

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Jelantah

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya, minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga umumnya. Minyak yang telah dipakai untuk menggoreng menjadi lebih kental, mempunyai asam lemak bebas yang tinggi dan berwarna kecokelatan. Selama menggoreng makanan, terjadi perubahan fisika-kimia, baik pada makanan yang digoreng maupun minyak yang dipakai sebagai media untuk menggoreng, dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik yang dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya.

Umumnya, minyak goreng digunakan untuk menggoreng dengan suhu minyak mencapai 200-300 °C. Pada suhu ini, ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh rusak, sehingga tinggal asam lemak jenuh saja. Resiko terhadap meningkatnya kolesterol darah tentu menjadi semakin tinggi. Selain itu, vitamin yang larut di dalamnya, seperti vitamin A, D, E, dan K ikut rusak. Kerusakan minyak goreng terjadi atau berlangsung selama proses penggorengan, dan itu mengakibatkan penurunan nilai gizi terhadap makanan yang digoreng. Minyak goreng yang rusak akan menyebabkan tekstur, penampilan, cita rasa dan bau yang kurang enak pada makanan. Dengan pemanasan minyak yang tinggi dan berulang-ulang, juga dapat terbentuk akrolein, di mana akrolein adalah sejenis aldehida yang dapat menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan, membuat batuk konsumen dan yang tak kalah bahaya adalah dapat mengakibatkan pertumbuhan kanker.

Diperlukan penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan. Salah satu bentuk pemanfaatan minyak jelantah agar dapat bermanfaat dari berbagai macam aspek ialah dengan mengubahnya secara proses kimia menjadi biodiesel. Hal ini dapat dilakukan karena minyak jelantah juga

merupakan minyak nabati, turunan dari CPO (crude palm oil). Biodiesel dari substrat minyak jelantah merupakan alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan sebagaimana biodiesel dari minyak nabati lainnya. Hasil uji gas buang menunjukkan keunggulan FAME dibanding solar, terutama penurunan partikulat/debu sebanyak 65%. Biodiesel dari minyak jelantah ini juga memenuhi persyaratan SNI untuk Biodiesel.

2.2 Methanol

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . Senyawa ini merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" ia berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan additif bagi etanol industri.

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

Karena sifatnya yang beracun, metanol sering digunakan sebagai bahan additif bagi pembuatan alkohol untuk penggunaan industri. Saat ini metanol dihasilkan melalui proses multi tahap. Secara singkat, gas alam dan uap air dibakar dalam tungku untuk membentuk gas hidrogen dan karbon monoksida kemudian gas hidrogen dan karbon monoksida tersebut bereaksi dalam tekanan tinggi dengan bantuan katalis untuk menghasilkan metanol. Tahap pembentukannya adalah endotermik dan tahap sintesisnya adalah eksotermik.

Methanol merupakan jenis alkohol yang dapat digunakan sebagai solvent dan reaktan pada proses pembuatan biodiesel melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan bantuan katalis. Methanol yang direaksikan dengan bahan baku minyak jelantah akan membentuk senyawa metil ester (biodiesel) yang merupakan sumber bahan bakar alternatif menyerupai bahan bakar solar.

2.3 Katalis Dalam Pembuatan Biodiesel

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).

2.3.1 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 < 0,1–0,5%. 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.

Beberapa jenis minyak nabati yang memiliki kualitas yang rendah dengan kandungan asam lemak bebas sangat tinggi akan menyebabkan reaksi

penyabunan. Reaksi penyabunan dapat terjadi ketika umpan dengan kandungan asam lemak bebas tinggi bereaksi dengan katalis basa atau alkali membentuk sabun dan air.

Akibat reaksi samping ini, katalis basa harus terus ditambahkan karena sebagian katalis basa habis bereaksi membentuk produk samping berupa sabun. Kehadiran sabun akan menjadi penghambat dalam pemisahan produk biodiesel dari campuran karena menyebabkan terjadinya pembentukan emulsi. Hal ini secara signifikan menurunkan keekonomian proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis basa.

