

## BAB II

### TINJAUAN PUSAKA

#### 2.1 Tinjauan Pusaka

Said dkk, (2010) melakukan penelitian untuk melihat pengaruh rasio reaktan, temperatur, dan waktu reaksi terhadap konversi minyak jarak menjadi metil ester dan untuk mengetahui pengaruh temperatur reaksi pada proses transesterifikasi terhadap konstanta kecepatan reaksi. Metil ester merupakan bahan bakar alternatif yang dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi minyak jarak dengan metanol. Variabel yang diteliti adalah rasio reaktan (minyak jarak : metanol), yaitu 1 : 2, 1 : 4, dan 1 : 6, temperatur reaksi yaitu 60°C, 70°C, dan 80°C, dan waktu reaksi yaitu 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah semakin tinggi rasio reaktan (minyak jarak : metanol), maka konversi reaksi yang dihasilkan juga akan semakin tinggi, semakin tinggi temperatur dari reaksi, maka konstanta kecepatan pada reaksi akan semakin tinggi.

Fatimura dkk, (2016) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak jelantah bekas rumah makan dengan variasi penambahan katalis KOH pada proses transesterifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses produksi biodiesel dan juga mengetahui karakteristik dari biodiesel dengan memvariasikan konsentrasi katalis KOH 1%, 2%, 3%, 4% maka didapat variasi penambahan katalis mempengaruhi nilai asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) dan angka asam yang didapat biodiesel, semakin banyak katalis maka nilai asam lemak bebas dan angka asam biodiesel akan semakin kecil. Variasi penambahan katalis mempengaruhi nilai densitas yang didapat biodiesel, semakin banyak katalis maka nilai densitas akan lebih kecil. Kesimpulan yang didapat dari penelitian tersebut adalah variasi penambahan katalis mempengaruhi nilai asam lemak bebas dan angka asam yang didapat biodiesel, semakin banyak katalis nilai asam lemak bebas dan angka asam biodiesel akan semakin kecil, Variasi penambahan katalis mempengaruhi nilai densitas yang didapat biodiesel, semakin

banyak katalis maka nilai densitas akan lebih kecil, dari variasi berbagai katalis KOH, diperoleh bahwa kondisi optimum untuk penelitian ini adalah 4% katalis dari berat minyak.

Wahyudi dkk, (2019) melakukan penelitian tentang unjuk kerja mesin diesel berbahan bakar campuran biodiesel jarak dan biodiesel jelantah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dari mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar solar 100% dan campuran biodiesel jarak – jelantah dan solar dengan variasi 5% biodisel – 95% solar (B5), 10% biodisel – 90% solar (B10) dan 15% biodisel – 85% solar (B15). Penelitian diawali dengan melakukan pengujian pada sifat fisik bahan bakar yang meliputi viskositas, densitas, flashpoint, dan nilai kalor. Selanjutnya dilakukan pengujian unjuk kerja mesin diesel. Kesimpulan dari penelitian bahwa bahwa daya yang dihasilkan dari bahan bakar B5, B10, B15 masih lebih rendah daripada bahan bakar solar murni, laju konsumsi bahan bakar pada biodisel B5, B10, dan B15 lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar solar murni.

Kurdi (2006) melakukan pengujian tentang kinerja mesin diesel dengan bahan bakar dari bahan baku minyak jarak. Proses pengujian pertama adalah pembuatan biodiesel dari bahan baku minyak jarak. Perbandingan minyak jarak dan methanol adalah 5:1. Biodiesel yang dihasilkan dari proses metanolisis kemudian diuji sifat fisiknya antara lain viskositas, kandungan energi, dan angka setana. Hasil dari uji sifat fisik didapatkan nilai kandungan energi pada biodiesel sekitar 9.4% lebih kecil dibanding dengan minyak solar. Meskipun kandungan energi pada biodiesel jarak lebih kecil dari pada minyak solar, namun minyak solar yang dicampur dengan biodiesel dengan komposisi tertentu dapat menghasilkan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan minyak solar murni. Efisiensi dari bahan bakar campuran minyak diesel – biodiesel lebih baik sekitar 1.7% dibanding dengan minyak diesel murni pada putaran mesin 2500 rpm.

