5\%$. Selain itu, minyak yang digunakan harus memiliki kandungan asam lemak bebas $< 0,5\%$. Keberadaan air dalam reaksi transesterifikasi sangat penting untuk diperhatikan karena dengan adanya air, alkil ester yang terbentuk akan terhidrolisis menjadi asam lemak bebas. Lebih lanjut, kehadiran asam lemak bebas dalam sistem reaksi dapat menyebabkan reaksi penyabunan yang sangat mengganggu dalam proses pembuatan biodiesel. Dengan demikian dalam pembuatan biodiesel menggunakan katalis basa, pemilihan umpan minyak sebagai bahan baku menjadi sangat penting untuk diperhatikan.

b. Katalis Asam

Alternatif lain yang dapat digunakan untuk pembuatan biodiesel dengan umpan yang mengandung asam lemak bebas tinggi adalah dengan menggunakan katalis asam. Katalis asam yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel juga terbagi dalam dua jenis, yaitu katalis asam homogen dan heterogen. Katalis asam homogen yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah asam sulfat. Terdapat beberapa kekurangan pada katalis asam homogen yang menyebabkan katalis jenis ini relatif jarang dipakai dalam pembuatan biodiesel antara lain: bersifat

sangat korosif, sulit dipisahkan dari produk dan dapat ikut terbuang dalam pencucian sehingga tidak dapat digunakan kembali sekaligus dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan dan produk reaksinya. Katalis asam heterogen seperti Zeolit, La/Zeolit beta, MCM-41, Amberlyst-15, dan Nafion adalah katalis yang dapat digunakan dalam proses pembuatan biodiesel (Shu et al., 2010). Masalah yang timbul akibat penggunaan katalis asam homogen secara umum dapat diatasi dengan menggunakan katalis asam heterogen. Keuntungan penggunaan katalis asam heterogen dalam pembuatan biodiesel dapat diringkas sebagai berikut (Shu et al., 2010): (1) Katalis dapat digunakan kembali; (2) Tidak terbentuk produk samping berupa sabun dari asam lemak bebas; (3) Meningkatkan perolehan dan kemurnian produk; (4) Pemurnian jauh lebih mudah dan dapat menekan biaya peralatan, karena peralatan pemurnian dapat banyak berkurang; dan (5) Tidak banyak katalis yang hilang dalam proses pembuatan biodiesel. Namun terdapat kendala dalam penggunaan katalis asam heterogen yakni harganya yang relatif mahal. Selain itu katalis ini biasanya bersifat hidrofilik dan merupakan padatan asam oksida inorganik dengan gugus hidroksil $-OH$ yang berperan sebagai asam kuat Bronsted. Keaktifan katalis asam ini akan berkurang akibat hidrasi $-OH$ oleh air yang terbentuk dalam reaksi esterifikasi asam lemak bebas.

5. Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Kecepatan pengadukan pada proses reaksi berkaitan dengan kehomogenan campuran reaksi agar reaksi berlangsung sempurna. Semakin tinggi kecepatan pengadukan maka semakin cepat terjadinya reaksi. Kecepatan pengadukan optimum untuk proses transesterifikasi CPO adalah 150 rpm (Choo 2004), berbeda dengan Sahirman (2009) menyatakan bahwa kecepatan pengadukan optimum dari proses transesterifikasi adalah 300 rpm. Pada proses konvensional kecepatan pengadukan di atas 400 rpm tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil transesterifikasi. Berdasarkan hasil

penelitian Nouredini dan Zhu (1997) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap *yield* yang dihasilkan pada kecepatan pengadukan 150-300 rpm akan tetapi antara 300 dan 600 rpm perbedaannya hanya sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan akan berpengaruh pada hasil proses transesterifikasi, akan tetapi setelah terjadi kesetimbangan tidak akan berpengaruh nyata.

6. Pengaruh Suhu

Suhu reaksi berkaitan dengan panas yang dibutuhkan untuk mencapai energi aktivasi. Semakin tinggi suhu, maka semakin banyak energi yang digunakan reaktan untuk saling bertumbukan dalam mencapai energi aktivasi. Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada suhu 25-65°C (titik didih metanol sekitar 65°C). Semakin tinggi suhu, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat. Banyak peneliti merekomendasikan suhu optimum untuk reaksi transesterifikasi adalah 60°C (Sahirman 2009). Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada suhu 30-65°C (titik didih metanol sekitar 65°C).

