

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Biodiesel merupakan tipe bahan bakar yang termasuk kedalam kelompok bahan bakar nabati (BBN) karena bahan bakunya bisa berasal dari berbagai sumber daya nabati yaitu kelompok minyak dan lemak (Sudrajat, 2008). Perkembangan biodiesel pada saat ini umumnya terbuat dari minyak tumbuhan (*canola oil*, minyak nyamplung, minyak kedelai, *crude palm oil* dan *rapeseed oil*), lemak hewani (lemak ayam, *lard*, lemak babi dan *beef tallow*) bahkan dari minyak goreng bekas (Miskah dkk, 2017).

Tanaman nyamplung (*Callophyllum inophyllum*) adalah sejenis tanaman mangrove yang tumbuh di kawasan pesisir. Tanaman nyamplung sangat potensial dijadikan sebagai bahan baku biodiesel. Minyak nyamplung memiliki randemen sekitar 40-73% jika dibandingkan jenis tanaman lain, misalnya jarak pagar 40-60% dan sawit 45-54% minyak nyamplung memiliki randemen tergolong tinggi (Muderawan dkk, 2016). Biodiesel dari biji nyamplung juga hemat bahan baku dan memiliki daya bakar dua kali lipat dibandingkan minyak tanah (Leksono dkk, 2012). Bahan baku lainnya yang dapat dijadikan biodiesel yaitu minyak kelapa sawit. Kelapa Sawit juga berpotensi dijadikan biodiesel karena mengandung sekitar 44% masa minyak yang terkandung dalam inti (kernel), selain itu minyak kelapa sawit juga banyak ditemukan diberbagai wilayah di Indonesia dan relatif murah (R Sunu dkk, 2013).

Sudrajat dkk (2010) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak dan biji nyamplung (*calophyllum inophyllum*) untuk mengetahui pengaruh suhu, kecepatan pengadukan, rasio molar metanol-minyak dan konsentrasi katalis. Penelitian tersebut dilakukan dengan dua tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi dilakukan dengan menambahkan katalis HCl sebanyak 6% dari FFA. Rasio molar metanol terhadap FFA yaitu 20:1 dengan kecepatan pengadukan 300 rpm dan waktu esterifikasi 30 menit. Masing – masing percobaan dilakukan sebanyak 3 kali. Pada saat proses pencuciannya

ditambahkan asam asetat sebanyak 0,03% volume minyak. Pada saat transesterifikasi, rasio molar metanol-minyak yang digunakan yaitu (2:1, 3:1, 6:1 dan 9:1). Waktu transesterifikasi yang digunakan ada 7 taraf percobaan yaitu (0, 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 menit). Kecepatan pengadukan yang dicobakan ada 5 taraf yaitu (100, 200, 300, 400 dan 500 rpm). Suhu transesterifikasi yang dicobakan ada 3 taraf yaitu (45 , 60 dan 75°C). Konsentrasi katalis terhadap minyak yang dicobakan ada 4 taraf yaitu (0,5%, 1,0%, 1,5% dan 2%). Kondisi optimum yang didapatkan pada saat proses transesterifikasi yaitu pada rasio molar metanol-minyak 6:1, katalis NaOH sebanyak 1% dari berat minyak, kecepatan pengadukan 400 rpm dalam waktu 30 menit dengan suhu 60°C. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sudrajat, 2015) rendemen biodiesel dapat ditingkatkan secara signifikan melalui proses esterifikasi-esterifikasi-transesterifikasi (EET). Tabel 2.1 menunjukkan hasil analisa kualitasnya menurut SNI 04-7182-2006. Tabel 2.1 menunjukkan bahwa biodiesel minyak nyamplung yang dihasilkan beberapa telah memenuhi standar SNI, kecuali angka asam, viskositas kinematik residu karbon, titik kabut dan abu tersulfatkan.

