

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. TINJAUAN PUSTAKA**

Bahan bakar nabati (BBN) merupakan bahan bakar yang berasal dari minyak nabati. BBN biasa juga di sebut dengan biodiesel, bioetanol, dan bio-oil (minyak nabati murni). Bio-oil adalah minyak nabati murni atau biasa disebut dengan minyak murni, tanpa adanya perubahan kimia dan biasa juga disebut dengan PPO (*Pure Plant Oil*) yang dapat menggantikan minyak tanah. Bahan bakar nabati dapat dihasilkan dari tanaman penghasil lemak seperti kelapa, kelapa sawit, nyamplung, jarak pagar, bunga matahari, dan lainnya. Dari tanaman tersebut dapat berupa minyak asli atau minyak kasarnya (*crude oil*). Minyak kasar murni umumnya digunakan sebagai pengganti minyak tanah dan sejenisnya, yang dapat digunakan melalui peralatan atau kompor khusus, sedangkan penggunaan biodiesel dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar pada mesin diesel (Prastowo, 2007).

Tanaman nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) adalah tanaman yang salah satu bahan baku alternatif BBN yang mempunyai potensi sangat besar di Indonesia. Luas tanaman nyamplung yang terdapat di Indonesia saat ini mencapai 255.350 ha yang tersebar di Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, dan NTT. Kandungan minyak biji nyamplung sangat tinggi yaitu 50-73%, sawit 46-54%, dan jarak pagar 40-60% (Kartika, 2010).

Bahan baku lainnya yang dapat dijadikan bahan bakar nabati (BBN) yaitu minyak kelapa. Tanaman kelapa (*cocos nucifera*) adalah tanaman yang tersebar di seluruh Indonesia, terutama di daerah pantai. Indonesia sebagai negara kepulauan yang terbesar memiliki kebun kelapa terluas di dunia yang mencapai 3.654.478 ha. Kandungan minyak pada daging buah kelapa tua sebanyak 34,7%. Daging buah kelapa biasa di buat minyak VCO (*Virgin Coconut Oil*) yang digunakan sebagai bahan bakar nabati (BBN) (Anwar, 2016).

**Tabel 2.1.** Sifat Fisik Beberapa Minyak Nabati dan Minyak Fosil

| Jenis Minyak   | Titik Bakar (°C) | Kekentalan (10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s) | Angka Iodine* | Saponification Value* | Nilai kalor (MJ/Kg)* |
|----------------|------------------|---|---------------|-----------------------|----------------------|
| Jarak pagar    | 340              | 75,7  | 103,0         | 198,0                 | 39,65                |
| Kelapa         | 270-300          | 51,9  | 10,4          | 268,0                 | 37,54                |
| Kepala sawit   | 314              | 88,6  | 54,2          | 199,1                 | 39,54                |
| Rapeseed       | 317              | 97,7  | 98,6          | 174,7                 | 40,56                |
| Bunga matahari | 316              | 65,8  | 132,0         | 190,0                 | 39,81                |
| Minyak tanah   | 50-55            | 2,2   | -             | -                     | 43,50                |
| Minyak solar   | 55               | 2-8   | -             | -                     | 45,00                |

(Prastowo, 2007)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Devita (2015), penelitian tentang biodiesel sebagai bioenergi alternatif, minyak nabati yang digunakan dalam produksi biodiesel adalah minyak kelapa, minyak kelapa sawit, dan minyak jarak. Dari ketiga minyak tersebut kelapa sawit yang menghasilkan minyak nabati paling tinggi mencapai 5.950 liter/ha/tahun, sedangkan kelapa mencapai 2.689 liter/ha/tahun, dan biji jarak mencapai 1.892 liter/ha/tahun. Spesifikasi dan parameter biodiesel yang digunakan di Indonesia diperlihatkan dalam tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Parameter Biodiesel di Indonesia

| No | Parameter Uji   | Satuan, min/maks         | Nilai       |
|----|---|--------------------------|-------------|
| 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 (flash point)   | °C, min                  | 100         |
| 5  | Titik kabut   | °C, min                  | 18          |
| 6  | Korosi lempeng tembaga (3 jam pada suhu 50 °C)                                  |                          | Nomor 1     |
| 7  | Residu karbon<br>- Dalam percontohan asli ; atau<br>- Dalam 10% ampas distilasi | %-massa, maks            | 0,05<br>0,3 |
| 8  | Air dan sedimen   | %-volume, maks           | 0,05        |

| No | Parameter Uji   | Satuan, min/maks                           | Nilai |
|----|---|--|-------|
| 9  | Temperatur distilasi 90%  | °C, maks                                   | 360   |
| 10 | Abu tersulfatkan  | %-massa, maks                              | 0,02  |
| 11 | Belerang  | Mg/kg, maks                                | 50    |
| 12 | Fosfor  | 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> /100 g), maks | 115   |
| 18 | Kestabilan oksidasi<br>Periode induksi metode rancimat<br>Atau<br>Periode induksi metode petro oksidasi | menit                                      | 480   |
|    | 36  |  |       |
| 19 | monogliserida   |  | 0,8   |

