

**PENGARUH KETEBALAN WASHER AUTOMATIC TIMER PADA
POMPA INJEKSI TIPE DISTRIBUTOR TERHADAP KETEBALAN ASAP
GAS BUANG MOTOR DIESEL**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Program Strata
Satu Pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik
Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



Oleh

Firman Jasdilla

1207526/2012

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

PERSETUJUAN SKRIPSI

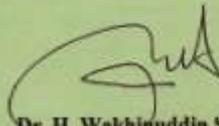
**PENGARUH KETEBALAN *WASHER AUTOMATIC TIMER* PADA
POMPA INJEKSI TIPE DISTRIBUTOR TERHADAP KETEBALAN GAS
BUANG MOTOR DIESEL**

Nama : Firman Jasdilla
NIM : 1207526
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2016

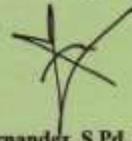
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Dr. H. Wakhinuddin S, M.Pd
NIP. 19600314 198503 1 003

Pembimbing II



Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc
NIP. 19790118 200312 1 003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Otomotif



Drs. Martias, M.Pd
NIP. 19640801199203 1 003

PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Judul : Pengaruh Ketebalan *Washer Automatic Timer* Pada
Pompa Injeksi Tipe Distributor Terhadap Ketebalan Asap
Gas Buang Motor Diesel

Nama : Firman Jasdilla

NIM : 1207526

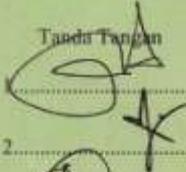
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Jurusan : Teknik Otomotif

Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2016

Tim Penguji :

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	Dr. H. Wakhinuddin S, M.Pd	
2. Sekretaris	Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc	2.....
3. Anggota	Drs. Faisal Ismet, M.Pd	3.....
4. Anggota	Drs. Hasan Maksum, M.T	4.....
5. Anggota	Drs. Martias, M.Pd	5.....

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Firman Jasdilla**
NIM/TM : 1207526/2012
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi Saya dengan judul **"PENGARUH KETEBALAN WASHER AUTOMATIC TIMER PADA POMPA INJEKSI TIPE DISTRIBUTOR TERHADAP KETEBALAN ASAP GAS BUANG MOTOR DIESEL"** Adalah benar merupakan hasil karya Saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti Saya melakukan plagiat maka Saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini Saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Februari 2016

Saya yang menyatakan



Firman Jasdilla
NIM. 1207526/2012

ABSTRAK

Firman Jasdilla. 2016. Pengaruh Ketebalan *Washer Automatic Timer* Pada Pompa Injeksi Tipe Distributor Terhadap Ketebalan Asap Gas Buang Motor Diesel.

Penelitian ini berawal dari pengamatan di jalanan dan dilanjutkan dengan observasi pada beberapa per-bengkelan di kota Padang dimana beberapa masalah yang dapat mengganggu pengendara lain serta lingkungan ialah ketebalan gas buang kendaraan pada motor diesel, dimana dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas serta sesak napas terutama bagi pengendara motor roda dua. Hal ini terjadi karena kendaraan tersebut sudah tidak layak jalan dan harus dilakukan *service* secara berkala, kepekatan gas buang yang melebihi batas tersebut terjadi karena umur pakai kendaraan dengan *service* berkala tidak seimbang, hal ini banyak terjadi pada kendaraan niaga, maka dari itu perlu dilakukan *service* berkala terutama pada sistem penginjeksiannya, yaitu pada pemajuan saat penginjeksian/ *automatic timer*-nya.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen yang dilakukan pada tanggal 3 sampai dengan 4 desember 2015 di Toyota Intercom Mobilindo Padang, dengan pengujian dilakukan sebanyak dua kali dari masing-masing ketebalan *washer automatic timer*.

Hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil ketebalan asap dengan *washer* standar sebesar 25,85 %, ketebalan asap dengan ketebalan *washer* di tambah 2mm sebesar 82,7 % dan ketebalan asap dengan ketebalan *washer* dikurangi 2mm sebesar 22,4 %. Pada penambahan ketebalan *washer timer* 2mm mendapatkan hasil yang tidak signifikan terhadap ketebalan asap gas buang, sedangkan pada pengurangan 2mm mendapatkan hasil yang signifikan terhadap ketebalan asap gas buang kendaraan. Berdasarkan peraturan menteri lingkungan hidup nomor : KEP-05/MENLH/08/2006 maka penggunaan ketebalan *washer timer* yang di perbolehkan pada pengurangan *washer timer* 2 mm yaitu ketebalan asapnya sebesar 22,4 %.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wr.wb

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur peneliti ucapkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga akhirnya peneliti dapat menyelesaikan skripsi penelitian ini dengan judul **“Pengaruh Ketebalan Washer Automatic Timer Pada Pompa Injeksi Tipe Distributor Terhadap Ketebalan Asap Gas Buang Motor Diesel”** Dapat di selesaikan dengan baik. Kemudian shalawat dan salam kepada nabi Muhammad SAW, yang telah membawa umatnya kearah yang lebih baik. Penelitian skripsi ini bertujuan sebagai salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan gelar Sarjana Strata 1 (S-1) pada Jurusan Teknik Otomotif di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Penulis juga mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Drs. Syahril, ST, M.Sc, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd selaku ketua Jurusan Teknik Otomotif FT-UNP.
3. Bapak Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc selaku sekretaris Jurusan Teknik Otomotif FT-UNP serta sebagai pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, saran-saran dan mengarahkan peneliti dalam menyelesaikan skripsi penelitian ini.

4. Bapak Dr. H. Wakhinuddin S, M.Pd, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, saran-saran dan mengarahkan peneliti dalam menyelesaikan skripsi penelitian ini.
5. Kedua orang tua yang telah selalu member semangat dan doa.
6. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi penelitian ini.

Peneliti menyadari sepenuhnya, masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan dalam peneltian skripsi ini. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini dan yang akan datang.

Padang, Februari2016

Peneliti

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Landasan Teori.....	8
1. <i>Automatic Timer</i> Pompa Injeksi Distributor	8
2. Penginjeksian	13
3. Opasitas Gas Buang Motor Diesel	20
4. Pengaruh <i>Washer Automatic Timer</i> Pada Pompa Injeksi Tipe Distributor Terhadap Ketebalan Asap Gas Buang Motor Diesel.....	24
B. Penelitian yang Relevan	26
C. Kerangka Berfikir.....	27
D. Hipotesis Penelitian.....	28

BAB III METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian	29
B. Definisi Operasional dan Variabel Penelitian	30
C. Objek Penelitian	31
D. Jenis dan Sumber Data	32
E. Instrumen Pengumpulan Data	33
F. Prosedur Penelitian.....	33
G. Teknik Pengumpulan Data	34
H. Teknik Analisa Data.....	34

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data	37
B. Analisa Data	38
C. Pembahasan.....	42
D. Keterbatasan Penelitian	42

