

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Jelantah

Minyak jelantah merupakan limbah sisa penggorengan. Menurut Julianus (2006) bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Pemanasan dapat mempercepat hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak. Kandungan FFA dan air didalam minyak bekas berdampak negatif terhadap reaksi transesterifikasi, karena metil ester dan gliserol menjadi susah untuk dipisahkan. Minyak goreng bekas lebih kental dibandingkan dengan minyak segar disebabkan oleh pembentukan dimer dan polimer asam dan gliserida di dalam minyak goreng bekas karena pemanasan sewaktu digunakan. Berat molekul dan angka iodin menurun sementara berat jenis dan angka penyabunan semakin tinggi. Minyak jelantah disebabkan karena minyak mengalami kerusakan selama proses penggorengan dan pemanasan secara berulang-ulang yang mempengaruhi mutu dan nilai gizi bahan pangan yang digoreng (Angga, dkk 2012). Minyak jelantah dapat dijadikan bahan baku biodiesel untuk menggantikan *petroleum-based diesel*. Adapun sifat fisik dan kimia minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jelantah

Sifat fisik	Sifat kimia
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 : Demirbas, 2009

Keuntungan biodiesel minyak jelantah dibandingkan dengan bahan bakar solar yaitu biodiesel mempunyai kadar belerang yang jauh kecil atau sangat ramah lingkungan karena kadar belerang kurang dari 15 ppm dan biodiesel dapat meningkatkan daya pelumas karena viskositasnya yang lebih tinggi (Shilvia Vera

Sinaga, 2013). Karakteristik minyak jelantah setelah proses penyaringan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Minyak Jelantah Setelah Proses Penyaringan

Karakteristik	Minyak Jelantah Setelah Penyaringan
Asam Lemak Bebas (FFA) (%)	4,9
Nilai Peroksida (P,V) (Meq/kg)	1,8
Komponen Gliserida (MG, DG, TG) (%)	73,8
Lain-lain (Komponen non-gliserida) (%)	20
Waktu Induksi (suhu pada 120) (jam)	1,45
Komposisi Asam Lemak (% berat metil ester)	
C14 : 0, (CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH)*	0,9
C16 : 0, (CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH)*	39,2
C18: 0, (CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH)*	5,3
C18 : 1, (CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH)*	46,4
C18 : 2, (CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH)*	8,1

Sumber : Khaeng et al., 2003

Pemilihan minyak jelantah (*Waste Cooking Oil*) sebagai bahan baku biodiesel dikarenakan beberapa alasan berikut ini :

1. Limbah Minyak Goreng

Minyak jelantah merupakan limbah hasil penggorengan dan limbah tersebut akan berdampak pada lingkungan jika dibuang sembarangan.

2. Murah

Selain memanfaatkan limbah, minyak jelantah merupakan bahan baku yang murah dibandingkan bahan baku lainnya. Adapun perbandingan harga rata-rata bahan baku dalam produksi biodiesel pada tahun 2007 (US\$/ton) dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Harga Bahan Baku Produksi Biodiesel 2007 (US\$/ton)

Jenis Bahan Baku	Harga
<i>Crude Palm Oil</i>	703
<i>Rapesses Oil</i>	824
<i>Saybean</i>	771
<i>Waste Cookin Oil</i>	224
<i>Yellow Grease</i>	412

Sumber : Demirbas, 2009

3. Jumlah Penghasil Minyak Jelantah

Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk diolah menjadi minyak biodiesel karena konsumsi minyak goreng yang sangat tinggi sehingga sisa

minyak goreng bekas atau minyak jelantah juga banyak. Adapun jumlah penghasil minyak jelantah pada tahun 2007 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Jumlah Penghasil Minyak Jelantah Tahun 2007

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

Sumber :Rahchimoellah, 2011

2.2 Alkohol

Alkohol adalah senyawa organik yang mengandung gugus fungsi hidroksi (-OH). Alkohol bisa berasal dari alkana, alkena, dan alkuna dengan adanya pergantian gugus alkil dan dengan gugus hidroksi pada atom karbon jenuh. Rumus umum alkohol adalah R-OH, dimana R adalah alkil, alkenil, dan alkunal. Pada kasus substitusi alkena dan alkuna hanya terjadi pada karbon jenuh atau pada karbon yang tidak memiliki ikatan rangkap (Dwi Winarto, 2015). Menurut Danuwidjaja tahun 2009, pengertian alkohol adalah setiap kelas dan senyawa organik yang mengandung gugus fungsional hidroksil (-OH) kecuali senyawa yang gugus OH terikat pada suatu cincin aromatik yang disebut fenol. Alkohol dikelompokkan sebagai bentuk primer, sekunder atau tersier berdasarkan atom karbon yang mengikat gugus OH terikat pada satu, dua, tiga atom karbon dan sebagai monohidrik, dihidrik, atau trihidrik berdasarkan apakah senyawa itu mengandung satu, dua atau tiga gugus OH.

