BAB II
KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Mahmud dkk (2010) meneliti tentang pengukuran nilai kalor berbagai campuran bahan bakar minyak nabati yaitu minyak goreng bekas (*Waste Cooking Oil*), minyak Kelapa Sawit (*Crude Palm Oil*) dan minyak Jarak Pagar (*Crude Jatropha Oil*) serta sampel minyak Jarak Pagar (*Crude Jatropha Oil*) dan minyak goreng bekas (*Waste Cooking Oil*) dengan sampel minyak nabati terdiri atas 9 varian yaitu, 100 % CJO, 90 % CJO + 10 % WCO, 70 % CJO + 30 % WCO, 50 % CJO + 50 % WCO, 30 % CJO + 70 % WCO, 20 % CJO + 80 % WCO, 10 % CJO + 90 % WCO, 100 % WCO, 100 % CPO.

Dalam penelitian ini parameter yang diuji adalah viskositas, densitas, indeks bias, bilangan asam, bilangan iod, nilai kalor, dan spektra *infra red*. Dari penelitian sampel campuran minyak Jarak dan minyak goreng bekas diperoleh hasil sebagai berikut : nilai kalor 8172,1 kal/g sampai dengan 9197,29 kal/g, nilai densitas didapat 904,082 kg/m^3, nilai indeks bias didapat antara 1,466 sampai dengan 1,462, nilai viskositas antara 4,18 cP sampai dengan 4,11 cP, bilangan asam antara 30,294 mg KOH/g sampai dengan 0,813 KOH/g, dan bilangan iod ada pada rentang 135,530 g Iod.

Dapat disimpulkan bahwa minyak Jarak Pagar (CJO) memiliki viskositas, densitas, indeks bias, bilangan asam, dan bilangan iod yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan minyak Kelapa Sawit dan minyak goreng bekas, serta nilai kalor yang lebih rendah dari minyak Kelapa Sawit dan minyak goreng bekas, sehingga semakin besarnya kuantitas minyak Jarak Pagar maka semakin tinggi nilai viskositas, densitas, indeks bias, bilangan asam, dan bilangan iod.

Hadriani dkk (2015) melakukan pengujian sifat fisika kimia minyak biji Nyamplung sebagai bahan baku biodiesel dengan variasi waktu reaksi pada proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi menggunakan minyak Nyamplung sebanyak 200 ml dengan menambahkan metanol dengan rasio 6 : 1 dan

di dalam metanol dilarutkan NaOH 0,5 %. Reaksi dilakukan dengan variasi waktu 1, 2, dan 3 jam pada suhu 60°C dengan kecepatan mengaduk 400 rpm. Adapun hasil proses penelitian menunjukkan, nilai massa jenis yang diperoleh pada proses transesterifikasi 1 jam = 0,915 g/cm^3, 2 jam = 0,9151 g/cm^3, dan 3 jam = 0,917 g/cm^3, dari ketiga variasi waktu menunjukkan hasil yang hampir sama, yang artinya lama waktu proses transesterifikasi tidak mempengaruhi nilai massa jenis biodiesel. Sedangkan viskositas diperoleh dengan nilai rata-rata 3,07 N.s/m^2, nilai viskositas tertinggi didapat pada lama waktu transesterifikasi 2 jam yaitu 3,12 N.s/m^2. Nilai %FFA sendiri sudah memenuhi standar <2 % yaitu 1.17315 %.

Chandra dkk (2013), melakukan penelitian tentang pemanfaatan biji buah Nyamplung (*Callophylum Inophylum*) sebagai bahan baku pembuatan biodiseel, penelitian bertujuan untuk mengetahui potensi biji Nyamplung sebagai bahan baku biodiesel. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa biji buah Nyamplung mengandung lipid sebesar 63 %, Fiber sebesar 16,64 %, Abu sebesar 3,22 %, Protein sebesar 3,42 %, Kelembaban 4,15 % dan Nitrogen Free Extract sebesar 13,62% serta memiliki nilai kalori sebesar 6092 kal/g. Lipid yang terdapat pada biji Nyamplung mengandung asam lemak bebas 8,23 %, monogliserida sebesar 3,93 %, digliserida 3,37 %, trigliserida sebesar 81,06 % dan *bioactive* sebesar 3,4%. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa minyak biji Nyamplung berpotensi sebagai bahan baku biodiesel.