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	43
B. Saran.....	43

DAFTAR PUSTAKA	45
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Peningkatan Jumlah Penggunaan Kendaraan Bermotor di Indonesia Tahun 2005-2013	2
2. Observasi Lapangan	4
3. Ketebalan <i>Washer</i> Pengatur <i>Timer</i>	25
4. Desain Penelitian	30
5. Spesifikasi Mitsubishi L-300	32
6. Ketebalan Asap Dengan Penambahan dan Pengurangan <i>Washer</i>	34
7. Ketebalan Asap Dengan Penambahan dan Pengurangan <i>Washer Timer</i> ..	37
8. Analisis perbandingan ketebalan asap terhadap <i>washer</i> standar dengan ketebalan asap pada penambahan <i>washer timer</i>	40
9. Analisis perbandingan ketebalan asap standar dengan ketebalan asap pada pengurangan <i>washer timer</i>	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Konstruksi Pompa Injeksi Distributor Tipe VE.....	9
2. Bagian-bagian <i>Automatic Timer</i>	11
3. Pompa injeksi Distributor Tipe VE.....	13
4. Kerangka Pikir.....	28
5. Grafik Perbandingan Ketebalan Asap Dengan <i>Washer</i> Standar, Ditambah dan Dikurangi.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

LampiranHalaman

1. Analisis Data Standar Deviasi	47
2. Penyelesaian Hasil Uji t	49
3. t- Tabel.....	52
4. Data Hasil <i>Print Out Opacity Smoke Meter</i>	53
5. Izin Penelitian dari Fakultas	54
6. Izin Penelitian dari Jurusan	55
7. Data Hasil Penelitian Ketebalan Asap	56
8. Surat Pernyataan Melakukan penelitian	57
9. Dokumentasi Penelitian	58

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi, khususnya di bidang otomotif pada saat ini sangat pesat. Hal ini dapat kita rasakan dalam menjalankan aktifitas sehari-hari sebagai alat pendukung dalam berbagai pekerjaan. Teknologi otomotif tersebut mempunyai beberapa dampak positif dalam kehidupan manusia. Selain bisa memberikan dampak positif, pengembangan teknologi ini juga bisa memberikan dampak negatif yang cukup serius, diantaranya kemacetan lalu lintas yang dapat menyebabkan tingkat keamanan berkurang, pencemaran udara dan semakin meningkatnya jumlah konsumsi bahan bakar.

Salah satu aspek kebutuhan masyarakat yang sudah menjadi kebutuhan utama adalah sarana transportasi. Kendaraan dalam masyarakat bukan lagi menjadi barang yang eksklusif, karena hampir setiap masyarakat memilikinya. Keadaan ini dapat dilihat dengan semakin tingginya permintaan kendaraan di Indonesia berdasarkan data yang diperoleh dari badan pusat statistik menyatakan bahwa jumlah kendaraan yang beroperasi di Indonesia pada tahun 2005 mencapai 37.623.432 unit dan meningkat di tahun 2013 mencapai 104.118.969, peningkatan jumlah penggunaan kendaraan bermotor di Indonesia tahun 2005-2013 dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Tahun 2005-2013.

Tahun	Mobil Penumpang	Bis	Truk	Sepeda Motor	Jumlah
2005	5.076.230	1.110.255	2.875.116	28.531.831	37.623.432
2006	6.035.291	1.350.047	3.398.956	32.528.758	43.313.052
2007	6.877.229	1.736.087	4.234.236	41.955.128	54.802.680
2008	7.489.852	2.059.187	4.452.343	47.683.681	61.685.063
2009	7.910.407	2.160.973	4.452.343	52.767.093	67.336.644
2010	8.891.041	2.250.109	4.687.789	61.078.188	76.907.127
2011	9,548,866	2,254,406	4,958,738	68,839,341	85,601,351
2012	10,548,866	2,273,821	5 286 061	76 381 183	94 373 324
2013	11.484.514	2.286.309	5.615.494	84.732.652	104.118.969

Sumber: <http://www.bps.go.id>

Salah satu teknologi di bidang otomotif yang berkembang sangat pesat adalah motor diesel. Motor diesel merupakan salah satu tipe penggerak yang paling banyak digunakan di sektor industri dan transportasi, terutama digunakan pada peralatan atau permesinan yang membutuhkan penggerak dengan daya yang besar. Motor diesel dipilih karena memiliki efisiensi thermal yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan motor bensin. Motor diesel adalah jenis motor pembakaran dalam, lebih spesifik lagi sebuah motor dengan pemicu kompresi, dimana bahan bakar menyala akibat kompresi dan suhu yang tinggi didalam silinder (*compression ignition*), dan bukan oleh alat bantu berenergi lain seperti busi (*spark plug*).

Salah satu masalah yang sangat sering terjadi di jalanan yang dapat mengganggu pengendara lain serta lingkungan ialah ketebalan gas buang kendaraan pada motor diesel, dimana dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas serta sesak napas terutama bagi pengendara motor roda dua. Hal ini terjadi karena kendaraan tersebut sudah tidak layak jalan dan harus dilakukan *service* secara berkala, kepekatan gas buang yang melebihi batas tersebut terjadi karna

umur pakai kendaraan dengan *service* berkala tidak seimbang, hal ini banyak terjadi pada kendaraan niaga, maka dari itu perlu dilakukan *service* berkala terutama pada sistem penginjeksiannya.

Saat penginjeksian merupakan suatu sistem yang sangat penting dalam motor diesel, salah satu bagian dari penginjeksian ialah pemajuan saat penginjeksian/*automatic timer*. *Automatic timer* yang kita bahas ialah *automatic timer* pada pompa injeksi distributor (*hydraulic timing device*). *Automatic timer* sangat penting dari pompa injeksi motor diesel dikarenakan seluruh komponen pada *automatic timer* berperan penting di dalam pompa injeksi seperti : *face cam*, *roller*, *timer piston*, *timer spring*, dll. Saat penginjeksian bergantung pada pemajuan saat penginjeksian/*Automatic timer*, apabila pemajuan penginjeksian tidak tepat maka saat penginjeksian pun terganggu.

Ada beberapa gangguan yang terjadi pada *automatic timer* sehingga gas buang kendaraan menjadi tebal, perlu adanya pengecekan serta perbaikan pada *automatic timer*-nya, apabila histeris langkah *timer piston* sudah tidak stabil lagi atau terlalu lemahnya serta hausnya *timer spring*, maka penambahan sim/*washer* pada setiap sisi *timer spring* sangat berpengaruh untuk mengembalikan kestabilan saat penginjeksian pada kendaraan. Untuk lebih jelasnya dalam memahami pengaruh *automatic timer* terhadap ketebalan asap terhadap pompa injeksi distributor, ada beberapa pendapat dari kalangan pekerja khususnya yang setiap harinya bergelut dengan perbaikan mobil, yaitu mekanik bengkel, dan dapat disimpulkan melalui tabel di bawah ini :

Tabel 2. Observasi Lapangan

No.	Bengkel	Mekanik	Perlakuan Pada <i>Automatic Timer</i>	
			Pengurangan sim <i>timer</i>	Penambahan sim <i>timer</i>
1	PT. Suka Fajar	Abrar	a. Kalau terlalu lemah, pada saat akselerasi pemajuannya lambat b. Adanya bunyi dentuman atau bunyi berisik pada pompa c. Gas buang tidak teratur saat akselerasi	a. Kalau terlalu padat, Timer tidak bekerja dengan baik b. Bunyi meraungnya lebih lama
2	PT. Intercom Mobilindo	Hafit	a. Adanya bunyi brisik pada pompa b. Pengeluaran gas buang agak lambat c. Komponen pada automatic timer akan lebih cepat bermasalah seperti terjadi kehausan pada face came dan roller	a. Kalau terlalu tebal, pada saat akselerasi pemajuan saat penginjeksian tidak berfungsi b. Panas pada pompa akan tinggi sehingga membuat haus komponennya c. Asap yang dikeluarkan agak boros/besar

Berdasarkan keterangan di atas bahwa *washer automatic timer* berpengaruh terhadap ketebalan asap/gas buang kendaraan pada saat akselerasi, ini akan berdampak buruk pada kesehatan manusia dan lingkungan, tebalnya gas buang kendaraan yang mengandung gas-gas berbahaya dapat merusak kesehatan manusia sehingga perlu adanya tindakan nyata untuk mencegah pencemaran udara yang semakin memburuk ini. Alasan menghitung tingkat ketebalan asap yang dihasilkan oleh gas buang,

karena banyaknya kendaraan di temui yang secara visual terlihat mengeluarkan gas buang yang sangat pekat dan diperkirakan melebihi batas yang diperkenankan.

