

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang diperoleh dari minyak tumbuh-tumbuhan dan lemak hewan yang melalui proses transesterifikasi dengan alkohol. Biodiesel tergolong bahan bakar yang dapat diperbaharui karena bahan bakunya berasal dari bahan alam yang dapat diperbaharui dengan cepat dan tidak membutuhkan waktu yang sangat lama. Perkembangan biodiesel pada saat ini umumnya terbuat dari minyak nabati. Tanaman jarak dan sawit merupakan salah satu alternatif yang dapat dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel (Dewi, 2014).

Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati maupun lemak hewan, namun yang paling umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak nabati. Minyak nabati tergolong ke dalam kelas besar senyawa-senyawa organik yang sama, yaitu kelas ester asam-asam lemak. Akan tetapi, minyak nabati adalah triester asam-asam lemak dengan gliserol, atau trigliserida, sedangkan biodiesel adalah monoester asam-asam lemak dengan metanol. Biodiesel bisa digunakan dengan mudah karena dapat bercampur dengan segala komposisi dengan minyak solar (B0), dan mempunyai sifat-sifat fisik yang mirip dengan solar (B0) sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang ada hampir tanpa modifikasi (Prakoso, 2005).

Syakir (2010) melakukan penelitian tentang pengembangan jarak pagar (*Jatropha curcas*). Penelitian dilakukan di seluruh Indonesia melalui Lembaga Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Hasilnya menunjukkan ketersediaan lahan untuk pengembangan jarak pagar di Indonesia sangat sesuai yaitu mencapai 14,2 juta hektar. Untuk saat ini total produksi biji jarak di wilayah Indonesia masih tergolong rendah dengan total produksi sebesar 7.852 ton pada tahun 2007 meningkat menjadi 7.925 ton pada tahun 2008. Bahwa dapat disimpulkan produksi jarak di wilayah Indonesia cukup potensial, karena kapasitas produksinya yang semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Insani, dkk (2011) dalam penelitiannya sifat fisik minyak sawit mendapatkan kesimpulan bahwa minyak sawit memiliki warna kuning muda dan mempunyai bau yang khas. Sifat fisik kimia yang terkandung dalam minyak sawit yaitu warna, bau, kelarutan, bobot jenis, indeks bias, titik cair, bilangan iod dan bilangan penyabunan. Komponen utama yang dimiliki minyak sawit yaitu 94% trigliserida dan juga mengandung asam lemak 3-5%. Asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh yang terkandung dalam minyak sawit mempunyai presentase yang hampir sama.

Leung, dkk (2009) melakukan penelitian tentang proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati(tumbuhan) yang biasa di sebut dengan ester. Ester yang terdapat pada minyak nabati disebut trigliserida, yang dapat bereaksi dengan alkohol yang sering digunakan sebagai katalis, atau yang sering dikenal dengan proses transesterifikasi alkoholis, dengan menggunakan jenis alkohol berupa metanol. Biodiesel hasil *transesterifikasi* tersebut dinamakan *methyl ester* karena jenis alkohol yang digunakan adalah methanol. Jenis biodiesel *methyl ester* ini yang digunakan sebagai bahan bakar minyak mesin diesel.

Kurdi (2006) melakukan pengujian uji kerja terhadap performa mesin diesel dengan minyak jarak sebagai bahan bakar biodiesel. Pengujian pertama dilakukan dengan melakukan pembuatan biodiesel dari minyak jarak. Rasio antara minyak jarak dengan metanol sebesar 5:1. Biodiesel yang dididapatkan kemudian di uji sifat fisiknya yang terkandung energi didalamnya, berupa viskositas dan angka setana (*cetana number*). Hasil dari pengujian sifat fisik terdapat nilai kandungan energi sebesar 9,4% lebih kecil dibandingkan dengan minyak solar, hasil dari pengujian biodiesel pada mesin diesel dengan putaran 3.500 rpm terdapat penurunan daya sebesar 4,5% dengan bahan bakar B10. Penurunan tersebut disebabkan karena nilai kandungan energi rendah pada biodiesel dibandingkan dengan minyak solar murni. Tabel mengenai sifat fisika dan kimia minyak jarak pagar dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Jarak Pagar (Ketaren, 1986)

Karakteristik	Nilai
Wujud	Cairan
Warna	Bening berwarna kuning dan tidak menjadi keruh meski disimpan dalam waktu yang lama
$\rho = 78^{\circ}C$	0,8783 kg/liter
$\mu = 20$	71 cp
Indeks Bias	1,477 – 1,478
Angka Iodium	102,8 – 103,1
Angka Penyabunan	176 – 181
% FFA (asam oleat)	5 – 80%
Bilangan Asam	0,4 - 4,0
Kelarutan dalam alkohol (20C)	Jernih (tidak keruh)
Bilangan Asetil	145-154
Titik Nyala	320°C
Tegangan Permukaan pada 20°C	