Bedasarkan SNI: 04-7182-2015 (BSN, 2015)

Wahyuningsih, dkk (2010) melakukan penelitian tentang “Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa melalui reaksi metanolisis menggunakan katalis CaCO<sub>3</sub> yang dipijarkan”. Pada penelitian ini biodiesel yang dibuat menggunakan minyak kelapa. Karakteristik yang diuji pada penelitian ini adalah massa jenis pada 40°C (metode uji ASTM D1298), viskositas kinematik pada 40°C (ASTM D445), titik nyala (ASTM D93), angka setana (ASTM D613), kadar air (ASTM D2709), angka iod (AQCS Cd 1-25), dan angka asam (AQCS Ca 12-55). Selanjutnya, hasil pengujian dibandingkan dengan karakteristik biodiesel yang sudah ditetapkan pada SNI 04-7182-2006. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan rasio mol metanol-minyak kelapa sebesar 8:1 dengan yield 75,02%. Masa jenis yang didapatkan yaitu 860 kg/m<sup>3</sup> (SNI 850-890 kg/m<sup>3</sup>), viskositas kinematik 2,44 mm<sup>2</sup>/s (SNI 2,3-6,0 mm<sup>2</sup>/s), titik nyala 110°C (SNI min 100°C), angka setana 65,94 (SNI min 51), angka lod 6,35 gr lod/100 gr (SNI max 115 gr lod/100 gr), angka asam 0,049 mg KOH/g (SNI max 0,8 mg KOH/g), dan kadar air 0,039%-v (SNI max 0,05 %-v). Semua karakteristik yang telah diuji seluruhnya berada dalam standar yang direkomendasikan di dalam SNI 04-7182-2006.

**Tabel 2.3.** Karakteristik Minyak Kelapa Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan Biodiesel

| No | Karakteristik                    | Satuan             | Nilai |
|----|----------------------------------|--------------------|-------|
| 1  | Kandungan asam lemak bebas (ALB) | %                  | 0,656 |
| 2  | Kandungan air                    | %                  | 0,152 |
| 3  | Massa jenis                      | Kg/m <sup>3</sup>  | 923,4 |
| 4  | Viskositas kinematik             | Mm <sup>2</sup> /s | 10,29 |

(Wahyuningsih, 2010)

Jimmy (2012) melakukan penelitian tentang penggunaan minyak nyamplung sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh perbandingan komposisi *etanol* dan *etil laktat* dalam campuran dan *varietas* yang digunakan 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, dan 2:3 pada minyak nyamplung. penambahan *etanol* dan *etil laktat* dengan perbandingan 1:1. Konsentrasi aditif *etanol* yang digunakan adalah 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Minyak nyamplung yang digunakan sebanyak 200 gram. Pencampuran dilakukan dalam bejana berpengaduk dengan suhu kamar, waktu yang digunakan 10 menit agar *homogen*. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan konsentrasi *etanol* dan *etil laktat* masing-masing 2% dan titik nyala 55<sup>0</sup>C, densitas yang dihasilkan 0,9358 g/cm<sup>3</sup> dan *viskositas* yang dihasilkan 43,71 mm<sup>2</sup>/s. Minyak nyamplung murni memiliki viskositas 50,825 mm<sup>2</sup>/s, titik nyala minyak nabati (200-300°C), titik nyala biodiesel (176°C) , dan titik nyala minyak tanah (37-65 °C). Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa minyak nabati memiliki titik nyala lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel dan memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak tanah, dengan viskositas tinggi sehingga minyak nyamplung dapat mudah dinyalakan pada kompor tekan dan warna api yang dihasilkan berwarna merah.

