

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Biodiesel yang bersumber dari bahan minyak nabati atau bahan bakar nabati (BBN) sampai saat ini semakin banyak diminati penggunaannya. Penggunaan minyak nabati perlu ditingkatkan karena semakin menipisnya jumlah minyak fosil yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan minyak nabati juga bisa meminimalisir tingkat pencemaran udara yang ditimbulkan oleh bahan bakar fosil, dikarenakan minyak nabati tidak berkontribusi dalam peningkatan CO₂ dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti minyak solar (Majid dkk, 2012).

Secara fisik minyak sawit lebih kental dari pada biodiesel. Mengurangi viskositas sebelumnya dilakukan dengan proses *transesterifikasi*. Selain itu, perlu dilakukan pengujian kadar air dan viskositas pada minyak sawit yang bertujuan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang terdapat pada minyak sawit tersebut. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Wahyuni, 2010), menghasilkan kadar asam lemak bebas cukup rendah yaitu sebesar 0,32%, sehingga hanya dilakukan proses *transesterifikasi* dan kadar air yang diperoleh juga cukup rendah yaitu sebesar 0,36%, sehingga hidrolis trigliserida untuk menjadi asam lemak bebas relatif rendah. Tabel 2.1 merupakan beberapa karakteristik yang dimiliki oleh minyak sawit.

Tabel 2.1 Karakteristik Minyak Sawit (Wahyuni, 2010)

Parameter	Satuan	Hasil
Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB)	(%b/b)	0,32
Kadar Air	(%b/b)	0,36
Bilangan Penyabunan	(%)	213,06
Viskositas Kinematik	cSt	44,38
Densitas (25°C)	kg/m ³	893,23

Selain karakteristik yang dimiliki oleh minyak sawit, minyak jarak juga dapat digunakan sebagai bahan biodiesel. Minyak jarak memiliki dua jenis yang dikenal di Indonesia, yaitu jarak pagar (*Jatropha curcas*) dan jarak kepyar (*castor ricinus comunis*). Kandungan minyak yang terdapat pada biji jarak pagar sekitar 30 – 50 % dan mengandung 16 – 18 atom karbon per molekul. Untuk minyak bumi mengandung 8 – 10 atom karbon. Perbedaan kandungan atom karbon yang lebih besar pada minyak jarak mengakibatkan viskositas yang lebih tinggi dibandingkan viskositas minyak bumi (Said, 2009).

Bahan baku minyak nabati yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku biodiesel ialah tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas Oil*). Tanaman jarak pagar berasal dari daerah tropis Amerika Tengah, telah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia dari jaman penjajahan Jepang. Tanaman jarak pagar sering dijumpai sebagai pagar pada pekarangan, selain itu juga minyak jarak dipergunakan sebagai obat serta diperuntukan pada minyak lampu. Biji tanaman jarak terkandung persentase minyak yang besar, sehingga mulai dilirik untuk digunakan sebagai sumber bahan bakar alternatif dimasa yang akan datang. Komposisi asam lemak dan sifat fisik pada minyak jarak dapat dilihat pada tabel di berikut:

Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak dari Minyak Jarak Pagar (Hambali dkk, 2007)

Asam Lemak	Komposisi (% berat)
<i>Myristic acid</i>	0-0,1
<i>Palmatic acid</i>	14,1-15,3
<i>Stearic acid</i>	3,7-9,8
<i>Arachidic acid</i>	0-0,3
<i>Behemic acid</i>	0-0,02
<i>Palmitoleic acid</i>	0-1,3
<i>Linoleic acid</i>	29,0-44,2
<i>Oleic acid</i>	34,3-45,8
<i>Linolenic acid</i>	0-0,3

Tabel 2.3 Sifat Fisik Minyak Jarak Pagar (Hambali dkk, 2007)

Sifat Fisik	Satuan	Nilai
Titik nyala (<i>flash point</i>)	°C	236
Densitas pada 15°C	g/cm ³	0,9177
Viskositas pada 30°C	mm ² /s	49,15
Residu karbon (<i>on 10% Distillation residue</i>)	% (m/m)	0,34
Kadar abu sulfat (<i>sulfated ash content</i>)	% (m/m)	0,007
Titik tuang (<i>pour point</i>)	°C	-2,5
Kadar sulfur (<i>sulfur content</i>)	Ppm	<1
Kadar air (<i>water content</i>)	Ppm	935
Bilangan asam (<i>acid value</i>)	mg KOH/g	4,75
Bilangan lod (<i>lodine value</i>)	G iod/100g minyak	96,5

Minyak jarak pagar memiliki sifat yang hampir sama dengan solar atau minyak diesel. Minyak jarak sebagai sumber minyak terbarukan yang termasuk non-edible oil. Tanaman biji jarak pagar mengandung persentase minyak cukup banyak sekitar 30-50% (Syarifuddin, 2006).