Fajar dkk(2009) melakukan kaji eksperimental pengaruh temperatur biodiesel minyak sawit terhadap performa mesin diesel *direct injection* dengan putaran konstan. Pengujian dilakukan dengan variasi temperatur biodiesel mulai dari 33°C sampai 90°C dengan dimulai dari beban yang bervariasi dari tanpa beban kemudian diberi beban 1000 watt, 2000 watt, 4000 watt, 5000 watt, dan 6000 watt. Pada mesin diesel dengan putaran konstan 1500 rpm. Hasil pengujian tersebut diketahui bahwa konsumsi bahan bakar diesel akan menurun jika temperatur biodiesel dan minyak solar dinaikkan. Maka konsumsi bahan bakar perlahan akan meningkat. Diketahui pemanasan temperatur biodiesel yang terbaik terjadi pada temperatur 70°C, dimana pada temperatur ini terjadi penurunan konsumsi bahan bakar (SFC) sebesar 8% serta peningkatan efisiensi termal sebesar 25,3%.

Kurniawan (2017) melakukan analisa mengenai pengujian biodiesel minyak jarak-sawit. Tahap pengujian tersebut dimulai dengan menguji sifat fisik biodiesel, analisis data dan kesimpulan. Hasil penelitian diperoleh bahwa bahan bakar biodiesel B5 dan B10 memiliki daya yang lebih rendah dari bahan bakar diesel. Biodiesel yang memiliki kekuatan tertinggi BJBS 55 B5 dengan daya

1,672 kW atau 2,90% terhadap beban maksimum. Pada konsumsi bahan bakar spesifik B5 dan B10 lebih rendah dari bahan bakar diesel atau lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar. Hasil pengujian karakteristik injeksi menunjukkan bahwa biodiesel B5 dan B10 memiliki panjang semprotan dan sudut lebih kecil dari pada bahan bakar mesin diesel. Ditemukan semprotan terpanjang dan sudut semprotan terkecil di BJBS 91 B10 dengan selisih perbedaan 116,4 mm lebih lama dari semprotan bahan bakar diesel dan perbedaan sudutnya  $21,5^\circ$  di bawah bahan bakar diesel dalam 0,01 detik.

Berdasarkan pada tinjauan pustaka tersebut dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan campuran minyak jarak-sawit sangat berpotensi untuk dijadikan bahan baku biodiesel, karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan ketersediaanya yang melimpah di Indonesia. Dengan melalui proses *transesterifikasi* minyak jarak dan minyak sawit diharapkan dapat memperbaiki sifat kimia dan karakteristiknya.

Pada penelitian ini menggunakan campuran biodiesel jarak-sawit yang akan dicampur dengan, yang kemudian akan diuji pada mesin Jiang Dong tipe R180N.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Bahan Bakar Minyak**

Bahan bakar mineral atau bahan bakar fosil adalah sumber daya alam yang terdiri dari minyak bumi, batu bara, dan gas alam yang mengandung hidrokarbon. Bahan bakar fosil hasilkan bahan bakar dari fosil membutuhkan waktu yang sangat lama (Sari dan Parmono, 2012). Ada tiga jenis bahan bakar yang umum digunakan, yaitu bahan bakar padat, bahan bakar minyak dan bahan bakar gas. Bahan bakar minyak adalah bahan bakar yang berbentuk cair dan merupakan bahan bakar yang paling banyak digunakan untuk kendaraan bermotor (Setiadi dkk, 2014). Salah satu energi terbarukan adalah bahan bakar bio cair, yang termasuk dalam bio cair yaitu bioalkohol, seperti metanol, etanol dan biodiesel.

Biodiesel merupakan sejenis bahan bakar yang termasuk kedalam kelompok bahan bakar nabati. Bahan bakunya dapat berasal dari berbagai sumber daya nabati, yakni kelompok minyak dan lemak. Biodiesel memiliki keunggulan

dibandingkan dengan bahan bakar diesel dari minyak bumi yaitu bahan bakar biodiesel dapat diperbaharui dan juga dapat memperkuat perekonomian negara serta menciptakan lapangan kerja. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ideal untuk industri transportasi karena dapat digunakan pada berbagai mesin diesel, termasuk mesin-mesin pertanian (Risnoyatiningsih, 2010).