Isalmi (2010) dalam penelitiannya tentang uji performance mesin diesel menggunakan biodiesel minyak goreng bekas menyimpulkan bahwa biodiesel

B20 volume memenuhi standar bahan bakar solar. Biodiesel minyak goreng bekas memiliki spesifik graviti yang lebih besar dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan untuk minyak solar. Hal ini disebabkan karena senyawa penyusun pada biodiesel memiliki jumlah karbon yang lebih besar dibanding dengan solar sehingga menyebabkan spesifik graviti minyak goreng bekas lebih tinggi. Daya bahan bakar pada biodiesel B20 dan B40 dengan campuran solar dan minyak goreng bekas memiliki perbedaan. Biodiesel B40 memiliki daya yang lebih rendah dibandingkan dengan biodiesel B20. Daya yang dihasilkan berkurang sekitar 2,3% terhadap daya yang dihasilkan oleh solar, hal ini disebabkan karena kelambatan penyalaan pada mesin diesel yang menyebabkan operasi pada mesin menjadi kasar dan menyebabkan kehilangan daya. Konsumsi bahan bakar pada biodiesel B40 memiliki rata-rata yang lebih besar 2,75% dibanding dengan yang lainnya, hal ini disebabkan karena nilai kalor yang terdapat pada biodiesel B40 lebih kecil sehingga konsumsi bahan bakarnya menjadi lebih besar. Biodiesel B40 memiliki emisi gas buang yang lebih kecil dari emisi gas buang solar dan B20. Emisi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan biodiesel B40 dan B20 lebih kecil dibandingkan dengan solar. Hasil dari pengujian diatas dapat diartikan bahwa biodiesel B20 dan B40 menghasilkan kinerja yang baik untuk dijadikan sebagai bahan bakar mesin diesel dan emisi gas yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan solar.

Penelitian unjuk kerja mesin diesel berbahan bakar campuran biodiesel jarak, biodiesel minyak goreng bekas dengan perbandingan 3:2 belum pernah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian ini digunakan campuran biodiesel jarak dan biodiesel minyak goreng bekas dengan solar sebagai variasinya, kemudian diujikan pada mesin diesel.

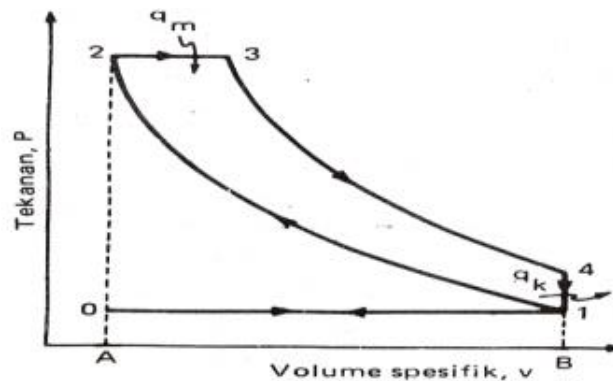
## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Mesin Diesel**

Motor diesel adalah motor bakar torak dimana pembakarannya tidak memakai loncatan bunga api listrik, tetapi bahan bakartersebut disemprotkan

kedalam silinder pada waktu torak hampir mencapai titik mati atas (TMA). Karena udara yang terdapat didalam silinder memiliki temperatur yang tinggi, maka bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya (Daryanto, 1984).

Pada motor diesel terdapat siklus udara dengan tekanan konstan atau biasa disebut dengan siklus diesel yang merupakan suatu proses terjadinya pemasukan dan pengeluaran kalor dengan tekanan konstan. Siklus udara tekanan konstan merupakan siklus motor bakar torak yang terjadi ketika pemasukan dan pengeluaran kalor terjadi pada tekanan konstan. Gambar siklus diesel dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Mesin Diesel (Rumahorbo, 2014)

Proses dari siklus tersebut yaitu :

- 0-1 : Langkah hisap udara, pada tekanan konstan
- 1-2 : Langkah kompresi, pada keadaan isentropik
- 2-3 : Langkah pemasukan kalor, pada tekanan konstan
- 3-4 : Langkah ekspansi, pada keadaan isentropik
- 4-1 : Langkah pengeluaran kalor, pada tekanan konstan
- 1-0 : Langkah buang, pada tekanan konstan

## 2.2.2 Biodiesel

Biodiesel adalah bentukan dari rantai panjang asam lemak dengan alkohol (Kurdi, 2006). Asam lemak dapat berasal dari minyak nabati maupun hewani. Secara kimiawi, apabila alkohol yang digunakan biodiesel adalah methanol maka disebut dengan methyl ester dan apabila alkohol yang digunakan adalah etanol maka disebut dengan ethyl ester (Kurdi, 2006). Proses pembuatan biodiesel disebut dengan proses transesterifikasi terutama transesterifikasi yang dikatalisasi dengan alkali dengan hasil akhir berupa biodiesel dan gliserol.

### 2.2.2.1 Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel dari minyak nabati dilakukan dengan mengkonversi trigliserida menjadi metyl ester asam lemak dengan memanfaatkan katalis pada proses metanolisis/esterifikasi (Budiman dkk., 2014). Menurut Fanny dkk. (2012) biodiesel dapat disintesis dengan 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 ( $H_2SO_4$  atau  $H_3PO_4$ ).

