

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Tanaman nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) biasanya tumbuh baik di sekitar sungai atau pantai sampai ketinggian 500 meter. Tanaman nyamplung yang terdapat di Indonesia tersebar di Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, dan NTT (Chandra dkk, 2013).

Minyak nyamplung adalah hasil dari ekstraksi biji nyamplung dengan menggunakan mesin pres. Minyak nyamplung yang dihasilkan berwarna hitam gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil, dan lain-lain (Muhammad dkk, 2014). Minyak nyamplung merupakan salah satu minyak nabati yang memiliki potensi sebagai sumber daya energi terbarukan sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel, karena minyak nyamplung memiliki kelebihan dengan bijinya yang mempunyai rendemen yang tinggi 40% - 73%, dan juga penggunaan minyak nyamplung sebagai bahan dasar biodiesel tidak harus bersaing dengan kebutuhan pangan (Atabani dkk, 2011). Pada Tabel 2.1 merupakan beberapa komposisi minyak nyamplung.

Tabel 2.1 Komposisi Minyak Nyamplung (Muhammad dkk, 2014)

| No | Jenis Asam Lemak              | Presentase (%) |
|----|-------------------------------|----------------|
| 1  | <i>Asam lemak jenuh</i>       | 29,41          |
|    | Asam Palmitat (C16:0)         | 14,31          |
|    | Asam Stearat (C18:0)          | 15,09          |
| 2  | <i>Asam lemak tidak jenuh</i> | 70,32          |
|    | Asam Palmitoleat (C16:1)      | 0,406          |
|    | Asam Oleat (C18:1)            | 35,48          |
|    | Asam Linoleat (C18:2)         | 33,87          |
|    | Asam Linoleat (C18:3)         | 0,557          |

Minyak nyamplung memiliki kandungan asam lemak bebas yang relatif tinggi dan adanya senyawa pengotor, untuk itu minyak nyamplung perlu dilakukan pemurnian, dan salah satu pemurnian adalah *degumming* (Fathiyah, 2010). Minyak nabati yang memiliki asam lemak bebas yang tinggi (>2%) perlu melalui proses esterifikasi (Ramadhas dkk, 2004). Tingginya asam lemak bebas dapat berdampak pada hasil rendemen biodiesel yang mencapai 30%, karena dapat membentuk sabun pada proses pembuatan biodiesel sehingga menyulitkan proses pencucian dan dapat menghilangkan produk (Sudradjat dkk, 2010).

Penelitian biodiesel berbahan dasar minyak nyamplung telah dilakukan dengan membandingkan metode esterifikasi-transesterifikasi (E-T) dan metode esterifikasi-netralisasi-transesterifikasi (E-N-T). Transesterifikasi yang dilakukan dengan menggunakan variasi suhu (30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C), rasio molar metanol-minyak (6:1; 7:1; 8:1; 9:1; 10:1 dan konsentrasi katalis KOH (0,75 %, 1 %, 1,25 %, 1,5 %, 1,75 %), menghasilkan bahwa metode (E-N-T) memiliki nilai *yield* biodiesel lebih tinggi dibandingkan metode (E-T) dan nilai *yield* terbesar diperoleh pada variasi suhu 60 °C, rasio metanol-minyak 8:1 dan konsentrasi katalis KOH 1,25 % dengan nilai 92,20 % berat (Prihanto, 2015).

Menurut Sudrajad dkk (2010), proses yang dilakukan terdiri dari *degumming*, esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan katalis NaOH, yang menghasilkan dimana proses transesterifikasi yang optimum diperoleh pada katalis NaOH 1 %, temperatur 60 °C, waktu 30 menit, rasio metanol-minyak 6:1, dan kecepatan pengadukan 400 rpm. Memperoleh *yield* terbesar 69,8%, dengan nilai densitas 888,6 kg/m<sup>3</sup>, viskositas 7,727 cSt, *flash point* 151°C.