### **2.2.2 Minyak Jarak**

Tanaman jarak yang memiliki nama latin *Jatropha Curcas* ini merupakan kelompok *Euphorbiaceae* atau yang lebih dikenal dengan tanaman semak yang dapat tumbuh dengan cepat hingga mencapai ketinggian 3-5 meter. Dalam buah jarak pagar terdapat tiga ruang dan masing-masing ruang terdapat 1 biji (Hambali dkk, 2008). Tanaman jarak pagar menghasilkan biji yang memiliki kandungan minyak sekitar 30 – 50%. Minyak Jarak pagar adalah salah satu minyak nabati yang potensial. Minyak jarak pagar bersifat non-edible sehingga penggunaannya sebagai bahan bakar tidak bersaing dengan minyak pangan. Minyak nabati memiliki nilai kalor yang hampir sama dengan bahan bakar konvensional, akan tetapi tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar karena memiliki viskositas jauh lebih besar dari minyak diesel. Kendala tersebut dapat menghambat proses injeksi dan mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna. Cara yang paling banyak digunakan untuk menurunkan viskositas minyak jarak pagar dan meningkatkan daya pembakarannya sehingga sesuai standar minyak diesel jika digunakan untuk kendaraan bermotor dengan melakukan transesterifikasi. Proses transesterifikasi adalah proses pemberian alkohol pada minyak jarak supaya trigliserida berubah menjadi metal ester (biodiesel) dan gliserol.

### **2.2.3 Minyak Sawit**

Kelapa sawit (*elaeis*) termasuk golongan tumbuhan palma (Sari dan Pramono, 2012). Secara umum buah kepala sawit memiliki dua bagian yaitu serabut buah dan inti (*kernel*). Serabut buah terdiri dari kulit buah atau lapisan luar (*pericarp*), lapisan sebelah dalam (*mesocarp* atau *pulp*), dan lapisan yang paling dalam (*endocarp*). Inti kelapa sawit terdiri dari lapisan kulit biji (*testa*), endosperm, dan embrio. Minyak kelapa sawit didapatkan dari pengolahan buah

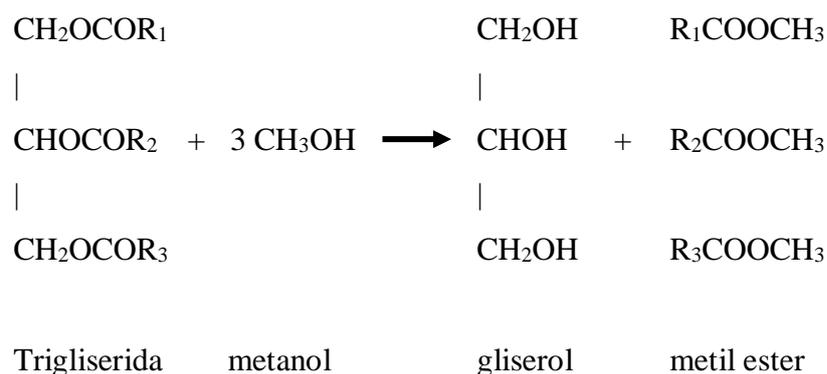
kelapa sawit. Kandungan minyak terbanyak terdapat pada mesocarp dengan 56% kadar minyak, sedangkan pada inti (*kernel*) mengandung kadar minyak sebesar 44% dan pada endocarp tidak terdapat kandungan minyak. Sebagian besar minyak sawit digunakan sebagai bahan baku untuk dibuat minyak goreng. Selain itu minyak sawit juga dapat dimanfaatkan untuk membuat bahan baku biodiesel.

#### 2.2.4 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar diesel alternatif yang terbuat dari sumber daya hayati terbarukan seperti minyak nabati atau lemak hewani (Ma dan Hanna, 2001). Minyak nabati memiliki potensi sebagai sumber bahan bakar yang terbarukan, sekaligus sebagai alternatif bahan bakar minyak yang berbasis petroleum (petrodiesel). Karakteristik minyak nabati tidak memungkinkan penggunaannya secara langsung sebagai bahan bakar. Berbagai produk turunan minyak nabati telah banyak diteliti untuk memperbaiki sifat minyak nabati, termasuk diantaranya ester alkohol dari minyak nabati (Korus, 2000).

Apabila alkohol direaksikan dengan metanol, maka akan didapat metil ester, sedangkan jika direaksikan dengan etanol akan didapat etil ester. Metanol lebih banyak digunakan sebagai sumber alkohol karena rantainya lebih pendek, lebih polar dan harganya lebih murah dari alkohol lainnya (Ma dan hanna, 2001).

Gambar 2.1 menunjukkan reaksi pembentukan metil ester.



Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan Metil Ester

( Leung dkk., 2009 )

Dimana  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  adalah rantai panjang hidrokarbon atau biasa disebut rantai asam lemak. Minyak nabati dan hewani memiliki lima jenis rantai utama yaitu palmitat, stearat, oleat, linoleat, dan linolenat. 1 mol ester akan terbebas pada setiap langkah ketika trigliserida diubah secara bertahap untuk menjadi digliserida, monogliserida, dan pada akhirnya menjadi gliserol (Leung dkk.,2009).