**Tabel 2.4.** Karakteristik Biodiesel Minyak Nyamplung dibandingkan Standar SNI 04-7182-2006

| No | Parameter<br>(Parameters)   | Satuan<br>(Unit)                           | Metode Uji<br>(Testing Method) | Nilai<br>(Value)         | Biodiesel<br>Nyamplung<br>(Nyamplung<br>Biodiesel) |
|----|---|--|--------------------------------|--------------------------|--|
| 1  | Massa jenis pada ( <i>Density on</i> ) 40°C   | Kg/m <sup>3</sup>                          | ASTM D1298                     | 850-890                  | 888,6  |
| 2  | Viskositas kinematik pada ( <i>kinematic viscosity on</i> ) 40°C  | Mm <sup>2</sup> /s<br>(cSt)                | ASTM D445                      | 2,3-6,0                  | 7,724  |
| 3  | Bilangan setana ( <i>Catane number</i> )  | -  | ASTM D613                      | Min. 51                  | 51,9 <sup>*1</sup>                                 |
| 4  | Titik nyala ( <i>flash point</i> )  | °C   | ASTM D93                       | Min. 100                 | 151  |
| 5  | Titik kabut ( <i>fog point</i> )  | °C   | ASTM D2500                     | Maks. 18                 | 38   |
| 6  | Korosi kepingan tembaga ( <i>copper plate corosion</i> ) / 3 jam pada ( <i>3 hours on</i> ) 50°C  |  | ASTM D130                      | Maks. No.3               | I b  |
| 7  | Residu karbon ( <i>carbon residu</i> ) dalam contoh asli ( <i>original</i> ) dalam 10 % ampas distilasi ( <i>distillation waste 10%</i> ) | %-<br>massa                                | ASTM D4530                     | Maks. 0,05<br>Maks. 0,30 | 0,434 <sup>*2</sup>                                |
| 8  | Air dan sedimean ( <i>moisture and sediment</i> )   | %-vol                                      | ASTM D-1796                    | Maks. 0,05               | 0  |
| 9  | Suhu distilasi ( <i>distillation temperature</i> ) 90%  | °C   | ASTM D1160                     | Maks. 360                | 340 <sup>*3</sup>                                  |
| 10 | Abu tersulfatkan ( <i>sulphated ash</i> )   | %-<br>massa                                | ASTM D874                      | Maks. 0,02               | 0,026  |
| 11 | Belerang ( <i>sulphur</i> )   | Ppm-m<br>(mg/kg)                           | ASTM D-1266                    | Maks. 100                | 16   |
| 12 | Fosfor ( <i>phospor</i> )   | Ppm-m<br>(mg/kg)                           | ASTM D1091                     | Maks. 10                 | 0,223 <sup>*4</sup>                                |
| 13 | Bilangan asam ( <i>acid number</i> )  | Mg-<br>KOH/g                               | AOCS Cd 3d-63                  | Maks. 0,8                | 0,96 <sup>*5</sup>                                 |
| 14 | Gliserol total ( <i>total glycerol</i> )  | %-<br>massa                                | AOCS Ca 14-56                  | Maks. 0,24               | 0,232  |
| 15 | Kadar ester alkil ( <i>alky ester</i> )   | %-<br>massa                                | SNI 04-7182-<br>2006           | Min. 96,5                | 96,99  |
| 16 | Bilangan iodium ( <i>iodine number</i> )  | %-<br>massa<br>(g <sub>12</sub> /100<br>g) | AOCS Cd 1-25                   | Maks. 115                | 85 <sup>*5</sup>                                   |

(Sahirman, 2010)

Keterangan :

\*<sup>1</sup> = Diukur pada campuran 30% biodiesel minyak nyamplung dan 70% solar

\*<sup>2</sup> = Diukur dengan metode ASTM D189

\*<sup>3</sup> = Diukur dengan metode ASTM D 86

\*<sup>4</sup> = Diukur dengan metode ASTM D 1091

\*<sup>5</sup> = Diukur dengan metode SNI-3555-1995

Hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa minyak kelapa dan minyak nyamplung potensi sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar nabati (BBN). Kandungan minyak biji nyamplung sangat tinggi 50-73% (Kartika, 2010). Minyak nyamplung memiliki viskositas yang lebih tinggi dari minyak kelapa dan titik nyala minyak nabati 200-300°C lebih tinggi dari minyak biodiesel 176°C (Jimmy, 2012). Kandungan asam lemak bebas (ALB) pada minyak nabati yang rendah (<1%). Bila lebih, maka perlu dilakukan pretreatment karena akan berakibat pada rendahnya kinerja efisiensi dan menghasilkan pembentukan sabun maka perlu dilakukan proses transesterifikasi (Devita, 2015).

Reksowardojo, dkk (2009) melakukan penelitian tentang perbandingan karakteristik mesin diesel dengan menggunakan minyak kelapa murni, minyak sawit murni, dan minyak jarak pagar sebagai bahan bakar. Mesin diesel dapat dioperasikan dengan menggunakan minyak nabati yang dihasilkan dari tanaman. Proses pembuatan biodiesel mahal karena banyak tahap yang harus di proses, sementara minyak nabati memiliki biaya produksi yang lebih murah, konsumsi energi lebih rendah, dan proses pembuatan lebih sederhana. Ada beberapa potensi sumber daya *biofuel* di Indonesia seperti kelapa, kelapa sawit, dan jarak pagar. Potensi tanaman tropis tersebut sangat besar jumlah populasinya di Indonesia. Pengujian yang dilakukan pada uji coba mesin selama 17 jam (uji ketahanan). Bahan bakar yang digunakan pada uji mesin ini menggunakan minyak kelapa sawit murni (*crude palm oil* / PCO), minyak kelapa murni (PPaO), minyak jarak pagar murni (PJO), dan bahan bakar diesel (DF). Komposisi PPaO dengan bahan bakar diesel (DF) 50% / 50%. Akibatnya, PCO menghasilkan BSFC yang tinggi

(10%) yang dilakukan sebelum uji daya tahan dibandingkan dengan solar, PPaO yang dihasilkan (13%) dan PJO (27%) yang menunjukkan kondisi sama. Akibatnya, semua PPO memiliki BSCF yang hampir sama dengan DF yang menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna dibandingkan dengan DF. PCO, PpaO, dan PJO menghasilkan daya mesin lebih lama dibandingkan dengan DF, dari hasil tersebut menghasilkan 139,7%, 232,9%, dan 288,9%. Berdasarkan hasil analisa tersebut nilai keausan yang terjadi minyak kelapa sawit murni (PCO) memiliki bahan bakar terbaik diantara bahan bakar yang lain.

