

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Minyak Jelantah**

Minyak jelantah merupakan limbah sisa penggorengan. Menurut Julianus (2006) bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Pemanasan minyak jelantah dapat mempercepat hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak. Kandungan FFA pada minyak jelantah akan menghambat reaksi transesterifikasi karena metil ester dan gliserol menjadi susah untuk dipisahkan. Minyak jelantah lebih kental dibandingkan dengan minyak segar disebabkan oleh pembentukan dimer dan polimer asam dan gliserida di dalam minyak jelantah karena pemanasan sewaktu digunakan. Berat molekul dan angka iodin minyak jelantah menurun, sementara berat jenis dan angka penyabunan semakin tinggi disebabkan karena minyak jelantah mengalami kerusakan selama proses penggorengan dan pemanasan secara berulang-ulang yang mempengaruhi mutu dan nilai gizi bahan pangan yang digoreng (Angga, dkk 2012). Adapun sifat fisik dan kimia minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jelantah**

| <b>Sifat Fisik</b>             | <b>Sifat Kimia</b>  |
|--------------------------------|---|
| Warna coklat kekuning-kuningan | Hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol                                     |
| Berbau tengik                  | Proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak                   |
| Terdapat endapan               | Proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak |

Sumber : Demirbas, 2009

Karakteristik minyak jelantah setelah proses penyaringan dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Karakteristik Minyak Jelantah Setelah Proses Penyaringan**

| <b>Karakteristik</b>  | <b>Minyak Jelantah Setelah Penyaringan</b> |
|---|--|
| Asam Lemak Bebas (FFA) (%)  | 4,9  |
| Nilai Peroksida (P,V) (Meq/kg)  | 1,8  |
| Komponen Gliserida (MG, DG, TG) (%)   | 73,8                                       |
| Lain-lain (Komponen non-gliserida) (%)  | 20   |
| Waktu Induksi (suhu pada 120) (jam)   | 1,45                                       |
| Komposisi Asam Lemak (% berat metil ester)  |  |
| C <sub>14</sub> : 0, (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH)*                                     | 0,9  |
| C <sub>16</sub> : 0, (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH)*                                     | 39,2                                       |
| C <sub>18</sub> : 0, (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH)*                                     | 5,3  |
| C <sub>18</sub> : 1, (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH)* | 46,4                                       |
| C <sub>18</sub> : 2, (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH)* | 8,1  |

Sumber : Khaeng et al., 2003

Pemilihan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dikarenakan beberapa alasan berikut ini : (Yulia Tri Rahkadima, 2011)

#### 1. Sebagai limbah

Minyak jelantah yang merupakan limbah hasil penggorengan yang mengandung asam lemak bebas. Apabila dibuang sembarangan akan berdampak pada lingkungan dikarenakan dapat merusak ekosistem tanah dan air yang dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah.

#### 2. Murah

Selain sebagai limbah, minyak jelantah merupakan bahan baku yang murah dibandingkan bahan baku lainnya. Adapun perbandingan harga rata-rata bahan baku dalam produksi biodiesel pada tahun 2007 (US/ton) dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Perbandingan Harga Bahan Baku Produksi Biodiesel Tahun 2007**

| <b>Jenis Bahan Baku</b> | <b>Harga (USD/ton)</b> |
|-------------------------|------------------------|
| <i>Crude Palm Oil</i>   | 703                    |
| <i>Rapesses Oil</i>     | 824                    |
| <i>Saybean</i>          | 771                    |
| <i>Waste Cookin Oil</i> | 224                    |
| <i>Yellow Grease</i>    | 412                    |

Sumber : Demirbas, 2009

### 3. Melimpah

Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk diolah menjadi biodiesel karena konsumsi minyak goreng yang sangat tinggi sehingga sisa minyak jelantah juga melimpah. Adapun sektor penghasil penghasil minyak jelantah pada tahun 2007 dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4. Sektor Penghasil Minyak Jelantah Tahun 2007**

| <b>Sektor Penghasil Minyak Jelantah</b> | <b>Jumlah (ton/tahun)</b> |
|---|---------------------------|
| Rumah tangga                            | 305.050,14                |
| Industri Pengolahan Makanan             | 2.079.417,56              |
| Restaurant dan Hotel                    | 1.502.218,93              |
| <b>Total</b>                            | <b>3.886.686,63</b>       |

Sumber : Yulia Tri Rahkadima, 2011

## 2.2 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang dimana berfungsi untuk mempercepat atau memperlambat reaksi tanpa mengalami perubahan. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi dengan menyediakan suatu jalur dengan energi aktivasi yang lebih rendah.

Katalis memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Katalis tidak mengalami perubahan yang permanen dalam reaksi, tapi terlibat dalam mekanisme reaksi,
2. Katalis mempercepat laju reaksi tetapi tidak mengubah jenis maupun jumlah hasil reaksi,
3. Katalis dapat menurunkan energi aktivasi, tetapi tidak mengubah entalpi reaksi,
4. Katalis mengubah mekanisme reaksi dengan menyediakan tahap-tahap yang mempunyai energi pengaktifan lebih rendah,
5. Katalis mempunyai aksi spesifik, artinya hanya dapat mengkatalisis reaksi tertentu,
6. Katalis hanya diperlukan dalam jumlah sedikit,
7. Katalis dapat teracuni.

