

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan pustaka**

Penggunaan minyak nabati secara langsung sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel (biodiesel) masih menimbulkan masalah. Masalah tersebut terutama diakibatkan oleh viskositas minyak nabati yang terlalu tinggi jika dibandingkan dengan petrodiesel, sehingga akan menyebabkan proses pembakaran yang tidak sempurna. Untuk itu perlu dilakukan proses konversi minyak nabati guna menurunkan viskositasnya (Hamid S. dan Yusuf, 2002).

Biodiesel adalah bahan bakar ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar minyak. Akumulasi gas CO<sub>2</sub> di atmosfer akan menyebabkan pemanasan global di permukaan bumi. Oleh karena itu pengganti biodiesel pada bahan bakar minyak akan menurunkan akumulasi CO<sub>2</sub> di atmosfer secara drastis. Dengan mulai diperkenalkannya biodiesel sebagai bahan bakar alternatif maka penelitian tentang penggunaan biodiesel pada mesin diesel mulai banyak dilakukan. Penelitian prestasi mesin diesel pada berbagai merek dan model telah menunjukkan hasil yang positif (Kurdi, 2006).

Amalia dkk (2014) dalam penelitiannya tentang pengaruh jenis pereaksi, kecepatan pengadukan dan suhu reaksi terhadap rendemen dan kualitas biodiesel menyimpulkan kecepatan pengadukan dan suhu reaksi berpengaruh sangat signifikan terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan, sedangkan kualitas biodiesel dipengaruhi secara signifikan oleh jenis pereaksi yang digunakan dan suhu reaksi. Kondisi proses terbaik untuk proses transesterifikasi biji jarak pagar dengan pereaksi methanol dan etanol diperoleh masing-masing pada kecepatan pengadukan 800 dan 900 rpm, dan suhu reaksi 50°C. Pada kondisi proses tersebut rendemen biodiesel yang dihasilkan masing-masing sebesar 82,2% dan 82,5% dengan kualitas biodiesel yang sangat memuaskan. Biodiesel yang dihasilkan dari proses penelitian ini telah memenuhi standar biodiesel Indonesia sehingga memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan bakar otomotif.

Suhartanta dan Arifin (2008) dalam penelitiannya tentang Pemanfaatan minyak jarak pagar sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel menyimpulkan bahwa minyak biodiesel yang dikembangkan sebagai bahan bakar mesin diesel yang berasal dari minyak jarak pagar memiliki karakteristik yang sama bahkan pada beberapa item terutama pada hasil perhitungan nilai kalor memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan solar.

Hamid dan Yusuf (2002) menyimpulkan bahwa hasil utama dari proses konversi minyak kelapa sawit menjadi metil ester (biodiesel) adalah menurunkan viskositas minyak kelapa sawit yang semula adalah 43.1 cSt menjadi 8 -6 cSt yang berarti terjadi penurunan sekitar 82-86% dan mendekati batasan maksimal viskositas dari minyak solar, yaitu 5.8-6 cSt sehingga sangat memungkinkan untuk dicampur dengan minyak solar.

Sugiyono (2006) menyimpulkan bahwa berdasarkan pengembangan tanaman penghasil bahan baku biodiesel saat ini, CPO dari kelapa sawit merupakan sumber bahan baku biodiesel yang paling siap dan potensial. Dengan luas perkebunan kelapa sawit yang mencapai sekitar 5,45 juta hektar dan produksi CPO nya mencapai sekitar 11,78 juta ton, maka bila seluruh produksi CPO tersebut dipergunakan sebagai bahan baku biodiesel akan menghasilkan sekitar 10,60 juta ton biodiesel yang setara dengan 419,34 PJ atau sekitar 50% kebutuhan minyak solar nasional.