2.3.2 Katalis Asam

Katalis yang dapat digunakan untuk pembuatan biodiesel dengan umpan yang mengandung asam lemak bebas tinggi adalah dengan menggunakan katalis asam. Selain berfungsi untuk mengkatalisis reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel, katalis asam juga dapat mengkatalisis reaksi esterifikasi asam lemak bebas menjadi biodiesel.

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.

2.4 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester (Van Gerpen, 2005).

Kelebihan biodiesel dibandingkan dengan petrodiesel antara lain: (1) Biodiesel berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui; (2) Biodiesel memiliki kandungan aromatik dan sulfur yang rendah (Ma & Hanna, 1999); (3) Biodiesel memiliki cetane number yang tinggi (Zhang et al., 2003).

Karena bahan bakunya berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, biodiesel digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui (Knothe 2005). Komponen karbon dalam minyak atau lemak berasal dari karbon dioksida di udara, sehingga biodiesel dianggap tidak menyumbang pemanasan global sebanyak bahan bakar fosil. Mesin diesel yang beroperasi dengan menggunakan biodiesel menghasilkan emisi karbon monoksida, hidrokarbon yang tidak terbakar, partikulat, dan udara beracun yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum (Gerpen 2004).

Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dan Petrodiesel

Sifat	ASTM D975	ASTM D6751
	Petrodiesel	Biodiesel
Titik Nyala	325 K min	403 K min
Air dan sedimen	0,050 max % vol	0,050 max % vol
Viskositas kinematik (313 K)	1,3-4,1 mms/s	1,9-6,0 mms/s
Massa jenis	-	0,860-0,900
Abu sulfat	-	0,02 max % mass
Abu	0,01 max % mass	-
Sulfur	0,05 max% mass	0,05 max % mass
Korosi pada tembaga	No. 3 max	No. 3 max
Bilangan Cetane	40 min	47 min
Aromatisitas	35 max % vol	-
Residu karbon	0,35 max% vol	0,05 maxx % mass
Temperatur distilasi (90% vol)	555 K min 611 K max	- -

Sumber : (Demirbas, 2009)

Ada setidaknya (lima) alasan mengapa biodiesel penting untuk dikembangkan antara lain:

1. Menyediakan pasar bagi kelebihan produksi minyak tumbuhan dan lemak hewan
2. Biodiesel dapat diperbarui dan siklus karbonnya yang tertutup tidak menyebabkan pemanasan global (Dunn 2005). Analisa siklus kehidupan memperlihatkan bahwa emisi CO₂ secara keseluruhan berkurang sebesar 78% dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum.
3. Untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil
4. Emisi yang keluar dari karbon monoksida, hidrokarbon yang tidak terbakar, dan partikulat dari biodiesel lebih rendah dibandingkan bahan bakar petroleum untuk diesel.

5. Bila ditambahkan ke bahan bakar diesel biasa dengan jumlah sekitar 1-2%, biodiesel ini dapat mengubah bahan bakar dengan kemampuan pelumas yang rendah, seperti modern ultra low sulfur diesel fuel , menjadi bahan bakar yang dapat diterima umum (Gerpen 2004).

Metil ester asam lemak memiliki rumus molekul $C_{n-1}H_{2(n-r)-1}CO-OCH_3$ 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, $C_{17}H_{35}COOCH_3$ [n = 18 ; r = 0]
2. Metil palmitat, $C_{15}H_{31}COOCH_3$ [n = 16 ; r = 0]
3. Metil laurat, $C_{11}H_{23}COOCH_3$ [n = 12 ; r = 0]
4. Metil oleat, $C_{17}H_{33}COOCH_3$ [n = 18 ; r = 1]
5. Metil linoleat, $C_{17}H_{31}COOCH_3$ [n = 18 ; r = 2]
6. Metil linolenat, $C_{17}H_{29}COOCH_3$ [n = 18 ; r = 3]