Katalis yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel dapat digolongkan dalam katalis asam dan katalis basa :

a. Katalis Asam

Beberapa contoh katalis asam yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel adalah Asam klorida (HCl), Asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) , dan Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Katalis asam memberikan waktu reaksi yang lebih lama dan kebutuhan metanol lebih banyak (20:1). Katalis asam biasanya digunakan untuk reaksi esterifikasi asam lemak bebas atau sabun menjadi ester atau digunakan dalam perlakuan awal untuk bahan baku dengan asam lemak bebas (FFA) tinggi.

b. Katalis Basa

Jenis katalis basa biasanya digunakan pada proses pembuatan biodiesel antara lain Natrium hidroksida (NaOH), Kalium hidroksida (KOH). Berikut penjelasan jenis katalis basa yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel :

1. Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium hidroksida (KOH) mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan katalis lainnya. Pada proses pembuatan biodiesel, katalis KOH tidak menghasilkan limbah cair yang berbahaya bagi lingkungan. Selain itu, KOH dapat dibuat dari abu pembakaran limbah padat pembuatan minyak nabati. Adapun sifat fisik dan sifat kimia KOH diuraikan dalam tabel 5 sebagai berikut :

**Tabel 5. Sifat Fisik dan Kimia KOH**

| Sifat Fisik   |              | Sifat Kimia  |
|---------------|--------------|--|
| Titik Lebur   | 406°C        | Termasuk dalam golongan basa kuat  |
| Titik Didih   | 1320 °C      | Bereaksi dengan CO <sub>2</sub> di udara membentuk K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dan air      |
| Titik Leleh   | 400 °C       | Bereaksi dengan asam membentuk garam   |
| Warna         | Putih        | Bereaksi dengan trigliserida membentuk sabun dan gliserol                                      |
| Wujud         | Padatan      | Bereaksi dengan Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> membentuk AlO <sub>2</sub> yang larut dalam air |
| Berat Molekul | 56,10 gr/mol | Beraksi dengan ester membentuk garam dan senyawa alkohol                                       |

Sumber : *Material Safety Data Sheet*

## 2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida adalah basa yang umum di laboratorium kimia. Pada proses pembuatan biodiesel, katalis NaOH memiliki kelebihan, yang dimana suhu dan tekanan yang dibutuhkan dalam reaksi pembuatan biodiesel relatif rendah. Adapun sifat fisik dan sifat kimia NaOH diuraikan dalam tabel 8 sebagai berikut :

**Tabel 6. Sifat Fisik dan Kimia NaOH**

|                     | <b>Sifat Fisik</b>    | <b>Sifat Kimia</b>   |
|---------------------|-----------------------|--|
| Titik Lebur         | 318 °C                | Sangat basa dan mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida |
| Titik Didih         | 1390 °C               | Cepat menyerap CO <sub>2</sub> bila dibiarkan di udara                 |
| Kelarutan dalam air | 111 g/100 ml (20 °C ) | Membentuk basa kuat  |
| Warna               | Putih                 | Mudah larut dalam air dan etanol                                       |
| Wujud               | Padatan               |  |
| Berat Molekul       | 39,9971 gr/mol        |  |
| Densitas            | 2,1 g/cm <sup>3</sup> |  |

Sumber : *Material Safety Data Sheet*

## 2.3 Alkohol

Alkohol adalah kelompok senyawa yang mengandung satu atau lebih gugus fungsi hidroksil (-OH) pada suatu senyawa alkana. Alkohol merupakan salah satu zat yang paling penting dalam kimia organik karena dapat diubah dari satu ke banyak tipe senyawa lainnya. Reaksi dengan alkohol akan menghasilkan dua senyawa, senyawa yang mengandung ikatan R-O atau senyawa yang mengandung ikatan O-H. Alkohol dapat dikenali dengan rumus R-OH. Sifat fisik dan sifat kimia alkohol dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7. Sifat Fisik dan Kimia Alkohol**

| Sifat Fisik  | Sifat Kimia   |
|--|---|
| Berwarna jernih dan berbau khas  | Sebagai asam, alkohol dapat bereaksi dengan dengan larutan basa pekat ( $\text{OH}^-$ ) dan basa kuat seperti $\text{NH}_2^-$ |
| Tiga suku pertama alkohol (metanol, etanol, dan propanol) mudah larut dalam air dengan semua perbandingan. | Sebagai basa, alkohol dapat bereaksi dengan asam kuat seperti HBr   |
| Titik didih alkohol lebih tinggi daripada titik didih alkana dengan BM yang sama                           | Dapat bereaksi dengan asam karboksilat menghasilkan ester dan produk samping berupa air.<br>Mudah terbakar                    |

Sumber : *Material Safety Data Sheet*

Alkohol yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel adalah sebagai berikut :

#### 1. Metanol

Jenis alkohol yang selalu dipakai pada proses transesterifikasi adalah metanol dan etanol. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) karena metanol memiliki satu ikatan carbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan carbon, sehingga lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol dibanding dengan etanol. Kerugian dari metanol adalah metanol merupakan zat beracun dan berbahaya bagi kulit, mata, paru-paru dan pencernaan dan dapat merusak plastik dan karet terbuat dari batu bara mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Adapun sifat fisik dan kimia dari metanol dapat dilihat pada tabel 8.