Minyak nabati yang bisa digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah minyak goreng bekas atau biasa disebut minyak jelantah yang berasal dari minyak bekas penggorengan minyak sawit, minyak jagung, minyak kelapa, dan lain sebagainya. Penelitian minyak jelantah telah dilakukan oleh Turnip dkk (2017) untuk mengetahui komposisi asam lemaknya, dapat dilihat pada tabel 2.2:

Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah (Turnip dkk, 2017)

| <b>Komposisi Asam Lemak</b> | <b>Persentase (%)</b> |
|-----------------------------|-----------------------|
| <b>Asam Dekanoat</b>        | 0,0777                |
| <b>Asam Laurat</b>          | 0,3936                |
| <b>Asam Miristat</b>        | 0,9550                |
| <b>Asam Palmitat</b>        | 41,0134               |
| <b>Asam Palmitoleat</b>     | 0,2126                |
| <b>Asam Stearat</b>         | 3,9562                |
| <b>Asam Oleat</b>           | 44,1591               |
| <b>Asam Linoleat</b>        | 8,7113                |
| <b>Asam Linolenat</b>       | 0,0189                |
| <b>Asam Arakidat</b>        | 0,3465                |
| <b>Asam Eikosenoat</b>      | 0,1559                |

Sama halnya dengan minyak nyamplung kandungan asam lemak bebas pada minyak jelantah cukup tinggi, maka dari itu diperlukan proses esterifikasi guna menurunkan kadar asam lemak bebas sebelum dilanjutkan proses transesterifikasi (Hambali dkk, 2008). Ketaren (1996) dalam Suirta (2009) mengungkapkan penggunaan minyak goreng menjadi minyak jelantah mengalami perubahan kimia akibat oksidasi dan hidrolisis sehingga trigliserida akan terurai menjadi senyawa senyawa lain, salah satunya *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas.

Proses pembuatan biodiesel minyak jelantah dilakukan oleh Suirta (2009), reaksi esterifikasi dan transesterifikasi, menghasilkan biodiesel minyak jelantah dengan berat jenis ( $0,8976 \pm 0,0003$  g/mL), viskositas ( $4,53 \pm 0,0872$  mm/s), bilangan iod ( $9,3354 \pm 0,0288$ g iod/100g sampel), dan bilangan asam ( $0,4238 \pm 0,0397$ mgKOH/g) yang memenuhi standar Jerman DIN 51606.

Aziz dkk, (2012), meneliti karakteristik biodiesel minyak jelantah menggunakan katalis H-Zeolit dan KOH, dengan perbandingan jelantah dan metanol dalam perbandingan 4:1 (volum) pada suhu 60 °C. Karakteristik biodiesel minyak jelantah yang dihasilkan menggunakan katalis KOH memiliki densitas 0,85

g/mL dan viskositas 3,09 cSt. Sedangkan menggunakan katalis H-zeolit mempunyai densitas 0,78 g/mL dan viskositas 0,35 cSt.

Proses esterifikasi minyak goreng bekas telah dilakukan oleh Aziz dkk (2011), dengan tujuan menurunkan kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah menggunakan metanol dengan katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), dihasilkan pada reaksi esterifikasi paling optimal pada suhu  $60\text{ }^{\circ}C$ , dengan waktu reaksi 2,5 jam, dimana pada kondisi ini asam lemak bebas turun dari 2,5% menjadi 1,1%.

Pengaruh waktu transesterifikasi terhadap konversi pembuatan biodiesel minyak jelantah telah dilakukan, dimana minyak jelantah yang digunakan ada dua jenis, yaitu minyak jelantah pecel lele, minyak jelantah rumah tangga, dan minyak jelantah penjual gorengan. Proses transesterifikasi menggunakan variasi jumlah katalis NaOH yang digunakan sebesar 0.75% dan 1%, dengan variasi waktu 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit dan rasio molar minyak dan metanol sebesar 1:3, 1:6, 1:9, 1:12, dan 1:15. Hasil terbaik diperoleh dengan konversi biodiesel minyak jelantah pecel lele sebesar 85.2% pada rasio molar 1:6, dengan katalis NaOH 1% dalam waktu 60 menit, sedangkan konversi biodiesel dari minyak jelantah rumah tangga dan penjual gorengan berturut-turut sebesar 82,3433% dan 82,2037%, dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan meliputi densitas, viskositas, bilangan asam, kadar air, *flash point* dan PH bahwa mutu biodiesel yang dihasilkan sudah memenuhi standar SNI, dengan hasil Densitas biodiesel sebesar  $880\text{ kg/m}^3$ , bilangan asam sebesar  $0.27\text{ mg-KOH/g}$ , serta memiliki kadar air maksimal 0.05 (Anisah dkk, 2018).