Alkohol memiliki kegunaan sebagai bahan dasar sintesis senyawa organik, bahan dasar pembuatan deterjen sintetis misalnya lauril alkohol, sebagai bahan pembersih kaca, alkohol dapat dijadikan sebagai pengawet dan campuran metanol dan etanol dicampurkan dengan bensin sebagai bahan bakar serta alkohol dapat digunakan sebagai pelarut. Alkohol dapat digunakan sebagai bahan baku penunjang dalam pembuatan biodiesel (Kortz, 2002). Alkohol yang sering digunakan dalam proses pembuatan biodiesel dalam proses transesterifikasi adalah metanol dan etanol (Listiadi dan Putra 2013).

2.2.1 Metanol

Jenis alkohol yang selalu dipakai pada proses transesterifikasi adalah metanol dan etanol. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena metanol (CH_3OH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) karena metanol memiliki satu ikatan karbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan carbon, sehingga lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol dibanding dengan etanol (Rizani, 2000). Kerugian dari metanol adalah zat beracun dan berbahaya bagi kulit, mata, paru-paru dan pencernaan dan dapat merusak plastik dan karet terbuat dari batu bara metanol berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Adapun sifat fisik dan kimia dari metanol dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Sifat Fisik dan Kimia Metanol

Sifat Fisik/Kimia	Satuan
Titik Nyala	11°C
Titik Didih	64,7°C
Titik Leleh	-98°C
Viskositas	0,55 Cp
Nama Molekul	CH_3OH
Berat Molekul	32,04 gr/mol
<i>Solubility</i>	<i>Miscible</i>

Sumber : Gerhard. 2004

2.2.2 Etanol

Etanol lebih aman, tidak beracun dan terbuat dari hasil pertanian, etanol memiliki sifat yang sama dengan metanol yaitu berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air (Nugroho, 2014). Etanol adalah senyawa organik golongan alkohol primer. Sifat fisik dan kimia etanol bergantung pada gugus hidroksil (Rizani, 2000). Etanol disebut juga etil alkohol dengan rumus kimia $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Adapun sifat fisik dan kimia dari etanol dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Sifat Fisik dan Kimia Etanol

Sifat Fisik/Kimia	Satuan
Titik Nyala	12,8°C
Titik Didih	78,5°C
Titik beku	-117°C
Densitas	0,789 kg/l
Berat Molekul	46,07 gr/mol
Kelarutan dalam air	Larut
Titik Leleh	-114,3
Viskositas	1200 Cp
Keasaman	15,9

Sumber : Walker, 2010

2.3 Katalis

Katalis merupakan suatu senyawa yang dapat meningkatkan laju reaksi tetapi tidak dikonsumsi oleh reaksi. Katalis digunakan secara luas baik di alam, laboratorium dan industri (Shriver, D. & Atkins, P., 1999). Katalis merupakan zat yang mampu meningkatkan laju suatu reaksi kimia agar reaksi tersebut dapat berjalan lebih cepat. Dalam suatu reaksi sebenarnya katalis ikut terlibat, tetapi pada akhir reaksi terbentuk kembali seperti bentuknya semula. Dengan demikian, katalis tidak memberikan tambahan energi pada sistem dan secara termodinamika tidak dapat mempengaruhi keseimbangan. Katalis mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Penurunan energi aktivasi tersebut terjadi sebagai akibat dari interaksi antara katalis dan reaktan. Katalis menyediakan situs-situs aktif yang berperan dalam proses reaksi. Situs-situs aktif ini dapat berasal dari logam-logam yang terdeposit pada permukaan atau dapat pula berasal dari permukaan sendiri. Logam-logam tersebut umumnya adalah logam-logam transisi yang menyediakan orbital kosong atau elektron tunggal yang akan disumbangkan pada molekul reaktan sehingga terbentuk ikatan baru dengan kekuatan ikatan tertentu (Campbell, 1998).

Katalis yang berada pada fase yang sama (*liquid*) dengan reaktan disebut sebagai katalis homogen. Sedangkan katalis yang berada pada fase yang berbeda dengan reaktannya (dapat berupa padatan, cairan yang tidak dapat bercampur ataupun gas disebut sebagai katalis heterogen (Helwani, Z. 2009).