**Tabel 8. Sifat Fisik dan Kimia Metanol**

| Sifat Fisik   |              | Sifat Kimia                      |
|---------------|--------------|----------------------------------|
| Titik Nyala   | 11°C         | Mudah terbakar                   |
| Titik Didih   | 64,7°C       | Beracun                          |
| Titik Leleh   | -98°C        | Mudah menguap                    |
| Viskositas    | 0,55 Cp      | Bau nya lebih ringan dari etanol |
| Berat Molekul | 32,04 gr/mol |                                  |
| Solubility    | Miscible     |                                  |

Sumber : *Material Safety Data Sheet*

## 2. Etanol

Etanol lebih aman, tidak beracun dan terbuat dari hasil pertanian, etanol memiliki sifat yang sama dengan metanol yaitu berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Adapun sifat fisik dan kimia dari etanol dapat dilihat pada tabel 9.

**Tabel 9. Sifat Fisik dan Kimia Etanol**

| Sifat Fisik         |              | Sifat Kimia  |
|---------------------|--------------|--|
| Titik Nyala         | 12,8 °C      | Mudah terbakar   |
| Titik Didih         | 78,5 °C      | Mudah menguap  |
| Titik beku          | -117 °C      | Pelarut yang baik untuk senyawa organik  |
| Densitas            | 0,789 kg/l   | Beracun  |
| Berat Molekul       | 46,07 gr/mol | Mudah terbakar di udara sehingga menghasilkan lidah api (flame) yang berwarna biru muda dan transparan |
| Kelarutan dalam air | Larut        |  |
| Titik Leleh         | -114,3       |  |
| Viskositas          | 1200 Cp      |  |
| Keasaman            | 15,9         |  |

Sumber : *Material Safety Data Sheet*

## 2.4 Biodiesel

Biodiesel adalah alkil ester (metil, etil, isopropil, dan sejenisnya) dari asam-asam lemak. Menurut Tyson K.S (2006), biodiesel adalah bahan bakar pengganti solar yang dibuat dari minyak nabati, minyak bekas hasil penggorengan, atau lemak hewan. Pembuatan biodiesel dapat melalui proses esterifikasi, transesterifikasi, dan esterifikasi – transesterifikasi. Biodiesel atau metil ester dengan rumus bangunnya  $\text{RCOOCH}_3$  merupakan senyawa alkil ester,

dan mempunyai senyawa karbon rantai lurus jenuh, kecuali C<sub>17</sub> yang mempunyai rantai lurus rangkap (Shilvia Vera Sinaga dkk, 2013).

Biodiesel memiliki hasil pembakaran yang lebih baik dibandingkan hasil pembakaran dari solar sehingga sifat biodiesel lebih ramah lingkungan. Biodiesel memiliki rantai karbon 12-20 dan terdapat oksigen. Hal inilah yang membedakan antara biodiesel dan solar yang memiliki komponen utamanya hanya dari hidrokarbon sehingga komposisi biodiesel dan solar sangat berbeda. Agar dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar, biodiesel harus mempunyai kemiripan sifat fisik dan kimia dengan minyak solar. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dengan minyak solar dapat dilihat pada tabel 10.

**Tabel 10. Perbandingan Sifat Fisik/Kimia Biodiesel dan Minyak Solar**

| <b>Sifat Fisik/Kimia</b> | <b>Biodiesel</b> | <b>Solar</b> |
|--------------------------|------------------|--------------|
| Komposisi                | Ester Alkil      | Hidrokarbon  |
| Densitas                 | 0,8624           | 0,875        |
| Viskositas               | 5,55             | 4,6          |
| Titik kilat, cSt         | 172              | 98           |
| Angka Setana             | 62,440,1         | 53           |
| Energi yang dihasilkan   | 40,1 MJ/kg       | 45,3 MJ/kg   |

Sumber : Hanif, 2009

Biodiesel menghasilkan tingkat emisi hidrokarbon yang lebih kecil dibanding dengan solar sekitar 30 % dan emisi CO lebih rendah 17 % sedangkan untuk emisi Nox lebih tinggi sekitar 10 %. Secara keseluruhan tingkat emisi biodiesel lebih rendah dibandingkan dengan solar sehingga penggunaannya lebih ramah lingkungan (Firdaus, 2010). Adapun perbandingan emisi pembakaran biodiesel dengan minyak solar dapat dilihat pada tabel 11.