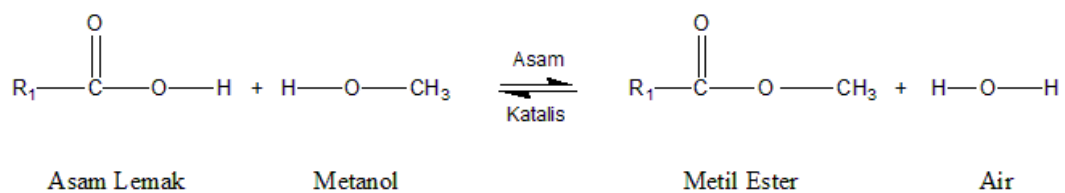
Pada pembuatan biodiesel minyak nabati yang memiliki kadar asam lemak bebas  $>1\%$  harus dilakukan proses esterifikasi sebelum dilakukan proses transesterifikasi (Devita, 2015).

#### 2.2.2.1.1 *Degumming*

*Degumming* merupakan salah satu tahapan dalam proses pemurnian minyak. *Degumming* dilakukan untuk memisahkan getah atau lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, residu, karbohidrat, air dan resin. Zat yang digunakan untuk menarik gum (getah) yang disebut *degumming agent* antara lain adalah asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) (Hasibuan, 2013).

### 2.2.2.1.2 Esterifikasi

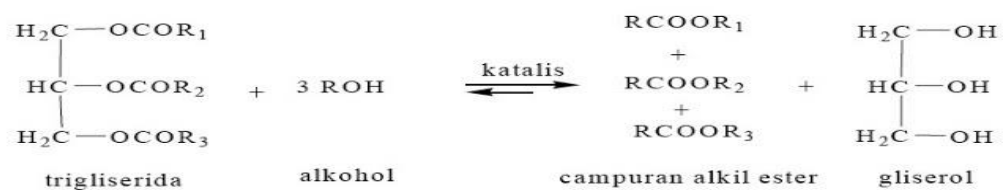
Reaksi esterifikasi adalah reaksi yang terjadi antara asam lemak bebas dengan metanol yang kemudian dapat menghasilkan alkil ester dan air. Reaksi esterifikasi ini sangat cocok diterapkan untuk bahan baku yang berkadar asam lemak bebas atau *Free Fatty Acid* (FFA) yang tinggi. Reaksi esterifikasi menjadi solusi bagi pengolahan biodiesel dengan bahan baku yang memiliki kualitas yang rendah seperti minyak goreng bekas. Pengolahan bahan baku yang mengandung asam lemak bebas > 5 mg KOH/g saat melalui proses transesterifikasi akan menyebabkan reaksi penyabunan. Reaksi esterifikasi umumnya menggunakan katalis asam seperti asam sulfat, asam klorida maupun resin penukar kation asam (Budiman, 2017). Reaksi esterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.2 Reaksi Esterifikasi (Budiman, 2017)

### 2.2.2.1.3 Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara alkohol dan trigliserida membentuk alkil ester dan gliserol. Alkil ester inilah yang disebut dengan biodiesel. Trigliserida adalah suatu komponen penyusun minyak dan lemak yang merupakan triester dari gliserol dengan asam-asam lemak (Budiman, 2017). Reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi (Budiman, 2017)

### 2.2.3 Minyak Jarak

Minyak jarak pagar berasal dari tanaman jarak pagar yang memiliki nama latin yaitu *Jatropha curcas*. Tanaman jarak pagar berasal dari Amerika Tengah dan Indonesia mulai menanamnya sejak zaman penjajahan Jepang. Minyak jarak pagar memiliki kadar asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) sebesar 14%. Nilai ini sangatlah tinggi karena pada proses transesterifikasi kandungan asam lemak bebas tidak boleh melebihi 3% sehingga harus dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas minyak jarak (Budiman, 2017).

Tanaman jarak dapat menghasilkan biji yang memiliki kandungan minyak sekitar 30 – 50 %. Salah satu kekurangan minyak jarak daya pembakaran yang masih rendah untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung (Said et al., 2010). Cara yang sering digunakan untuk menurunkan viskositas pada minyak jarak dan meningkatkan daya pembakarannya sehingga dapat sesuai dengan standar minyak diesel untuk kendaraan bermotor adalah dengan proses transesterifikasi.

### 2.2.4 Minyak goreng bekas

Seiring dengan meningkatnya konsumsi dari minyak goreng, maka potensi limbah minyak goreng bekas juga akan meningkat. Pemanfaatan minyak goreng bekas selama ini masih banyak digunakan untuk pengolahan bahan makanan. Penggunaan minyak goreng bekas untuk digunakan sebagai pengolahan makanan dapat membahayakan kesehatan karena trigliserida yang ada sudah mengalami kerusakan dan bersifat karsinogenik atau penyebab kanker (Haryanto dkk., 2015).

