

BAB II

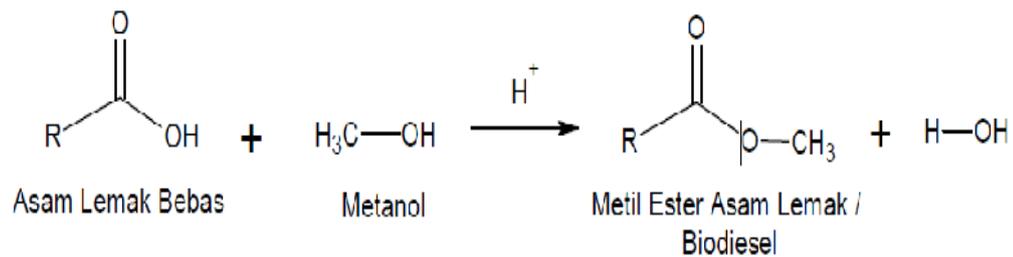
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Biodiesel merupakan campuran metil ester dengan asam lemak, bahan bakar cair yang diproses dari lemak hewan atau minyak nabati. Minyak nabati merupakan sumber bahan baku yang menjanjikan bagi proses produksi biodiesel karena bersifat terbarukan dan dapat diproduksi dalam skala besar. Biodiesel merupakan bahan bakar yang nilai viskositasnya tidak jauh berbeda dengan minyak solar, oleh karena itu campuran biodiesel minyak jarak dan minyak sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan.

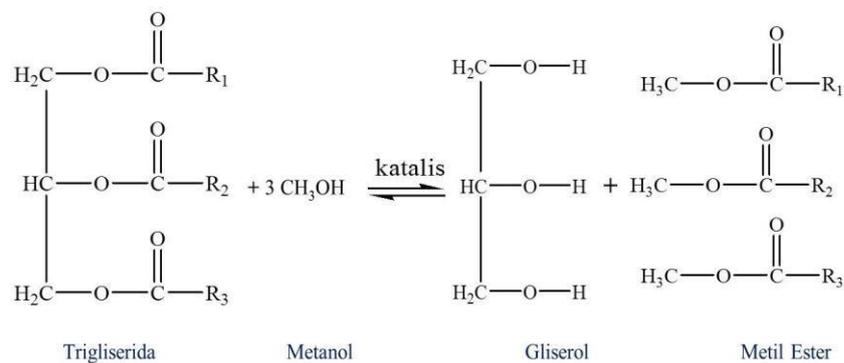
Biodiesel dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi minyak nabati dengan maksud mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksi-kan asam lemak bebasnya dengan alkohol menjadi *alcohol ester (Fatty Acid Methyl Ester/FAME)*. Pada saat penelitian transesterifikasi dilakukan dengan mencampur minyak nabati/hewani dengan alkohol (methanol, etanol dan lain sebagainya) dengan menggunakan katalisator KOH atau NaOH serta H₂SO₄ merupakan katalis yang umum digunakan. Proses transesterifikasi dilakukan selama 1 jam pada suhu kamar atau pada suhu yang lebih tinggi, campuran yang terjadi didiamkan sehingga terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan bawah (*gliserin*) dan lapisan atas adalah metil ester (Ananta 2002).

Tahap pertama asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi ester. Setelah selesai diesterifikasi dapat diproses selanjutnya dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum proses tersebut air dan beberapa bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus dipisahkan terlebih dahulu agar reaksi bisa langsung ke konversi yang sempurna, metanol yang digunakan harus ditambahkan dalam jumlah yang berlebih dan air reaksi harus disingkirkan dari fasa minyak. Konversi sempurna asam-asam lemak ke ester metilnya dapat dituntaskan dalam waktu 1 jam. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Reaksi Esterifikasi

Reaksi transesterifikasi minyak nabati menggunakan metanol untuk menghasilkan biodiesel seperti Gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi minyak nabati yang menghasilkan biodiesel telah dikembangkan dengan cara memanfaatkan enzim lipase sebagai katalisnya. Penggunaan enzim lipase sangat menarik untuk dikembangkan karena gliserol hasil pembuatan biodiesel dapat dipisahkan dengan mudah serta pemurnian biodiesel sangat mudah dilakukan.