Berdasarkan dari latar belakang diatas disimpulkan bahwa adanya pengaruh ketebalan *washer automatic timer* terhadap ketebalan asap gas buang saat terjadi akselerasi pada kendaraan, oleh karena itu saya tertarik mengangkat judul skripsi ini yang berjudul : pengaruh *washer automatic timer* pada pompa *injeksi* tipe distributor terhadap ketebalan asap gas buang motor diesel.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan sebelumnya, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Meningkatnya dampak negatif dari perkembangan teknologi otomotif, seperti kemacetan yang menyebabkan tingkat keamanan dan kenyamanan berkurang dan meningkatnya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun yang menimbulkan gas-gas yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan.
2. Fakta yang sering terjadi di jalanan yaitu kepekatan gas buang motor diesel melebihi batas yang telah ditentukan pemerintah, dimana berdampak dapat mengganggu pengendara lain, disebabkan karena sistem penginjeksian yang sudah tidak baik lagi.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih fokus dan terarah, maka permasalahan yang akan dibahas dibatasi yaitu: Mengetahui seberapa besar pengaruh ketebalan *washer automatic timer* pada pompa injeksi tipe distributor terhadap ketebalan asap gas buang motor diesel.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh ketebalan *washer automatic timer* pada pompa injeksi tipe distributor terhadap ketebalan asap gas buang motor diesel.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan tentang:

Mengetahui seberapa besar pengaruh ketebalan *washer automatic timer* (*timer adjusting washer*) pada pompa injeksi tipe distributor motor diesel terhadap ketebalan asap.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bagi pembaca, sebagai wacana untuk meningkatkan wawasan mengenai pengaruh ketebalan *washer automatic timer* pada pompa injeksi tipe distributor terhadap ketebalan asap gas buang motor diesel.
3. Sebagai bahan pertimbangan dan referensi dalam mengembangkan inovasi dalam dunia otomotif.

BAB II

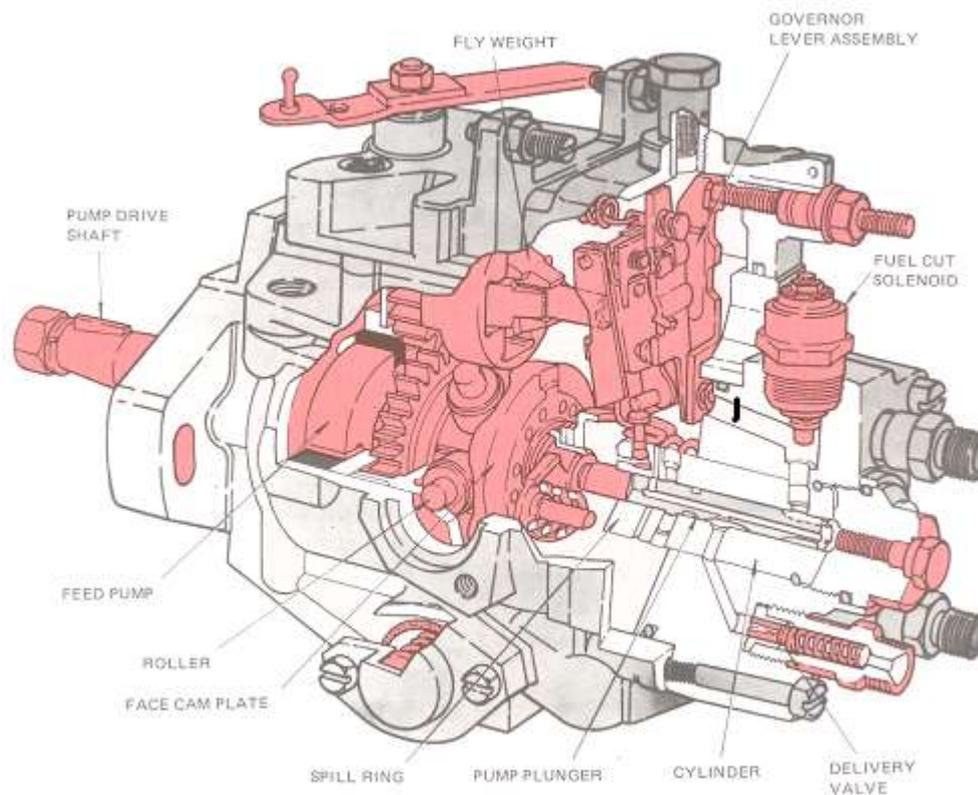
KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. *Automatic Timer* Pompa Injeksi Distributor

Bahan bakar yang diinjeksikan melalui *nozzle* diatur banyaknya oleh pompa injeksi dengan tekanan tinggi. Untuk fungsi tersebut, maka pompa injeksi harus mampu dengan akurat mengatur banyaknya bahan bakar sesuai dengan beban mesin, dalam waktu singkat, untuk periode waktu tertentu dan sesuai dengan setiap kondisi beban mesin. Pada jenis pompa injeksi ini menggunakan sebuah pompa plunyer untuk mensuplai bahan bakar ke semua silinder. Pompa injeksi distributor (tipe VE) mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Kecil, ringan dan mampu pada rpm tinggi.
- b. Pengantaran/ penekanan bahan bakar dengan cam permukaan dan plunyer tunggal
- c. Di dalam unit pompa terdapat governor.
- d. Terdapat juga pengatur saat penyemprotan yang dikontrol oleh tekanan bahan bakar, dan pompa penyalur/pengisian tipe rotari.
- e. Bahan bakar secara otomatis diputus ketika pengapian dimatikan.
- f. Pelumasan dengan sendirinya.