Kelebihan metil ester asam lemak dibanding asam-asam lemak lainnya :

1. Ester dapat diproduksi pada suhu reaksi yang lebih rendah.
2. Gliserol yang dihasilkan dari metanolisis adalah bebas air.
3. Pemurnian metil ester lebih mudah dibanding dengan lemak lainnya karena titik didihnya lebih rendah.
4. Metil ester dapat diproses dalam peralatan karbon steel dengan biaya lebih rendah daripada asam lemak yang memerlukan peralatan stainless steel.
5. Metil ester asam lemak tak jenuh memiliki bilangan setana yang lebih kecil dibanding metil ester asam lemak jenuh (r = 0). Meningkatnya jumlah ikatan rangkap suatu metil ester asam lemak akan menyebabkan penurunan bilangan setana. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk komponen biodiesel lebih dikehendaki metil ester asam lemak jenuh seperti yang terdapat dalam fraksi stearin minyak sawit.

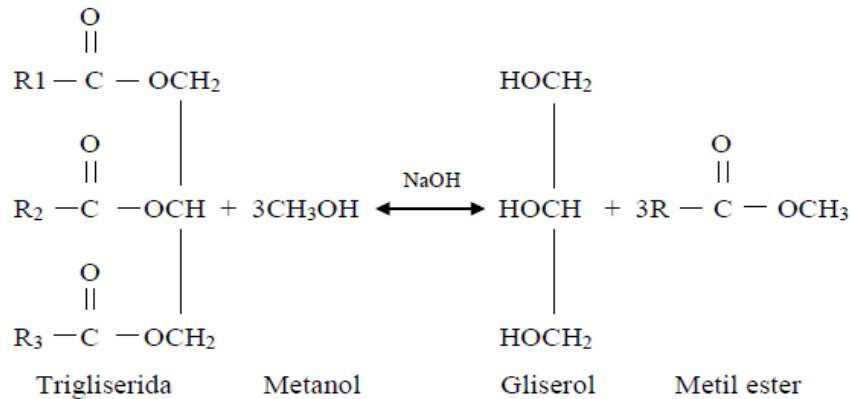
2.5 Transesterifikasi

Pada proses ini biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dari minyak sawit dan metanol menggunakan katalisator logam., asam,

atau basa. Namun, katalisator yang paling baik adalah NaOH. Reaksi ini akan menghasilkan gliserol sebagai hasil samping. (Darnoko dan Cheryan, 2000).

Produk yang dihasilkan selanjutnya dipisahkan menggunakan dekanter. Biodisel yang terbentuk selanjutnya dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa katalis dan metanol. Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara batch atau kontinyu pada tekanan 1 atm dan suhu 50°C-70°C.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Sumber :Lembaga Penelitian Universitas Katolik Prahayangan 2013

Gambar 1. Reaksi Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah

Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap yaitu sebagai berikut:

1. Trigliserida (TG) + CH₃OH $\xrightleftharpoons{\text{Katalis}}$ Digliserida (DG) + R₁COOCH₃
2. Digliserida (DG) + CH₃OH $\xrightleftharpoons{\text{Katalis}}$ Monogliserida (MG) + R₂COOCH₃
3. Monogliserida (MG) + CH₃OH $\xrightleftharpoons{\text{Katalis}}$ Gliserol (GL) + R₃COOCH₃

Sumber :Lembaga Penelitian Universitas Katolik Prahayangan 2013

Gambar 2. Reaksi Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah

Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam lemak. Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu:

1. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
2. Memisahkan gliserol
3. Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm)

Faktor utama yang mempengaruhi rendemen ester yang dihasilkan pada reaksi transesterifikasi adalah:

1. Rasio molar antara trigliserida dan alkohol.

Agar reaksi dapat bergeser ke arah produk, alkohol yang ditambahkan harus berlebih dari kebutuhan stoikiometrinya. Penelitian menyatakan dalam penerapan praktis, perbandingan yang digunakan adalah antara 3,3 sampai 5,25 : 1. Contoh lain menyatakan bahwa perbandingan yang digunakan adalah 4,8 : 1, dengan perolehan metil ester yang dihasilkan 97 - 98,5 %. Dalam industri biasanya digunakan perbandingan 6 : 1 dan diperoleh konversi lebih besar dari 98%. Peningkatan alkohol terhadap trigliserida akan meningkatkan konversi, tetapi menyulitkan pemisahan gliserol.

2. Jenis katalis yang digunakan.

Penggunaan katalisator berguna untuk menurunkan tenaga aktivasi sehingga reaksi berjalan dengan mudah bila tenaga aktivasi kecil maka harga konstanta kecepatan reaksi bertambah besar. Ada tiga golongan katalis yang dapat digunakan yaitu asam, basa, dan enzim. Sebagian besar proses transesterifikasi komersial dijalankan dengan katalis basa, karena reaksinya berlangsung sangat cepat yaitu empat ribu kali lebih cepat dibanding dengan katalis asam.

3. Suhu reaksi

Transesterifikasi dapat dilakukan pada berbagai suhu, tergantung dari jenis trigliserida yang digunakan. Jika suhu semakin tinggi, laju reaksi akan semakin cepat. Konversi akhir trigliserida hanya sedikit dipengaruhi oleh suhu reaksi. Suhu reaksi yang telah digunakan dalam berbagai penelitian adalah antara 20 – 80°C.

4. Kandungan air dan asam lemak bebas.

Terdapatnya air dalam trigliserida menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi, yang dapat menurunkan tingkat efisiensi katalis. Jika kandungan asam lemak bebasnya tinggi maka akan dibutuhkan banyak basa.

5. Kemurnian reaktan.

Pada kondisi reaktan yang sama, konversi untuk reaksi dengan bahan baku minyak nabati mentah berkisar antara 67 – 84 %. Hal ini disebabkan oleh

tingginya kandungan asam lemak bebas di minyak nabati mentah, namun masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan temperatur dan tekanan reaksi yang tinggi.

6. Kecepatan Pengadukan

Setiap reaksi dipengaruhi oleh tumbukan antar molekul yang larut dalam reaksi dengan memperbesar kecepatan pengadukan maka jumlah tumbukan antar molekul zat pereaksi akan semakin besar, sehingga kecepatan reaksi akan bertambah besar. Pada proses transesterifikasi, selain menghasilkan biodiesel, hasil sampingannya adalah gliserin (gliserol). Gliserin dapat dimanfaatkan dalam pembuatan sabun. Bahan baku sabun ini berperan sebagai pelembab (*moisturising*).

2.6 Gelombang Mikro

Reaksi-reaksi kimia dan reaksi organik banyak yang dapat berlangsung apabila mendapatkan energi dari luar. Reaksi–reaksi organik umumnya berlangsung lambat, seperti pembuatan biodiesel dari minyak nabati secara konvensional berlangsung beberapa jam, dan hasil yang diperoleh memerlukan pemisahan juga relatif lama. Gelombang mikro merupakan alternatif sumber energi yang dapat digunakan untuk mensuplai energi dalam reaksi kimia dan proses. Melalui pemanasan dielektrik, campuran reaksi dapat bercampur secara homogen tanpa kontak dengan dinding. Waktu yang diperlukan untuk reaksi secara keseluruhan dapat tereduksi secara signifikan (Santoso, 2008).

Radiasi gelombang mikro merupakan radiasi non-ionisasi yang dapat memutuskan suatu ikatan sehingga menghasilkan energi yang dimanifestasikan dalam bentuk panas melalui interaksi antara zat atau medium. Energi tersebut dapat direfleksikan, ditransmisikan, atau diabsorbsikan (Varma, 2001). Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio, tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa. Panjang gelombangnya termasuk *ultra-short* (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro, dari sinilah lahir istilah *microwave* (Handayani, 2010). Penggunaan teknologi gelombang mikro dalam kimia anorganik telah dimulai pada akhir tahun 1970, dan mulai dikembangkan di dalam kimia organik sejak pertengahan tahun 1980 (Lidstrom, 2001). Secara umum, proses pemanasan dalam reaksi organik menggunakan

pemanasan tradisional seperti dengan menggunakan penangas minyak, penangas pasir, dan penangas mantel. Pemanasan dengan cara ini biasanya membutuhkan waktu yang lebih lama sehingga dapat mengakibatkan terjadinya dekomposisi baik pada substrat, pereaksi, maupun produk yang dihasilkan. Hal ini berbeda bila proses pemanasan tersebut menggunakan teknik gelombang mikro, dimana pemanasan dengan gelombang mikro akan mengurangi terjadinya dekomposisi terhadap produk yang dihasilkan atau dekomposisi yang diakibatkan oleh produk tersebut (Lidstrom, 2001).

Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan energi *microwave* diberikan atau dihantarkan secara langsung pada molekul-molekul yang bereaksi melalui reaksi kimia. Pindah panas menggunakan *microwave* lebih efektif daripada pemanasan secara konvensional dimana panas dipindahkan dari lingkungan (Lertsathapornsuk, dkk., 2004).

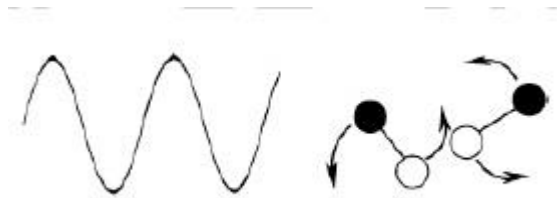
Proses pemanasan dengan *microwave* menggunakan waktu yang lebih singkat untuk memanaskan bahan baku tanpa pemanasan awal (Lertsathapornsuk, dkk., 2004). Selain itu penggunaan *microwave* menunjukkan reaksi lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang singkat, menurunkan jumlah produk samping dan dapat menurunkan konsumsi energi (Hernando, dkk., 2007 diacu dalam Terigar, 2009). Efisiensi dari transesterifikasi *microwave* berasal dari sifat dielektrik dari campuran polar dan komponen ion dari minyak, pelarut dan katalis. Pemanasan yang cepat dan efisien pada radiasi *microwave* lebih banyak karena gelombang *microwave* berinteraksi dengan sampel pada tingkat molekular menghasilkan campuran inter molekular dan agitasi yang meningkatkan peluang dari sebuah molekul alkohol bertemu dengan sebuah molekul minyak (Terigar, 2009).

2.6.1 Prinsip Dasar Mekanisme Reaksi dengan Metode Gelombang Mikro

Secara teoritis, ada dua proses mekanisme yang terjadi pada metode gelombang mikro yaitu mekanisme secara polarisasi dipolar dan mekanisme secara konduksi.

a. Mekanisme secara polarisasi dipolar

Prinsip dari mekanisme ini adalah terjadinya polarisasi dipolar sebagai akibat dari adanya interaksi dipol-dipol antara molekul-molekul polar ketika diradiasikan dengan gelombang mikro. Dipol tersebut sangat sensitif terhadap medan listrik yang berasal dari luar sehingga dapat mengakibatkan terjadinya rotasi pada molekul tersebut sehingga menghasilkan sejumlah energi (Lidstrom, 2001). Energi yang dihasilkan pada proses tersebut adalah energi kalor sehingga hal tersebut dikenal dengan istilah efek termal (pemanasan dielektrik) (Perreux, 2001). Ilustrasi suatu pergerakan molekul secara mekanisme polarisasi dipolar saat molekul diradiasi gelombang mikro dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pergerakan Molekul Dipolar Teradiasi Gelombang Mikro

(Sumber: Lidstrom, 2001)

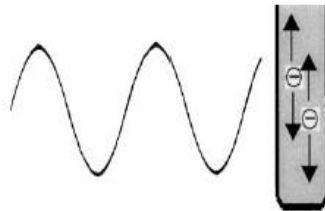
Molekul yang dapat dipanaskan dengan gelombang mikro adalah molekul-molekul yang bersifat polar, karena pada molekul-molekul yang bersifat non-polar tidak akan terjadi interaksi dipol-dipol antar molekulnya. Molekul-molekul non-polar tersebut bersifat inert terhadap gelombang mikro dielektrik (Perreux, 2001).