### 2.2.5 Standar Mutu Biodiesel

Standar mutu biodiesel di Indonesia berdasarkan standar SNI Biodiesel yang dikeluarkan oleh BSN dengan nomer SNI 7128:2015 Standar SNI Biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 standar SNI biodiesel (SNI 7882, 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	°C, min	100
5	Titik Kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		Nomor 1
7	Residu karbon - Dalam percontoh asli, atau - Dalam 10% amplas distilasi	%- massa, maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%- massa, maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10	Asbu tersulfatkan	%- massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%- massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%- massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%- massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I <sub>2</sub> /100g), maks	115
18	Kestabilan oksida - Periose induksi metode rancimat - Periose induksi metode petro oksidasi	Menit	480 36
19	Monogliserida	%- massa, maks	0,8

## **2.2.6 Karakteristik Biodiesel**

Bahan bakar motor diesel memiliki beberapa sifat karakteristik yang dapat mempengaruhi unjuk kerja. Berikut beberapa sifat karakteristik bahan bakar diesel.

### **2.2.6.1 Viskositas**

Viskositas merupakan suatu nilai yang menyatakan besarnya hambatan aliran suatu zat cair. Viskositas disebabkan oleh adanya gaya kohesi atau gaya tarik menarik antara molekul sejenis. Semakin tinggi viskositas maka semakin kental zat cair tersebut sehingga semakin sukar untuk mengalir (Wardan dan Zainal, 2003). Salah satu parameter penting dalam menentukan bahan baku mutu biodiesel adalah viskositas kinematis. Pada dasarnya, bahan bakar harus memiliki viskositas yang relatif rendah agar mudah mengalir dan teratomisasi. Jika nilai viskositas terlalu tinggi maka akan menyebabkan gesekan di dalam pipa semakin besar, kerja pompa semakin berat, penyaringannya sulit dan kemungkinan besar kotoran ikut mengendap, serta susah mengabutkan bahan bakar (Dyah, 2011).

### **2.2.6.2 Massa Jenis (Densitas)**

Menurut Sinarep dan Mirmanto (2010) massa jenis suatu zat atau yang sering disebut densitas merupakan kuantitas konsentrasi dari suatu zat yang dinyatakan dalam massa persatuan volume. Temperatur dapat mempengaruhi nilai fisik densitas dari suatu zat. Semakin tinggi temperatur suatu zat maka kerapatan zat tersebut akan semakin rendah, hal ini dikarenakan molekul – molekul yang saling mengikat pada suatu zat akan terlepas. Kenaikan temperature suatu zat menyebabkan volume zat tersebut menjadi meningkat, sehingga hubungan densitas dengan volume suatu zat akan berbanding terbalik.

### **2.2.6.3 Titik Nyala (*Flash Point*)**

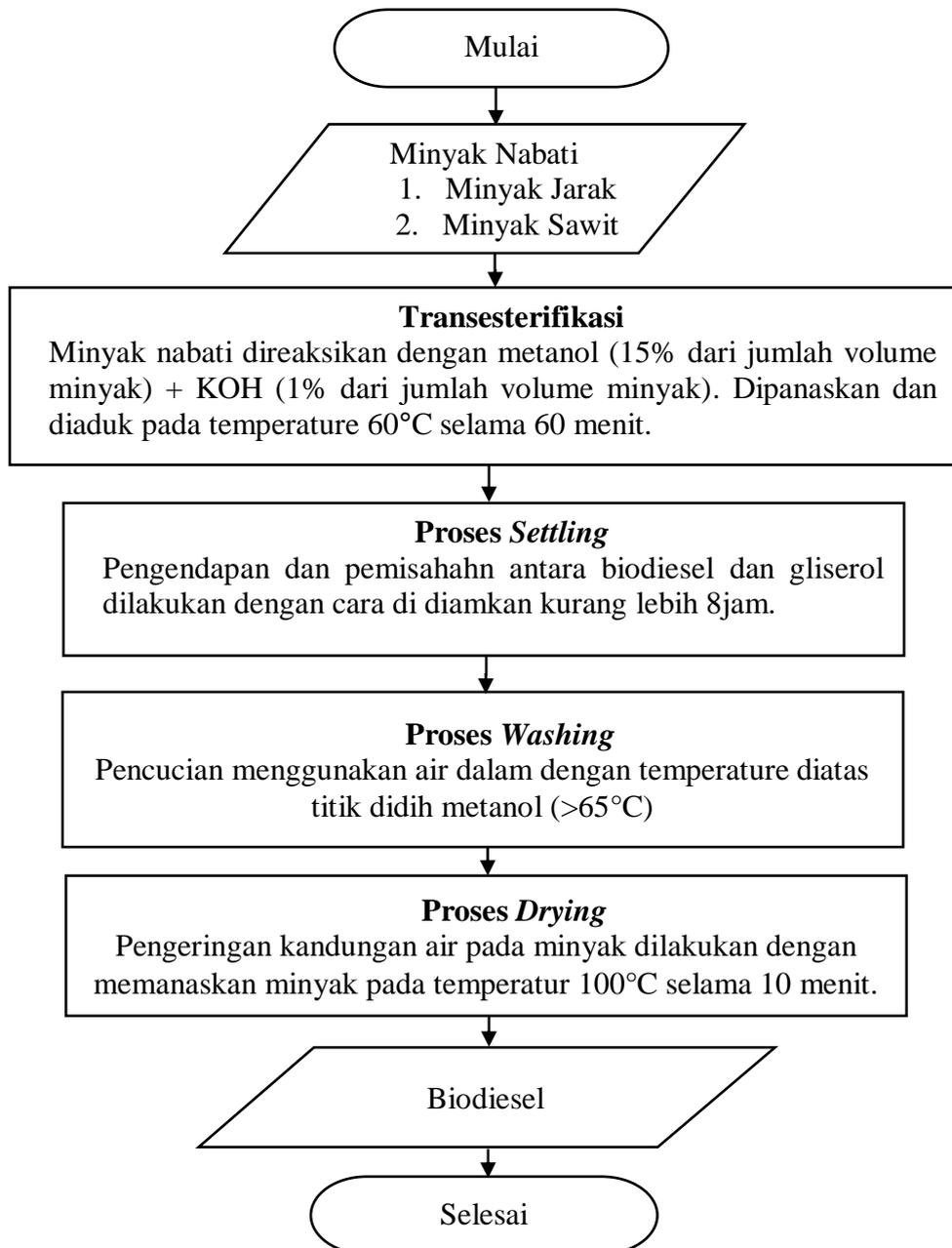
Menurut Sudik (2013) titik nyala (*Flash Point*) adalah temperatur terendah di mana bahan bakar dapat menyala ketika bereaksi dengan udara. Apabila nyala terjadi secara terus menerus maka suhu tersebut dinamakan titik bakar (*Fire point*). Semakin tinggi titik nyala dari suatu bahan bakar maka semakin aman penanganan dan penyimpanannya (Widyastuti,2007).

#### **2.2.6.4 Nilai Kalor**

Menurut Tazi dan Sulistiana (2011) nilai kalor atau *hating value* adalah energi kalor yang dilepaskan pada proses pembakaran persatuan volume atau persatuan masaa. Nilai kalor bahan bakar ditentukan dengan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktunya. Semakin tinggi nilai kalor bahan bakar menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut semakin sedikit pemakaian bahan bakar. Nilai kalor bahan bakar ditentukan oleh hasil dari pengukuran menggunakan kalorimeter dengan cara membakar bahan bakar dan udara pada temperatur normal, sementara itu dilakukan pengukuran jumlah kalor yang terjadi sampai temperatur normal.

#### **2.2.7 Proses Pembuatan Biodiesel**

Proses pembuatan biodiesel melalui reaksi yang dinamakan transesterifikasi, transesterifikasi adalah proses dimana reaksi antara lemak atau minyak nabati dengan alkohol yang menghasilkan ester dan gliserol sebagai produk sampinganya. Syarat suatu minyak untuk dapat dilakukan proses transesterifikasi secara langsung yang terdapat memiliki kadar asam lemak bebas kurang dari 2,5% (Leung,2009). Proses pembuatan biodiesel dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Proses Pembuatan Biodiesel

Minyak jarak memiliki kadar asam lemak bebas jauh lebih banyak sebesar 0.70%, dibandingkan dengan minyak sawit yang memiliki kadar asam lemak bebas lebih sedikit 0.06%. Sehingga kedua minyak tersebut telah memenuhi syarat proses transesterifikasi secara langsung tanpa melalui proses esterifikasi (Uji LPPT UGM).

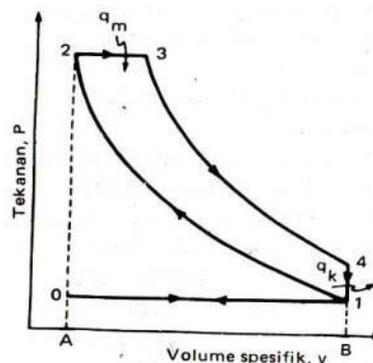
### 2.2.8 Motor Bakar

Menurut Wardono (2004), motor bakar atau motor pembakar adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversikan energi termal dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis, dimana proses pembakarannya berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran bahan bakar yang terjadi langsung digunakan sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis.

### 2.2.9 Motor Diesel

Menurut Ulungen (1989) di dalam Sari (2012) motor diesel adalah mesin dengan proses pengapian kompresi (*compression ignition engine*) dimana proses pembakarannya dengan menaikkan temperatur akhir kompresi atas temperatur pembakaran dari bahan bakar sehingga bahan bakar bisa menyala dengan spontan tanpa ada sumber pengapian dari luar. Mesin yang dibuat dari prinsip inilah yang disebut mesin dengan pengapian kompresi yang secara ideal dinamakan siklus diesel. Perbandingan kompresi menurut Pudjanarsa dan Nursuhud (2008) adalah 12 : 1-4 temperatur udaranya dapat mencapai  $450^{\circ}\text{C}$  -  $550^{\circ}\text{C}$  dan tekananya 30 – 40  $\text{kgf/cm}^2$ . Bahan bakar di injeksi dengan tekanan tinggi ( $110\text{-}200 \text{ kgf/cm}^2$ ) dengan menggunakan pompa bahan bakar.

Siklus dari suatu mesin diesel terdiri dari 4 (empat) proses tahapan yaitu: pengisian, kompresi, usaha dan pembuangan. Gambar siklus mesin diesel dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Siklus Mesin Diesel  
(J Trommel, 1991)

(a) Langkah proses dari siklus :

- I : Langkah hisap, tekanan (p) konstan (isobarik)
- II : Langkah kompresi, tekanan (p) bertambah (adiabatik)
- III : Langkah usaha (adiabatik)
- IV : Langkah buang, tekanan (p) konstan (isobarik)

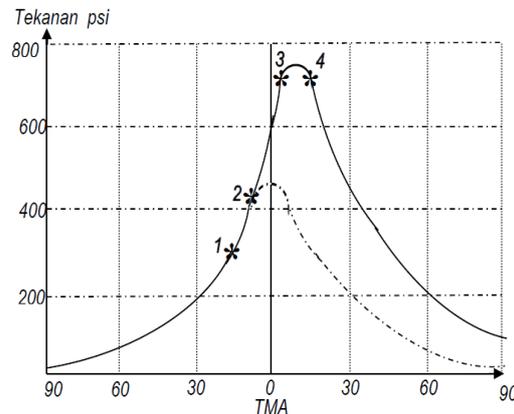
Awal proses ini diawali dengan adanya udara yang masuk ruang (silinder) kemudian udara dikompresi hingga mencapai temperatur dan tekanan yang tinggi. Udara dengan temperatur dan tekanan tersebut yang akan digunakan untuk membakar bahan bakar yang telah disemprotkan ke dalam ruang bakar. Terjadinya proses terbakarnya bahan bakar tersebut akan mengakibatkan ledakan, sehingga terjadi peningkatan tekanan dan kemudian akan mendorong torak menuju titik mati bawah (TMB) atau yang biasa disebut ekspansi adiabatik. Sisa gas dari hasil pembakaran ini kemudian akan dibuang melalui katup atau yang dinamakan *exhaust*. Proses pembakaran yang terjadi pada siklus tersebut akan berlangsung terus-menerus selama mesin masih hidup.

#### **2.2.10 Proses Pembakaran Mesin Diesel**

Menurut Nuruzzman (2003) proses pembakaran adalah proses dimana pengubahan tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanik di suatu mesin. Didalam proses pembakaran dialam silinder terjadi pembakaran antara bahan bakar dan oksigen yang berasal dari udara. Proses Pembakaran tersebut menghasilkan gas yang mampu menggerakkan torak yang dihubungkan langsung dengan poros engkol oleh batang penggerak.

Beberapa faktor yang menentukan kualitas pembakaran antara lain kadar oksigen, tekanan udara yang dikompresi, suhu atau panas udara yang dikompresi, timing pembakaran, tekanan pengkabutan bahan bakar pada injektor, kualitas bahan bakar, volume atau bahan bakar yang diinjeksikan (Samlawi, 2018).

Proses pembakaran pada motor diesel berlangsung dalam empat periode sebagai berikut :



Gambar2.4 Diagram Proses Pembakaran Motor Diesel  
(Samlawi,2018)

1. Periode pertama : Bahan bakar mulai disemprotkan pada titik 1 sampai 2.
2. Periode ini disebut persiapan pembakaran *delay period* atau periode kelambatan. Terjadi beberapa faktor pada periode keterlambatan penyalaan ini antara lain pada mutu penyalaan bahan bakar dan beberapa kondisi misalnya, kecepatan mesin dan perbandingan kompresi.
2. Periode kedua : Antara 2 dan 3, pada titik ke 2 bahan bakar mulai terbakar dengan cepat pula dan sementara piston juga bergerak menuju TMA. Selain itu bahan bakar yang terbakar juga makin banyak, walaupun piston bergerak menuju TMB tapi tekanan masih naik sampai titik 3. Periode tersebut dinamakan periode cepat.
3. Periode ketiga : Antara 3 dan 4 periode ini dinamakan periode pembakaran terkendali, pada periode ini meskipun bahan bakar lebih cepat terbakar, namun jumlah bahan bakar sudah tidak banyak lagi dan proses pembakarannya langsung pada volume ruang bakar bertambah besar.
4. Periode keempat : yaitu periode dimana pembakarannya masih berlangsung, karena terdapat sisa bahan bakar yang belum terbakar dari periode sebelumnya walupun sudah tidak ada pemasukan bahan bakar.