**Tabel 11. Perbandingan Emisi Pembakaran Biodiesel dan Solar**

| <b>Sifat Fisik/Kimia</b>         | <b>Biodiesel</b> | <b>Solar</b> |
|----------------------------------|------------------|--------------|
| SO <sub>2</sub> , ppm            | 0                | 78           |
| NO, ppm                          | 37               | 64           |
| NO <sub>2</sub> , ppm            | 1                | 1            |
| CO, ppm                          | 10               | 40           |
| Partikulat, mg/Nm <sup>3</sup>   | 0,25             | 5,6          |
| Benzen, mg/Nm <sup>3</sup>       | 0,3              | 5,01         |
| Toluene, mg/Nm <sup>3</sup>      | 0,57             | 2,31         |
| Xilene, mg/Nm <sup>3</sup>       | 0,73             | 1,57         |
| Etil Benzene, Mg/Nm <sup>3</sup> | 0,3              | 0,73         |

Sumber : Setyadji dkk, 2007

Persyaratan mutu biodiesel di Indonesia sudah dilakukan dalam SNI-04-718-2006, yang telah disahkan dan diterbitkan oleh badan Standarisasi nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006. Persyaratan kualitas biodiesel dapat dilihat pada tabel 12.

**Tabel 12. Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006**

| No. | Parameter   | Satuan                           | Nilai                  |
|-----|---|----------------------------------|------------------------|
| 1   | Massa jenis pada 40 °C  | Kg/m <sup>3</sup>                | 850-890                |
| 2   | Viskositas kinematik 40 °C                                      | Mm <sup>2</sup> /s (cst)         | 2,3-6,0                |
| 3   | Angka setana  |                                  | Min 51                 |
| 4   | Titik nyala (mangkok tertutup)                                  | °C                               | Min 100                |
| 5   | Titik kabut   | °C                               | Maks 18                |
| 6   | Korosi lempeng tembaga<br>(3 jam pada 50 °C)                    |                                  | Maks no 3              |
| 7   | Residu Karbon<br>Dalam contoh asli<br>Dalam 10% ampas Distilasi |                                  | Maks 0,05<br>Maks 0,30 |
| 8   | Air dan sediment  | % vol                            | Maks 0,5               |
| 9   | Temperatur Distilasi 90%  | °C                               | Maks 360               |
| 10  | Abu tersulfatkan  | % massa                          | Maks 0,02              |
| 11  | Belerang  | Ppm-m (mg/kg)                    | Maks 100               |
| 12  | Fosfor  | Ppm-m (mg/kg)                    | Maks 10                |
| 13  | Angka asam  | Mg-KOH/g                         | Maks 0,8               |
| 14  | Gliserol bebas  | % massa                          | Maks 0,02              |
| 15  | Gliserol total  | % massa                          | Maks 0,24              |
| 16  | Kadar Ester Alkyl   | % massa                          | Maks 96,5              |
| 17  | Angka Iodium  | % massa (9g-I <sub>2</sub> /100) | Maks 115               |
| 18  | Uji Helphen   |                                  | Negatif                |

Sumber: Soerawidjaja, 2006

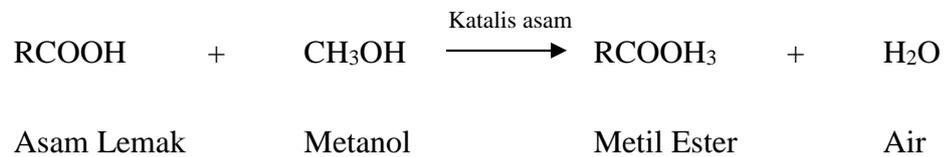
## 2.5 Pembuatan Biodiesel

Kandungan *Free Fatty Acid (FFA)* atau asam lemak bebas merupakan faktor penentu dari jenis proses pembuatan biodiesel yang akan dilakukan. Pembuatan biodiesel ada dua tahap :

### a. Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester dengan mereaksikan antara minyak lemak dengan alkohol. Proses esterifikasi ditunjukkan untuk perlakuan awal dalam membuat biodiesel dengan menggunakan bahan baku yang memiliki kadar FFA tinggi yaitu > 5% dengan

tujuan kandungan asam lemak bebas dapat turun dan diperoleh tambahan ester. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat (Soerawidjaja, 2006).



Tahap esterifikasi diikuti dengan tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus dibuang terlebih dahulu. berikut ini faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi (Angga Hariska dkk, 2012) :

1. Keadaan pereaksi dan luas permukaan  
Pada umumnya semakin kecil partikel pereaksi makin besar permukaan yang bersentuhan dalam reaksi sehingga reaksi makin cepat.
2. Konsentrasi  
Makin besar konsentrasi makin cepat laju reaksi. Pereaksi yang berbeda mempengaruhi laju reaksi tertentu dengan cara yang berbeda.
3. Temperatur  
Pada umumnya, jika temperatur dinaikkan laju reaksi bertambah.
4. Penambahan katalis  
Katalis adalah zat yang dapat mempercepat suatu reaksi, tetapi tidak ikut bereaksi. Sebagai contoh, campuran hidrogen dan oksigen ditambahkan dengan serbuk platina sebagai campuran katalis, maka akan segera reaksi yang eksplosif.

