

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Mahmud dkk (2010) melakukan penelitian bahan bakar campuran minyak nabati. Penelitian yang dilakukan yaitu dengan campuran minyak jarak pagar dan minyak goreng bekas. Dari hasil pengujian tersebut dilakukan pengujian nilai kalor campuran minyak jarak pagar dan minyak goreng bekas serta dilakukan juga penelitian sifat fisika dan kimia. Pengujian yang dilakukan meliputi densitas, viskositas, indeks bias, bilangan asam, bilangan iod, dari campuran minyak goreng bekas dan minyak jarak pagar untuk nilai kalor berkisar 8172,1 kal/g sampai dengan 9197,29 kal/g. Dari pengukuran sifat fisika dan kimianya didapatkan hasil: Nilai densitas pada pengujian berkisar 904,082 kg/m³ sampai 904,082 kg/m³, nilai indeks bias berkisar 1,466 sampai dengan 1,462, nilai viskositas berkisar 4,18 cP sampai dengan 4,11 cP, bilangan asam berkisar 30,294 mg KOH/g sampel sampai dengan 0,813 OH/g sampel, dan bilangan Iod ada pada kisaran 135,530 g.

Tazi dan sulistiana (2011) melakukan uji kalor bahan bakar campuran bioetanol dan minyak goreng bekas tujuannya yaitu untuk mengetahui besar kalor yang didapatkan dari bahan bakar tersebut, serta hasil campuran dari bioetanol dan minyak goreng bekas akan diaplikasikan sebagai bahan bakar untuk kompor bertekanan. Dari hasil pengujian uji kalor bahan bakar bahan bakar campuran bioetanol dan minyak goreng bekas nilai kalornya berkisar 76,86 J/kg – 27,52 J/k, sementara viskositas berkisar 46,5 cSt – 22,5 cSt. Hasil penelitian campuran tersebut menunjukkan pengaruh penurunan yang dihasilkan untuk nilai kalor. Hasil terbaik apabila campuran bioetanol lebih banyak dari pada minyak goreng bekas. Semakin banyaknya campuran dari minyak goreng dapat mempengaruhi penurunan nilai kalor bakar bioetanol.

Siswantika dkk (2008) melakukan penelitian campuran antara minyak goreng murni dan jelantah untuk diketahui kandungan energinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata energi kalor yang terserap dari minyak goreng murni sebesar 413,201 kal/g dan jelantah sebesar 456,07 kal/g. Indikator dari presentase

10% - 50% mengalami kenaikan dari 322,45 kal/g sampai 457,16 kal/g. Semakin bertambahnya presentase penambahan minyak jelantah jenuh maka semakin besar energi kalor serapannya.

Reksowardojo dkk (2009) melakukan penelitian campuran minyak diesel dengan berbagai campuran minyak nabati, diantaranya minyak sawit, minyak kelapa dan minyak jarak. Komposisi campuran yaitu dengan minyak diesel (DF) dicampur, dengan 50 % minyak sawit (PpaO), dicampur dengan 50% minyak kelapa (PCO) dan dicampur dengan minyak jarak 50% (PJO). Minyak kelapa dan minyak sawit sebelum itu dilakukan pengujian mendapat perlakuan seperti penyulingan, pemucatan, penghilangan bau sementara minyak jarak dinetralisir penghilangan getah. Setelah mendapat perlakuan tersebut kemudian dicampur dengan minyak solar dan dilakukan pengujian terhadap mesin. Hasil pengujian penelitian yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Pengujian Hasil Campuran Minyak Diesel dan Minyak Nabati

Properties	DF	PCO 50%	PPaO 50%	PJO 50P%	PCO 100%	PPaO 100%	PJO 100%
Nilai kalor (MJ/kg)	42.93	39.63	39.39	39.84	37.96	37.9	37.99
Densitas 15°C (kg/m ³)	855,2	888,6	886,2	887,1	930	913,1	931
API Gravity at 60°F	33,9	27,6	28,1	27,9	20,6	23,4	20,4
Viskositas kinematik 40°C (cSt)	4,27	12,01	14,27	13,11	27,79	39,49	35,52
Flash Point (°C)	60	74	75	73	276	282	266
Conradson Carbon Residue on 10% distillate residue (% wt)	0,12	-	-	3	-	5,59	14,03
Kandungan sulfur (ppm)	0,253	0,125	0,121	0,135	0,018	0,012	0,009
Kandungan fosfor (ppm)	10	- *	- *	- *	1	14	19
*) Tidak diukur							

(Reksowardojo dkk, 2009)

Sudradjat dkk (2007) melakukan penelitian minyak jarak pagar untuk diketahui karakteristik dari minyak tersebut. Penelitian yang dilakukan diantaranya sifat fisika dan kimia yaitu: indeks viskositas, *flash point*, *pour point*, bilangan asam, bilangan penyabunan dan bilangan iod. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik minyak jarak pagar yang dapat digunakan sebagai minyak pelumas serta untuk menghasilkan kondisi optimum pada proses pembuatan minyak epoksi sebagai produk antara pada pembuatan minyak pelumas dari minyak jarak pagar.

