

# PENGARUH PERBEDAAN VARIASI TEKANAN INJEKTOR TERHADAP KETEBALAN ASAP (OPASITAS) PADA MOTOR DIESEL L 300

Ichsan Nasution<sup>1</sup>, Martias<sup>2</sup>, Donny Fernandez<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Otomotif FT UNP  
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar 25131 INDONESIA  
ichsannst92@gmail.com

**Intisari** --- Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental mencoba meneliti ada atau tidaknya hubungan sebab akibat yaitu membandingkan suatu atau lebih kelompok eksperimental, dimana tujuannya untuk mengetahui seberapa besar perbandingan ketebalan asap dari beberapa variasi tekanan 100 kg/cm<sup>2</sup>, 110 kg/cm<sup>2</sup> dan 120 kg/cm<sup>2</sup>. Objek penelitian ini mengunakan mobil Mitsubishi L300 tahun 2013. Data hasil penelitian ini diolah menggunakan rumus uji T.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa, tingkat tertinggi setelah diambil rata-rata dari setiap putaran mesinnya adalah terletak pada tekanan injektor yang tingkat ketebalan asap saat menggunakan tekanan standar 110 kg/cm<sup>2</sup> jika dibandingkan dengan tekanan 120 kg/cm<sup>2</sup> peningkatan opasitas asap terlihat pada posisi rpm 800 yaitu sebesar 6,33 % dan pada posisi rpm 1400 yaitu 19,6 %. Pada posisi 2000 yaitu 31,6% . Jika dibandingkan dengan penggunaan tekanan injektor 100 kg/cm<sup>2</sup> peningkatan opasitas jika kita lihat pada putaran 800 rpm yaitu 10,33 %, sedangkan jika lihat pada saat putaran 1400 rpm menjadi meningkat 22,6 % dan pada saat putaran 2000 rpm opasitas semakin tinggi yaitu sekitar 39,33%.

Kata kunci --- injektor , opasitas.

*Abstract --- The method is applicable in the experimental method to examine whether or not the cause and effect there are experimental compare one or more of the where it is aimed to know how much the smoke thickness of several hundred pounds / cm<sup>2</sup> variations pressure, 110 pounds / cm<sup>2</sup> and 120 cm<sup>2</sup> / kg. An object of this research use Mitsubishi L300 car 2013. The research is processed using formulas test T.*

*Of the results obtained by it, having taken the highest level of each round was the answer lies in the smoke thickness injector the level of 110 pounds when using the standard / cm<sup>2</sup> compared with the 120 pounds / cm<sup>2</sup> opacity of smoke seen in the increasing rpm by 6.33 percent and 800 are in positions rpm 1400 the 19.6 %.In the 2000 is 31,6 %.Compared to use pressure injector 100 pounds / cm<sup>2</sup> opacity of increase if we look at the 800 %, namely 10,33 rpm but if you look at the 1400 rpm be increased 22,6% during the 2000 rpm opacity of higher namely by around 39,33 %*

**Keywords** --- *injectors, opacity*

## 1. Pendahuluan

Indonesia saat ini adalah negara yang sedang berkembang, tidak hanya dari segi ekonomi dan sosial akan tetapi dari segi teknologi dan kesejahteraan masyarakat. Dengan meningkatnya jumlah masyarakat terjadi pula peningkatan sarana transportasi

mobilisasi masyarakat dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Perkembangan otomotif sebagai alat transportasi, baik di darat maupun di laut sangat memudahkan manusia dalam melaksanakan suatu pekerjaan. Hal 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 terhadap lingkungan dan semakin meningkatnya penggunaan bahan bakar.

Hal itu juga terjadi pada pencemaran udara, Pencemaran udara saat ini meningkat dengan sangat pesat seiring dengan perkembangan industri dan perkembangan teknologi. Tanpa kita sadar perkembangan terkini, banyaknya perkembangan teknologi dan industri justru malah merusak lingkungan, disamping juga memberikan manfaat pada makhluk hidup. Beberapa hasil perkembangan teknologi yang mencemari lingkungan seperti udara, keluarnya asap dari cerobong pabrik, asap kendaraan bermotor, serta pembakaran hutan dan sampah.