Tabel 2.1 Karakteristik Biodiesel Nyamplung Dibandingkan Standar SNI 04-7182-2006 (Sudrajat dkk, 2010)

No.	Parameter (Parameters)	Satuan (Unit)	Metode uji (Testing method)	Nilai (Value)	Biodiesel nyamplung (Nyamplung biodiesel)
1.	Massa jenis pada (<i>Density on</i>) 40 °C	kg/m ³	ASTM D 1298	850-890	888,6
2.	Viskositas kinematik pada (<i>Kinematic viscosity on</i>) 40 °C	mm ² /s (cSt)	ASTM D445	2,3-6,0	7,724
3.	Bilangan setana (<i>Cetane number</i>)	-	ASTM D 613	min, 51	51,9 *1
4.	Titik nyala (<i>Flash point</i>)	°C	ASTM D 93	min. 100	151
5.	Titik kabut (<i>Fog point</i>)	°C	ASTM D 2500	maks. 18	38
6.	Korosi kepingan tembaga (<i>Copper plate corrosion</i>) / 3 jam pada (<i>3 hours on</i>) 50 °C		ASTM D 130	maks. no. 3	1 b
7.	Residu karbon (<i>Carbon residue</i>) dalam contoh asli (<i>Original</i>) dalam 10% ampas distilasi (<i>Distillation waste 10%</i>)	%-massa	ASTM D 4530	maks. 0,05 maks. 0,30	0,434 *2
8.	Air dan sedimen (<i>Moisture and sediment</i>)	%-vol	ASTM D-1796	maks. 0,05	0
9.	Suhu distilasi (<i>Distillation temperature</i>) 90% 90%	°C	ASTM D 1160	maks. 360	340 *3
10.	Abu tersulfatkan (<i>Sulphated ash</i>)	%-massa	ASTM D 874	maks. 0,02	0,026
11.	Belerang (<i>Sulphur</i>)	ppm-m (mg/kg)	ASTM D-1266	maks 100	16

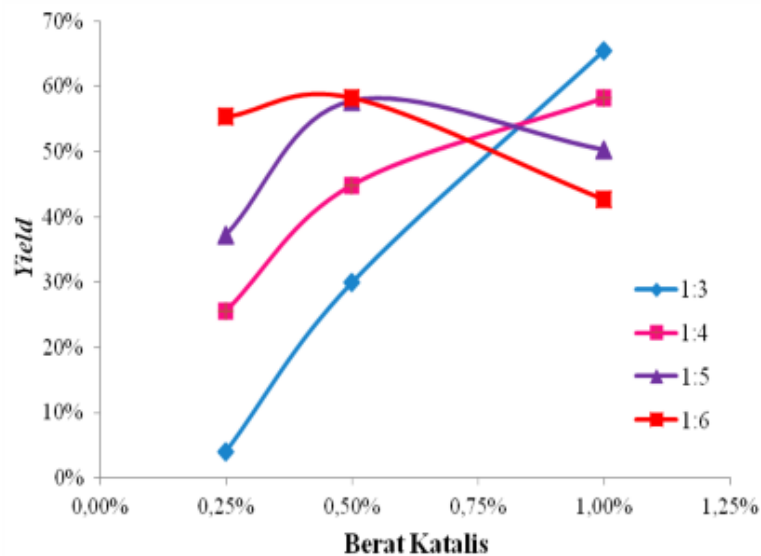
H.C Ong dkk (2011) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel yang berasal dari biji nyamplung untuk mengetahui nilai karakteristiknya. Biodiesel nyamplung dibuat dengan tiga tahapan yaitu *pretreatment*, esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi dilakukan dengan menambahkan katalis H₂SO₄ sebanyak 0,5% volume minyak. Rasio minyak metanol yang digunakan yaitu sebesar 1:4. Reaksi esterifikasi dilakukan dengan suhu 60°C dalam waktu 120 menit. Untuk proses transesterifikasi dilakukan dengan menambahkan katalis KOH sebanyak 1,25% volume minyak. Rasio minyak metanol yang digunakan yaitu sebesar 1:8. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan suhu 60°C dalam waktu 120 menit. Tabel 2.2 menunjukkan hasil pengujian nilai karakteristik biodiesel nyamplung yang telah dibuat dengan tiga tahapan. Berdasarkan tabel dapat dinyatakan bahwa nilai karakteristik biodiesel yang dibuat dengan tiga tahapan (*pretreatment*, esterifikasi dan transesterifikasi) beberapa telah memenuhi standar ASTM D6751-06.