Tabel 2.2 Sifat Fisika dan Kimia Jarak Pagar

Sifat	Nilai
Kerapatan kg/m ³	0,9157
Titik nyala °C	270
Titik tuang °C	0
Viskositas 40°C, cSt	34,17
Viskositas 100°C, cSt	7,95
Indeks Viskositas	217
Indeks bias 25 °C	14,655
Bilangan penyabunan mg KOH/gr	96,7
Bilangan iod gr/100 gr	108,5

(Sudradjat dkk, 2007)

Sumarsono (2008) melakukan penelitian bahan bakar yang digunakan dalam pengujian adalah bahan bakar solar murni dan campuran bahan bakar solar-minyak jarak pagar. Dalam hal ini minyak jarak pagar sebelum dicampurkan, terlebih dahulu telah mendapat perlakuan penghilangan getah atau 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*. Di samping 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 berikut.

Tabel 2.3 Pengujian Karakteristik Solar Murni dan Campuran Minyak Jarak

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

(Sumarsono, 2008)

Berdasarkan tinjauan pustaka minyak nabati dapat diolah menjadi berbagai macam kegunaan seperti bahan bakar mesin diesel, pelumas dan bahan bakar kompor. Dari berbagai macam-macam minyak nabati telah dilakukan penelitian terutama untuk menemukan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable energy*). Bahan bakar yang diharapkan dapat diperbaharui serta lebih ramah lingkungan. Salah satu bentuk bahan bakar ini adalah minyak nabati merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui dan dapat menjadi pengganti solar (*Diesel Oil*) pada mesin diesel. Maka berdasarkan tinjauan pustaka dapat digunakan sebagai acuan perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan pencampuran minyak jarak dan minyak kelapa terhadap variasi komposisi campuran, temperatur pemanasan dan lama waktu pemanasan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran minyak nabati tersebut apabila dilakukan pencampuran dan perlakuan pemanasan.

2.2 Dasar Teori

Beragam bahan baku hasil pertanian dapat digunakan untuk memproduksi bahan bakar nabati seperti bioavtur, biodiesel, dan bioethanol. Bahan baku pertanian tersebut bisa dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu minyak/lemak, pati/gula dan lignoselulosa. Tanaman penghasil minyak dan lemak antara lain adalah kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, nyamplung, kemiri sunan, mikroalga dan bahan lainnya. Tanaman penghasil pati/gula antara lain adalah tebu, ubi kayu, jagung, sagu, aren, sorghum, makroalga dan bahan lainnya. Sedangkan tanaman penghasil lignoselulosa antara lain adalah limbah kehutanan, limbah pertanian, rumput gajah dan lain-lain (Bappenas, 2015).

Minyak nabati merupakan minyak yang dapat dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan terutama dibuat dari buah, kacang-kacangan dan biji yang diperoleh melalui proses tertentu. Minyak nabati berdasarkan berbagai penelitian dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan pada mesin diesel serta bernilai ekonomis sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Menurut Havendri (2008) minyak nabati biasa disebut dengan trigliserida atau gliserin ester atau asam lemak (fatty acids) karena bersifat asam. Minyak nabati memiliki berat jenis 0,94 pada suhu 20°C. Minyak nabati berwarna kuning, tidak mempunyai bau, dan tidak mempunyai rasa. Minyak nabati yang telah digunakan untuk menggoreng akan menjadi lebih asam dan akan menghasilkan asam lemak bebas. Asam lemak bebas dapat menempel pada apapun yang bersifat basa.

Bahan bakar yang berasal dari minyak nabati sebagian besar diolah menjadi biodiesel. Tetapi dalam pembuatan biodiesel memerlukan biaya tambah dan waktu dalam proses pembuatannya. Minyak nabati murni juga dapat digunakan langsung pada mesin diesel apabila sudah memenuhi dengan standar yang ditentukan. Menurut Devita (2015) biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang menjanjikan, bersifat ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan dari pada minyak solar yang digunakan pada mesin diesel. Biodiesel dapat digunakan secara murni maupun dicampur, dan diutamakan untuk mesin diesel. Biodiesel sekarang sudah mulai dimanfaatkan untuk mengurangi konsumsi solar.

2.2.1 Pemilihan Tanaman BBN Potensial

Bahan bakar nabati (BBN) atau biofuel adalah bahan bakar transportasi berbasis komoditi pertanian yang biasanya digunakan untuk bahan makanan. Produk komersial BNN yang populer adalah bioetanol dan biodiesel (Devita, 2015). Dalam pembuatan Bahan Bakar Nabati perlu dilakukan pemilihan tanaman yang potensial untuk dihasilkan energi alternatif terbarukan. Beragam tanaman hasil pertanian dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku bioenergi, oleh sebab itu untuk menentukan jenis tanaman potensial perlu dilakukan pemilihan bahan baku yang sesuai dengan yang akan digunakan.

