BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Bahan bakar minyak yang berbahan baku fosil tergolong bahan bakar yang tidak terbarukan (unreneweable energy). Penggunaan bahan bakar minyak yang terus-menerus meningkat merupakan akibat dari pertumbuhan penduduk dan industri. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi tersebut, salah satu caranya adalah dengan memproduksi bahan bakar biodiesel yang bahan bakunya diperoleh dari tumbuhan (Darmanto dan Sigit, 2006).

Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya sumber minyak nabati mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat, serta tingkat konversi minyak nabati menjadi biodiesel yang tinggi (95%). Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Zat-zat penyusun utama minyak-lemak (nabati maupun hewani) adalah trigliserida, yaitu triester gliserol dengan asam-asam lemak. Komposisi asam lemak dalam minyak nabati menentukan sifat fisik kimia minyak, (Erliza, dkk, 2007)

Banyak jenis minyak nabati yang berpotensi untuk dijadikan biodisel. Salah satunya adalah minyak jarak dan minyak jelantah. Minyak jarak berpotensi dijadikan sebagai produk biodiesel dikarenakan buah jarak memiliki kandungan minyak 30%-50%. Buah jarak tidak berpotensi untuk dijadikan pemanfaatan lain dikarenakan mengandung zat beracun (Pudjiatmoko, 2008). Berikut ini adalah

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak (Hoekman dkk, 2012)

Komposisi Asam Lemak	Persentase (%)
Asam Linoleat	36,2
Asam Oleat	40,4
Asam Palmitat	14,9
Asam Stearat	6,1

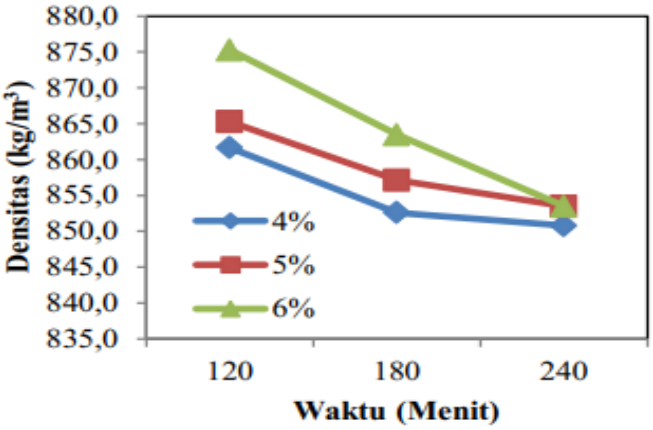
Dari tabel 2.1 diketauhi bawa minyak jarak memiliki asam lemak yang tinggi. Komposisi asam lemak pada minyak jarak pagar akan mempengaruhi karakteristik biodiesel yang dihasilkan seperti cloud point, titik nyala, viskositas, indeks setana, dan bilangan iod (Taroza, 2011). Selain minyak jarak, minyak goreng bekas juga berpotensi untuk dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Minyak goreng bekas bisa didapatkan dari limbah pemakaian rumah tangga maupun industri. Minyak goreng bekas bisa berasal dari minyak jagung, minyak sawit, dan minyak kelapa. Minyak goreng bekas memiliki senyawa antara lain polimer, aldehida, asam lemak, senyawa aromatic dan lakton (Hanif, 2009). Sama seperti minyak jarak minyak goreng bekas juga memiliki komposisi asam lemak. Berikut asam lemak yang terkandung pada minyak goreng bekas dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Goreng Bekas (Turnip dkk, 2017)

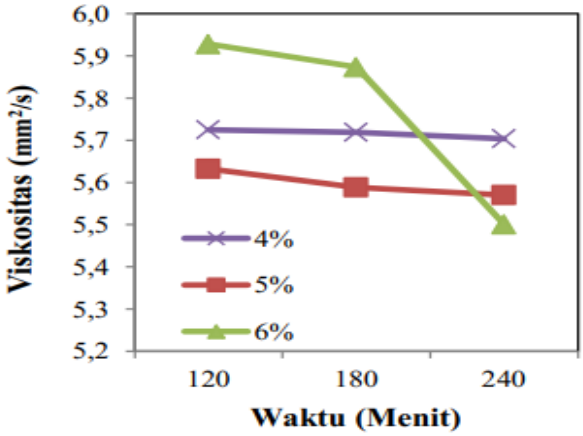
Komposisi Asam Lemak	Persentase (%)
Asam Dekanoat	0,0777
Asam Laurat	0,3936
Asam Miristat	0,9550
Asam Palmitat	41,0134
Asam Palmitoleat	0,2126
Asam Stearat	3,9562
Asam Oleat	44,1591
Asam Linoleat	8,7113
Asam Linolenat	0,0189
Asam Arakidat	0,3465
Asam Eikosenoat	0,1559