Banyak faktor yang menyebabkan pencemaran udara terjadi salah satu yang menyebabkan pencemaran udara adalah kendaraan bermotor, sebagai salah satu sarana transportasi manusia. Menurut Wisnu (2004: 28) dalam bukunya: "Sebagian besar polusi udara disebabkan oleh kegiatan transportasi dan industri. Serta meningkatnya kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar minyak yang menyebabkan udara yang kita hirup disekitar kita menjadi tercemar oleh gas-gas buang hasil pembakaran".

Menurut Srikandi (1999 : 93) menyatakan: "Sumber pencemaran lingkungan yang paling utama adalah berasal dari transportasi, dimana hampir sekitar 60 % dari polutan yang dihasilkan dari pembakaran. Komponen-komponen gas buang yang membahayakan itu antara lain adalah asap hitam, hidro karbon yang tidak terbakar Unburned hydro carbon (UHC), Karbon monoksida (CO), Oksida nitrogen (NO) dan NO<sub>2</sub>. NO dan NO<sub>2</sub> biasa dinyatakan dengan NO<sub>x</sub>.

Pada kendaraan Mitsubishi L300 ini emisi gas buang cukup mendominasi dalam pencemaran udara, ada banyak hal yang menyebabkan ketebalan asap (opasitas) pada Mitsubishi L300 meningkat, salah satunya

penyebabnya 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), adanya penambahan adjusting washer dan injection timing tidak tepat (ada sekitar 7% dari seluruh gas buang).

Pada penelitian ini emisi gas buang yang diteliti adalah jumlah ketebalan asap (opasitas), karena pada engine diesel emisi gas buang sangat mendominasi dalam pencemaran lingkungan, khususnya emisi sisa pembakaran. Menurut Ahmad (2009:28). "Salah satu yang mempengaruhi bagusnya emisi gas buang yang dikeluarkan pada engine diesel adalah tekanan penginjeksian injektor.

Sejalan dengan itu Nokoela dan Soichi (1985:26) mengemukakan:

"kelambatan penyalaan yang pendek adalah baik karena bahan bakar yang diinjeksikan selama waktu itu segera terbakar begitu terjadi penyalaan yang cepat sehingga terjadi kenaikan tekanan, kelambatan yang panjang menimbulkan getaran keras sewaktu terjadi letupan, bila penyalaan yang terjadi setelah bahan bakar selesai diinjeksikan tekanan sangat besar dan getaran menghasilkan gelombang dan terjadinya knocking".

Banyak kenyataannya di lapangan para konsumen mobil tidak terlalu peduli terhadap emisi kendaraan mereka. Sebab para pemilik kendaraan hanya menginginkan tenaga yang bagus untuk kendaraan mereka tanpa memikirkan dampak penggunaan mesin yang jarang di service.

Hal ini sudah tentu berpengaruh pada proses pengabutan, tekanan penginjeksian serta bentuk penyemprotan injektor ke dalam silinder yang mengakibatkan output mesin berubah. Salah satunya emisi gas buang. Setelah pemakaian kendaraan yang cukup lama, 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 kebutuhan. Salah satu penyebab bentuk penyemprotan tidak sesuai, karena tersumbatnya lubang nozzle. Bentuk penyemprotan injektor yang tidak baik ketika injektor menetes dan tidak dapat menginjeksikan lagi, sebab jarang di service atau melemahnya pressure spring (pegas). Kejadian ini akan menyebabkan tidak sempurnanya pembakaran yang dapat meningkatnya asap dan output mesin berkurang.

Berdasarkan uraian diatas maka diperlukan suatu penelitian untuk melihat seberapa besar pengaruh perbedaan variasi tekanan Injektor terhadap ketebalan asap (opasitas) motor diesel Mitsubishi L 300.

