

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Saat ini, kebutuhan bahan bakar fosil semakin meningkat karena produksi kendaraan listrik dan peningkatan volume produksi dari tahun ke tahun. Energi dibutuhkan karena semakin berkembangnya usaha-usaha baru. Ketersediaan bahan bakar fosil, sementara itu, langka, dengan para ahli memperkirakan bahwa itu akan habis dalam 40-50 tahun. Penjualan bahan bakar akan meningkat karena ketersediaan yang lebih rendah. Untuk mengatasi masalah ini, biodiesel merupakan solusi alternatif untuk bahan bakar fosil. (Seno dkk., 2006).

Bahan baku untuk memproduksi bahan baku biodiesel sangat melimpah di tanah Indonesia, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menciptakan lingkungan yang lebih hijau dan mengurangi impor bahan berita dari luar negeri (Wahyuni, 2011). Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar pilihan karena menawarkan banyak keunggulan dibandingkan bahan bakar solar. Biodiesel yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani yang mengandung senyawa ester dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak solar (Damarto dan Sigit, 2006).

Biodiesel memiliki sifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan energi minyak bumi berupa solar. misalnya bebas sulfur, bilangan asap (*smoke number*) rendah, dan angka setana (*cetane number*) kisaran 57-62, sehingga membakar jauh lebih efisien, membakar sepenuhnya dan tidak menghasilkan racun (Hambali, 2006). Biodiesel juga dapat digunakan pada mesin diesel tanpa modifikasi (Bismo dkk, 2005). Menurut Sjahrul (2009), biodiesel memiliki kelebihan dan kekurangan. Minyak nabati memiliki nilai kekentalan (viskositas) yang 20 kali lebih tinggi dari bahan bakar minyak bumi dalam bentuk solar, yang mempengaruhi atomisasi bahan bakar di ruang bakar mesin diesel.

Jarak pagar atau jatropha digunakan sebagai bahan baku biodiesel karena tumbuh sangat cepat, toleran terhadap iklim tropis dan jenis tanah, tidak bersaing dengan tanaman pangan, dan bersifat racun sehingga tidak dapat dimakan oleh

hewan (Syakir, 2010). Minyak jarak yang diteliti mengandung asam lemak antara lain asam stearat 3,7-9,8%, asam palmitat 141,1-15,3%, asam linoleat 29-44,2% dan asam oleat 34,3-45,8%. Namun minyak ini memiliki viskositas yang rendah dan titik nyala yang relatif tinggi (Wahyuni, 2010).

Minyak kelapa dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel karena kandungan esternya yang sangat tinggi dibandingkan dengan minyak solar itu sendiri. Minyak kelapa sangat ramah lingkungan dan memiliki sifat pembakaran yang sangat baik. Indonesia memiliki banyak lahan yang digunakan untuk perkebunan kelapa dengan 85% dari total produksi, sehingga minyak kelapa dapat mendukung pengembangan biodiesel dari minyak kelapa (Hidayanti dkk., 2015). Tes kinerja mesin diesel menunjukkan bahwa biodiesel lebih menjanjikan daripada bahan bakar diesel. Selain ramah lingkungan, bahan bakar biodiesel memiliki emisi gas buang yang lebih bersih dan umur pembakaran yang lebih lama dibandingkan bahan bakar solar (Wahyuni, 2011). Campuran komposisi minyak nabati yang digunakan sebagai bahan bakar biodiesel memiliki parameter pengujian densitas, viskositas, titik nyala, dan nilai kalor (Rombang dkk., 2020).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan pencampuran minyak jatropha dan minyak kelapa dengan tujuan untuk mengoptimalkan penggunaan minyak nabati dan diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik viskositas campuran dan menghasilkan biodiesel yang lebih baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian pengaruh pencampuran biodiesel jatropha-kelapa terhadap unjuk kerja mesin diesel untuk memperoleh biodiesel yang lebih baik.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Bahan bakar fosil memiliki sifat tidak dapat diperbarui. Penggunaan bahan bakar fosil di dunia yang terus meningkat semakin lama akan semakin menipis dan mungkin habis. Biodiesel jarak pagar dan biodiesel kelapa berpotensi untuk digunakan sebagai bahan bakar biodiesel pengganti solar. Kekurangan biodiesel yang dicampur dengan minyak kelapa dan minyak jarak adalah nilai kalor yang rendah dan titik nyala yang tinggi, sehingga dilakukan penelitian untuk mengetahui unjuk kerja mesin diesel untuk konsumsi bahan bakar tertentu.