Dari penelitian yang dilakukan oleh Turnip dkk (2017), pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan campuran katalis Heterogen K_2O dari limbah kulit Kakao dengan variasi 4%, 5%, dan 6% serta variasi waktu 2 jam, 3 jam , dan 4 jam dengan rasio molar metanol : minyak 12:1 putaran 500rpm. Sebelum melakukan pembuatan biodiesel minyak jelantah, langkah pertama yang dilakukan

adalah dengan menyaring bahan baku menggunakan kertas Whatman no.42. Setelah itu, bahan baku ditampung dan didiamkan selama beberapa hari dan kemudian ditimbang. Dari proses diatas, maka terbentuklah dua lapisan emulsi minyak dan air. Emulsi yang dihasilkan kemudian dipanaskan dengan suhu 110^0C menggunakan *hot plate* untuk menghilangkan kandungan air selama 30 menit. Dari penelitian tersebut maka telah dihasilkan grafik hubungan antara waktu reaksi dan persentase katalis dapat dilihat pada (gambar 2.1 & gambar 2.2).



Gambar 2.1 Hubungan antara Waktu Reaksi dan Persentase Katalis terhadap Densitas Biodiesel (Turnip dkk, 2017)



Gambar 2.2 Hubungan antara Waktu Reaksi dan Persentase Katalis terhadap Viskositas Biodiesel (Turnip dkk, 2017)

Dari gambar 2.1 dan gambar 2.2 maka didapat hasil kesimpulan dengan semakin lama waktu reaksi maka densitas dan viskositas juga akan semakin meningkat, begitu juga dengan penambahan katalis seiring dengan meningkatnnya

penambahan perentase katalis hasil dari viskositas dan densitas juga semakin meningkat.

Berdasarkan penelitian Anisah dkk (2018), pengaruh waktu transesterifikasi terhadap konversi minyak jelantah menjadi biodiesel. Pada penelitian tersebut dilakukan dengan metode reaksi satu tahap, yaitu dengan reaksi transesterifikasi. Bahan baku yang digunakan ialah minyak jelantah pecel lele, minyak jelantah rumah tangga, minyak jelantah penjual gorengan, metanol, dan katalis basa natrium hidroksida (NaOH). Pada proses Transesterifikasi minyak jelantah variasi jumlah katalis NaOH yang digunakan sebesar 0.75% dan 1% dengan rasio molar minyak dan metanol sebesar 1:3, 1:6, 1:9, 1:12 dan 1:15. Setiap percobaan dilakukan dengan waktu reaksi 60, 90, 120, dan 150 menit untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi transesterifikasi dan memperoleh konversi biodiesel maksimum. Hasil yang didapat konversi biodiesel maksimum dari jelantah pecel lele sebesar 85,26%, biodiesel dari jelantah rumah tangga sebesar 82,34%, dan biodiesel dari jelantah penjual gorengan sebesar 82,20% diperoleh pada rasio molar 1:6, jumlah katalis NaOH 1%, dan dalam waktu reaksi 60 menit.

Wahyuni dkk (2015) meneliti tentang pengaruh suhu proses dan lama pengendapan terhadap kualitas biodiesel dari minyak goreng bekas. Metode yang digunakan yaitu variasi suhu 60°C dan lama waktu penyelesaian selama 1 jam, variabel bebas, variabel pengontrol adalah waktu pengadukan selama 5 menit, kecepatan pengaduk 1050 rpm, basis katalis (NaOH), cairan methoxide adalah 20%. Dengan hasil jika suhunya lebih besar viskositas dan densitasnya menurun. Sedangkan hasil tertinggi adalah 76% yang dihasilkan oleh variasi suhu 50, rata-rata titik nyala (*flash point*) >110°C. Variasi waktu pengendapan bukanlah pengaruh yang signifikan dalam pembuatan biodiesel dengan rata-rata untuk semua variasi viskositas antara 5,7-5,8 cSt, densitas yang didapat sekitar 861 kg/m3, titik nyala (flash point) >110°C.

