

SKRIPSI

**PERBEDAAN VARIASI TEKANAN INJEKTOR TERHADAP OPASITAS/
KEPEKATAN ASAP PADA MITSHUBISI L300 DIESEL**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memenuhi Gelar Sarjana Pendidikan

Strata Satu Universitas Negeri Padang



Oleh

Zulfihar Nasra

97757/2009

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF

JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2013

PENGESAHAN

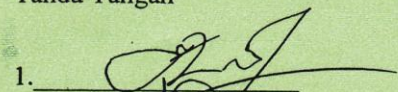
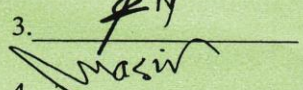
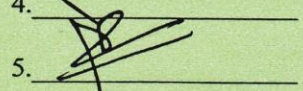
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul : Perbedaan Variasi Tekanan Injektor Terhadap
Opasitas/ Kepekatan Asap Pada Mitshubishi L300
Diesel

Nama : Zulfiyar Nasra
NIM : 97757
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2013

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd	1. 
2. Sekretaris	: Wagino, S.Pd	2. 
3. Anggota	: Drs. Darman, M.Pd	3. 
4. Anggota	: Drs. M Nasir, M.Pd	4. 
5. Anggota	: Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd	5. 

ABSTRAK

ZULFIHAR NASRA : Perbedaan Variasi Tekanan Injektor Terhadap

Opasitas /Kepekatan Asap Pada Engine Mitsubishi

L300 Diesel

Semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan kendaraan, mengakibatkan polusi udara semakin meningkat dengan emisi gas buang yang dikeluarkan dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam selinder mesin. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan, maka polusi udara yang dihasilkan juga meningkat, salah satunya adalah polusi dari emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan diesel.

Kenyataannya di lapangan para konsumen mobil tidak terlalu peduli terhadap emisi kendaraan, dimana para pemilik kendaraan hanya menginginkan perawatan yang menghasilkan tenaga yang mantap untuk kendaraan mereka. Pada bengkel yang tidak resmi, banyak melakukan perawatan injektor secara feeling saja (berdasarkan pengalaman sebelumnya), padahal pabrik telah menentukan standar perawatan yang harus dilakukan, akibatnya karena perawatan yang tidak sesuai maka output mesin yang dihasilkan juga tidak sesuai dengan undang-undang yang berlaku. Untuk mengatasi permasalahan ini perlu adanya penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari perawatan kendaraan yang tidak sesuai dengan spesifikasi terhadap emisi yang dihasilkan kendaraan.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian quasy. Pengujian dilakukan pada tanggal 16 mei 2013, dengan menggunakan Mobil Mitsubishi L300 Diesel tahun 2008. Pengujian kepekatan asap dilakukan pada putaran mesin 800 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm, 2000 rpm dengan tiga variasi tekanan injektor 110 kg/cm^2 , 90 kg/cm^2 , 130 kg/cm^2 , pengambilan data penelitian dilakukan dua kali untuk masing-masing tekanan dan putaran mesin. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pada tekanan injektor 90 kg/cm^2 kepekatan asap yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan tekanan injektor yang sesuai dengan spesifikasi (110 kg/cm^2) dan tekanan injektor 130 kg/cm^2 .

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah S.W.T, yang senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat dan karunian-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Perbedaan variasi tekanan injektor terhadap kepekatan asap Mitsubishi L 300 diesel”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Otomotif. Shalawat beserta salam senantiasa tercurahkan selalu kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad S.A.W.

Selama mengerjakan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan baik moril maupun materil, terutama dalam setiap menghadapi kesulitan, hambatan dan rintangan yang penulis alami. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. H. Ganefri, M.Pd. Ph.D Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd. Selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif, Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Wagino, S.Pd selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibuk Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Otomotif

6. Seluruh Dosen, Teknisi dan Staf Administrasi Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Kedua orang tua dan keluarga saya yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta selalu memberikan semangat.
8. Rekan-rekan Mahasiswa dan teman-teman seperjuangan Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif angkatan 2009.

Penulis menyadari dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan dan kemampuan peneliti, untuk itu peneliti mengharapkan saran yang bersifat memperbaiki dalam kesempurnaan skripsi ini selanjutnya.

Padang, September 2013

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah.....	5
F. Tujuan Penelitian.....	5
G. Manfaat Penelitian	6

BAB II KERANGKA TEORI

A. Landasan Teori	7
1. Emisi Gas Buang.....	7
2. Emisi Gas Buang Diesel.....	8
3. Kepekatan Asap	12
4. Tekanan	19
5. Prinsip Kerja Motor Diesel.....	26
6. Proses Pembakaran Motor Diesel	28
7. Reaksi Kimia Pembakaran	30
8. Sistem Bahan Bakar Motor Diesel.....	32
9. Injektor	33
10. Kebutuhan Menyetel Tekanan Injektor	39
B. Penelitian yang relevan	43
C. Kerangka Pikir	44
D. Hipotesis Penelitian	44

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian	45
B. Objek Penelitian.....	45
C. Variabel penelitian	46
D. Desain Eksperimen	47
E. Jenis dan Sumber Data	48
F. Definisi Operasional	49
G. Instrumen Penelitian	49
G. Prosedur Penelitian	50
H. Teknik Pengambilan Data	50
I. Teknik Analisa Data	51

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Deskripsi Data	54
B. Analisa Data	56
C. Pembahasan	58

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	63
B. Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pembentukan <i>Soot particle</i>	18
2. Nozzle.....	23
2. Siklus Kerja Motor Diesel 4 Langkah.....	28
2. Grafik Proses Pembakaran Motor Diesel	30
3. Sistem Bahan Bakar Motor Diesel.....	32
4. Injektor	35
5. Konstruksi nozzle type lubang.....	35
6. Konstruksi nozzle type pin	36
7. Cara Kerja Injektor sebelum penginjeksian	37
8. Cara Kerja Injektor saat penginjeksian	38
9. Cara Kerja Injektor akhir penginjeksian	39
10. Kerangka Konseptual	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Spesifikasi Mitsubishi L300 Diesel	46
2. Format Pengambilan Data Hasil Pengujian	51
2. Data hasil pengujian dan rata-rata kepekatan asap	54
3. Analisa data hasil pengujian dengan menggunakan uji t	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian	64
2. Surat Rekomendasi Kesbangpol	65
3. Tabel Distribusi t	66
4. Analisa data hasil pengujian dengan menggunakan uji t	67
5. Photo Dokumentasi Penelitian.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pencemaran udara saat ini meningkat dengan sangat tajam seiring dengan perkembangan industrialisasi dan perkembangan teknologi. Tanpa disadari, perkembangan teknologi dan industrialisasi justru merusak lingkungan hidup, selain memberikan manfaat pada manusia. Beberapa hasil perkembangan teknologi yang mencemari udara, seperti keluarnya asap dari cerobong pabrik, asap kendaraan bermotor, serta pembakaran hutan dan sampah.

Salah satu yang menyebabkan pencemaran udara adalah kendaraan bermotor, sebagai salah satu sarana transportasi dan mobilitas manusia. Menurut Sukoco (2008: 26) “Sebagian besar polusi udara (70%) disebabkan oleh kegiatan transportasi. Polusi udara adalah masuknya bahan-bahan pencemar kedalam udara ambien yang dapat mengakhibatkan rendahnya bahkan rusaknya fungsi udara”.

Semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan kendaraan mengakibatkan polusi udara semakin meningkat dengan emisi gas buang yang dikeluarkan dari hasil pembakaran udara dan bahan bakar di dalam selinder mesin.

Adapun penyumbang dari polusi emisi gas buang kendaraan salah satunya adalah, karena kendaraan niaga umumnya banyak digunakan masyarakat dalam melakukan aktivitas niaga, kendaraan yang biasa digunakan tersebut adalah kendaraan bermesin diesel, disebabkan yang dilihat dari segi tenaga umumnya banyak orang memilih mobil yang bermesin diesel, walaupun ada juga kendaraan niaga yang bermesin bensin. Dikarenakan motor diesel mempunyai tenaga yang lebih kuat dibandingkan dengan mesin bensin, karena dari moment yang dihasilkan mesin diesel lebih besar dari pada mesin bensin. Peningkatan jumlah kendaraan bermesin diesel juga diiringi dengan peningkatan pencemaran udara yang mengakibatkan pencemaran lingkungan yang tentunya sangat berbahaya bagi ekosistem bumi, dan kesehatan manusia. Pada emisi gas buang motor diesel terdapat berbagai macam gas-gas berbahaya yang dikeluarkan dari knalpot kendaraan tersebut, seperti CO₂, HC, NOX, asap hitam. Namun pada engine diesel emisi gas buang yang paling dominan banyak persentase yang dikeluarkan adalah asap hitam. Oleh karena itu kesempurnaan proses pembakaran sangat berpengaruh terhadap tenaga mesin yang dihasilkan, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan.

Kenyataannya di lapangan para konsumen mobil tidak terlalu peduli terhadap emisi kendaraan, dimana para pemilik kendaraan hanya menginginkan perawatan yang menghasilkan tenaga yang mantap untuk kendaraan mereka

Umumnya masyarakat yang melakukan kegiatan niaga biasanya lebih banyak menggunakan kendaraan Mitsubishi L300 diesel, yang menurut para pengguna, mobil ini lebih ekonomis karena hemat bahan bakar dan mempunyai tenaga yang lebih kuat.

Pada Mitsubishi L300 diesel emisi gas buang asap hitam cukup mendominasi dalam pencemaran udara, banyak hal yang menyebabkan kepekatan asap pada Mitsubishi L300 diesel meningkat, salah satunya adalah tekanan penginjeksian injektor yang semakin lama semakin berkurang dari spesifikasi, kualitas bahan bakar, *injection pump* (tekanan solar rendah), kondisi nozzle (ukuran molekul solar yang disemprotkan kasar), injection timing tidak tepat, bahan bakar tidak terbakar (ada sekitar 7% dari seluruh gas buang) dll

Namun pada penelitian ini emisi gas buang yang diteliti adalah *opacity*/ kepekatan asap, karena pada engine diesel emisi gas buang asap hitam adalah emisi gas buang yang banyak menyumbang dalam pencemaran udara. Salah satu yang mempengaruhi banyak tidaknya asap hitam yang dikeluarkan pada engine diesel adalah tekanan penginjeksian injektor,

Kenyataannya di lapangan para konsumen mobil tidak terlalu peduli terhadap emisi kendaraan, dimana para pemilik kendaraan hanya menginginkan perawatan yang menghasilkan tenaga yang mantap untuk kendaraan mereka.