Tabel 2.2 Hasil Pengujian Nilai Karakteristik Biodiesel Nyamplung (H.C Ong dkk, 2015)

<i>Properties</i>	<i>Unit</i>	<i>Calophyllum inophyllum Biodiesel</i>	<i>ASTM D6751-06 standard</i>
<i>Density at 15 °C</i>	kg/m ³	869	860-900
<i>Cetane Number</i>	-	57	47 min
<i>Viscosity at 40 °C</i>	mm ² /s	4.0	1.9-6.0
<i>Flash Point</i>	°C	140	130 min
<i>Cloud Point</i>	°C	13.2	-3 to 12
<i>Pour Point</i>	°C	4.3	-15 to 10
<i>Calorific Value</i>	kJ/kg	41,397	-
<i>Distillation 90%</i>	°C	356	360 max
<i>Water Content</i>	Wt%	0.005	0.030 max
<i>Acid Value</i>	mg KOH/g	1.62	0.8 max

Ristianingsih dkk (2015) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari CPO sebagai bahan bakar alternatif melalui proses transesterifikasi langsung serta untuk mengetahui pengaruh rasio mol minyak–metanol, berat katalis terhadap *yield biodiesel* dan untuk mengetahui nilai karakteristiknya. Penelitian dilakukan dengan metode transesterifikasi langsung. Reaksi tersebut dilakukan dengan membuat variasi minyak-metanol sebanyak (1:3 ; 1:4 ; 1:5 dan 1:6) dan rasio berat katalis NaOH terhadap minyak sebanyak (0,25% ; 0,5% dan 1%). Reaksi transesterifikasi tersebut dilakukan pada suhu 65°C dengan waktu 1 jam. Gambar 2.1 menunjukkan bahwa biodiesel dengan *yield* terbanyak diperoleh pada rasio minyak-metanol 1:3 dengan berat katalis 1% dari berat minyak. Dengan penambahan jumlah katalis akan meningkatkan kecepatan reaksi sehingga *yield* biodiesel yang dihasilkan meningkat. Selanjutnya hasil reaksi dengan *yield* terbanyak diuji analisa kualitatifnya meliputi *flashpoint*, *pourpoint*, *specific*

gravity, viskositas kinematik dengan menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GC-MS). Pada Tabel 2.3 menunjukkan hasil uji kualitatifnya. Hasilnya menunjukkan bahwa biodiesel dengan rasio minyak-metanol 1:3 dengan berat katalis 1% dari berat minyak beberapa telah memenuhi standar SNI 04-7182-2006 kecuali pada nilai *flash point*.



Gambar 2.1 Hubungan Berat Katalis dan Rasio Reaktan terhadap Yield Biodiesel (Ristianingsih dkk, 2015)

Tabel 2.3 Hasil Uji Analisis Kualitatif Biodiesel (Ristianingsih dkk, 2015)

Parameter	Satuan	Hasil	Nilai SNI 04-7182-2006
<i>Spesific Gravity</i>		0,8719	0,850-0,890
Viskositas Kinematik	cSt	4,459	2,3-6,0
<i>Flash Point</i>	°C	81,5	Min.100
<i>Pour Point</i>	°C	15	Maks 18

Musadhaz dkk (2012) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari biji karet dan biodiesel dari sawit dengan menggunakan dua metode instrumen ultrasonik dan konvensional serta untuk mengetahui pengaruh karakteristik campurannya. Biodiesel sawit diperoleh dengan menggunakan reaksi