Sabanazan dkk (2012) meneliti tentang pembuatan biodiesel minyak biji karet dan minyak sawit menggunakan instrumen ultrasonic. Metode yang digunakan yaitu dengan bantuan ultrasonic memanaskan minyak sawit hingga 45°C , dilanjutkan penambahan campuran larutan NaOH (0,5% berat minyak) di dalam methanol, lalu dilakukan pengadukan satu menit menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan hingga tercapai suhu 65°C. Biodiesel sawit dicampurkan dengan biodiesel biji karet pada perbandingan biodiesel biji karet : sawit sebesar 25:75, 50:50, dan 75:25. Hasil penelitian menunjukkan parameter waktu dan amplitude

tidak memberikan pengaruh yang nyata (pada taraf $\alpha=5\%$) terhadap rendemen dan bilangan asam biodiesel sawit hasil transesterifikasi ultrasonic. Saat dilanjutkan dengan transesterifikasi ultrasonic, hanya minyak biji karet yang sebelumnya telah melalui reaksi esterifikasi ultrasonic 30 menit serta reaksi konvensional 1 jam, kedua campuran biodiesel tersebut memiliki karakteristik bilangan asam, densitas, viskositas, dan titik kabut yang memenuhi standar SNI-04-7182-2006.

Insani dkk (2011) minyak sawit mempunyai bau yang khas dan memiliki warna mulai dari kuning muda sampai jingga. Secara umum sifat fisik kimia yang terkandung dalam minyak sawit yaitu warna, bau (*flavor*), kelarutan, bobot jenis, indeks bias, titik cair, bilangan iod, dan bilangan penyabunan. Minyak sawit memiliki komponen utama yaitu trigliserida 94%, dan juga mengandung asam lemak 3-5%. Asam lemak tidak jenuh dan asam lemak jenuh yang terkandung dalam minyak sawit mempunyai persentase yang hampir sama.

Indrayati, (2009) melakukan penelitian untuk memperbaiki karakteristik biodiesel jarak pagar dengan suhu rendah dengan mencampur minyak jarak pagar dengan minyak nabati lainnya. Dari hasil penelitian campuran minyak jarak pagar dengan minyak kelapa menghasilkan campuran biodiesel terbaik yang mampu menurunkan titik awan dan titik tuang pada biodiesel jarak pagar. Titik awan yang dihasilkan biodiesel jarak pagar dan biodiesel kelapa masing-masing 15°C dan 12°C dan dengan campurannya mampu menurunkan titik awan dan titik tuang masing-masing sebesar 3°C dan 6°C terhadap biodiesel jarak pagar. Viskositas dan densitas campuran minyak ini menghasilkan nilai yang sesuai dengan standar *ASTM D 6751* dan SNI.

Pencampuran minyak jarak dengan jenis minyak lain pernah dilakukan sebelumnya oleh (Mahmud dkk, 2010) meneliti tentang pengukuran nilai kalor berbagai campuran bahan bakar minyak nabati, dalam penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa minyak jarak pagar memiliki viskositas, densitas, dan *flash point* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan minyak sawit sehingga dapat disimpulkan semakin besarnya kuantitas minyak jarak pagar maka semakin tinggi juga nilai viskositas, densitas, *flash point*. Namun pada penelitian

tersebut menggunakan parameter viskositas, densitas, dan *flash point* sedangkan untuk nilai kalor belum dilaksanakan pengujian.

Sasuta, (2018) melakukan pencampuran biodiesel jarak dan biodiesel jagung menggunakan waktu reaksi 60 menit dan temperature reaksi 60°C dengan variasi komposisi campuran antara biodiesel jarak dan biodiesel jagung yaitu 100%-0%, 90%-10%, 80%-20%, 70%-30%, 60%-40%, 50%-50%, 40%-60%, 30%-70%, 20%-80%, 10%-90%, 0%-100%. Hasil dari campuran biodiesel jarak dan biodiesel jagung cenderung mengalami penurunan nilai pada grafik pengujian karakteristik biodiesel tersebut yang mencakup densitas, *viskositas*, *flash point*. seiring dengan bertambahnya komposisi biodiesel jagung pada setiap variasi campurannya. Berbanding terbalik dengan grafik nilai kalor yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya komposisi biodiesel jagung pada setiap variasi komposisi campurannya.