### 1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Proses pencampuran kedua bahan dengan temperatur 40°C dianggap konstan
2. Katalis hanya menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk proses *esterifikasi*.
3. Penguapan minyak pada saat proses pemanasan dan pencampuran dianggap tidak ada.
4. Parameter pengujian meliputi nilai kalor, titik nyala, dan unjuk kerja mesin diesel.
5. Unjuk kerja mesin diesel meliputi putaran mesin dan konsumsi bahan bakar spesifik.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh sifat bahan bakar berupa campuran biodiesel sesuai SNI dengan menggunakan parameter uji yaitu nilai kalor dan titik nyala.
2. Mendapatkan pengaruh nilai kalor dan titik nyala terhadap konsumsi bahan bakar spesifik campuran biodiesel jatropha dan kelapa terhadap kinerja mesin diesel

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan pengetahuan tentang biodiesel campuran kelapa jarak sebagai bahan bakar alternative.
2. Sebagai kontribusi bagi kemajuan ilm pengetahuan dan teknologi (IPTEK).
3. Dapat digunakan sebagai acuan atau acuan dalam penelitian selanjutnya sebagai media informasi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan pada mesin diesel yang berbahan dasar minyak nabati dan hewani. Minyak adalah trigliserida yang sangat kental yang perlu ditransesterifikasi dan ditransesterifikasi untuk mengurangi viskositasnya sebelum dapat digunakan sebagai bahan bakar. Biodiesel saat ini sedang dikembangkan melalui eksperimen di seluruh dunia, termasuk biji jarak, minyak sawit, minyak goreng bekas, dan jarak (Hartono dkk., 2012).

Syakir (2010) Penelitian pengembangan minyak jarak pagar. Penelitian ini dilakukan di seluruh Indonesia melalui lembaga penelitian pusat dan peternakan. Menurut Penelitian ini ada 14,2 juta hektar lahan yang tersedia untuk pengembangan jarak pagar di Indonesia. Total produksi benih jarak pagar Indonesia meningkat dari 7.852 ton pada tahun 2001/02 menjadi 7.925 ton pada tahun 2008, yang masih tergolong rendah. Dari sini dapat disimpulkan bahwa produksi jarak pagar dari tahun ke tahun terus meningkat dan memiliki potensi di Indonesia.

Sutan (2019) Jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) adalah tanaman perdu dari famili Euphorbiaceae. Tanaman ini tahan kekeringan, tumbuh cepat, dan tinggi 3-4 meter. Karena minyak yang diekstraksi dari jarak pagar L. tidak bersaing dengan makanan, minyak ini dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Minyak ini diekstraksi dengan mengekstraksi biji jarak.

Koro dkk (2016) dalam penelitiannya menghasilkan biodiesel dari minyak jarak pagar yang dibuat dengan cara menekan biji jarak. Minyak jarak masih sangat kental dan mengandung asam lemak bebas, viskositas minyak ini adalah 11,24 mm<sup>2</sup>/s, yang sangat tinggi dari standar ASTM, mulai dari 1,96 hingga 6,5 mm<sup>2</sup>/s, tetapi kandungan asam lemaknya sangat rendah Meskipun jumlah bebas dalam penelitian ini adalah 6,23 mg KOH/g, namun nilai tersebut masih sangat tinggi dibandingkan standar ASTM sebesar 4,75 mg KOH/g yang memerlukan proses *esterifikasi* dan *transesterifikasi*. Selama reaksi *esterifikasi* dan *transesterifikasi*, konsentrasi metanol 30% paling efektif karena menghasilkan biodiesel yang

mendekati standar ASTM. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menurunkan nilai dan viskositas asam lemak bebas yang memenuhi standar komersial ASTM biodiesel.