Pencampuran minyak jarak dengan jenis minyak lain pernah dilakukan sebelumnya oleh (Mahmud dkk, 2010) meneliti tentang pengukuran nilai kalor berbagai campuran bahan bakar minyak nabati, dalam penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa minyak jarak pagar memiliki viskositas,

densitas, bilangan asam, dan asam lemak tidak jenuh yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan minyak goreng bekas, serta nilai kalor yang lebih rendah dari minyak goreng bekas, sehingga dapat disimpulkan semakin besarnya kuantitas minyak jarak pagar maka semakin tinggi juga nilai viskositas, densitas, bilangan asam, dan asam lemak tidak jenuh. Namun pada penelitian tersebut menggunakan parameter viskositas, densitas dan asam lemak, *flash point* sedangkan untuk nilai kalor belum dilaksanakan pengujian.

Permana (2018) meneliti tentang pengaruh komposisi biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak goreng bekas terhadap campuran biodiesel. Dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi biodiesel campuran minyak jarak dan minyak goreng bekas yang menghasilkan sifat paling optimal diperoleh pada komposisi campuran BJ/BMGB 40-60, dimana karakteristik yang didapatkan dari komposisi tersebut seperti densitas, viskositas, dan *flash point*, memiliki nilai yang sangat rendah dibandingkan pada variasi komposisi lainnya, sementara nilai kalor yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai varisasi komposisi yang lainnya.

Berdasarkan dari tinjauan pustaka di atas pada penelitian-penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa perlu adanya penelitian tentang campuran biodisel minyak jarak dan minyak goreng bekas. Hal ini dikarenakan semakin besarnya kuantitas minyak jarak pagar maka semakin tinggi juga nilai viskositas, densitas, bilangan asam, dan asam lemak tidak jenuh (Mahmud dkk, 2010). Berdasarkan penelitian (Turnip dkk, 2017) pembuatan biodiesel dari minyak jelantah disimpulkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka densitas dan viskositas juga akan semakin meningkat, begitu juga dengan penambahan katalis seiring dengan meningkatnnya penambahan perentase katalis hasil dari viskositas dan densitas juga semakin meningkat. Penelitian (Permana, 2018) komposisi biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak goreng bekas yang paling optimal 40:60 (%). Namun karakteristik sifat biodisel tersebut masih memiliki kekurangan yaitu pada nilai viskositas yang relatif cukup tinggi dan nilai kalor yang rendah. Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodisel minyak jarak dan minyak goreng terhadap sifat fisik biodisel.

2.2. Dasar Teori

2.2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari trigliserida. Trigliserida merupakan penyusun utama minyak nabati dan lemak hewani, sehingga dapat dikatakan bahwa biodiesel bisa dibuat dari sumber minyak nabati. Sumber minyak nabati ini bisa berupa minyak sawit.

Biodiesel berbentuk cairan berwarna kuning cerah sampai kuning kecoklatan. Biodiesel tidak dapat campur dengan air, mempunyai titik didih tinggi dan mepunyai tekanan uap yang rendah. Biodiesel terdiri dari senyawa campuran methyl ester dari rantai panjang asam-asam lemak dari minyak tumbuh-tumbuhan yang memiliki flash point 150 °C (300 °F), density 0.88 g/cm^3, dibawah density air. Biodiesel tidak memiliki senyawa toksik dan tidak mengandung sulfur. Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbaharui seperti minyak sayur atau lemak hewan.

Sebuah proses dari transesterifikasi lipid digunakan untuk mengubah minyak dasar menjadi ester yang diinginkan dan membuang asam lemak bebas. Setelah melewati proses ini, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan diesel (*solar*) dari minyak bumi, dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus. Namun, biodiesel lebih sering digunakan sebagai penambah untuk diesel petroleum, meningkatkan bahan bakar diesel petrol murni ultra rendah.

Belerang yang rendah pelumas. Biodiesel merupakan kandidat yang paling dekat untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia, karena biodiesel merupakan bahan bakar terbaharui yang dapat menggantikan diesel petrol di mesin sekarang ini dan dapat diangkut dan dijual dengan menggunakan infrastruktur sekarang ini. Penggunaan dan produksi biodiesel meningkat dengan cepat, terutama di Eropa, Amerika Serikat, dan Asia, meskipun dalam pasar masih sebagian kecil saja dari penjualan bahan bakar. Pertumbuhan SPBU membuat semakin banyaknya penyediaan biodiesel kepada konsumen dan juga pertumbuhan kendaraan yang menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar. Biodiesel merupakan suatu nama dari Alkyl Ester atau rantai panjang

asam lemak yang berasal dari minyak nabati maupun lemak hewan. Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin yang menggunakan diesel sebagai bahan bakarnya tanpa memerlukan modifikasi mesin. Biodiesel tidak mengandung petroleum diesel atau solar.