b. Transesterifikasi

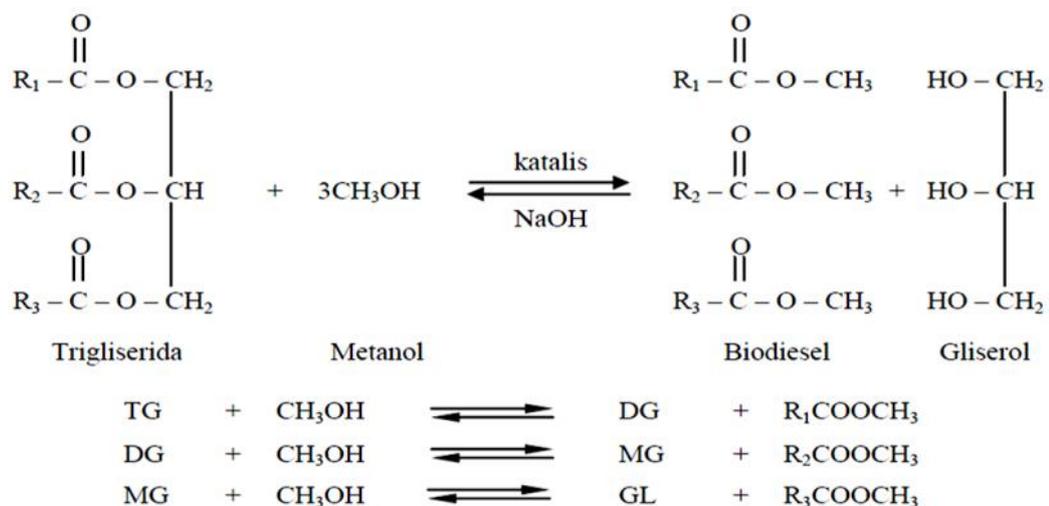
Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) dengan alkohol menjadi metil ester dan juga menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Jenis alkohol yang digunakan adalah metanol dan etanol. Reaksi transesterifikasi untuk memproduksi biodiesel tidak lain adalah reaksi alkoholisis, reaksi ini hampir sama dengan reaksi hidrolisis tetapi menggunakan alkohol. Reaksi ini bersifat reversible dan menghasilkan alkil ester dan gliserol. Alkoholisis berlebih digunakan untuk memicu reaksi pembentukan produk (Ariza Tunjung

Sari, 2007).

Proses transesterifikasi biasanya untuk membuat biodiesel dengan menggunakan bahan baku yang memiliki kadar FFA rendah yaitu dibawah 5 % dengan tujuan untuk menurunkan visikositas atau kekentalan minyak sehingga mendekati visikositas dari solar. Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat (Mittlebatch, 2004). Katalis yang biasa digunakan adalah katalis basa. Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah metil ester. Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu :

1. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
2. Memisahkan gliserol
3. Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm).

Menurut Swern (1982), jumlah alkohol yang dianjurkan sekitar 1,6 kali jumlah yang dibutuhkan secara teoritis. Jumlah alcohol yang lebih dari 1,75 kali jumlah teoritis tidak mempercepat reaksi bahkan mempersulit pemisahan gliserol selanjutnya. Freedman (1984) menyebutkan bahwa untuk transesterifikasi menggunakan katalis basa, perbandingan mol methanol dan minyak sebesar 1 : 6 adalah optimal.



Menurut Hambali *et. al* (2007) Metode transesterifikasi terdiri dari 4 tahapan :

1. Pencampuran katalis alkali umumnya NaOH atau KOH dengan alkohol biasanya metanol dan etanol pada konsentrasi katalis antara 0,5–1 wt % dan 10-20 wt % metanol terhadap minyak.
2. Pencampuran alkohol dan katalis dengan minyak pada temperatur 55°C dengan kecepatan pengadukan konstan. Reaksi dilakukan sekitar 30 – 40 menit.
3. Setelah reaksi berhenti pencampuran didiamkan hingga terjadi pemisahan antara metil ester dan gliserol. Metil ester yang dihasilkan pada tahap ini sering disebut sebagai crude biodiesel, karena metil ester yang dihasilkan mengandung zat pengotor seperti sisa metanol, sisa katalis, gliserol dan sabun.
4. Metil ester yang dihasilkan pada tahap ini dicuci menggunakan air hangat untuk memisahkan zat-zat pengotor dan kemudian dilanjutkan dengan *drying* untuk menguapkan air yang terkandung didalam biodiesel.

## 2.6 Faktor-Faktor Mempengaruhi Pembentukan Biodiesel

Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal merupakan kondisi yang berasal dari minyak, seperti kandungan air dan asam lemak bebas. Sedangkan faktor eksternal merupakan kondisi yang tidak berasal dari minyak meliputi kecepatan pengadukan, suhu reaksi, rasio alkohol, rasio umpan, dan jenis katalis. Menurut Hikmah dkk, (2010), faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan biodiesel dari proses transesterifikasi yaitu :

1. Asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Banyak peneliti yang menyarankan agar kandungan asam lemak bebas lebih kecil dari 0.5% (<0.5%). Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Menurut Joeliningsih, Tambunan, H.A., *et al* (2012) apabila bahan baku yang memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi

(>1%) harus dilakukan perlakuan awal. Hal ini dikarenakan katalis basa akan bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun dan air.