Menurut Bappenas (2015) pemilihan bahan baku yang potensial dikembangkan disusun dalam tiga tingkatan. Pertama fokus, yaitu pemilihan tanaman BBN potensial. Kedua adalah kriteria yang dipertimbangkan dalam memilih tanaman BBN yang potensial dikembangkan adalah : bahan pangan yang sudah surplus, produktifitas tanaman, rendemen BBN, tanaman energi multiguna, kesiapan pengembangan tanaman, kebijakan pemerintah, kemudahan dapat tumbuh di lahan marginal. tingkat ketiga adalah alternatif tanaman BBN, yang dikelompokkan menjadi tanaman penghasil biodiesel (kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, nyamplung, kemiri sunan, karet (biji), dan pongamia) dan tanaman penghasil bioetanol (tebu, ubi kayu, jagung, sagu, aren, dan sorghum). Berdasarkan pada kriteria dan produk yang ditetapkan untuk dikembangkan, tanaman di Indonesia yang dapat dimanfaatkan untuk memproduksi biodiesel dan bioetanol dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Tanaman BBN dan Parameter yang Digunakan Untuk Pengembangan

No	Nama	Surplus Pangan/Non Pangan	Tanaman bioenergi Multiguna	Kesiapan pengembangan	Kebijakan Pemerintah	Kemudahan tumbuh di lahan marginal	Produktivitas (ton/ha/thn)	Rendemen (lt/ha)
1	Kelapa sawit	Surplus	Multiguna	Sangat siap	Mendukung	Tidak	24	5950
2	Kelapa	Surplus	Multiguna	Sangat siap	Mendukung	Tidak	1,2 – 7,5	2689
3	Jarak Pagar	Non pangan	Cukup	Siap	Cukup	Mudah	5-10	1892
4	Nyamplung	Non pangan	Cukup	Siap	Mendukung	Mudah	20	2200
5	Kemiri Sunan	Non pangan	Cukup	Siap	Mendukung	Mudah	15	6000
6	Pongamia	Non pangan	Cukup	Tidak	Cukup	Mudah	7-29	3600-5000
7	Karet	Non pangan	Cukup	Sangat siap	Cukup	Tidak	1,7	353
8	Tebu	Tidak	Cukup	Sangat siap	Mendukung	Tidak	75-95	5000-6000
9	Ubi Kayu	Tidak	Cukup	Sangat siap	Cukup	Mudah	30-40	4500
10	Jagung	Tidak	Cukup	Sangat siap	Cukup	Tidak	8-14	5000-6000
11	Sagu	Surplus	Cukup	Siap	Cukup	Tidak	25	4000-5000
12	Aren	Tidak	Cukup	Siap	Cukup	Tidak	80	11428
13	Sorghum	Non pangan	Cukup	Siap	Cukup	Mudah	30-50	5500-6000

(Bappenas, 2015)

2.2.2 Minyak Nabati

Minyak nabati mempunyai banyak fungsi yaitu dapat digunakan sebagai bahan makanan, bahan baku industri dan bahan bakar atau campuran bahan bakar. Minyak nabati merupakan minyak yang berasal dari hasil bahan pertanian diantaranya yaitu biji-bijian dan buah-buahan. Minyak nabati yang dihasilkan dari berbagai macam sumber tersebut mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda-beda. Sehingga minyak nabati yang akan digunakan sebagai bahan bakar perlu diketahui karakteristiknya dan sifat-sifat minyak tersebut.

Pemilihan bahan baku minyak nabati sangat penting yaitu dengan pemilihan keberadaan sumber bahan yang akan digunakan. Sumber minyak nabati yang sangat besar dan berpotensi adalah minyak jarak dan minyak kelapa. Minyak jarak dan minyak kelapa mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kekurangan dari minyak kelapa yaitu masih digunakan sebagai pangan. Kekurangan dari bahan baku minyak kelapa terdapat kelebihan dari minyak jarak. Minyak jarak tidak digunakan sebagai pangan oleh karena itu dilakukan pencampuran bahan baku tersebut selain memperbaiki sifat karakteristik masing-masing minyak juga dapat mengurangi atau menutupi kekurangan dari minyak kelapa yang digunakan sebagai bahan pangan.

2.2.3 Minyak Jarak

Berdasarkan komoditas tanaman parameter yang digunakan untuk penentuan prioritas pengembangan menurut Bappenas (2015) jarak pagar di Indonesia termasuk tanaman non pangan. Produktivitas jarak pagar 5-10 ton/ha/thn. Rendemen jarak pagar untuk diolah menjadi biodiesel sebesar 1892 biodiesel/ha. Jarak pagar termasuk tanaman penghasil BBN yang cukup multiguna. Jarak pagar termasuk tanaman yang siap untuk dikembangkan. Pengembangan jarak pagar cukup didukung oleh pemerintah. Jarak pagar mudah tumbuh di lahan marginal.

Jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan tumbuhan perdu yang berasal dari Amerika Tengah dan Meksiko, kemudian menyebar ke Afrika dan Asia. Tanaman ini dapat beradaptasi dengan berbagai tipe agroklimat bahkan dapat tumbuh dengan baik pada lahan dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah (marginal). Tanaman jarak pagar dapat dijumpai di berbagai daerah tropis di Asia Tenggara seperti di Indonesia (Marwani dkk, 2013).

Jarak merupakan tanaman semak dari keluarga *Euphorbiaceae*. Tanaman ini mulai berbuah setelah berusia lima bulan dan mencapai produktivitas penuh pada usia lima tahun. Umur tanaman ini biasanya mencapai 50 tahun. Buahnya berbentuk elips dengan panjang satu inci, memiliki dua hingga tiga biji. Ciri-ciri lain tanaman jarak adalah berbentuk perdu atau pohon kecil bercabang-cabang tidak teratur, tumbuh sebagai tanaman liar atau tanaman pagar, dan dapat tumbuh ditanah yang tidak subur (Putra, 2012). Bagian-bagian yang terdapat pada buah jarak terdiri dari kulit buah, kulit biji dan daging biji.

Tabel 2.5 Bagian-Bagian Buah Jarak

Berat buah kering		Berat daging biji	
Bagian	Presentase (%)	Bagian	Presentase (%)
Daging biji	39,9	Daging biji	75
Kulit biji	12,8	Kulit biji	25
Kulit buah	47,3		

(Sudradjat dkk, 2003)

Tabel 2.6 Rendemen dan Sifat Fisik-Kimia Minyak Jarak Pagar

Sifat fisiko kimia (<i>Physico-chemical properties</i>)	Nilai (<i>Value</i>)
Rendemen cara kimia (<i>Yield by chemical method</i>), %	68,4
Rendemen cara mekanis (<i>Yield by mechanical method</i>), %	48,1
Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	0,26
Kerapatan (<i>Density</i>), g/ml	0,92
Bilangan asam (<i>Acid value</i>)	88,3
Bilangan penyabunan (<i>Saponification value</i>)	176,6
Bilangan iod (<i>Iod value</i>)	96,0

(Sudradjat dkk, 2007)

Minyak biji jarak pagar dikenal sebagai bahan bakar ramah lingkungan. Hal ini disebabkan minyak biji jarak memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dengan minyak diesel yang berasal dari bahan bakar fosil. Perbedaannya pada kadar sulfur yang lebih rendah dan nilai *cetane* yang lebih tinggi (Marwani dkk, 2013).

2.2.3.1 Pembuatan Minyak Jarak

Biji jarak pagar dikupas dan dikeluarkan daging bijinya dengan cara manual. Daging biji yang didapatkan digiling sampai halus dan selanjutnya dikeringkan di oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Untuk memperoleh minyak jarak sebanyak 150 g, daging biji halus kering dimasukkan ke dalam alat kempa hidrolik manual berkekuatan 20 ton (total). Alat kempa dipanaskan sampai mencapai suhu 60°C, kemudian dilakukan pengempaan menggunakan tuas hidrolik dan minyak akan keluar melalui lubang-lubang yang terdapat dibagian pinggir blok piston. Minyak ditampung dalam gelas piala, sedangkan bungkilnya dikeluarkan, digiling dan dikempa kembali dengan cara yang sama (Sudradjat dkk, 2003).

2.2.4 Minyak Kelapa

Kelapa di Indonesia termasuk tanaman yang sudah surplus untuk memenuhi bangan pangan. Produktivitas kelapa 1,2-7,5 ton/ha/thn . Rendemen kelapa untuk diolah menjadi biodiesel sebesar 2689 biodiesel/ha. Kelapa termasuk tanaman penghasil BBN sangat multiguna. Kelapa sudah tersedia sehingga sangat siap untuk dikembangkan. Pengembangan kelapa sangat didukung oleh pemerintah. Kelapa tidak mudah tumbuh di lahan marginal (Bappenas 2015).

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki banyak pulau dan merupakan negara produsen kelapa utama di dunia. Pada tahun 2014 luas areal perkebunan tanaman kelapa di dunia mencapai 11 juta ha dan 93% berada di wilayah Asia Pasifik. Indonesia merupakan negara yang memiliki luas areal perkebunan tanaman kelapa terbesar di dunia, yaitu mencapai 3,7 juta ha. Hal ini merupakan peluang untuk pengembangan kelapa menjadi aneka produk yang bermanfaat (Widiyanti, 2015). Buah kelapa selain digunakan sebagai bahan makanan juga dapat diolah menjadi minyak, seperti minyak (VCO) *Virgin Coconut Oil*. Pembuatan minyak VCO terbuat dari santan yang dihasilkan dari daging buah kelapa. Komposisi bagian buah kelapa terdiri dari sabut, temprung, daging buah dan air.