Setyaningsih, dkk (2010) juga telah melakukan penelitian menggunakan dua metode pencampuran, yang pertama adalah metode pencampuran dalam bentuk minyak sebelum proses biodiesel dan metode yang ke dua adalah dalam bentuk biodiesel. Pencampuran metode yang pertama menghasilkan titik awan yang lebih tinggi dan titik tuang yang lebih rendah, dibandingkan dengan metode yang ke dua nilainya yang relatif konstan. Pencampuran 55% biodiesel jarak pagar dengan biodiesel laurat (75% laurat metil ester) menunjukkan titik awan dan titik tuang minimum (-3 °C; -18°C). Titik minimum ini disebut dengan titik *eutectic* yang mencerminkan keseimbangan yang ideal dari cair-padat di antara metil ester jenuh rantai sedang dan metil ester tidak jenuh rantai panjang. Komposisi metil ester biodiesel ini adalah palmitat 8,91%, laurat 34,03%, oleat 46,17%, stearat 3,82%

dan palmitat 8,91%. Hasil ini juga menunjukkan peran laurat, suatu asam lemak jenuh rantai sedang, yang berpengaruh dalam biodiesel kelapa (48,11%).

Campuran hasil esterifikasi dipanaskan di dalam labu leher menggunakan *hot plate* yang diiringi dengan melakukan pengadukan. Kemudian menambahkan larutan metoksida (katalis 1% b/b minyak dan campuran methanol 15% v/b minyak). Proses ini berlangsung selama kurang lebih 1 jam pada suhu 55-65°C dan kecepatan pengadukan 300-500 rpm (Chitra dkk, 2005; Ramos dkk, 2009).

Mahmud dkk, (2010) melakukan penelitian tentang penentuan nilai kalor berbagai komposisi campuran bahan bakar minyak nabati dengan menggunakan minyak jarak 100%, minyak goreng bekas 100%, minyak sawit 100% dan minyak campuran minyak jarak dengan minyak goreng bekas, dengan adanya variasi campuran 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 20:80 dan 10:90%. Nilai kalor pada sampel minyak sawit dan minyak goreng bekas lebih besar dibandingkan dengan minyak jarak, sehingga sampel campuran minyak goreng bekas dan minyak jarak, nilai kalor akan semakin tinggi seiring dengan semakin banyaknya kuantitas minyak goreng bekas dalam campuran.

Wahyuni (2010) juga telah melakukan penelitian biodiesel dari minyak sawit menggunakan variasi suhu 50, 60, dan 70°C dengan variasi waktu pencampuran selama 1, 5, 10, 15, 20, 30, 60, dan 90 menit. Dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka waktu yang dibutuhkan supaya viskositas dan densitasnya masuk dalam standar SNI 04-7182-2006 akan semakin cepat. Nilai viskositas memenuhi standar SNI 04-7182-2006 (2,30-6,00 cSt) dimulai pada menit ke 15, 20, 30 pada suhu 70, 60, dan 50°C secara berturut-turut. Sedangkan nilai densitasnya, hanya pada menit ke-1 yang tidak memenuhi standar SNI-04-7182-2006 (850,0-890,0 kg/m³).

Murni (2010) menguji viskositas dan massa jenis (densitas) biodisel pada minyak sawit. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur 33, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90°C. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat diperoleh bahwa viskositas dan massa jenis semakin menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Harga optimal untuk massa jenis biodisel yaitu ketika temperatur berada pada rentang 80-90°C. Pada rentang ini viskositas menurun dengan

meningkatnya temperatur, namun pada kisaran 70°C, viskositas solar berada pada nilai optimalnya. Kecenderungan juga sama terjadi pada nilai massa jenis (densitas). Massa jenis (densitas) biodiesel cenderung berubah dari menurun kemudian meningkat.

Sidabutar dkk, (2013) menetapkan beberapa referensi sebagai ruang lingkup penelitian untuk memberikan hasil yang memuaskan. Ruang lingkup penelitian ini mencakup temperatur reaksi kurang lebih 70°C dan waktu reaksi 1-2 jam dengan interval 30 menit. Katalis yang dipilih adalah NaOH dengan pertimbangan yang lebih ekonomis. Kemudian Rasio reaktan (minyak: methanol) yang digunakan 1:10, 1:8 dan 1:6. Kemudian yang terakhir rasio jumlah katalis yang digunakan adalah 1% dan 2% dari jumlah massa reaktan. Hasil konversi dari perbandingan reaktan 1:8 merupakan yang tertinggi, dengan katalis (NaOH) sebanyak 2% dan waktu reaksi 2 jam yaitu sebesar 96,41%.