transesterifikasi dengan memanaskan olein sawit hingga suhu 45°C dengan penambahan katalis NaOH sebanyak 0,5% dari berat minyak sedangkan rasio molar metanol-minyak 6:1. Biodiesel sawit kemudian dimasukkan probe ultrasonik dengan diberikan variasi amplitudo (30%, 35% dan 0%), variasi waktu (10, 20 dan 30 menit) dengan suhu 45°C. Selanjutnya metode konvensional dilakukan pada suhu 65 °C dalam waktu 1 jam dengan penambahan katalis NaOH. Biodiesel biji karet memiliki asam lemak yang sangat tinggi yaitu 12,4% dan harus dilakukan esterifikasi. Biodiesel biji karet pada saat esterifikasi dilakukan dengan dua metode ultrasonik dan konvensional. Esterifikasi dilakukan dengan menambahkan katalis Hcl sebanyak 1% dari berat minyak dan rasio metanol-minyak 20:1. Probe ultrasonik dimasukkan kedalam minyak dengan variasi waktu (15, 22.5 dan 30 menit) dan amplitudo 40% pada suhu 45°C. Sedangkan metode konvensional dilakukan dengan variasi waktu 30 menit dan 1 jam dengan suhu 65°C. Minyak biji karet yang telah melalui reaksi esterifikasi selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi dengan metode ultrasonik dengan amplitudo 40% pada suhu 45°C selama 1 jam. Kedua biodiesel tersebut dicampur dengan perbandingan biodiesel biji karet : biodiesel sawit (25:75 ; 50:50 ; 75:25). Randemen biodiesel tertinggi dihasilkan dari reaksi esterifikasi konvensional dalam waktu 1 jam. Hasil tersebut ditunjukkan pada tabel 2.4. Sedangkan untuk hasil pengujian nilai karakteristik biodiesel ditunjukkan pada tabel 2.5. Hasil pengujian karakteristik menunjukkan bahwa biodiesel biji karet, biodiesel sawit dan campuran keduanya beberapa telah memenuhi standar SNI 04-7182-2006 kecuali pada bilangan iod.

Tabel 2.4 Hasil Transesterifikasi Ultrasonik Minyak Biji Karet (Musadhaz dkk, 2012)

Kondisi perlakuan esterifikasi sebelumnya	Hasil setelah dilanjutkan dengan transesterifikasi ultrasonik 15 menit
Metode ultrasonik, 15 menit (ALB minyak 3,47%)	Tidak terbentuk biodiesel, terjadi penggumpalan
Metode ultrasonik, 22,5 menit (ALB minyak 3,21%)	Tidak terbentuk biodiesel, terjadi penggumpalan
Metode ultrasonik, 30 menit (ALB minyak 2,59%)	Terbentuk biodiesel dengan rendemen 78,84%, bilangan asam 0,25 mg KOH/g sampel, ALB 0,13%
Metode konvensional, 1 jam (ALB minyak 0,50%)	Terbentuk biodiesel dengan rendemen sebesar 91,55%, bilangan asam 0,25 mg KOH/g sampel, ALB 0,13%

Tabel 2.5 Karakteristik Biodiesel Biji Karet, Sawit dan Campuran Keduanya (Musadhaz dkk, 2012)

Karakteristik	Biodiesel biji karet	Karet : sawit (75:25)	Karet : sawit (50:50)	Karet : sawit (25:75)	Biodiesel sawit	SNI*
Bilangan asam (mg KOH /g sampel)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	Maks. 0,8
Viskositas (40°C, mm ² /s)	3,3	3,3	3,1	3,1	3,1	2,3 – 6,0
Densitas (15°C, g/cm ³)	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	-
Densitas (40°C, kg/m ³)	870	870	860	860	860	850-890
Bilangan iod (g I ₂ /100g)	122,4	106,8	91,8	70,8	58,1	Maks. 115
Stabilitas oksidatif (jam)	0,35	0,79	1,30	2,11	5,84	6**
Titik Kabut (°C)	9	9	11	14	18	Maks. 18
Titik Tuang (°C)	3	3	3	6	12	-

Keterangan : *SNI 04-7182-2006 (BSN, 2006)

** draft revisi SNI Biodiesel

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas hasil penelitian masih belum maksimal. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dari bahan baku minyak nabati agar memperoleh karakteristik sifat fisik biodiesel sesuai dengan standar SNI 7182-2015.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Minyak Nabati