2.3.1 Katalis Homogen

Katalis homogen terdiri atas dua jenis yaitu katalis asam homogen dan katalis basa homogen. Katalis yang umum digunakan dalam reaksi transesterifikasi yaitu KOH dan NaOH. Penggunaan katalis ini menimbulkan masalah pada proses pemisahan produk reaksi sehingga menghasilkan limbah pencucian dalam jumlah yang besar. Di samping itu, katalis basa bekerja dengan baik pada batas asam lemak bebas (ALB) $< 0,5\%$. Jika bahan baku mengandung ALB tinggi akan terjadi reaksi antara katalis dengan asam lemak bebas membentuk sabun. (Shu, 2010). Katalis asam homogen yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi misalnya H_2SO_4 , HCl , dan H_3PO_4 . Akan tetapi penggunaan katalis ini memerlukan waktu reaksi yang lama, menyebabkan korosi pada reaktor yang digunakan, rasio molar alkohol dengan minyak harus besar serta memerlukan suhu yang tinggi (Helwani, 2009).

2.3.2. Katalis Heterogen

Katalis heterogen terdiri atas dua jenis yaitu katalis heterogen yang bersifat asam dan katalis heterogen yang bersifat basa. Beberapa katalis heterogen telah disintesis baik yang bersifat asam maupun basa. Katalis basa heterogen yang paling umum digunakan adalah senyawa oksida logam seperti logam alkali, alkali tanah sebagai katalis transesterifikasi minyak nabati. Oksida logam alkali tanah (MgO , CaO , SrO , dan BaO) dikenal sebagai oksida logam tunggal (Endalew, A., 2011). Katalis heterogen memiliki keuntungan dibandingkan dengan katalis homogen. Katalis heterogen mudah dipisahkan dari produk reaksi, lebih tahan terhadap asam lemak bebas yang terkandung di dalam bahan baku tanpa melalui reaksi saponifikasi sehingga memungkinkan untuk melakukan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi sekaligus dengan bahan baku yang mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi, baik bahan baku yang berasal dari hewan maupun yang berasal dari tumbuhan (Drelinkiewicz, A., 2014).

2.3.3. Katalis Enzim

Reaksi transesterifikasi secara enzimatis mencegah terbentuknya sabun, reaksi terjadi pada pH netral, suhu reaksi yang lebih rendah sehingga lebih bersifat ekonomis. Beberapa metode secara enzimatis bertujuan untuk memecah ikatan kovalen, ikatan silang (*cross linking*) dan enkapsulasi mikro. Lipase merupakan

enzim yang paling banyak digunakan pada reaksi transesterifikasi, karena harganya lebih murah dibandingkan dengan enzim yang lain dan mampu mengkatalisis baik reaksi hidrolisis maupun transesterifikasi trigliserida dalam kondisi biasa untuk menghasilkan biodiesel (Semwal, S., 2010). Penggunaan katalis enzim dalam reaksi transesterifikasi memiliki permasalahan yaitu selain harga enzim yang mahal juga adanya asam lemak bebas pada bahan baku yang bereaksi dengan alkohol rantai pendek seperti metanol dan etanol menyebabkan enzim terdenaturasi. Gliserol sebagai salah satu produk reaksi, memberi efek negatif pada enzim yang digunakan (Lou, 2008).

2.4 Biodiesel

Menurut SNI-04-7182-2006 biodiesel adalah ester alkil (metil, etil, isopropil, dan sejenisnya) dari asam-asam lemak. Menurut Tyson K.S (2006) biodiesel adalah bahan bakar pengganti solar yang dibuat dari minyak nabati, minyak bekas hasil penggorengan, atau lemak hewan. Sedangkan untuk pembuatan biodiesel dapat melalui proses transesterifikasi, esterifikasi ataupun esterifikasi – transesterifikasi. Bahan baku untuk pembuatan biodiesel dapat berupa minyak nabati, lemak binatang, dan alga (Muryanto, 2011).

Biodiesel tidak mengandung *Petroleum Diesel* atau Solar. Biodiesel memiliki hasil pembakaran yang lebih baik dibandingkan hasil pembakaran dari solar sehingga sifat biodiesel lebih ramah lingkungan. Biodiesel memiliki rantai karbon 12-20 dan terdapat oksigen. Hal inilah yang membedakan antara biodiesel dan *Petroleum Diesel* (Solar) yang memiliki komponen utamanya hanya dari Hidrokarbon. Sehingga komposisi Biodiesel dan Petroleum sangat berbeda. Agar dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar, biodiesel harus mempunyai kemiripan sifat fisik dan kimia dengan minyak solar. Salah satu sifat fisik yang penting adalah viskositas. Sebelum dapat digunakan menjadi bahan bakar, biodiesel diproses lagi untuk menurunkan viskositasnya. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dengan minyak solar dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Sifat fisik/Kimia Biodiesel dan Minyak Solar