Penelitian yang telah dilakukan Dewi (2015), pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak jarak dengan metode yang digunakan ialah transesterifikasi menggunakan *microwave* dengan variasi rasio mol dengan metanol pada variasi 1:9, 1:6, 1:3. Hasil yang didapatkan minyak jarak memiliki kandungan asam lemak bebas sebesar 0,79%. Selain itu pada tahapan reaksi dari proses transesterifikasi maka hasil biodiesel terbaik ialah pada variasi 1:6 dengan nilai *yield* sebesar 92,67% dengan menggunakan waktu 10 menit. Sementara itu, nilai viskositas 16,11 mm²/s dan nilai densitas yang dihasilkan sebesar 0,94 g/ml, Sehingga nilai yang diperoleh tidak mencukupi standar SNI untuk dijadikan sebagai bahan bakar biodiesel.

Bahan baku biodiesel minyak jarak dan minyak sawit berpotensi sangat besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel. Hal itu dikarenakan minyak sawit memiliki rasio keluaran atau masukan energi yang cukup tinggi dibandingkan dengan minyak jarak dan minyak kedelai (Indrayanti, 2009). kadar asam lemak bebas minyak jarak kepyar (*racinus communis*) sebesar 0,79% (Dewi, 2015). Untuk Kadar asam lemak bebas yang dimiliki minyak sawit sebesar 0,32% (Wahyuni, 2010). Dalam proses pembuatan biodiesel ini dapat dilakukan dengan tahap *esterifikasi* dan *transesterifikasi*. Tetapi tergantung pada kandungan asam

lemak bebas yang dimiliki oleh masing-masing minyak nabati tersebut. Minyak nabati dengan kandungan asam lemak bebas lebih dari 2%, maka perlu dilakukan tahap *esterifikasi* (Indrayanti, 2009).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Biodiesel

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar yang dibuat dari minyak tumbuh-tumbuhan (nabati) atau lemak hewan. Biodiesel secara umum dapat diperbaharui dan merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran monoalkil ester dari rantai panjang asam lemak (Said, 2009). Biodiesel adalah bahan bakar minyak nabati yang dikembangkan sesuai *blue print*. Bahan-bahan yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel antara lain ialah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*), minyak kelapa sawit (*crude palm oil*), jarak kepyar (*ricinus communis*), dan masih banyak yang lainnya. (Nurcholis, 2007). Adapun beberapa kelebihan yang dimiliki oleh biodiesel sebagai berikut:

1. Biodiesel mampu beroperasi pada mesin konvensional tanpa harus memodifikasi mesin.
2. Biodiesel mengurangi emisi dan senyawa karsinogen.
3. Biodiesel aman dan tidak beracun.
4. Menghasilkan pembakaran yang sempurna terhadap mesin biodiesel.

Biodiesel diakui sebagai bahan bakar alternatif dengan petroleum diesel dalam wujud murni atau campuran 20% (Said, 2009).

2.2.2 Minyak Jarak

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) sejak lama sudah dikenal sebagai tanaman konservasi, karena sifatnya yang sangat toleran terhadap jenis tanah dan iklim. Tanaman tersebut sangat cepat tumbuh dan struktur akarnya mampu menahan erosi, terutama jika ditanam dengan jarak yang sangat rapat (0,25 – 0,30 m). Jika ditanam dengan jarak tanam lebih lebar yaitu 2 x 3 m dapat digunakan untuk produksi biji. Untuk jarak yang lebih lebar (4x 5 m), maka akan menghasilkan pohon dengan kayu yang baik untuk pembuatan pulp dan papan serat. Tanaman jarak pagar memberikan nilai ekonomis, karena biji yang dikandungnya menghasilkan minyak sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Selain itu, hampir

seluruh bagian tanaman dari tanaman jarak pagar dapat dimanfaatkan: kayu dan dahan untuk bahan bakar, kayu tua untuk pulp kertas, papan serat, getah dan daun untuk biopestisida, tempurung biji untuk arang aktif dan serat kulit buah untuk kompos. Selain itu, limbah proses pembuatan biodiesel akan dihasilkan bungkil untuk makanan ternak, biopestisida serta gliserin untuk bahan kimia dan kosmetika. Kemudian dampaknya pada industri hilir yaitu memicu tumbuhnya industri rakyat seperti pupuk, sabun cuci, biopestisida, pulp kertas, gliserin, papan serat dan lain sebagainya (Sudradjat dkk, 2003).

