

BAB II

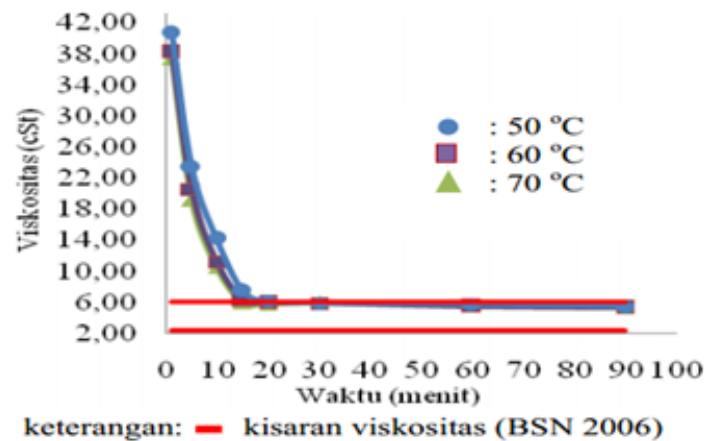
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

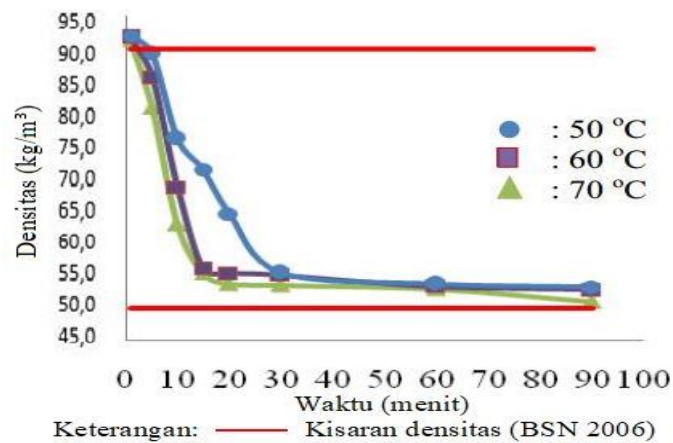
Wijanarko (2013) melakukan penelitian nilai kalor minyak nabati, penentuan panas jenis dan nilai kalor menggunakan kalorimeter larutan dan kalorimeter bom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak kluwek memiliki nilai panas jenis 0,78 Cal/kg°C dan nilai kalor 38,1751 MJ/kg°C. Nilai kalor minyak kluwek hampir sama dengan nilai kalor minyak sawit dan minyak jelantah. *Flash point* minyak kluwek sebesar 142°C ini menandakan bahwa minyak kluwek belum memenuhi persyaratan jika dijadikan sebagai bahan bakar karena bahan bakar mempunyai *flash point* sebesar 60°C.

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, dengan variasi campuran 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 20:80 dan 10:90%. Nilai kalor pada sampel minyak goreng bekas dan minyak sawit lebih besar dibandingkan minyak jarak, sehingga sampel campuran minyak jarak dan minyak goreng bekas nilai kalor akan semakin tinggi seiring dengan semakin banyaknya kuantitas minyak goreng bekas dalam campuran.

Wahyuni (2010) melakukan penelitian biodiesel dari minyak sawit menggunakan variasi suhu 50, 60, dan 70°C dengan variasi waktu pencampuran selama 1, 5, 10, 15, 20, 30, 60, dan 90 menit. Dari penelitian ini bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka waktu yang dibutuhkan supaya viskositas dan densitasnya masuk dalam standar SNI 04-7182-2006 akan semakin cepat. Nilai viskositas memenuhi standar SNI 04-7182-2006 (2,30-6,00 cSt) 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 (850,0-890,0 kg/m³).



Gambar 2.1. Hubungan antara waktu dan viskositas (Wahyuni, 2010)



Gambar 2.2. Hubungan antara waktu dan densitas (Wahyuni, 2010)

Muhaji (2015) melakukan penelitian tentang sifat fisik pembakaran *metyl ester* minyak kelapa, minyak kapas dan minyak solar. Pengujian densitas dan viskositas dilakukan dengan variasi suhu 30 sampai 100°C. Didapatkan bahwa densitas dan viskositas, titik nyala dan nilai kalor dari minyak kelapa yang paling mendekati minyak solar. Densitas, viskositas dan *flash point* terendah adalah minyak solar, kemudian minyak kelapa sedikit lebih tinggi dan yang tertinggi adalah minyak kapas. Nilai viskositas minyak nabati lebih tinggi dari pada minyak solar karena banyak mengandung *methyl ester* tak jenuh. Nilai kalor tertinggi pada ketiga sampel tersebut adalah minyak solar, sedangkan bila membandingkan antara dua minyak nabati saja, *methyl ester* dari minyak kelapa memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari minyak kapas.

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. Dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Hubungan antara temperatur dan densitas biodiesel sawit (Murni,2010)

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

Tabel 2.2. Hubungan antara temperatur dan viskositas biodiesel sawit
(Murni,2010)

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

Tazora (2011) meneliti biodiesel menggunakan pencampuran dengan dua metode, metode pertama mencampurkan biodiesel dari biji karet dan jarak pagar, kemudian metode kedua mencampurkan biodiesel dari 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 terhadap viskositas. Viskositas campuran biodiesel jarak pagar dengan biodiesel biji karet naik seiring semakin banyaknya presentase campuran biodiesel biji karet.

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 4,71 mm²/s dibandingkan 4,33 mm²/s. Nilai kalor biodiesel sawit lebih rendah daripada bahan bakar diesel, yaitu antara 39,837 MJ/kg dengan 45,273 MJ/kg.

Estabén 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. Dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3. Hubungan antara temperatur pemanasan terhadap densitas
(Estabén dkk, 2015)

Dependence of density with temperature for automotive diesel fuel, pure biodiesel and the analyzed vegetable oils. SVO density values below $0.860 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ are in bold.								
Temp. (°C)	Density ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)							
	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

Tabel 2.4. Hubungan antara temperatur pemanasan terhadap viskositas
(Estabén dkk, 2015)

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

Tazi dan Sulistiana (2011) melakukan uji kalor bahan bakar campuran bioetanol dan minyak goreng bekas, tujuannya untuk mengetahui besar kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar tersebut, mengetahui komposisi campuran bioetanol dan minyak goreng bekas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor bertekanan. Hasil dari penelitian uji kalor bahan bakar campuran bioetanol dan minyak goreng bekas untuk nilai kalornya adalah 76,86 J/kg - 27,52 J/kg, sedangkan nilai viskositasnya 46,5 cSt - 22,5 cSt. Hasil dari penelitian menunjukkan untuk nilai kalor yang tepat dijadikan sebagai bahan bakar kompor bertekanan apabila campuran bioetanol lebih banyak dari pada minyak goreng bekas, bertambahnya campuran akan mempengaruhi penurunan nilai kalor campuran bioetanol.

Campuran minyak jarak juga dapat dibuat dengan campuran minyak solar Sumarsono (2008) melakukan penelitian bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar solar murni dan campuran minyak jarak pagar. Dalam hal ini minyak jarak pagar sebelum dicampurkan terlebih dahulu telah mendapat perlakuan penghilangan getah/lendir dan penyaringan. Kemudian dalam pencampuran solar dengan minyak jarak pagar, persentase minyak jarak ditentukan sebesar 0%, 10%, 30%, 50%, dan 100% dan secara berurutan diberi nama sebagai DJ00, DJ10, DJ30, DJ50 dan DJ100 (DJ = *Degummed Jatropha Oil*). Masing-masing campuran diukur nilai kalornya menggunakan *bomb calorimeter*, disamping itu diukur pula *flash point*, viskositas menggunakan *viscosity measuring unit* AVS 310, serta densitas menggunakan *density meter* DMA 58, dan hasil pengukuran disajikan dalam Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5. Pengujian karakteristik solar murni dan campuran minyak jarak

(Sumarsono, 2008)

Parameter	DJ00	DJ10	DJ30	DJ50	DJ100	EN 14214
<i>Flash point</i>	103	103	104	104	218	> 101
Viskositas	5,32	7,21	9,13	13,67	34,22	3,5-5
Densitas	0,85	0,86	0,87	0,89	0,92	0,86-0,90
Nilai kalor	42,2	41,6	41,1	40,7	39,6	---

Berdasarkan tinjauan pustaka tersebut berbagai macam cara telah dilakukan untuk menemukan teknologi baru penghasil energi berbahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) dan ramah lingkungan. Salah satu bentuk energi ini adalah biodiesel yang merupakan bahan bakar pengganti solar pada mesin diesel yang dihasilkan dari minyak nabati. Maka berdasarkan tinjauan pustaka dapat digunakan sebagai acuan perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan berikutnya. Penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan pencampuran minyak sawit dan minyak jagung murni terhadap variasi komposisi campuran.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Minyak Nabati

Minyak nabati merupakan sumber bahan pangan dan bahan baku campuran bahan bakar. Bahan baku minyak nabati didapatkan dari tumbuh-tumbuhan yang memiliki biji-bijian, contohnya biji bunga matahari, kelapa sawit, kelapa, jagung, jarak, kacang tanah, kacang kedelai, biji kapas, biji kapuk, biji nyamplung dan sebagainya. Semua minyak nabati dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi pengganti bahan bakar fosil, namun harus melewati tahapan-tahapan dalam proses pengolahan terlebih dahulu.

Bahan bakar nabati atau biofuel adalah bahan bakar transportasi berbasis komoditi pertanian yang biasanya digunakan untuk bahan makanan. Produk bahan bakar nabati yang populer adalah bioetanol dan biodiesel (Devita, 2015). Berdasarkan kegunaannya, minyak nabati terbagi menjadi 2 golongan, pertama minyak nabati yang dapat digunakan dalam industri makanan (*edible oils*) dan dikenal dengan nama minyak goreng meliputi minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak zaitun, minyak kedelai dan sebagainya. Kedua minyak yang digunakan dalam industri bukan makanan (*nonedible oils*) misalnya kayu putih dan minyak jarak (Wijanarko, 2013).

Keluweasan energi terbarukan diantaranya dapat diubah menjadi tenaga listrik, dapat dikemas dalam bentuk cair untuk kepraktisan pendistribusiannya. Hal ini sudah banyak dilakukan di Belanda, Jerman dan Eropa. Karakteristik energi

terbarukan yang demikian sangat sesuai dengan perkembangan teknologi disektor pertanian, misalnya mesin pertanian berbahan bakar biodiesel atau bioetanol alat pengeringan dan penyimpanan. Jika hal ini benar-benar dapat terwujud, diharapkan pertanian moderen yang ramah lingkungan akan terjadi di Indonesia (Bambang, 2007).

2.2.2 Minyak Sawit

Tanaman kelapa sawit (*elaeis guineensis jacq*) merupakan tumbuhan tropis golongan plasma yang termasuk tanaman tahunan, tanaman kelapa sawit berasal dari Negara Afrika Barat. Tanaman ini dapat tumbuh subur di Indonesia, Malaysia, Thailand dan Papua Nugini. Kelapa sawit merupakan tanaman yang sangat penting bagi pembangunan nasional, perkebunan kelapa sawit dapat menyerap lapangan tenaga kerja yang lebih besar dan sebagai sumber devisa negara. Tanaman ini mulai dikembangkan dan dibudidayakan secara komersial pada tahun 1991, orang yang pertama kali merintis usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia adalah Andrian Hallet seorang yang berkebangsaan Belgia yang mana telah belajar banyak tentang perkebunan kelapa sawit di Afrika (Masykur, 2013).

Produksi minyak kelapa sawit dunia sebesar 45 juta ton dengan produksi tertinggi berada di Asia Tenggara (Indonesia 46% dan Malaysia 40%). Buah kelapa sawit membutuhkan waktu 5-6 bulan dari masa penyerbukan sampai buah menjadi matang. Tiap hektar buah yang bisa dihasilkan sekitar 10-35 ton pertahun dan jika dikonverensi menjadi minyak kelapa sawit sekitar 4-5 ton setahun. Buah kelapa sawit terdiri atas bagian serabut yang disebut *mesocarp* dan bagian dalam berupa tempurung (*endocarp*) yang melindungi inti karnel (Budiman dkk, 2017).