Astuti, (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi *katalisator* dan rasio bahan terhadap kualitas biodiesel dari minyak kelapa. Penelitian tersebut dilakukan dengan *transesterifikasi* pencampuran minyak kelapa yang telah dipanaskan dengan campuran etanol dan *katalisator* KOH. Waktu reaksi yang digunakan selama dua jam dengan variabel proses konsentrasi *katalisator* 0,65-0,95% dan rasio minyak kelapa/*etanol* antara 2:1 dan 6:1. Kemudian dilakukan pemisahan biodiesel dari *gliserol* dan pengeringan. Selanjutnya dilakukan uji sifat biodiesel rapat massa, viskositas, *cloud point*, *flash point*, dan angka asam. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil minyak yang baik dan masuk dalam standar biodiesel dapat diperoleh pada konsentrasi katalisator KOH 0,75-0,90% dan rasio minyak kelapa/*etanol* 3:1-5:1.

Setyaningsih, dkk (2010) melakukan penelitian tentang pencampuran biodiesel jarak pagar dengan biodiesel kedelai, biji rapa, sawit, dan kelapa menghasilkan sifat yang beragam. Biodiesel jarak pagar menghasilkan konsentrasi 50 – 70%, sedangkan campuran jarak pagar dengan kelapa memiliki nilai titik awan dan titik tuang yang baik (9°C dan -6°C), sedangkan biodiesel jarak pagar memiliki titik awan dan titik tuang (12°C dan 0°C), dan biodiesel kelapa memiliki titik awan dan titik tuang (15°C dan 9°C). Pencampuran yang dilakukan minyak jarak pagar dengan kelapa menggunakan dua metode, metode pertama dilakukan pencampuran dalam bentuk biodiesel dan metode kedua dilakukan bentuk minyak sebelum proses biodiesel (campuran). Dengan hasil yang didapatkan metode kedua menghasilkan titik awan yang lebih tinggi dan titik tuang yang lebih rendah dibanding dengan metode pertama dan nilai yang didapatkan relatif konstan.

Dengan melakukan 55% biodiesel jarak pagar dengan biodiesel laurat (75% laurat metil ester) menghasilkan titik awan dan titik tuang minimum ( $-3^{\circ}\text{C}$  dan  $18^{\circ}\text{C}$ ). Titik minimum biasa disebut dengan titik *eustectic* yang mencerminkan keseimbangan yang ideal dari cairan padat antara metil ester jenuh rantai sedang dengan metil ester jenuh rantai panjang. Komposisi *metil ester* yang dihasilkan adalah laurat 34,03%, miristat 0,31%, palmitat 8,91%, stearat 3,82%, dan oleat 46,17%. Dari hasil tersebut menunjukkan peran laurat, asam lemak jenuh rantai sedang yang lebih dominan pada biodiesel kelapa yang menghasilkan (48,11%).

Taharuddin, dkk (2015) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak kelapa (*coconut oil*) dengan *metanol* sebagai pelarut dan reaktan menggunakan *ekstraktor-transesterifikator*. Bertujuan untuk mengetahui kinerja alat *ekstraktor-transesterifikator* dan mengetahui laju alir pelarut-reaktan dan temperatur operasi. Variasi yang digunakan antara pelarut-reaktan adalah 10, 20, 30, 40, dan 50 ml/menit dan variabel temperatur 40, 50, dan  $60^{\circ}\text{C}$ . Waktu yang digunakan selama 4 jam. Dari hasil penelitian didapatkan hasil proses ekstraksi terbaik pada laju alir 50 mL/menit dan temperatur yang dihasilkan  $60^{\circ}\text{C}$  yaitu 30 gr atau 94,94%.

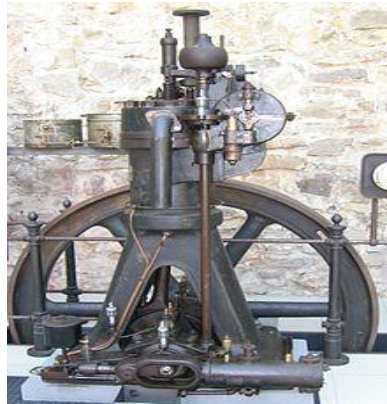


## 2.2. DASAR TEORI

### 2.2.1. Sejarah Biodiesel

Pembuatan bahan bakar dari minyak nabati dan lemak hewan bukanlah sebuah proses yang baru. Pada awal tahun 1853, sebelum mesin diesel digunakan, E. Duffy dan J. Patrick adalah ilmuwan yang melakukan proses transesterifikasi pada minyak nabati pertama kali dengan tujuan untuk menghasilkan sabun (Budiman, 2017).