Sifat Fisik/Kimia	Biodiesel	Solar
Komposisi	Ester Alkil	Hidrokarbon
Densitas	0,8624	0,875
Viskositas	5,55	4,6
Titik kilat, cSt	172	98
Angka Setana	62,440,1	53
Energi yang dihasilkan	40,1 MJ/kg	45,3 MJ/kg

Sumber : Hanif, 2009

Biodiesel menghasilkan tingkat emisi hidrokarbon yang lebih kecil dibanding dengan solar sekitar 30 % dan emisi CO lebih rendah 17 % sedangkan untuk emisi No_x lebih tinggi sekitar 10 %. Secara keseluruhan tingkat emisi biodiesel lebih rendah dibandingkan dengan solar sehingga ramah lingkungan (Firdaus, 2010). Adapun perbandingan emisi pembakaran biodiesel dengan minyak solar dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. perbandingan Emisi Pembakaran biodiesel dan Minyak Solar

Sifat Fisik/Kimia	Biodiesel	Solar
SO_2 , ppm	0	78
NO , ppm	37	64
NO_2 , ppm	1	1
CO , ppm	10	40
Partikulat, mg/Nm^3	0,25	5,6
Benzen, mg/Nm^3	0,3	5,01
Toluene, mg/Nm^3	0,57	2,31
Xilene, mg/Nm^3	0,73	1,57
Etil Benzene, Mg/Nm^3	0,3	0,73

Sumber : Setyadji dkk, 2007

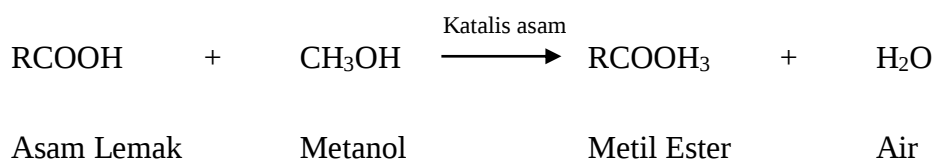
Istilah N dari satuan mg/Nm^3 merupakan singkatan dari normal. Normal dalam hubungan ini berarti 0°C dan tekanan 1,013 bar, kondisi dimana 1 mol gas ideal memiliki volume 22.413837 liter. Jadi dari hal tersebut ada hubungannya dengan pengukuran gas buang. Satuan mg/Nm^3 itu merupakan pengukuran konsentrasi gas dalam keadaan normal ($V = 22,4$, $P = 1,013$, $T = 0^\circ\text{C}$)

2.5 Reaksi Pembuatan Biodiesel

Kandungan *Free Fatty Acid (FFA)* atau asam lemak bebas merupakan faktor penentu dari jenis proses pembuatan biodiesel yang akan dilakukan. Reaksi pembuatan biodiesel diantaranya esterifikasi dan transesterifikasi.

2.5.1 Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester dengan mereaksikan antara minyak lemak dengan alkohol. Proses esterifikasi ditunjukkan untuk perlakuan awal dalam membuat biodiesel dengan menggunakan bahan baku yang memiliki kadar FFA tinggi yaitu $> 5\%$ dengan tujuan kandungan asam lemak bebas dapat turun dan diperoleh tambahan ester. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi endoterm, sehingga memerlukan pasokan kalor dari luar. Temperatur untuk pemanasan tidak terlalu tinggi yaitu $55-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Kac, 2001). Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat (Soerawidjaja, 2006).



Tahap esterifikasi diikuti dengan tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus dibuang terlebih dahulu. berikut ini faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi (Angga Hariska dkk, 2012) :

a. Keadaan pereaksi dan luas permukaan

Pada umumnya semakin kecil partikel pereaksi makin besar permukaan yang bersentuhan dalam reaksi sehingga reaksi makin cepat.

b. Konsentrasi

Makin besar konsentrasi makin cepat laju reaksi. Pereaksi yang berbeda mempengaruhi laju reaksi tertentu dengan cara yang berbeda.

c. Temperatur

Pada umumnya, jika temperatur dinaikkan laju reaksi bertambah.

d. Penambahan katalis

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat suatu reaksi, tetapi tidak ikut bereaksi. Sebagai contoh, campuran hidrogen dan oksigen ditambahkan dengan serbuk platina sebagai campuran katalis, maka akan segera reaksi yang eksplosif.