Penelitian tentang bahan bakar alternatif sudah dilakukan di banyak negara, seperti Austria, Jerman, Prancis, dan AS. Negara ini mengembangkan teknologi biodiesel dengan memanfaatkan tanaman yang berbeda-beda. Negara Jerman memakai minyak dari tumbuhan rapeseed, AS menggunakan tanaman kedelai, sedangkan untuk Indonesia banyak tanaman yang berpotensi seperti kelapa sawit, jarak , jagung, kedelai dan sebagainnya (Akhairuddin, 2006)

Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya sumber minyak nabati mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat, serta tingkat konversi minyak nabati menjadi biodiesel yang tinggi (95%). Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Zat-zat penyusun utama minyak-lemak (nabati maupun hewani) adalah trigliserida, yaitu triester gliserol dengan asam-asam lemak. Komposisi asam lemak dalam minyak nabati menentukan sifat fisik kimia minyak, (Hambali dkk, 2008)

2.2.2 Keunggulan dan kelemahan biodiesel diantaranya :

Keunggulan Biodiesel :

1. Biodiesel tidak beracun.
2. Biodiesel adalah bahan bakar *biodegradable*.
3. Biodiesel lebih aman dipakai dibandingkan dengan diesel konvensional.
4. Biodiesel dapat dengan mudah dicampur dengan diesel konvensional, dan dapat digunakan di sebagian besar jenis kendaraan saat ini, bahkan dalam bentuk biodiesel B100 murni.
5. Biodiesel dapat membantu mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil, dan meningkatkan keamanan dan kemandirian energi.

6. Biodiesel dapat diproduksi secara massal di banyak negara, contohnya USA yang memiliki kapasitas untuk memproduksi lebih dari 50 juta galon biodiesel per tahun.
7. Produksi dan penggunaan biodiesel melepaskan lebih sedikit emisi dibandingkan dengan diesel konvensional, sekitar 78% lebih sedikit dibandingkan dengan diesel konvensional.
8. Biodiesel memiliki sifat pelumas yang sangat baik, secara signifikan lebih baik daripada bahan bakar diesel konvensional, sehingga dapat memperpanjang masa pakai mesin.
9. Biodiesel memiliki *delay* pengapian lebih pendek dibandingkan dengan diesel konvensional.
10. Biodiesel tidak memiliki kandungan sulfur, sehingga tidak memberikan kontribusi terhadap pembentukan hujan asam.

Kelemahan Biodiesel :

1. Biodiesel saat ini sebagian besar diproduksi dari jagung yang dapat menyebabkan kekurangan pangan dan meningkatnya harga pangan. Hal ini bisa memicu meningkatnya kelaparan di dunia.
2. Biodiesel 20 kali lebih rentan terhadap kontaminasi air dibandingkan dengan diesel konvensional, hal ini bisa menyebabkan korosi, filter rusak, *pitting* di piston, dll.
3. Biodiesel secara signifikan lebih mahal dibandingkan dengan diesel konvensional.
4. Biodiesel memiliki kandungan energi yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan diesel konvensional, sekitar 11% lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional.
5. Biodiesel dapat melepaskan oksida nitrogen yang dapat mengarah pada pembentukan kabut asap.
6. Biodiesel, meskipun memancarkan emisi karbon yang secara signifikan lebih aman dibandingkan dengan diesel konvensional, masih berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim.

2.2.3 Keuntungan biodesel terhadap mesin adalah :

1. Untuk menambah pelumasan mesin.
2. Menambah ketahanan mesin.
3. Mengurangi frekuensi pergaantian mesin.

Keuntungan lain dari biodesel adalah sifat emisi yang rendah dan mengandung oksigen sekitar 10-11%.

Agar dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar, biodiesel harus mempunyai kemiripan sifat fisik dan kimia dengan minyak solar. Salah satu sifat fisik yang penting adalah viskositas. Sebenarnya, minyak lemak nabati sendiri dapat dijadikan bahan bakar, namun, viskositasnya terlalu tinggi sehingga tidak memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan bakar mesin diesel.

Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dengan minyak solar disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dan Solar (Lestari, 2017)

Sifat Fisik / Kimia	Biodiesel	Solar
Komposisi	Ester Alkil	Hidrokarbon
Densitas, g/ml	0,8624	0,8750
Viskositas, cSt	5,55	4,6
Titik Kilat, ^{o}C	172	98
Angka Setana	62,4	53
Energi yang Dihasilkan	40,1 MJ/kg	45,3 MJ/kg

Dibandingkan dengan minyak solar, biodiesel mempunyai beberapa keunggulan. Keunggulan utamanya adalah emisi pembakarannya yang ramah lingkungan karena mudah diserap kembali oleh tumbuhan dan tidak mengandung SO_x.