Berdasarkan beberapa tinjauan pustaka di atas menunjukkan bahwa minyak jarak dan sawit sangat berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi bahan baku biodiesel. Penelitian ini akan mempelajari pengaruh komposisi pencampuran biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak sawit yang terlebih dahulu dibuat melalui proses transesterifikasi.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar yang terbuat dari lemak hewan atau dari minyak tumbuh-tumbuhan (nabati). Biodiesel umumnya dapat diperbaharui dan merupakan bahan bakar yang terdiri dari dari campuran monoalkil ester dari rantai panjang asam lemak, inilah yang dipakai sebagai bahan bakar dari motor diesel (Said, 2009). Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang dikembangkan sesuai *blue print*. Bahan-bahan yang bias dipakai untuk membuat biodiesel antara lain minyak kelapa sawit (*crude palm oil*), minyak jarak pagar (*jatropha curcas*), jarak kepyar (*ricinus communis*), dan masih banyanyak yang lainnya. (Nurcholis, 2007). Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh biodiesel adalah sebagai berikut:

- a. Biodiesel mampu beroperasi dalam mesin konvensional tanpa harus memodifikasi mesin.
- b. Biodiesel tidak beracun dan aman.
- c. Biodiesel mengurangi emisi dan senyawa karsinogen.

Biodiesel diakui sebagai bahan bakar alternatif dengan petroleum diesel dalam bentuk murni atau campuran 20% (Said, 2009).

2.2.2 Spesifikasi Biodiesel

Biodiesel pada dasarnya harus memenuhi standar mutu biodiesel, ini bertujuan untuk menjamin bahwa biodiesel yang diproduksi aman dan layak untuk jadi bahan bakar. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) melalui Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu biodiesel di Indonesia yaitu SNI 7182-2015 seperti terlihat pada Tabel 2.7, standar mutu biodiesel SNI 7182-2015 tidak jauh berbeda dengan *American Standard Testing and Material* (ASTM). Pada Tabel 2.8 adalah standar ASTM untuk biodiesel.

Tabel 2.7 Syarat mutu biodiesel SNI 7182-2015

| No | Parameter Uji | Satuan Min/Maks | Persyaratan |
|----|--|--------------------------|-------------|
| 1 | Massa jenis pada 40 °C | kg/m ³ | 850 – 890 |
| 2 | Viskositas kinematik pada 40 °C | Mm ² /s (cSt) | 2,3 – 6,0 |
| 3 | Angka setana | min | 51 |
| 4 | Titik nyala (mangkok tertutup) | °C, min | 100 |
| 5 | Titik kabut | °C, maks | 18 |
| 6 | Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C) | | nomor 1 |
| 7 | Residu karbon dalam percontohan asli; atau dalam 10% ampas | % massa maks | 0,05 ; 0,3 |
| 8 | Air dan sedimen | %-volume, maks | 0,05 |
| 9 | temperatur destilasi 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 (g-I ₂ /100 g), maks | 115 |
| 18 | kestabilan oksidasi periode induksi metode rancimat atau periode induksi metode petro oksidasi | Menit | 480 36 |
| 19 | Monogliserida | %-massa, maks | 0,8 |

(BSN, 2015)