Menurut penelitian Perreux (2001), pada saat diradiasikan dengan gelombang mikro terjadi kenaikan suhu pada molekul air sedangkan pada molekul dioksan perubahan suhu relatif konstan. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan kepolaran antara air yang bersifat polar dengan dioksan yang bersifat non-polar. Selain sifat kepolarannya, jenis fase suatu molekul juga berpengaruh terhadap pemanasan dengan gelombang mikro. Pada molekul dengan fase gas akan tidak dapat diradiasikan dengan gelombang mikro, hal ini disebabkan karena jarak antar molekul dalam fase gas sangat berjauhan bila dibandingkan dengan molekul dalam fase cair sehingga molekul-molekul dalam fase gas akan sulit untuk

melakukan rotasi antar molekul-molekulnya dalam suatu medan listrik (Lidstrom, 2001)

b. Mekanisme secara konduksi

Mekanisme secara konduksi terjadi pada larutan-larutan yang mengandung ion. Bila suatu larutan mengandung partikel bermuatan atau ion diberikan suatu medan listrik maka ion-ion tersebut akan bergerak. Pergerakan tersebut akan mengakibatkan peningkatan kecepatan terjadinya tumbukan sehingga akan mengubah energi kinetic menjadi energi kalor. Ilustrasi mekanisme konduksi suatu larutan yang mengandung partikel bermuatan saat diradiasi gelombang mikro dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pergerakan Partikel Bermuatan dalam Suatu Larutan Mengikuti Medan Listrik

(Sumber: Lindstrom, 2001)

Larutan-larutan yang mengandung ion akan memberikan energi kalor bila diberi medan listrik dibandingkan dengan larutan-larutan yang tidak mengandung ion.

2.7 Separasi Tegangan Tinggi

Pemurnian dari biodiesel dan gliserol dari proses esterifikasi masih terkendala jika dilakukan secara manual saat proses pemisahan dengan bantuan grafitasi dan perbedaan berdasarkan densitas masing-masing. Waktu pemisahan yang dibutuhkan dalam proses pemisahan manual dengan bantuan perbedaan densitas cukup lama. Hal ini terjadi karena antara biodiesel dan gliserol terjadi gaya tarik menarik molekul (Koheisi sejenis) dan Adesi (berlainan jenis). Melalui teori tegangan permukaan (*Surface Tension Theory*), daya kohesi tiap zat selalu sama, sehingga pada permukaan suatu zat cair (bidang batas antara zat cair dan

udara) akan terjadi perbedaan tegangan karena tidak adanya keseimbangan gaya kohesi terhadap tegangan permukaan (Ansel, 1989).

Semakin tinggi perbedaan tegangan yang terjadi pada bidang batas mengakibatkan kedua zat cair atau lebih akan semakin sulit untuk bercampur. Tegangan dapat ditingkatkan dengan memberikan aliran listrik bertegangan listrik dengan diikuti aliran arus yang lemah sebagai bentuk keamanan proses saat proses pemisahan campuran kedua zat cair dan dapat dimanfaatkan dalam proses pemisahan gliserol dan biodiesel.