Tabel 2.7 Bagian-Bagian Buah Kelapa

Bagian	Berat (kg/ buah kelapa)	Presentase (%)
Sabut	1,102	51,41
Air kelapa	0,345	18,96
Daging buah	0,398	15,89
Tempurung	0,295	14,07

(Harsono dan Siregar, 2015)

Tabel 2.8 Sifat Kimia Minyak Kelapa

Parameter	Hasil	Standar APCC
Bilangan Peroksida (meq/kg)	1,6±0,04	≤ 3,0
Asam lemak bebas (%)	0,04±0,01	≤ 0,50
Kadar air (%)	0,14±0,01	0,1-0,5
Bilangan Iod	10,34±0,60	4,1-11,0
Bilangan Penyabunan	253,40±4,36	250-260

(Karouw, 2013)

Virgin Coconut Oil (VCO) merupakan minyak kelapa murni yang terbuat dari daging kelapa segar yang diolah dalam suhu rendah atau tanpa melalui pemanasan, sehingga komponen-komponen penting yang terkandung dalam minyak tetap dipertahankan. VCO memiliki keunggulan, yaitu kadar air dan asam lemak bebas rendah, tidak berwarna (bening), beraroma harum, dan daya simpan lebih lama (Tanasale, 2013). Selain daging buah yang diolah sebagai minyak, bagian-bagian buah kelapa juga dapat diolah menjadi berbagai macam produk yang bermanfaat serta memiliki nilai jual.

2.2.4.1 Pembuatan Minyak Kelapa

Buah kelapa dipisahkan sabutnya, dibelah dan dikeluarkan daging buahnya. Daging buah berkulit ari (*paring*) ditimbang sebanyak 5 kg, kemudian diparut dengan mesin parut kelapa. Parutan daging buah ditambah air dengan perbandingan 1 : 1 (b/v), lalu diperas secara manual menggunakan kain saring untuk mendapatkan santan. Santan dituang pada wadah plastik transparan yang dilengkapi kran pada

bagian bawah. Santan kemudian didiamkan selama + 2 jam sehingga akan terbentuk lapisan skim pada bagian bawah dan krim pada bagian atas. Krim dipisahkan dari skim dengan membuka kran pada bagian bawah wadah untuk mengeluarkan skim. Krim kemudian dimasukkan dalam wadah plastik transparan yang bersih yang dilengkapi dengan kran di bagian bawah, lalu didiamkan selama + 12 jam. Setelah 12 jam akan terbentuk 3 lapisan yaitu lapisan atas adalah minyak, lapisan tengah adalah blondo dan lapisan bawah adalah air. Minyak dipisahkan dari blondo dan air dengan membuka kran untuk mengeluarkan air dan blondo. Minyak yang diperoleh disaring menggunakan kertas saring (Karouw, 2013).

2.2.5 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair merupakan suatu bahan (material) yang digunakan untuk menghasilkan energi, atau dapat diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor. Bahan bakar cair merupakan gabungan senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari alam maupun secara buatan. Beberapa keunggulan bahan bakar cair dibandingkan bahan bakar padat antara lain handlingnya mudah, menggunakan alat bakar yang lebih kompak, keberhasilan dari hasil pembakarannya. Sedangkan kelemahan dari bahan bakar cair ini adalah harus melalui proses pemurnian yang cukup kompleks (Sinarep dan Mirmanto 2011).

2.2.6 Bahan Bakar Diesel

Menurut Suhartanta dan Arifin (2008) bahan bakar mesin diesel sebagian besar terdiri dari senyawa hidrokarbon dan senyawa nonhidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang dapat ditemukan dalam bahan bakar diesel antara lain *parafinik*, *naftenik*, *olefin* dan *aromatik*. Untuk senyawa nonhidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur non logam, yaitu S, N, O dan unsur logam seperti vanadium, nikel dan besi. Beberapa karakteristik bahan bakar motor diesel yang paling utama diantaranya sebagai berikut:

- a. berat jenis (*specific gravity*)
- b. viskositas (*viscosity*)
- c. nilai kalori (*calorific value*)
- d. kandungan sulfur (*sulphur content*)
- e. daya pelumasan

- f. titik tuang (*pour point*)
- g. titik nyala (*flash point*)
- h. angka cetane (*cetane number*)
- i. kandungan arang
- j. kadar abu (*ash content*)

Minyak diesel dikehendaki memiliki kekentalan yang relatif rendah agar mudah mengalir melalui pompa injeksi. Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar. Kadar belerang dapat menyebabkan terjadinya keausan pada dinding silinder. Jumlah endapan karbon pada bahan bakar diesel dapat diukur dengan metode Conradson atau Ramsbottom untuk memperkirakan kecenderungan timbulnya endapan karbon pada nozzle dan ruang bakar. Abu kemungkinan berasal dari produk mineral dan logam sabun yang tidak dapat larut dan jika tertinggal dalam dinding dan permukaan mesin dapat menyebabkan kerusakan nozzle dan menambah deposit dalam ruang bakar. Air dalam jumlah kecil yang berbentuk dispersi dalam bahan bakar sebenarnya tidak berbahaya bagi bagian-bagian mesin. Tetapi di daerah dingin, air tersebut dapat membentuk kristal-kristal es kecil yang dapat menyumbat saringan pada mesin (Suhartanta dan Arifin, 2008).

2.2.7 Syarat Mutu Bahan Bakar

Syarat mutu bahan bakar dapat digunakan sebagai acuan perbandingan dengan bahan yang akan diuji. Mutu suatu minyak dapat ditetapkan dengan batasan minimal dan maksimal untuk memenuhi dengan syarat mutu. Setelah memenuhi kriteria dengan setandar yang telah ditetapkan maka dapat diaplikasikan ke mesin untuk dilakukan pengujian terhadap mesin secara langsung agar dapat mengetahui secara langsung terhadap kinerja mesin. Bahan bakar yang akan diaplikasikan pada sebuah mesin, maka sebelumnya bahan bakar harus memenuhi beberapa kriteria. Kriteria bahan bakar dilakukan melalui pengujian yang disebut dengan karakteristik bahan bakar. Bahan bakar dibandingkan dengan bahan bakar standar melalui beberapa pengujian yang telah ditentukan berdasarkan standar mutu. Standar mutu bahan bakar yang telah ditetapkan dapat dilihat pada standar mutu biodiesel dan minyak nabati berdasarkan BSN (Badan Standarisasi Nasional) tahun 2015.

Tabel 2.9 Syarat Mutu Biodiesel

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

(BSN, 2015)

Tabel 2.10 Syarat Mutu Minyak Nabati Murni Untuk Bahan Bakar Diesel

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			

(BSN, 2015)

2.2.8 Sifat Minyak Nabati

Minyak nabati merupakan minyak yang tidak larut dalam air, yang berasal dari tumbuhan. Kandungan utama minyak nabati adalah ester gliserol dari asam lemak yang disebut trigliserida. Trigliserida merupakan ester dari satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak. Jenis asam lemak dalam trigliserida sangat mempengaruhi sifat-sifat trigliserida yang dibentuknya. Pada umumnya asam lemak yang terkandung di alam memiliki jumlah atom C genap dan masing-masing asam lemak dibedakan antara satu dan lainnya berdasarkan jumlah atom karbon dalam rantai, jumlah dan letak ikatan rangkap antara atom karbon. (Sudradjat dkk, 2007).

Beberapa ester berada dalam bentuk padat, cair, mudah menguap, atau terdiri dari senyawa jenuh dan tidak jenuh. Masing-masing ester tersebut menentukan sifat fisiko-kimia dari minyak, sehingga jumlah dan jenis ester menentukan sifat fisiko-

kimia minyak. Kegunaan dari minyak dan lemak juga ditentukan oleh sifat fisiko-kimianya Ketaren (2012). Sifat-sifat fisik dari bahan bakar minyak nabati memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya. Suatu sifat fisik dapat digunakan untuk memprediksi sifat fisik lainnya dari suatu bahan bakar minyak nabati. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari minyak nabati dapat dilakukan dengan pengujian. Pengujian tersebut dapat berupa dengan melakukan uji asam lemak, uji densitas, uji viskositas, nilai kalor dan *flash point*.

2.2.8.1 Pencampuran Minyak

Campuran merupakan penggabungan dua buah zat atau lebih sehingga menghasilkan dan membuat hasil yang berbeda dari zat sebelumnya. Campuran minyak nabati dibuat untuk memperbaiki karakteristik dari masing-masing jenis minyak. Proses pencampuran dengan dilakukannya pengadukan, maka minyak dapat lebih tercampur merata. Lama proses pencampuran terhadap minyak juga dapat mempengaruhi homogenitas suatu campuran. Cara mudah melihat campuran homogen dengan cara melihat secara langsung dengan perubahan warna minyak.

2.2.8.2 Pemanasan Minyak

Pemanasan bahan bakar akan mengakibatkan viskositasnya menurun sehingga saat diinjeksikan ke dalam ruang bakar dapat membentuk butiran-butiran kabut bahan bakar yang lebih halus, dengan kondisi seperti ini maka proses pencampuran bahan bakar dengan udara akan lebih homogen. Sehingga bahan bakar akan lebih mudah terbakar dan menyebabkan persentase bahan bakar yang terbakar akan meningkat. Dengan semakin besarnya jumlah bahan bakar yang terbakar maka peningkatan tekanan yang terjadi dalam ruang bakar akibat pembakaran akan membesar yang pada akhirnya akan meningkatkan daya yang dihasilkan oleh motor bakar. Sehingga dengan beban yang sama konsumsi bahan bakar akan berkurang. Semakin tinggi temperatur suatu *fluida*, akan membuat molekul *fluida* bergerak cepat sehingga secara makro akan meningkatkan tekanan, kalau tak ada batas terhadap materi tersebut maka akan semakin mengembang selanjutnya dengan mengembangnya jarak antar molekul akan membuat kerapatan dan tegangan geser *fluida* semakin menurun (Fajar dkk, 2009).

Proses perlakuan pemanasan terhadap minyak dapat mempengaruhi karakteristik minyak. Menurut (Ketaren, 2012) hal-hal tersebut dapat menyebabkan beberapa faktor dan mengakibatkan perubahan kimia berikut yang dapat mempengaruhi:

a) Faktor-faktor yang berpengaruh pada pemanasan

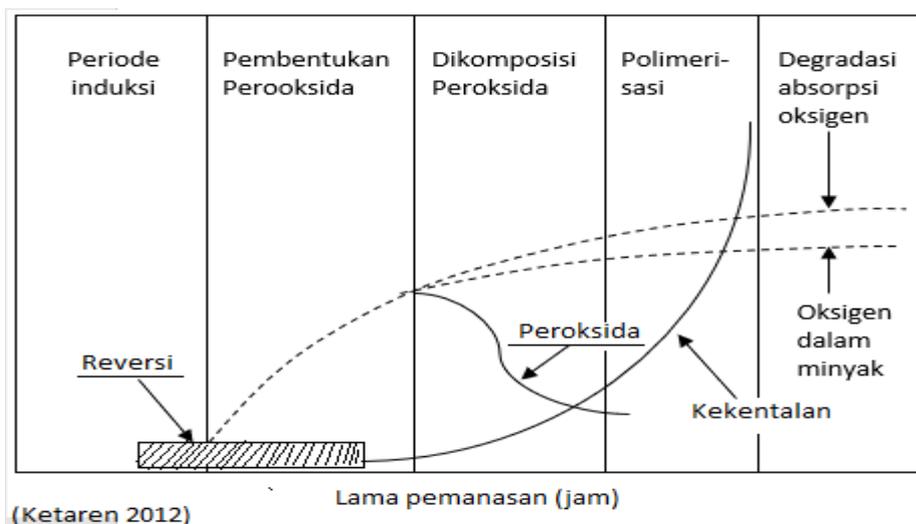
Perubahan kimia yang terjadi dalam molekul lemak akibat pemanasan, tergantung dari 4 faktor, yaitu:

- a. lamanya pemanasan
- b. suhu
- c. adanya akselerator, misalnya oksigen atau hasil-hasil proses oksidasi, dan
- d. komposisi campuran asam lemak serta posisi asam lemak yang terikat dalam molekul trigiserida

b) Pemanasan mengakibatkan 3 macam perubahan kimia dalam lemak yaitu:

- a. terbentuknya peroksida dalam asam lemak tidak jenuh
- b. peroksida berdekomposisi menjadi persenyawaan karbonil, dan
- c. polimerisasi oksidasi sebagian.

Tahapan proses oksidasi lemak



Gambar 2.1 Tahap Oksidasi Lemak

Proses oksidasi lemak yang terjadi periode induksi, selanjutnya disusul dengan tahap yang di tandai dengan peningkatan jumlah oksigen yang diserap dan pembentukan peroksida. Pembentukan peroksida akan mencapai maksimum dan akhirnya mengalami dekomposisi. Polimer lemak akan terbentuk ditandai oleh peningkatan viskositas dan penambahan *non urea aduct* yang terbentuk. Degradasi lemak yang teroksidasi (meliputi pembentukan sejumlah persenyawaan baru yaitu hidroperoksida berkonyugasi misalnya terbentuk dari metil oleat), yang pada suhu tinggi akan mengalami siklisasi dan membentuk persenyawaan rantai panjang non siklis (ketaren 2012).

2.2.8.3 Asam Lemak Minyak Nabati

Penentuan bilangan asam dipergunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak atau lemak. Besarnya bilangan asam tergantung dari kemurnian dan umur dari minyak atau lemak tersebut. Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas, serta dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak (Dewi, 2015). Asam lemak yang membentuk trigliserida ada 2 macam yaitu asam lemak jenuh (*saturated*) yang tidak mengandung ikatan rangkap dan asam lemak tidak jenuh (*unsaturated*) yang mengandung ikatan rangkap satu (*monounsaturated*) atau lebih dari satu ikatan rangkap (*polyunsaturated*). Derajat ketidakjenuhan rata-rata dari asam lemak atau campuran asam lemak dinyatakan dengan bilangan iod. Asam lemak tidak jenuh kurang stabil bila dibandingkan dengan asam lemak jenuh (Sudradjat dkk, 2007). Semakin tinggi kadar air dalam minyak kemungkinan besar kadar asam lemak juga tinggi. Semua enzim yang termasuk golongan lipase mampu menghidrolisis lemak, namun enzim tersebut inaktif oleh panas. Asam lemak bebas yang dihasilkan oleh proses hidrolisis dapat mempengaruhi flavor minyak (Anwar dan Salima, 2016).

2.2.8.4 Densitas

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Massa jenis rata – rata suatu benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Densitas berfungsi untuk menentukan zat. Setiap zat memiliki densitas yang

berbeda- beda (Dewi, 2015). Secara matematis masa jenis dapat dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dengan : ρ = massa jenis (kg/m^3)

m = massa sampel minyak nabati (kg)

v = volume sampel minyak nabati (m^3)

2.2.8.5 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan dari zat cair, hasil pengukuran viskositas dapat digunakan untuk menentukan sifat fisik suatu cairan. Secara sederhana, viskositas dapat diukur dengan cara mengalirkan zat cair tersebut. Sifat cairan yang memiliki viskositas tinggi akan lebih sulit mengalir dibanding dengan sifat cairan yang mempunyai viskositas rendah. Alat ukur untuk pengujian viskositas yang dapat digunakan yaitu viskometer.

Viskometer merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengukur viskositas suatu fluida zat cair. Model viskometer yang umum digunakan berupa viskometer peluru jatuh, tabung (pipa kapiler) dan sistem rotasi. Viskometer rotasi silinder sesumbu (*concentric cylinder*) dibuat berdasarkan 2 standar, yaitu sistem Searle dimana silinder bagian dalam berputar dengan silinder bagian luar diam dan system Couette dimana silinder bagian luar yang diputar sedangkan bagian dalam silinder diam. Fluida yang akan diukur ditempatkan pada celah di antara kedua silinder. Persamaan matematis untuk menghitung viskositas diturunkan dari hukum Newton tentang aliran viskos (Samdara dkk, 2008). Viskositas kinematik dapat diperoleh persamaan dengan menggunakan persamaan dibawah ini

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

Dengan : ν = viskositas kinematik (cSt)

μ = viskositas dinamik (mPa.s)

ρ = Densitas (kg/m^3)

Bahan bakar dengan viskositas yang tinggi memiliki kemampuan melumaskan yang baik, tetapi viskositas atau kekentalan yang terlalu tinggi dapat mengganggu dan menyulitkan pompa bahan bakar pada saat mengalirkan bahan bakar ke ruang bakar sehingga penggunaan dalam mesin diesel memerlukan modifikasi atau tambahan peralatan khusus pada mesin, misalnya penambahan pemanas bahan bakar sebelum sistem pompa dan *injektor* bahan bakar untuk menurunkan viskositas (Sinarep dan Mirmanto, 2011).

Bahan bakar dengan viskositas yang rendah maka dapat mempengaruhi makin cepat waktu menghabiskannya, karena makin mudah mengalir dan tahanannya semakin kecil. Selain itu kemampuan melumaskannya sangat rendah, akibatnya pompa-pompa bahan bakar kurang terlumasi dan cenderung terjadi kebocoran pada pompa bahan bakar serta keausan pada pompa dan *injektor* bahan bakar (Sinarep dan Mirmanto, 2011).

2.2.8.6 Nilai Kalor

Nilai Kalor atau heating value merupakan jumlah energi kalor yang dilepaskan pada proses pembakaran persatuan volume atau persatuan massanya. Nilai kalor bahan bakar menentukan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Makin tinggi nilai kalor bahan bakar menunjukkan bahan bakar tersebut semakin sedikit pemakaian bahan bakar. Nilai kalor bahan bakar ditentukan berdasarkan hasil pengukuran dengan calorimeter dilakukan dengan membakar bahan bakar dan udara pada temperature normal, sementara itu dilakukan pengukuran jumlah kalor yang terjadi sampai temperatur dari gas hasil pembakaran turun kembali ketempertur normal (Tazi dan Sulistiana 2011).

Kalorimeter bom adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam O₂ berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, bahan bakar. Sejumlah sampel ditempatkan pada tabung beroksigen yang tercelup dalam medium penyerap kalor (kalorimeter), dan sampel akan terbakar oleh api listrik dari kawat logam terpasang dalam tabung .

2.2.8.7 Flash Point

Flash point adalah temperatur pada keadaan dimana uap diatas bahan bakar akan terbakar dengan cepat (meledak) apabila nyala api didekatkan padanya, sedangkan *fire point* adalah temperatur pada keadaan dimana uap diatas 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* dan *fire point* bahan bakar cair adalah *flash and fire point tester* (Sinarep dan Mirmanto, 2011). *Flash point* tidak langsung berkaitan dengan unjuk kerja mesin. Namun, *flash point* sangat penting sehubungan dengan keamanan dan keselamatan, terutama dalam handling dan storage . *Flash point* yang tinggi akan memudahkan penanganan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan pada suhu rendah. Sebaliknya, *flash point* bahan bakar yang terlalu rendah akan membahayakan karena tingginya resiko terjadi penyalaan (Kurdi, 2006).

