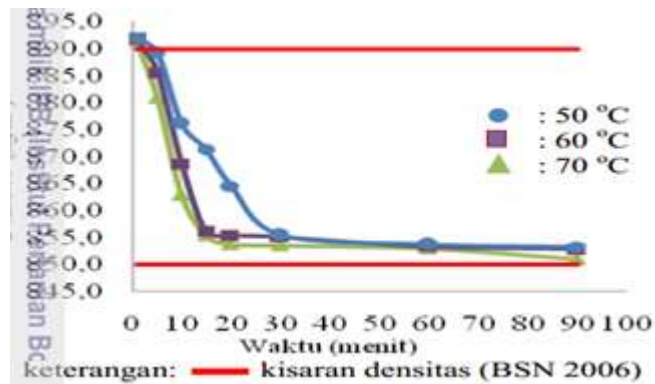


BAB II

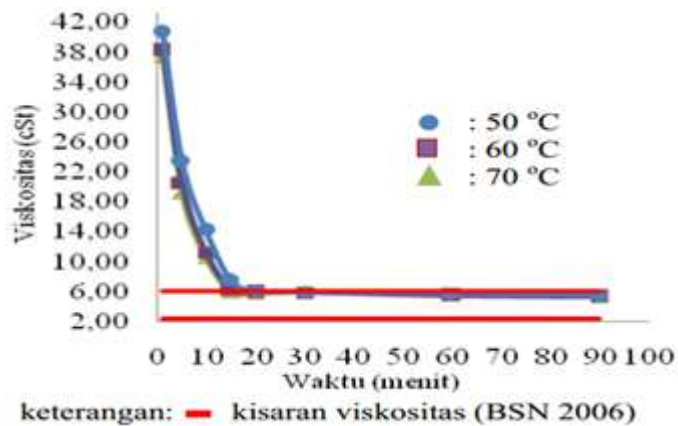
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Wahyuni, (2010) melakukan penelitian biodiesel dari minyak sawit menggunakan variasi suhu 50, 60, dan 70°C dengan variasi waktu pencampuran katalis selama 1, 5, 10, 15, 20, 30, 60, dan 90 menit. Dari penelitian ini didapat bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka waktu yang dibutuhkan agar viskositas dan densitasnya masuk dalam standar SNI 04-7182-2006 akan semakin cepat. Nilai viskositas memenuhi standar SNI 04-7182-2006 dimulai pada menit ke-15, 20, 30 pada suhu 70, 60, dan 50 °C secara berturut-turut. Sedangkan nilai densitasnya, hanya pada menit ke-1 yang tidak memenuhi standar SNI-04-7182-2006.



Gambar 2.1. Hubungan antara waktu dan densitas biodiesel sawit (Wahyuni, 2010)



Gambar 2.2. Hubungan antara waktu dan viskositas biodiesel sawit (Wahyuni, 2010)

Murni, (2010) menguji massa jenis (densitas) dan viskositas biodiesel dari minyak sawit. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur 33, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90 °C. Didapatkan bahwa massa jenis dan viskositas menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Harga optimal untuk massa jenis biodiesel, yaitu ketika temperatur berada pada rentang 80-90°C. Pada rentang ini, massa jenis biodiesel berkecenderungan berubah dari menurun kemudian meningkat. Kecenderungan yang sama juga terjadi pada nilai viskositas. Viskositas menurun dengan meningkatnya temperatur. Namun, pada kisaran 70°C, viskositas solar berada pada nilai optimalnya.