## 2. Perbandingan rasio umpan

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida, untuk dan alkil ester memperoleh 3 mol dan 1 mol gliserida. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio 6 : 1, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98 - 99%, sedangkan 3 : 1 adalah 74 - 89 %.

## 3. Jenis alkohol

Pada rasio 6 : 1, metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan etanol atau butanol.

## 4. Jenis katalis

Katalis adalah bahan yang digunakan ke dalam reaksi yang mempercepat jalannya reaksi. Katalis dapat digolongkan dalam katalis asam, basa, dan katalis enzim.

## 5. Kecepatan pengadukan

Pengaruh kecepatan pengadukan pada proses reaksi berkaitan dengan kehomogenan campuran reaksi agar reaksi berlangsung sempurna. Semakin tinggi kecepatan pengadukan maka akan semakin cepat terjadinya reaksi. Menurut Sahirman (2009), kecepatan pengadukan optimum dari reaksi transesterifikasi adalah 300 rpm. Berdasarkan hasil penelitian Nouredini dan Zhu (1997) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap % yield yang dihasilkan pada kecepatan pengadukan 150- 300 rpm akan tetapi antara 300 dan 600 rpm perbedaannya hanya sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan akan berpengaruh pada hasil proses transesterifikasi, akan tetapi setelah terjadi kesetimbangan tidak akan berpengaruh nyata.

## 6. Suhu

Pada reaksi transesterifikasi, suhu yang baik biasanya berkisar pada 30 °C – 65 °C. Suhu reaksi berkaitan dengan panas yang dibutuhkan untuk mencapai energi aktivasi. Semakin tinggi suhu, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat.

## 7. Kondisi minyak (kasar dan murni)

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati refined. Namun apabila produk metil ester akan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya dan disaring.

### 2.7 Karakteristik Biodiesel

Berdasarkan penelitian Enweremadu dan Rutto tahun 2010, karakteristik biodiesel dari minyak segar, minyak jelantah, dan minyak fosil dapat dilihat pada tabel 13.

**Tabel 13. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Segar, Minyak Jelantah, dan Minyak Fosil**

| Karakteristik                          | Biodiesel dari Minyak Segar | Biodiesel dari Minyak Jelantah | Biodiesel dari Minyak Diesel (Fosil) |
|--|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Densitas pada 40 (kg/m <sup>3</sup> )  | 870,6                       | 876,08                         | 807                                  |
| Suhu Destilasi                         | 0,887                       | 0,893                          | 0,825                                |
| 10% produk                             | 324                         | 343                            | 165                                  |
| 50% produk                             | 335                         | 345                            | 265                                  |
| 90% produk                             | 159                         | 320                            | 345                                  |
| Flashpoint (°C)                        | 165                         | 160                            | 53                                   |
| Fire point                             | 165                         | 164                            | 58                                   |
| Viskositas                             | 2,701                       | 3,658                          | 1,81                                 |
| Kinematik pada 40 (mm/S <sup>2</sup> ) |                             |                                |                                      |
| Nilai kalor (kJ/kg)                    | 40120,78                    | 39767,23                       | 42347,94                             |
| API Gravity                            | 27,83                       | 26,87                          | 39,51                                |
| Indek Cetane                           | 50,025                      | 50,54                          | 56,21                                |
| Anilin Point                           | -                           | -                              | 77,5                                 |

Sumber : Enweremadu dan Rutto, 2010

## **2.8 Manfaat dan Keunggulan Biodiesel**

### **2.8.1 Manfaat biodiesel**

Biodiesel memiliki manfaat yaitu (Departemen Teknologi Pertanian USU, 2005) :

1. Mengurangi emisi dari mesin.
2. Mempunyai rasio keseimbangan energi yang baik (minimum 1 - 2,5).
3. Energi lebih rendah 10 – 12% dari bahan bakar diesel minyak bumi, 37 – 38 MJ/kg. (Menimbulkan peningkatan efisiensi pembakaran biodiesel sebesar 5 – 7% dan juga menghasilkan penurunan torsi 5% dan efisiensi bahan bakar).
4. Bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi.
5. Jika 0,4 – 5 % dicampur dengan bahan bakar diesel minyak bumi otomatis akan meningkatkan daya limas bahan bakar.

