

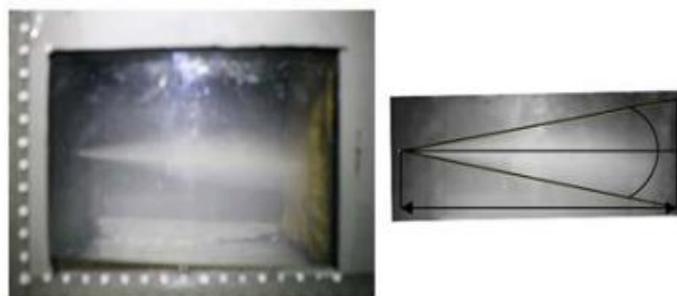
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Kajian Pustaka

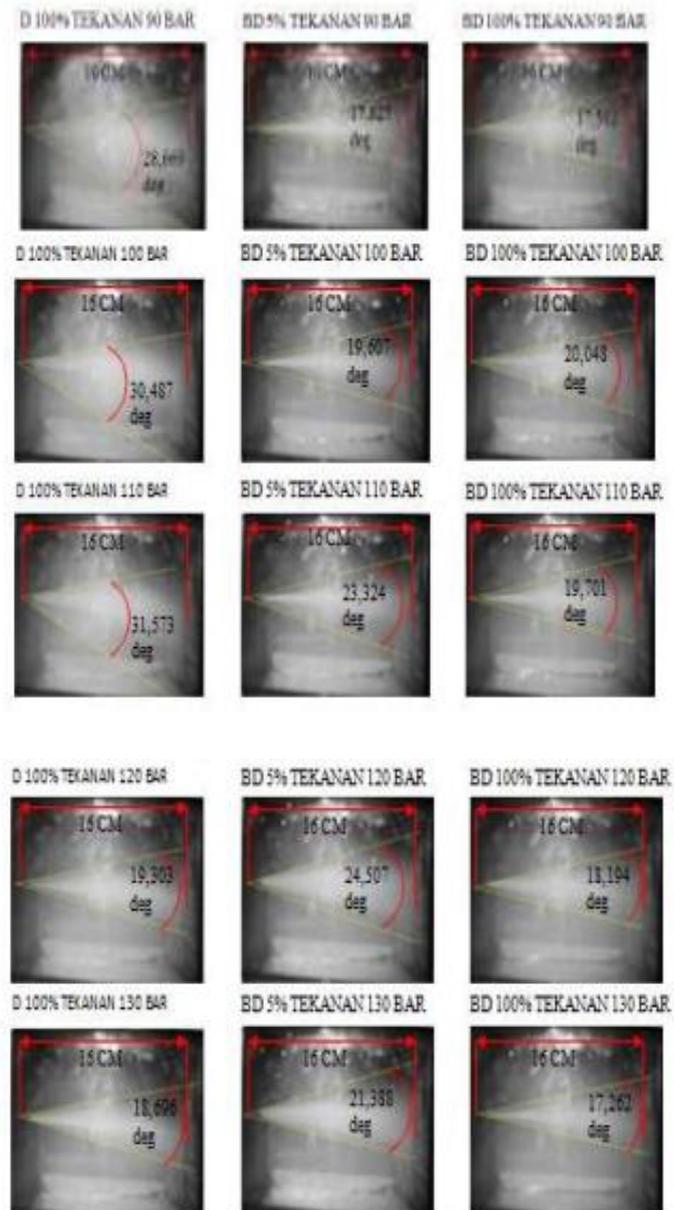
Penelitian mengenai karakteristik injeksi dan kinerja mesin diesel menggunakan berbagai macam jenis bahan bakar telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terkait dengan karakteristik injeksi dan kinerja atau performa mesin diesel. Oleh karena itu pengkajian pustaka ini difokuskan pada perolehan hasil karakteristik injeksi (semprotan *nozzle*) dan kinerja mesin diesel itu sendiri.

Suma, dkk (2015) meneliti uji tekanan nosel terhadap karakteristik semprotan bahan bakar biodiesel. Hasil penelitian yang dilakukan pada mesin diesel dengan menggunakan variasi tekanan nosel 90 bar, 100 bar, 120 bar, dan 130 bar (range tekanan kerja nosel dari pabrik) dan menggunakan solar (100%), biodiesel nyamplung (100%) dan biodiesel nyamplung 5% + solar 95%. Karakteristik semprotan bahan bakar yang diuji adalah panjang tip penetrasi semprotan, kecepatan semprotan, sudut semprotan, dan distribusi besar butiran yang terbentuk pada masing-masing variasi tekanan.