2.7 Karakteristik Biodiesel

Bilangan *setana* yang baik dari minyak diesel lebih besar 30 dengan volatilitas tidak terlalu tinggi supaya pembakaran yang terjadi didalamnya lebih sempurna. Minyak diesel dikehendaki memiliki kekentalan yang relatif rendah agar mudah mengalir melalui pompa injeksi. Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar. Kadar belerang dapat menyebabkan terjadinya keausan pada dinding silinder. Beberapa karakteristik dari biodiesel adalah sebagai berikut : (Departemen Teknologi Petanian, USU 2005)

1. Kandungan sulfur kurang dari 15 ppm.
2. Bebas aromatic.
3. Angka *cetane* yang tinggi (lebih dari 50).
4. Bisa terdegradasi secara alami.
5. Tidak bersifat karsinogen.
6. Flash point yang tinggi (lebih dari 127 °C).

7. Nilai kalor max. 8% lebih rendah dari solar (*Calorific Value* solar :10803 cal/gr)
8. Diperlukan pemanasan pada tangki penyimpanan biodiesel pada musim dingin.

Pada Tabel 8 ditampilkan karakteristik biodiesel dari berbagai biji-bijian dibandingkan dengan karakteristik minyak diesel.

Tabel 8. Karakteristik Biodiesel Dari Berbagai Biji-Bijian dibandingkan dengan Minyak Diesel

Karakteristik	Sawit	Kelapa	Kapuk	Jarak Kepyar	Kacang- Kacangan	Diesel
Densitas, gr/ml	0,92 – 0,95	0,92 – 0,94	0,93	0,92	0,92 – 0,98	0,80 – 0,86
Visco. 20°C, (cst)	88,6	51,9	--	293	150 – 160	2 – 8
H. value, (MJ/kg)	39,5	37,5	37	18.822	--	45,2
Flame point, °C	314	270 – 300	--	150	--	> 55
Cetane Number	42	--	--	53,9	--	> 45
Melting point, °C	25 – 30	22 – 26	--	17	--	--
Water cont.	0,1	< 0,25	--	< 0,25	--	< 0,2
Sulfur cont.	--	--	--	--	--	< 0,3

Sumber: Anonim, 2011

Berdasarkan hasil penelitian yang Enweremadu dan Rutto pada Tabel 9 ditampilkan perbandingan karakteristik biodiesel dari minyak segar, biodiesel dari minyak jelantah (WCO) dan minyak diesel dengan menggunakan katalis homogen.

Tabel 9. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Segar, Minyak Jelantah (WCO) dan Minyak Diesel

Karakteristik	Biodiesel dari Minyak Segar	Biodiesel dari WCO	Minyak Diesel (Fosil)
Densitas pada 40°C (kg/m ³)	870,6	876,08	807,3
SPGR pada suhu 15,5°C	0,887	0,893	0,825
Suhu destilasi			
10% Produk	324	343	165
50% Produk	335	345	265
90% Produk	159	320	345
<i>Flash Point</i> (°C)	165	160	53
<i>Fire Point</i>	165	164	58
Viskositas Kinematik pada 40°C (mm/s ²)	2,701	3,658	1,81
Nilai Kalor (kJ/kg)	40120,78	39767,23	42347,94
<i>API Gravity</i>	27,83	26,87	39,51
<i>Indek Cetan</i>	50,025	50,54	56,21
<i>Anilin Point</i>	-	-	77,5

Sumber: Enweremadu dan Rutto, 2010

Berdasarkan laporan hasil uji laboratorium Lemigas terhadap biodiesel minyak jelantah produksi PT. Bumi Energi Equatorial (PT.BEE) Bogor dan hasil uji stabilitas oksidasi Laboratorium Analisis Pangan Institut Pertanian Bogor, diperoleh karakteristik biodiesel jelantah seperti yang ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah

No	Uraian	Satuan	Standar		Biodiesel	Metode	Hasil Biodiesel
			Solar	Biodiesel	Minyak Jelantah		
1	Viskositas pada 40 °C	cSt	1,6-5,8	2,3-6	2,77	ASTM D 445	Memenuhi
2	Densitas pada 40 °C	gr/cm ²	0,82-0,87	0,85-0,90	0,8794	ASTM D 1298	Memenuhi
3	Total acid Number (TAN)	mg-KOH/gr	< 0,6	< 0,80	0,6987	ASTM D 664	Memenuhi
4	Flash Point	°C	> 100	> 100	211	ASTM D 93	Memenuhi
5	Cloud Point	°C	< 18	< 18	20	ASTM D 2500	Memenuhi
7	Micro Carbon Residue	% wt		< 0,3	11,323	ASTM D 4530	Memenuhi
8	Water Content	% vol	< 0,05	< 0,005	0	ASTM D 2709	Memenuhi
9	Belerang	% wt		< 0,0001	0,0026	ASTM D 1266	Tidak Memenuhi
10	Fosfor	% wt		< 0,00001	0,003	ASTM D 1091	Tidak Memenuhi
11	Total Glycerol	% wt		< 0,24	0,2134	FBI A-02-03	Memenuhi
12	Free Glycerol	% wt		< 0,2	0,0204	FBI A-02-03	Memenuhi
13	Kadar ester alkil	% wt		< 96,5	832,309	AOCS	Memenuhi
14	Iodium Number	%		< 115	382,893	AOCS	Memenuhi
15	Cetan Number	-	> 45	>51	62,4	ASTM D 613	Lebih Tinggi
16	Stabilitas Oksidasi	Jam		1,6	Min 6 (110 °C)	EN 14112	Tidak Memenuhi
17	Nilai Kalor Bawah (LHV)	kJ/kg	45300	-	36428,8	ASTM D 240	Lebih Rendah
18	Uji halpen	-		Negatif	Negatif	ASTM D 240	Memenuhi

Sumber: Pertamina, BPPT, SNI Biodiesel No. 04-7182-2005 Lemigas, 2007

2.7 Standar Mutu Biodiesel

Standar mutu biodiesel di Indonesia sudah dibakukan dalam SNI-04-7182-2006, yang telah disahkan dan diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006 (Soerawidjaja, UGM 2006). Parameter-parameter kualitas SNI-04-7182-2006 terdiri atas 2 kelompok, yaitu :

1. Parameter-parameter yang nilainya lebih mewakili tingkat kesempurnaan pengolahan/pemrosesan: viskositas kinematik, titik nyala (*flash point*), tingkat korosi bilah tembaga, angka asam, dan kadar-kadar ester alkil, gliserol bebas, gliserol total, fosfor, belerang, abu tersulfatkan, serta air dan sedimen.
2. Parameter-parameter yang nilainya lebih ditentukan oleh komposisi asam-asam lemak bahan mentah yang digunakan: angka setan, angka iodium, titik kabut (*cloud point*), residu karbon, uji Halphen, massa jenis, dan temperatur distilasi 90 %.

Sebagian besar parameter (massa jenis, viskositas dan sebagainya) sudah lazim digunakan sebagai parameter standar mutu solar (BBM). Metode-metode pengujian yang dianut industri BBM Indonesia umumnya adalah bakuan ASTM.

1. Massa jenis

Temperatur penetapan massa jenis tidak dipilih 15°C, karena titik awan/mendung biodiesel boleh mencapai 18°C. Temperatur 40°C dipilih karena selain sama dengan temperatur pengukuran viskositas, juga memudahkan pengendalian kekonstanan temperatur peralatan pengukur (tidak di dekat temperatur kamar). Persyaratan harga 0,850 s/d 0,890 dipilih berdasar data harga massa jenis ester metil asam-asam lemak C 8 s/d C 24 pada 40°C.

2. Viskositas

Batas bawah harga viskositas ditetapkan berdasar data harga metil laurat pada temperatur 40°C. Asam *laurat* adalah asam lemak utama minyak kelapa dan minyak inti sawit.

3. Angka setana

Batas harga angka setana (min. 51) mengikuti standar Eropa (min. 51). Nilai ini lebih tinggi dibandingkan standar di Amerika (≥ 40) dan Brazil (≥ 42). Nilai ini juga lebih besar dari syarat solar Indonesia (min. 45) sehingga pencampuran biodiesel kepada solar berpotensi manfaat meningkatkan angka setan bahan bakar.