Proses pembakaran empat periode ini sangat berhubungan dengan tingkat efektifitas dari suatu kerja mesin. Efektifitas dari suatu mesin dapat dipengaruhi

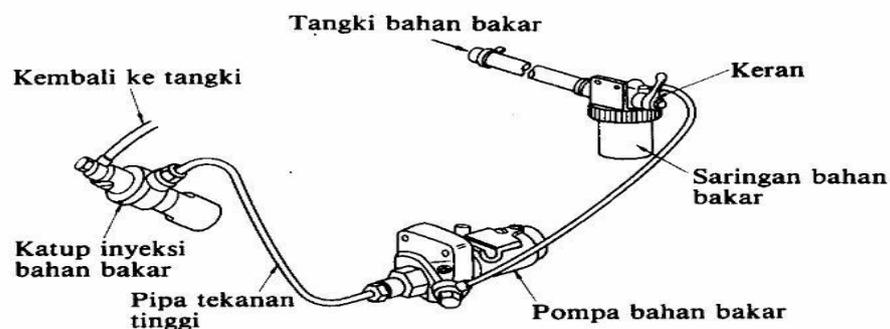
oleh beberapa hal, salah satunya yaitu sifat karakteristik dari bahan bakar yang digunakan.

Mengetahui karakteristik dari suatu bahan bakar juga sangat penting, karena berhubungan dengan kualitas penyalaan (*ignation quality*). Kualitas penyalaan sangat berkaitan dengan apa yang disebut *ignition delay*. Kualitas penyalaan ini sangat berkaitan dengan apa yang dinamakan *ignition delay*. Semakin pendek *ignition delay* maka semakin baik juga kualitas penyalanya.

### 2.2.11 Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar (*fuel system*) pada motor diesel mempunyai peran yang sangat penting dalam mensuplai sejumlah bahan bakar yang dibutuhkan sesuai dengan kapasitas mesin, putaran motor serta pembebanan motor (Fathoni, 2019). Dengan ini *fuel system* juga mempengaruhi performa unjuk kerja pada motor diesel.

Sistem bahan bakar terdiri dari tangki bahan bakar, saringan bahan bakar, pompa injeksi, saluran injeksi bahan bakar, dan injektor. Pengaliran bahan bakar dari tangki bahan bakar dari tangki ke pompa injeksi tidak menggunakan pompa pengalir karena tangki bahan bakar terletak diatas pompa injeksi. Sistem penyaluran bahan bakar seperti itu disebut dengan *gravity feed fuel system*. Proses aliran bahan bakar dimulai saat bahan bakar dari tangki mengalir ke pompa injeksi melalui saringan. Setelah itu bahan bakar disemprotkan oleh pompa injeksi menuju injektor melalui saluran injeksi. Karena tekanan tinggi dalam pipa, bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder oleh injektor dan sebagian bahan bakar yang tidak terinjeksi akan kembali ke tangki melalui saluran balik.

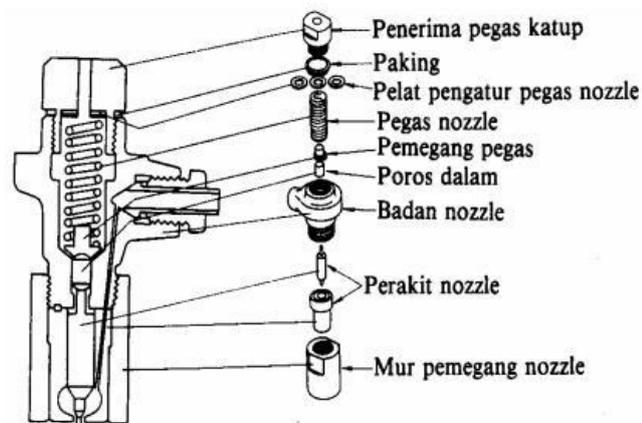


Gambar 2.5 Skema aliran bahan bakar motor diesel (Dikmenjur, 2004)

Menurut Rabiman dan Arifin (2011), cara kerja dari sistem bahan bakar pada suatu motor diesel adalah ketika keran bahan bakar di putar ke arah posisi terbuka maka bahan bakar akan mengalir ke pompa injeksi yang sebelumnya telah melewati saringan bahan bakar (*fuel filter*). Pada saat mesin sudah mulai beroperasi, maka pompa injeksi akan bekerja dengan cara memompakan bahan bakar menuju injektor melalui pipa tekanan tinggi. Tekanan yang berasal dari bahan bakar yang tinggi akan mengakibatkan pegas pada penahan katup nosel di dalam injektor terdesak naik sehingga nosel terbuka kemudian bahan bakar akan diinjeksikan ke dalam ruang bakar sudah dalam bentuk kabut. Setelah proses injeksi bahan bakar selesai, katup nosel yang terbuka akan menutup kembali karena terdorong oleh tekanan pegas pengembali.