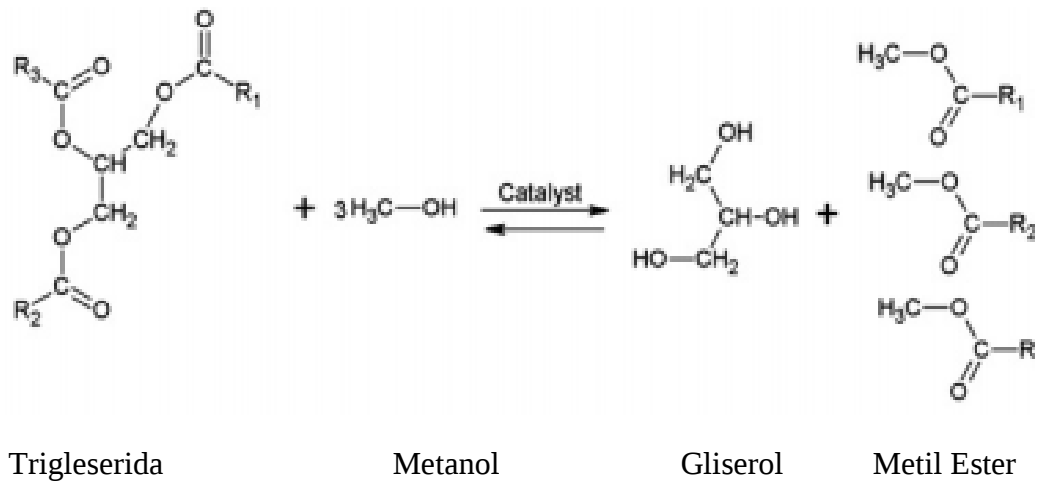
2.5.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) dengan alkohol menjadi metil ester dan juga menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Jenis alkohol yang digunakan adalah metanol dan etanol. Reaksi transesterifikasi untuk memproduksi biodiesel tidak lain adalah reaksi alkoholisis. Reaksi ini hampir sama dengan reaksi hidrolisis tetapi menggunakan alkohol. Reaksi ini bersifat *reversible* dan menghasilkan alkil ester dan gliserol. Alkoholisis berlebih digunakan untuk memicu reaksi pembentukan produk (Ariza Tunjung Sari, 2007).

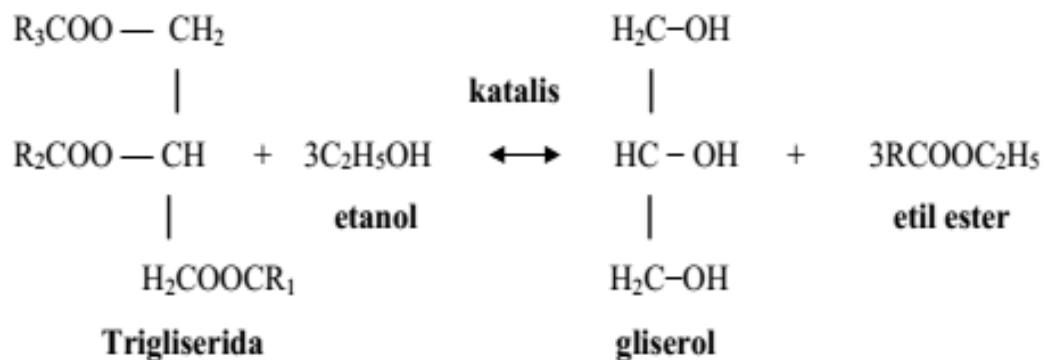
Proses transesterifikasi biasanya untuk membuat biodiesel dengan menggunakan bahan baku yang memiliki kadar FFA rendah yaitu dibawah 5 % dengan tujuan untuk menurunkan viskositas atau kekentalan minyak sehingga mendekati viskositas dari solar. Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat Katalis yang biasa digunakan adalah katalis basa. Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam-asam lemak. Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu (Lukman Arifin, 2013):

- a. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
- b. Memisahkan gliserol
- c. Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm).

Menurut Swern (1982), jumlah alkohol yang dianjurkan sekitar 1,6 kali 19 jumlah yang dibutuhkan secara teoritis. Jumlah alkohol yang lebih dari 1,75 kali jumlah teoritis tidak mempercepat reaksi bahkan mempersulit pemisahan gliserol selanjutnya. Freedman (1984) menyebutkan bahwa untuk transesterifikasi menggunakan katalis basa, perbandingan mol methanol dan minyak sebesar 1 : 6 adalah optimal (Ariza Tunjung Sari, 2007).



Gambar 1. Skema Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Metanol
Sumber : Fariz 2015



Gambar 2. Skema Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Etanol
Sumber : Hinayah, 2009

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

- a. Pencampuran katalis alkali umumnya NaOH atau KOH dengan alkohol biasanya metanol dan etanol pada konsentrasi katalis antara 0,5–1 wt % dan 10-20 wt % metanol terhadap minyak.
- b. Pencampuran alkohol dan katalis dengan minyak pada temperatur 55°C dengan kecepatan pengadukan konstan. Reaksi dilakukan sekitar 30 – 40 menit.
- c. 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.