## **2. Kajian teoritis**

### **2.1 Saat Penginjeksian**

Pada motor pembakaran sendiri, yang dikompresikan adalah udara hal ini menaikkan temperatur tinggi pada langkah kompresi. Pada motor bakar kompresi, campuran bahan bakar udara spontan yaitu bahan bakaran tanpa adanya percikan api khusus. Syarat yang harus dipenuhi diantaranya bahan bakar harus bentuk kabut/partikel, tekanan tinggi dan campurannya harus homogen.

Bahan bakar yang disemprotkan keruang silinder bertekanan 100 kg/cm<sup>2</sup> sampai 200 kg/cm<sup>2</sup>. Tekanan yang demikian berfungsi untuk menembus tekanan kompresi yang tinggi Arismunandar (1978:15).

Wakhinuddin (2009: 25) menyatakan “Pada keterlambatan fisikal ada urutan empat tahap. Pertama, penyemprotan bahan bakar oleh nozel injector, kedua pencampuran cairan bahan bakar dengan udara, ketiga penguapan bahan bakar dan keempat pencampuran uap bahan bakar dengan udara. Pada keterlambatan kimia ada dua tahap, yaitu awal pembakaran oksidasi bahan bakar dan penyalaan lokal”.

Menurut Wiranto (1988) “Proses pembakaran adalah suatu reaksi kimia cepat antara bahan bakar dengan oksigen dari udara. Proses pembakaran ini tidak dapat terjadi sekaligus, tetapi memerlukan waktu dan terjadi dalam beberapa tahap. Di samping itu,

penyemprotan bahan bakar juga tidak dapat dilaksanakan sekaligus, tetapi berlangsung antara 30-40 derajat poros engkol”.

Menurut William (1978:282) menyatakan bahwa :

*“Liquid fuel is converted to vapor form before it will start to burn. Compression of the air charge in the cylinder provides heat for vaporizing, but heat alone is not enough if the fuel is to be completely vaporized and burned in the space of a few hundredths of a second, or in a high speed engine even a few thousandths of a second.*

*Vaporization can take place only from the surface of the liquid fuel. Consequently, to obtain the extremely rapid vaporization required, the liquid fuel.”*

Berdasarkan kutipan diatas dapat diartikan proses pembakaran adalah Bahan bakar cair dikonversi menjadi uap bentuk sebelum akan mulai membakar. Kompresi udara dalam silinder menyediakan panas untuk menguap, tapi panasnya saja tidak cukup jika bahan bakar untuk benar-benar akan menguap dan dibakar dalam waktu 100 detik, atau dalam sebuah mesin kecepatan tinggi bahkan 1000 detik

### **2.2 Emisi Gas Buang**

Emisi gas buang motor diesel adalah salah satu bentuk polusi lingkungan yang menggunakan bahan bakar solar jadi mengeluarkan banyak kandungan emisi gas buang.

Menurut Tekad Sitepu (2009:64) menyatakan :

“Polusi udara yang dihasilkan oleh gas buang motor bakar diesel merupakan gangguan yang membahayakan terhadap lingkungan. Komponen-komponen gas buang yang membahayakan itu antara lain adalah asap hitam, hidrokarbon yang tidak terbakar (UHC), karbon monoksida (CO), dan oksida nitrogen (NO dan NO<sub>2</sub>). Hal yang disebut terakhir, NO dan NO<sub>2</sub> biasa dinyatakan dengan NO<sub>x</sub>. Namun jika dibandingkan dengan motor bensin, gas buang motor diesel mengandung CO dan UHC yang lebih sedikit demikian juga kadar NO<sub>2</sub> yang dihasilkan sangat sedikit jika dibandingkan dengan NO. Jadi komponen utama gas buang mesin diesel yang membahayakan adalah NO dan asap hitam”.

### **2.3 Opasitas (Ketebalan Asap)**

Opasitas adalah tingkat ketidak tembusan cahaya yang dihasilkan dari gas buang proses pembakaran pada emisi sumber tidak bergerak.

Kepekatan asap disebut dengan opasitas, perlunya dilakukan pengujian yang dimaksudkan untuk mengukur kepekatan asap yang dihasilkan oleh pembakaran dalam mesin.