Selain itu biodiesel dapat mengurangi polusi tanah serta melindungi kelestarian perairan sumber air minum, kelebihan ini ditunjang oleh sifat biodiesel yang dapat teroksigenasi relatif sempurna atau terbakar habis, non toksik, dan dapat terurai secara alami *(biodegradable)*, disamping itu produksi gas hasil

pembakarannya yakni karbon dioksida *(CO_2)* dapat dimanfaatkan kembali oleh tumbuhan.

Perbandingan emisi pembakaran biodiesel dengan minyak solar disajikan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Perbandingan Emisi Pembakaran Biodiesel dengan Solar (Lestari, 2017)

Senyawa Emisi	Biodiesel	Solar
SO_2, ppm	0	78
NO, ppm	37	64
NO_2, ppm	1	1
CO, ppm	10	40
Partikulat, mg/Nm^3	0,25	5,6
Benzen, mg/Nm^3	0,3	5,01
Toluen, mg/Nm^3	0,57	2,31
Xilen, mg/Nm^3	0,73	1,57
Etil benzen, mg/Nm^3	0,3	0,73

2.2.4 Sifat Fisik Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar cair yang terbuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi. Biodiesel bersifat mudah terbakar, mengandung racun, dan mempunyai kandungan yang mencemari. Biodiesel sendiri mempunyai beberapa sifat fisik yaitu: Densitas, Viskositas, *Flash Point*, dan nilai kalor.

2.2.4.1 Densitas

Densitas adalah massa jenis persatuan volume yang berhubungan dengan massa dan volume dari suatu zat. Densitas dari suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volume (Dewi, 2015). Besarnya densitas dari suatu minyak akan mempengaruhi kinerja dari mesin yang menggunakan minyak tersebut. Dikarenakan perbandingan jumlah udara dan energi didalam ruang bakar dari mesin dipengaruhi dari densitas.

Pada dasarnya tingkat densitas dari biodiesel lebih tiinggi dibandingkan dengan petrodiesel (Hoekman dkk, 2012). Diindonesia, Standar densitas dari biodiesel mengacu pada Spesifikasi SNI 7182-2015 dengan tingkat densitas 850-

890 kg/m^3 pada suhu 40^{0}C ((BSN) Badan Standardisasi Nasional, 2015). Pada persamaan 2.1 berikut cara perhitungan menentukan densitas.

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

Keterangan :

ρ : Densitas (g/cm^3)

m : Massa (g)

V : Volume (cm^3)

2.2.4.2 Viskositas

Viskositas adalah nilai yang menyatakan kekentalan dari suatu cairan. Kekentalan adalah sifat cairan yang berkorelasi dengan hambatan mengalirnya cairan. Kelajuan suatu aliran yang cepat menandakan bahwa viskositas dari cairan tersebut rendah sedangkan bila kelajuan aliran lambat, maka viskositas dari cairan tersebut lebih tinggi (Sutiah dkk, 2008). Nilai dari viskositas bahan bakar sangatlah berperan penting dalam penggunaan mesin diesel. Bila nilai viskositas terlalu tinggi, maka dapat berpengaruh dalam lajunya kontribusi bahan bakar, menyulitkan pemompaan, dan sulitnya pembakaran dalam mesin diesel (Setiawati & Edwar, 2012) Sebaliknya jika nilai viskositas terlalu rendah maka kualitas bahan bakar dalam pelumasan sangatlah buruk (Martínez dkk, 2014)

Pada umumnya nilai viskositas dari biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan viskostias petrodiesel yang lebih rendah. Nilai viskositass dari biodiesel lebih tinggi dikarenakan dipengaruhi oleh kandungan metil ester yang tinggi (Martínez dkk, 2014). Pada spesifikasi SNI 7182-2015 nilai viskositass biodiesel pada suhu 40^{0}C adalah 2.3 - 6 mm^2/s(cSt) ((BSN) Badan Standardisasi Nasional, 2015). Untuk menentukan nilai viskositas kinematik (cSt) perhitungan dapat dilihat pada persamaan 2.2 dibawah ini.

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

Keterangan :

ν : Viskositas Kinematik (cSt)

μ : Viskositas Dinamik (MPa)

ρ : Densitas (kg/m^3)

2.2.4.3 *Flash Point*

Flash Point atau bisa disebut juga titik nyala pada suhu terendah dimana uap dari minyak biodiesel yang bercampur dengan udara akan menyala dengan sekejap. Pada dasarnya titik nyala biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan petrodiesel. Titik nyala biodiesel berada pada angka 110^{0}C hingga 180^{0}C, bila dibandingkan dengan petrodiesel dengan titik nyala hanya pada angka 55^{0}C hingga 66^{0}C (Silitonga dkk, 2013).