Sri Kemaryanti dkk. (2012) sedang melakukan penelitian tentang proses produksi biodiesel dari minyak kelapa (*coconut oil*) menggunakan *ultrasound*. Biodiesel dapat diproduksi dengan memetabolisme berbagai minyak nabati seperti minyak kelapa, minyak sawit dan minyak kedelai. Karena ketersediaannya yang melimpah, minyak kelapa berpeluang untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Ultrasound* dapat digunakan untuk meningkatkan konversi dan mempercepat reaksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara pengaruh *ultrasound* terhadap reaksi *transesterifikasi* minyak kelapa, reagen untuk konversi reaksi, konsentrasi katalis, dan aktivasi metanol. Jumlah katalis natrium hidroksida dilarutkan dalam sejumlah metanol. Ketika itu benar-benar larut dalam minyak kelapa, itu dimasukkan ke dalam reaktor dan bereaksi. Sampel diambil setiap 10 menit untuk analisis kandungan asam lemak. Setelah 60 menit, reaksi dihentikan. Biodiesel yang terbentuk dipisahkan dalam gliserin dan dicuci.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa reaksi transesterifikasi minyak kelapa dapat dipercepat dengan bantuan ultrasound. Konversi reaksi yang dicapai adalah 4 kali lebih tinggi (85,66%) dibandingkan dengan laju konversi proses konvensional (20,15%). Proses dilakukan pada kondisi operasi yang sama dengan metanol 5ml, katalis 1% berat, dan suhu reaksi awal 60°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio ekuivalen metanol-minyak, semakin tinggi konversi reaksi yang dicapai. Minyak kelapa berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku biodiesel, namun minyaknya harus diolah transesterifikasi. Biodiesel minyak kelapa mengandung rantai hidrokarbon yang cukup besar, sehingga sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel (Paramitha, 2013).

Dalam sebuah penelitian untuk menguji kinerja mesin diesel dengan campuran minyak jarak yang di variasikan 317.5: B20, B20.5: B25 (Widianto, 2014), biodiesel minyak jarak pagar dan campuran solar meningkatkan kinerja

mesin diesel, menghemat bahan bakar dan bahan bakar yang dikonsumsi. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa campuran B25 paling baik dengan tingkat torsi 2,79 kgf.m, persentase kenaikan 32,3% pada 4500 rpm dan persentase kenaikan 30,02% pada 4500 rpm, dengan peningkatan tenaga sebesar 17,70 PS. Untuk menguji kinerja konsumsi bahan bakar 2,87 kg/jam, persentasenya berkurang 28,38% pada 4500 rpm dan opacity berkurang 60,02% menjadi 6,40%.

Sebuah tinjauan literatur dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa minyak jarak dan minyak kelapa dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel. Meskipun sifat fisik minyak kelapa dan minyak jarak hampir identik dengan bahan bakar solar, produksi biodiesel terdiri dari satu atau dua proses karena produksi biodiesel tergantung pada kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam bahan baku yang digunakan. Dalam penelitian sebelumnya, pencampuran (B30) dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan komposisi campuran biodiesel minyak jarak dan minyak kelapa terhadap kinerja mesin diesel, dan penelitian ini belum pernah dilakukan.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Minyak Nabati**

Minyak nabati merupakan minyak yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Biodiesel adalah nama ilmiah untuk semua bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati atau biomassa. Minyak nabati ditemukan dalam sayuran, kacang-kacangan, biji-bijian dan buah-buahan. Minyak nabati sebagian besar berbentuk cair karena mengandung banyak asam lemak tak jenuh: asam oleat, asam linoleat, atau asam linoleat, yang memiliki titik leleh rendah. Lemak hewani biasanya berbentuk padat pada suhu kamar karena mengandung banyak asam lemak jenuh, seperti asam palmitat dan stearat yang memiliki titik leleh tinggi. Jadi salah satu perbedaannya adalah minyak itu cair dan lemaknya padat. Minyak dan lemak adalah campuran asam lemak Paskah (trigliserida) dan gliserol untuk membentuk gliserol. Karena sebagian gliserida pada tumbuhan cenderung ada dalam bentuk minyak, maka banyak yang menyebutnya sebagai lemak hewani dan minyak nabati (Ketaren, 2008).