Sementara itu menurut Ilyas Rochani (2009: 126) menyatakan bahwa:

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

Ketebalan asap biasanya dihasilkan dari hasil pembakaran kendaraan yang biasa menyebabkan pencemaran pada udara, bahkan bisa menyebabkan mengganggu pandangan apabila hendak berkendara. Ada banyak kemungkinan yang terjadi apabila tidak diperhatikan karena adanya kandungan yang berbahaya didalam asap yang dikeluarkan hasil pembakaran.

Dari pendapat diatas maka dapat disimpulkan bahwa kepekatan asap adalah kemampuan asap untuk meredam cahaya dan opasitas atau kepekatan asap merupakan baiknya pembakaran yang terjadi pada kendaraan diesel.

### 2.3 Hubungan Perbandingan Kompresi

Variabel yang mempengaruhi proses pembakaran salah satu diantaranya adalah perbandingan kompresi, hal ini dijelaskan oleh Menurut Wiranto (1979: 15) menyatakan “kelambatan penyalaan tergantung pada tekanan, temperatur, pusran udara dan bahan bakar yang digunakan. Sehingga ketika pemasukan tidak sempurna maka bisa menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna, apabila pembakaran tidak sempurna terjadi maka efek yang akan dihasilkan berpengaruh kepada emisi yang dihasilkan.

Perbandingan campuran udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran sempurna harus terjadi, karena apabila tidak terjadi maka itulah yang dapat menyebabkan asap tersebut buruk.

Minyak bakar disemprotkan ke dalam silinder berbentuk butir-butir cairan yang halus. Didalam silinder pada saat tersebut sudah bertemperatur dan bertekanan tinggi maka butir-butir tersebut akan menguap

## 3. Metode penelitian

### 3.1 Desain Penelitian

Penelitian eksperimen ini dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya akibat dari treatment (perlakuan) yang dilakukan pada objek penelitian. Penelitian eksperimental mencoba meneliti ada atau tidaknya hubungan sebab akibat yaitu membandingkan suatu atau lebih kelompok eksperimen yang diberi perlakuan dengan kelompok pembanding yang tidak menerima perlakuan. Menurut Riduan (2012 : 50) “Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang berusaha mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain dalam kondisi terkontrol secara ketat”. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan model quasi experiment design bentuk one shot case study.

Menurut Sugiyono, (2013:72)” Penelitian eksperimen sering digunakan untuk mencari pengaruh antar variabel yang ada dalam kondisi terkendalikan serta untuk pengujian hipotesis. Penelitian eksperimen terbagi menjadi empat bentuk metode yaitu pre experimental, true experimental, factorial, dan terakhir quasi experimental.

### 3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu unit mobil Diesel Mitsubishi L 300 Diesel. Dalam hal ini data yang akan diambil yaitu perbedaan antara opasitas dengan melakukan pengurangan dan penambahan (shim) adjusting washer pada Mitsubishi L300 diesel dari spesifikasi. Adapun spesifikasi dari kendaraan yang digunakan tersebut adalah pada Tabel 3 sebagai berikut.

**Tabel 1. Spesifikasi Mesin**

<b>Spesifikasi Kendaraan</b>	<b>L 300 Diesel</b>
Model	4D56 – 4 Cylinder Inline
Jumlah silinder	4
Isi silinder	2.477 cc
Torsi Maksimum	13,6 / 2500 Kg-m/rpm
Diameter x Langkah	91,1 x 95,0 mm
Radius putar	4,4 m

minimum	
Tipe Bahan Bakar	Solar
Kapasitas Tangki	47 Liter
Tekanan Injektor	110 kg/cm
Berat kosong	1.165 kg

Sumber: spesifikasi.mitsubishi L300

### 3.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam pelaksanaan eksperimen ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran opasitas (ketebalan asap), injektor dengan tekanan yang sesuai dengan spesifikasi pada mesin Mitsubishi L 300 diesel dengan 3 kali pengujian.

3.3.2 Kemudian tekanan injektor dinaikan dari spesifikasi (120 kg/cm<sup>2</sup>) kemudian diuji Opasitas (ketebalan asap) yang dihasilkan dengan pengujian sebanyak 3 kali.

3.3.4 Lalu langkah selanjutnya Tekanan injektor dikurangi dari spesifikasi (100 kg/cm<sup>2</sup>) kemudian diuji jumlah opasitas yang dihasilkan perlakuan pengujian dilakukan sebanyak yang sama 3 kali.

### 3.4 Teknik Analisis Data

Untuk melihat perbedaan yang dihasilkan antara mesin yang menggunakan injektor yang sesuai dengan spesifikasi dengan mesin yang menggunakan injektor yang tidak sesuai dengan spesifikasi, digunakan uji t (t test). T tes digunakan untuk uji beda dengan jumlah sampel kecil.

Adapun rumus yang digunakan adalah (Lipson, 1973:138):

$$t = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Keterangan:

t = harga t-hitung

$\bar{y}_1$  = rata-rata dari data pertama

$\bar{y}_2$  = rata-rata dari data kedua

S1 = standar deviasi data pengujian pertama

S2 = standar deviasi data pengujian kedua

n1 = jumlah pengambilan data pertama

n2 = jumlah pengambilan data kedua

$\mu_1 - \mu_2$  = perbedaan rata-rata y1 dan y2 yang mana bernilai 0.

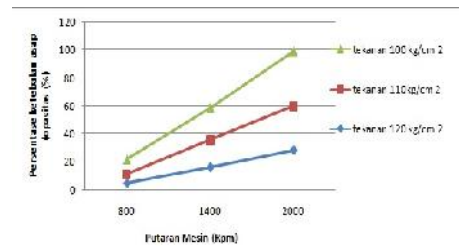
Setelah nilai dari t-hitung didapatkan, kemudian dibandingkan dengan nilai t-tabel, maka digunakanlah degree of freedom: df = n1

+ n2 - 2 dengan taraf signifikansi = 0.05. Jika nilai t-hitung lebih besar dari t-tabel maka hipotesis pada penelitian ini diterima.

## 4. Hasil dan pembahasan

### 4.1 Tingkat ketebalan asap

Adapun hasil dari penelitian yang telah dilakukan, tingkat ketebalan asap dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 1. Grafik ketebalan asap

Berdasarkan grafik diatas bahwa grafik yang berwarna hijau menunjukan tingkat ketebalan asap saat menggunakan tekanan standar 110 kg/cm<sup>2</sup> jika dibandingkan dengan tekanan peningkatan opasitas asap terlihat pada poasisi rpm 800 yaitu sebesar 6,33 % dan pada posisi rpm 1400 yaitu 19,6 % dan pada posisi 2000 yaitu 31,6% jika dibandingkan dengan penggunaan tekanan injektor 100 kg/cm<sup>2</sup> peningkatan opasitas jika kita lihat pada putaran 800 rpm yaitu 10,33 % sedangkan jika lihat pada saat putaran 1400 rpm menjadi meningkat 22,6 % dan pada saat putaran 2000 rpm opasitas semakin tinggi yaitu sekitar 39,33%.

Pada grafik berwarna hijau jika dibandingkan dengan tekanan standar terlihat penurunan yang signifikan yang awalnya pada saat putaran 800 rpm ketebalan asap yang dihasilkan sekitar 6,33 % kemudian pada saat putaran 2000 rpm menghasilkan ketebalan asap 31,6% jika dibandingkan dengan tekanan injektor yang telah di variasikan tekanannya dinaikan ketebalkan asap yang dihasilkan berkurang yang dari yang sebelumnya, menjadi 120 kg/cm<sup>2</sup> 800 rpm ketebalan asap yang dihasilkan sekitar 5 % kemudian pada saat putaran 2000 rpm menghasilkan ketebalan asap 28,3%.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di Dishub Kominfo kota Padang dengan objek penelitian opasitas (ketebalan asap) pada mesin diesel mobil Mitsubishi L300, telah didapatkan beberapa data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Dari data-data yang telah diolah maka dapat ditarik kesimpulan yaitu: (1) Rata-rata ketebalan asap (opasitas) yang dihasilkan motor diesel Mitsubishi L300 pada tekanan standar 110 kg/cm<sup>2</sup> adalah 19,17 %. (2) Ketika tekanan injektor dinaikan dari tekanan standar 110 kg/cm<sup>2</sup> ketekanan 120 kg/cm<sup>2</sup> maka angka opasitas adalah 16,53 % dan ketika tekanan injektor diturunkan sebesar 100 kg/cm<sup>2</sup> maka angka opasitas yang dihasilkan adalah 72,26 %. (3) Hasil penghitungan data menggunakan uji t menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan tekanan yang divariasikan terhadap tingkat ketebalan gas buang motor diesel Mitsubishi L300. Hasil t hitung 1 9,55 lebih besar dari t tabel 2,92, hal ini menunjukkan hipotesis yang diajukan diterima pada taraf signifikansi 5%. Dan Hasil t hitung 2 3,76 lebih besar dari t tabel 2,92, hal ini menunjukkan hipotesis yang diajukan diterima pada taraf signifikansi 5%

### 5.2 Saran

Berdasarkan simpulan diatas, maka dapat direkomendasikan (1) Bagi masyarakat khususnya para pemilik kendaraan bermotor diesel sebaiknya agar lebih memperhatikan perawatan kendaraan, apalagi banyak dampak yang dihasilkan apabila kita memperhatikan kendaraan. (2) Bagi Pemerintah, sesuai dengan Peraturan kementerian Lingkungan Hidup No 05 tahun 2006 tentang ambang batas Emisi Gas Buang supaya lebih intensif dalam mengkampanyekan wajib cek kendaraan di Dishub (dinas perhubungan) kota-kota anda, guna mengurangi polusi udara penyebab kendaraan. (3) Bagi peneliti selanjutnya supaya bisa melakukan penelitian yang lebih mendalam, misalkan mengenai kualitas bahan bakar dan performa motor diesel.

## DAFTAR PUSTAKA

Alexa (2013). Tentang Mesin Diesel Injektor (nozzle).htm. <http://www.> Tentang

Mesin Diesel Injektor (nozzle). (diakses 20 mei 2014)

Badan pengelola lingkungan hidup. <http://www.bplhdjabar.go.id/> (diakses 17/juni /2014)

James D.Halderman- chase D. Mitchell, Jr (2005). *Automotive Engines: Theory And Servicing*, fifth edition: Upper Saddle River, New Jersey Columbus, Ohio

H.N. Gupta (2006). *Fundamentals of Internal Combustion Engines*. PHI Learning. pp. 169–173. isbn 81-203-2854-x. (diakses 14 juli 2014)

Srikandi Fardiaz (2003). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: percetakan Kanisius Yogyakarta

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 05 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama.

Srikandi Fardiaz (2003). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: percetakan Kanisius Yogyakarta

Stepu (2009). Kajian Eksperimental pengaruh bahan aditif octane booster terhadap emisi gas buang pada mesin diesel. *Jurnal vol 1 no. 5. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara*

Taufan (2009) *Detonasi/knocking* <http://www.rider-system.net/2009/10/detonasi-pada-motor-diesel.html> (diakses 14 juli 2014)

V Ganesan (2004) *Internal combustion engines*. Second edition. Mc graw hill: Singapore

Wakhinuddin (2008) *Motor Diesel*. Padang: UNP PRESS

William E.Luck- Edgar J. Kates (1978) *EDITION REVISED DIESEL AND HING COMPRESSION GAS ENGINES: americcan technical society-chicago*

Wiranto arismunandar (1979) *Motor Diesel Putaran Tinggi* Jakarta: PT. Pradnya paramita

Wisnu Arya Wardhana. (2004). *Dampak pencemaran lingkungan*. Yogyakarta: CV. Andi Offset

Stones, Richard,. And Ball, Jeffrey K. (2004). *Automotive Engineering Fundamental*. USA: SAE Permissions.