Tabel 2.8 Biodiesel standard ASTM D 6751

| Property | Test method | Limits | Unit |
|--|--------------------|-------------------------------|---------------------------|
| <i>Calcium & Magnesium</i> | <i>EN 14538</i> | <i>5 max ppm</i> | <i>(ug/g)</i> |
| <i>Flash point (closed cup)</i> | <i>D 93</i> | <i>93.0 min</i> | <i>oC</i> |
| <i>Water and sediment</i> | <i>D 2709</i> | <i>0.050 max</i> | <i>% volum</i> |
| <i>Kinematic viscosity, 40 oC</i> | <i>D 445</i> | <i>1.9-6.0</i> | <i>mm² / s</i> |
| <i>Sulfated ash</i> | <i>D 874</i> | <i>0.020 max</i> | <i>% mass</i> |
| <i>Sulfur</i> | <i>D5453</i> | <i>0.05 or 0.0015 max</i> | <i>% mass</i> |
| <i>Copper strip corrosion</i> | <i>D 1 30</i> | <i>No. 3 max</i> | |
| <i>Cetane number</i> | <i>D 61 3</i> | <i>47 min</i> | |
| <i>Cloud point</i> | <i>D 2500</i> | <i>report</i> | <i>oC</i> |
| <i>Carbon residue</i> | <i>D 4530</i> | <i>0.050 max</i> | <i>% mass</i> |
| <i>Acid number</i> | <i>D 664</i> | <i>0.50 max</i> | <i>mg KOH / g</i> |
| <i>Free glycerin</i> | <i>D 6584</i> | <i>0.02</i> | <i>% mass</i> |
| <i>Total glycerin</i> | <i>D 6584</i> | <i>0.24</i> | <i>% mass</i> |
| <i>Phosphorus content</i> | <i>D 4951</i> | <i>0.001 max</i> | <i>% mass</i> |
| <i>Distillation temperature, T90 AET</i> | <i>D 1 1 60</i> | <i>360 max</i> | <i>oC</i> |
| <i>Sodium/Potassium, combined</i> | <i>EN 14538</i> | <i>5 max, combined</i> | <i>ppm</i> |
| <i>Oxidation Stability</i> | <i>EN 14112</i> | <i>3 min</i> | <i>hours</i> |

| | |
|--------------------|--|
| <i>Workmanship</i> | <i>Free of undissolved water, sediment, & suspended matter</i> |
|--------------------|--|

(Burton, 2008)

2.2.3 Minyak Nabati

Minyak nabati merupakan cairan kental yang berasal dari ekstrak tumbuhan-tumbuhan yang diperoleh melalui proses ekstraksi. Minyak dan lemak merupakan campuran dari ester-ester asam lemak dengan gliserol yang membentuk gliserol, dan ester-ester tersebut dinamakan trigliserida. Perbedaan antara suatu lemak dan minyak yaitu pada temperatur kamar, lemak berbentuk padat dan minyak bersifat cair. Sebagian gliserida dalam tumbuhan cenderung berupa minyak, karena itu biasa terdengar ungkapan lemak hewani dan minyak nabati (Ketaren 1986).

Minyak nabati secara umum memiliki komposisi utama yaitu senyawa gliserida dan asam lemak. Asam lemak merupakan asam karboksilat yang dihasilkan dari proses hidrolisis lemak, biasanya berantai panjang dan tidak bercabang. Secara umum minyak nabati memiliki trigliserida minyak dan lemak alam merupakan trigliserida campuran, dan biasanya ketiga bagian asam lemak trigliserida tidak sama (Wijayanti 2008).

a. Minyak Jarak

Minyak jarak (*Jatropha curcas L, Euphorbiaceae*) adalah tumbuhan semak berkayu yang banyak ditemukan di daerah tropis. Walaupun telah lama dikenal sebagai bahan pengobatan dan racun, saat ini telah mendapat perhatian sebagai sumber bahan bakar nabati. Jarak pagar memiliki kandungan minyak yang tinggi, minyak jarak juga tidak bersaing untuk pemanfaatan lain (contoh jika dibandingkan dengan minyak kelapa sawit dan minyak kelapa), dan juga memiliki karakteristik agronomi yang menarik.

Minyak jarak merupakan salah satu bahan yang komersial yang mengandung asam hidroksi dalam jumlah besar. Biji buah jarak berbentuk lonjong seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Biji, dan Buah Jarak Pagar

Minyak jarak merupakan cairan bening berwarna kuning yang memiliki cairan yang kental dan berbau khas, walaupun minyak jarak disimpang dalam jangka waktu yang lama tidak akan merubah warnanya menjadi keruh (Hambali dkk, 2007). Tabel 2.1 berikut menunjukkan komposisi asam lemak pada minyak jarak.

Tabel 2.1 Kandungan Asam Lemak Minyak Biji buah Jarak (Hambali dkk, 2007)

| Asam Lemak | Jumlah % |
|-------------------------|-----------------|
| Asam risinoleat | 12-17 |
| Asam oleat | 2-10 |
| Asam linoleat | 35-64 |
| Asam stearat | 19-42 |
| Asam dihidroksi stearat | - |

Karakteristik pada minyak jarak meliputi: densitas, viskositas, angka setana, angka iodium, angka asam, titik nyala, *pour point* dan *cloud point* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik Minyak Jarak (Budiman dkk, 2014).

| Karakteristik | Nilai |
|----------------------|-------------------------|
| Densitas | 967,3 kg/m ³ |
| Viskositas pada 40°C | 240,12 cSt |
| Angka Setana | 42 |
| Angka Iodium | 84,4 cg I/kg |
| Angka Asam | 0,7 mg KOH/g |
| Titik Nyala | 260°C |
| Pour Point | 14°C |
| Cloud Point | 1°C |
| Angka Saponifikasi | 181,4 mg KOH/g |

Kelebihan dari minyak jarak yaitu penggunaan minyak jarak untuk mengurangi kadar CO₂ di atmosfer, pohon jarak tidak termasuk ke dalam tanaman untuk dikonsumsi sehingga tidak akan mengurangi bahan untuk pangan, minyak jarak mengandung racun berupa *phorbol ester* sehingga tidak bisa untuk dikonsumsi.

b. Minyak Sawit

Minyak kelapa sawit (biasa disebut dengan *palm oil*) yang sangat potensial untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar biodiesel. Keunggulan *palm oil* sebagai bahan baku biodiesel adalah kandungan asam lemak jenuh yang tinggi sehingga akan menghasilkan angka setana yang tinggi. Kelapa sawit dapat tumbuh

dengan baik pada dataran rendah di daerah tropis yang beriklim basah, yaitu sepanjang garis khatulistiwa yaitu 15° LU sampai 15° LS. Di luar zona tersebut biasanya pertumbuhan tanaman kelapa sawit agak terhambat sehingga masa awal produksinya juga terhambat. Umumnya tanaman kelapa sawit tumbuh optimum pada dataran rendah dengan ketinggian 200-500 m dari permukaan laut (dpl). Ketinggian lebih dari 600 m dpl tidak cocok untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Perbedaan ketinggian tempat akan mempengaruhi suhu, tingkat pencahayaan dan curah hujan pada tanaman kelapa sawit (Setyamidjaja, 1993).

2.3 Sifat Fisik Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair yang dipakai penggunaannya untuk mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu, agar bertujuan untuk mengetahui hasil pembakaran secara optimal. Secara umum bahan bakar cair dapat diketahui dengan cara sebagai berikut :

2.3.1 Densitas

Massa jenis dan masa persatuan volume menenjukan adanya perbandingan, yang berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yaitu merupakan perbandingan antara massa volume, yang dimana semakin tinggi massa suatu benda maka semakin tinggi pula massa volumenya. Minyak yang terdapat berat jenis tinggi adalah minyak yang mempunyai kandungan panas (*heating valve*) yang rendah (Kholidah 2014). Adanya kenaikan temperatur menyebabkan volume didalam suatu zat bertambah, yang dimana menghasilkan massa jenis dan volume dari suatu zat memiliki hubungan yang terbalik (Anjarsari, 2015). Secara matematika massa jenis diuraikan dengan persamaan sebagai berikut 2.1 :

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

Keterangan:

ρ = rapat massa (kg/m³)

m = massa (kg)

V = volume (m³)

2.3.2 Viskositas

Viskositas (kekentalan) yaitu merupakan sifat fluida yang menunjukkan resistensi fluida terhadap alirannya, dikarenakan gesekan dalam cairan dapat berpindah-pindah dari satu tempat ke tempat yang lainnya sehingga mempengaruhi pengatoman terhadap bahan bakar dengan injeksi pada ruang pembakaran. Dari hasil ruang pembakaran terbentuk pengendapan terhadap mesin. Viskositas yang tinggi atau fluida yang masih kental dapat mengakibatkan kecepatan aliran lebih lambat sehingga proses derajat atomisasi terhadap bahan bakar akan sangat lambat pada ruang bakar. Untuk dapat mengatasi hal tersebut diperlukan proses kimiawi yaitu transesterifikasi yang dapat menurunkan suatu nilai minyak nabati tersebut sampai mendekati viskositas solar. Pada dasarnya viskositas minyak nabati jauh lebih tinggi dibandingkan dengan viskositas terhadap minyak solar, sehingga biodiesel turunan minyak nabati mempunyai hambatan agar dijadikan bahan bakar pengganti minyak solar.

2.3.3 Titik Kabut (*Cloud Point*)

Titik kabut yaitu merupakan temperatur pada saat bahan bakar yang mulai tampak “berawan” (*cloudy*), hal ini ditimbulkan munculnya kristal-kristal (padatan) di dalam bahan tersebut. Meskipun bahan bakar tersebut dapat mengalir, pada titik ini keberadaan kristal di dalam bahan bakar tersebut sangat mempengaruhi kelancaran aliran bahan bakar di dalam filter, pompa dan injector.

Sedangkan pada titik tuang (*pour point*) merupakan temperatur terendah yang masih memungkinkan terjadinya aliran pada bahan bakar di bawah *pour point*, bahan bakar tidak mampu lagi mengalir karena terbentuknya kristal yang menyumbat aliran pada bahan bakar dan pada *cloud point* yang terjadi pada temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan *pour point*.

Permasalahan yang biasa terjadi pada aliran bahan bakar terdapat pada temperatur diantaranya yaitu *cloud point* *pour point* pada saat kristal yang mulai mengganggu proses filtrasi pada bahan bakar. Oleh sebab itu di gunakan metode pengukuran yang lain untuk mengukur performansi bahan bakar pada temperatur yang rendah yaitu *Cold Filter Plugging Point (CFPP)* dan *Low Temperatur Flow*

Test (LTFT) dengan standar ASTM D 4539. Dimana pada umumnya *pour* dan *cloud point* biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan minyak solar. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan campuran biodiesel dengan minyak solar, atau ditambahkan aditif tertentu pada biodiesel untuk mencegah terjadinya kristal-kristal yang terbentuk dalam biodiesel tersebut (Indartono, Y. S., 2006).

2.3.4 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala yaitu merupakan titik temperatur yang rendah dimana bahan bakar dapat menyala ketika beraksi terhadap udara. Ketika menyala terus menerus maka suhu tersebut dinamakan dengan titik bakar (*fire point*). Titik nyala yang terlampaui sangat tinggi dapat menyebabkan keterlambatan terhadap penyalaan sementara dan apabila titik nyala terlampaui sangat rendah maka akan mengakibatkan timbulnya denotasi seperti ledakan kecil yang terjadi pada saat sebelum bahan bakar masuk kedalam ruang pembakaran. Hal ini juga mampu mengakibatkan meningkatnya resiko bahaya pada saat waktu penyimpanan. Semakin tinggi titik nyala pada suatu bahan bakar maka semakin aman terhadap penanganan maupun penyimpanannya. (Widyastuti 2007).

2.3.5 Nilai Kalor (HHV)

Nilai kalor (HHV) merupakan jumlah energi kalor yang dapat dilepaskan bahan bakar pada saat oksidasi unsur-unsur kimia yang terdapat pada bahan bakar atau besarnya panas yang didapatkan jika kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran suatu bahan bakar dengan udara/oksigen. Hasil nilai kalor terbanding terbalik dengan pengujian densitas yaitu dengan semakin besarnya hasil pengujian densitas suatu minyak, maka akan semakin kecil nilai kalornya, dengan demikian juga sebaliknya semakin rendah pengujian densitas maka akan semakin tinggi nilai kalornya (Kholidah 2014).