Pembuatan biodiesel dengan menggunakan bantuan tegangan listrik belum banyak dilakukan. Proses ini dilakukan bertujuan untuk memulai karakteristik pemisahan gliserin tegangan listrik sehingga dapat diterapkan pada proses produksi biodiesel dan untuk menentukan beberapa parameter yang dapat memungkinkan penerapannya dalam proses lainnya. Metode pemisahan yang dilakukan dengan memanfaatkan aliran bertegangan listrik yang mengalir melalui plat besi yang disusun didalam *batch separator* sehingga dapat terjadi pemisahan antara biodiesel dengan gliserol dan zat pengotor lainnya yang lebih cepat [Greg Austic and Scott Shore, 2010].

Salah satu penelitian tentang penggunaan tegangan listrik pada pembuatan biodiesel adalah penelitian yang dilakukan oleh Istadi dkk. (2014). Penelitian dilakukan dengan menggunakan *palm oil* sebagai sumber trigliserida. Reaksi trigliserida dengan metanol dilakukan di dalam reactor plasma jenis dengan kondisi proses yang telah ditentukan.

Pemisahan biodiesel dengan metode separasi tegangan listrik dapat menjadi teknologi yang menjanjikan untuk sintesa biodiesel dari minyak tumbuhan karena waktu reaksi relatif singkat, tidak terjadi pembentukan sabun dan tidak membentuk gliserol sebagai hasil samping. Namun kerugiannya adalah masih sulitnya mengendalikan mekanisme reaksi karena adanya elektron berenergi tinggi, mengendalikan ikatan mana yang akan dieksitasi atau diionisasi dan mencegah reaksi lanjutan karena aksi dari elektron berenergi tinggi. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa dengan menerapkan tegangan listrik ke dalam campuran biodiesel dan gliserin, akan terjadi pemisahan dengan cepat.

Permasalahan dan variable yang dapat ditinjau adalah waktu, tegangan, jarak elektroda, konfigurasi elektroda, wadah konfigurasi, konsentrasi sabun, asam lemak bebas (FFA) konsentrasi, atau konsentrasi ionic umum [Greg Austic and Scott Shore, 2010].

Tahap pertama dari proses ditandai dengan konduktivitas kedua biodiesel dan gliserin. Tahap kedua untuk menganalisa keterbatasan tegangan listrik untuk gliserin pemisahan. Karakterisasi Pemisahan Tegangan listrik Tahap kedua dari penelitian ini difokuskan pada karakteristik keterbatasan dan kondisi untuk pemisahan tegangan listrik [Greg Austic and Scott Shore, 2010].

Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi proses separasi bertegangan listrik antara lain :

1. Pengaruh Jenis Elektroda pada pemisahan gliserin

Dalam penelitian ini, waktu dikonsumsi untuk memisahkan gliserin dari biodiesel ketika menggunakan empat bar elektroda, titik ke titik, berlapis dan jenis kabel dalam berbagai tegangan dan intensitas stabil dan jarak elektroda yang berbeda dievaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi jarak tetap antara elektroda, bila menggunakan titik ke titik jenis elektroda di segala kondisi arus dan tegangan, waktu yang diperlukan untuk pemisahan gliserin dan biodiesel memiliki kisaran terendah, 19-45 s. Juga hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk pemisahan gliserin bila menggunakan jenis elektroda kabel maksimal.

2. Pengaruh tegangan - kondisi saat ini pada pemisahan gliserin

Investigasi tegangan dan kondisi saat ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya tegangan 6000-10000 (V) jumlah waktu yang diperlukan untuk pemisahan gliserin dan biodiesel 10 menit . Fenomena ini dapat dijelaskan sehingga peningkatan tegangan mengarah ke penguatan medan elektrostatik dan mempercepat partikel koagulasi atau tetes gliserin dalam campuran biodiesel-gliserin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas elektrostatik lapangan (tegangan listrik dan arus yang lebih rendah) memiliki paling efektif dalam mengurangi gliserin waktu pemisahan tetapi pengamatan menunjukkan bahwa tegangan yang lebih

tinggi dapat menyebabkan dampak negatif pada biodiesel dan keselamatan pertimbangan harus dipertimbangkan lebih lanjut.