Gambar 2.1. Proses pengolahan data awal semprotan
(Suma dkk, 2015)

Berikut ini adalah gambar proses pengolahan data meliputi pengukuran sudut dan panjang tiap variasi pengujian.



Gambar 2.2 Semprotan Nosel

(Suma dkk, 2015)

Berikut ini juga adalah data sudut, kecepatan dan panjang semprotan untuk tiap variasi tekanan nosel (pada solar murni (D100%), biodiesel murni (BD100%), dan campuran biodiesel (BD5% + D95%).

Tabel 2.1 Data pengujian tiap variasi tekanan nosel

No	Tekanan p (Bar)	Sudut Θ (Deg)	Jarak L (10^{-3} m)	Waktu T (10^{-3} s)	Kecepatan V (m/s)
1	90	28.67	160	54.95	2.91
2	100	30.49	160	47.95	3.34
3	110	31.57	160	44.95	3.56
4	120	19.3	160	41.95	3.81
5	130	18.7	160	37.95	4.22

No	Tekanan p (Bar)	Sudut Θ (Deg)	Jarak L (10^{-3} m)	Waktu t (10^{-3} s)	Kecepatan V (m/s)
1	90	17.83	160	88.95	1.80
2	100	19.61	160	81.95	1.95
3	110	23.32	160	73.95	2.16
4	120	24.51	160	56.95	2.81
5	130	21.39	160	53.95	2.97

No	Tekanan P (Bar)	Sudut Θ (Deg)	Jarak L (10^{-3} m)	Waktu t (10^{-3} s)	Kecepatan V (m/s)
1	90	17.52	160	112.95	1.42
2	100	20.05	160	101.95	1.57
3	110	19.7	160	95.95	1.67
4	120	18.19	160	89.95	1.78
5	130	17.26	160	85.95	1.86

Dari pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan sebagai berikut, pada tekanan nosel 120 bar biodiesel 5% memiliki karakteristik yang paling mendekati solar 100% baik dari kecepatan semprotan, sudut semprotan maupun jumlah butirannya.

Sudarmanta, (2005) meneliti tentang transesterifikasi *crude palm oil* dan uji karakteristik semprotan menggunakan injector motor diesel. Hasil penelitian yang dilakukan secara eksperimental dan simulasi komputer. Eksperimental dilakukan untuk mendapatkan biodiesel hasil transesterifikasi dan visualisasi dari semprotan bahan bakar. Sedangkan simulasi komputer dengan *computational fluid dynamics* menggunakan *software FLUENT 6.0* untuk mendapatkan karakteristik semprotan yang berpengaruh terhadap penguapan dan pembakaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel hasil transesterifikasi, dalam hal ini viskositas, densitas dan tegangan permukaan masih sangat tinggi daripada bahan bakar solar. Uji karakteristik semprotan secara eksperimental maupun simulasi komputer menunjukkan bahwa viskositas yang lebih tinggi menghasilkan karakteristik atomisasi yang kurang baik, yaitu berupa evaporasi yang miskin. Sedangkan densitas dan Tegangan permukaan yang lebih tinggi menghasilkan bentuk penetrasi dan *droplest fase* cair sedikit lebih banyak sehingga distribusi fase gas menjadi lebih sempit.

Aziz, (2011) meneliti tentang uji performance mesin diesel menggunakan biodiesel dari minyak goreng bekas. Dari hasil pengujian didapatkan biodiesel 20% (B20) dan 40% (B40) memenuhi standar bahan bakar solar, selanjutnya diujikan pada mesin diesel dengan menggunakan solar sebagai pembanding. Biodiesel B20 dan B40 mampu memberikan kinerja mesin yang baik untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Emisi gas yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan emisi solar. Hal ini membuktikan bahwa biodiesel adalah bahan bakar ramah lingkungan.

Susila, (2010) meneliti tentang kinerja mesin diesel memakai bahan bakar biodiesel biji karet dan analisis emisi gas buang. Penelitian pengembangan proses produksi biodiesel (B100) dari minyak biji karet digunakan sebagai bahan bakar penelitian ini. Biodiesel dicampur dengan solar (B-0) pada tingkat perbandingan tertentu sehingga diperoleh B-5, B-10, B-15, dan B-20 (B-5 adalah campuran antara biodiesel 5% serta solar 95%, dst) dipergunakan sebagai bahan bakar mesin diesel stasioner. Kinerja mesin diesel dan emisi gas buang dibandingkan dengan mesin diesel yang memakai solar (B-0). Mesin diesel dioperasikan pada putaran konstan 1350, 1750, 2150, 2550, dan 2950 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan bakar B-10 menghasilkan kinerja mesin terbaik pada putaran 2550 rpm. Pada putaran ini diperoleh daya maksimum sebesar 36,95 PS.

Rakhmawati, (2007) meneliti tentang pengaruh variasi tekanan pada unjuk kerja motor diesel dengan bahan bakar alternative biodiesel minyak biji kapuk

(klenteng kapuk). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada peningkatan atau pengurangan daya dengan menggunakan bahan bakar B0 (solar murni), B10 (solar murni 90% + 10% biodiesel) dan B20 (solar murni 80% + 20% biodiesel). Demikian juga dengan konsumsi bahan bakar spesifik, apakah dengan penggunaan bahan bakar B0, B10 dan B20 akan ada penurunan atau peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik. Dengan variasi tekanan injeksi 13 MPa, 14 MPa, 15 MPa, 16 MPa dan 17 MPa manakah yang terbaik untuk mendapatkan daya yang paling tinggi dan konsumsi bahan bakar spesifik yang paling hemat. Pengujian ini dilakukan dengan variable control putaran yaitu 1600 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm, 2200 rpm, dan 2400 rpm. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa ada kenaikan daya dengan menggunakan bahan bakar B20 dan tekanan injeksi 15 MPa. Sedangkan dengan memakai bahan bakar B0 dan tekanan injeksi 17 MPa konsumsi bahan bakar menjadi lebih hemat. Dengan merubah tekanan injeksi menjadi lebih tinggi maka akan membuat konsumsi bahan bakar menjadi lebih hemat, daya lebih kecil. Kesimpulan dari penelitian ini adalah ada perubahan daya positif dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B20. Namun itu tidak sebanding dengan konsumsi bahan bakarnya karena dengan menggunakan bahan bakar B20 konsumsi bahan bakar cenderung naik. Tapi konsumsi bahan bakar dapat menjadi turun apabila tekanan injeksi lebih tinggi yaitu 17 MPa. Jadi untuk memperoleh daya yang maksimal maka dianjurkan untuk memakai tekanan injeksi 15 MPa, tetapi untuk mendapatkan konsumsi bahan bakar yang hemat dianjurkan memakai tekanan injeksi 17 MPa.

2.2. Dasar Teori

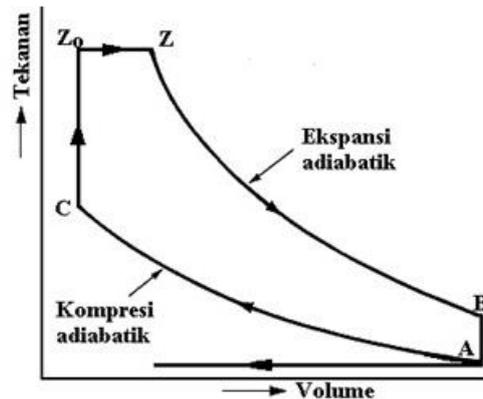
2.2.1. Definisi Mesin Diesel

Mesin diesel adalah motor bakar torak yang proses penyalaannya dilakukan dengan menginjeksikan bahan bakar ke dalam silinder yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dengan menggunakan injector. Karena temperatur silinder lebih tinggi dan titik nyala bahan bakar maka pembakaran terjadi. Persyaratan ini dapat dipenuhi apabila perbandingan rasio kompresi 12-14. Perbandingan kompresi yang rendah biasanya digunakan pada motor diesel ukuran besar dengan putaran rendah sedangkan perbandingan kompresi tinggi biasanya digunakan pada motor diesel ukuran kecil dengan putaran tinggi (4000 rpm), perancangan biasanya menggunakan perbandingan kompresi yang serendah-rendahnya berdasarkan pertimbangan kekuatan material dan berat mesinnya, oleh karena itu motor diesel bekerja dengan perbandingan kompresi antara 14-17 (Wiranto, 2002).

Daya merupakan fungsi dari volume silinder, MEP (*Mean Effektive Pressure*) dan putaran. Oleh karena itu peningkatan daya tidak dilakukan dengan memperbesar silinder, tetapi dengan cara meningkatkan kecepatan dan meningkatkan MEP (menaikkan densitas udara dalam silinder). Tetapi perlu diingat bahwa meningkatkan putaran berarti memerlukan bahan bakar yang lebih baik karena memerlukan pembakaran yang lebih cepat atau sempurna.

Motor diesel menggunakan siklus dual diesel, siklus ini berasal dari rancangan Rudolf Diesel untuk menggunakan udara tanpa bahan bakar yang ditekan sampai tekanan tinggi (karena itu temperaturnya tinggi) dengan menggunakan angka kompresi yang tinggi dari daripada siklus Otto. Temperatur yang tinggi ini menyebabkan bahan bakar menyala pada waktu disemprotkan kedalam ruang pembakaran. Dalam siklus ini udara ditekan hingga volume yang sangat kecil sehingga mempunyai tekanan dan temperatur yang sangat tinggi didekat TMA, bahan bakar disemprotkan kedalam silinder berisi udara tekanan tinggi dan terjadilah proses pembakaran.

Mesin diesel ideal mempunyai lima proses, yaitu proses pemasukan panas, kompresi isentropic, pemasukan panas (Q_1), pemasukan panas (Q_2), ekspansi isentropic, dan pembuangan.



Gambar 2.3. Siklus Mesin Diesel

(Kristanto, 2015)

Keterangan gambar :

- A-C : Proses kompresi adiabatik
- C-Zo : Pemasukan panas secara isokhorik (Q_1)
- Zo-Z : Pemasukan panas secara isobaric (Q_2)
- Z-B : Proses ekspansi adiabatik
- B-A : Pengeluaran panas secara isokhorik

Pada awalnya udara murni masuk dalam silinder, kemudian dilanjutkan proses kompresi, udara murni dikompresikan sehingga mencapai tekanan dan suhu tinggi. Tekanan dan suhu tinggi ini yang kemudian digunakan untuk membakar bahan bakar. Bahan bakar masuk melalui nosel dengan tekanan tinggi dan sampai di ruang bakar berupa kabut. Dengan suhu dan tekanan yang tinggi maka bahan bakar (solar) yang telah berupa kabut akan bercampur dengan udara dan selanjutnya akan terbakar. Tekanan dalam ruang silinder akan meningkat dan mendorong torak ke bawah atau yang disebut sebagai ekspansi adiabatik.

Kemudian gas sisa pembakaran akan dibuang melalui saluran buang. Proses pembakaran tersebut akan berlangsung secara terus menerus selama mesin hidup.

2.2.2. Pembakaran di dalam Motor Diesel

Pembakaran merupakan suatu reaksi kimia yang mana elemen-elemen tertentu suatu bahan bakar berkombinasi dengan oksigen sehingga menyebabkan naiknya temperatur dari gas-gas tersebut. Elemen utama dari bahan bakar yang mudah terbakar adalah karbon dan hydrogen.

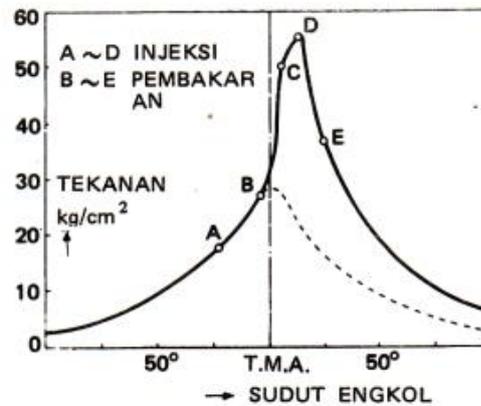
Motor diesel merupakan jenis motor dengan pembakaran yang memanfaatkan suhu dari udara yang telah dikompresikan di dalam silinder (*Compression-ignition engine*). Tekanan udara didalam silinder motor diesel pada akhir langkah kompresi adalah 40-45 Kg/cm² dan temperaturnya 600 °C (E. Karyanto, 2000 : 164).

Bahan bakar disemprotkan oleh injector (nosel) dalam bentuk kabut. Penyalaan dimulai dari titik dimana campuran bahan bakar dan udara yang paling sesuai, selanjutnya diikuti dengan pembakaran dari campuran tersebut. Sedangkan terjadinya proses pembakaran akan mengakibatkan peningkatan suhu dan tekanan udara.

Proses pembakaran motor diesel berlangsung dalam empat periode sebagai berikut :

a. Periode pertama : kelambatan pembakaran / *Delay Periode* (A-B)

Periode ini merupakan proses percampuran dari bahan bakar yang mengandung partikel halus dan udara, sehingga membentuk campuran yang mudah terbakar. Waktu yang dibutuhkan untuk proses ini dinamakan periode persiapan pembakaran (*delay periode*). Lama waktu pada periode ini sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh motor diesel. Kenaikan tekanan seiring dengan gerakan naiknya torak didalam silinder.



Gambar 2.4. Diagram Proses Pembakaran pada Motor Diesel

(sumber : Daryanto dan Setyabudi, 2013)

- b. Periode kedua : penyebaran api (B-C)

Campuran bahan bakar dan udara mulai terbakar dan api akan menyebar ke seluruh ruang pembakaran dengan cepat sehingga akan timbul letupan dalam silinder dan tekanan maupun suhunya akan naik secara cepat.

- c. Periode ketiga : Pembakaran langsung (C-D)

Bahan bakar segera terbakar pada periode ini sehingga tidak ada proses keterlambatan nyala. Pembakaran dapat dikontrol dengan sejumlah bahan bakar yang disemprotkan pada periode ini. Oleh karena itu periode ini sering disebut juga dengan periode pembakaran terkontrol. Periode ini berhubungan dengan kecepatan penyemprotan, ukuran tetesan kabut dan jumlah penyemprotan.

- d. Periode keempat : Pembakaran sisa (D-E)

Meskipun penyemprotan bahan bakar telah selesai, keadaan pembakaran sempurna belum sepenuhnya tercapai pada titik D dan masih akan terbakar antara titik D-E, pada proses ekspansi/kerja.

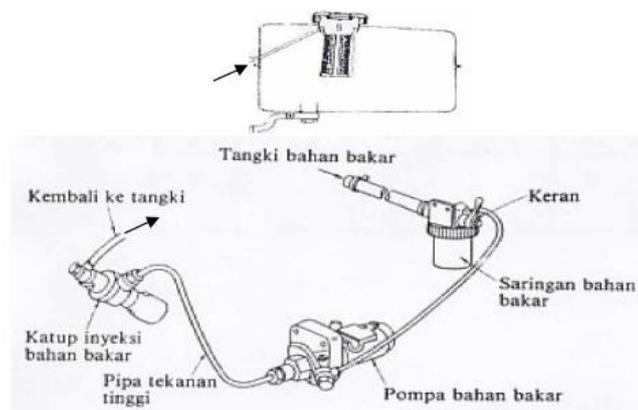
Periode ini berhubungan erat dengan banyaknya bahan bakar yang akan disemprotkan, tetesan ukuran kabut, kontak dengan udara dalam ruang bakar.

Agar pembakaran ini dapat efektif, maka tekanan selama periode pembakaran cepat dijaga serendah mungkin.

Karakteristik bahan bakar diesel yang penting yaitu kualitas penyalaan (*ignition quality*). Kualitas penyalaan ini berkaitan dengan apa yang disebut "*ignition delay*". Semakin pendek *ignition delay* maka semakin baik pula kualitas penyalaannya. Kualitas ini ditunjukkan dengan angka cetane (*Cetane Number, CN*).

2.2.3. Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar merupakan komponen yang penting dalam mesin diesel, sistem bahan bakar pada mesin diesel memiliki fungsi sebagai penyuplai bahan bakar ke ruang bakar dengan takaran yang sesuai dengan kerja motor diesel. Komponen utama dari sistem bahan bakar motor diesel 4 tak silinder tunggal (horizontal) meliputi : (a) tangki bahan bakar, (b) keran, (c) saringan bahan bakar, (d) pompa injeksi bahan bakar, (e) pipa penyalur dan pipa tekanan tinggi dan (f) injector (katup injeksi bahan bakar).



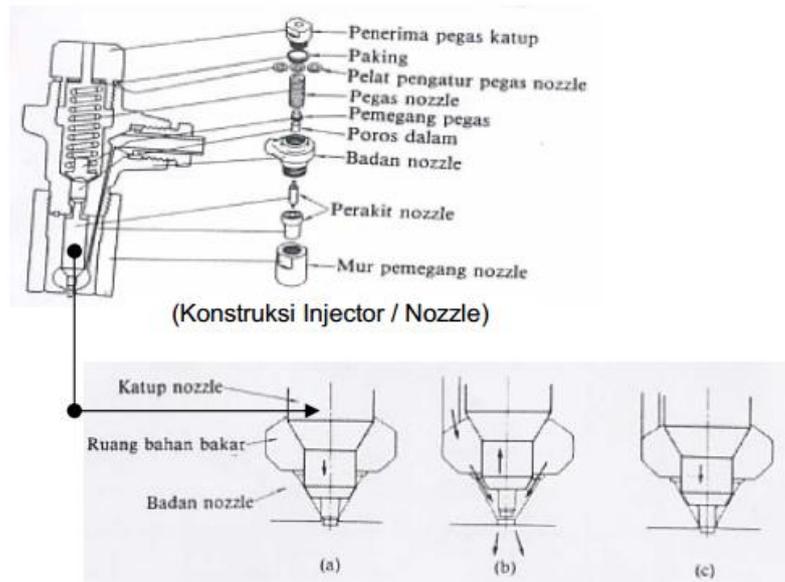
Gambar 2.5. Skema aliran sistem bahan bakar mesin diesel

(Dikmenjur, 2003)

Adapun fungsi dari masing-masing komponen system bahan bakar diatas meliputi :