2.2.3 Minyak Sawit

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

Produksi minyak kelapa sawit dunia sebesar 45 juta ton dengan produksi tertinggi berada di Asia Tenggara (Malaysia 40% dan Indonesia 46%). Buah kelapa sawit membutuhkan waktu 5-6 bulan dari masa penyerbukan sampai buah menjadi matang. Tiap hektar buah yang bisa dihasilkan sekitar 10-35 ton pertahun dan apabila dikonverensi menjadi minyak kelapa sawit sekitar 4-5 ton setahun. Buah kelapa sawit terdiri atas bagian dalam berupa tempurung (*endocarp*) yang melindungi inti karnel dan bagian serabut yang disebut *mesocarp* (Budiman dkk, 2014).

2.3 Sifat Fisik Bahan Bakar Cair

Pada dasarnya karakteristik bahan bakar cair dapat diketahui dengan beberapa tahap pengujian sebelum dipergunakan pada mesin tertentu, maka penting mengetahui sifat fisik bahan bakar cair yang mendekati standar mutu bahan bakar cair dapat diketahui dengan cara sebagai berikut:

2.3.1 Densitas

Densitas adalah jumlah zat yang terkandung dalam suatu unit volume (Moechtar, 1989). Densitas suatu bahan tidak sama pada setiap bagiannya tergantung pada faktor lingkungan seperti tekanan dan suhu. Satuan densitas adalah kg/m^3 . Dalam cgs adalah gram per centimeter kubik g/cm^3 , yang sering juga digunakan. Faktor konversi sangat berguna dimana $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Young, 2002). Pengukuran densitas sebuah biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan timbangan digital dan piknometer ukuran 25 ml. Nilai densitas dapat dihitung menggunakan rumus (Ketaren S., 1986).

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

Keterangan:

- ρ = massa jenis air (kg/m^3).
- m = massa benda (kg).
- v = volume benda (m^3).

2.3.2 Viskositas

Viskositas merupakan kekentalan suatu fluida. Pada fluida mempunyai kekentalan yang berbeda-beda, biasanya dinyatakan dengan η . Untuk mengetahui nilai besar kecilnya suatu viskositas dapat melakukan pengukuran dengan menggunakan alat *viscometer*. Apabila viskositas semakin tinggi maka membutuhkan tekanan yang tinggi juga untuk mengalirkan bahan bakar. Hal ini sangat penting, karena berpengaruh pada kerja injektor pada mesin. Oleh karena itu, bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah, agar dengan mudah dapat teratomisasi dan mengalir (Dewi, 2015).

2.3.3 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah titik temperatur yang rendah, dimana bahan bakar dapat menyala ketika bereaksi terhadap udara. Apabila titik nyala menyala terus-menerus,

maka suhu tersebut dinamakan dengan titik bakar (*fire point*). Jika titik nyala yang terlalu sangat tinggi dapat menyebabkan keterlambatan terhadap penyalaan sementara dan apabila titik nyala terlalu sangat rendah maka akan mengakibatkan timbulnya denotasi seperti ledakan kecil yang terjadi pada saat sebelum bahan bakar masuk kedalam ruang pembakaran. Hal ini juga mampu mengakibatkan meningkatnya resiko bahaya pada saat waktu penyimpanan. Dimana semakin tinggi titik nyala pada suatu bahan bakar maka semakin aman terhadap penanganan maupun penyimpanannya (Widyastuti, 2007).

2.3.4 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan suatu angka yang menunjukkan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (*density*). Pada volume yang sama, semakin rendah berat jenis suatu minyak, maka semakin tinggi nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin besar berat jenis suatu minyak, maka akan semakin kecil pula nilai kalornya (Kholidah, 2014).

Nilai kalor pada umumnya dinyatakan dalam satuan Cal/kg atau Btu/lb (satuan *british*). Nilai kalori diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode (Kholidah, 2014).

2.3.5 Katalis

Katalis adalah zat yang memiliki fungsi untuk mempercepat laju suatu reaksi dan dapat menurunkan kondisi operasi. Karena reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang lambat, Maka diperlukan katalis untuk mempercepat laju reaksi tersebut. Adapun dua macam katalis yang secara umum digunakan pada proses esterifikasi dan transesterifikasi sebagai berikut:

2.3.5.1 Katalis Basa Homogen

Katalis basa homogen merupakan jenis katalis yang umum digunakan pada reaksi transesterifikasi. Hal ini disebabkan oleh keunggulannya yang memberikan laju reaksi 4.000 kali lipat lebih besar daripada katalis asam. Adapun jenis katalis basa yang umum digunakan adalah NaOCH_3 , KOH , NaOH , dan KOCH_3 (Budiman dkk, 2014).

2.3.5.2 Katalis Asam Homogen

Katalis asam homogen dipilih untuk memproduksi biodiesel dari minyak yang FFA tinggi melalui reaksi esterifikasi. Walaupun katalis asam lebih murah dibandingkan katalis basa, tetapi katalis ini lebih banyak membutuhkan alkohol. Adapun jenis katalis asam seperti H_3PO_4 , H_2SO_4 , dan HCl (Budiman dkk, 2014).

2.3.6 Metanol

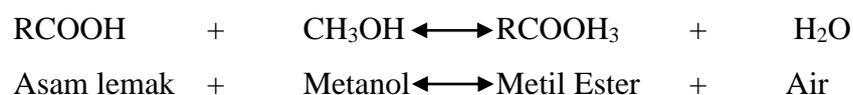
Proses pembuatan biodiesel dibutuhkan alkohol sebagai salah satu reaktannya. Alkohol dibutuhkan dalam jumlah yang berlebih untuk menggeser keseimbangan reaksi ke arah produk. Oleh karena itu, keberadaan alkohol sangat perlu dalam reaksi esterifikasi maupun transesterifikasi. Metanol adalah jenis alkohol yang paling diminati, karena mempunyai reaktivitas yang paling tinggi di antara jenis yang lainnya. Sifat reaktif metanol terkait dengan rantai atom C yang dimilikinya. Rantai atom C alkohol yang pendek akan memperkecil hambatan sterik pada saat penyerangan gugus karbonil trigliserida berlangsung (Budiman dkk, 2017).

Metanol (CH_3OH) memiliki tingkat toksisitas yang tinggi, mempunyai densitas sebesar 0,792 g/ml. Titik leleh metanol ialah $-104^\circ C$ dan titik didihnya yaitu $64,7^\circ C$. Metanol sedikit larut dalam air, eter dan etanol dengan kelarutan kurang dari 10%. Metanol murni sangat mudah terbakar dan pada suhu $330^\circ C$ tekanan 1 atm metanol berada dalam fase cair (Budiman dkk, 2017).

2.4 Teknik Pembuatan Biodiesel

2.4.1 Esterifikasi

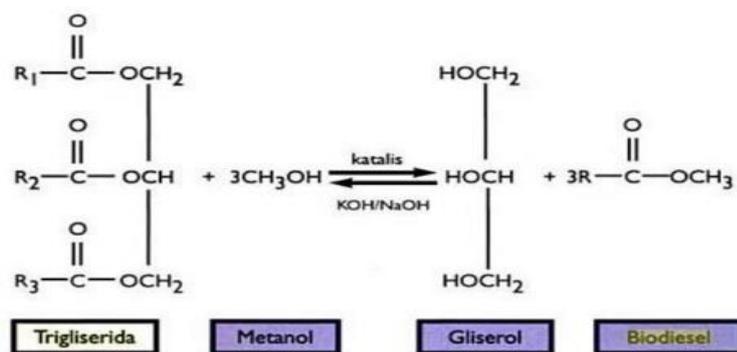
Esterifikasi adalah reaksi antara asam lemak dengan alkohol menggunakan katalis asam. Esterifikasi dengan katalis asam mengkonversi FFA menjadi ester alkil. Esterifikasi pada umumnya menggunakan katalis asam homogen seperti asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H_2SO_4), Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi (Kasim, 2012). Reaksi asam lemak menjadi metil ester sebagai berikut:



Reaksi esterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah rasio mol metanol dengan minyak, suhu, waktu reaksi, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Semakin tinggi rasio mol metanol dengan minyak yang digunakan, maka semakin tinggi rendemen metil ester dan semakin kecil kandungan asam lemak bebas di akhir operasi. Suhu operasi yang optimum adalah 60°C (Kasim, 2012). Esterifikasi dilakukan apabila bahan yang digunakan adalah minyak yang memiliki kadar FFA tinggi.

2.4.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses reaksi antara trigliserida dengan alkohol membentuk alkyl ester (biodiesel) dan gliserol. Proses transesterifikasi adalah pengeluaran gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (misal metanol) menjadi metil ester atau biodiesel (Nur dkk, 2014).



Gambar 2. 1 Reaksi *transesterifikasi* (Nur dkk, 2014)