Gambar 1. Konstruksi pompa injeksi distributor VE

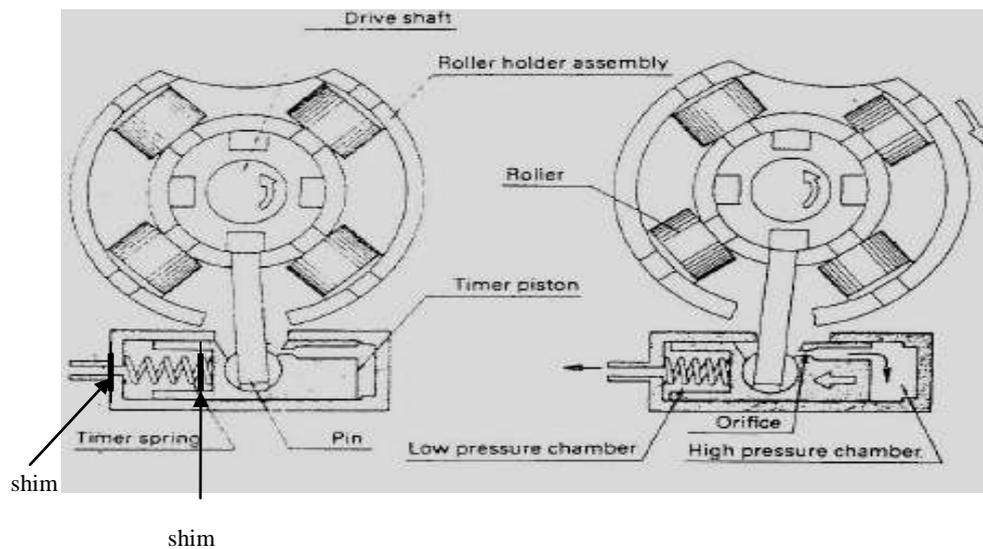
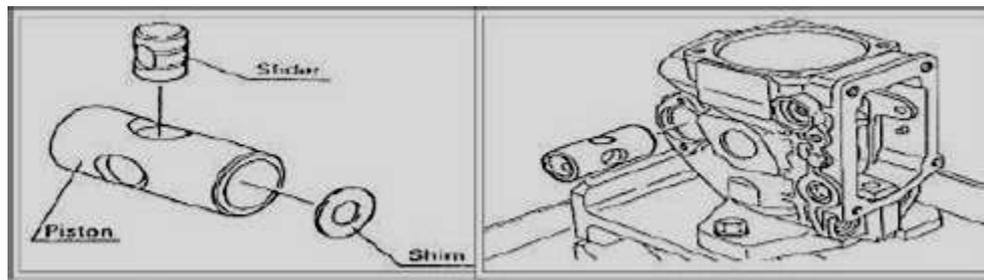
Teknologi Motor Diesel (Teknologi Motor Diesel 2008:100)

Pompa pengalir (*feed pump*), pelat nok (*cam plate*) dan plunyer (*plunger*) digerakkan oleh poros penggerak (*drive shaft*). Dua pegas plunyer (*plunger spring*) menekan plunyer untuk kembali pada posisi semula. Seperti diilustrasikan pelat nok mempunyai 4 nok (sesuai dengan banyaknya silinder mesin). Ketika pelat nok berputar permukaan nok menaiki rollers dan secara simultan menggerakkan plunyer, oleh karena itu dengan satu putaran pelat nok plunyer juga membuat satu putaran lengkap dengan 4 kali penyemprotan. Bahan bakar untuk satu silinder disemprotkan pada setiap $\frac{1}{4}$ putaran saat gerak bolak-balik plunyer.

Plunyer pompa mempunyai 4 alur hisap dan satu pintu/ saluran distribusi, ada 4 saluran distribusi dalam silinder. Ketika satu dari 4 alur hisap dalam plunyer bertemu dengan pintu/ lubang hisap, penghisapan berlangsung. Penekanan/ penginjeksian bahan bakar terjadi ketika pintu/ port distribusi plunyer bertemu dengan satu dari 4 saluran distribusi silinder dan bahan bakar diinjeksikan ke setiap silinder oleh injector.

Training Manual Diesel Engine Steep 2 (1972:41) menjelaskan “*automatic Timer* pada sistem bahan-bakar motor diesel adalah merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk memajukan saat penginjeksian bahan-bakar”. Lalu timbul pertanyaan mengapa saat penginjeksian bahan bakar harus dimajukan? Jawabnya adalah untuk menyeimbangkan putaran Engine seiring dengan bertambahnya putaran Engine tersebut, serta untuk mengoptimalkan pemakaian bahan-bakar.

Automatic Timer yang dibahas adalah *type* distributor. Training Manual Diesel Engine Steep 2 (1972:41) “Pada pompa injeksi tipe distributor *Automatic Timer* dioperasikan sesuai dengan tekanan bahan bakar yang digunakan”. Maksudnya adalah bekerjanya Komponen *Automatic Timer* yaitu berdasarkan tekanan bahan-bakar yang disupply oleh pompa bahan bakar (*Rotor Blade*), yaitu semakin bertambah putaran Engine maka bertambah pula putaran *Rotor Blade*, dan tentunya bertambah pula tekanan bahan bakar didalam pompa injeksi *housing*, yang mengakibatkan *Automatic Timer* bekerja.



Gambar 2. Bagian-bagian *Automatic Timer*

Nippondenso (1982:18)

1) Komponen dan bagian-bagian dari *Automatic Timer* tipe distributor adalah:

(a) *RollerRing*

Adalah merupakan komponen dari *automatic timer* yang berfungsi sebagai kedudukan dari *roller*, dan mencegah roler terlepas pada saat berputar.

(b) *Roller*

Adalah sejenis benda yang terbuat dari besi baja berbentuk bulat, yang berputar sesuai dengan berputarnya *shaft* dari *Injectionpump*, dimana *roller* tersebut berfungsi untuk memperlancar putaran, dan sebagai landasan Ungkit dari *Eccentric Disc*.

(c) *Slide Pin*

Berfungsi untuk meneruskan gerakan dari piston yang berada didalam *Automatic Timer* yang menekan Pegas pada saat tekanan bahan-bakar *Injection Pump Housing* turun atau naik.

(d) *Piston*

Berfungsi Menggerakkan *Slide Pin* kearah pemajuan atau kembali ketempat semula, yang bekerja berdasarkan tekanan bahan-bakar yang ada didalam *injection pump housing*.

(e) *Pegas (Spring)*

Berfungsi untuk mengembalikan tekanan dari piston berdasarkan tekanan dari bahan-bakar yang ada didalam *injection pump housing*.

2) Cara Kerja dari *Automatic Timer*

(a) Pada saat putaran Engine rendah

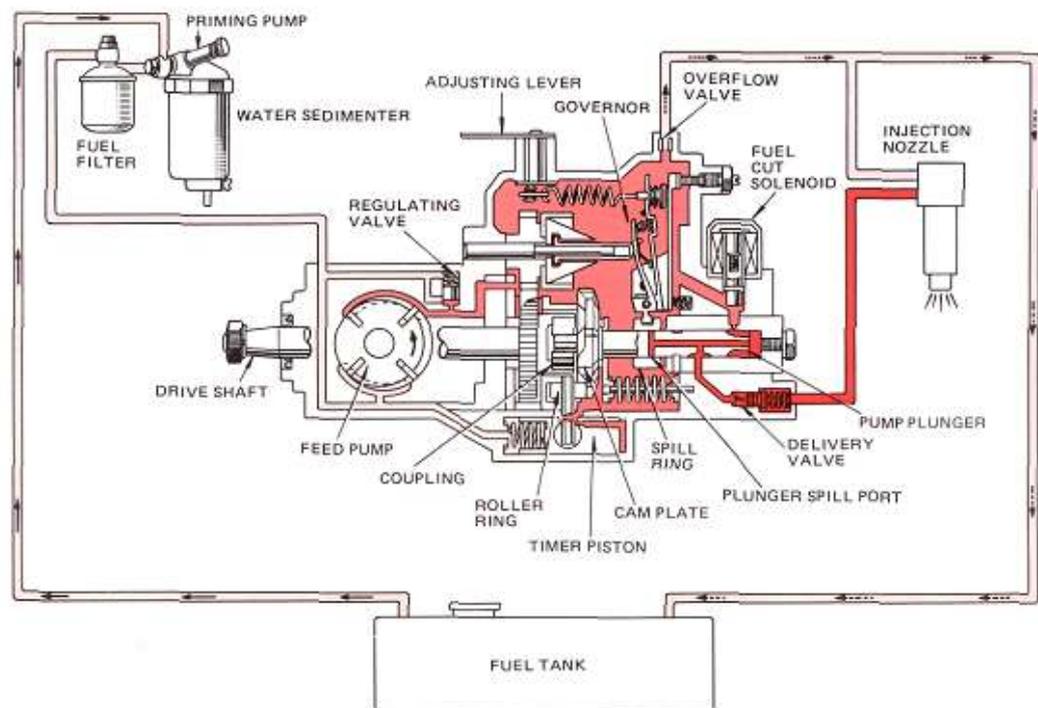
Apabila putaran *Engine* rendah maka tekanan bahan-bakar didalam *Injection housing* menjadi rendah. Hal ini disebabkan karena rotor *blade* berhubungan, dan digerakkan oleh putaran Engine, sehingga tekanan bahan-bakar didalam *InjectionHousing* belum