### **2.2.2. Jarak Pagar ( *Jatropha Curcas L* )**

Jarak pagar (*Jatropha Curcas L*) merupakan tanaman herbal yang tergolong *famili Cordyceps* dan memiliki berbagai khasiat, khususnya biji jarak merupakan sumber minyak nabati yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku biodiesel. Minyak jarak diproduksi dengan mengekstraksi biji jarak. Minyak jarak pagar merupakan trigliserida yang terdiri dari asam palmitat (14,1-15,3%) asam stearat (3,7-9,8%) asam oleat (34,3-45,8) asam linoleat (29-44,2%) dan asam lemak lainnya (0-2,2%) . Secara khusus, kandungan asam lemak minyak jarak ditunjukkan pada Tabel 2.1. Kekurangan minyak jarak adalah tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar nabati karena viskositas kinematikanya yang tinggi (Harimurti, 2011).

### **2.2.3. Minyak Kelapa ( *Virgin Coconut Oil* )**

Kelapa banyak digunakan oleh manusia, terutama pada daging kelapa rumah tangga, dan juga dibuat dari minyak kelapa. Minyak kelapa mengandung asam lemak rantai sedang dalam asam lemaknya dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Karena memiliki keunggulan lebih stabil terhadap oksidasi, itu dianggap sebagai sumber biodiesel potensial (Ketaren, 1968).

### **2.2.4. Biodiesel**

Biodiesel adalah bahan bakar berwarna kuning dengan viskositas yang mendekati minyak solar (*petroleum oil*), dan campuran biodiesel dan minyak solar (biosolar) dapat digunakan apa adanya tanpa modifikasi mesin diesel. Selain itu, output dan performa mesin diesel yang menggunakan bahan bakar biodiesel tidak mengalami perubahan. Beberapa keunggulan biodiesel adalah biodegradable, energi terbarukan, rendah emisi, tidak beracun, memiliki sifat pelumas yang baik dan dapat mengurangi efek rumah kaca.

Biodiesel dapat diproduksi dengan proses *esterifikasi* dan *transesterifikasi* minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol menggunakan katalis asam atau basa. Katalis yang umum digunakan adalah natrium metilasi, NaOH atau KOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Proses *esterifikasi* dilakukan apabila bahan baku biodiesel diperoleh dari minyak dengan kandungan asam lemak bebas yang tinggi (nilai asam 5 mg KOH/g).

Proses *esterifikasi* asam lemak bebas mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester (Haigh dkk., 2014).

### 2.2.5. Spesifikasi Biodiesel

Tujuan standarisasi biodiesel adalah untuk menjamin mutu dan mutu biodiesel sebagai bahan bakar solar. Persyaratan mutu biodiesel untuk Indonesia sebagaimana ditetapkan oleh Badan Standar Nasional (BSN) 2015 (No. SNI 7182:2015) disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182-2015

No	Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850-890
2	Viskositas kinematik pada 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 (3 jam pada 50°C)		nomor 1
7	Residu karbon -dalam percontohan asli, atau -dalam 10% ampas distilasi	% massa maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfurkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	10
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-12/100 g), maks	115
18	Kestabilan oksidasi -periode induksi metode rancimat, atau -periode induksi metode petro Oksi	Menit	480 36
19	Kadar monogliserida	%-massa, maks	0,8



### **2.2.6. Proses Pembuatan Biodiesel**

Proses pembuatan biodiesel melalui *transesterifikasi* Katalis alkali adalah proses yang sederhana karena hanya suhu rendah dan rendah yang diperlukan untuk mencapai konversi atau hasil 98% (Mahfud, 2018). Katalis yang digunakan adalah natrium metilasi, NaOH atau KOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Metil ester yang diperoleh kembali harus dimurnikan untuk mendapatkan hasil biodiesel yang bersih (Havendri, 2008).