Lemak nabati atau minyak nabati adalah sejenis minyak yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan dan sering digunakan sebagai bahan makanan. Minyak nabati terbagi atas dua jenis yaitu minyak nabati yang dapat dikonsumsi (*edible oil*) dan minyak nabati yang tidak dapat dikonsumsi (*non edible oil*) dan biasanya minyak ini digunakan dalam industri. Minyak nabati merupakan salah satu contoh produk dalam bidang rekayasa pertanian, berpotensi untuk dikembangkan menjadi suatu energi terbarukan yang disebut dengan biodiesel (Kristanto, 2002). Minyak nabati tergolong lipid. Lipid yaitu senyawa organik yang tidak larut dalam air namun dapat larut dengan pelarut organik lainnya seperti hidrokarbon maupun metil ester (Wijayanti, 2008).

Minyak nabati terdiri dari trigliserida – trigliserida asam lemak yang memiliki kandungan terbanyak didalam minyak nabati sekitar 95%-b. Selain itu minyak nabati juga mengandung asam lemak bebas (*Free Fatty Acid* atau biasa disingkat dengan FFA), mono dan digliserida, serta beberapa komponen-komponen lain seperti phosphoglycerides, vitamin, mineral, atau sulfur. Komposisi asam lemak yang terkandung dalam minyak nabati dapat menentukan sifat kimia minyak tersebut (Rizkita dkk, 2016).

2.2.2 Minyak Kelapa Sawit

Salah satu jenis tanaman yang menghasilkan minyak nabati adalah kelapa sawit. Kelapa sawit sangat melimpah dan mudah ditemukan di Indonesia. Indonesia sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia setelah Malaysia, sehingga sangat berpotensi sebagai produsen biodiesel terbesar di dunia (Kristanto, 2002).

Kelapa sawit, pohon kelapa, pinang salak dan sejenisnya termasuk dalam suku *palmae*. Kelapa sawit tergolong pada suku *palmae* seperti juga pohon kelapa, pinang, salak dan sejenisnya. Minyak sawit tersusun atas bermacam komponen. Minyak sawit tersusun dari kelompok ester asam lemak berantai panjang yang berikatan secara ester dan acak membentuk suatu trigliserida yang

beraneka ragam. Kelompok kedua merupakan komponen non-trigliserida yang terdiri atas karoten. Minyak kelapa sawit dihasilkan dari pengolahan buah kelapa sawit dengan kandungan asam lemak yang bervariasi baik dalam panjang maupun struktur rantai karbonnya. Panjang rantai karbon dalam minyak kelapa sawit berkisar antara atom karbon C12– C20 (Hambali, 2007). Komposisi asam lemak pada minyak kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Kelapa Sawit (Hambali, 2007)

Asam Lemak (%)	Asam Lemak (%)
Laurat (C12)	0,1 – 1
Miristat (C14)	0,9 – 1,5
Palmitat (C16)	41,8 – 46,8
Stearat (C18)	4,2 – 5,1
Oleat (C18-1)	37,3 – 40,8
Linoleat (C18-20)	9,1 – 11,0
Linoleat (C18-2)	0,2 – 0,4

2.2.3 Minyak Nyamplung

Tanaman nyamplung (*calophyllum inophyllum*) atau disebut juga bintangur merupakan jenis tanaman mangrove yang banyak dijumpai hampir di seluruh wilayah Indonesia terutama pada daerah pesisir pantai seperti : Taman Nasional (TN) Alas Purwo, TN Kepulauan Seribu, TN Baluran, TN Ujung Kulon, Cagar Alam (CA) Pananjung Pangandaran, Kawasan Wisata (KW) Batu Karas, Pantai Carita Banten, wilayah Papua (Pulau Yapen, Jayapura, Biak, Nabire, Manokwari, Sorong, Fakfak), Maluku Utara (Halmahera dan Ternate), TN Berbak (Pantai Barat Sumatera). Luas penyebaran tanaman nyamplung juga mencapai 255,35 ribu ha. Tanaman nyamplung dapat beradaptasi pada ketinggian sekitar 100 – 350 dpl. Nyamplung termasuk dalam kelas Dicotyledone, famili Gutiferae, berakar tunggang dengan perakaran yang kompak sehingga tanaman ini dapat digunakan sebagai pengendali abrasi pantai (Balitbang Kehutanan, 2008). Gambar tanaman nyamplung dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tanaman Nyamplung (Balitbang Kehutanan, 2008)