- d. 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 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 alkohol, rasio umpan, dan jenis katalis. Menurut Hikmah dkk, (2010), faktor-faktor yang mempengaruhi biodiesel dari proses transesterifikasi yaitu :

1. Pengaruh biodiesel dari asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Banyak peneliti yang menyarankan agar kandungan asam lemak bebas lebih kecil dari 0.5% ($<0.5\%$). Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Menurut Joeliningsih, Tambunan, H.A., *et al* (2012) apabila bahan baku yang memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi ($>1\%$) harus dilakukan perlakuan awal. Hal ini dikarenakan katalis basa akan bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun dan air.

2. Pengaruh perbandingan rasio umpan

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida, untuk dan alkil ester memperoleh 3 mol dan 1 mol gliserida. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio 6 : 1, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98 - 99%, sedangkan 3 : 1 adalah 74 -89 %.

3. Pengaruh jenis alkohol

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

4. Pengaruh jenis katalis

Katalis adalah bahan yang digunakan ke dalam reaksi yang mempercepat jalannya reaksi. Katalis dapat digolongkan dalam katalis asam, basa, dan katalis enzim.

a. Katalis Asam

Beberapa contoh katalis asam adalah Asam klorida (HCl), Asam sulfat (H_2SO_4), dan Asam Fosfat (H_3PO_4). Katalis asam memberikan waktu reaksi yang lebih lama dan kebutuhan metanol lebih banyak (20 : 1). Katalis asam biasanya digunakan untuk reaksi esterifikasi asam lemak bebas atau sabun menjadi ester dan digunakan dalam perlakuan awal untuk bahan baku dengan asam lemak bebas (FFA) tinggi.

b. Katalis Basa

Jenis katalis basa biasanya digunakan antara lain Natrium hidroksida (NaOH), Kalium hidroksida (KOH) dan natrium metoksida. KOH lebih mahal tetapi dapat dinetralkan dengan asam fosfat hingga membentuk pupuk K_3PO_4 . Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5 – 1,5 % (w/w) minyak nabati.

5. Pengaruh kecepatan pengadukan

Pengaruh kecepatan pengadukan pada proses reaksi berkaitan dengan kehomogenan campuran reaksi agar reaksi berlangsung sempurna. Semakin tinggi kecepatan pengadukan maka akan semakin cepat terjadinya reaksi, kecepatan pengadukan optimum untuk transesterifikasi CPO adalah 150 rpm (Cho, 2004). Sedangkan menurut Sahirman (2009) mengatakan bahwa kecepatan pengadukan optimum dari reaksi transesterifikasi adalah 300 rpm. 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

Pada reaksi transesterifikasi, suhu yang baik biasanya berkisar pada 30 °C – 65 °C. 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. 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.

7. Pengaruh kondisi minyak (kasar dan murni)

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

2.7 Standar Mutu Biodiesel

Persyaratan mutu biodiesel di Indonesia sudah dilakukan dalam SNI-04-718-2006, yang telah disahkan dan diterbitkan oleh badan Standarisasi nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006. Persyaratan kualitas biodiesel dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40 °C	Kg/m ³	850-890
2	Viskositas kinematik 40 °C	Mm ² /s (cst)	2,3-60
3	Angka setana		Min 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Min 100
5	Titik kabut	°C	Maks 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		Maks no 3
7	Residu Karbon		Maks 0,05
	Dalam contoh asli		Maks 0,30
	Dalam 10% ampas Distilasi		
8	Air dan sediment	% vol	Maks 0,5
9	Temperatur Distilasi 90%	°C	Maks 360
No.	Parameter	Satuan	Nilai
10	Abu tersulfatkan	% massa	Maks 0,02
11	Belerang	Ppm-m (mg/kg)	Maks 100
12	Fosfor	Ppm-m (mg/kg)	Maks 10
13	Angkaasam	Mg-KOH/g	Maks 0,8
14	Gliserol bebas	% massa	Maks 0,02
15	Gliserol total	% massa	Maks 0,24
16	Kadar Ester Alkyl	% massa	Maks 96,5
17	Angka Iodium	% massa (9g-I ₂ /100)	Maks 115
18	Uji Helphen		Negatif

Sumber: Soerawidjaja, 2006

2.8 Karakteristik Biodiesel

Bilangan setana yang baik dari minyak diesel lebih besar 30 dengan volatilitas tidak terlalu tinggi supaya pembakaran yang terjadi didalamnya sempurna. Minyak diesel yang dikehendaki memiliki kekentalan yang lebih rendah agar mudah mengalir melalui pompa injeksi. Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus lebih tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar. Kadar belerang dapat menyebabkan kerusakan atau keausan pada dinding silinder.