4. Titik Nyala

Harga titik nyala (*flash point*) min. 100°C dipandang cukup menjamin biodiesel ester metil bebas dari sisa-sisa metanol serta mengakomodasi kemungkinan keberadaan sejumlah kecil metil kaprilat (C8) dan metil kaprat (C10).

5. Titik kabut

Untuk Indonesia, harga titik awan/mendung 18°C dipandang cukup untuk menjamin biodiesel masih bisa mengalir sekalipun digunakan di daerah dataran tinggi (pegunungan) pada cuaca dingin.

6. Korosi bilah tembaga

Crude petroleum mengandung komponen sulfur yang kebanyakan dapat dipisahkan selama pemurnian. Dimana, keberadaan komponen sulfur di dalam produk petroleum dapat menyebabkan korosi pada beberapa jenis metal dan tingkat korosivitas ini tidak selamanya berbanding lurus dengan total sulfur. Sulfur ini menyebabkan efek yang berbeda tergantung dari struktur kimia sulfur yang terkandung di dalamnya.

7. Fosfor

Analisis kadar fosfor yang ditetapkan dalam standar Eropa [prEN 14214:2002(E)] maupun Amerika [ASTM D6751-02a], yaitu masing-masing prEN 14107 dan ASTM D 4951, menggunakan peralatan sangat canggih yaitu *Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry*. Untuk Indonesia sebaiknya ditetapkan metode alternatif yang lebih sederhana, yaitu spektrofotometri sinar tampak dengan prosedur standar AOCS Ca 12-55 dari *American Oil Chemists Society* atau prosedur FBI-A05-03.

8. Gliserol total dan gliserol terikat

Metode analisis kadar gliserol bebas dan gliserol total dalam standar Eropa maupun Amerika, yaitu masing-masing prEN 14105 dan ASTM D 6584, juga canggih karena menggunakan kromatografi gas-cair kolom kapiler. Metode alternatif yang layak adalah prosedur standar titrasi iodometri asam periodat AOCS Ca 14-56 dari *American Oil Chemists Society* atau prosedur FBI-A02-03.

9. Kadar ester alkil

Metode penentuan ester alkil dalam standar Eropa (dan Australia) juga menggunakan kromatografi gas-cair kolom kapiler. Prosedur alternatif yang sederhana (sebut saja FBI-A03-03) dapat memanfaatkan gabungan hasil-hasil analisis angka penyabunan, angka asam (FBI-A01-03) serta kadar gliserol total dan gliserol bebas (FBI-A02-03).

10. Angka iodium

Batasan angka iodium diperlukan sebagai tolok ukur untuk membatasi kadar ester metil asam-asam lemak berikatan rangkap 3 (mudah berpolimerisasi dan menyebabkan deposit dalam mesin diesel). Harga batas 115 dipandang cukup baik; Eropa dan Australia menetapkan harga batas lebih tinggi, yaitu 120, karena mensyaratkan pula pengukuran langsung kadar-kadar ester metil asam-asam lemak berikatan rangkap 3 tersebut. A.S. tidak mau membatasi angka iodium karena sumber daya nabati utamanya (minyak kedelai) berangka iodium tinggi (117 s/d 143).

11. Uji Halphen

Di Indonesia terdapat berbagai tumbuhan (umumnya dari marga *Malvaceae*) yang minyak lemaknya mengandung asam lemak unik, karena bergugus *siklopropenoid*. Gugus siklopropenoid adalah gugus yang berbentuk rangkaian melingkar (siklo) menyerupai cincin dari *propena* pada suatu molekul/senyawa (Greenberg dan Harris, 1982). Asam lemak yang mengandung gugus *siklopropenoid* adalah asam *malvalat* (C-17) dan asam *sterkulat* (C-18) (Hudaya, 2011). Pada asam *sterkulat* dan asam *malvalat* terdapat ikatan rangkap, sehingga termasuk sebagai asam lemak tak jenuh.

Tabel 11 menyajikan persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI-04-7182-2006.