2.2.4.4 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah energi kalor yang dapat dilepaskan bahan bakar pada saat oksidasi unsur-unsur kimia yang terdapat pada bahan bakar atau besarnya panas yang didapatkan jika kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran suatu bahan bakar dengan udara atau oksigen. Hasil nilai kalor berbanding terbalik dengan pengujian densitas yaitu dengan semakin besarnya hasil pengujian densitas suatu minyak, maka akan semakin kecil nilai kalornya, dengan demikian juga sebaliknya semakin rendah pengujian densitas makan akan semakin tinggi nilai kalornya. Satuan nilai kalor dinyatakan dalam satuan kCal/kg atau bisa dikenal juga dengan satuan Btu/lb (satuan british) (Kholidah , 2014).

2.2.5 Spesifikasi Biodiesel

Biodiesel yang diproduksi harus sesuai dengan standarisasi mutu biodiesel, apakah biodiesel yang telah diproduksi tersubut mutunya layak untuk digunakan dari segi keamanan maupun kegunaan. Untuk standarisasi biodiesel ditiap Negara berbeda, dikarenakan beberapa faktor yaitu, ketersediaan bahan baku yang digunakan, karakteristik bahan bakar yang digunakan, dan peraturan emisi dimasing-masing Negara. Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah menerbitkan peraturan syarat mutu biodiesel di Indonesia sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu standar yang digunaan ialah SNI- 7182-2015 yang akan ditunjukkan pada tabel 2.5

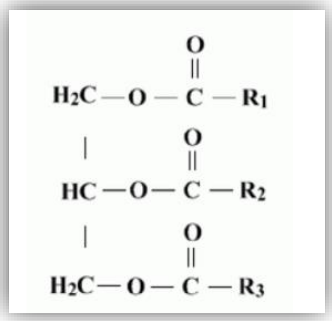
Tabel 2.5 Syarat Mutu Biodiesel SNI-7182-2015 ((BSN) Badan Standardisasi Nasional, 2015)

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 ^oC	kg/m^3	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40 ^oC	mm^2/s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana	Min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	^oC, min	100
5	Titik kabut	^oC, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3jam pada 50 ^oC)		nomor 1
7	Residu karbon -dalam percontoh asli; atau -dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	^oC, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-l_2/100g), maks	115
18	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat Atau Periode induksi metode petro oksi	Menit	480 36
19	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

2.2.6 Minyak Nabati

Minyak nabati adalah minyak yang dihasilkan dari tumbuhan atau disebut juga dengan *vegetable oil*. Minyak nabati tergolong dari lipid, yakni senyawa organik yang tidak bisa terlarut dengan air, tetapi bisa terlarut dengan pelarut organik non polar seperti hidrokarbon ataupun metil ester. Komposisi dari minyak nabati sebagian besar adalah gliserida dan asam lemak rantai karbon yang panjang. Gliserida adalah ester yang terbentuk dari gliserol dan asam lemak. Gliserida terdiri dari monogliserida, digliserida, dan trigliserida tergantung dengan jumlah asam lemak yang ada pada gliserol (Wijayanti, 2008).

Pada umumnya minyak nabati memiliki kandungan 90-98% trigliserida, dengan tiga molekul asam lemak yang terkait pada gliserol. Struktur umum pada trigliserida dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini



Gambar 2.3 Struktur Trigliserida

2.2.6.1 Minyak Jarak

Minyak jarak adalah minyak nabati yang diperoleh dari biji jarak melalui proses ekstraksi. Tanaman jarak pagar mempunyai nama latin *jatropha curcas.* Tanaman jarak sendiri termasuk dalam kategori family *Euphorbiaceae.* Buah jarak termasuk tumbuhan yang berbuah musiman dan tumbuh dalam daerah tropik ataupun subtropik dengan ketinggian 0-800 meter diatas permukaan laut (mdpl) (Ketaren, 1986). Untuk pemanfaatan minyak jarak telah dimanfaatkan di berbagai negara, contohnya: di Negara India mempunyai program tanaman jarak pagar untuk biodiesel seluas 30 juta hektar area.

Di Indonesia sendiri penanaman jarak pagar telah dimulai pada zaman penjajahan Jepang. Pemanfaatan minyak jarak tersebut digunakan oleh penjajah jepang sebagai bahan bakar pesawat tempur dan tank (Utama, 2013). Minyak jarak mempunyai ciri warna kuning pucat, kadar asam lemak jenuh minyak jarak sebesar 21.1% dengan kadar asam lemak tak jenuh sebesar 78.9% (Budiman dkk, 2018). Pada tabel 2.6 dapat dilihat sifat fisik dari minyak jarak.

Tabel 2.6 Sifat Fisik Minyak Jarak (Budiman dkk, 2018).

Sifat	Satuan	Nilai
Densitas	g/cm^3	860-933
Viskositas (30^0C)	cSt	37-54,8
Angka setana	-	38-51
Angka iodium	mg I/kg	92-112
Angka asam	mg KOH/g	0,92-6,16
Pour point	^0C	-3
Cloud point	^0C	3
Titik nyala	^0C	210-240

Minyak dari tanaman jarak sangat layak dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, dikarenakan minyak jarak bukan menjadi tanaman yang menjadi sumber pangan. Buah jarak tidak bisa dikonsumsi karena buah jarak mengandung racun *phorbol* ester (Budiman dkk, 2018).

2.2.6.2 Minyak Goreng Bekas

Minyak goreng bekas adalah minyak yang dihasilkan dari limbah pemakaian minyak goreng seperti minyak jagung, minyak sawit, minyak samin, dan minyak kelapa. Senyawa dari minyak goreng bekas antara lain polimer, aldehida, asam lemak, senyawa aromatic, dan lakton (Hanif, 2009). Minyak goreng bekas menjadi limbah yang banyak ditemukan saat ini, dikarenakan pemakaian minyak goreng terjadi terus menerus untuk keperluan rumah tangga, restoran dan industri pangan. Pemanfaatan minyak goreng bisa dilakukan

dengan cara mengubah minyak goreng bekas menjadi minyak biodiesel dengan cara proses esterifikasi dan transesterifikasi (Hambali dkk, 2008).

Minyak goreng yang dipakai secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama akan mengandung beberapa zat yang berbahaya (karsinogenik) seperti radikal bebas yang bisa menimbukan sel kanker didalam tubuh manusia. Selain dari itu, perubahan yang terjadi selama pemakaian akan menyebabkan perubahan viskositas, warna, bau, penurunan titik bakar (Anwar, 2012). Akibat reaksi tersebut, asam lemak jenuh yang terkandung didalam minyak akan berubah menjadi asam lemak tak jenuh. Dengan tingginya asam lemak jenuh didalam minyak manandakan semakin menurunnya kualitas dari minyak tersebut (Siswantika dkk, 2013). Pada tabel 2.7 akan menunjukkan kandungan dari minyak jelantah.

Tabel 2.7 Sifat Fisik Minyak Jelantah (Anisah dkk, 2018)

Sifat	Satuan	Nilai
Berat Jenis	gr/l	0,9104
Viskositas Kinematis (40^0C)	cSt	39,07
Bilangan Asam	%/volume	1,0037
Bilangan Proksida	mg O_2/100g	1,24
Flash Point	^{0}C	247,7

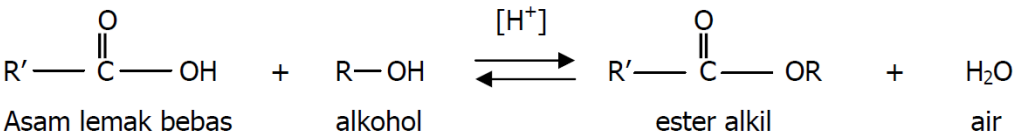
2.2.7 Reaksi Pembuatan Biodiesel

Ester dapat dibuat dari minyak lemak nabati dengan reaksi esterifikasi atau transesterifikasi atau gabungan keduanya.

2.2.7.1 Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi yang terjadi pada asam lemak bebas dengan alkohol akan menghasilkan alkil ester dan air. Proses pencampuran minyak dengan alkohol (metanol/etanol) dan dicampur dengan katalis asam phospat atau asam sulfat (H_3PO_4 / H_2SO_4) (Elma dkk, 2016). Proses esterifikasi sangat layak dilakukan untuk kadar asam lemak bebas yang tingi.

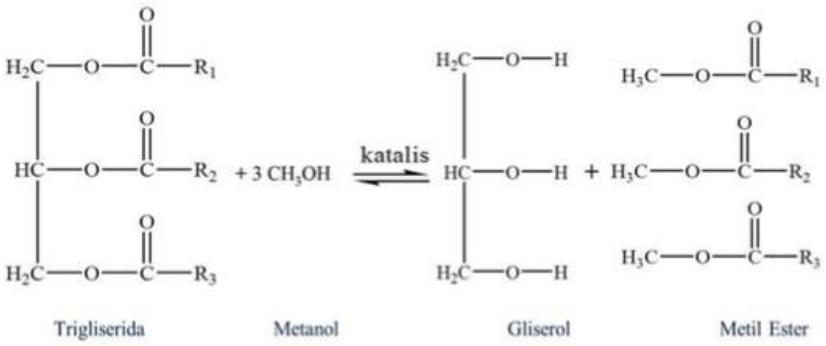
Proses pengolahan minyak dengan kadar asam lemak bebas >5mg KOH/g yang langsung dikakukan dengan proses transesterifikasi akan mengakibatkan terjadinya pembentukan sabun. Bila bahan baku memiliki kadar asam lemak bebas >5mg KOH/g maka akan dilakukan dengan proses dua tahap. Dengan tahap yang pertama dilakukan dengan penurunan kadar asam lemak bebas melalui proses esterifikasi dan tahapp selanjutnya transesterifikasi (Budiman dkk, 2018). Proses esterifikasi dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini. Reaksi esterifikasi dilakukan pada kisaran suhu 60-70^{0}C dikarenakan pada suhu tersebut adalah reaksi titik didih metanol (Budiman dkk, 2018).



Gambar 2.4 Reaksi Esterifikasi

2.2.7.2 Transesterifikasi

Proses transesterifikasi adalah proses pencampuran minyak dengan alkohol dan katalis untuk menghasilkan akil ester dan gliserol (Dewi, 2015). Akil ester dari hasil transesterifikasi inilah yang disebut dengan biodiesel. Karena reaksi ini menggunakan reaktan alkohol maka reaksi ini bisa disebut juga dengan reaksi alkohilis (Budiman dkk, 2018). Reaksi dari transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Reaksi Transesteriikasi

R yang ada pada gambar 2.5 merupakan hidrokarbon rantai panjang dan disebut juga dengan asam lemak. Pada proses transesterifikasi diperlukan katalis untuk mempercepat laju reaksi. Dengan tidak menggunakan katalis dapat menghasilkan konversi yang tinggi, akan tetapi reaksi berjalan dengan lambat (Budiman dkk, 2018).

2.2.8 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi kimia, tetapi tidak mengalami perubahan pada reaksi tersebut. Dalam proses pembuatan biodiesel dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi diperlukan katalis untuk mempercepat laju reaksi. Ada dua macam katalis yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel yaitu:

2.2.8.1 Katalis Asam

Katalis asam adalah katalis yang digunakan untuk proses pembuatan biodiesel dengan kadar asam lemak bebas >5mg KOH/g melalui proses esterfikasi. Jenis katalis basa membutuhkah alkohol lebih banyak dikarenakan efek korosi dari katalis tersebut. Jenis asam yang biasanya digunakan pada katalis ini adalah H_2SO_4, H_3PO_4, dan HCL katalis asam jenis ini lebih efektif untuk digunakan (Budiman dkk, 2018).

2.2.8.2 Katalis Basa

Katalis basa adalah katalis yang digunakan untuk proses transesterifikasi. Hal ini disebabkan keunggulan dari reaksi ini dapat memberikan laju reaksi 4.000 kali lipat lebih besar dari pada katalis asam. Penggunaan katalis basa banyak digunakan pada proses transesterifikasi *edible oil* kerana kadar asam lemak bebas yang rendah. Kebutuhan katalis basa pada proses transesterifikasi berkisar 0.3-1%. Jenis katalis basa yang biasanya digunakan adalah NaOH, KOH, $NaOCH_3$, dan $KOCH_3$ (Budiman dkk, 2018).

2.2.9 Alkohol

Alkohol adalah komponen utama yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Alkohol diperlukan dalam jumlah yang besar untuk menggeser kesetimbangan reaksi ke arah produk. Jenis alkohol yang biasanya digunakan dalam

pembuatan biodiesel adalah metanol, karena metanol memiliki reaktivitas lebih baik dibandingkan dengan jenis alkohol yang lain. Sifat reaktif metanol terkait dengan rantai atom C yang dimilikinya. Rantai atom C alkohol yang pendek akan memperkecil hambatan sterik saat penyerangan gugus karbonil trigliserida berlangsung (Budiman dkk, 2018). Metanol mempunyai rumuskimia CH_3OH. Metanol mempunyai toksisitas yang tinggi. Metanol mempunyaidensitas sebesar 0,792 g/ml, Titik lelehnya -104^{0}C dan titik didihnya 64,7^{0}C, sedikit larut dalam air, eter, dan etanol dengan kelarutan kurang dari 10%.Metanol murni sangat mudah terbakar dan memiliki fase cair pada suhu 30^{0}C tekanan 1 atm (Budiman dkk, 2018).