- a) tangki bahan bakar berfungsi sebagai tempat penampung bahan bakar motor diesel.
- b) Keran berfungsi untuk membuka dan menutup aliran bahan bakar dari tangki ke saringan bahan bakar.
- c) Saringan bahan bakar berfungsi untuk menyaring kotoran atau partikel-partikel kecil yang mengalir bersamaan bahan bakar, agar bahan bakar yang dialirkan ke pompa injeksi benar-benar bersih.
- d) Mekanisme governor berfungsi untuk mengatur jumlah suplay bahan bakar ke injector sesuai dengan beban kerja mesin (putaran mesin).
- e) Pompa injeksi bahan bakar berfungsi untuk menaikkan tekanan bahan bakar sehingga bahan bakar mampu membuka katup injeksi (melawan pegas katup). Proses penyemprotan bahan bakar dalam silinder berlangsung sempurna (bahan bakar berbentuk kabut/partikel kecil).
- f) Injektor (katup injeksi bahan bakar) berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar bertekanan tinggi ke dalam ruang bakar sehingga proses pembakaran (langkah usaha) dapat berlangsung dengan baik.

Adapun cara kerja system bahan bakar pada motor diesel generator secara umum adalah sebagai berikut : ketika keran bahan bakar diputar ke posisi membuka maka bahan bakar akan mengalir ke pompa injeksi melalui saringan bahan bakar terlebih dahulu. Saat mesin mulai berputar, pompa injeksi juga turut bekerja atau memompakan bahan bakar ke injector (a) melalui pipa tekanan tinggi. Tekanan bahan bakar yang tinggi mengakibatkan pegas penahan katup nosel didalam injector terdesak (membuka nosel) dan bahan bakar terinjeksikan kedalam ruang bakar (b). setelah proses injeksi bahan bakar diesel selesai, maka katup nosel akan menutup kembali (c) karena adanya tekanan pegas pengembali.



Gambar 2.6. Urutan kerja katup nosel pada proses injeksi bahan bakar

(Dikmenjur, 2003)

Bahan bakar yang berlebihan pada injector kemudian dialirkan kembali ketangki bahan bakar berkat adanya relief valve dan saluran pengembali. Dengan demikian tidak terjadi pemborosan bahan bakar, karena bahan bakar yang tersisa/berlebih saat proses penyemprotan bahan bakar dikembalikan lagi ke tangki bahan bakar. Aliran bahan bakar pada setiap komponen system bahan bakar tersebut diatas bila dibuat kedalam diagram alir dalah sebagai berikut :

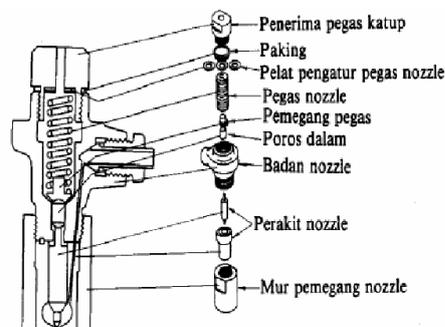


Gambar 2.7. Diagram aliran system bahan bakar

(Dikmenjur, 2003)

1.2.4 Injektor dan Nosel

Injektor berfungsi untuk menghantarkan bahan bakar dari pompa injector ke dalam silinder pada setiap akhir langkah kompresi dimana piston mendekati titik TMA. Injektor yang dirancang sedemikian rupa mengubah tekanan bahan bakar dari pompa injector yang bertekanan tinggi untuk membentuk kabut yang bertekanan antara 60 sampai 200 kg/cm², tekanan ini mengakibatkan peningkatan suhu pembakaran di dalam silinder meningkat menjadi 600°C. Nosel berfungsi sebagai penyemprot bahan bakar ke dalam ruang bakar.



Gambar 2.8. Kontruksi injektor

(Dikmenjur, 2003)

Pada bagian ujung setiap *injector* terdapat komponen yang disebut dengan *nozzle*, yang berfungsi sebagai katup atau membentuk kabutan bahan bakar yang diharapkan. *Nozzle* dipasangkan pada body *injector* menggunakan mur pengikat (*retaining nut*). *Nozzle* terdiri dari body dan jarum *nozzle* yang dihubungkan dengan pegas *injector* melalui *pressure spindle*. Besarnya tekanan pengabutan 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. Namun ada juga jenis pengaturan yang lain, dimana pengaturan tekanan menggunakan ketebalan plat yang diletakan diatas plat. Bila tekanan yang diinginkan menjadi lebih tinggi, maka perlu menambahkan ketebalan plat dan sebaliknya.

Prinsip kerja injector, bahan bakar yang ditekan oleh pompa injeksi masuk ke *injector* melalui saluran tekan. Tekanan bahan bakar akan mendorong jarum pengabut keatas melawan tegangan pegas, sehingga jarum pengabut terangkat membuka lubang *injector* dan bahan bakar masuk kedalam silinder. Pada saat proses penekanan ini, kemungkinan ada bahan bakar yang merembes melalui celah antara jarum dan rumah nosel, maka kebocoran ini kemudian akan disalurkan kembali ketangki melalui saluran balik.

2.2.5. Bahan Bakar Motor Diesel

Bahan bakar diesel yang sering disebut solar merupakan suatu campuran hidrokarbon yang didapat dari penyulingan minyak mentah pada suhu temperature 200⁰C-340⁰C. minyak solar yang sering digunakan adalah hidrokarbon rantai lurus (*hetadecene* C₁₆H₃₄) dan *alpha-methilnaphthalene*. Bahan bakar yang sebaiknya digunakan dalam motor diesel adalah jenis bahan bakar yang dapat segera terbakar (sendiri) yaitu dapat memberikan periode persyaratan pembakaran rendah. Bahan bakar motor diesel juga memiliki sifat-sifat yang mempengaruhi kinerja mesin diesel itu sendiri antara lain sebagai berikut :

a) Penguapan (*volality*)

Volality adalah sifat atau kemampuan bahan bakar untuk berubah menjadi fase uap atau vapor, semakin rendah suhu ini maka semakin tinggi penguapannya.

b) Residu karbon

Residu karbon adalah karbon yang ditinggal setelah penguapan dan pembakaran habis. Bahan bakar yang diuapkan dari minyak, diperolehkan residu karbon maksimum 0,10%. Kadar residu karbon menunjukkan kadar fraksi hidrokarbon yang mempunyai titik didih yang lebih tinggi dari bahan bakar, sehingga dapat mengakibatkan karbon tertinggal setelah penguapan dan pembakaran bahan bakar.

c) Viskositas

Viskositas menunjukkan resistensi fluida terhadap aliran. Semakin tinggi viskositas bahan bakar, semakin sulit suatu bahan bakar diinjeksikan.

Viskositas yang tinggi dapat berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan bahan bakar bercampur dengan udara.

d) Belerang

Belerang dalam bahan bakar terbakar bersama minyak dan menghasilkan gas yang sangat korosif yang diembunkan oleh dinding-dinding silinder, terutama ketika mesin beroperasi dengan beban ringan dan suhu silinder menurun. Kandungan belerang dalam bahan bakar tidak boleh melebihi 0,5% - 1.5%.

e) Abu dan endapan

Abu dan endapan dalam bahan bakar adalah sumber dari bahan mengeras yang mengakibatkan keausan mesin diesel. Kandungan abu maksimal yang diijinkan adalah 0,01% dan endapan 0,05%.

f) Titik nyala

Titik nyala merupakan temperatur paling rendah dimana bahan bakar dapat menimbulkan uap yang bisa terbakar ketika disinggung dengan percikan api.

g) Titik tuang

Titik tuang adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar mulai membeku dan terbentuk kristal-kristal paraffin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar. Titik tuang maksimal untuk bahan bakar diesel adalah 0 °F.

h) Sifat korosif

Bahan bakar minyak tidak boleh mengandung bahan yang bersifat korosif dan tidak boleh mengandung asam basa.

i) Bilangan cetana (*cetane number*)

Bilangan cetana sekitar 50. Bilangan cetana bahan bakar adalah volume dari cetana dalam campuran cetana dan *alpha-metylnaphthalene* mempunyai mutu penyalaan yang sama dan bahan bakar yang diuji. Cetana mempunyai mutu penyalaan yang sangat baik dan *alpha-metyl naphthalene* mempunyai mutu penyalaan yang buruk. Bilangan cetana 48

berarti bahan bakar cetana dengan campuran yang terdiri atas 48% cetana dan 52% *alpha-metyl naphthalene*.

2.2.5.1. Biosolar

Pengalihan konsumsi energi dari jenis energi fosil yang tidak bisa diperbarui (*unrenewable energy*) ke jenis energi hayati non fosil yang bisa diperbarui (*renewable energy*) mulai dilakukan untuk mengurangi konsumsi energi dari jenis energi fosil. *Biofuel* yang dibuat dari minyak nabati seperti minyak kelapa sawit dan minyak pohon jarak pagar menjadi salah satu alternatif perubahan dari energi dari energi yang bisa diperbaharui, *biofeul* ini dibuat dengan proses transesterifikasi. Proses ini pada dasarnya merupakan proses yang mereaksikan minyak nabati (minyak kelapa sawit atau minyak pohon jarak) dengan methanol dan ethanol dengan katalisator soda api (NaOH atau KOH).

Dari hasil proses transesterifikasi minyak kelapa sawit itu akan dihasilkan metil ester asam lemak murni (FAME). kemudian FAME tersebut di *blending* dengan solar murni selama 10 menitan, menghasilkan biodiesel yang siap pakai. biosolar merupakan campuran solar dengan minyak nabati yang didapatkan dari minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO). Sebelum dicampurkan minyak kelapa sawit direaksikan dengan methanol dan ethanol dengan katalisator NaOH atau KOH untuk menghasilkan *fatty acid methyl ester* (FAME). Untuk biosolar jenis B-5 yang dijual saat ini mengandung 5 persen campuran FAME. Sebelum dicampurkan, laboratorium pengujian yang dimiliki Pertamina selalu memastikan FAME yang dipakai memenuhi standar spesifikasi yang sudah ditetapkan.

Dengan kandungan minyak nabati, BBM menjadi lebih ramah lingkungan. Biosolar memiliki angka cetane 51 hingga 55 atau lebih tinggi daripada solar standar yang sekitar 48. Semakin tinggi angka cetane, makin sempurna pembakaran sehingga polusi dapat ditekan.

Kerapatan energi per volume yang diperoleh juga makin besar. Selain itu, campuran FAME menurunkan sulfur sehingga tidak lebih dari 500 ppm.

Biodiesel atau Biosolar ini memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi lain yaitu :

- a) Lebih mudah ditransportasikan
- b) Memiliki kerapatan energi per volume yang lebih tinggi
- c) Memiliki karakter pembakaran yang relatif bersih
- d) Ramah lingkungan

Tidak seperti solar murni, biosolar memiliki kelemahan. Kelemahannya tak cocok dipakai untuk kendaraan bermotor yang memerlukan kecepatan dan daya, karena biodiesel menghasilkan tenaga yang lebih rendah dibandingkan solar murni. Biodiesel atau Biosolar menghasilkan tenaga yang lebih rendah, maka bagi kendaraan alat angkut beban bertonase besar biosolar ini justru menjadi kontra produktif, sebab mesin menjadi berkurang tenaganya bila dibanding saat memakai solar (pertamina.com).

2.2.5.2. Pertamina Dex

Pertamina Dex (*Diesel Environment Extra*) adalah produk baru berkualitas tinggi dan ramah lingkungan, karena emisi gas buangnya telah memenuhi standar EURO II, Pertamina Dex juga mendukung program hemat energi karena sistem pembakarannya lebih sempurna dan efektif sehingga mengurangi konsumsi bahan bakar.

Pertamina Dex memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar lainnya yaitu dilengkapi dengan 3 paket aditif diantaranya adalah sebagai berikut : (a) anti *foaming*, (b) anti korosi, (c) detergenasi aditif.

Fungsi dari ketiga aditif ini adalah membersihkan injektor, mencegah korosi pada bagian mesin yang dilalui bahan bakar serta membantu menyempurnakan pembakaran karena memecah molekul bahan bakar menjadi lebih kecil. Pembakaran yang sempurna dan emisi yang rendah membuat konsumsi bahan bakar menjadi lebih hemat.

Pertamina dex memiliki warna yang lebih jernih dibandingkan bahan bakar yang lainnya dan memiliki kandungan sulfur 300 ppm. Dengan kandungan sulfur 300 ppm sudah memenuhi standar karena ukuran nosel yang halus dan akurat atau presisi memiliki kandungan sulfur dalam bahan bakar dibawah 500 ppm. Perpaduan antara teknologi mesin diesel jenis *common rail* atau *indirect injection* dan pertamina dex akan menghasilkan kinerja mesin yang sangat maksimal karena pembakaran mesin menjadi lebih efektif, lebih bersih, dan hemat dalam konsumsi bahan bakar (pertamina.com)

2.2.6. Daya Listrik dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik pada Mesin Diesel

2.2.6.1. Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam 1 detik. Jika dalam waktu t detik sumber tegangan telah melakukan usaha sebesar W , maka daya alat tersebut adalah sebagai berikut (teknikelektronika.com).

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots(1)$$

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 :

$$P = \frac{VIt}{t} \text{ atau } P = V \times I$$

Dimana, P : daya (watt)

V : tegangan/ beda potensial (volt)

I : arus (ampere)

2.2.6.2. Konsumsi bahan bakar

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

$$SFC = \frac{Mf}{P} \dots\dots\dots (2)$$

$$Mf = \frac{V_{\text{bahan bakar}} \times \rho_{\text{bahan bakar}}}{t} \times \frac{3600}{1000}$$

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)

$\rho_{\text{bahan bakar}}$: Spesific gravity (kg/l)

Mf : Massa bahan bakar (kg/jam)