mampu melawan tekanan *Timer Spring*, akibatnya pemajuan saat injeksi belum mulai terlaksana.

(b) Pada Saat Putaran *Engine* Tinggi

Apabila putaran *Engine* tinggi, maka tekanan bahan-bakar didalam *Injection housing* menjadi tinggi. Hal ini disebabkan karena *rotor blade* berhubungan, dan digerakkan oleh putaran *engine* berputar lebih cepat, sehingga tekanan dan jumlah bahan-bakar didalam *Injection Housing* bertambah, sehingga piston akan bergerak menekan *timer spring*, akibatnya pemajuan saat injeksi terjadi.

2. Penginjeksian



Gambar 3. Aliran bahan bakar pada pompa injeksi distributor

Teknologi Motor Diesel (Teknologi Motor Diesel 2008:100)

Klaus (2010:3) mengemukakan bahwa “*time of injection of the fuel is sprayed injector and started in the compressed air temperature to near ignition cylinder*”. Dapat diartikan bahwa “saat penginjeksian adalah saat dimulainya bahan bakar mulai disemprotkan oleh injektor dan udara dimampatkan didalam silinder sampai mendekati temperatur pembakaran”. Sedangkan menurut Charles (1985:88) “*the time elapsed between the start of spray into the cylinder and the end flow the nozzle*”. Yang diartikan adalah saat penginjeksian adalah waktu yang telah berlalu antara awal bahan bakar disemprotkan dalam silinder dan akhirnya mengalir ke injektor.

Mitsubishi M-Step II (2008:7) menyatakan saat penginjeksian adalah saat bahan bakar mulai disemprotkan oleh injektor kedalam ruang bakar dan udara dimampatkan di dalam silinder sampai mendekati temperatur pembakaran untuk proses pembakaran pada awal *ignition delay* pada langkah kompresi”. Sejalan dengan itu Breitbach (2002) mengemukakan bahwa : “*Start of injection (SOI) or injection timing is the time at which injection of fuel into the combustion chamber begins. It is usually expressed in crank angle degrees (CAD) relative to TDC of the compression stroke*”.

Berdasarkan teori diatas saat penginjeksian adalah saat injeksi (SOI) atau *timing injeksi* adalah saat dimulainya injeksi bahan bakar ke ruang pembakaran. Hal ini biasanya dinyatakan dalam sudut poros engkol mendekati TMA bisa sebelum atau sesudah TMA dari langkah kompresi.

Edgar J Kates (1974:241) menyatakan “*proper timing, which means starting the fuel injection at the required moment in the fuel cycle, is essential in order to obtain the maximum power from the maximum power from the fuel-air mixture, and thus insure fuel economy and clean burning*”. Dari pernyataan di atas menyatakan bahwa “ saat penginjeksian adalah saat yang tepat untuk memulai injeksi bahan bakar pada saat awal *ignition delay* dalam proses pembakaran dimana saat penginjeksian yang tepat akan mendapatkan daya maksimum dan konsumsi bahan bakar yang ekonomis dan emisi gas buang yang bersih”. Berdasarkan teori di atas bahwa saat penginjeksian adalah saat bahan bakar mulai disemprotkan oleh injektor kedalam ruang bakar dan udara dimampatkan didalam silinder sampai mendekati temperatur *ignition* untuk proses pembakaran pada awal *ignition delay* pada langkah kompresi.

Wakhinuddin (2008: 117) “Proses pembakaran bahan bakar motor diesel tidak terlepas dari proses injeksi di ruang bakar, karena kedua peristiwa ini berada dalam satu siklus”. Khovak dalam Wakhinuddin (2009:117) menyatakan bahwa:

“Pada motor diesel *Sudut Engkol* adalah faktor penentu dalam proses injeksi dan pembakaran. Karena proses injeksi dan pembakaran motor diesel tidak terjadi sekaligus, tetapi berkesinambungan, yaitu dimulai injeksi dan berlanjut pembakaran. Kedua kejadian ini berada dalam rentang waktu $\pm 17^\circ$ engkol sebelum TMA (langkah Kompresi) hingga $\pm 15^\circ$ engkol sesudah TMA(Langkah usaha).”

Sejalan dengan itu Wiranto (1988:97) mengemukakan ”Untuk motor diesel dengan ruang terbuka saat penyemprotan yang optimum

berkisar di sekitar 18° sudut engkol sebelum TMA”. Didukung oleh Sukoco (2008:58) yang menyatakan bahwa “Pada motor diesel bahan bakar akan diinjeksikan pada akhir langkah kompresi yaitu sekitar 18° sebelum TMA. Sebelum TMA bahan bakar harus dapat bercampur dengan udara untuk memulai proses pembakaran”.

Saat penginjeksian pada motor diesel berbeda-beda berdasarkan jenis dari pompanya misalkan pompa tipe inline atau tipe independent saat penginjeksiannya dimulai beberapa derajat sebelum TMA biasanya relatif sesuai dengan spesifikasi *engine* itu dikarenakan pada pompa inline digunakan untuk mesin diesel bertenaga besar sehingga saat penginjeksian pada pompa ini biasanya terjadi sebelum 18° sebelum TMA, pompa inline mempunyai kelebihan yaitu tiap satu pompa melayani satu silinder, dengan ruang bakar langsung dan penyemprotan langsung (*direct injection*), sedangkan tipe pompa distributor saat penginjeksian beberapa derajat setelah TMA dan itu relatif sesuai dengan spesifikasi *engine* itu sendiri, dikarenakan pompa injeksi distributor banyak digunakan untuk mesin diesel bertenaga menengah dan kecil dengan ruang bakar tambahan, yaitu dengan satu pompa melayani semua silinder mengakibatkan saat penginjeksian terjadi setelah TMA, maka yang akan dibahas adalah tipe pompa distributor pada Mitsubishi L300 dengan saat penginjeksiannya dimulai dari 7° - 9° sesudah TMA (Titik Mati Atas) sehingga sesudah TMA bahan bakar harus dapat bercampur dengan udara untuk memulai proses pembakaran.

Untuk memperoleh proses pembakaran yang halus biasanya berlaku beberapa angka perbandingan antara kenaikan tekanan dan besarnya sudut engkol. Waktu penginjeksian diatur melalui ikatan baut antara body pompa injeksi dengan blok mesin caranya mirip dengan yang digunakan pada motor bensin, yaitu dengan mengatur posisi distributor.