Widianto (2014) menyimpulkan bahwa campuran solar-biodiesel dari minyak biji jarak mampu meningkatkan unjuk kerja mesin, menghemat bahan bakar, dan menurunkan viskositas. Hal ini dibuktikan pada campuran solar-biodiesel (B25) yang terbaik dengan peningkatan torsi menjadi 2,79 kgf.m presentase peningkatan 32,23% pada 4500 rpm, campuran solar-biodiesel (B25) terbaik dengan peningkatan daya menjadi 17,70 PS dengan presentase peningkatan sebesar 30,02% pada 4500 rpm. Tekanan efektif rata-rata menjadi 0,35 kg/cm<sup>2</sup> dengan presentase peningkatan sebesar 30,02%. Hal ini karena karakteristik campuran solar-biodiesel yaitu angka cetane dan titik nyala lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Konsumsi bahan bakar menjadi 2,87 kg/jam dengan presentase penurunan sebesar 28,38% pada 4500 rpm. Sedangkan

opasitas mengalami penurunan menjadi 6,40% dengan presentase penurunan sebesar 60,02%.

Fajar dkk (2009) menyimpulkan bahwa bila temperatur biodiesel dan solar dinaikkan akan menurunkan konsumsi bahan bakar mesin diesel. Adapun temperature pemanasan tertinggi biodiesel adalah 70°C, dimana pada temperature ini ada penurunan konsumsi sebesar 28% pada beban 4,75 kW sampai beban 5,67kW. Namun bila temperature kedua bahan bakar tersebut terus dinaikkan maka konsumsinya akan meningkat lagi. Temperatur bahan bakar yang ideal untuk mesin diesel 1 silinder direct injection putaran konstan yang menggunakan biodiesel adalah 70°C. Dimana pada temperatur ini ada penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 8%, dan penurunan bsfc 28% dan peningkatan efisiensi termis 25,3%.

Berdasarkan pada tinjauan pustaka tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa produksi biodiesel dari minyak jarak dan minyak sawit sangat berpotensi untuk mengurangi atau menggantikan minyak solar sebagai bahan bakar mesin diesel.

Pada penelitian ini digunakan campuran biodiesel minyak jarak-biodiesel minyak sawit yang akan dicampur minyak solar sebagai variasinya, kemudian akan diujikan pada mesin diesel.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Bahan Bakar Minyak**

Bahan bakar minyak merupakan jenis bahan bakar yang dihasilkan dari pengilangan minyak mentah. Minyak mentah yang diambil dari perut bumi kemudian diolah dalam pengilangan terlebih dahulu untuk menghasilkan berbagai macam jenis minyak, salah satu contohnya yaitu BBM, tetapi Ketersediaan bahan bakar minyak bumi mulai menipis seiring penggunaannya yang semakin meningkat. Sehingga penggunaan bahan bakar minyak bumi perlu dikurangi dengan mengalihkan ke bahan bakar alternatif lain yang dapat diperbaharui, salah satu contohnya yaitu biodiesel.

Menurut Suhartanta dan Arifin (2008) Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif harus segera direalisasikan untuk menutupi kekurangan terhadap kebutuhan BBM yang semakin meningkat. Biodiesel dapat dibuat dari bermacam sumber, seperti minyak nabati, lemak hewani dan sisa dari minyak atau lemak.

### **2.2.2 Minyak Sawit**

Minyak kelapa sawit merupakan bahan paling potensial untuk dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Saat ini Indonesia merupakan negara produsen CPO nomor 2 terbesar di dunia setelah Malaysia, dan dalam waktu dekat kemungkinan akan menggeser posisi Malaysia sebagai produsen CPO terbesar di dunia. Kelapa sawit salah satu tanaman perkebunan yang terdapat di hampir seluruh Indonesia dan dari tahun ke tahun luas perkebunan semakin meningkat.

Menurut Sugiyono (2006) menyatakan berdasarkan pengembangan tanaman penghasil bahan baku biodiesel saat ini, CPO dari kelapa sawit merupakan sumber bahan baku biodiesel yang paling siap dan potensial. Dengan luas perkebunan kelapa sawit yang mencapai sekitar 5,45 juta hektar dan produksi CPO nya mencapai sekitar 11,78 juta ton, maka bila seluruh produksi CPO tersebut dipergunakan sebagai bahan baku biodiesel akan menghasilkan sekitar 10,60 juta ton biodiesel yang setara dengan 419,34 PJ atau sekitar 50% kebutuhan minyak solar nasional.