Gambar 2.3. Kelapa sawit (Liputan6, 2015)

2.2.4 Minyak Jagung

Tanaman jagung (*zea mays*) di Indonesia merupakan tanaman pangan yang penting setelah padi dan terdapat hampir di seluruh kepulauan Indonesia. Umumnya jagung sebagian besar masih digunakan sebagai bahan pangan penduduk serta sebagai sumber minyak. Penyebaran tanaman jagung di Indonesia tidak merata karena adanya pengaruh iklim, keadaan tanah serta keadaan hama (Ketaren, 2008).

Kelebihan minyak jagung dibandingkan dengan minyak nabati yang lain, adalah kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi, mengandung asam lemak *essensial* (omega 3 dan omega 6), serta vitamin E, sehingga sangat baik untuk penurunan kadar kolesterol, mencegah penyakit jantung, stroke, kanker, asma dan diabetes, seperti halnya lemak dan minyak lainnya (Elizabeth, 2013).



Gambar 2.4. Minyak jagung (Liputan6, 2015)

2.2.4 Sifat Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair yang akan dipakai pada penggunaan tertentu untuk mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu, dengan maksud agar hasil pembakaran dapat tercapai secara optimal. Secara umum karakteristik bahan bakar cair yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

2.2.4.1 Densitas

Densitas adalah perbandingan massa terhadap volume, semakin tinggi massa jenis pada suatu benda maka semakin besar pula massa pada setiap volume. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi merupakan minyak yang mempunyai kandungan panas yang rendah (Kholidah, 2014). Nilai massa jenis suatu zat dipengaruhi oleh temperatur, semakin tinggi temperatur kerapatan suatu zat semakin rendah karena molekul-molekul yang saling berikatan akan terlepas, sehingga massa jenis dan volume suatu zat memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Dapat dilihat pada persamaan berikut.

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

Keterangan:

p = massa jenis air (kg/m³)

m = massa zat (kg)

v = volume (m³)

2.2.4.2 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 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. Untuk biodiesel di Indonesia memiliki standar spesifikasi berdasarkan SNI 04-7182-2006 dan nilai viskositasnya pada suhu 40°C pada kisaran 2,3-6 cSt (Budiman, 2017).

Rumus matematis viskositas dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

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

v = viskositas kinematik (cSt)

μ = viskositas dinamik (mPa.s)

ρ = densitas (kg/m³)

2.2.4.3 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan kandungan energi pada bahan bakar setiap satuan massa. Nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi dua golongan berdasarkan fasa salah satu produk pembakaran yaitu air (H₂O), yaitu:

a. HHV (*Higher Heating Value*)

Suatu besaran yang menyangkut bahan bakar yang mengandung hidrogen dimana air yang terbentuk dalam produk pembakaran berbentuk fase cair.

b. LHV (*Lower Heating Value*)

Suatu besaran yang menyangkut bahan bakar yang mengandung hidrogen, dimana air yang terbentuk dalam produk pembakaran berbentuk fase uap (Sunaryo, 2014).

Semakin tinggi berat jenis minyak bakar, semakin rendah nilai kalor yang diperolehnya. Misalnya bahan bakar minyak dengan berat jenis *API gravity* 70,6 mempunyai nilai kalor 11.700 kal/g (Selamet, 2012). Pada volume yang sama semakin besar berat jenis suatu minyak semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya (Kholidah, 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 diatas temperatur awal reaktan yaitu 25°C. Nilai kalor diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode, nilai kalor umumnya dinyatakan dalam satuan Cal/kg (Kholidah, 2014).

2.2.4.4 Flash Point

Dalam suatu bahan bakar cair karakteristik yang perlu diperhatikan adalah besarnya *flash point* dan *fire point*. *Flash point* adalah temperatur pada keadaan dimana uap di atas bahan bakar akan terbakar dengan cepat (meledak) apabila nyala api didekatkan padanya, sedangkan *fire point* adalah temperatur pada keadaan dimana uap di atas permukaan bahan bakar terbakar secara kontinyu apabila nyala api didekatkan padanya. *Flash point* dan *fire point* untuk mengetahui karakteristik kesetabilan bahan bakar terhadap kemungkinan menyala atau terbakar juga untuk pertimbangan cara penanganan atau penyimpanan serta pengiriman yang aman. Alat yang digunakan untuk mengetahui *flash point* dan *fire point* bahan bakar cair adalah *flash point* dan *fire point* tester (Sinarep, 2011).