Waktu penginjeksian yang lebih awal akan menyebabkan terjadinya detonasi yaitu tekanan yang meningkat sebelum waktunya. Kondisi ini disebabkan karena saat bahan bakar diinjeksikan temperatur udara hasil kompresi belum memenuhi syarat untuk membakar bahan bakar. Sehingga saat bahan bakar mulai terbakar sudah terjadi jumlah yang lebih banyak, hal ini menyebabkan tekanan di dalam silinder mendadak tinggi. Mengatur awal dan akhir injeksi atau bahan bakar diinjeksikan dalam periode waktu tertentu untuk mempersiapkan bahan bakar agar dapat terbakar dengan baik, dimana waktunya sangat singkat, yaitu di akhir langkah kompresi.

Sukoco (2008:69) menyatakan bahwa: “Detonasi merupakan fenomena meningkatnya tekanan secara mendadak di dalam silinder. Pada motor diesel tekanan mendadak akan terjadi saat terjadi pembakaran bahan bakar dalam jumlah yang banyak sekaligus”. Wakhinuddin (2009: 30) menyatakan bahwa:

“Detonasi dan *knocking* itu berbeda. Detonasi terjadi pada awal mekanisme ledakan penyalan sendiri, gelombang detonasi bergerak cepat ke ruang bakar kira-kira dua kali kecepatan suara dimana kompresi gas untuk tekanan dan temperatur beraksi dan bersatu. Sedangkan *knocking* adalah pukulan pada motor kompresi (diesel) yang terjadi secara teratur pada periode keterlambatan fisik.”

Sejalan dengan di dalam Toyota Step 2 (1972: 2-7) dijelaskan bahwa:

“Detonasi pada motor diesel diakibatkan oleh periode pembakaran tertunda (*ignition delay period*) terlalu lama, sehingga jumlah bahan bakar yang terbakar pada periode perambatan api terlalu banyak yang menimbulkan kenaikan tekanan berlebihan yang ditandai dengan adanya getaran dan suara pukulan pada dinding ruang bakar.”

Selanjutnya mengutip dari Toyota Step 2 (1972: 2-8) dijelaskan untuk mencegah terjadinya detonasi dapat dilakukan beberapa langkah, yaitu:

- a. Mencegah kenaikan tekanan berlebihan dengan cara memilih campuran yang dapat terbakar pada tekanan rendah.
- b. Memperpendek waktu pembakaran tertunda dengan menggunakan bahan bakar dengan angka *cetane* tinggi.
- c. Menaikkan temperatur dan tekanan udara pada saat bahan bakar diinjeksikan.
- d. Mengurangi jumlah bahan bakar saat permulaan injeksi.
- e. Meningkatkan temperatur ruang bakar.

Apabila bahan bakar diinjeksikan kedalam silinder sekaligus, maka akan terjadi detonasi, dan ini sangat tidak menguntungkan. Oleh karena itu proses penginjeksian secara periodik ini agar proses pembakaran dapat terjadi secara bertahap, namun tentunya tidak boleh melebihi batas yang ditentukan. Batas tersebut adalah terjadinya kecepatan ekspansi ruang oleh gerakan piston ke TMB. Bila ini terjadi, maka proses pembakaran tidak akan dapat menaikkan tekanan tersebut. Kondisi ini tentunya merupakan kerugian yang harus dihindarkan. Oleh karena itu, pada proses penginjeksian bahan bakar pada motor diesel dibatasi akhir injeksi.

Sedangkan *Ignition Delay* merupakan proses untuk mempersiapkan reaksi antara bahan bakar dengan udara. *Ignition delay* yang baik adalah

pendek, hingga tidak perlu terjadi penumpukan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder. Semakin panjang *ignition delay* maka akan semakin terasa terjadinya detonasi di dalam silinder. Beberapa faktor yang mempengaruhi *ignition delay* adalah kualitas bahan bakar (angka cetane), perbandingan kompresi, temperatur udara yang masuk, dan temperatur air pendingin.

Menurut Sukoco (2008:54) mengemukakan :

“*Ignition delay* menentukan kualitas yang terjadi pada saat pembakaran apakah lebih maju atau mundur atau mungkin justru tidak terjadi. Kualitas yang diharapkan adalah pendeknya jarak antara awal penginjeksian dan pembakaran dimulai sebab bila awal pembakaran semakin mundur maka peluang terjadinya detonasi semakin besar.”

Saat penginjeksian mempengaruhi *ignition delay* yang dapat mengakibatkan menurunnya performa motor diesel. Hari (2003: 1) menyatakan:

“Waktu injeksi yang terlalu dini akan menyebabkan tekanan maksimum pada silinder (P_{maks}) tinggi, emisi NO_x dan HC tinggi, dan efisiensi mesin menjadi lebih rendah jika dibandingkan dengan waktu injeksi yang lebih lambat. Sedangkan pada putaran tinggi baik mesin diesel berbahan bakar solar maupun yang berbahan bakar ganda sama-sama kurang bagus performanya, hal ini disebabkan *ignition delay* yang terlalu lama (diukur dalam derajat sudut engkol) mengakibatkan pembakaran baru dimulai saat piston sudah bergerak turun sehingga proses pembakaran tidak bisa terjadi dengan baik.”

Sejalan dengan Widjarnako (2004: 1) yang menyatakan “Perubahan saat injeksi mempengaruhi karakteristik atau unjuk kerja motor diesel berupa torsi dan daya”. Dari penjelasan dua sumber di atas, bahwa saat penginjeksian memiliki andil dalam menentukan performa motor diesel.

3. Opasitas Gas Buang Motor Diesel (Ketebalan Asap Gas Buang)

Tekad (2009:64) menjelaskan bahwa:

“Komponen-komponen gas buang yang membahayakan yang dihasilkan motor diesel antara lain adalah asap hitam, hidrokarbon yang tidak terbakar (UHC), karbon monoksida (CO), dan oksida nitrogen (NO dan NO₂) serta pertikulat yang mengandung timbal. NO dan NO₂ biasa dinyatakan dengan NO_x. Namun jika dibandingkan dengan motor bensin, gas buang motor diesel mengandung CO dan HC yang lebih sedikit, demikian juga kadar NO₂ yang dihasilkan sangat sedikit jika dibandingkan dengan NO. Jadi komponen utama gas buang mesin diesel yang membahayakan adalah NO dan asap hitam”.

Selain komponen-komponen di atas, beberapa hal yang juga merupakan bahaya atau gangguan meskipun bersifat sementara antara lain asap putih yang terdiri atas kabut bahan bakar atau minyak pelumas yang terbentuk pada waktu *start* dingin, asap biru yang terjadi karena adanya bahan bakar yang tidak terbakar dengan sempurna terutama pada periode pemanasan mesin atau pada beban rendah, serta bau yang kurang sedap. Disamping itu, pemakaian bahan bakar yang mengandung sulfur yang tinggi akan menyebabkan kandungan SO₂ di dalam gas buang.

Sukoco menyatakan (2009:160-162) “Gas buang kendaraan bermotor sebagai hasil pembakaran bahan bakar pada umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun N₂ (Nitrogen), CO₂ (Karbon dioksida) dan H₂O (uap air) sebagian kecil merupakan gas beracun seperti NO_x, HC, dan CO yang sekarang sangat populer dalam gas buang adalah gas beracun yang di keluarkan oleh suatu kendaraan”.