Tabel 2.1. Hubungan antara temperatur dan densitas biodiesel sawit

No	Temperatur [°C]	Massa Jenis [g/cm ³]			
		I	II	III	Rata-Rata
1	33	0,868	0,866	0,870	0,868
2	40	0,848	0,844	0,850	0,847
3	50	0,844	0,842	0,846	0,844
4	60	0,838	0,842	0,842	0,841
5	70	0,836	0,834	0,838	0,836
6	80	0,834	0,830	0,832	0,832
7	90	0,824	0,824	0,826	0,825

Sumber: Murni (2010)

Tabel 2.2. Hubungan antara temperatur dan viskositas biodiesel sawit

No	Temperatur [°C]	Viskositas [Cps]			
		I	II	III	Rata-Rata
1	33	3,943	3,898	4,011	3,951
2	40	3,659	3,632	3,455	3,582
3	50	3,494	3,579	3,544	3,539
4	60	3,386	3,375	3,304	3,355
5	70	3,190	3,144	3,126	3,153
6	80	3,090	3,014	3,048	3,050
7	90	2,801	2,844	2,860	2,835

Sumber: Murni (2010)

Penggunaan langsung minyak nabati sebagai bahan bakar pada mesin diesel memerlukan penyesuaian sifat fisis, diantaranya viskositas dan densitas. Esteban. dkk. (2015) membandingkan pengaruh pemanasan temperatur 10-140 °C terhadap sifat fisis densitas dan viskositas. Dari penelitiannya didapatkan bahwa densitas dan viskositas minyak sawit murni, minyak jagung murni dan minyak lainnya, semakin menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Pada temperatur 120 °C, densitas dan viskositas semua minyak nabati murni yang diteliti, sudah memenuhi SVO (*Standart Vegetable Oil*).

Tabel 2.3. Hubungan antara temperatur pemanasan terhadap densitas

Dependence of density with temperature for automotive diesel fuel, pure biodiesel and the analyzed vegetable oils. SVO density values below 0.860 g·cm ⁻³ are in bold.								
Temp. (°C)	Density (g·cm ⁻³)							
	Diesel	BD100	Rapeseed	Sunflower	Soybean	Palm	Corn	Grapeseed
10	0.8376	0.8859	0.9210	0.9251	0.9254	-	0.9237	0.9259
20	0.8308	0.8798	0.9145	0.9169	0.9185	-	0.9167	0.9188
30	0.8242	0.8717	0.9080	0.9114	0.9127	-	0.9113	0.9126
40	0.8181	0.8641	0.9027	0.9043	0.9061	0.8996	0.9046	0.9060
50	0.8114	0.8583	0.8963	0.8994	0.8998	0.8922	0.8979	0.8998
60	0.8043	0.8513	0.8911	0.8926	0.8941	0.8845	0.8920	0.8941
70	0.7970	0.8433	0.8848	0.8877	0.8879	0.8789	0.8864	0.8874
80	0.7890	0.8372	0.8777	0.8798	0.8817	0.8721	0.8801	0.8813
90	0.7825	0.8287	0.8724	0.8743	0.8750	0.8664	0.8740	0.8754
100	0.7759	0.8229	0.8658	0.8670	0.8689	0.8595	0.8678	0.8695
110	0.7708	0.8150	0.8593	0.8602	0.8626	0.8536	0.8610	0.8626
120	0.7636	0.8075	0.8537	0.8536	0.8566	0.8457	0.8555	0.8570
130	0.7577	0.8002	0.8469	0.8472	0.8498	0.8407	0.8489	0.8505
140	0.7516	0.7912	0.8395	0.8408	0.8430	0.8325	0.8424	0.8440

Sumber: Esteban (2015)

Tabel 2.4. Hubungan antara temperatur pemanasan terhadap viskositas

Dependence of kinematic viscosity with temperature for automotive diesel fuel, pure biodiesel and the analyzed vegetable oils. SVO viscosity values below $6 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ are in bold.								
Temp. (°C)	Kinematic viscosity ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)							
	Diesel	BD100	Rapeseed	Sunflower	Soybean	Palm	Corn	Grapeseed
10	5.39	9.00	119.48	118.72	107.62	-	113.39	100.63
20	4.15	6.78	74.19	73.45	67.12	-	70.29	64.32
30	3.30	5.30	48.88	48.46	44.69	-	46.54	42.94
40	2.70	4.26	34.06	33.78	31.42	45.34	32.53	30.19
50	2.26	3.51	24.68	24.48	23.00	28.19	23.74	22.29
60	1.92	2.94	18.62	18.52	17.47	20.84	17.96	17.04
70	1.64	2.51	14.48	14.44	13.67	15.60	14.01	13.34
80	1.43	2.16	11.58	11.53	11.17	12.35	11.39	10.88
90	1.27	1.90	9.45	9.44	9.13	9.94	9.34	8.96
100	1.14	1.69	7.89	7.78	7.71	8.21	7.83	7.53
110	1.03	1.51	6.70	6.50	6.58	6.88	6.65	6.42
120	0.93	1.36	5.86	5.62	5.68	5.85	5.70	5.49
130	0.85	1.23	5.09	4.91	4.99	5.02	4.93	4.77
140	0.78	1.13	4.47	4.37	4.45	4.38	4.34	4.21