### **2.8.2 Keunggulan biodiesel**

Biodiesel memiliki keunggulan (Ju *et.al.*,2003), antara lain :

1. Merupakan bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang cukup baik (bebas sulfur, *smoke number* rendah).
2. Angka setana (*Cetane Number*) tinggi (bilangan yang menunjukkan ukuran baik tidaknya kualitas biodiesel berdasar sifat kecepatan bakar dalam ruang bakar mesin), sehingga efisiensi pembakaran lebih baik.
3. Viskositas tinggi sehingga mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik daripada solar sehingga memperpanjang umur mesin.
4. Dapat diproduksi secara lokal.
5. Merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbaharui.
6. Tidak mengandung Sulfur dan Benzene yang mempunyai sifat karsinogen serta dapat diuraikan secara alami.
7. Titik kilat tinggi, yakni tempertatur terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan ataupun saat didistribusikan daripada solar.

## 2.9 Pompa Sentrifugal

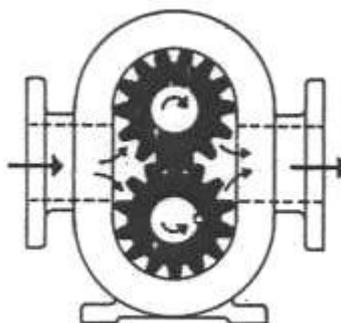
### 2.9.1 Pompa Sentrifugal

Pompa adalah suatu mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida cair melalui pipa dari satu tempat ke tempat lain. Dalam menjalankan fungsinya tersebut, pompa mengubah energi gerak poros untuk menggerakkan sudu-sudu menjadi energi tekanan pada fluida. Klasifikasi pompa menurut prinsip perubahan bentuk energi yang terjadi, pompa dibedakan menjadi *Positive Displacement Pump* dan *Dynamic Pump / Centrifugal Pump*.

#### 1. *Positive Displacement Pump*

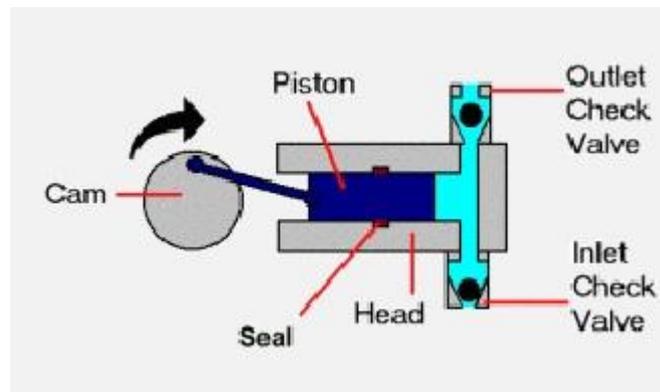
*Positive Displacement Pump* disebut juga dengan pompa aksi positif. Energi mekanik dari putaran poros pompa dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. Pada pompa jenis ini dihasilkan head yang tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah. Jenis pompa aksi positif adalah Pompa *Rotary* dan Pompa Torak.

- a. Pompa *Rotary* sebagai ganti pelewatan cairan pompa sentrifugal, pompa rotari akan merangkap cairan, mendorongnya melalui rumah pompa yang tertutup. Hampir sama dengan *piston* pompa torak akan tetapi tidak seperti pompa torak (*piston*), pompa *rotary* mengeluarkan cairan dengan aliran yang lancar (*smooth*). Adapun pompa rotari ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Pompa Rotary

- b. Pompa torak merupakan mengeluarkan cairan dalam jumlah yang terbatas selama pergerakan piston sepanjang langkahnya. Volume cairan yang dipindahkan selama satu langkah torak akan sama dengan perkalian luas torak dengan panjang langkah. Adapun pompa torak ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pompa Torak

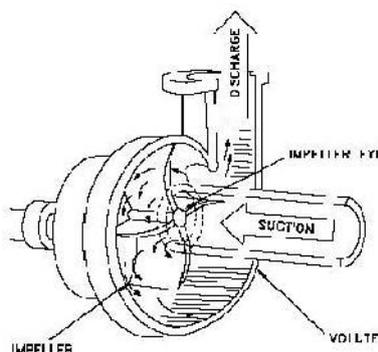
## 2. *Dynamic Pump / Centrifugal Pump*

*Dynamic Pump/Centrifugal Pump* merupakan suatu pompa yang memiliki elemen utama sebuah motor dengan sudu *impeller* berputar dengan kecepatan tinggi. Fluida masuk dipercepat oleh *impeller* yang menaikkan kecepatan fluida maupun tekanannya dan melemparkan keluar *volute*. Adapun prosesnya adalah sebagai berikut :

- a. Antara sudu *impeller* dan fluida : Energi mekanis alat penggerak diubah menjadi energi kinetik fluida
- b. Pada *Volute* : Fluida diarahkan ke saluran tekan (*discharge*), sebagian energi kinetik fluida diubah menjadi energi tekan.