Srikandi (1992:95) dalam Tekad (2009:65) mengemukakan bahwa secara umum ada beberapa gas kandungan emisi motor diesel, yaitu:

a. Karbonmonoksida (CO)

Gas CO adalah suatu polutan yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang berwujud gas pada suhu di atas 195°C serta memiliki berat sebesar 96,5% dari berat air dan tidak larut di dalam air, terjadi karena pembakaran bahan bakar kurang sempurna. Karbon sebagai zat padat lebih sulit dibakar dibandingkan hidrogen dan sulphur. Dibutuhkan jumlah oksigen yang berlebih untuk dapat membakar karbon menjadi karbondioksida ($2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$).

Gas CO pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kematian pada manusia, tetapi pada konsentrasi yang relatif rendah (100 ppm atau kurang) juga dapat mengganggu kesehatan. Gas CO cenderung lebih mudah terikat dengan hemoglobin (Hb) darah dibanding oksigen, padahal secara normal hemoglobin membawa mengikat oksigen untuk didistribusikan ke seluruh tubuh. Akibatnya jika gas CO masuk ke dalam tubuh terlalu banyak, maka tubuh akan kekurangan oksigen.

b. Nitrogen oksida (NO_x)

Gas NO terjadi karena adanya reaksi antara N_2 dan O_2 pada temperatur tinggi. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut : ($\text{N} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$) menjadi ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$). NO merupakan gas yang berbahaya karena mengganggu saraf pusat. Disamping itu, dengan adanya O_2 , NO akan bereaksi membentuk NO_2 , Gas NO_2

mengeluarkan bau yang merangsang dan menyebabkan edema paru-paru dan bronchitis. Selanjutnya, udara yang mengandung NO akan menyebabkan terbentuknya kabut asap fotokimia (*Photochemical Smog*) yang merupakan masalah polusi udara yang serius terutama di kota-kota besar.

c. Sulfur oksida (SO₂)

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

d. Partikulat

Gas buang mesin diesel sebagian besar berupa partikulat dan berada pada dua fase yang berbeda, namun saling menyatu, yaitu fase padat, terdiri dari residua tau 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 micron. Partikulat yang berukuran kurang dari 10 mikron memberikan dampak terhadap visibilitas udara

karena partikulat tersebut akan memudahkan cahaya. Berdasarkan ukurannya, partikel dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. 0,01-10 μm disebut partikel *smog*/kabut/asap.
2. 10-50 μm disebut *dust*/debu.
3. 50-100 μm disebut *ash*/abu.

Permasalahan polusi yang disebabkan oleh motor diesel salah satunya adalah asap hitam yang terkandung pada gas buang.

Tekad (2009:64) Menjelaskan bahwa:

“Asap hitam pada gas buang motor diesel timbul akibat tidak sempurnanya pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar. Butiran bahan bakar yang diinjeksikan terlalu besar, sehingga mengakibatkan dekompresi yang memicu timbulnya karbon padat. Asap hitam membahayakan tidak hanya karena mengeruhkan udara sehingga mengganggu pandangan, tetapi juga karena ada kemungkinan mengandung karsinogen”.

Besarnya emisi motor diesel dalam bentuk opasitas (ketebalan asap) tergantung pada banyaknya bahan bakar yang disemprotkan atau dikabutkan ke dalam silinder, karena pada motor diesel yang dikompresikan adalah udara murni. Dengan kata lain semakin kaya campuran maka semakin besar konsentrasi Nox, CO dan asap. Sementara itu, semakin kurus campuran konsentrasi Nox, CO dan asap juga semakin kecil. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan asap gas buang pada motor diesel antara lain bentuk penyemprotan nosel injeksi tidak sempurna, Volume penyemprotan tidak sesuai dan tekanan kompresi rendah sehingga pencampuran udara dan bahan bakar tidak sempurna dan bahan bakar tidak seluruhnya terbakar sehingga menyebabkan asap hitam.

Berdasarkan keputusan menteri Negara lingkungan hidup nomor: KEP-05/MENLH/08/2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan motor diesel adalah 40% untuk kendaraan di atas tahun 2010 sedangkan 70% untuk kendaraan di bawah tahun 2010 pada kategori GVW kecil dari 3,5 ton. Kepekatan asap disebut opasitas, dan perlunya dilakukan pengujian dimaksudkan untuk mengukur kepekatan asap yang dihasilkan oleh pembakaran dalam mesin. Suhartanta & Zainal (2008:28) menjelaskan bahwa “Kepekatan asap adalah kemampuan asap untuk meredam cahaya, apabila cahaya tidak bisa menembus asap maka kepekatan asap tersebut dinyatakan 100%, apabila cahaya bisa melewati asap tanpa ada pengurangan intensitas cahaya maka kepekatan asap tersebut dinyatakan 0%”.

4. Pengaruh Ketebalan Washer Automatic Timer (Timer Adjusting Washer) pada Pompa Injeksi Tipe Distributor Terhadap Ketebalan Asap Gas Buang Motor Diesel

Karena selang waktu saat pembakaran pada mesin diesel akan bertambah besar bilakecepatan mesin bertambah, maka perlu adanya penyesuaian terhadap selang waktu tersebut dengan mengembangkan saat injeksi. Untuk mengatasinya, sebuah *timer* dipasang di bagian bawah pompa injeksi (pada *injection pump* tipe distributor). Sebuah *timerspring* dipasang di dalam ruang *timer* yang bertekanan rendah.

Tekanan pada ruang pompa melalui lobang piston akan bekerja pada sisi ruang yang bertekanan tinggi dari timer piston. “Untuk

membatasi pergerakan timer piston saat bertekanan tinggi yang dapat mengalahkan tekanan pada timer spring maka *timer adjusting washer* harus dipasang pada kedua sisi pegas *timer* dengan *hysteris* langkah *timer piston* lebih kecil dari pada 0,3 mm(nippondenso:32)”. Lubang timer piston tersebut bekerja untuk mencegah gerak yang tidak pasti pada tekanan bahan bakar yang berubah-ubah. Gerak dari timer piston akan mengakibatkan bergeraknya pin *roller holderassembly* kearah yang berlawanan dengan putaran pompa sehingga terjadilah pemajuan saat penginjeksian.

Tabel 3. Ketebalan *washer* pengatur *timer*

No. NIPPONDENSO	TEBAL(mm)
096217-0020	0,2
096217-0030	0,5
096217-0040	1,0

Nippondenso(1982:34)

Hal ini membuktikan bahwa *automatic timer* merupakan peralatan pengatur saat penginjeksian (nippondenso:19). Jadi seperti dikatakan di atas bahwa *hysteris* langkah *timer piston* lebih kecil dari pada 0,3 mm yang merupakan kestandarannya. Apabila *hysteris* langkah piston lebih sangat kecil atau lebih besar dari pada 0,3 mm, maka dinyatakan tidak standar lagi, hal ini akan berpengaruh pula pada saat penginjeksiannya dimana ketebalan asap yang dikeluarkannya juga akan berbeda.

Oleh karena itu, penulis tertarik dengan bahasan ini dengan memberikan perlakuan terhadap *automatic timer*-nya dengan cara menambah atau mengurangi ketebalam *washer* di setiap sisi pada *timer spring* dengan harapan dapat melihat perbedaan terjadi terhadap gas buangnya.