Minyak nyamplung dihasilkan melalui proses pengepresan buah nyamplung. Komposisi asam lemak pada minyak nyamplung ialah asam lemak palmitat 17,9% massa, asam lemak hydnocarpic 2,5% massa, asam lemak stearat 18,5% massa, asam lemak oleat 42,7% massa, asam lemak linoleat 13,7% massa, asam lemak linolenat 2,1% massa, dan asam lemak lignocerate 2,6% massa. (Budiman dkk, 2018). Minyak nyamplung memiliki kelebihan yaitu randemen minyaknya tergolong tinggi yaitu sebesar 40-73 sedangkan minyak jarak pagar memiliki randemen 40-60% dan sawit 45-54% (Muderawan dkk, 2016).

2.2.4 Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati maupun lemak hewan yang dihasilkan melalui reaksi kimia antara minyak/lemak hewani dengan alkohol berantai pendek misalnya metanol, etanol dan butanol. Reaksi kimia untuk pembuatan biodiesel juga dibantu dengan katalis. Proses tersebut disebut dengan transesterifikasi. Penggunaan biodiesel memiliki keuntungan misalnya dapat mereduksi emisi karbonmonoksida dan karbondioksida, nontoxic dan *biodegradable*. Dan juga biodiesel diharapkan dapat mereduksi penggunaan bahan bakar fosil (Macceiras dkk, 2011).

2.2.5 Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel dari minyak nabati dilakukan dengan mengkonversi trigliserida (komponen utama minyak nabati) menjadi metil ester asam lemak,

dengan memanfaatkan katalis pada proses metanolisis/esterifikasi (Budiman dkk, 2014). Menurut Fanny dkk (2012) biodiesel dapat disintesis melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati atau proses esterifikasi asam lemak bebas. Sintesis biodiesel dilakukan melalui reaksi transesterifikasi dengan penambahan katalis basa (NaOH atau KOH) dan melalui reaksi esterifikasi dengan penambahan katalis asam pekat (H₂SO₄) atau (H₃PO₄).

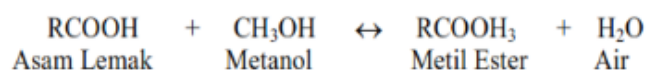
Pada proses pembuatan biodiesel minyak nabati yang memiliki kadar asam lemak bebas >1% harus dilakukan esterifikasi sebelum dilakukan proses transesterifikasi (Devita, 2015).

2.2.5.1 Degumming

Bahan baku minyak nyamplung merupakan minyak mentah yang dihasilkan melalui proses pemerasan biji nyamplung dan masih banyak mengandung zat pengotor. Untuk memisahkan zat pengotor dengan minyak maka harus dilakukan proses *degumming*. Proses tersebut dilakukan dengan menambahkan asam fosfat (H₃PO₄). Pengaruh asam fosfat dalam degumming yaitu dapat mengikat dan mengendapkan zat – zat seperti protein, fosfatida, gum dan resin yang terdapat dalam minyak mentah (Susilo, 2018).

2.2.5.2 Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan asam lemak bebas (FFA) dengan alkohol yang memiliki rantai pendek seperti metanol dan etanol agar menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air (Sulastri, 2010). Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester ditunjukkan pada gambar 2.3.



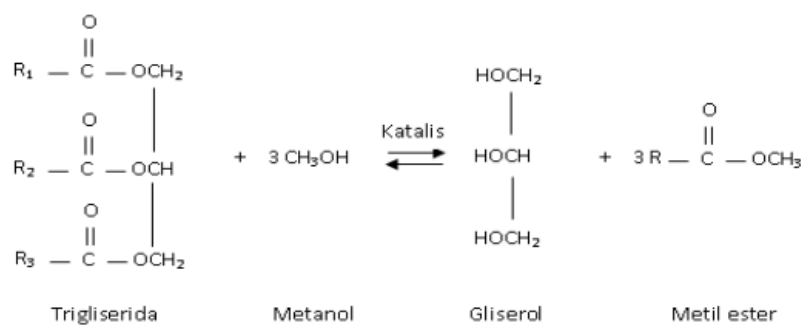
Gambar 2.3 Reaksi Esterifikasi (Sulastri, 2010)