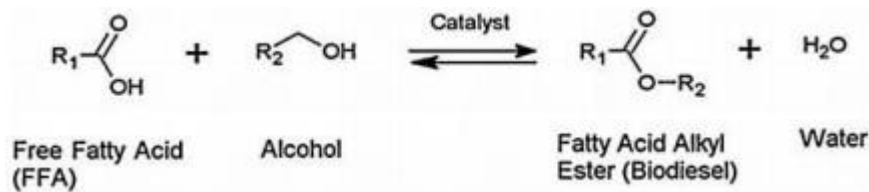
#### **2.2.6.1 Degumming**

Proses *degumming* dalam penelitian yang dilakukan oleh (Sudradjat dkk., 2007) Proses penghilangan pengotor pada kandungan minyak jatropha dengan cara menyaring minyak menggunakan filter vakum pada kondisi hangat. Setelah penyaringan, 500 g minyak ditimbang untuk melakukan proses *degumming* dan dipanaskan sampai suhu 80°C menggunakan *hot plate* sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Konsentrasi 20% larutan asam fosfat ditambahkan pada 0,2-0,3% (v/b), dan campuran diaduk selama 15 menit. Selanjutnya, minyak ditempatkan dalam corong pemisah 500 ml dan diolah dengan air hangat. Biarkan air dan getah terpisah dari minyak, lalu air hingga pH 6,5-7. *Degumming* adalah proses pemisahan minyak dari lateks yang mengandung fosfolipid, protein, karbohidrat, residu, air dan resin dengan menambahkan absorben. Panaskan minyak hingga 70 °C, kemudian tambahkan penyerap H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> dan aduk selama 30 menit. Biarkan minyak selama 24 jam (Qiqmana, 2014).

#### **2.2.6.2 Esterifikasi**

Dalam penelitian *Esterifikasi* setelah melakukan proses *degumming* yang dilakukan oleh Sudradjat dkk (2007) awal mula erlemeyer labu bermulut ganda 500 ml diisi dengan menggunakan minyak jatropha sebanyak 50 ml lalu ditambahkan metanol dan HCL. Labu mulut ganda dipasang pada kondensor dengan suhu 60°C selama 1 jam. Setelah proses tersebut selesai, campuran tersebut dipindahkan ke tabung reaksi dan didiamkan selama 8 jam. *Esterifikasi* merupakan suatu proses untuk mengurangi atau menurunkan kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*) pada minyak dengan bantuan katalis asam (asam sulfat) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan metanol (Qiqmana, 2014). Proses *esterifikasi* biasanya dilakukan apabila bahan baku

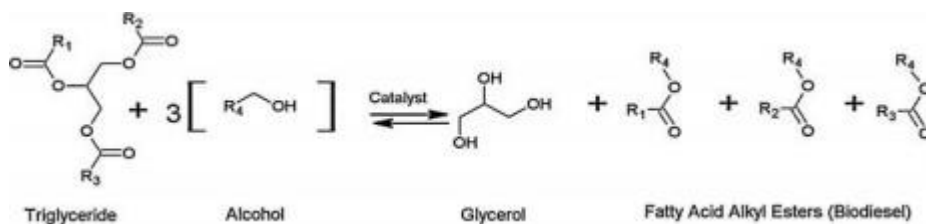
biodiesel dari minyak dengan kadar asam lemak bebas yang tinggi ( $>5$  mg KOH/g), pada proses ini asam lemak bebas akan diubah menjadi metil ester. Reaksi *esterifikasi* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Reaksi *Esterifikasi*

### 2.2.6.3 Transesterifikasi

Menurut Prihanto dkk. (2013), saat mempelajari proses *transesterifikasi*, masukkan minyak jatropha ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan di atas *hot plate* sampai mencapai suhu yang ditentukan. Tambahkan jumlah metanol dan KOH yang ditentukan ke dalam minyak dan pengaduk magnet. Aduk selama 90 menit dengan kecepatan 500 rpm. Setelah tahap *transesterifikasi* selesai, campuran dipindahkan ke corong pisah dan didiamkan selama 12 jam (semalam). Semalam, campuran memisahkan menjadi dua lapisan. Lapisan atas adalah metil ester (biodiesel), yang transparan kekuningan, dan lapisan bawah adalah gliserol hitam (gelap). Reaksi *transesterifikasi* disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Reaksi *Transesterifikasi*

### 2.2.7. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

*Specific Fuel Consumption* (SFC) adalah parameter performa mesin yang berhubungan dengan ekonomi mesin. Perhitungan ini menunjukkan bahwa jumlah bahan bakar yang dikonsumsi per jam untuk menghasilkan satu tenaga kuda terbuang percuma (Murdianto, 2016). Konsumsi bahan bakar spesifik dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1

$$SFC = \frac{m_f}{p} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

SFC : Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kW.h)

$m_f$  : Laju aliran bahan bakar (kg/jam)

P : Daya keluaran (kW)

Besar laju aliran bahan bakar ( $m_f$ ) dihitung dengan persamaan 2.2 berikut :

$$m_f = \frac{P_f \times V_f}{t} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$m_f$  : Laju aliran bahan bakar (kg/jam)

$\rho_f$  : Densitas (g/ml)

$V_f$  : Volume bahan bakar yang diuji (ml)

$t$  : Waktu (detik)

### 2.2.8. Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala atau *flash point* adalah proses yang menentukan suhu di mana biodiesel dapat terbakar ketika terkena percikan api. Perubahan titik nyala berbanding terbalik dengan viskositas bahan bakar. Titik nyala biodiesel adalah 110 °C hingga 180 °C, yang lebih tinggi dari mesin diesel, dan titik nyala mesin diesel adalah 55 °C hingga 66 °C. C18:1 dan C18:2 asam lemak tak jenuh (Atbani, 2014). Semakin tinggi titik nyala bahan bakar, semakin mudah dan aman penanganan dan penyimpanannya (Widyastuti, 2007).

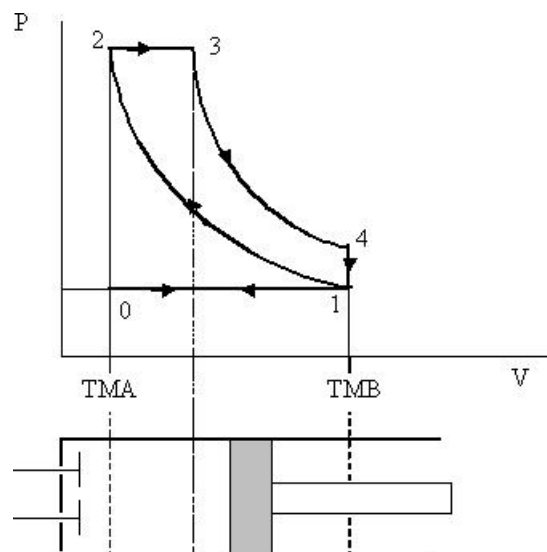
### 2.2.9. Nilai Kalor

Nilai kalor merujuk pada energi yang tersimpan dalam suatu bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalornya, semakin besar energi yang terkandung di dalamnya. Secara *invers*, nilai kalor biasanya berbanding terbalik dengan densitas. Ini berarti bahwa pada volume yang sama, semakin tinggi densitasnya, maka nilai kalor cenderung lebih rendah, dan sebaliknya. Bahan bakar yang memiliki nilai kalor tinggi akan menghasilkan daya yang lebih

besar per unit massa dibandingkan dengan bahan bakar yang memiliki nilai kalor rendah (Kurdi, 2006).

### 2.2.10. Definisi Mesin Diesel

Mesin diesel adalah mesin *reciprocating* yang prinsip kerjanya adalah mengompres udara bersih menjadi udara panas terkompresi dan membakar bahan bakar yang disuntikkan ke dalam ruang bakar oleh injektor. Mesin diesel umumnya menggunakan bahan bakar solar, dan rasio kompresinya adalah 15-30 kg/cm<sup>3</sup>. Rasio kompresi rendah terutama digunakan untuk mesin diesel kecepatan rendah besar, dan rasio kompresi tinggi digunakan untuk mesin diesel kecil kecepatan tinggi (4000 rpm). Mempertimbangkan kekuatan bahan dan berat mesin diesel, biasanya digunakan rasio kompresi serendah mungkin (Wiranto, 2002). Sebuah mesin diesel memiliki empat tahap: hisap, kompresi, tenaga dan buang. Siklus mesin diesel ditunjukkan pada diagram PV sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Siklus Mesin Diesel

(Samlawi, 2018)

Keterangan :

Langkah 0-1 : Langkah isap, tekanan (p) konstan

Langkah 1-2 : Langkah kompresi, isentropik

Langkah 2-3 : Proses pemasukan kalor, tekanan (p) konstan

Langkah 3-4 : Langkah kerja, isentropic

Langkah 4-1 : Proses pengeluaran kalor pada volume konstan

Langkah 1-0 : Langkah buang, tekanan (p) konstan

Persamaan daya dapat dirumuskan pada Gambar 2.3 berikut.

$$P = \frac{w}{t} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

P : Daya (joule/detik)

W : Usaha (joule)

T : Waktu (detik)

Karena  $W = V \times I \times t$  maka

$$P = \frac{v \times I \times t}{t}$$

Atau

$$P = V \times I$$

Dengan :

P : Daya (watt)

V : Tegangan / beda potensial (*volt*)

I : Arus (ampere)