### **2.2.3 Minyak Jarak**

Timu dkk (2012) Minyak jarak akhir-akhir ini mulai banyak diperkenalkan sebagai energi alternatif biodiesel. Biodiesel tersebut dihasilkan dari minyak yang diperoleh dari biji tanaman jarak yang banyak tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia.. Pemanfaatan minyak jarak sebagai bahan biodiesel merupakan alternatif yang ideal untuk mengurangi tekanan permintaan bahan bakar minyak dan penghematan penggunaan cadangan devisa. Minyak jarak selain merupakan sumber minyak terbarukan juga

termasuk non *edible oil* Sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan konsumsi manusia seperti pada minyak kelapa sawit. Prospek untuk mengembangkan bahan baku energi ramah lingkungan itu sangat bagus dibandingkan lahan kelapa sawit, bahkan lahan kritis yang selama ini menjadi lahan terlantar bisa didayagunakan. Umur satu tahun tanaman jarak sudah berbuah, tanaman jarak bisa memproduksi sampai 30 tahun dan sangat baik untuk konservasi tanah. Minyak jarak memiliki lebih banyak oksigen dan nilai kalornya lebih rendah dari solar serta proses pembakaran minyak jarak lebih sempurna dan bersih. Potensi energi terbesar tanaman ini terdapat pada buah yang terdiri dari biji dan cangkakng. Pada inti biji ini dapat diubah menjadi bahan bakar nabati untuk membuat biodiesel.

#### **2.2.4 Biodiesel**

Biodiesel adalah suatu energi pengganti yang berasal dari sumber yang dapat diperbarui, yaitu minyak nabati atau lemak hewan. Biodiesel dapat dibuat secara kimiawi dengan cara mencampurkan minyak nabati atau hewani dengan methanol atau ethanol dalam lingkungan katalis asam, basa atau enzim. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar minyak dan dapat digunakan pada mesin diesel. Sifat- sifat fisik dan kimiawi biodiesel mirip dengan bahan bakar diesel atau solar. Dengan mulai diperkenalkannya biodiesel sebagai bahan bakar alternatif maka penelitian tentang penggunaan biodiesel pada mesin diesel mulai banyak dilakukan. Biodiesel digunakan dalam bentuk campuran antara biodiesel murni dengan solar (Kurdi, 2006).

#### **2.2.5 Syarat Mutu Biodiesel**

Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk biodiesel dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015 yang sudah merevisi SNI 04-7182-2006 dan SNI7182:2012-Biodiesel. Berikut standar SNI Biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Syarat Mutu Biodiesel

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 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	Abu 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	Monoglisenda	%- massa, maks	0,8

## **2.2.6 Sifat-sifat Biodiesel**

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

### **2.2.6.1 Viskositas**

Viskositas adalah kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besar kecilnya gesekan internal fluida. Pelumasan, gesekan antara bagian-bagian yang bergerak dan keausan mesin, semuanya dipengaruhi oleh viskositas. Oleh karena itu bahan bakar diesel yang terlalu rendah viskositasnya akan memberikan pelumasan yang buruk, juga cenderung mengakibatkan kebocoran pada pompa. Sebaliknya viskositas yang terlalu tinggi akan menyebabkan asap yang kotor karena bahan bakar lambat mengalir dan sulit teratomasi.

### **2.2.6.2 Titik Nyala (*flash point*)**

Flash Point adalah temperatur pada keadaan dimana uap di atas bahan bakar akan terbakar dengan cepat (meledak) apabila nyala api didekatkan padanya. Menurut Kurdi (2006) Flash point tidak langsung berkaitan dengan unjuk kerja mesin. Namun, flash point sangat penting sehubungan dengan keamanan dan keselamatan, terutama dalam handling dan storage. Flash point yang tinggi akan memudahkan penanganan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan pada suhu rendah. Sebaliknya, flash point bahan bakar yang terlalu rendah akan membahayakan karena tingginya resiko terjadi penyalaan.

### **2.2.6.3 Nilai Kalor**

Nilai kalor adalah angka yang menunjukkan energi kalor yang dikandung dalam setiap satuan massa bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor dalam bahan bakar maka semakin besar energi yang dikandung bahan bakar tersebut persatuan massa. Nilai kalor diperlukan untuk perhitungan jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang diperlukan mesin dalam satu periode.