Tabel 11. Persyaratan Kualitas Biodiesel menurut SNI-04-7182-2006

Parameter dan Satuannya	Batas Nilai	Metode Uji	Metode Setara
Massa jenis pada 40°C, kg/m ³	850 – 890	ASTM D 1298	ISO 3675
Viskositas kinematik pada 40°C, mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Angka setana	Min. 51	ASTM D 613	ISO 5165
Titik nyala (mangkok tertutup), °C	Min. 100	ASTM D 93	ISO 2710
Titik kabut, °C	Max. 18	ASTM D 2500	-
Korosi bilah tembaga (3 jam, 50°C)	Max. no. 3	ASTM D 130	ISO 2160
Residu karbon, %-berat, - dalam contoh asli	Max. 0,05	ASTM D 4530	ISO 10370
Air dan sedimen, %-vol.	Max. 0,05	ASTM D 2709	-
Temperatur distilasi 90 %, °C	Max. 360	ASTM D 1160	-
Abu tersulfatkan, %-berat	Max. 0,02	ASTM D 874	ISO 3987
Belerang, ppm-b (mg/kg)	Max. 100	ASTM D 5453	prEN ISO 20884
Fosfor, ppm-b (mg/kg)	Max. 10	AOCS Ca 12-55	FBI-A05-03
Angka asam, mg-KOH/g	Max. 0,8	AOCS Cd 3-63	FBI-A01-03
Gliserol bebas, %-berat	Max. 0,02	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Gliserol total, %-berat	Max. 0,24	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Kadar ester alkil, %-berat	Min. 96,5	dihitung ^{*)}	FBI-A03-03
Angka iodium, g-I ₂ /(100 g)	Max. 115	AOCS Cd 1-25	FBI-A04-03
Uji Halphen	negatif	AOCS Cb 1-25	FBI-A06-03

(Sumber: Persyaratan kualitas biodiesel, Soerawidjaja, 2006)

2.8 Manfaat dan Keunggulan Biodiesel

2.8.1 Manfaat Biodiesel

Beberapa manfaat biodiesel diantaranya adalah: (Departemen Teknologi Petanian, USU 2005)

1. Mengurangi emisi dari mesin.
2. Mempunyai rasio keseimbangan energi yang baik (Minimum 1 – 2,5).
3. Energi lebih rendah 10 – 12% dari bahan bakar diesel minyak bumi, 37 – 38 Mj/Kg. Menimbulkan peningkatan efisiensi pembakaran biodiesel sebesar 5 – 7%, juga menghasilkan penurunan torsi 5% dan efisiensi bahan bakar.
4. Bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi.
5. Produk yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan.
6. Jika 0,4 – 5% dicampur dengan bahan bakar diesel minyak bumi otomatis akan meningkatkan daya lumas bahan bakar.
7. Titik nyala tinggi 100 – 150°C (Meletup tidak spontan atau menyala dalam keadaan normal).

2.8.2 Keunggulan Biodiesel

Beberapa keunggulan biodiesel, diantaranya:

1. Angka *Cetane* tinggi (>50), yakni angka yang menunjukkan ukuran baik tidaknya kualitas solar berdasarkan sifat kecepatan bakar dalam ruang bakar mesin. Semakin tinggi bilangan *Cetane*, semakin cepat pembakaran semakin baik efisiensi termodinamisnya.
2. Titik kilat tinggi, yakni temperatur terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan maupun pada saat didistribusikan dari pada solar.
3. Tidak mengandung sulfur dan *benzene* yang mempunyai sifat *karsinogen*, serta dapat diuraikan secara alami.
4. Menambah pelumasan mesin yang lebih baik daripada solar sehingga akan memperpanjang umur pemakaian mesin.
5. Dapat dengan mudah dicampur dengan solar biasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun.
6. Mengurangi asap hitam dari gas asap buang mesin diesel secara signifikan walaupun penambahan hanya 5% - 10% volume biodiesel kedalam solar.

2.9 Yield

Yield merupakan perbandingan antara massa produk dengan massa bahan awal. Yield biodiesel dihitung dengan cara membandingkan berat produk hasil transesterifikasi dengan berat bahan baku minyak jelantah yang digunakan berdasarkan persamaan:

$$\% \text{ Yield} = \frac{m_{\text{produk}}}{m_{\text{bahan baku}}} \times 100\%$$

Dimana:

m_{produk} = massa biodiesel yang dihasilkan (gr)

$m_{\text{bahan baku}}$ = massa minyak jelantah yang digunakan (gr)