Berdasarkan pengamatan penulis di lapangan, tekanan penginjeksian injektor tersebut sering dimodifikasi oleh mekanik-mekanik bengkel (yang

merasa tekanan tersebut sudah bagus dan sesuai dengan spesifikasi). Salah satu cara mekanik bengkel memodifikasi tekanan injektor tersebut adalah dengan menaikkan tekanan penginjeksian injektor dengan menambah shim (adjusting washer)/lensa injektor, dengan lensa (adjusting washer) yang terbuat dari kuningan yang dibentuk seperti shim dengan ukuran yang berbeda-beda.

Hal tersebut tentu berpengaruh pada bentuk pengabutan, tekanan penginjeksian serta bentuk penyemprotan injektor ke dalam selinder, sehingga mengakibatkan output mesin berubah, salah satunya emisi gas buang terutama kepekatan asap. Karena setelah pemakaian mesin diesel dalam kurun waktu tertentu, komponen-komponen mesin mulai tidak sesuai lagi dengan spesifikasi mesin, seharusnya perawatan yang dilakukan harus sesuai dengan standarisasi pabrik yang sudah ditentukan. salah satu diantaranya adalah tekanan penginjeksian injektor yang semakin lama semakin berkurang dari spesifikasi. Hal ini akan mengakibatkan bentuk penyemprotan bahan bakar yang diinjeksikan oleh injektor ke ruang bakar tidak lagi sesuai dengan spesifikasi. Misalnya tersumbatnya lubang nozzle, bentuk penyemprotan injektor yang tidak baik lagi (injektor menetes, arah penyemprotan bahan bakar miring dll). Kejadian ini akan menyebabkan tidak sempurnanya pembakaran yang dapat menimbulkan asap hitam dan output mesin berkurang.

Hal di atas tentu berpengaruh terhadap gas buang yang dihasilkan terutama kepekatan asap. Namun belum diketahui seberapa besar pengaruh

tekanan injeksi terhadap kepekatan asap pada engine L300 diesel. Oleh sebab itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

“Perbedaan Variasi Tekanan Injektor Terhadap Opasitas Kepekatan Asap Pada Engine L300 Diesel”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Peningkatan polusi dan pencemaran udara yang diakibatkan oleh perkembangan teknologi dan industrialisasi.
2. Timbulnya asap hitam dan berkurangnya output mesin yang dikarenakan tekanan injektor yang tidak sesuai dengan standar pabrik.
3. Penambahan lensa kuning untuk menaikkan tekanan injektor
4. Tekanan injektor yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan dari pabrik, yaitu kurang dari spesifikasi yang berdampak terhadap *output* mesin khususnya kepekatan asap.

C. Batasan masalah

Agar lebih terarahnya penelitian ini, maka penelitian ini dibatasi pada “Perbedaan variasi tekanan injektor terhadap opasitas/kepekatan asap engine L300 diesel”.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : “Seberapa besar perbedaan variasi tekanan injektor terhadap opasitas/kepekatan asap pada engine L 300 diesel”.

E. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui seberapa besar perbedaan variasi tekanan injektor terhadap kepekatan asap kendaraan bermesin diesel.
2. Mengetahui apa dampak yang ditimbulkan jika tekanan injektor ditambah/dikurangi terhadap kepekatan asap motor diesel.

F. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Masukan bagi pengguna mesin diesel dan teknisi otomotif dalam perawatan mesin diesel
2. Sebagai kajian lanjutan mengurangi emisi gas buang pada motor diesel, khususnya kepekatan asap.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Landasan teori

1. Emisi Gas Buang

Menurut Wardan Suyanto (1989 : 345) “Emisi gas buang adalah polutan yang mengotori udara yang dihasilkan dari gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksudkan disini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan”. Terdapat empat emisi pokok yang dihasilkan kendaraan, adapun keempat emisi tersebut adalah senyawa Hidrokarbon (HC), Karbon Monoksida(CO), Nitrogen Oksida(Nox) dan partikel-partikel yang keluar dari keseluruhan emisi yang dihasilkan kendaraan. Pada kendaraan diesel emisi gas buang partikulat adalah salah satu emisi yang paling mendominasi dan cukup berbahaya yang dikeluarkan mesin diesel, oleh sebab itu partikulat molekul menjadi perhatian khusus dalam penelitian ini.

Menurut Mitsubishi Emission Control System (2) “Gas buang adalah sebutan umum untuk gas buang yang keluar dari pipa pembuangan kendaraan, sebagai akibat dari pembakaran campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Gas buang yang keluar dari pipa saluran pembuangan terdiri dari unsur - unsur yang berbahaya maupun unsur yang tidak berbahaya”.

Menurut Toyota, Engine Grup Step 2 (1972: 2-9) “Gas buang umumnya terdiri unsur-unsur yang berbahaya maupun unsur yang tidak berbahaya. Emisi gas buang yang tidak beracun adalah nitrogen (N), oksigen (O₂), karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O) sedangkan gas buang yang beracun adalah karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen monoksida (NO_x) dan partikulat molekul (PM).

Berdasarkan beberapa pendapat yang telah dikemukakan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa Emisi gas buang adalah hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara didalam ruang bakar yang menghasilkan unsur-unsur yang berbahaya maupun tidak berbahaya yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan

2. Emisi gas buang mesin diesel

Menurut Arifin (2012 : 30) “Gas buang diesel (8%) merupakan kumpulan dari bermacam-macam gas beracun, di antaranya CO, HC, CO₂, dan NO_x. Gas buang tersebut meskipun hanya dalam jumlah yang kecil (8%) tetap memberikan andil dalam pencemaran udara”. Sedangkan menurut Sitepu (2009 : 65) “Emisi gas buang pada mesin diesel terdiri dari, asap hitam, CO, NO_x, SO_x”.

Dari pendapat yang telah dikemukakan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa emisi gas buang mesin diesel adalah merupakan kumpulan dari gas-gas beracun yang terdiri dari, asap hitam, CO, HC, CO₂, SO_x”.

Emisi gas buang pada motor diesel bisa dikurangi dengan membuat proses pembakaran di dalam mesin menjadi lebih sempurna. Caranya dengan meningkatkan kemampuan kompresi dan injeksi bahan bakar yang tepat waktu dan jumlah dengan bahan bakar yang lebih sesuai.

Bahan bakar yang tidak terbakar setelah proses pembakaran, ada 7% dari seluruh gas buang diesel. Bahan bakar yang tidak terbakar ini berupa karbon (C) yang terpisah dari HC akibat yang terjadi selama proses pembakaran. Semakin banyak bahan bakar yang tidak terbakar keluar dari knalpot, semakin hitam warna asap gas buang yang dikeluarkan oleh mesin.

Komponen-komponen gas buang yang membahayakan bagi lingkungan antara lain adalah asap hitam (jelaga), hidrokarbon yang tidak terbakar (HC), karbon monoksida CO dan oksida nitrogen (NO dan NO₂). Dalam hal tersebut, NO dan NO₂ biasa dinyatakan dengan NO₂. Jika dibandingkan dengan motor bensin, gas buang motor diesel tidak banyak mengandung hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO). Tetapi juga kadar nitrogen monoksida (NO_x) yang sangat rendah jika dibandingkan dengan nitrogen oksida (NO). Jadi boleh dikatakan komponen utama gas buang motor diesel yang membahayakan adalah NO dan asap hitam. Pengaruh dari komponen gas buang yang dihasilkan tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Asap Hitam

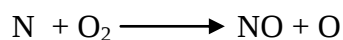
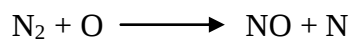
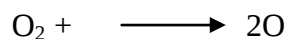
Menurut Ilyas Rochani (2009: 126) “Asap hitam keluar dari knalpot bus, truk, dan mobil lain yang berbahan bakar solar, mengandung partikel solar, hidrokarbon dan sulfur oksida”. Asap hitam pada kendaraan bermesin diesel dapat disebabkan oleh sistem pembakaran yang tidak sempurna atau filter udara yang kotor. Opasitas atau kepekatan asap merupakan indikator baik tidaknya sistem pembakaran yang terjadi pada kendaraan diesel. Opasitas diukur dalam persen, semakin besar persentasi, maka semakin pekat asap knalpot kendaraan. Asap hitam membahayakan tidak hanya karena mengeruhkan udara sehingga mengganggu pandangan tetapi juga karena adanya kemungkinan mengandung karsinogen.

Menurut wordpress.com “Asbut (asap dan kabut) adalah campuran rumit yang terdiri dari berbagai gas dan partikel-partikel zat cair dan padat. Asbut(asap dan kabut) dihasilkan dari serentetan reaksi fotokimia (yaitu reaksi kimia dibawah pengaruh energy sinar matahari) sinar matahari + NO_2 + NO dan O_2 “

b. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida (NO_x) adalah emisi yang dihasilkan oleh pembakaran yang terjadi pada temperatur tinggi, udara bebas yang digunakan untuk pembakaran mengandung nitrogen sekitar 80%. Pada temperatur yang cukup tinggi (Sekitar 1370°C) nitrogen dan oksigen dalam campuran bahan bakar dan udara akan bersatu membentuk

NO_x. Nitrogen yang ada di udara jika dihirup oleh manusia dapat menyebabkan kerusakan paru-paru. Setelah bereaksi dengan atmosfer zat ini membentuk partikel-partikel nitrat yang amat halus yang dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Selain itu, zat oksida ini jika bereaksi dengan asap bensin yang tidak terbakar dengan sempurna dan zat hidrokarbon lain akan membentuk ozon rendah atau kabut asap (smoke) coklat kemerahan. Gas NO terjadi karena adanya reaksi antara N₂ dan O₂ pada temperatur tinggi. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :



c. Hidro Karbon (HC)

Menurut Wardan suyanto (1989 : 345) “Hidro karbon adalah emisi yang timbul karena bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah keluar bersama gas buang menuju atmosfer”. Hal ini disebabkan karena bahan bakar yang dipakai pada motor bensin maupun motor diesel adalah bahan bakar yang terbuat dari hidro karbon. Gas ini dapat menyebabkan iritasi mata, hidung dan tenggorokan.