#### 2.2.6.4 Massa Jenis (Densitas)

Densitas yaitu Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, ini berkaitan erat dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar.

Kerapatan suatu fluida ( $\rho$ ) dapat didefinisikan sebagai massa per satuan volume. Dapat dirumuskan sebagai berikut.

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

Keterangan:

$\rho$  = massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

m = massa (kg)

v = volume ( $\text{m}^3$ )

#### 2.2.7 Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu bagian dari mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversi energi termal hasil pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis. Terjadinya energi panas karena adanya proses pembakaran, bahan bakar, udara dan sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin, memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran yang diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak.

Mesin kalor secara garis besar dikelompokkan menjadi dua jenis pembakaran yaitu pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), dan pembakaran luar (*External Combustion Engine*). Motor bakar termaksud salah satu contoh pembakaran dalam. Mesin pembakaran dalam adalah sebuah mesin yang proses pembakaran yang terjadi di dalam mesin atau ruang bakar yang berada di dalam mesin, sehingga gas hasil pembakaran bahan bakar dipakai sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis. Sedangkan mesin pembakaran luar adalah suatu motor dimana proses pembakarannya di luar dari mekanisme mesin. Pada proses pembakaran ini, energi panas dari gas

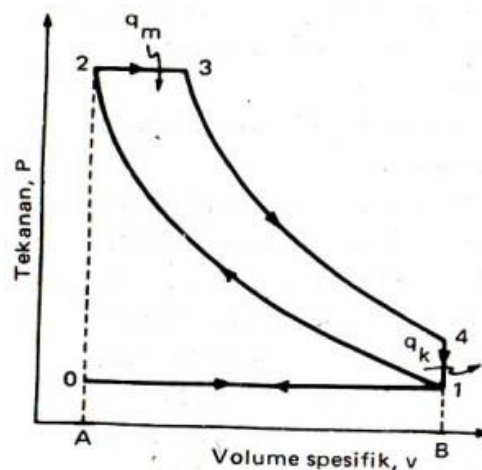


pembakaran bahan bakar digunakan untuk mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi. Selanjutnya uap tersebut dirubah menjadi energi mekanis untuk melakukan kerja mekanis.

### 2.2.8 Motor Diesel

Motor diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi di dalam mesin itu sendiri (internal combustion engine) dan pembakaran terjadi karena udara murni dikompresi dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, bersamaan dengan itu disemprotkan/dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran. Pembakaran yang berupa ledakan akan menghasilkan panas mendadak naik dan tekanan menjadi tinggi didalam ruang bakar.

Pada motor diesel terdapat siklus udara tekanan konstan (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 kondisi tekanan konstan. Jenis siklus ini terjadi motor diesel. Gambar siklus mesin diesel dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Mesin Diesel (Ideal)

(J. Trommel, 1991)

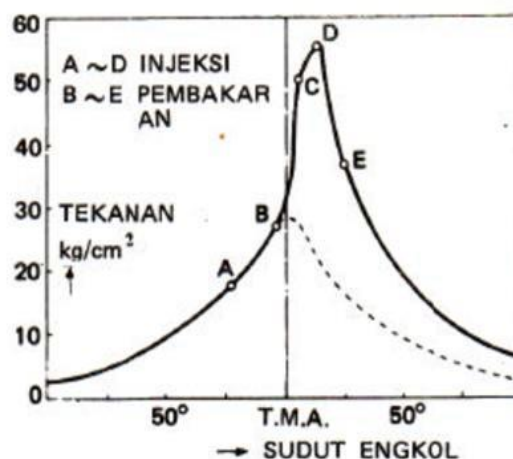
Proses dari siklus tersebut yaitu :

- 0-1 : Langkah hisap, tekanan (p) konstan (isobarik)
- 1-2 : Langkah kompresi, tekanan (p) bertambah (adiabatik)
- 2-3 : Proses pemasukan kalor (isobarik)
- 3-4 : Proses ekspansi (adiabatik)
- 4-1 : Proses pengeluaran kalor (isokhorik)
- 1-0 : Langkah buang, tekanan (p) konstan (isobarik)

### 2.2.9 Pembakaran Mesin Diesel

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara Oksigen dan bahan yang dapat terbakar, disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor. Pembakaran Spontan adalah pembakaran dimana bahan mengalami oksidasi perlahan-lahan sehingga kalor yang dihasilkan tidak dilepaskan. Syarat-syarat yang sangat penting dari proses pembakaran pada motor diesel diantaranya adalah emisi yang rendah, pemakaian bahan bakar yang hemat, dan suara pembakaran yang rendah.