### 2.2.12 Injektor dan Nosel

Menurut Rinaldi (2013) injektor pada motor diesel berfungsi untuk penghantar bahan bakar dari pompa injektor menuju ke dalam silinder pada setiap langkah kompresi dimana saat itu piston sudah mendekati titik mati atas (TMA). Injektor yang sudah dirancang ini berfungsi sebagai perubah tekanan bahan bakar dari pompa injektor yang telah bertekanan tinggi untuk mengubah bahan bakar menjadi bentuk kabut yang bertekanan antara 60 – 200 kg/cm<sup>2</sup>. Nosel merupakan salah satu bagian dari dari suatu injektor yang berfungsi untuk menyembrotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar.



Gambar 2.6 Konstruksi injektor (Dikmenjur, 2004)

Nosel merupakan komponen yang terdapat pada ujung injektor. Nosel berfungsi sebagai katup pembentuk kabutan bahan bakar. Nosel terpasang pada bodi injektor menggunakan mur pengikat. Besarnya tekanan pengabutan pada nosel dapat diatur melalui tegangan pegas yang menekan jarum nosel. Bila tekanan yang diinginkan lebih tinggi, maka dapat dilakukan dengan menambah plat pengatur pegas nosel dan sebaliknya.

Konsep kerja injektor adalah ketika bahan bakar yang ditekan oleh pompa injeksi masuk ke dalam injektor melalui saluran tekanan tinggi. Tekanan bahan bakar yang tinggi akan mendorong jarum pengabut melawan arah tegangan pegas, sehingga jarum pengabut terangkat membuka lubang injektor dan bahan bakar masuk kedalam silinder. Pada saat proses penginjeksian tersebut, sebagian bahan bakar yang tidak ikut terinjeksikan akan disalurkan kembali ke tangki bahan bakar melalui saluran balik.

### 2.2.13 Daya listrik

Daya listrik merupakan besarnya suatu usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam setiap detik (Tipler,2010). Jika dalam waktu  $t$  detik sumber tegangan telah melakukan usaha sebesar  $W$ , maka daya tersebut dirumuskan sebagai berikut

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,  $P$  : Daya (Joule/detik) atau Watt

$W$ : Usaha (Joule)

$t$  : Waktu (detik)

1 joule/detik = 1 watt atau 1 J/s = 1 W

Karena  $W = VIt$ , maka pada persamaan menjadi:

$$P = \frac{VIt}{t} \text{ atau } P = V \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana,  $P$  : Daya (watt)

$V$  : tegangan/beda potensial (volt)

$I$  : Arus (ampere)

### 2.2.14 Konsumsi Bahan Bakar

Dalam pengujian uji performa kinerja mesin diesel, besarnya daya suatu mesin diesel merupakan hasil dari pembakaran campuran bahan bakar dan udara dalam ruang silinder. Konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (sfc) merupakan perolehan besaran ruang dengan banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin diesel dibandingkan dengan daya pembeban yang dihasilkan dalam tiap waktunya.

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) menggunakan rumus sebagai berikut.

$$SFC = \frac{M_f}{P} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana dari persamaan (1) dapat dicari  $M_f$  dengan persamaan berikut.

$$M_f = \frac{V \text{ bahan bakar} \times \rho \text{ bahan bakar}}{t} \times \frac{3600}{1000} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

Sfc : Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWatt.jam)

V bahan bakar : Volume bahan bakar (ml)

t : Waktu konsumsi bahan bakar/10 ml (detik)

P : Daya (kW)

$\rho$  bahan bakar : Spesific gravity (kg/l)

$M_f$  : Massa bahan bakar (kg/jam)

### 2.2.15 Besar Sudut Injeksi Bahan Bakar

Sudut penyebaran yang dihasilkan saat proses injeksi atau semprotan bahan bakar dipengaruhi oleh nilai viskositas yang terkandung dalam bahan bakar. Bahan bakar yang memiliki kandungan jumlah viskositas yang tinggi maka akan menghasilkan semprotan yang bersudut kecil, begitu sebaliknya.

$$\theta = 0,05 \times \left( \frac{\Delta P \times (d_o)}{\rho_f \times (V_f)} \right)^{1/4} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

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

$\Delta P$  : Tekanan injeksi (Pa)

$d_o$  : Diameter lubang nosel (mm)

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

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