B. Penelitian yang Relevan

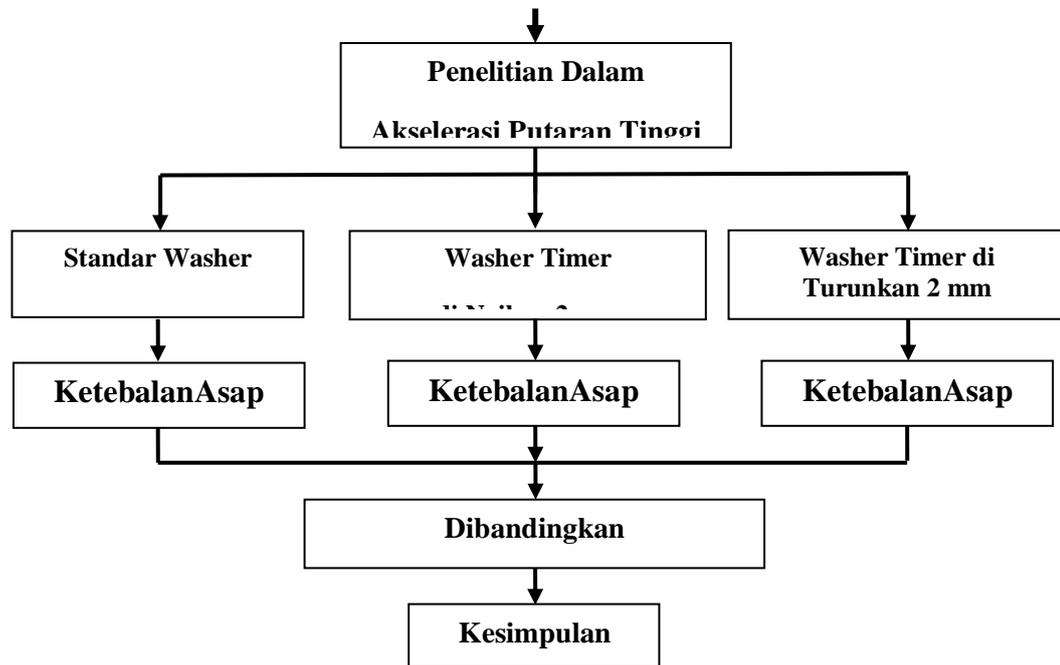
Penelitian yang relevan diambil untuk memperkuat teori-teori yang telah dikemukakan pada kajian teori dengan tidak menyamakan seluruh isi yang terkandung pada penelitian tersebut. Adapun penelitian yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Syahrul Amri tahun 2014 dengan penelitian yang berjudul “Pengaruh Pendingin Udara Masuk Sebelum *Intake Manifold* Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Ketebalan Asap Gas Buang Pada Motor Diesel Mitsubishi L-300” dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada perlakuan menurunkan temperatur terhadap konsumsi bahan bakar dan tingkat ketebalan gas buang motor diesel Mitsubishi L300.
2. Lenni Julia tahun 2014 dengan penelitian yang berjudul “Pengaruh Perubahan Saat Penginjeksian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel” dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa saat penginjeksian yang dimajukan lebih irit dibandingkan dengan yang standar tetapi pada

saat penginjeksian yang dimajukan akan menghasilkan detonasi, tenaga yang kecil dan kebisingan pada *engine*.

C. Kerangka Berfikir

Kerangka pikir pada dasarnya untuk menjelaskan secara teoritis pertautan antara variabel yang diteliti. Pada penelitian ini kerangka pikir berfungsi untuk memberi gambaran secara lebih jelas mengenai bagaimana dampak dari *treatment* atau perlakuan dengan merubah ketebalan *washer* pengatur *timer* (*timer adjusting washer*) yang dipasang pada kedua sisi pegas *timer* (*timer spring*) pompa injeksi tipe distributor ditinjau dari ketebalan asap gas buang pada motor diesel, yang mana ketebalan *washer* yang ada atau tersedia 0,2, 0,5 dan 1,0 mm. Sedangkan kesimpulan akhir yang hendak di cari adalah membuktikan berapa persen ketebalan asap pada penambahan dan pengurangan ketebalan *washer timer*-nya. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada kerangka pikir dibawah ini.



Gambar 4. Kerangka Pikir

D. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian dan kajian teori, hipotesis yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini adalah: Terdapat pengaruh ketebalan *Washer Automatic timer* terhadap ketebalan asap gas buang pada motor diesel Mitsubishi L-300.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Ketebalan asap dengan *washer* standar sebesar 25,85 %, ketebalan asap dengan ketebalan *washer* di tambah 2 mm sebesar 82,7 % dan ketebalan asap dengan ketebalan *washer* dikurangi 2 mm sebesar 22,4 %. Pada penambahan *washer timer* 2 mm mendapatkan hasil yang tidak signifikan terhadap ketebalan asap gas buang, sedangkan pada pengurangan 2 mm mendapatkan hasil yang signifikan terhadap ketebalan asap gas buang kendaraan. Berdasarkan peraturan menteri lingkungan hidup nomor : KEP-05/MENLH/08/2006 maka penggunaan *washer timer* yang di perbolehkan pada pengurangan *washer timer* 2 mm yaitu ketebalan asapnya sebesar 22,4 %.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, agar lebih sempurnanya penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Untuk peneliti yang lebih lanjut agar mengukur daya mesin yang dihasilkan pada saat penambahan dan pengurangan ketebalan *washer timer*, karna secara teori juga meningkatkan daya mesin.

2. Bagi pihak kampus Universitas Negeri Padang khususnya jurusan Teknik Otomotif, supaya lebih melengkapi fasilitas pendukung yang ada agar bisa meringankan dan mempermudah mahasiswa dalam melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2013. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 2000-2013*.<http://www.bps.go.id>.
(Diakses Tanggal 13 Agustus 2015).
- BPPOM.Tanpa tahun.*Keracunan karbonmonoksida*.<http://ik.pom.go.id>. (Diakses tanggal 20 Agustus 2014).
- Daryanto.(1997). *Teknik Otomotif*. Jakarta: PT Bina Aksara.
- D.J. Bastmeijer (1981).*Motor Diesel Untuk Mobil Jilid III*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Harsanto.(1981). *Motor Bakar*. Jakarta: Djambatan.
- Kementrian lingkungan hidup.(2006). *Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor*.
(Diakses 20 Desember 2015)
- Lipson, Carles & Sheth, Narendra.J. (1973).*Statistical Design And Analysis Of Engineering Experiments*. Tokyo Japan : McGraw – Hill Kogakhusa, Ltd.
- Nippondenso. (1982). *Pompa Injeksi Distributor (VE)*. Jakarta: P.T. Indoparts Utama.
- Sudijono Anas. (2006). *Pengantar Statistika Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Press.
- Sugiyono. (2010).*Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukoco & Zainal Arifin.(2008). *Teknologi Motor Diesel*. Bandung: Alfabeta.
- Suharsimi Arikunto. (2000). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suhartanta & Zainal Arifin.(2008). *Pemanfaatan Minyak Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Diesel*.Jurnal Penelitian Saintek (Vol. 13 no.1) Hlm. 19-46
- Tekad Sitepu. (2009). *Kajian Eksperimental Pengaruh Bahan Aditif Octane Booster Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel*.Jurnal dinamis (Vol.1 No.5).Hlm.64-72.