Berdasarkan penelitian Enweremenmadu dan Rutto tahun 2010, karakteristik biodiesel dari minyak segar, minyak jelantah, dan minyak fosil dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Karakteristik Biodiesel

Karakteristik	Minyak Segar	Biodiesel dari Minyak Jelantah	Minyak Diesel (Fosil)
Densitas pada 40 (kg/m ³)	870,6	876,08	807m3
Suhu Destilasi	0,887	0,893	0,825
10% produk	324	343	165
50% produk	335	345	265
90% produk	159	320	345
Flashpoint (60)	165	160	53
Fire point	165	164	58
Viskositas	2,701	3,658	1,81
Kinematik pada 40 (mm/S2)			
Nilai kalor (kJ/kg)	40120,78	39767,23	42347,94
API Gravity	27,83	26,87	39,51
Indek Cetan	50,025	50,54	56,21
Anilin Point	-	-	77,5

Sumber : Enweremenmdu dan Rutto, 2010

Catatan : (*biodiesel atau metil ester dengan rumus bangunnya RCOOCH_3 merupakan senyawa alkil ester, dan mempunyai senyawa karbon rantai lurus jenuh, kecuali C17 yang mempunyai rantai lurus rangkap, Shilvia Vera sinaga dkk, 2013).

Menurut Departemen Teknologi Pertanian, USU 2005 terdapat beberapa karakteristik dari biodiesel adalah sebagai berikut :

1. Kandungan sulfur kurang dari 15 ppm.
2. Bebas aromatik.
3. Angka setana yang tinggi (lebih dari 50).
4. Tidak bersifat karsinogen.
5. Bisa terdegradasi secara alami.
6. *Flash point* yang tinggi (lebih dari 127°C).
7. Nilai kalor max. 8 % lebih rendah dari solar (Calorific Value Slar : 10803 cl/gr).
8. Diperlukan pemanasan pada tangki penyimpanan biodiesel pada musim dingin.

2.9 Manfaat dan Keunggulan Biodiesel

2.9.1 Manfaat biodiesel

Biodiesel memiliki manfaat (Ju *et.al.*,2003),, yaitu :

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% dan juga menghasilkan penurunan torsi 5% dan efisiensi bahan bakar).
4. Bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi.
5. Jika 0,4 – 5 % dicampur dengan bahan bakar diesel minyak bumi otomatis akan meningkatkan daya limas bahan bakar.

2.9.2 Keunggulan biodiesel

Biodiesel memiliki keunggulan (Ju *et.al.*,2003), antara lain :

1. Merupakan bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang cukup baik (bebas sulfur, *smoke number* rendah).
2. Angka setana (*Cetane Number*) tinggi (bilangan yang menunjukkan ukuran baik tidaknya kualitas solar berdasar sifat kecepatan bakar dalam ruang bakar mesin), sehingga efisiensi pembakaran lebih baik.
3. Viskositas tinggi sehingga mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik daripada solar sehingga memperpanjang umur mesin.
4. Dapat diproduksi secara lokal.
5. Merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbaharui.
6. Tidak mengandung Sulfur dan Benzene yang mempunyai sifat karsinogen serta dapat diuraikan secara alami.
7. Titik kilat tinggi, yakni temperatur terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan ataupun saat didistribusikan dari pada solar.

2.7 Reaktor Pompa Sentrifugal

Competing Force adalah selain gaya magnet, pada setiap partikel akan bekerja gaya-gaya lain yang cenderung bertolak belakang dengan gaya magnet. Gaya ini disebut dengan *competing force*. *Competing force* ini antara lain gaya sentrifugal, gaya gravitasi, gaya gesek hidrodinamik dan gaya inersia. Jika pemisahan dilakukan pada drum yang berputar maka gaya yang paling berpengaruh