Kemunculan mesin diesel dimulai pada tahun 1893, saat Rudolf Diesel (1858-1913) mengeluarkan tulisan yang berjudul "*The Theory and Construction of A Rational Heat Engines*". Tulisan tersebut membahas mesin yang dapat mengompresi udara sampai pada tekanan yang sangat tinggi disebabkan oleh gerakan piston. Selain tekanan yang tinggi, juga dihasilkan suhu yang tinggi. Mesin keluaran pertama yang digunakan sebagai model berupa sebuah besi silinder berukuran 10 ft dengan *flywheel* sebagai dasarnya. Mesin yang kemudian diberi nama mesin diesel tersebut diuji cobakan di Ausburg, Jerman pada 10 Agustus 1893 dengan bahan bakar minyak kacang. Dapat dilihat pada gambar 2.1. Sebagai apresiasi terhadap peristiwa penting ini, setiap tanggal 10 Agustus diperingati sebagai Hari Biodiesel Internasional. Mesin ini di demonstrasikan di *World's Fair* di Paris, Prancis pada tahun 1900 dan mendapatkan "*Grand Prix*" yang merupakan penghargaan tertinggi. Diesel memprediksikan akan pentingnya penggunaan minyak nabati pada masa mendatang seperti pentingnya minyak bumi dan batu bara saat ini meskipun penggunaan minyak nabati saat ini kurang signifikan. Demikian pidato itu beliau sampaikan kepada komunitas *engineer* di St. Louis, Missouri tahun 1912. (Budiman, 2017).



**Gambar 2.1.** Mesin diesel silinder tunggal Rudolf Diesel  
(Budiman, 2017)

Meskipun demikian, sekitar tahun 1920-an, pembuat mesin diesel mengganti penggunaan bahan bakar dengan bahan bakar yang viskositasnya lebih rendah, yaitu petrodiesel atau bahan bakar fosil. Hampir semua industri petroleum memilih memproduksi bahan bakar fosil karena biaya produksinya jauh lebih murah dari pada bahan bakar dari biomassa dengan mengabaikan dampak polusi yang dihasilkan pada masa-masa mendatang. Perkembangan petrodiesel menyebabkan bahan bakar dari biomassa hampir dilupakan.



**Gambar 2.2.** Kendaraan dengan tingkat emisi tinggi  
(Budiman, 2017)

Saat ini, dampak yang ditimbulkan bahan bakar fosil terhadap lingkungan menjadi hal penting yang harus diperhatikan. Bahan bakar alternatif seperti biodiesel kembali dikembangkan karena emisinya yang lebih ramah lingkungan dan perbedaan biaya produksi biodiesel dengan bahan bakar fosil semakin kecil. Dapat dilihat pada gambar 2.2. (Budiman, 2017).

### 2.2.2. Densitas

Densitas merupakan berat persatuan volume yang hubungan antara massa fluida dan volume. Sifat yang tidak bergantung pada banyaknya bahan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin. Dengan menurunnya nilai densitas maka akan menyebabkan turunnya nilai viskositas (Wahyuni, 2010). Semakin jenuh minyak maka nilai temperatur densitas juga akan semakin tinggi. Densitas merupakan hal yang sangat penting karena masa zat dapat diketahui dengan cara menimbang zat tersebut menggunakan timbangan digital atau *neraca ohaus* sehingga massa yang dihasilkan dapat diukur dengan alat ukurnya. Pengukuran dapat dilakukan dengan cara memasukkan zat cair kedalam gelas ukur (Hasibun, 2012). Indonesia memiliki standar spesifikasi berdasarkan SNI 04-7182-2006, densitas bahan bakar mesin diesel berkisar antara 0,85-0,89 g/ml (Dewi, 2015).

Secara matematika, cara menghitung massa jenis adalah: massa jenis = massa/volume.

$$p = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

$p$  = massa jenis (g/cm<sup>3</sup>)

$m$  = massa zat (g)

$v$  = volume (cm<sup>3</sup>)

### 2.2.3. Viskositas

Viskositas merupakan ukuran hambatan cairan untuk mengalir yang disebabkan adanya gaya gesek internal antar partikel. Viskositas merupakan sifat biodiesel yang sangat penting dan viskositas berpengaruh pada injeksi bahan bakar. Pada suhu yang dingin, viskositas akan meningkat sehingga akan mempermudah cairan untuk mengalir. Viskositas yang tinggi juga akan mengakibatkan bahan bakar tidak teratomisasi dengan baik, yang akan terbentuk *droplet* dengan ukuran yang besar dan tidak menguap dengan baik. Biodiesel dengan viskositas yang rendah (encer) mudah untuk dipompa, mudah teratomisasi, dan akan mengakibatkan terbentuknya *droplet* dengan ukuran yang baik. Sebenarnya minyak nabati bisa digunakan langsung sebagai bahan bakar pada mesin namun masih harus dimodifikasi terlebih dahulu karena viskositas yang tinggi. Viskositas minyak nabati dapat diturunkan melalui proses transestrifikasi. Untuk biodiesel, Indonesia memiliki standar spesifikasi berdasarkan SNI 04-7182-2006 dan nilai viskositas-nya pada suhu 40°C pada kisaran 2,3-6 cSt (Budiman, 2017).