Sumber: Esteban (2015)

Mahmud. dkk. (2010) melakukan penelitian tentang penentuan nilai kalor berbagai komposisi campuran bahan bakar minyak nabati dengan menggunakan minyak jarak 100%, minyak sawit 100%, minyak goreng bekas 100% dan minyak campuran minyak jarak dengan minyak goreng bekas. Campuran minyak jarak dan minyak goreng bekas menggunakan variasi campuran 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 20:80 dan 10:90. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa nilai kalor pada sampel minyak goreng bekas dan minyak sawit lebih besar dibandingkan minyak jarak, sehingga sampel campuran minyak jarak dan minyak goreng bekas, idealnya, nilai kalor akan semakin tinggi seiring dengan semakin banyaknya kuantitas minyak goreng bekas dalam campuran. Akan tetapi, nilai kalor campuran minyak jarak dan minyak goreng bekas memiliki nilai kalor yang bervariasi. Hal ini dimungkinkan karena adanya suspensi kotoran sehingga mempengaruhi pengukuran nilai kalor dari campuran tersebut. Bilangan iod terbesar terdapat pada sampel minyak sawit dan sampel minyak jarak, sedangkan bilangan iod terkecil ada pada sampel minyak goreng bekas. Untuk sampel campuran minyak jarak dan minyak goreng bekas, nilai iod semakin kecil dengan semakin banyaknya kuantitas minyak goreng bekas. Besarnya bilangan iod pada minyak menunjukkan banyaknya ikatan rangkap atau ikatan tak jenuh.

Benjumea. dkk. (2008) melakukan penelitian tentang perbandingan sifat dasar bahan bakar diesel dengan biodiesel dari minyak sawit. Penelitian didapatkan bahwa nilai densitas 25°C, viskositas kinematik 40°C dan nilai kalor pada biodiesel dari minyak sawit mendekati bahan bakar diesel. Densitas biodiesel sawit lebih tinggi dibandingkan bahan bakar diesel, yaitu 864,42 kg/m³ dibandingkan 853,97 kg/m³. Viskositas kinematik biodiesel sawit lebih tinggi dibandingkan bahan bakar diesel, yaitu 4,33 mm²/s dibandingkan 4,71 mm²/s. Nilai kalor biodiesel sawit lebih rendah daripada bahan bakar diesel, yaitu antara 39,837 MJ/kg dengan 45,273 MK/kg.

Wijanarko, (2013) melakukan penelitian nilai kalor minyak dari buah kepayang. sifat fisika minyak nabati, dari buah kepayang yang diolah menjadi kluwek. Nilai kalor menggunakan Kalorimeter bom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak kluwek memiliki nilai kalor 38,1751 MJ/kg. Nilai kalor minyak kluwek hampir sama dengan nilai kalor minyak kelapa sawit dan minyak jelantah. *Flash Point* minyak kluwek sebesar 142°C ini menandakan bahwa minyak kluwek belum memenuhi persyaratan jika dijadikan sebagai minyak bakar karena minyak bakar mempunyai *flash point* sebesar 60°C.