Minyak jelantah memiliki kandungan asam lemak bebas yang bervariasi yaitu sekitar 5-30%. Oleh karena itu perlu dilakukan *pretreatment* untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas dengan cara esterifikasi dengan menggunakan alkohol jenis metanol (Budiman, 2017).

## 2.2.5 Sifat fisik (*Properties*) biodiesel

### 2.2.5.1 Viskositas

Viskositas dapat dinyatakan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul–molekul cairan satu dengan yang lain. Suatu jenis cairan yang mudah mengalir, dapat dikatakan memiliki viskositas yang rendah, dan sebaliknya bahan yang sulit mengalir dikatakan memiliki viskositas yang tinggi (Febrianto dkk., 2013).

### 2.2.5.2 Titik Nyala (*flashpoint*)

*Flashpoint* merupakan titik nyala dari suatu bahan bakar pada suhu terendah dimana bahan bakar menghasilkan uap dan bercampur dengan udara dan membentuk campuran yang dapat menyala atau terbakar. Sehingga semakin tinggi nilai flash point suatu bahan bakar maka waktu penyalaan bahan bakar tersebut semakin lama, karena kecepatan penguapannya (*Volatility*) yang lambat (Misbachudin, 2017).

### 2.2.5.3 Densitas

Massa jenis (densitas) adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya (Saputra, 2017).

Kerapatan fluida ( $\rho$ ) dapat didefinisikan sebagai massa persatuan volume ditunjukkan pada persamaan 2.1 berikut ini.

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

dengan :       $\rho$       :      rapat massa ( $\text{kg/m}^3$ )  
                    $m$       :      massa (kg)  
                    $v$       :      volume ( $\text{m}^3$ )



#### 2.2.5.4 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah energi yang terkandung di dalam bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalornya semakin besar energi yang dikandung. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis atau *density* sehingga pada volume yang sama, semakin besar berat jenis minyak tersebut, maka nilai kalornya akan semakin kecil dan sebaliknya. Bahan bakar dengan nilai kalor yang tinggi akan menghasilkan daya lebih besar per massa bahan bakar dari pada bahan bakar yang bernilai kalor rendah (Kurdi, 2006).

#### 2.2.5.5 Daya

Daya listrik atau dalam bahasa Inggris biasa disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah dari energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik, sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah rangkaian listrik (Buyung, 2018), maka untuk menghitung daya digunakan rumus persamaan (2.2) sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

P : Daya (Watt)

V : Tegangan/beda potensial (Volt)

I : Arus (Ampere)

### 2.2.5.6 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Pada pengujian kinerja mesin diesel, besarnya daya pada suatu mesin diesel merupakan hasil dari pembakaran campuran bahan bakar dan udara dalam ruang silinder. Banyaknya bahan bakar yang telah dikonsumsi oleh mesin diesel dibandingkan dengan daya pada pembebanan yang dihasilkan dalam tiap satuan waktu akan diperoleh besaran yang disebut dengan konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption*).

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik bahan bakar dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Setyadi, 2008).

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{P} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\dot{m}_f = \frac{b}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :	SFC	:	Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kW.jam)
	$V_{\text{bahan bakar}}$	:	Volume bahan bakar
	t	:	Waktu yang dibutuhkan untuk pengosongan buret (dt)
	b	:	Volume buret yang digunakan dalam pengujian (cc)
	P	:	Daya (kW)
	$\rho_{bb}$	:	Massa jenis bahan bakar
	$\dot{m}_f$	:	Laju aliran bahan bakar (kg/jam)

### 2.2.5.7 Pengukuran Panjang Semprotan dan Sudut Semprotan

Viskositas dan densitas biodiesel yang lebih tinggi akan menghasilkan panjang penetrasi semprotan yang lebih besar, dan sudut semprotan yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar diesel (Ghurri, 2012)

Sudut penyebaran yang dihasilkan pada proses injeksi atau semprotan bahan bakar dapat dipengaruhi oleh nilai viskositas yang terkandung pada bahan

bakar. Apabila bahan bakar memiliki nilai viskositas yang tinggi maka semprotan yang dihasilkan bersudut kecil, namun apabila nilai viskositas yang terkandung pada bahan bakar tersebut rendah maka semprotan atau injeksi akan menghasilkan sudut yang besar.

Cara untuk mencari sudut dari semprotan dapat menggunakan persamaan seperti berikut (Borman,1998) :

$$\theta = 0,05 \times \left( \frac{\Delta P \times (d_o)^2}{\rho_f \times (V_f)^2} \right)^{1/4} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

$\theta$  : Sudut semprotan ( $^{\circ}$ )

$\Delta P$  : Tekanan injeksi (Pa)

$d_o$  : Diameter lubang nosel (mm)

$\rho_f$  : Densitas bahan bakar ( $\text{kg/m}^3$ )

$V_f$  : Viskositas kinematik bahan bakar ( $\text{m}^2/\text{s}$ )