Minyak nyamplung memiliki kadar asam lemak bebas yang tergolong tinggi sehingga perlu dilakukan proses esterifikasi sebelum proses transesterifikasi

untuk menurunkan kadar asam lemak bebasnya. Kadar asam lemak bebas untuk pembuatan biodiesel yang diijinkan yaitu sebesar <2%. Untuk minyak kelapa sawit yang telah memenuhi standar kadar asam lemak bebas dapat menggunakan reaksi transesterifikasi langsung (Kurniasih, 2013).

2.2.5.3 Transesterifikasi

Transesterifikasi atau disebut juga proses alkoholisis yaitu reaksi antara trigliserida dengan alkohol menghasilkan ester dan gliserin. Alkohol dapat yang digunakan dalam transesterifikasi yaitu metanol, etanol dan isopropanol (Sulastrri, 2010). Reaksi yang terjadi pada proses transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Reaksi Transesterifikasi (Sulastrri, 2010)

Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh jumlah air, asam lemak bebas, jenis alkohol yang digunakan, perbandingan molar alkohol-minyak, suhu pengadukan dan jenis katalisnya (Hikmah, 2010).

2.2.6 Sifat Fisik Biodiesel

Sifat fisik biodiesel sangat mempengaruhi kualitas dari biodiesel tersebut. Pengujian sifat biodiesel untuk dijadikan bahan bakar yang layak dapat ditinjau dari standar – standar yang telah ditentukan misalnya standar ASTM dan SNI. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) syarat mutu biodiesel di Indonesia dapat ditinjau pada tabel 2.7 yaitu syarat mutu biodiesel SNI 7182-2015.

Tabel 2.7 Syarat Mutu Biodiesel (BSN, 2015)

No	Parameter uji	Satuan	SNI
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik pd 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	Residu karbon : dalam percontohan asli atau dalam 10 % ampas distilasi	%-massa, maks	0,05 atau 0,3
7	Air dan sedimen	%-vol., maks	0,05
8	Temperatur distilasi 90 %	°C, maks	360
9	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
10	Belerang	mg/kg, maks	50
11	Fosfor	mg/kg, maks	4
12	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
13	Gliserol bebas	% massa, maks	0,02
14	Gliserol total	% massa, maks	0,24
15	Kadar ester metil	% massa, min	96,5
16	Angka iodium	% massa (g-I ₂ /100 g), maks	115
17	Kestabilan oksidasi : Periode induksi metode rancimat dan Periode induksi metode petroksi	menit	480 dan 36
18	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

2.2.6.1 Densitas

Densitas dapat didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Densitas suatu benda dapat didefinisikan sebagai masa total benda dibagi dengan total volume (Dewi, 2015). Berdasarkan Badan Standar Nasional Indonesia standar

biodiesel SNI 7182-2015 yaitu sekitar 850-890 kg/m³. Semakin besar massa suatu benda maka densitas (masa jenis) semakin besar. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi densitas yaitu suhu. Suhu yang tinggi menyebabkan rendahnya kerapatan suatu zat dikarenakan molekul-molekul yang berikatan akan terlepas. Namun kenaikan suhu dapat menyebabkan volume zat bertambah sehingga massa jenis dan volume suatu zat memiliki hubungan yang berbanding terbalik (Anjarsari, 2015). Massa jenis dapat ditulis dengan persamaan 2.1 :

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

Keterangan: ρ = massa jenis (kg/m³),
 m = massa (kg), dan
 V = volume (m³).