Wahyuni dkk (2015) meneliti tentang pengaruh suhu proses dan lama pengendapan terhadap kualitas biodiesel dari minyak goreng bekas. Parameter yang digunakan yaitu variasi suhu  $40\text{ }^{\circ}C$ ,  $50\text{ }^{\circ}C$ ,  $60\text{ }^{\circ}C$ ,  $70\text{ }^{\circ}C$ , dan  $80\text{ }^{\circ}C$  dan variasi waktu pengendapan 48 jam, 96 jam, 144 jam, 192 jam and 240 jam. Waktu pengadukan selama 5 menit, kecepatan pengaduk 1050 rpm, basis katalis (NaOH), metanol adalah 20%. Dengan hasil jika suhunya lebih besar, viskositas dan densitasnya menurun. Sedangkan hasil tertinggi adalah 76% yang dihasilkan oleh variasi suhu 50, rata-rata titik nyala (*flash point*)  $>110\text{ }^{\circ}C$ . Variasi waktu pengendapan bukanlah pengaruh yang signifikan dalam pembuatan biodiesel dengan rata-rata

untuk semua variasi viskositas antara 5,7-5,8 cSt, densitas yang didapat sekitar 861 kg/m<sup>3</sup>, titik nyala (*flash point*) >110 °C.

Sinaga dkk (2014) melakukan penelitian pengaruh suhu dan waktu reaksi pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah, dengan proses transesterifikasi dengan molar minyak jelantah terhadap methanol 1:6, variasi suhu yang digunakan 45 °C, 55 °C, dan 65 °C variasi waktu 5 menit, 10 menit, dan 30 menit. Menghasilkan perlakuan yang optimum yaitu suhu transesterifikasi pada suhu 65 °C dan waktu 30 menit, dengan 72,87 % metil ester dengan densitas 0,85 gram/ml, viskositas 1,65 cSt, dan bilangan asam 0,07 %.

Pencampuran minyak nabati dengan jenis minyak nabati lain pernah dilakukan pula dilakukan oleh beberapa peneliti. Hastono dkk (2010) melakukan penelitian nilai kalor dengan berbagai komposisi campuran bahan minyak nabati. Minyak nabati yang digunakan adalah minyak jarak pagar (*Crude Jatropha Oil*), minyak kelapa sawit (*Crude palm Oil*), minyak jelantah (*Waste Cooking Oil*). Pencampuran yang dilakukan menggunakan campuran jarak pagar dan minyak jelantah dengan komposisi (100:0 90:10 70:30 50:50 30:70 90:10 dan 0:100). Selain pengukuran nilai kalor, pengukuran sifat fisika dan kimia juga dilakukan seperti densitas, viskositas, indeks bias, bilangan asam, dan bilangan iod. Hasil yang diperoleh proses pencampuran minyak jelantah dan minyak jarak pagar nilai kalor ada dalam rentang 8127,1 kal/g – 9197,29 kal/g, nilai densitas dalam rentang 904,082 kg/m<sup>3</sup> – 898,822 kg/m<sup>3</sup>, nilai viskositas dalam rentang 4,18 cP – 4,11 cP, indeks bias dalam rentang 1,466 – 1,462; bilangan asam dalam rentang 30,294 mg KOH/g sample sampai 0,813 KOH/g, dan bilangan iod pada rentang 135,530 g Iod.

Tazora (2011) melakukan penelitian peningkatan mutu biodiesel dari minyak biji karet melalui pencampuran dengan biodiesel dari minyak jarak pagar, ada dua metode yang digunakan metode pertama pencampuran antara minyak biji karet dengan minyak biji jarak dan metode ke dua mencampur antara minyak biji karet dengan minyak biji jarak setelah dibuat biodiesel, dengan komposisi setiap metode yaitu 0:100, 10:90, 20:80 30:70, 40:60, dan 100:0. Hasil yang diperoleh komposisi pencampuran 80% minyak jarak pagar dengan 20% minyak biji karet adalah hasil yang terbaik pada kedua metode yang digunakan, metode pertama