Menurut Arismunandar (2002) proses pembakaran motor Diesel dibagi menjadi 4 periode seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram Proses Pembakaran Motor Diesel  
(Arismunandar, 2002)

1. Periode penundaan : kelambatan pembakaran / ignition delay (A-B)

Setelah dimulainya injeksi, untuk partikel pertama bahan bakar mengambil cukup banyak panas agar dapat menguap dan meningkat hingga suatu suhu yang cukup panas untuk menghasilkan penyalaan otomatis.

2. Periode pembakaran yang tidak terkendali : saat perambatan api / *flame propagation* (B-C)

Pembakaran yang cepat berlangsung ketika semua partikel bahan bakar, yang diinjeksikan selama periode penundaan, memperoleh cukup panas untuk pembakaran. Pembakaran ini mengakibatkan suatu peningkatan suatu peningkatan tekanan yang tiba-tiba (ketukan diesel).

3. Periode pembakaran terkendali : saat pembakaran langsung / *direct combustion* (C – D)

Karena suhu tinggi yang diciptakan selama pembakaran tidak terkendali bahan bakar sekarang membakar saat memasuki ruang pembakaran dan dikendalikan oleh jumlah bahan bakar yang diinjeksikan pada suatu jangka tertentu.

4. Periode Pembakaran : saat pembakaran lanjut / *after burning* (D – E)

Setelah injector berhenti menginjeksikan bahan bakar, beberapa partikel masih harus diuapkan dan sebagian uap belum memperoleh cukup oksigen untuk membakarnya. Pasca pembakaran adalah pembakaran bahan bakar setelah injeksi berhenti.

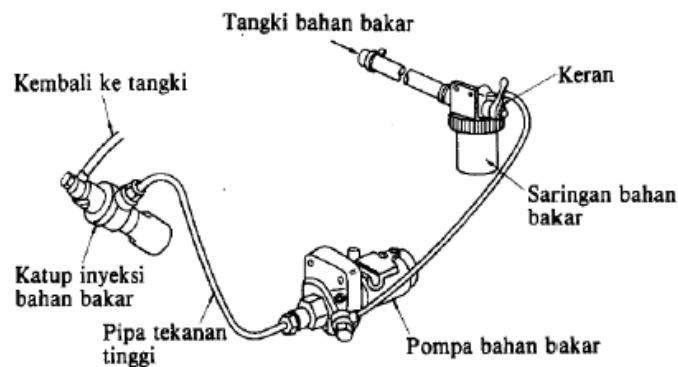
Proses pembakaran empat periode ini sangat berhubungan erat dengan tingkat efektifitas dari suatu kerja mesin. Efektifitas dari suatu mesin dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya yaitu karakteristik dari bahan bakar yang digunakan.

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

### 2.2.10 Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar (*fuel system*) akan sangat berpengaruh pada kinerja suatu motor diesel karena sistem bahan bakar memiliki peranan yang sangat penting dalam menyediakan dan menyuplai bahan bakar ke dalam suatu ruang pembakaran sesuai dengan kapasitas dari mesin tersebut.

Komponen utama dari sistem bahan bakar motor diesel 4 tak silinder tunggal (horizontal) yaitu : tangki bahan bakar, keran, saringan bahan bakar (fuel filter), pompa injeksi bahan bakar, pipa tekanan tinggi dan pengabut (*nozzle*) (Rabiman dan Arifin, 2011).