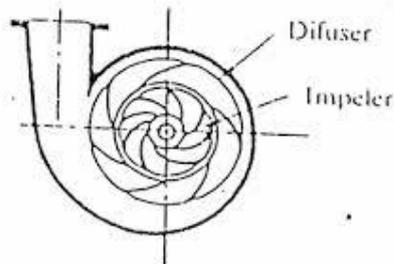
Adapun jenis-jenis pompa sentrifugal dibagi menjadi 5 jenis antara lain sebagai berikut :

1. Pompa *Volute* : pada pompa *volute* aliran yang keluar dari *impeller* ditampung di dalam *volute* (rumah spiral), yang selanjutnya akan disalurkan ke nosel keluar. Adapun pompa *volute* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pompa *Volute*

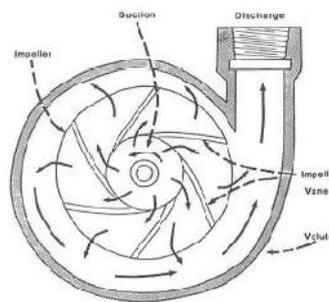
2. Pompa Difuser : pompa difuser mempunyai difuser yang dipasang mengelilingi *impeller*. Fungsi dari difuser ini adalah untuk menurunkan kecepatan aliran yang keluar dari *impeller*, sehingga energi kinetik aliran dapat diubah menjadi energi tekanan secara efisien. Pompa difuser dipakai untuk memperoleh head total yang tinggi. Adapun pompa difuser ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Pompa Difuser

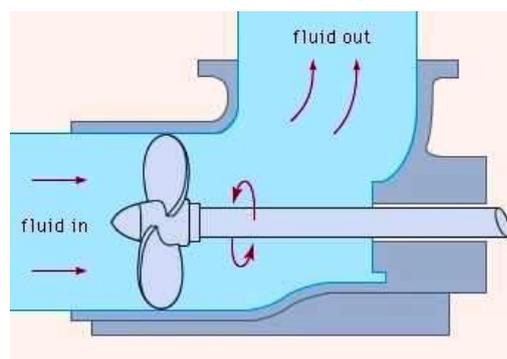
3. Pompa Radial : fluida diisap pompa melalui sisi isap adalah akibat berputarnya *impeller* yang menghasilkan tekanan vakum pada sisi isap. Selanjutnya fluida yang telah terisap terlempar keluar *impeller* akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida itu sendiri. Dan selanjutnya ditampung oleh *casing* (rumah pompa) sebelum dikeluarkan kesisi tekan (*discharge*). Dalam hal ini ditinjau dari perubahan energi yang terjadi, yaitu: energi mekanis poros pompa diteruskan kesudu-sudu impeler, kemudian sudu tersebut memberikan gaya kinetik pada fluida. Akibat gaya sentrifugal yang besar, fluida terlempar keluar mengisi rumah pompa dan didalam rumah pompa inilah energi kinetik fluida sebagian besar diubah menjadi energi

tekan. Arah fluida masuk kedalam pompa sentrifugal dalam arah aksial dan keluar pompa dalam arah radial. Pompa sentrifugal biasanya diproduksi untuk memenuhi kebutuhan head medium sampai tinggi dengan kapasitas aliran yang medium. Dalam aplikasinya pompa sentrifugal banyak digunakan untuk kebutuhan proses pengisian ketel dan pompa-pompa rumah tangga. Adapun pompa radial ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pompa Radial

4. Pompa Aksial (*Propeller*) : berputarnya *impeller* akan menghisap fluida yang dipompa dan menekannya kesisi tekan dalam arah aksial karena tolakan *impeller*. Pompa aksial biasanya diproduksi untuk memenuhi kebutuhan *head* rendah dengan kapasitas aliran yang besar. Dalam aplikasinya pompa aksial banyak digunakan untuk keperluan pengairan. Adapun pompa aksial ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Pompa Aksial

5. Pompa Aliran Campur (*Mixed Flow Pump*) : *Head* yang dihasilkan pada pompa jenis ini sebagian adalah disebabkan oleh gaya sentrifugal dan sebagian lagi oleh tolakan impeler. Aliran buangnya sebagian radial dan

sebagian lagi aksial, inilah sebabnya jenis pompa ini disebut pompa aliran campur.

6. Pompa Jenis Tubin : pompa ini disebut juga pompa Vorteks (*Vortex*), periperi (*Periphery*), dan regeneratif. Prinsip kerjanya adalah cairan diputar oleh baling-baling *impeller* dengan kecepatan tinggi selama hampir satu putaran di dalam saluran yang berbentuk cincin (*annular*), tempat *impeller* di berputar. Energi ditambahkan ke cairan dalam sejumlah impuls.

Keuntungan dari pompa sentrifugal adalah sebagai berikut :

1. Jumlah aliran yang dihasilkan merata dan bertekanan konstan pada saat beroperasi.
2. Ongkos perawatan ringan dan konstruksi sederhana.
3. Dapat mempompa air kotor sebab tidak mempunyai katup.
4. Getaran yang terjadi pada saat pengoperasian lebih kecil.

Kekurangan pompa sentrifugal adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi pompa lebih kecil bila dibandingkan dengan pompa torak, terutama untuk kapasitas besar dan tekanan tinggi.
2. Pompa sentrifugal tidak dapat beroperasi bila sisi isap kering pada awal pengoperasian sehingga perlu diisi atau dipancing.
3. Pompa sentrifugal sukar untuk jumlah aliran yang kecil dengan tekanan yang tinggi.