Hariyani, (2006) melakukan pembuatan minyak Virgin Coconut Oil (VCO) untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan terhadap kualitas Virgin Coconut Oil (VCO). Sampel yang digunakan yaitu *Virgin Coconut Oil* yang dibuat dengan waktu pengadukan 10 menit, 15 menit, 20 menit, dan 25 menit. Masing-masing sampel dianalisis kualitasnya yang meliputi kadar air, berat jenis, indeks bias, angka asam, angka penyabunan, angka iod, angka peroksida, dan komposisi *Virgin Coconut Oil* (VCO). Komposisi *Virgin Coconut Oil* (VCO) dianalisis menggunakan kromatografi gas-spektrometer massa dan kromatografi gas. Hasil penelitian diperoleh bahwa waktu pengadukan yang berbeda mempengaruhi kualitas *Virgin Coconut Oil* (VCO) yang dihasilkan, yaitu dengan bertambahnya waktu pengadukan, maka kadar air semakin besar, berat jenis semakin besar, angka asam semakin besar, angka penyabunan semakin kecil, dan hanya waktu pengadukan 25 menit yang mempunyai angka peroksida. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa

waktu pengadukan yang paling optimum untuk membuat *Virgin Coconut Oil* (VCO) dengan kualitas terbaik adalah 10 menit, yang mempunyai %relatif asam laurat sebesar 50,86901.

Penelitian biodiesel yang dilakukan Tazora, (2011) menggunakan pencampuran dengan dua metode yaitu metode pertama dengan mencampurkan biodiesel yang berasal dari biji karet dan Jarak pagar kemudian metode kedua mencampurkan biodiesel dari biodiesel biji karet dengan biodiesel jarak pagar. Pencampuran biodiesel dilakukan dengan variasi campuran 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60 dan 100:0. Dari penelitian ini ditemukan bahwa pencampuran memberikan pengaruh yang nyata terhadap viskositas. Viskositas campuran biodiesel jarak pagar dengan biodiesel biji karet naik seiring dengan semakin banyaknya presentase campuran biodiesel biji karet.

Penelitian penambahan asam lemak pada bahan bakar diesel yang dilakukan oleh Nofendi, (2016) adalah menambahkan zat aditif asam oleat (C18:2) pada bahan bakar solar. Presentase pencampuran zat aditif asam oleat dilakukan sebanyak 1% sampai dengan 5%. Didapatkan bahwa nilai kalor, densitas dan viskositas relatif semakin tinggi seiring dengan semakin banyaknya presentase asam oleat yang dicampurkan pada minyak solar walaupun tidak signifikan.

Tabel 2.5. Hasil percobaan nilai kalor, densitas dan viskositas pada campuran minyak solar dengan zat aditif asam oleat

Presentase Zat Aditif (Asam Oleat %)	Nilai Kalor (Mj/g)	Densitas (g/cm³)	Viskositas (mm²/s)
0	45,61	0,813	4,07
1	45,95	0,819	4,49
2	45,67	0,821	3,98
3	45,69	0,823	4,35
4	45,64	0,828	4,09
5	45,66	0,834	4,38
100	39,31	0,814	6,98

Sumber: Nofendi (2016)

Dari hasil penelitian-penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran, temperatur pemanasan mempengaruhi sifat fisis bahan bakar. Sedangkan waktu pemanasan saat pencampuran pada minyak nabati murni tanpa katalis masih belum ada penelitian yang melakukannya, sehingga perlu adanya variasi waktu saat melakukan pencampuran. Maka dari itu, penelitian ini akan menggunakan minyak sawit murni dan minyak jagung murni dengan temperatur 160°C dengan variasi komposisi campuran antara minyak sawit dan jagung dan variasi waktu 30, 60 dan 90 menit.

2.2 Dasar Teori

Cadangan bahan bakar minyak di Indonesia diperkirakan akan habis dalam waktu 10 tahun lagi. Tak hanya di Indonesia, duniapun mengalami krisis energi dari minyak bumi. Hal ini memicu pencarian dan pengembangan sumber bahan bakar alternatif lain yang dapat diperbaharui. Bahan bakar alternatif yang dinilai layak sebagai pengganti minyak bumi adalah bahan bakar yang berasal dari minyak nabati dan lemak hewani. (Wahyuni. dkk. 2015).