2.2.6.2 Viskositas

Viskositas adalah ukuran hambatan cairan untuk mengalir secara gravitasi, untuk aliran gravitasi di bawah tekanan hidrostatis, tekanan cairan sebanding dengan kerapatan cairan (Mahfud dkk, 2012). Viskositas yang tinggi atau fluida yang memiliki kekentalan yang tinggi akan mengakibatkan kecepatan alirannya lambat sehingga mempengaruhi proses atomisasi bahan bakar pada ruang bakar. Viskositas yang tinggi juga dapat mempengaruhi proses pengkabutan (Fajar dkk, 2007). Viskositas fluida didefinisikan dalam dua cara yang berbeda yaitu viskositas dinamis dan viskositas kinematik.

a. Viskositas dinamik atau absolute viskositas dinamis

Kekentalan viskositas dinamik atau absolute viskositas dinamis merupakan rasio tegangan geser dalam suatu fluida sebanding dengan laju perubahan kecepatan normal aliran. Dalam satuan SI diukur dalam pascal-detik atau newton-detik per meter persegi. Sedangkan dalam centimeter-gram-detik (cgs) Unit menggunakan satuan centipose dimana 1 centipose (cP) = 10⁻³ Pa. s = 10⁻³ N.s/m².

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik adalah rasio tegangan geser yang di hasilkan ketika fluida mengalir dibagi dengan kepadatan. Satuan viskositas kinematik dalam SI adalah meter persegi per detik. Sedangkan dalam cgs menggunakan satuan centistoke, dimana 1 centistoke (cSt) = 1mm²/s. Viskositas kinematik dapat ditulis dengan persamaan 2.2 :

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

- Keterangan: V = Viskositas kinematik (cSt)
 μ = Viskositas dinamik (mPa.s)
 ρ = Densitas (kg/m³)

Centistoke adalah unit yang paling sering dikutip oleh pemasok pelumas dan pengguna. Dalam prakteknya, perbedaan antara viskositas kinematik dan dinamis tidak paling penting untuk minyak. Viskositas kinematik menjadi parameter utama dalam penentuan mutu metil ester, karena memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas metil ester sebagai bahan bakar. Minyak nabati memiliki viskositas jauh lebih besar dibanding viskositas bahan bakar diesel yang menjadi kendala penggunaan langsung minyak nabati sebagai bahan bakar (Sumangat dan Hidayat, 2008).

2.2.6.3 Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan, dan diukur sebagai nilai kalor kotor/gross *calorific value* atau nilai kalor netto/nett *calorific value* (Mahmud dkk, 2010). Atau dapat didefinisikan sebagai jumlah panas/kalor yang diperoleh dari suatu proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor berkaitan dengan masa jenis. Semakin besar masa jenis suatu fluida (minyak) maka semakin kecil nilai kalornya begitupula sebaliknya semakin kecil masa jenis suatu minyak maka semakin besar nilai kalornya. Satuan nilai kalor dapat dinyatakan dengan kCal/kg atau dikenal juga dengan satuan Btu/lb (dalam satuan british) (Kholidah, 2014). Kalor pembakaran suatu bahan bakar dapat diukur dengan menggunakan kalorimeter bom. Nilai kalor biodiesel berkisar 39 – 41 MJ/kg lebih rendah dari bahan bakar minyak (46

MJ/kg), petrodiesel (43 MJ/kg) atau petroleum (42 MJ/kg) tetapi lebih tinggi dari batu bara yang berkisar 32 – 37 MJ/kg) (Dermibas, 2008).

2.2.6.4 Titik Nyala (*Flash point*)

Titik nyala merupakan suhu terendah ketika uap suatu zat bercampur dengan udara dan mengakibatkan nyala sebentar kemudian mati. Titik nyala digunakan sebagai mekanisme untuk membatasi jumlah alkohol sisa dalam bahan bakar. Biodiesel murni memiliki titik nyala yang lebih tinggi dari batasnya dan adanya alkohol sisa reaksi akan menurunkan titik nyala biodiesel (Budiman dkk, 2014). *Flash point* dapat ditentukan secara eksperimental dengan cara memanaskan cairan biodiesel didalam wadah dan diuji. Jika bunga api muncul saat cairan yang diuji dipanaskan, itu menunjukkan bahwa suhu cairan telah memenuhi standar ASTM D-445 (Wahyuni dkk, 2015).