Murni (2010), pada penelitian ini, dilakukan pengujian densitas dan viskositas biodiesel dari minyak sawit. Variasi temperatur terdiri dari 33, 40, 50, 60, 70, 80, dan 90°C. Disimpulkan bahwa densitas dan viskositas biodiesel menurun seiring meningkatnya temperatur minyak. Densitas dan viskositas minyak sawit dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1 Densitas Minyak 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 Viskositas Minyak 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

Berdasarkan pada tinjauan pustaka, dapat disimpulkan bahwa bahan baku minyak Jarak dan minyak Nyamplung berpotensi sebagai bahan baku minyak nabati. Pencampuran minyak Jarak dengan jenis minyak lain pernah dilakukan oleh (Mahmud dkk, 2010), namun pada penelitian tersebut menggunakan minyak goreng bekas sebagai bahan campuran minyak jarak dan parameter yan diuji hanya viskositas, densitas dan nilai kalor, sedangkan untuk angka *flash point* dan kandungan asam lemak belum dilakukan. Oleh sebab itu, penelitian pengaruh komposisi minyak jarak dan minyak nyamplung terhadap sifat campurannya sebagai bahan bakar layak untuk dilakukan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1. Minyak Nabati

Minyak nabati merupakan cairan kental yang berasal dari ekstrak tumbuh-tumbuhan. Minyak nabati termasuk lipid, yaitu senyawa organik alam yang tidak larut dalam air, namun dapat larut pada pelarut organik non polar seperti senyawa hidrokarbon. Minyak nabati memiliki komposisi utama yaitu senyawa gliserida dan asam lemak dengan rantai C panjang. Asam lemak sendiri merupakan asam karboksilat yang dihasilkan dari proses hidrolisis lemak, biasanya berantai panjang dan tidak bercabang (Wijayanti, 2008).

Gliserida sendiri merupakan ester dari gliserol, yang terdiri dari monogliserida, digliserida, dan trigliserida. Secara umum penyusun utama minyak nabati merupakan trigliserida sebesar 90-98 %. Trigliserida merupakan tiga molekul asam lemak yang terikat pada gliserol. Pada umumnya trigliserida minyak dan lemak alam merupakan trigliserida campuran, biasanya ketiga bagian asam lemak trigliserida tidak sama. Jika terdapat ikatan tak jenuh, maka asam lemak dengan panjang rantai yang sama akan memiliki titik cair yang lebih kecil. Apabila titik cair tinggi, berarti rantai atom C semakin panjang (Wijayanti, 2008). Kandungan asam lemak dalam minyak nabati dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan asam lemak pada minyak nabati (Wijayanti, 2008)

Jenis Asam Lemak	Nama Sistematik	Struktur	Formula
Asam Laurat	Dodekanoat	12:0	$C_{12}H_{24}O_2$
Asam Miristat	Tetradekanoat	14:0	$C_{14}H_{28}O_2$
Asam Palmiat	Heksadekanoat	16:0	$C_{16}H_{32}O_2$
Asam Stearat	Oktadekanoat	18:0	$C_{18}H_{36}O_2$
Asam Arakidat	Eikosanoat	20:0	$C_{20}H_{40}O_2$
Asam Behenat	Dokosanoat	22:0	$C_{22}H_{44}O_2$
Asam Lignoserat	Tetrakosanoat	24:0	$C_{24}H_{48}O_2$
Asam Oleat	cis-9-Oktadekenoat	18:1	$C_{18}H_{34}O_2$
Asam Linoleat	cis-9,cis-12-Oktadekadienoat	18:2	$C_{18}H_{32}O_2$
Asam Linolenat	cis-9,cis-12-15-Oktadekatrienoat	18:3	$C_{18}H_{30}O_2$
Asam Erukat	cis-13-Dokosenoat	22:1	$C_{22}H_{42}O_2$