2.2.1 Bahan Bakar Nabati

Bahan bakar nabati adalah semua bentuk minyak nabati yang dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar, baik dalam biodiesel atau bioetanol maupun minyak nabati murni (*pure plant oil*). Di antara berbagai fasa bahan bakar, bahan bakar yang berfasa cair adalah bahan bakar yang paling bernilai ekonomi tinggi. Hal tersebut dikarenakan berenergi spesifik (energi/satuan volume) besar, mudah ditangani, dibawa dan ditransportasikan secara efisien serta aman (Prastowo, 2008).

Sebagai suatu bahan bakar yang akan diaplikasikan langsung pada sebuah mesin, maka bahan bakar harus memenuhi standar kriteria bahan bakar. Di Indonesia, standar bahan bakar diatur oleh BSN (Badan Standarisasi Nasional) dengan SNI 7182:2015 untuk biodiesel dan SNI 7431:2015 untuk minyak nabati. Standar mutu bahan bakar SNI 7182:2015 dan SNI 7431:2015 dari BSN (Badan Standarisasi Nasional) tahun 2015 dapat dilihat pada tabel 2.6 dan 2.7.

Tabel 2.6. Syarat mutu biodiesel SNI 7182:2015

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Masa jenis pada 40 °C	kg/m ³ (cSt)	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	% massa, maks	
	dalam percontoh asli; atau		0,05
	dalam 10% ampas distilasi		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	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam Gliserol bebas	mgKOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	% massa, maks	0,02
15	Gliserol total	% massa, maks	0,24

Sumber: BSN (2015)

Tabel 2.7. Syarat mutu bahan bakar minyak murni SNI 7431:2015

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Angka asam	mg KOH/g	maks. 4,0
2	Kadar fosfor	(mg/kg)	maks. 10
3	Kadar air dan sedimen	% volume	maks. 0,1
4	kadar bahan tak tersabunkan	% massa	maks 2,0
5	Viskositas kinemataik pada 50 °C	mm ² /s (cSt)	maks. 36
6	Kadar abu tersulfatkan	% massa	maks. 0,02
7	Angka penyabunan	mg KOH/g	180-265
8	Angka iodium	gI ₂ /100 g	maks. 115
9	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
10	Kadar residu karbon	% massa	maks. 1,0
11	Masa jenis pada 50 °C	kg/m ³	870-910
12	Angka setana		min 39
13	Kadar belerang	% massa	maks. 0,01
*Dapat diuji terpisah dengan ketentuan kandungan sedimen maksimum 0,01 %-massa			

Sumber: BSN (2015)

2.2.2 Minyak Sawit

Kelapa sawit adalah bibit minyak yang paling produktif di dunia. Berdasarkan data dari Journey to Forever, satu hektar kelapa sawit dapat menghasilkan hampir 6.000 l/ha minyak mentah. Produktifitasnya yang tinggi menyebabkan harga produksi menjadi lebih ringan. Selain itu, masa produksi pohon kelapa sawit termasuk cukup panjang yaitu sekitar 22 tahun (Supraniningsih, 2012). Minyak jagung adalah lemak semi padat yang mempunyai komposisi yang tetap. Kandungan asam lemak utama minyak sawit adalah asam lemak jenuh palmitat dan asam lemak tak jenuh oleat. Minyak sawit berwarna *orange* atau kuning disebabkan karena adanya pigmen karoten yang larut dalam minyak. Bobot jenis minyak sawit sekitar 0,900 g/m³. (Ketaren, 2012).



Gambar 2.3. Kelapa sawit (Liputan6, 2015)

2.2.3 Minyak Jagung

Jagung merupakan tanaman yang mudah beradaptasi dan tidak memiliki persyaratan tanah yang khusus karena tanaman ini dapat tumbuh hampir di semua jenis tanah. Kandungan asam lemak utama minyak jagung adalah asam lemak tak jenuh yang berjumlah 86%. Asam lemak tak jenuh jagung terdiri dari asam oleat dan asam linoleat. Minyak jagung berwarna merah gelap dan setelah dimurnikan akan berwarna kuning keemasan. Bobot jenis minyak jagung sekitar 0,918-0,925 g/m³. Kekentalan minyak jagung hampir sama dengan minyak-minyak nabati lainnya yaitu 58 centipoise pada suhu 25°C (Ketaren, 2012).



Gambar 2.4. Jagung (Liputan6, 2015)

2.2.4 Sifat Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair yang akan diaplikasikan pada mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu, agar hasil pembakarannya optimal. Umumnya, karakteristik bahan bakar cair yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

2.2.4.1 Densitas

Densitas adalah jumlah zat yang terkandung dalam suatu unit volume. Setiap bahan memiliki densitas yang berbeda-beda tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu dan tekanan. Satuan densitas adalah kg/m^3 dan dalam cgs adalah gram per centimeter kubik g/cm^3 . Faktor konversi sangat berguna dimana $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Wahyuni Silvira, Ramli. dkk. 2015). Secara matematis masa jenis dapat dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

ρ = massa jenis (kg/m^3)

m = massa sampel minyak nabati (kg)

V = volume sampel minyak nabati (m^3)

2.2.4.2 Viskositas

Viskositas didefinisikan sebagai angka yang menyatakan besar hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir. Semakin tinggi viskositasnya, maka minyak akan semakin kental dan sulit mengalir. Begitu pula sebaliknya, makin rendah viskositas, minyak akan semakin encer dan minyak lebih mudah mengalir. Viskositas merupakan sifat yang sangat penting dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar minyak. Jika minyak terlalu kental, maka akan menyulitkan dalam pemompaan, sulit untuk menyalakan *burner*, dan sulit dialirkan. Untuk menentukan nilai viskositas, dibutuhkan pengukuran dengan menggunakan alat viscometer. (Kholidah, 2014).

Rumus matematis viskositas dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan

v = viskositas kinematik (cSt)

μ = viskositas dinamik (mPa.s)

ρ = Densitas (kg/m³)

a. Kekentalan Dinamik

Kekentalan Dinamik atau Absolute Viskositas Dinamis merupakan rasio tegangan geser dengan deformasi yang dihasilkan ketika fluida mengalir. Dalam satuan SI diukur dalam pascal-detik atau newton detik per meter persegi, tapi centimeter-gram-detik (cgs) Unit, centipoise itu, lebih diterima secara luas, dengan:

$$1 \text{ centipoise (cP)} = 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s} = 10^{-3} \text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$$

Centipoise adalah satuan viskositas yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan persamaan *Reynolds* dan berbagai persamaan pelumasan *elastohydrodynamic*.

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik adalah *rasio* tegangan geser dengan deformasi yang dihasilkan ketika fluida mengalir dibagi dengan kepadatan. Viskositas kinematic dalam Unit SI adalah meter persegi per detik, akan tetapi satuan cgs, Centistoke, lebih luas diterima, dengan 1 centistoke (Cst) = 1 mm²/s.

2.2.4.3 Titik nyala (*flash point*)

Titik nyala (*flash point*) merupakan suatu angka yang menyatakan suhu terendah bahan bakar minyak yang akan mengakibatkan timbulnya penyalaan api sesaat, apabila ada api melintas didekat permukaan minyak tersebut. Titik nyala

atau titik kilat (*flash point*) adalah ukuran kemudahan terbakar dari suatu bahan (Badan Standardisasi Nasional, 2015). *Flash point* ditentukan secara eksperimental dengan cara pemanasan wadah yang berisi cairan yang akan diuji. Jika bunga api muncul saat cairan yang diuji dipanaskan, itu menunjukkan bahwa suhu cairan telah memenuhi standar ASTM D-445. (Wahyuni Silvira, Ramli. dkk. 2015).

2.2.4.4 Nilai kalor

Nilai kalor merupakan angka yang menyatakan jumlah panas / kalori yang diperoleh dari proses pembakaran bahan bakar dengan oksigen. Nilai kalor berkaitan erat dengan densitas. Semakin besar densitas suatu minyak, maka semakin kecil nilai kalornya, begitupula sebaliknya semakin kecil densitasnya maka semakin besar nilai kalornya. Nilai kalor dapat ditentukan dengan melakukan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada alat bomb calorimeter. Nilai kalori umumnya dinyatakan dalam satuan kCal/kg atau Btu/lb (satuan british) (Kholidah, 2014)