### 2.2.4. Flash Point

*Flash point* atau titik nyala merupakan suhu terendah dimana minyak (uap minyak) dan produknya dalam campuran dengan udara akan menyala apabila terkena percikan api kemudian akan mati kembali dengan cepat, sedangkan *fire point* adalah suhu terendah dimana uap minyak dan produknya akan menyala dan terbakar secara terus-menerus kalau terkena percikan api pada kondisi tertentu. *Flash point* ditentukan dengan jalan memanaskan *sample* dengan pemanasan yang tetap, setelah tercapai suhu tertentu nyala api (*test flame*) diarahkan pada permukaan *sample*. *Test flame* ini terus diarahkan pada permukaan *sample* dengan berganti-ganti sehingga mencapai atau terjadi semacam letupan kecil karena adanya tekanan pembakaran gas tersebut dan akan memadamkan api yang terdapat pada *test flame*. Inilah yang disebut dengan *flash point*. Penentuan *fire point* ini sebagai kelanjutan dari *flash point* dimana apabila *sample* akan terbakar/menyala kurang lebih lima detik maka lihat suhunya sebagai (*fire point*)

titik bakar pada suatu minyak mentah. Penentuan titik nyala tidak bisa dilakukan dengan produk yang menguap seperti bensin, karena akan mudah terbakar.

Pada dasarnya penentuan *flash point* dan *fire point* dapat menentukan tingkat keamanan kerja, sehingga orang yang bekerja tidak merasa kuatir akan terjadinya kebakaran, dengan perkembangannya digunakan untuk mengetahui mudah tidaknya minyak tersebut bisa menguap. Di Indonesia ditetapkan harus memenuhi *flash point* minimal 100°C maka produk ini dapat dikategorikan sebagai produk tidak berbahaya (*non-hazardous*) jika mengacu pada standar National Fire Protection Association A.S. (Choerniadi, 2015).

#### **2.4.5. Nilai Kalor**

Nilai kalor merupakan energi yang dilepaskan bahan bakar pada saat waktu terjadinya oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar tersebut. Dalam perencanaan pembakaran sebuah ketel uap, nilai kalor bahan bakar sangat menentukan. Nilai kalor bahan bakar terdiri dari:

##### 1. Nilai kalor atas

Nilai kalor atas atau *Higher Heating Value* (HHV) merupakan nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran ( $H_2O$ ) bahan bakar, pembakaran berbentuk cairan.

##### 2. Nilai kalor bawah

Nilai kalor bawah atau *Lower Heating Value* (LHV), merupakan nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran ( $H_2O$ ) bahan bakar, pembakaran berbentuk gas (Napitupulu, 2006).

#### **2.4.6. Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)**

##### 1. Buah Nyamplung

Tanaman nyamplung memiliki persebaran habitat di Afrika Timur, India, Asia Tenggara, Australia, dan Pasifik Selatan. Tanaman ini tumbuh di area dengan curah hujan 1000-5000 mm pertahun pada ketinggian 0-200 m diatas permukaan laut. Tanaman nyamplung sangat potensial bila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikarenakan kadar minyak yang tinggi pada biji 40-73% (w/w), minyak yang dapat dihasilkan sebesar 4680 kg/ha serta merupakan

*non-edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan (Budiman, 2017).

## 2. Minyak Nyamplung

Minyak nyamplung memiliki nama ilmiah *calophyllum inophyllum* yang dihasilkan dari biji buah nyamplung. “*Calophyllum*” diambil dari bahasa Yunani yang berarti “daun yang indah”. Pohon nyamplung tingginya sekitar 25 m, bahkan terkadang mencapai 35 m. Diameter batangnya dapat mencapai 150 cm. Pada gambar 2.3 dibawah ini merupakan pohon nyamplung dapat tumbuh di daerah yang memiliki suhu hangat dengan curah hujan sekitar 1.000-5.000 mm. Pohon nyamplung dapat bertahan di daerah dengan kecepatan angin yang tinggi dan daerah payau.



**Gambar 2.3.** Tanaman Nyamplung (*calophyllum inophyllum*) dan bijinya.  
(Budiman, 2017)

Nyamplung mengandung minyak sebesar 75% dan 71% di antaranya merupakan asam lemak tidak jenuh (terutama asam oleat dan linoleat). Pohon nyamplung berbuah dua kali dalam setahun dan menghasilkan buah sampai 100 kg dan minyak sekitar 18 kg. Dalam 1 hektar dapat ditanam 400 pohon nyamplung dan setiap pohonnya menghasilkan minyak sekitar 11,7 kg atau 4.680 kg minyak setiap hektar.