mampu menurunkan viskositas biodiesel jarak pagar menjadi 5,92 cSt serta meningkatkan bilangan setana biodiesel biji karet menjadi 52, dan metode kedua mampu menurunkan viskositas biodiesel jarak pagar menjadi 5,75 cSt dan meningkatkan bilangan setana biodiesel biji karet menjadi 51,8. Pencampuran biodiesel biji karet dengan biodiesel jarak pagar lebih baik dari pada pencampuran minyak biji karet dengan minyak jarak pagar hal ini ditandai dengan pencampuran 20% biodiesel biji karet dengan 80% biodiesel jarak pagar memberikan nilai viskositas kinematik dan bilangan setana yang terbaik.

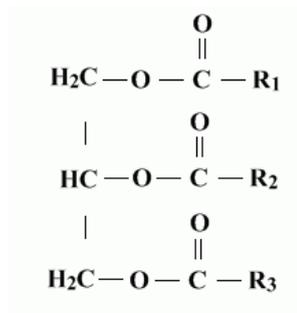
Berdasarkan dari tinjauan pustaka yang berasal dari penelitian yang dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa minyak nyamplung dan minyak jelantah potensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan satu proses atau dua proses, proses pembuatan biodiesel bergantung pada kadar asam lemak bebas yang terkandung di dalam bahan baku yang digunakan. Penelitian tentang pengaruh komposisi percampuran biodiesel minyak nyamplung dan biodiesel minyak jelantah telah dilakukan dengan hasil yang optimal pada komposisi 60:40 (%). Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel minyak nyamplung dan biodiesel minyak jelantah terhadap sifat fisik biodiesel.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Lemak dan Minyak**

Lemak dan minyak adalah suatu golongan organik yang tidak larut dalam air, namun larut dalam pelarut nonpolar, pelarut nonpolar yaitu dietil eter, benzena, kloroform, dan heksana atau yang biasa disebut lipid. Lemak dan minyak merupakan trigliserida campuran, yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Lemak nabati atau minyak nabati adalah sejenis minyak yang terbuat dari tumbuhan dan biasanya digunakan dalam makanan. Sebagian besar minyak nabati berbentuk cair karena mengandung sejumlah asam lemak tak jenuh, yaitu asam oleat, linoleat, atau asam linoleat dengan titik cair yang rendah. Trigliserida adalah ester asam monokarboksilat jenuh dan tidak jenuh dengan gliserida alkohol trihydric yang ada pada minyak nabati. Pada umumnya minyak

nabati memiliki kandungan 90-98% trigliserida, dengan tiga molekul asam lemak yang terkait pada gliserol. berikut struktur umum dari trigliserida. Struktur umum trigliserida dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur umum Trigliserida (Dewi, 2015)

### 2.2.2 Minyak Nyamplung

Minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) berasal dari tumbuhan nyamplung yang tumbuh pada di area dengan curah hujan 1000-5000 mm per tahun pada ketinggian 0-200 m di atas permukaan laut. Pohon nyamplung berbuah dua kali dalam setahun dan menghasilkan buah sampai 100 kg dan minyak sekitar 8 kg. dalam 1 hektare dapat ditanam 400 pohon nyamplung dan setiap pohonnya minyak sekitar 11,7 kg atau 4.680 kg setiap hektare. Tumbuhan nyamplung dimanfaatkan biji untuk dibuat menjadi minyak nyamplung, dan biji nyamplung memiliki kadar minyak yang tinggi sekitar 40-73% dari berat bijinya, sehingga sangat potensial sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Muhammad dkk, 2014), gambar buah dan biji nyamplung dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Buah dan Biji Nyamplung (Silitonga dkk, 2013)

Minyak biji nyamplung didapatkan melalui ekstraksi menggunakan mesin pengepresan atau dengan menggunakan pelarut. Minyak nyamplung memiliki ciri

fisik berwarna hijau gelap dapat larut dalam alkohol dan minyak tetapi tidak dapat larut dalam air (Muhammad dkk, 2014).

### 2.2.3 Minyak Jelantah

Minyak goreng bekas atau biasa disebut minyak jelantah adalah limbah pemakaian minyak goreng seperti minyak jagung, minyak sawit, minyak samin, dan minyak kelapa. Penggunaan minyak goreng secara berulang-ulang akan menyebabkan oksidasi asam lemak tidak jenuh yang kemudian membentuk gugus peroksida dan monomer siklik, hal tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi yang mengkonsumsinya, yaitu menyebabkan berbagai gejala keracunan, dan beberapa trigliserida akan terurai menjadi senyawa-senyawa lain, salah satunya *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas (Suirta, 2009). Pada tabel 2.3 akan menunjukkan kandungan dari minyak jelantah.

Tabel 2.3 Sifat Fisik Minyak Jelantah (Anisah dkk, 2018)

| Parameter                                    | Kandungan |
|--|-----------|
| Berat Jenis (gr/liter)                       | 0,9104    |
| Viskositas Kinematis pada (40 °C)            | 39,07     |
| Bilangan Asam                                | 1,0037    |
| Kadar Air (% Volume)                         | 1,24      |
| Bilangan Peroksida (mg O <sub>2</sub> /100g) | 0,0168    |
| <i>Flash Point</i> (°C)                      | 247,7     |

Minyak jelantah memiliki potensi jika ditangani dengan baik, salah satunya sebagai bahan baku biodiesel. Pada umumnya diperlukan dua tahap untuk mengkonversi minyak jelantah menjadi biodiesel, yaitu menggunakan proses esterifikasi dan proses transesterifikasi (Setiawati dkk, 2012).

### 2.2.4 Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu cara alternatif guna mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang dimana semakin lama semakin menipis. Biodiesel dapat diperoleh dari reaksi transesterifikasi minyak nabati atau hewani dengan methanol dan katalis NaOH atau KOH (Budiman dkk, 2014). Hasil sampingan dari proses transesterifikasi adalah gliserol dan dapat diolah lebih lanjut

menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Pada tabel 2.4 terlihat perbandingan biodiesel dan petrodiesel.

Tabel 2.4 Perbandingan Biodiesel dan Petrodiesel (Budiman dkk, 2014)

| <b>Aspek</b>                     | <b>Biodiesel</b>  | <b>Petrodiesel</b>   |
|----------------------------------|---|--|
| <b>Sifat pembakaran</b>          | Lebih bersih  | Menimbulkan polusi dan masalah kesehatan   |
| <b>Emisi CO<sub>2</sub></b>      | 78% lebih ramah dibanding petrodiesel   | Emisi nya sangat besar sehingga berkontribusi terhadap pemanasan global                    |
| <b>Sifat pelumasan</b>           | Memiliki sifat pelumasan sehingga turut membersihkan bagian dalam mesin                           | Tidak memiliki sifat pelumas   |
| <b>Angka setana</b>              | Angka setana lebih tinggi sehingga lebih mudah di- <i>Starter</i>                                 | Angka setana lebih rendah dibandingkan biodiesel   |
| <b>Emisi padat dan gas buang</b> | Menghasilkan lebih sedikit jelaga, CO, hidrokarbon tidak terbakar dan SO <sub>2</sub>             | Mengemisikan kandungan sulfur yang tinggi dalam gas buang                                  |
| <b>Efek terhadap lingkungan</b>  | Tidak beracun, dapat diuraikan dan mengurangi efek tumpahan minyak bumi yang mencemari lingkungan | Sifat biodegradabilitasnya lebih rendah dibandingkan biodiesel, pemicu efek gas rumah kaca |

Biodiesel juga memiliki kelemahan salah satu kelemahannya adalah pada viskositas. Viskositas biodiesel lebih tinggi dari petrodiesel, dimana viskositas dengan nilai viskositas yang lebih tinggi dapat mempengaruhi kinerja mesin diesel, guna untuk menutupi kekurangan pada biodiesel, biodiesel yang akan melalui proses pencampuran harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, karena standar tersebut dapat memastikan bahwa biodiesel yang dihasilkan dari reaksi proses bahan baku minyak nabati sempurna yaitu bebas gliserol, katalis, alkohol, dan asam lemak bebas. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) melalui Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu biodiesel di Indonesia yaitu SNI 7182-2015, terlihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Syarat mutu biodiesel SNI 7182:2015

| No | Parameter uji   | Satuan, min/maks                          | Persyaratan |
|----|---|---|-------------|
| 1  | Massa jenis pada 40 °C  | kg/m <sup>3</sup>                         | 850-890     |
| 2  | Viskositas kinematik pada 40 °C   | mm <sup>2</sup> /s (cSt)                  | 2,3-6,0     |
| 3  | Angka setana  | min                                       | 51          |
| 4  | Titik nyala (mangkuk tertutup)  | °C, min                                   | 100         |
| 5  | Titik kabut   | °C, maks                                  | 18          |
| 6  | Korosi lempengan tembaga (3 jam pada 50 °C)   | -   | Nomor 1     |
| 7  | Residu karbon<br>- Dalam percobaan asli; atau<br>- Dalam 10% ampas distilasi              | %-massa, maks                             | 0,05<br>0,3 |
| 8  | Air dan sedimen   | %-volume, maks                            | 0,05        |
| 9  | Temperatur distilasi 90%  | °C, maks                                  | 360         |
| 10 | Abu tersulfatkan  | %-massa, maks                             | 0,02        |
| 11 | Belerang  | mg/kg, maks                               | 50          |
| 12 | Fosfat  | mg/kg, maks                               | 4           |
| 13 | Angka asam  | mg-KOH/g, maks                            | 0,5         |
| 14 | Gliserol bebas  | %-massa, maks                             | 0,02        |
| 15 | Gliserol total  | %-massa, maks                             | 0,24        |
| 16 | Kadar ester metil   | %-massa, min                              | 96,5        |
| 17 | Angka iodium  | %-massa<br>(g-I <sub>2</sub> /100g), maks | 115         |
| 18 | Kestabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat atau Periode induksi metode petrooksi | menit                                     | 480<br>36   |
| 19 | Monogliserida   | %-massa, maks                             | 0,8         |

## 2.2.5 Pembuatan Biodiesel

### 2.2.5.1 Degumming

*Degumming* adalah proses yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang ada di dalam minyak dan melepaskan getah atau lendir terdiri dari fosfatida, impurities dan protein yang dikandungnya. Dalam proses pemurnian tersebut dilakukan menggunakan bantuan asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) (Fathiyah, 2010).

### 2.2.5.2 Esterifikasi

Esterifikasi adalah proses yang digunakan untuk mengurangi kadar asam lemak bebas guna mencegah terjadi penyabunan. Secara ilmiah esterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester dari asam karboksilat dengan alkohol. Asam lemak bebas diubah ke dalam bentuk ester metil asam lemak melalui pereaksian menggunakan metanol dengan katalis asam homogen seperti asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan asam klorida ( $\text{HCl}$ ). Reaksi asam lemak menjadi metil ester terlihat pada gambar 2.3.



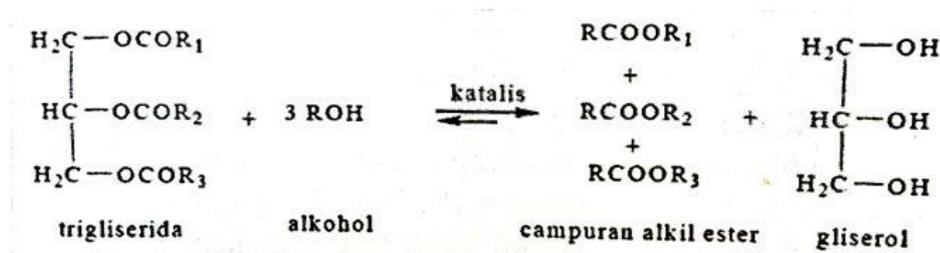
Gambar 2.3 Persamaan reaksi esterifikasi (Budiman dkk., 2014)

Esterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah perbandingan mol metanol dengan minyak, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Semakin tinggi perbandingan mol metanol dengan minyak yang digunakan, maka semakin tinggi rendemen metil ester dan semakin kecil kandungan asam lemak bebas di akhir operasi. Suhu operasi yang optimum adalah  $60^\circ\text{C}$  (Kasim, 2012). Esterifikasi dilakukan jika bahan yang digunakan adalah minyak mentah yang memiliki kadar asam lemak bebas tinggi.

### 2.2.5.3 Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan proses reaksi antara trigliserida dengan alkohol membentuk alkil ester (biodiesel) dan gliserol. Pengeluaran gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (metanol) menjadi metil ester atau biodiesel disebut dengan proses transesterifikasi (Nurhayati dkk, 2014). Umumnya katalis yang digunakan adalah NaOH atau KOH.

Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan untuk mendorong reaksi agar bergerak ke arah hasil reaksi sehingga dihasilkan metil ester (biodiesel) maka perlu digunakan alkohol dalam jumlah yang berlebih atau salah satu produk yang dihasilkan harus dipisahkan. Reaksi dari transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Reaksi Transesterifikasi (Budiman dkk, 2014)

### 2.2.6 Metanol

Metanol adalah merupakan zat cair yang mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas. Metanol merupakan salah satu komponen utama yang diperlukan dalam pembuatan biodiesel. Metanol diperlukan dalam reaksi esterifikasi maupun reaksi transesterifikasi untuk menggeser keseimbangan reaksi ke arah produk. Metanol merupakan jenis alkohol yang sering digunakan dalam proses biodiesel, dikarenakan metanol memiliki reaktivitas lebih baik dibandingkan dengan jenis alkohol yang lain. Sifat reaktif metanol terkait dengan rantai atom C yang dimilikinya. Rantai atom C alkohol yang pendek akan memperkecil hambatan sterik saat penyerangan gugus karbonil trigliserida berlangsung (Budiman dkk, 2014). Rumus kimia metanol adalah  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Metanol mempunyai toksisitas yang tinggi. Metanol mempunyai densitas sebesar 0,792 g/ml, titik leleh nya  $-104\text{ }^\circ\text{C}$  dan titik didihnya  $64,7\text{ }^\circ\text{C}$ , sedikit larut dalam air, eter,

dan etanol dengan kelarutan kurang dari 10%. Metanol murni sangat mudah terbakar dan memiliki fase cair pada suhu 30 °C tekanan 1 atm (Budiman dkk, 2014).

### **2.2.7 Katalis**

Katalis adalah zat kimia yang digunakan untuk mempercepat laju suatu reaksi serta menurunkan kondisi operasi. Reaksi transesterifikasi dan reaksi esterifikasi merupakan proses reaksi yang lambat, maka diperlukan katalis untuk mempercepat laju proses reaksinya. Katalis pada umumnya memiliki dua macam yang digunakan pada saat proses reaksi esterifikasi dan transesterifikasi.

#### **2.2.7.1 Katalis Asam**

Penggunaan katalis asam pada biodiesel dilakukan pada proses *degumming* dan esterifikasi. Katalis asam seperti  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , dan HCl merupakan katalis yang efektif untuk reaksi esterifikasi (Budiman dkk, 2014). Katalis asam ini memiliki sifat korosif sehingga sangat diperlukannya reaktor yang bisa menahan dari sifat katalis asam ini.

#### **2.2.7.2 Katalis Basa**

Penggunaan katalis basa pada biodiesel dilakukan pada proses transesterifikasi. Katalis yang bersifat basa lebih unggul karena menghasilkan metil ester yang tinggi konversinya dan lebih cepat reaksinya (Laksono, 2013). Katalis basa yang biasa digunakan untuk transesterifikasi adalah NaOH dan KOH. KOH memiliki performa reaksi lebih baik dari pada NaOH sehingga penggunaan KOH lebih banyak digunakan dalam proses transesterifikasi. KOH lebih sering digunakan sebagai katalis pembuatan biodiesel, pada reaksi suhu ruang, dalam waktu 5 menit tingkat konversi mencapai 80-90% (Knothe dkk, 2004).

### **2.2.8 Sifat Fisik Bahan Bakar Cair**

Pada umumnya, struktur bahan bakar cair tidak rapat dan mempunyai molekul yang mudah bergerak dibanding dengan bahan bakar padat. Selain itu, bahan bakar cair juga bersifat mudah terbakar, mengandung racun, mudah meledak, dan mempunyai kandungan zat pencemar. Sifat bahan bakar juga sangat erat

dengan kualitas baik itu secara optimis pembakaran maupun dampak terhadap lingkungan. Sifat bahan bakar cair dapat diuji dengan densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor.

#### 2.2.8.1 Densitas

Densitas adalah massa jenis persatuan volume yang berhubungan dengan massa dan volume dari suatu zat. Densitas dari suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volume. Nilai densitas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor suhu dan tekanan (Wahyuni dkk, 2015). Nilai densitas dapat dihitung melalui persamaan 2.1, berikut persamaannya:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\rho$  = Densitas (g/cm<sup>3</sup>)

m = Massa (gram)

V = Volume (cm<sup>3</sup>)

#### 2.2.8.2 Viskositas

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besar kecilnya gesekan internal fluida dan berhubungan dengan gaya gesek antar lapisan fluida. Semakin kental suatu cairan, semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu. Menurut (Setiawati dkk, 2012). Nilai dari viskositas bahan bakar sangatlah berperan penting dalam penggunaan mesin diesel. Bila nilai viskositas terlalu tinggi, maka dapat berpengaruh dalam lajunya kontribusi bahan bakar, menyulitkan pemompaan, dan sulitnya pembakaran dalam mesin diesel, sebaliknya jika nilai viskositas terlalu rendah maka kualitas bahan bakar dalam pelumasan sangatlah buruk (Martínez dkk, 2014).

Besar kecilnya viskositas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tekanan, suhu, adanya zat lain, ukuran dan berat molekul, bentuk molekul, kekuatan antar molekul, dan konsentrasi. Untuk menentukan nilai viskositas kinematik (cSt) perhitungan dapat dilihat pada persamaan 2.2 di bawah ini.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$v$  = Viskositas Kinematik (cSt)

$\mu$  = Viskositas Dinamik (mPa.s)

$\rho$  = Densitas (kg/m<sup>3</sup>)

### 2.2.8.3 *Flash Point*

Titik nyala adalah suhu terendah ketika uap suatu zat yang bercampur dengan udara akan menyala sebentar dan kemudian mati apabila didekatkan dengan nyala api. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut belum mampu membuat bahan bakar bereaksi dan menghasilkan api yang kontinu. Titik nyala digunakan sebagai mekanisme untuk membatasi jumlah alkohol sisa yang tidak bereaksi di dalam bahan bakar. Titik nyala sangat penting untuk diketahui karena berhubungan dengan keselamatan, penanganan bahan bakar, dan penyimpanan. Biodiesel murni memiliki titik nyala yang lebih tinggi dari batasannya dan adanya alkohol sisa reaksi akan menurunkan titik nyala biodiesel. Biodiesel (metil ester minyak nabati) memiliki titik nyala yang jauh lebih rendah dari minyak nabati. Titik nyala juga digunakan sebagai indikator adanya alkohol dalam biodiesel. Indonesia memiliki standar minimum titik nyala sebesar 100 °C (Budiman dkk, 2014).

### 2.2.8.4 *Nilai Kalor*

Nilai kalor adalah jumlah nilai energi panas yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar dan oksigen. Nilai kalor juga dapat menentukan tingkat konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Semakin tinggi nilai kalor, maka semakin ekonomis (Widyastuti, 2007). Berdasarkan fase salah satu produk pembakaran air (H<sub>2</sub>O) nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu *Higher Heating Value (HHV)* dan batas bawah *Lower Heating Value (LHV)*. *Higher Heating Value (HHV)* adalah suatu besaran yang menyangkut bahan bakar yang mengandung hidrogen di mana air yang terbentuk dalam produk pembakaran berbentuk fase cair, dan

*Lower Heating Value (LHV)* adalah Suatu besaran yang menyangkut bahan bakar yang mengandung hidrogen, di mana air yang terbentuk dalam produk pembakaran berbentuk fase uap (Sunaryo dkk, 2014).

Nilai kalor untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada Bomb Calorimeter. Peralatan ini terdiri dari container stainless steel yang dikelilingi bak air yang besar. Bak air tersebut bertujuan meyakinkan bahwa temperatur akhir produk akan berada sedikit di atas temperatur awal reaktan, yaitu 25 °C. Nilai kalori diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode. Nilai kalori umumnya dinyatakan dalam satuan cal/kg atau Btu/lb. (Kholidah, 2014).