adalah gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal adalah gaya yang bekerja pada benda yang berputar dengan arah gaya menjauhi pusat atau inti (Hanida, 2003). Gaya gesek adalah gaya yang diakibatkan oleh dua permukaan benda yang bersentuhan. Arah gaya gesek berlawanan dengan arah gerak benda. Sebuah benda yang mengalami gesekan akan menghasilkan panas. Semua benda yang menghasilkan panas adalah sumber energi panas. Apabila dua buah benda yang didekatkan akan menghasilkan panas. Pada bagian inti kutub terdapat poros dan inti rotor yang memiliki fungsi sebagai jalan atau jalur fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan medan. Pada kumparan medan ini juga terdapat dua bagian, yaitu bagian penghantar sebagai jalur untuk arus pemacuan dan bagian yang diisolasi. Isolasi pada bagian ini harus benar-benar baik dalam hal kekuatan mekanisnya, ketahanannya akan suhu yang tinggi dan ketahanannya terhadap gaya sentrifugal yang besar (Imam Sinaga, 2012). Motor pompa menghasilkan mengubah energi gerak poros untuk menggerakkan sudu-sudu menjadi energi tekanan pada fluida. Motor pompa menghasilkan mengubah energi gerak poros untuk menggerakkan sudu-sudu menjadi energi tekanan pada fluida. Konstruksi ini dirancang tahan terhadap gaya-gaya yang lebih besar akibat putaran yang tinggi. Adanya gesekan antar fluida yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu di dalam rumah pompa (Nurhayanti, 2004). Aksi panas impeller yang dihasilkan yang akhirnya memanaskan bagian-bagian dari pompa seperti *bearing*, poros, segel dan lainnya. Pompa akan terlalu panas dan merusak bantalan, poros dan impeller. Aspek lain saat bekerja penuh, fluida telah mendapat beberapa hambatan gesek yang melawan gerakan impeller dan kecepatan terletak dekat titik efisiensi terbaik. Sedangkan pompa yang kering tanpa fluida, udara tidak akan melawan gerakan impeller dan kecepatan akan meningkat secara signifikan yang pada akhirnya akan memanaskan pompa.

2.8 High Voltage Separation

Pada proses pembuatan biodiesel tahap akhirnya adalah dengan memisahkan gliserol dan biodiesel. Pembuangan gliserol dari biodiesel penting digunakan karena merupakan salah satu prekursor paling signifikan untuk kualitas

biodiesel. Cara tradisional untuk menghilangkan gliserin biasanya dengan metode pemisahan gravitasi atau sentrifugasi (Maan, H., S.M. Farouq, A.H. Mohd dan M.A. Inas, 2010). Penggunaan metode gravitasi merupakan solusi yang kurang efisien untuk produksi. Setelah proses reaksi, gliserin dapat digunakan untuk farmasi, kosmetik, dan industri makanan. Pengembangan terbaru gliserin dapat digunakan untuk (pakan ternak, bahan baku karbon dalam fermentasi, polimer, surfaktan, intermediet dan pelumas (Vcente, G., M. Martínez and J. Aracil, 2007). Ide menggunakan arus tegangan tinggi untuk memisahkan biodiesel dari gliserin berasal dari Graham Laming dari Inggris. Perusahaan juga ada yang menggunakan muatan elektrostatik untuk cairan larut yang terpisah, tetapi teknologi eksklusif dan membuat sebagian besar untuk industri penyaringan minyak (Ahmad Abbaszadeh, Barat Ghobadian, Gholamhassan Najafi, 2014). Untuk memisahkan gliserin dari campuran gliserin-biodiesel, medan elektrostatik yang disebabkan oleh tegangan tinggi (lebih dari kV) dan ampere rendah AC saat ini (mA) digunakan. Teknik pemisahan diuji pada biodiesel yang dihasilkan berbasis minyak jelantah dengan KOH sebagai katalis reaksi. Dalam metode ini, proses partikel koagulasi atau tetes gliserin dalam campuran biodiesel-gliserin dari medan listrik yang dilakukan (Demirbas, A., 2007).

2.9 Konsumsi Energi

Reaksi-reaksi kimia dan reaksi organik dapat berlangsung apabila mendapatkan energi dari luar. Seringkali energi yang ditambahkan adalah energi panas. Reaksi-reaksi organik umumnya berlangsung lambat, seperti pembuatan biodiesel dari minyak nabati dengan pengaduk mekanis berlangsung beberapa jam, dan hasil yang diperoleh memerlukan pemisahan juga relatif lama. Esterifikasi dan transesterifikasi minyak nabati umumnya menggunakan pindah panas dari sumber panas secara konvensional seperti heat *exchanger* atau pemanas langsung dari heater. Metode pemanasan ini mengkonsumsi energi untuk proses pemanasan ketika reaksi berlangsung.

Kebutuhan energi aktual merupakan banyaknya energi listrik yang dikonsumsi selama proses reaksi berlangsung antara FFA dan metanol. Besarnya

energi yang dibutuhkan terukur dengan daya *heater pump* yang dihasilkan dengan satuan Watt dan waktu dalam detik. Besarnya konsumsi energi aktual adalah sebagai berikut :

$$Q_a = P \times t \dots\dots\dots(\text{sumber : Jurnal Rekayasa, 2011. Vo l2, No. 1, Hal :39 - 45})$$

Keterangan :

Q_a = Jumlah kalor aktual (Joule)

P = Daya Pemanas (Watt)

T = waktu (detik)