Komposisi asam lemak pada minyak nyamplung ialah asam lemak *palmitat* 17,9% massa, asam lemak *hydnocarpic* 2,5% massa, asam lemak stearat 18,5%

massa, asam lemak oleat 42,7% massa, asam lemak linoleat 13,7% massa, asam lemak linolenat 2,1% massa, dan asam lemak *lignocerate* 2,6% massa. Minyak nyamplung mentah memiliki viskositas kinematik pada suhu 40°C sebesar 55,478 mm<sup>2</sup>/s. Sedangkan pada suhu 100°C sebesar 9,5608 mm<sup>2</sup>/s. Densitas minyak nyamplung mentah pada suhu 40°C nilainya 0,9249 kg/m<sup>3</sup>. Titik nyala minyak nyamplung pada 236,5°C. (Budiman, 2017)

Minyak nyamplung bukan merupakan minyak yang dibutuhkan dalam industri pangan karena mengandung *saponins* yang bersifat racun. Penggunaan minyak nyamplung sebagai bahan baku biodiesel tidak akan mengganggu kebutuhan pangan. Minyak nyamplung biasa digunakan dalam industri kosmetik. Campuran antara solar dan biodiesel minyak nyamplung dengan persentase yang lebih tinggi dapat mengurangi asal knalpot kendaraan, tetapi sedikit meningkatkan emisi NO<sub>x</sub> dan CO.

#### **2.4.7. Kelapa (*Cocos nucifera*)**

##### **1. Buah kelapa**

Merupakan tanaman yang banyak dimanfaatkan oleh manusia. Terutama pada daging buah kelapa yang digunakan untuk konsumsi rumah tangga sehari-hari, juga dapat dibuat kopra dan minyak. Kandungan gizi yang terdapat pada buah kelapa adalah perseratus gram yaitu: protein 3,3 g, karbohidrat 15,23 g, vitamin C 3,3 mg, dan energi 350 mg. Luas areal tanaman kelapa yang ada di Indonesia pada tahun 2009 adalah 3.799.124 ha dengan produksi yang dihasilkan adalah 3.257.969 ton. Tahun 2010 luas areal sebesar 3.739.350 ha dengan hasil produksi 3.166.666 ton. Tahun 2011 luas areal sebesar 3.203.635 ton (Labolohin, 2014).

## 2. Minyak kelapa



**Gambar 2.4.** Minyak kelapa  
(Budiman, 2017)

Pada gambar 2.4 di atas merupakan kelapa (*cocos nucifera*), tanaman dari *genus cocos* dan satu famili dengan kelapa sawit, merupakan salah satu yang minyak nya banyak diproduksi dari semua minyak nabati yang diproduksi dunia, yaitu hampir 20% dari total minyak nabati yang diproduksi. Tanaman ini banyak ditemukan di daerah tropis. Minyak kelapa diekstrak dari bagian *kopra*, daging bagian dalam tempurung kelapa yang dikeringkan. *Kopra* memiliki kandungan minyak sekitar 65%.

Minyak kelapa biasanya dihasilkan dari daging kelapa dan dilakukan ekstraksi kemudian dilakukan penyulingan untuk di ambil minyaknya. Minyak kelapa ini tidak mengandung daging kelapa sama sekali. Indonesia adalah salah satu negara penghasil VCO paling banyak, juga dihasilkan oleh Filipina, Myanmar, Sri Lanka, India, dan beberapa negara tropis lain. Minyak VCO kini sudah disukai oleh banyak negara. Kemudian VCO adalah minyak kelapa yang dibuat dari bahan baku kelapa segar, diproses dengan pemanasan terkendali atau tanpa pemanasan sama sekali, tanpa bahan kimia. Penyulingan minyak kelapa tersebut berakibat kandungan senyawa-senyawa esensial yang dibutuhkan tubuh tetap utuh. Minyak kelapa murni dengan kandungan utama asam laurat ini memiliki sifat antibiotik, anti bakteri, dan jamur. Proses pembuatan minyak kelapa sehingga dihasilkan produk dengan kadar air dan kadar asam lemak bebas yang rendah, berwarna bening, berbau harum, serta mempunyai daya simpan yang



cukup lama yaitu lebih dari 12 bulan (Budiman, 2017). Komposisi asam lemak kelapa dapat dilihat pada tabel 2.5 (Hambali, 2007).

**Tabel 2.5.** Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa

| <b>Asam Lemak</b>             | <b>Jumlah (%)</b> |
|-------------------------------|-------------------|
| <b>Asam Lemak Jenuh</b>       |                   |
| • Asam kaproat                | 0,4 – 0,6         |
| • Asam kaprilat               | 6,9 – 9,4         |
| • Asam kaprat                 | 6,2 – 7,8         |
| • Asam laurat                 | 45,9 – 50,3       |
| • Asam palmitat               | 7,7 – 9,7         |
| <b>Asam Lemak</b>             | <b>Jumlah (%)</b> |
| <b>Asam Lemak Jenuh</b>       |                   |
| • Asam stearat                | 2,3 – 3,2         |
| <b>Asam Lemak Tidak Jenuh</b> |                   |
| • Asam oleat                  | 5,4 – 7,4         |
| • Asam linoleat               | 1,3 – 2,1         |

(Hambali, 2007)

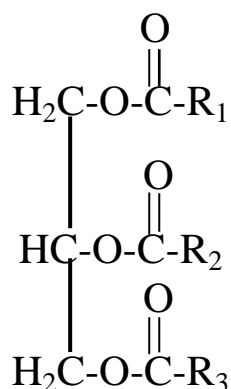
#### **2.4.8. Minyak Nabati**

Merupakan bahan bakar mesin diesel yang pertama kali ditemukan oleh Rudolf Diesel. Rudolf diesel pertama mengadakan testing mesin dengan bahan bakar biodiesel dari minyak nabati. Salah satu kendala yang ditemukan adalah karakteristik biodiesel yang mempunyai nilai viskositas yang tinggi mencapai 20 kali lipat dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Cara menurunkan viskositas yang tinggi adalah dengan melalui proses transesterifikasi metil ester nabati (FAME). Hal ini lah yang menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna dan kualitas atomisasi yang rendah dapat mempengaruhi pembakaran dalam ruang bakar motor diesel. Atomisasi yang kurang baik akan menurunkan daya (tenaga) mesin dan pembakaran mesin menjadi tidak sempurna. Tingginya titik nyala (*flash point*) minyak nabati dan gejala polimerisasi yang mengakibatkan

terbentuknya endapan pada alat injeksi *nozze*. Titik nyala minyak nabati antara 200°C-300°C yang lebih tinggi dari biodiesel 176°C (Suharto,2017).

Minyak nabati adalah minyak yang dihasilkan dari lemak hewan maupun dari hasil pertanian seperti, minyak kelapa, minyak jagung, minyak nyamplung, minyak kedelai, minyak bunga matahari, minyak sawit, dan masih banyak lagi tumbuhan yang bisa digunakan sebagai bahan bakar biodiesel. Biodiesel dapat diproduksi dengan skala yang besar dan dapat dijadikan bahan baku produksi sumber energi yang ramah lingkungan dan mudah diperbarui. Minyak nabati terdiri dari 95% bahan baku yang diproduksi biodiesel berasal dari *edible oil* (minyak nabati) yang digunakan di beberapa wilayah. Sifat bahan bakar biodiesel yang dihasilkan dari minyak nabati ini sangat cocok digunakan sebagai pengganti minyak diesel. Akan tetapi, hal ini menyebabkan beberapa permasalahan seperti meningkatnya harga jual minyak nabati dan meningkatnya biaya produksi biodiesel (Julianti, 2014).

Hal-hal yang membedakan minyak nabati dan minyak hewan adalah pada temperatur kamar. Lemak yang berbentuk padat dan minyak yang bersifat cair. Campuran *ester* asam lemak dan *gliserol* biasa dinamakan dengan *trigeliserida*. *Gliserida* merupakan *gliserol* yang mempunyai ikatan 3 asam lemak. Dari ketiga ikatan tersebut asam lemak yang berikatan *gliserol* dapat sama maupun berbeda. Struktur ikatan yang dimiliki *trigeliserida* adalah:



**Gambar 2.5.** Struktur *Trigelisarida*

(Dewi,2015)

$R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  merupakan rantai alkil yang setiap asam lemak tidak terikat pada molekul *trigelisarida* dalam lemak atau minyak asam bebas. Bahan baku utama dalam pembuatan biodiesel adalah *trigelisarida*.

#### **2.4.9. Angka Asam**

Angka asam biasa juga disebut dengan angka netralisasi. Angka asam merupakan jumlah asam lemak bebas yang terdapat didalam bahan bakar. Jika mineral asam digunakan untuk proses produksi, kandungan asam lemak di dalam bahan bakar akan diukur dengan angka asam. Angka asam dapat ditunjukkan dengan seberapa banyak kandungan mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralsasi 1 gram biodiesel. Cara mengetahui angka asam yaitu dengan sampel biodiesel dilarutkan dengan campuran toluen dan propan-2-ol yang mengandung sedikit air, kemudian dititrasi dengan KOH. Volume larutan titrasi dapat digunakan untuk menghitung nilai angka asam pada sampel biodiesel tersebut. Angka asam juga merupakan salah satu spesifikasi biodiesel. Bahan bakar dengan tingkat keasaman yang tinggi akan mengakibatkan korosi. Angka asam yang maksimal dalam standar di Indonesia sebesar 0,8 mg KOH/g (Budiman, 2017).