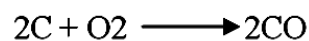
Sebab-sebab utama timbulnya HC diantaranya:

- 1) Sekitar dinding-dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah dimana temperatur itu tidak mampu melakukan pembakaran.

- 2) Gas yang tidak terbakar
- 3) Campuran bahan bakar yang terlalu kaya
- 4) Adanya *over lap valve* (kedua katup sama-sama terbuka).

d. Carbon Monoksida (CO)

Gas CO terjadi karena pembakaran bahan bakar kurang sempurna. karbon sebagai zat padat lebih sulit dibakar dibandingkan hidrogen dan sulfur. Dibutuhkan jumlah oksigen yang berlebih untuk dapat membakar karbon menjadi karbon dioksida. Adapun reaksi kimia terbentuknya CO adalah sebagai berikut:



e. Sulfur Oksida (SO)

Salah satu emisi berbahaya, yang timbul akibat pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur adalah gas SO₂. Sulfur dioksida (SO₂) merupakan gas yang tidak dapat terbakar, tidak berwarna dan dapat berada dalam udara maupun terlarut dalam tetesan-tetesan air. Sulfur dioksida (SO₂) dapat teroksidasi didalam udara dan membentuk sulfur trioksida (SO₃) yang bila bertemu dengan uap air akan membentuk asam sulfur (H₂SO₄). Hal inilah yang menjadi terbentuknya hujan asam (*rain acid*).

3. Kepekatan Asap

Menurut Ilyas Rochani (2009 : 126) “Opasitas atau kepekatan asap merupakan indikator baik atau tidaknya sistem pembakaran yang terjadi pada kendaraan diesel”. Kepekatan asap (*Opasitas*) diukur dalam

persen, semakin besar persentase, maka semakin pekat asap knalpot kendaraan. Asap hitam membahayakan tidak hanya karena mengeruhkan udara sehingga mengganggu pandangan tetapi juga karena adanya kemungkinan mengandung karsinogen.

Menurut Sukoco (2008 : 176) “Kepekatan asap adalah kemampuan asap untuk meredam cahaya, apabila cahaya tidak bisa menembus asap maka kepekatan asap tersebut dinyatakan 100 persen (%), apabila cahaya bisa melewati asap tanpa ada pengurangan pengurangan intensitas cahaya maka kepekatan asap tersebut dinyatakan sebagai 0 % (nol persen)”.

Dari pendapat yang telah dikemukakan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa kepekatan asap adalah kemampuan asap untuk meredam cahaya dan opasitas atau kepekatan asap merupakan indikator baik tidaknya sistem pembakaran yang terjadi pada kendaraan diesel.

Kepekatan asap ini menjadi acuan dalam penelitian ini untuk mengetahui seberapa pengaruh tekanan injektor terhadap hasil pembakaran, terutama kepekatan asap, karena melalui kepekatan asap ini kita bisa mengetahui seberapa besar pengaruh tekanan injektor kepekatan asap pada engine L300 diesel.

Menurut Sitepu (2009 : 64) “kepekatan asap pada motor diesel terdiri dari bermacam-macam, diantaranya:

a. Asap putih

Asap yang terdiri atas kabut bahan bakar atau minyak pelumas yang terbentuk pada waktu start dingin,

b. Asap biru

Asap yang terjadi karena adanya bahan bakar yang tidak terbakar atau tak terbakar sempurna terutama pada periode pemanasan mesin atau pada beban rendah, serta bau yang kurang sedap.

c. Asap Hitam

Asap yang timbul jika pada proses pembakaran, butir-butir bahan bakar yang disemprotkan terlalu besar kemudian beberapa butir berkumpul menjadi satu sehingga terjadi dekomposisi. Dekomposisi ini akan menyebabkan terbentuknya karbon padat (angus), karena pemanasan udara yang bertemperatur tinggi sementara pengkabutan dan pencampuran dengan udara yang ada di dalam silinder tidak dapat berlangsung dengan sempurna.

Bahan bakar yang tidak terbakar setelah proses pembakaran ada 7% dari seluruh gas buang diesel. Bahan bakar yang tidak terbakar ini berupa karbon (C) yang terpisah dari HC yang terjadi selama proses pembakaran. Semakin banyak bahan bakar tidak terbakar yang keluar, semakin hitam warna asap gas buang yang dikeluarkan oleh mesin.

Asap berasal dari awal proses pembakaran dalam volume lokal dari campuran udara dan bahan bakar yang kaya. Setiap volume di mana bahan bakar dibakar pada rasio udara-bahan bakar relatif lebih besar dari 1,5 dan pada tekanan dikembangkan pada mesin diesel menghasilkan jelaga. Jumlah jelaga yang terbentuk tergantung pada rasio udara lokal, bahan bakar, jenis bahan bakar dan tekanan. Jika jelaga ini tidak dibakar dalam proses pembakaran yang cukup maka akan muncul asap, namun setelah menemukan oksigen yang cukup akan terbakar sempurna maka akan lulus dalam exhaust. Partikel-partikel jelaga, merupakan rumpun

rantai-line karbon, menggumpal menjadi partikel yang lebih besar yang memiliki efek objectionation gelap pada emisi gas buang diesel.

Besarnya emisi dalam bentuk opasitas (kepekatan asap) tergantung pada banyaknya bahan bakar yang disemprotkan (dikabutkan) ke dalam silinder, karena pada motor diesel yang dikompresikan adalah udara murni. Dengan kata lain, semakin kaya campuran maka semakin besar konsentrasi NO_x, CO dan asap. Sementara itu, semakin kurus campuran, maka konsentrasi NO_x, CO dan asap juga semakin kecil.

Menurut Arifin (2012 : 31) “100% CO yang ada di udara adalah hasil pembuangan dari mesin diesel sebesar 11% dan mesin bensin 89% CO adalah Carbon Monoxida, HC (*Hydro Carbon*), NO_x adalah oksida-oksida nitrogen. Nitrogen yang digabung dan dibuat satu (NO, NO₂, NO₃)”. Polusi emisi gas buang dari mesin diesel dapat digolongkan berupa partikulat, residu karbon, pelumas tidak terbakar, sulfat, lain-lain.

Menurut Mathur and Sharma (1998 : 650) “Penyebab timbulnya asap adalah Sistem injeksi bahan bakar, perawatan kendaraan, Rasio udara-bahan bakar, jumlah oksigen dalam udara yang kurang,

Menurut Nikoela Soenarta (1995 : 39) “Faktor-faktor yang menyebabkan terbentuknya jelaga atau angus pada gas buang motor diesel adalah” :

- a. Konsentrasi oksigen sebagai gas pembakar kurang
- b. Bahan bakar yang disemprotkan ke dalam ruang bakar terlalu banyak

- c. Suhu di dalam ruang bakar terlalu tinggi
- d. Penguapan dan pencampuran bahan bakar dan udara yang ada di dalam selinder tidak tepat berlangsung sempurna
- e. Karbon tidak mempunyai cukup waktu untuk berdifusi supaya bergabung dengan oksigen

Gas buang mesin diesel sebagian besar berupa partikulat dan berada pada dua fase yang berbeda, namun saling menyatu, yaitu fase padat, terdiri dari residu/kotoran, abu, bahan aditif, bahan korosif, keausan metal, fase cair, terdiri dari minyak pelumas tak terbakar. Gas buang yang berbentuk cair akan meresap ke dalam fase padat, gas ini disebut partikel. Partikel-partikel tersebut berukuran mulai dari 100 mikron hingga kurang dari 0,01 mikron. Partikulat yang berukuran kurang dari 10 mikron memberikan dampak terhadap visibilitas udara karena partikulat tersebut akan memudarkan cahaya. Berdasarkan ukurannya, partikel dikelompokkan menjadi tiga, sebagai berikut:

- a. 0,01-10 μm disebut partikel *smog* (kabut asap)
- b. 10-50 μm disebut *dust*/debu
- c. 50-100 μm disebut *ash*/abu

Menurut Mathur and Sharma (1980: 139) "Asap dari mesin diesel secara umum, dari dua tipe dasar:

- a. asap biru-putih
Asap biru-putih disebabkan oleh tetesan cairan minyak pelumas atau bahan bakar minyak saat mulai dari dingin. Karena untuk menurunkan suhu udara di sekitar produk pembakaran pada suhu relatif rendah produk

pembakaran combustion tidak membakar. Hasil ini dalam asap kebiruan atau putih bila habis. Juga, ketika minyak pelumas mengalir ring piston masa lalu, hasilnya adalah asap biru-putih. Asap putih biru, selain dingin-mulai, menunjukkan bahwa cincin piston yang usang dan pemeliharaan diperlukan.

b. Asap hitam

Asap hitam adalah partikel karbon tersuspensi dalam gas buang. Hal ini sangat tergantung pada rasio udara-bahan bakar dan meningkat cepat karena beban. Apakah meningkat dan udara yang tersedia habis.

a. Mekanisme terbentuknya asap

Menurut Wiranto Arismunandar (2002: 12) "Terbentuknya karbon-karbon padat (angus) karena butir-butir bahan bakar yang terjadi saat penyemprotan terlalu besar atau beberapa butir terkumpul menjadi satu, maka akan terjadi dekomposisi. Hal tersebut disebabkan karena pemanasan udara pada temperatur yang terlalu tinggi sehingga penguapan dan pencampuran dengan udara tidak dapat berlangsung sempurna. Saat dimana terlalu banyak bahan bakar yang disemprotkan maka terjadinya angus tidak dapat dihindarkan".

Menurut wordpress.com "Motor bakar, menghasilkan hidrokarbon yang tidak terbakar akibat reaksi pembakaran di dalam motor kurang sempurna. Hidrokarbon ini dapat bereaksi dengan atom oksigen yang dihasilkan dari dekomposisi fotokimia NO₂. Reaksi ini menghasilkan radikal hidrokarbon bebas yang sangat reaktif. Radikal ini bereaksi dengan NO dan menghasilkan NO₂ lagi, dan serentetan reaksi berulang lagi dan menghasilkan ozon. Radikal bebas itu juga bereaksi dengan O₂ dan N₂ dan menghasilkan senyawa yang disebut peroksiasilnitrat (PAN). PAN juga memberi efek asbut dan menimbulkan rasa perih di mata."

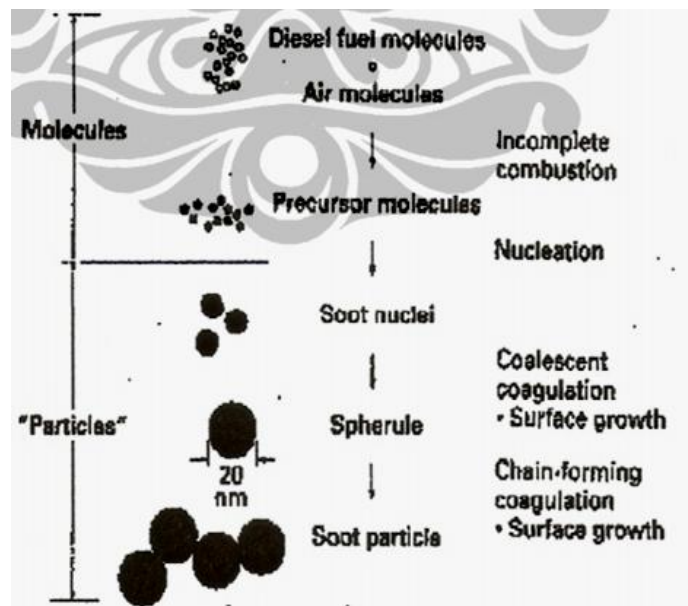
Buku PPK 2 (39) menyatakan bahwa: "Partikulat dihasilkan oleh adanya residu bahan bakar yang tidak terbakar dalam ruang bakar, dan keluar melalui pipa gas buang. Beberapa penyebab terjadinya partikulat antara lain tekanan injeksi yang terlalu rendah dan saat pengapian yang kurang tepat. Sebagian besar partikulat mengandung unsur C (karbon/arang) dan kotoran lain berbentuk butiran/partikel dengan ukuran $\pm 0.01 - 10 \mu\text{m}$ ".

Dody darsono (2010 : 11) menyatakan bahwa "Partikulat dihasilkan oleh adanya residu bahan bakar yang terbakar dalam

ruang bakar dan keluar melalui pipa gas buang. Partikel-partikel seperti jelaga, asap dan debu keluar melalui pipa gas buang”

Dari beberapa pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa Partikulat asap berasal dari residu bahan bakar yang tidak terbakar akibat dari reaksi pembakaran bahan bakar dan udara yang kurang sempurna di dalam ruang bakar.

Asap berasal dari proses pembakaran bahan bakar solar dan udara, dimana bahan bakar solar tidak terbakar seluruhnya sehingga menimbulkan asap, yang mana unsur-unsur asap tersebut terdiri dari berbagai macam gas buang yang keluar dari knalpot kendaraan, salah satunya adalah gas hidrokarbon(HC), nitrogen oksida (NOx), Sulfur oxide (SOx), dan berbagai macam gas buang lainnya.



Gambar 1. Pembentukan *Soot particle* (Asap)

(Simulasi CFD FT UI)

4. Tekanan

Menurut Bambang Triatmojo (1996 : 28) “Tekanan didefinisikan sebagai jumlah gaya tiap satuan luas. Apabila terdistribusi secara merata pada suatu luasan, maka tekanan dapat ditentukan dengan membagi gaya dengan luas, yang diberikan dengan bentuk berikut”:

$$P = \frac{F}{A}$$

Dengan p = Tekanan (kg/m^2)

F = gaya (kgf)

A = luas (m^2)

Sedangkan menurut Raja ulungen ginting (1989 : 16) “Tekanan didefinisikan sebagai gaya normal yang dilakukan persatuan luas dari permukaan yang menerima gaya normal tersebut”.

$$P = \frac{F}{A}$$

Dimana P = Tekanan

F = Gaya normal

A = Luas permukaan yang menerima gaya

Berdasarkan beberapa pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa tekanan adalah jumlah gaya normal tiap satuan luas dari permukaan yang menerima gaya normal tersebut.

a. Sifat-sifat tekanan dalam zat cair

Menurut Tim viva pakarindo (2013: 21) “Sifat-sifat tekanan dalam zat cair adalah Makin besar kedalaman zat cair maka tekanannya semakin besar, Zat cair menekan ke segala arah dan gaya

yang dihasilkannya tegak lurus pada dinding wadah, Pada kedalaman yang sama, tekanan zat cair selalu sama. Hal ini tampak dari pancaran air yang mengalir sama kuat”. Pada penelitian ini tekanan injektor mempengaruhi berapa kepekatan asap yang dihasilkan dari proses pembakaran diesel, apakah besar kecilnya tekanan injektor ini akan mempengaruhi kepekatan asap pada engine diesel L300 diesel atau tidak.

b. Konsep aliran tekanan dalam pipa

Menurut muhfari.wordpress.com ada tiga persamaan dasar dalam mekanika fluida dan hidrolika yang berkaitan dengan pengaliran air dalam pipa yaitu persamaan kontinuitas, Momentum dan pers. Energi. Untuk aliran mantap dan satu dimensi persamaan energy dapat disederhanakan menjadi persamaan bernouli, dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$Q = A.V$$

$$A_1.V_1 = A_2.V_2 : A_2 < A_1 : \text{maka } V_2 > V_1$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_f + \sum h_e$$

Dari persamaan bernouli diatas dapat kita sederhanakan konsep perbandingan kecepatan dan tekanan aliran fluida pada suatu penampang adalah sebagai berikut :

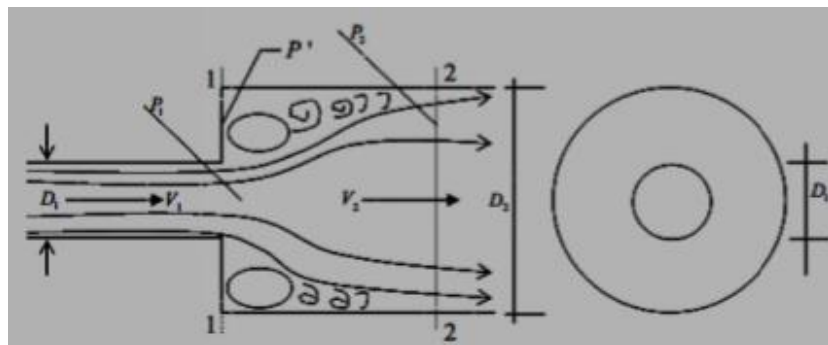
$$V_1^2/\gamma + P_1/\gamma = V_2^2/2\gamma + P_2/\gamma$$

c. Perubahan penampang pipa

Di samping adanya kehilangan energy akibat gesekan, terjadi pula kehilangan energy yang disebabkan oleh perubahan penampang pipa. Pada pipa panjang kehilangan energy akibat gesekan biasanya jauh lebih besar dari pada kehilangan energy akibat perubahan penampang, sehingga pada keadaan tersebut kehilangan energy akibat perubahan penampang harus diperhitungkan. Untuk memperkecil kehilangan energy akibat perubahan penampang, perubahan penampang dibuat secara beransur-ansur.

1) Pembesaran Penampang

Bambang triatmojo (1996 : 39) menyatakan: “Pembesaran penampang mendadak dari aliran seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 mengakibatkan kenaikan tekanan dari P_1 menjadi P_2 dan kecepatan turun dari V_1 menjadi V_2 . Pada tempat disekitar perbesaran penampang (1) akan terjadi olakan dan aliran akan normal kembali mulai dari tampang (2). Daerah antara tampang 1 dan 2 terjadi pemisahan aliran”.



Karena V_1 lebih besar dari V_2 maka akan terjadi tumbukan di daerah antaran penampang 1 dan tampang 2. Tekanan ditampang dua sebesar P_2 . Tekanan rerata ditampang satu pada bagian yang tidak efektif (bentuk cincin) adalah P' dan gaya tekanan adalah $(A_2 - A_1)P'$. Persamaan momentum untuk gaya-gaya yang bekerja pada zat cair antara tampang satu dan dua adalah :

$$p_1 A_1 + p'(A_2 - A_1) - p_2 A_2 = \rho \theta (V_2 - V_1)$$

Kedua ruas dari persamaan tersebut dibagi dengan $A_2 y$, Sehingga :

$$\frac{P_2}{y} = \frac{A_1}{A_2} \frac{P_1}{y} + \frac{(A_2 - A_1)}{A_2} \frac{P'}{y} + \frac{V_2}{g} (V_1 - V_2)$$

Peramaan Bernouli untuk kedua tampang diperoleh :

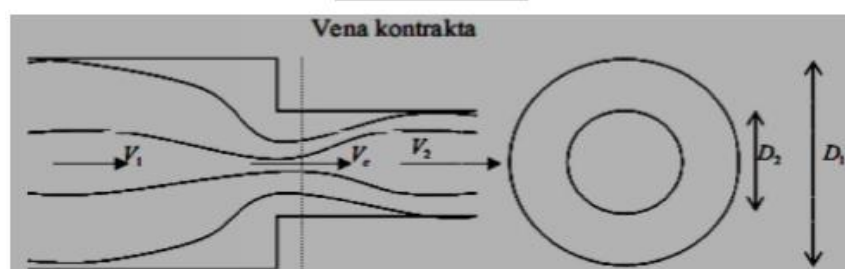
$$h_e = \frac{(A_2 - A_1)}{A_2} \left(\frac{P_1 - P'}{y} \right) + \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

2) Penyempitan penampang

Bambang triatmodjo (1996 : 62) menyatakan: “Penyempitan penampang yang mendadak garis aliran pada bagian hulu dari sambungan akan mengecil pada vena kontrakta. Percobaan-percobaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa luas tampang pada vena kontrakta sekitar $0,6.A_2$ ”.

Berdasarkan nilai maka kehilangan energy dihitung dengan cara seperti pada pembesaran penampang mendadak, yaitu di vena kontrakta ke pipia kecil (tampang dua) dan hasilnya adalah :

$$h = \left(1 - \frac{A_c}{A_2}\right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$$



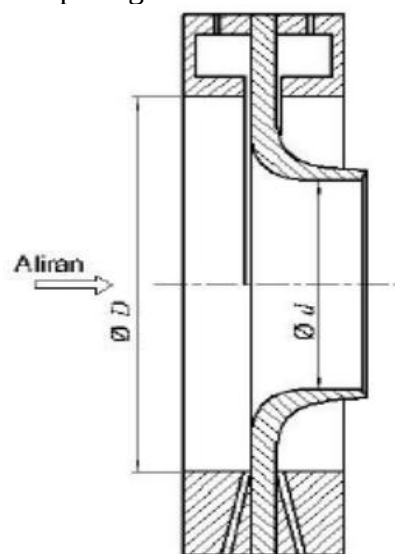
Dengan A_c dan V_c adalah luas tampang dan kecepatan pada vena kontrakta. Mengingat $A_c = 0,6.A_2$ dan berdasarkan persamaan kontinuitas di daerah vena kontrakta, $A_c.V_c = A_2.V_2$

atau
$$V_c = \frac{A_2}{A_c} V_2 = \frac{V_2}{0.6}$$

Penyempitan pada suatu penampang menyebabkan kenaikan tekanan fluida yang dikeluarkan, seperti halnya nozzle, penyempitan penampang pada ujung nozzle menyebabkan meningkatnya tekanan penginjeksian yang diberikan nozzle ke dalam ruang bakar, sehingga pengabutan serta atomisasi bahan bakar ke dalam ruang bakar lebih kecil.

d. Karakteristik dan kecepatan aliran penyemprotan nozzle

Nozzle berfungsi untuk menyemburkan fluida cair dari pompa injeksi ke dalam selinder dengan tekanan tertentu untuk mengatomisasi fluida cair secara merata. Konstruksi nozzle secara umum dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Nozzle

Marthur and Sharma (1980 : 350) menyatakan : “Kecepatan aliran bahan bakar untuk atomisasi yang baik adalah 400 m/detik. Kecepatan bahan bakar yang dimasukkan ke dalam saluran injektor dapat dihitung dengan”: $V=60.C\sqrt{2gh}$.

Dimana : V= kecepatan bahan bakar

C = Koefisien aliran dari saluran injektor

H= Perbedaan tekanan antara injeksi dan tekanan selinder.

Volume bahan bakar yang diinjeksikan per detik dihitung dengan :

Q = Luas penampang saluran x kecepatan x waktu satu kali penginjeksian per detik untuk satu saluran.

$$Q = (\pi/4 \times d^2 \times n) \times V \times (\phi/360 \times 1/N) \times (N/60)$$

Dimana : d = diameter dari penampang

n = Nomor lubang

ϕ = Waktu penginjeksian setiap sudut engkol

N = Jumlah penginjeksian per menit

Biasanya jumlah bahan bakar yang diinjeksikan dalam volume selinder untuk mengukur efek ukuran mesin. Peningkatan dari jumlah penginjeksian menurunkan waktu penginjeksian untuk memberikan masukan bahan bakar dan memungkinkan terjadinya perubahan waktu penginjeksian.

Tingkat penginjeksian yang tinggi memungkinkan penginjeksian akan kembali pada saat penginjeksian maksimum, ini dapat membantu untuk menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang seperti kepekatan asap dan nitrogen oksida.

Nilai koefisien kapasitas untuk nozzle dengan menggunakan tap sudut dapat dilihat pada tabel 1 berlaku untuk daerah kerja

D = Diameter tabung (mm), $50 \text{ mm} \leq D \leq 500 \text{ mm}$

P = rasio diameter, $0.30 \leq P \leq 0.80$

Re = Reynolds Number $105 \leq Re \leq 107$.

Nozzle memiliki tap sudut sehingga persamaan untuk nilai debit penyemprotan nozzle sebagai berikut:

$$Q = 60.CE.a \sqrt{2 g h}$$

Dimana : Q = debit (m^3/min)

C = koefisien debit

E = Koefisien kecepatan = $(1 - \beta^4)^{-1/2}$

a = Luas penampang peralatan pembatasan (m^2) = $(\pi/4)d^2$

d = diameter leher peralatan pembatasan (m)

g = percepatan gravitasi = 9.81 m/detik^2

h = beda ketinggian (m)

Selain menggunakan persamaan (1), perhitungan debit nozzle dapat dilakukan dengan metode volume yang dinyatakan dalam persamaan(2).

Dimana Q = debit (m^3/min)

V = volume air yang dimasukkan ke dalam bak selama 1 detik

t = waktu yang dibutuhkan untuk memasukkan sejumlah air
(m/s).

Perhitungan kecepatan aliran penyemprotan dengan meunggunakan persamaan 3: $Q = V \times A$

Dimana : Q = Debit

V = Kecepatan

A = Luas penampang nozzle (m^2).

Christians dalam Jensen (1942 : 46) menyatakan kecepatan aliran penyemprotan pada setiap nozzle di sepanjang pipa akan mempengaruhi efisiensi penyemprotan. Efisiensi penyemprotan meliputi keseragaman penyebaran penyemprotan larutan nutrisi di dalam chambraeroponik dan kehilangan air. Jika nilai keseragaman penyebaran rendah atau kehilangan fluida besar, maka efisiensi penyemprotan menjadi rendah.

e. Head pompa

Head pompa merupakan salah satu karakteristik pompa harus diperhatikan dalam sebuah aliran pipa, dimana head total pompa adalah salah satu parameter yang menyangkut jarak terjauh yang harus disediakan oleh pompa yang menyangkut jarak terjauh yang harus disediakan oleh pompa untuk mengalirkan fluida dalam satuan jarak.

Departemen teknik kimia ITB (2008 : 7) menyatakan : “Head total pompa merupakan energi persatuan berat yang harus disediakan oleh pompa untuk mengatasi energi tekanan, kecepatan, perbedaan ketinggian, kerugian gesek dan kerugian-kerugian pada perlengkapan seperti katup(valve), belokan (elbow), perubahan penampang dan lain-lain. Head total pompa dinyatakan sebagai berikut” :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g}$$

Dimana : H = Head total pompa (m)

H_a = Head statis (m)

Δh_p = Perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan fluida (m)

H_l = Berbagai kerugian head.

Dimana $h_l = h_{ld} + h_{ls}$ adalah kerugian head gesek pipa keluar dan h_{ls} kerugian head gesek pipa masuk.

$$\frac{V^2}{2g} = \text{head kecepatan keluar (m)}$$

g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$).

Adapun hubungan antara tekanan dan head tekanan dapat diperoleh dari rumus :
$$h_p = 10 \times \frac{p}{\gamma}$$

Dimana : h_p = Head tekanan

P = Tekanan (kgf/cm^2)

γ = Berat persatuan volume zat cair yang dipompa (kgf/l).

Djoko legono(23) menyatakan : “Persamaan Bernoulli yang dimodifikasi untuk aplikasi pada instalasi pompa, terlihat bahwa persamaan Bernoulli dalam bentuk energi “head” terdiri dari empat bagian “head” yaitu head elevasi, head kecepatan, head tekanan, dan head kerugian (gesekan aliran). Persamaan Bernoulli dalam bentuk energi head”.

$$\left(Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} \right)_1 + H_{\text{pompa}} = \left(Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} \right)_2$$

$$\text{Head Pompa} = \left(Z_1 - Z_2 + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} \right) + H_{\text{losses}}$$

$$\text{Head Pompa} = \left(\Delta Z + \Delta \frac{p}{\rho g} + \Delta \frac{v^2}{2g} \right) + H_{\text{losses}}$$

$$H_{\text{head statis total}} = (\Delta Z + \Delta P/\rho g)$$

ΔZ = h_z = head elevasi, perbedaan tinggi muka air sisi masuk dan keluar (m).

$$\Delta v^2/2g = h_v = \text{Head kecepatan sisi masuk dan keluar (m)}$$

$$\Delta P/pg = h_p = \text{Head tekanan sisi masuk dan keluar (m)}$$

$$H_{losses} = \text{Head kerugian (m)}$$

$$H_{total pompa} = (h_2 + h_p + h_v) + H_{losses}$$

Untuk mencari daya pompa maka kita menggunakan persamaan $Ne =$

$$P \cdot g \cdot H_p \cdot Q$$

Dimana $Ne = \text{Daya pompa}$

$P = \text{Tekanan}$

$g = \text{Gravitasi}$

$H_p = \text{Head pompa}$

$Q = \text{Debit}$

5. Prinsip kerja Motor Diesel

Menurut Modul Teknik Dasar Motor Diesel (2003 : 9)

“Pembakaran pada motor diesel terjadi karena bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam selinder terbakar dengan sendirinya akibat tingginya suhu udara kompresi dalam ruang bakar, berikut urutan langkah kerja dari motor diesel 4 langkah”:

a. Langkah Isap

Pada langkah ini yang dimasukkan kedalam silinder adalah udara murni. Katup masuk terbuka sedangkan katup buang tertutup.

Piston bergerak dari TMA ke TMB sehingga terjadi kevakuman dalam selinder. Udara murni terhisap masuk ke dalam selinder diakibatkan oleh dua hal. Pertama, karena kevakuman ruang selinder akibat semakin memperbesar volume karena gerakan torak dari titik mati, kedua karena katup masuk terbuka.

b. Langkah Kompresi

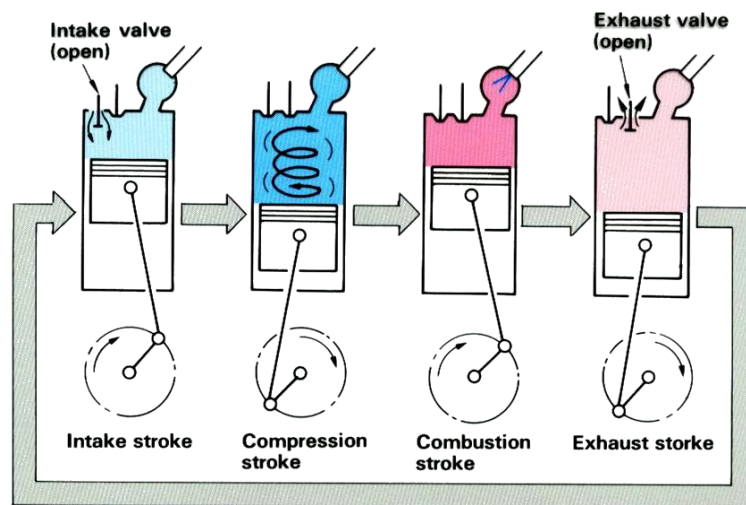
Kedua katup yaitu katup masuk dan katup buang sama-sama tertutup. Piston bergerak dari TMB ke TMA. Yang dikompresikan adalah udara murni. Perbandingan kompresinya cukup besar yaitu 15-22. Kompresi udara akan menghasilkan panas yang mampu menyalakan bahan bakar yang dimasukkan kedalam silinder pada akhir kompresi. Bahan bakar yang dimasukkan kedalam silinder adalah bahan bakar cair dalam bentuk kabut menggunakan pompa injeksi dan pengabut (injektor/ nozzle). Setelah penginjeksian bahan bakar terjadilah percampuran udara dan bahan bakar dan disusul pembakaran bahan bakar.

c. Langkah usaha

Proses pembakaran dan ekspansi merupakan langkah yang menghasilkan tenaga motor. Kedua katup yaitu katup masuk dan katup buang tertutup semuanya. Karena adanya proses pembakaran didalam silinder terjadilah kenaikan tekanan dan ekspansi dari gas (campuran udara dan bahan bakar). Piston didorong dari TMA ke TMB.

d. Langkah pembuangan

Piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup buang terbuka sedangkan katup masuk tetap tertutup. Gas bekas hasil pembakaran didorong keluar oleh piston yang bergerak dari TMB ke TMA. Gas bekas keluar silinder melalui saluran buang (*exhaust manifold*).



Gambar 3. Siklus motor diesel 4 langkah

(Toyota Step 1 1995 : 3-78).

6. Proses Pembakaran Motor Diesel

Menurut Maleev (1991 : 157) “Pembakaran adalah reaksi kimia, yaitu elemen tertentu dari bahan bakar setelah dinyalakan dan digabungkan dengan oksigen, menimbulkan panas sehingga menaikkan suhu dan tekanan gas”. Sedangkan Menurut Mathur dan Sharma (1980: 139) “Pembakaran adalah reaksi kimia antara hidrogen dan karbon di dalam bahan bakar dengan oksigen yang ada di dalam udara yang menghasilkan energi panas”.

Dari beberapa pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa “Pembakaran adalah Reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen pada saat tertentu yang menimbulkan panas dan tekanan, dimana pembakaran tersebut memerlukan waktu dan terjadi dalam beberapa tahap”.

Beberapa derajat sebelum torak mencapai TMA bahan bakar mulai disemprotkan, bahan bakar akan segera menguap dan bercampur dengan udara yang sudah bertemperatur tinggi, oleh karena temperaturnya sudah melebihi temperatur penyalaan bahan bakar, bahan bakar akan terbakar dengan sendiri dengan cepat. Waktu yang diperlukan antara saat bahan bakar mulai disemprotkan dengan saat mulai terjadinya pembakaran dinamai periode persiapan pembakaran.

Waktu persiapan pembakaran bergantung pada beberapa faktor, antara lain pada tekanan dan temperatur udara pada saat bahan bakar mulai disemprotkan, gerakan udara dan bahan bakar, jenis dan derajat pengabutan bahan bakar, serta perbandingan bahan bakar. Jumlah bahan bakar yang disemprotkan selama periode persiapan pembakaran tidaklah merupakan faktor yang terlalu menentukan waktu persiapan pembakaran.

Menurut Modul Pemeliharaan/Servis Bahan Bakar Diesel (2004 : 10) “Proses pembakaran pada motor diesel pada gambar 2 adalah hubungan antara tekanan dan waktu. Proses pembakaran tersebut dibagi atas 4 periode” :

a. Periode 1 : Waktu pembakaran tertunda (ignition delay)(A-B)

Periode ini disebut fase persiapan pembakaran, karena partikel-partikel bahan bakar yang diinjeksikan bercampur dengan udara di dalam silinder agar mudah terbakar.

b. Periode 2 : Perambatan api (B-C)

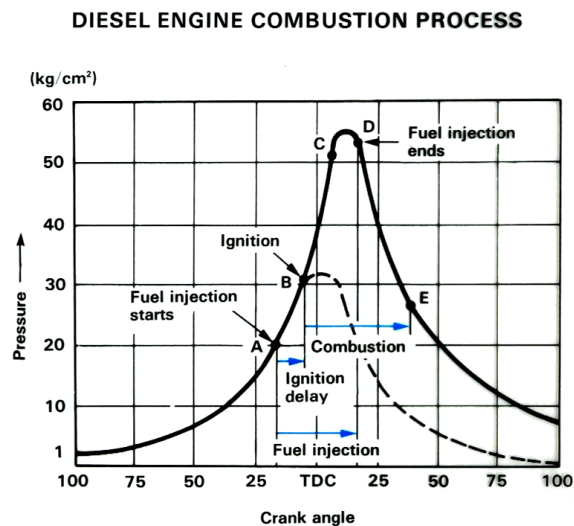
Periode 2 ini campuran bahan bakar dan udara tersebut akan terbakar di beberapa tempat. Nyala api akan merambat dengan kecepatan tinggi sehingga seolah-olah campuran terbakar sekaligus, sehingga menyebabkan tekanan dalam silinder naik. Periode ini sering disebut periode ini sering disebut pembakaran letup.

c. Periode 3 : Pembakaran langsung (C-D)

Akibat nyala api dalam silinder, maka bahan bakar yang diinjeksikan langsung terbakar. Pembakaran langsung ini dapat dikontrol dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, sehingga periode ini sering disebut periode pembakaran dikontrol.

d. Periode 4 : Pembakaran lanjut (D-E)

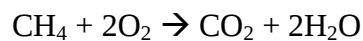
Injeksi berakhir di titik D, tetapi bahan bakar belum terbakar semua. Jadi walaupun injeksi telah berakhir, pembakaran masih tetap berlangsung. Bila pembakaran lanjut terlalu lama, temperatur gas buang akan tinggi menyebabkan efisiensi panas turun.



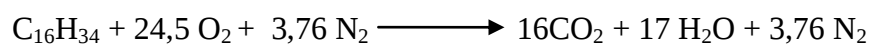
Gambar 4. Grafik proses pembakaran motor diesel
(Toyota step 2 1972 : 8-12).

7. Reaksi kimia pembakaran

Proses pembakaran pada mesin diesel, reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen terjadi dengan cepat. Jumlah energi yang dilepaskan dalam pembakaran akan maksimal apabila bahan bakar bereaksi dengan oksigen dalam jumlah stokiometri. Secara stokiometri oksigen hanya cukup untuk mengubah seluruh karbon dalam bahan bakar menjadi karbondioksida dan seluruh hydrogen menjadi H₂O, tanpa sisa oksigen. Sehingga persamaan reaksi untuk bentuk hidrokarbon paling sederhana, metana CH₄ yang dibakar dengan oksigen yang stokiometri adalah



Pulkabrek (2004 :123) menyatakan bahwa: “Dengan rasio udara $\lambda=1$ dan waktu reaksi yang cukup, pembakaran sempurna menghasilkan karbon dioksida dan air. Nitrogen tetap tak berubah. Reaksi kimia proses pembakaran bahan bakar solar (C₁₆H₃₄) dan udara yang sesuai dengan kaidah-kaidah kimia, reaksi kimia pembakaran diesel adalah sebagai berikut”:



Pada pembakaran yang sempurna, hasil pembakaran pada bahan bakar solar menghasilkan CO₂ dan H₂O, namun jika pembakaran bahan bakar solar dan udara tidak sempurna, maka emisi gas buang yang dihasilkan adalah Dengan kurangnya oksigen, pembakaran tak sempurna menghasilkan:

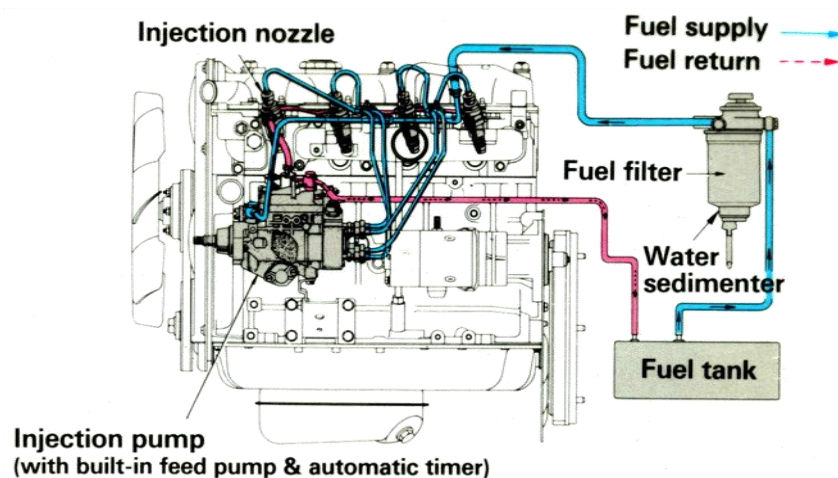
- a. Hidrokarbon yang tidak terbakar (HC, CxHy): unsur-unsur pembangun bahan bakar
- b. hidrokarbon yang terbakar sebagian (CO): Sebagian unsur terbakar, sementara sisanya, khususnya CO, tertinggal sebagai gas buang
- c. Jelaga(soot).

Pada pembakaran yang tidak sempurna reaksi kimia sebagai berikut :



8. Sistem Bahan Bakar Diesel

Menurut Tim LLPPM ITB (2003 : 29) “Secara sederhana sistem bahan bakar pada motor diesel berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar ke ruang bakar dengan takaran yang sesuai dengan kerja motor diesel tersebut”. Komponen utama dari sistem bahan bakar motor diesel 4 tak selinder tunggal (horizontal) meliputi : (a) tangki bahan bakar, (b) saringan bahan bakar, (c) pompa injeksi bahan bakar, (d) pipa penyalur dan pipa tekanan tinggi serta (e) injektor.



Gambar 5. Sistem Bahan bakar motor diesel
(M-Step 2 Diesel Engine : 83)

Adapun fungsi dari masing-masing komponen sistem bahan bakar tersebut diatas meliputi :

- a. Tangki bahan bakar berfungsi sebagai tempat penampungan bahan bakar motor diesel.
- b. Saringan bahan bakar berfungsi untuk menyaring kotoran atau partikel-partikel kecil yang mengalir bersama bahan bakar, agar bahan bakar yang dialirkan ke pompa injeksi bahan bakar benar-benar bersih.
- c. Pompa injeksi bahan bakar berfungsi untuk menaikkan tekanan bahan bakar sehingga bahan bakar mampu membuka katup injeksi (melawan pegas penekan katup). Sehingga proses penyemprotan bahan bakar dalam selinder berlangsung sempurna (bahan bakar berbentuk kabut/partikel kecil).
- d. Pipa penyalur bahan bakar berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki ke saringan bahan bakar.
- e. Pipa tekanan tinggi berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar dari pompa injeksi ke injektor.
- f. Injektor berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar bertekanan tinggi ke dalam ruang bakar sehingga proses pembakaran (langkah usaha) dapat berlangsung dengan baik. (Pembahasan injektor lebih detail dibahas dibawah, karena sebagai salah satu variable penelitian).

9. Injektor

Menurut Tim LLPPM ITB (2003 : 59) “Injektor berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar yang ditekan oleh *injection pump* ke ruang bakar dalam bentuk kabut”. Sedangkan menurut M-Step II Diesel engine Mitsubishi (101) “Injektor merupakan suatu jenis katup otomatis dilumasi oleh *light oil* dari bahan bakar dan *nozzle tip* serta *plunger* perlu ditangani dalam suatu pasangan karena *injection nozzle* diproduksi dengan ukuran sangat presisi”.

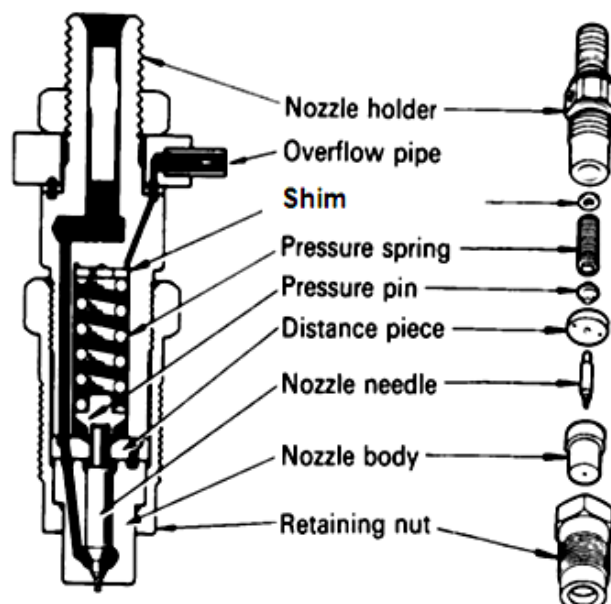
Dari pendapat yang telah dikemukakan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa injektor berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar ke dalam selinder dalam bentuk kabut.

Injection nozzle terdiri dari *nozzle body* dan *needle*. *Nozzle* menyemburkan bahan bakar dari pompa injeksi ke dalam selinder dengan tekanan tertentu untuk mengatomisasi bahan bakar secara merata. *Nozzle holder* memegang *nozzle* dengan *retaining nut* dan *distance piece*. *Nozzle holder* terdiri dari *adjusting washer (shim)* yang mengatur kekuatan tekanan pegas untuk menentukan tekanan pembukan katup *nozzle*.

a. Komponen-komponen injektor terdiri dari :

- 1) *Nozzle Holder* untuk saluran bahan bakar dan bodi komponen bagian atas.
- 2) *Over flow pipe* untuk mengembalikan bahan bakar sisa pengabutan.

- 3) *Adjusting washer/shim* untuk sim penyetel tekanan pengabutan (3 shim).
- 4) *Pressure spring* untuk mengembalikan tekanan pengabutan.
- 5) *Pressure pin* untuk poros penerus tekanan.
- 6) *Distance Piece* untuk saluran bahan bakar dan tempat.
- 7) *Nozzle Needle* untuk jarum pengatur pengabutan bahan bakar.
- 8) *Nozzle Body* untuk saluran bahan bakar dan lubang pengabutan.
- 9) *Retraining Nut* untuk body komponen bagian bawah.



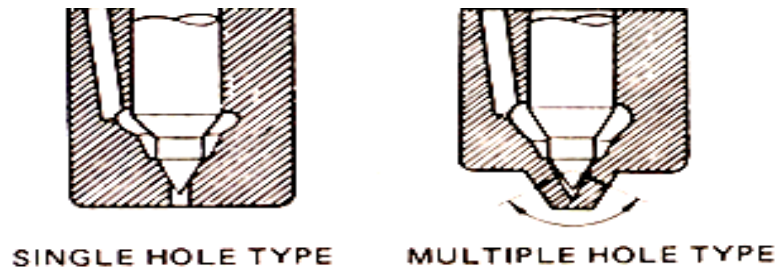
Gambar 6. Injektor
(M-Step-II Diesel Engine L300 : 91)

b. Jenis-jenis *nozzle* / Injektor

Secara garis besar nozzle dapat dibagi atas model lubang dan model pin.

1) *Nozzle* model lubang

- a) Lubang satu
- b) Lubang banyak

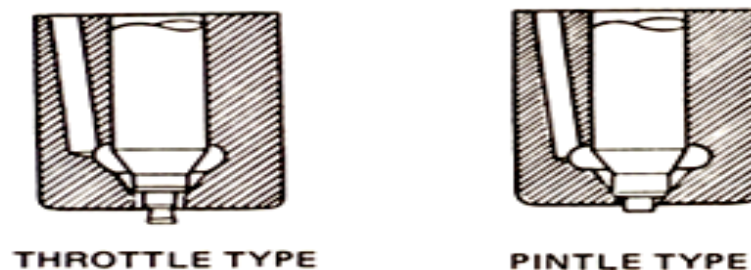


Gambar 7. Konstruksi *Nozzle* tipe lubang

(New Step 2 1972: 8-72).

2) *Nozzle* model pin

- a) Jenis *throtle*
- b) Jenis *pintle*



Gambar 8. Konstruksi *Nozzle* tipe Pin

(New Step 2 1972: 8-72)

Injektor jenis lubang banyak umumnya digunakan untuk mesin semprotan langsung, sedangkan model pin umumnya digunakan untuk mesin yang mempunyai ruang bakar muka dan ruang bakar puser.

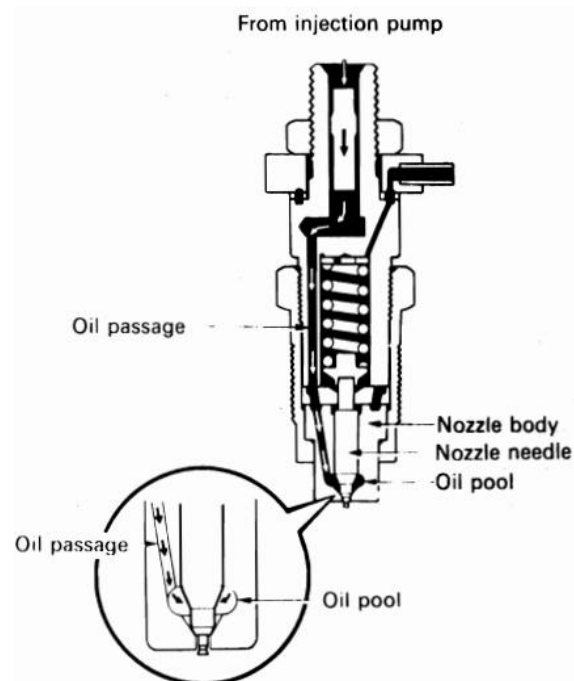
Injektor pada penelitian ini adalah injektor engine Mitsubishi L300 diesel dengan injektor jenis *pintle type* (jenis 1 lubang).

Injektor jenis pitle ini digunakan pada Mitsubishi L300 diesel karena ruang bakar yang digunakan pada Mitsubishi L300 diesel adalah ruang bakar type tak langsung.

c. Cara kerja Injektor

1) Sebelum penginjeksian

Bahan bakar yang bertekanan tinggi mengalir dari pompa injeksi melalui saluran pada *nozzle holder* menuju ke *oil pool* pada bagian bawah *nozzle body*.

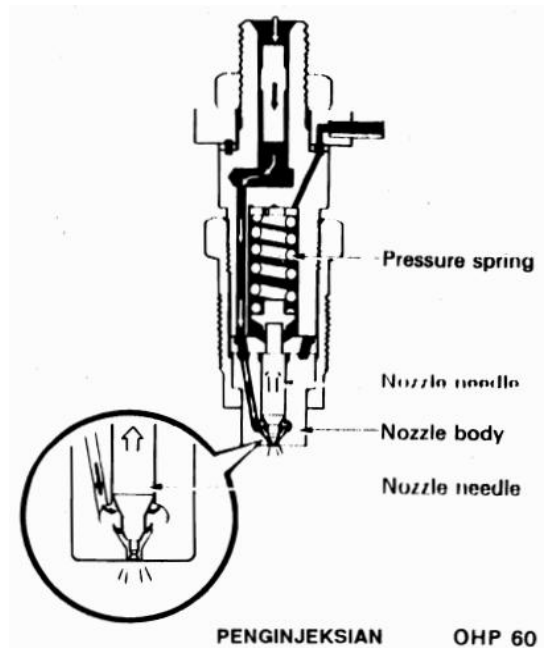


Gambar 9. Sebelum penginjeksian
(Toyota Step 1 1995 : 3-96)

2) Penginjeksian bahan bakar

Bila tekanan bahan bakar pada *oil pool* naik, ini akan menekan ujung *needle*. Bila tekanan ini melebihi kekuatan pegas,

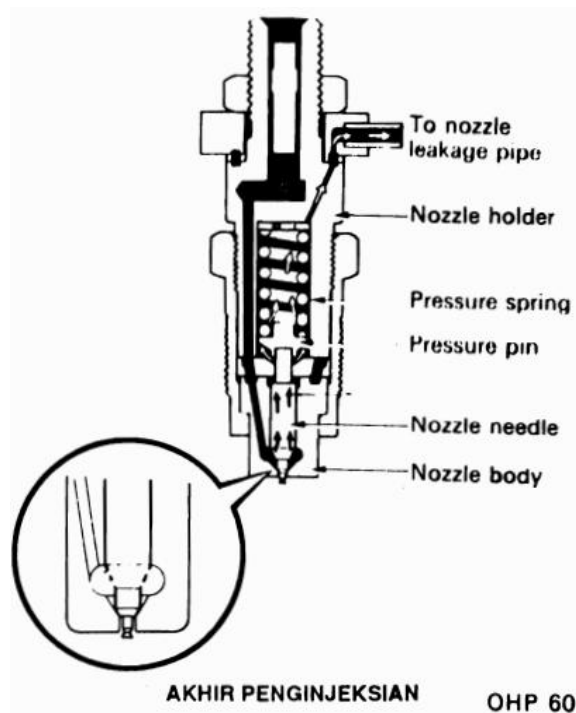
maka ujung *needle* akan terdorong ke atas oleh tekanan bahan bakar dan *nozzle needle* terlepas dari *nozzle body seat*. Kejadian ini akan menyebabkan *nozzle* menyemburkan bahan bakar keruang bakar.



Gambar 10. Saat penginjeksian
(Toyota Step 1 1995 : 3-97)

3) Akhir Penginjeksian

Bila pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, tekanan bahan bakar turun, dan tekanan pegas (*Pressure spring*) mengembalikan *nozzle needle* ke posisi semula. Pada saat ini *needle* tertekan kuat pada *nozzle body seat* dan menutup saluran bahan bakar. Sebagian bahan bakar tersisa diantara *nozzle needle* dan *nozzle body*, antara *pressure pin* dan *nozzle holder* dan lain-lain, melumasi semua komponen dan kembali ke *over flow pipe*.



Gambar 11. Akhir penginjeksian
(Toyota Step 1 1995 : 3-97)

10. Kebutuhan untuk menyetel tekanan injektor

Pembukaan *nozzle* saat menginjeksikan bahan bakar bergantung pada dua hal, sebagai berikut:

- a. Tekanan bahan bakar yang ada di dalam system bahan bakar pada mesin diesel, ditentukan oleh tekanan yang dihasilkan pompa injeksi.
- b. Ketegangan pegas di dalam *nozzle*, ditentukan oleh penyetelan ketegangan pegas.

Tekanan membukanya *nozzle* berbeda beda, tergantung pada mesin, dan disetel untuk menjamin bahan bakar yang diinjeksikan oleh *nozzle* dan akan bercampur dengan udara didalam silinder dan terbakar dalam waktu yang sesingkat mungkin. Apabila tekanan membukanya injektor

tidak tepat, akan mengganggu pada saat penginjeksian dan volume injeksi. Dengan demikian tekanan membukanya injektor harus selalu tepat.

Tekanan pembukaan *noozle* harus disetel dengan tepat sehingga bisa didapatkan jumlah dan waktu penginjeksian bahan bakar yang tepat, Penyetelan tekanan pembukaan *noozle* bisa dilakukan dengan cara (tergantung konstruksi *noozle*), sebagai berikut:

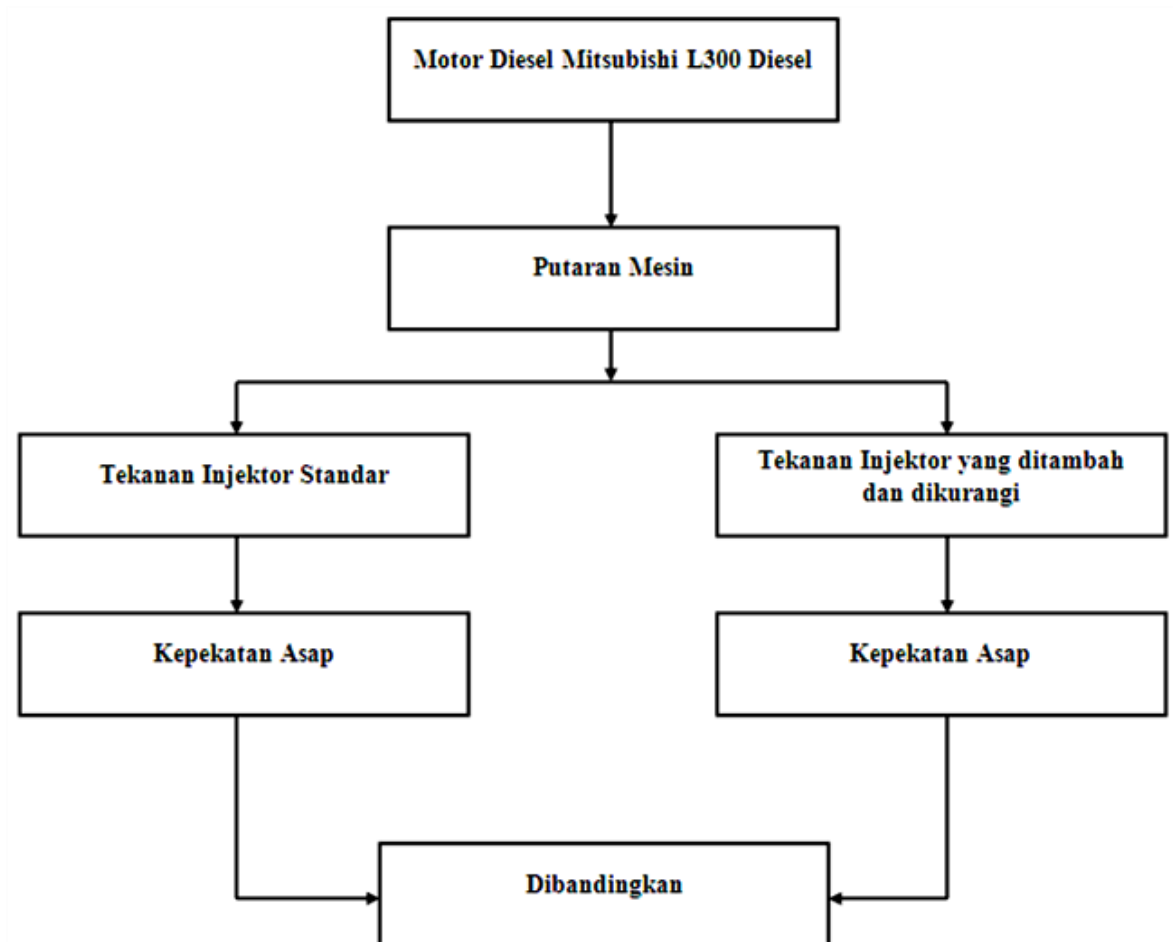
- a. Mengganti/mengatur ketebalan *shim* dalam *noozle*.
- b. Mengatur/memutar posisi baut penyetel yang menekan pegas dalam *noozle*.

Menurut Isuzu Training Center() menyatakan “Apabila *adjusting shim* diganti dengan yang tipis tekanan membuka akan lebih besar. Sebaliknya apabila *shim* diganti dengan yang tebal, membukanya tekanan akan lebih kecil. Untuk mensuplai macam macam mesin tersedia *shim* penyetelan ketebalannya terdiri dari beberapa macam”

B. Penelitian yang relevan

Fauzan (2008) meneliti tentang pengaruh tekanan injektor terhadap konsumsi bahan bakar pada Mitsubishi Fuso FN527M3L. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan perubahan tekanan injektor terhadap konsumsi bahan bakar pada engine Fuso FN527M3L.

C. Kerangka Konseptual



Gambar 12. Kerangka Konseptual

D. Hipotesis

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah : “Terdapat Perbedaan Variasi Tekanan Injektor Terhadap Opasitas/Kepekatan Asap Mitsubishi L 300 Diesel”.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Setelah dilakukan pengujian kepekatan asap pada Mitsubishi L300 diesel dapat disimpulkan bahwa dengan menaikkan tekanan injektor sebesar 130 kg/cm² maka kepekatan asap menurun sebesar 3% dari tekanan injektor standar dan dengan menurunkan tekanan injektor sebesar 90 kg/cm² maka kepekatan asap meningkat sebesar 4%. Setelah dilakukan analisa data pada hasil pengujian kepekatan asap maka didapatkan t hitung lebih besar dari pada t tabel, $t_{hitung} > t_{tabel}$ (2,776).
2. Dengan menambah dan mengurangi tekanan injektor dapat mempengaruhi besar kecilnya ketebalan asap.

B. Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah :

1. Para pemilik kendaraan seharusnya lebih peduli terhadap kondisi mesin, karena dengan melakukan perawatan secara berkala maka kondisi mesin akan selalu baik dan tingkat persentase emisi gas buang kendaraan yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia juga bisa diminimalisir.
2. Pada penelitian selanjutnya peneliti menyarankan agar melakukan penelitian tekanan injektor terhadap performa mesin atau tenaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmojo (1992) *Hidrolika 1*, Yogyakarta : Betta Offset
- Bambang Triatmojo (1993) *Hidrolika 2*, Yogyakarta : Betta Offset
- Dedi Setiawan, (2006) Mitsubishi Emission Control System, PT Krama Yudha Tiga Berlian Motors
- Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan (2003) *Modul Teknik Dasar Motor Diesel*. Yogyakarta : Tim Fakultas Teknik, Universitas Yogyakarta
- Dodi darsono (2010). Jurnal Simulasi CFD. *Simulasi CFD pada motor diesel*
Jakarta: Universitas Indonesia
- Ilyas Rochani,M Denny Surindra, (2009) Jurnal Teknik Energi Vol 5 No. 3.
Pengaruh Penambahan Injeksi Udara Pada Knalpot Mesin Diesel 6 Silinder Daya 180 HP Untuk Mengurangi Opasitas Gas Buang.
Yogyakarta : Politeknik Negeri Semarang
- L.R.Gay (1987). *Educational Research*.Ohio: Merril publishing Company
- Mathur L R. P Sharma (1980). *A Course In Internal Combustion Engine*. Delhi: Rai & Sons
- Raja ulungen ginting (1989). *Thermodinamika*. Jakarta: Departemen Penidikan dan Kebudayaan
- Riduan (2012). *Belajar Mudah Penelitian*. Bandung: Alfabeta
- Suharsimi Arikunto. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sukoco (2008) *Teknologi Motor Diesel* Bandung : Alfabeta