2.2.2. Bahan Bakar Nabati

Bahan bakar nabati (BBN) merupakan segala jenis bahan bakar yang dihasilkan dari minyak nabati. beberapa bahan bakar yang termasuk dalam BBN adalah biodiesel, bioetanol, dan bio-oil (minyak nabati murni). Bio-oil adalah minyak nabati murni atau *pure plant oil* (PPO) yang tidak mengalami perubahan kimia (Prastowo, 2007). *Pure plant oil* dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar untuk meminimalisir konsumsi minyak bakar, solar industri, ataupun minyak diesel dengan standar tertentu (Sugiyono, 2008). Standar bakan bakar nabati murni dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Standar dan Mutu Bahan Bakar Nabati Murni Untuk Bahan Bakar Motor diesel. (Direktorat Jenderal Energi Terbarukan Kementerian ESDM, 2013)

NO	PARAMETER UJI	SATUAN, Min/Max	PERSYARATAN
1	Angka Asam	mg-KOH/g, maks	2,0
2	Kadar Fosfor	mg/kg, maks	10
3	Kadar Air dan Sedimen	%-vol.,maks	0,075
4	Kadar Bahan Tak Tersabunkan	%-berat.,maks	2,0
5	Viskositas Kinematik	mm^2/s (cSt), maks	6
6	Kadar Abu Tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
7	Angka Penyabunan	mg KOH/g	180-265
8	Angka Iodium	g-I_2 / 100 g, maks	115
9	Titik Nyala	°C, min	100
10	Kadar Residu Karbon	%-massa, maks	0,4
11	Densitas	kg / m^3, maks	900
12	Angka Setana	Min	39
13	Kadar Belerang	%-massa, maks	0,01

2.2.3. Minyak Jarak

Tanaman Jarak berasal dari famili *Euphorbiaceae*, Jarak merupakan tanaman perdu dengan tinggi 5-7 m, umur tanaman ini dapat mencapai 50 tahun. Jarak biasa hidup di tanah dengan unsur hara rendah dan memiliki curah hujan 250 – 1200 mm pertahun. Setiap tahunnya, Jarak mampu menghasilkan biji sebanyak 0,8 kg/m^2 . Biji Jarak memiliki kandungan minyak sebesar 30-50 % dari massa, Inti Jarak mengandung minyak sebesar 45-60 % dari massanya (Budiman dkk, 2014).

Minyak Jarak berasal dari biji Jarak yang diekstrak dengan cara dipres secara mekanik, proses ekstraksi dengan cara ini dianggap paling sesuai untuk memisahkan minyak dari biji Jarak yang kadar minyaknya diatas 10 %, minyak Jarak hasil ekstraksi biasanya dimurnikan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan baku biodiesel (Hambali dkk, 2007).

Minyak Jarak memiliki ciri fisik berwarna kuning pucat, dengan kandungan asam lemak jenuh sebesar 2,68 % dan asam lemak tak jenuh sebesar 97,44 % (Budiman, 2014). Asam lemak yang terkandung dalam minyak Jarak dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kandungan asam lemak dalam minyak Jarak (Budiman dkk, 2014)

Asam Lemak	Komposisi (%)
Asam Palmitat	1
Asam Stearat	1
Asam Oleat	2,3
Asam Linoleat	4,2
Asam Ricinoleat	89,3

Karakteristik minyak Jarak antara lain densitas, viskositas, angka setana, angka iod, angka asam, titik nyala, *pour point* dan *cloud point* serta angka saponifikasi dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Karakteristik minyak Jarak (Budiman dkk, 2014)

Karakteristik	Nilai
Densitas	967,3 kg/m³
Viskositas pada 40°C	240,12 cSt
Angka Setana	42
Angka Iod	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

Minyak Jarak dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel, minyak Jarak sebenarnya juga dapat digunakan sebagai bahan bakan mesin diesel secara langsung. Selain itu penggunaan minyak Jarak sebagai bahan bakar juga dapat mengurangi kadar CO_2 di atmosfer. Kelebihan lain minyak Jarak ialah tanaman Jarak bukan merupakan tanaman pangan sehingga tidak akan mengganggu ketersediaan pangan, minyak Jarak tidak dapat dikonsumsi karena mengandung racun berupa *phorbol ester*. Tetapi, dalam penggunaan minyak Jarak sebagai bahan bakar terdapat permasalahan, yaitu tingginya viskositas minyak Jarak yang sepuluh kali lebih besar dari bahan bakar diesel. Hal ini disebabkan oleh berat molekul dan struktur kimia minyak Jarak yang besar.

Maka dari itu perlu dilakukan modifikasi minyak Jarak supaya viskositasnya turun sehingga dapat dipakai sebagai bahan bakar diesel. Kualitas biodiesel/bahan bakar nabati dari minyak Jarak dapat diperbaiki dengan berbagai metode, diantaranya dengan proses mikro-emulsifikasi, pirolisis, transesterifikasi atau dengan mencampur minyak Jarak dengan Solar (Budiman dkk, 2014).

2.2.4. Minyak Nyamplung

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan tanaman yang biasa tumbuh di wilayah pantai dengan tinggi pohon dapat mencapai 35 m, diameter batangnya bisa mencapai 150 cm. Tanaman Nyamplung dapat tumbuh di daerah dengan suhu hangat serta curah hujan sekitar 1.000-5.000 mm. Pohon Nyamplung juga dapat bertahan di tempat dengan kecepatan angin tinggi serta daerah air payau.

Dalam inti Nyamplung terdapat kandungan minyak sebesar 75 % dan 71 % diantaranya merupakan asam lemak tidak jenuh berupa asam oleat dan asam linoleat. Setiap tahunnya, pohon Nyamplung berbuah dua kali dan menghasilkan buah hingga 100 kg dan minyak 18 kg. Disetiap hektarnya dapat ditanami pohon Nyamplung 400 batang dengan hasil minyak 11,7 kg per pohon atau 4.680 kg per hektar.

Minyak Nyamplung memiliki ciri fisik berwarna hijau gelap, dengan kandungan asam lemak tak jenuh sekitar 71 %. Komposisi asam lemak minyak Nyamplung dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Komposisi asam lemak minyak Nyamplung (Budiman dkk, 2014)

Asam Lemak	Komposisi (%)
Asam Palmitat	17,9 %
Asam Hydnocarpic	2,5 %
Asam Stearat	18,5 %
Asam Oleat	42,7 %
Asam Linoleat	13,7 %
Asam Linolenat	2,1 %
Asam Lignocerate	2,6 %

Karakteristik minyak Nyamplung antara lain, viskositas, densitas dan titik nyala yang dapat dilihat pada tabe 2.8.

Tabel 2.8 Karakteristik minyak Nyamplung (Budiman dkk, 2014)

Karakteristik	Nilai
Viskositas pada suhu 40°C	55,478 mm^2/s
Viskositas pada suhu 100°C	9,5608 mm^2/s
Densitas pada suhu 40°C	0,9249 kg/m^3
Titik Nyala	236,5°C

Minyak Nyamplung merupakan minyak dengan sumber non pangan karena mengandung *saponins* yang beracun, sehingga dalam penggunaannya sebagai bahan bakar nabati tidak akan mengganggu ketersediaan kebutuhan pangan. Biodiesel minyak Nyamplung yang dicampur dengan solar dengan kuantitas minyak Nyamplung yang lebih tinggi dapat mengurangi asap knalpot, tetapi sedikit meningkatkan emisi NO_x dan CO (Budiman dkk, 2014).

2.2.5. Sifat Fisika Kimia Bahan Bakar Cair

Bahan bakar yang akan digunakan pada mesin ataupun peralatan tertentu perlu diketahui karakteristiknya terlebih dahulu agar tercapai pembakaran yang optimal, karakteristik bahan bakar secara umum yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

2.2.4.1 Viskositas

Viskositas (kekentalan) merupakan sifat fluida untuk melawan tegangan geser pada waktu bergerak mengalir, kekentalan juga dapat didefinisikan sebagai besarnya tahanan fluida untuk mengalir di bawah pengaruh tekanan yang dikenakan. Dapat dikatakan, besarnya nilai viskositas adalah perbandingan antara tegangan geser yang bekerja dengan kadar geseran (Tambun, 2009)

Rumus viskositas kinematik adalah sebagai berikut :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dengan :

ν = viskositas kinematik (St)

μ = viskositas dinamik (Poise)

ρ = rapat massa (kg/m³)

2.2.4.2 Densitas

Densitas (kerapatan) merupakan massa minyak per satuan volume yang didapat pada suhu tertentu. Densitas minyak sangat dipengaruhi oleh tingkat kejenuhan asam lemak penyusun minyak itu sendiri. Nilai densitas akan semakin turun dengan semakin kecilnya berat molekul pada komponen asam lemak.

Rumus densitas adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{\nu} \text{.....(2.2)}$$

Dengan :

ρ = rapat massa (kg/m³)

m = massa (kg)

V = volume (m³)

2.2.4.3 *Flash Point* (Titik Nyala)

Flash Point (Titik Nyala) merupakan suhu terendah dimana suatu bahan bakar cair dapat mulai terbakar ketika bereaksi dengan udara. Apabila nyala terjadi terus menerus, maka suhu tersebut dinamakan titik bakar (*fire point*). Apabila titik nyala terlalu tinggi maka berakibat pada keterlambatan penyalaan, sedangkan apabila titik nyala terlalu rendah akan menyebabkan timbulnya denotasi, yaitu

ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ke ruang bakar. Selain itu juga dapat meningkatkan resiko bahaya kebakaran pada saat penyimpanan. Semakin tinggi titik nyala maka akan semakin aman penanganan dan penyimpanannya (Tambun, 2009).

2.2.4.4 Nilai Kalor

Nilai kalor bahan bakar menjadi penentu jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan pada satuan waktu. Semakin tinggi nilai kalor maka pemakaian bahan bakar semakin sedikit. Dalam hal ini, tidak ada standar khusus yang menjadi penentu nilai kalor maksimal yang harus dimiliki oleh bahan bakar mesin diesel (Tambun, 2009). Nilai kalor juga berpengaruh terhadap efisiensi bahan bakar, semakin besar nilai kalor maka semakin efektif bahan bakar yang digunakan sesuai kebutuhan.

2.2.4.5 Angka Setana

Angka setana merupakan seberapa cepat bahan bakar yang dapat diinjeksikan ke ruang bakar, sehingga dapat terbakar secara spontan. Semakin rendah angka setana maka semakin lama proses penyalaan bahan bakar karena memerlukan suhu penyalaan yang lebih tinggi (Tambun, 2009).

Angka setana juga digunakan sebagai parameter yang menunjukkan kualitas dari bahan bakar diesel. Angka ini merupakan ukuran penundaan waktu pembakaran dan kualitas pembakaran. Tingkat angka setana yang tinggi menunjukkan kualitas pembakaran yang bagus dan singkatnya penundaan waktu pembakaran, di sisi lain angka setana yang rendah mengakibatkan emisi gas buang yang tinggi (Budiman dkk, 2014).

2.2.4.6 Angka Iodium

Angka iod merupakan jumlah gram iod yang diserap oleh 100 g minyak ataupun lemak pada kondisi pengujian yang digunakan. Bilangan ini juga merupakan jumlah iod yang dapat diikat oleh 100 g lemak. Ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh akan bereaksi dengan iodin atau senyawa-senyawanya dalam jumlah yang besar (Carolina, 2008).

Angka iodium juga menunjukkan jumlah asam lemak tidak jenuh yang dinyatakan dengan beberapa gam iodium yang akan bereaksi pada 100 gam biodiesel. Angka ini dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui stabilitas oksidatif biodiesel (Budiman dkk, 2014).