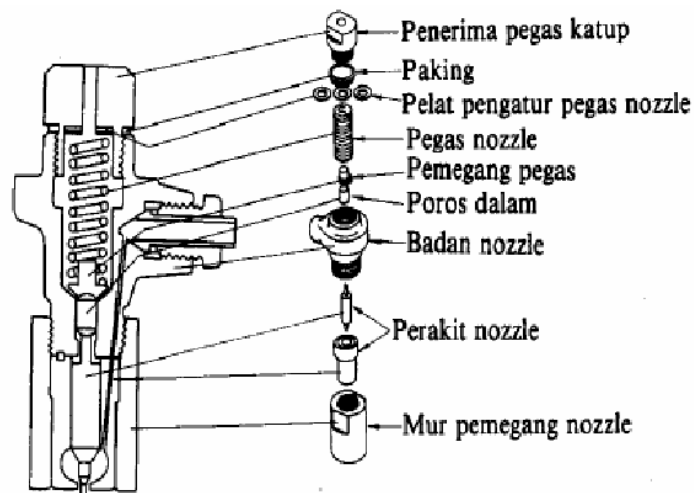
Gambar 2.3. Skema aliran bahan bakar motor diesel  
(Swisscontact, 2000)

Cara kerja sistem bahan bakar pada motor diesel secara umum yaitu ketika keran bahan bakar dibuka maka bahan bakar mengalir ke pompa injeksi melalui saringan bahan bakar (*fuel filter*). Saat mesin berputar, pompa injeksi berkerja memompakan bahan bakar ke injector melalui pipa tekanan tinggi. Bahan bakar yang bertekanan tinggi mengakibatkan pegas penahan katup nosel di dalam injector terdesak (membuka nosel) dan bahan bakar terinjeksikan kedalam ruang bakar. Setelah proses injeksi selesai, maka katup akan secara otomatis menutup kembali karena adanya pegas kembali.

### 2.2.11 Injektor dan Nosel

Injektor merupakan alat yang memiliki fungsi untuk menghantarkan bahan bakar dari pompa injektor ke dalam silinder disetiap akhir langkah kompresi dimana piston mendekati titik mati atas (TMA). Injektor dirancang untuk mengubah tekanan bahan bakar dari pompa injektor yang bertekanan tinggi untuk membentuk kabut yang bertekanan antara 60 sampai 200 kg/cm<sup>2</sup>.

Nosel merupakan salah satu bagian dari injektor, lebih tepatnya berada pada ujung injector. Nosel berfungsi sebagai katup pembentuk kabutan bahan bakar yang direncanakan.



Gambar 2.4. Kontruksi Injektor

(Dikmenjur, 2004)

Nosel terdiri dari body dan jarum nosel yang dihubungkan dengan pegas injektor melalui *pressure spindle*. Besarnya tekanan pengabut pada nosel dapat diatur melalui tegangan pegas yang menekan jarum nosel. Bila tekanan yang diinginkan lebih tinggi, maka tinggal mengencangkan baut penyetel (*adjusting screw*) dan mengunci dengan mur pengunci (*lock nut*) dan sebaliknya.

Prinsip kerja injektor yaitu bahan bakar yang ditekan oleh pompa injeksi masuk ke injektor melalui saluran tekan dengan tekanan tinggi. Tekanan bahan bakar akan mendorong jarum pengabut keatas melawan tegangan pegas, sehingga jarum pengabut terangkat membuka lubang injektor dan bahan bakar masuk kedalam silinder. Pada saat proses penginjeksian, sebagian dari bahan

bakar tidak ikut terinjeksi dan kemudian disalurkan kembali ketangki bahan bakar melalui saluran balik.

### 2.2.12 Daya Listrik

Daya listrik merupakan besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam 1 detik. Jika dalam waktu  $t$  detik sumber tegangan telah melakukan usaha sebesar  $W$ , maka daya listrik tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut (Tripler,2010).

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

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 :

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

Dimana,  $P$  : Daya (watt)

$V$  : tegangan/beda potensial (volt)

$I$  : Arus (ampere)

### 2.2.13 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (sfc) merupakan parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin, jika mengetahui hal ini maka dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dikonsumsi dalam selang waktu tertentu.

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

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

$$Mf = \frac{V \text{ bahan bakar} \times \rho \text{ bahan bakar}}{t} \times \frac{3600}{1000}$$

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 grafity (kg/l)
Mf	: Laju aliran bahan bakar (kg/jam)

#### 2.2.14 Besar Sudut Injeksi Bahan Bakar

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

Untuk mencari sudut semprotan dapat menggunakan persamaan berikut.

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

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 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )