

METODE PENGUKURAN BLOW-BY MENGGUNAKAN U-TUBE AIR BERBASIS PERSAMAAN BERNOULLI TERHADAP DIESEL ENGINE BULDOZER

Rusuminto Syahyuniar dan Yuliana Ningsih

Staf Pengajar Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut

Email: rusumintosyahyuniar@yahoo.com
yulia585@gmail.com

Naskah diterima: 23 Juni 2017 ; Naskah disetujui: 28 Juni 2017

ABSTRAK

Pada motor diesel proses pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar disebabkan oleh adanya salah satu proses 4 langkah yaitu kompresi udara yang dilakukan oleh dorongan piston dari titik mati bawah ke titik mati atas dengan menekan udara didalam ruang bakar sampai dengan volume tertentu yang mengakibatkan naiknya temperatur dan tekanan didalam ruang bakar, pada saat langkah akhir kompresi udara didalam ruang bakar mengalami kenaikan temperatur berkisar antara 450 sampai 500 derajat Celcius dan naiknya tekanan menjadi 30 Kg/Cm³, kemudian bahan bakar diesel disemprotkan kedalam ruang bakar yang mengakibatkan terjadinya rambatan api yang begitu cepat yang dimulai dari dinding silinder atau, dari hasil pembakaran inilah yang digunakan untuk mendorong kembali piston dari titik mati atas ke titik mati bawah dan proses tersebut terjadi secara berulang ulang berdasarkan prinsip 4 tak, Prestasi suatu engine terutama mesin diesel itu tidak lepas dari kemampuannya melakukan proses kompresi secara baik, proses ini diharapkan karena prinsip kerja dari motor diesel yaitu memanfaatkan naiknya temperatur udara yang tinggi didalam ruang bakar untuk membakar bahan bakar, dalam proses kegiatan preventive maintenance salah satu unsur yang terpenting adalah memeriksa tekanan kompresi engine dengan cara mengetahui seberapa besar tingkat kebocoran kompresi, keakuratan hasil pengukuran menjadi faktor yang sangat penting untuk menghasilkan data yang tepat untuk digunakan sebagai dasar dalam menganalisa dimana kerusakan yang terjadi.

Keyword : Motor Diesel, Pembakaran, Ruang Bakar, Engine, U-Tube Manometer.

PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang dapat membuat proses pembakaran didalam ruang bakar dan membuat mesin menjadi menyala atau hidup adalah adanya kompresi atau tekanan udara yang dimampatkan didalam ruang bakar. Tanpa adanya kompresi dapat menyebabkan pembakaran didalam ruang mesin tidak akan terjadi hal ini diakibatkan adanya kebocoran pada sistem kompresi itu sendiri di dalam ruang bakar. Setidaknya ada 5 hal yang bisa membuat kompresi mesin bocor yang diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Terjadinya konsentrasi kerak di klep

Perawatan mesin yang kurang baik dan tidak tepatnya dalam penggunaan bahan bakar menyebabkan timbulnya kerak yang menumpuk didalam ruang bakar, terutama pada bagian kepala piston dan di bagian pinggir klep intake dan juga *exhaust*. Kerak yang menempel pada bagian klep ini membuat klep tidak bisa tertutup dengan sempurna sehingga saat mesin dinyalakan, terjadi kebocoran kompresi udara didalam ruang bakar dan kompresi mesin menjadi lemah.

Lemahnya kompresi ini dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pembakaran pada ruang bakar. Jika masalahnya hanya karena tumpukan kerak yang menempel pada bagian bibir klep / *valve*, maka untuk mengatasi kebocoran kompresi mesin ini adalah dengan cara melakukan pembersihan kerak dan menskur ulang klep / *valve* agar presisi kembali dengan dudukannya.

b. Adanya klep yang cacat / rusak

Akibat banyaknya kerak yang menempel dibagian margin klep baik *intake* maupun *exhaust* menyebabkan klep tadi menjadi rapuh dan bisa rusak atau rompal sehingga terlihat lubang yang menganga. Dan karena adanya lubang yang menganga inilah kompresi mesin menjadi lemah bahkan hilang. Klep yang rompal atau cacat parah tidak bisa diperbaiki, dan satu satunya jalan ialah dengan mengganti klep yang rusak tadi dengan yang baru.

c. Kerusakan *ring piston* dan ring oli *piston*

Didalam ruang bakar terjadi kevakuman, Untuk membuat ruang kedap udara, piston dilengkapi dengan beberapa ring melingkar dan juga *ring oli*.

Terkadang ring ini bisa rusak akibat adanya oli yang mengendap dan menjadi gel sehingga ring-ring ini tidak bisa bergerak bebas atau lengket. Akibatnya ketika *ring piston* ini lengket, saat terjadi pembakaran maka api bisa menembus keluar melalui celah ring ini yang malah akan membuat oli yang menjadi gell tadi berubah menjadi kerak oli yang semakin mengunci *ring piston* pada kondisi menutup. Dan saat mesin dimatikan dan dinyalakan kembali, maka kompresi udara didalam ruang bakar menjadi bocor.

Kebocoran yang diakibatkan karena ring piston tidak bisa bekerja dengan baik akibat rusak, maka perlu dilakukan penggantian *ring piston*, dan juga wajib mengganti *packing silinder head*, sebab saat mengganti *ring piston* ini kita harus membuka *silinder head*, sedangkan *packing kepala silinder* ini bersifat sekali pakai, jika sudah dibongkar tidak bisa digunakan kembali.

d. Kerusakan *liner piston*

Pada sebuah konstruksi ruang bakar terdapat sebuah komponen yang biasanya disebut dengan nama *liner*, yakni sebuah lapisan berbentuk tabung silinder tempat jalurnya *piston* bergerak naik dan turun. Mungkin karena faktor pemakaian atau faktor usia membuat komponen ini mengalami kerusakan, bisa jadi terdapat retak ataupun diameter *liner* yang semakin membesar akibat gesekan dengan *ring piston* yang tidak terlumasi dengan baik. Terjadinya keausan pada *liner* ini dapat dilihat dari membesarnya diameter *liner* maka timbul celah atau gap yang memungkinkan udara keluar dari celah ini dan kompresi menjadi bocor.

Untuk mengetahui kerusakan *liner* ini kita bisa mendeteksinya dengan dua cara, pertama adalah pengamatan visual guna mencari bagian *liner* yang mengalami retak atau pecah, dan kedua menggunakan alat ukur khusus guna mengetahui kesamaan diameter *liner* antar bagian atas, tengah dan juga bawah.

e. *Packing Head Cylinder* Bocor / Bengkok

Pada sebuah mesin baik itu mesin mobil ataupun motor terdapat dua bagian utama yaitu blok mesin dan juga *head cylinder*. Dan kedua bagian ini dirakit dengan penambahan *packing* agar tidak terjadi kebocoran baik itu kebocoran *fluida radiator*, oli ataupun kompresi. Jika bagian *packing* ini sudah rusak maka bisa menyebabkan bocornya kompresi mesin sehingga membuatnya tidak bisa dinyalakan kembali ketika mesin mati.

Selain kebocoran *packing silinder head*, bengkoknya *head cylinder* saat terjadi *overheating* ini akan menyebabkan munculnya celah tipis antara kepala silinder, *packing* dan juga blok mesin sehingga kompresi mesin langsung bocor. Itulah sebabnya kenapa ketika mesin mobil yang panasnya naik atau *overheating*, akan sulit untuk di *starter* kembali akibat hilangnya kompresi didalam ruang mesin.

Kasus kompresi yang bocor ini jarang sekali terjadi pada kendaraan yang benar benar dirawat dengan baik dan hanya terjadi pada mobil atau motor yang salah dalam hal perawatannya, seperti misalnya tidak

memakai oli dan bahan bakar sesuai yang dianjurkan, tidak memperhatikan kondisi sistem *radiator* mesin serta melakukan modifikasi pada ruang mesin yang tidak presisi.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengukuran Tekanan *Blow-by Engine*

Preventive Predictive Maintenance yang dilaksanakan berdasarkan interval tertentu khususnya pada engine yaitu untuk mengetahui *performance* dari suatu prestasi mesin, salah satu item pengukuran yang dilakukan adalah mengukur seberapa besar tekanan *blow-by* pada *engine*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar tingkat kebocoran udara dari *crankcase engine* yang keluar melalui *engine breather*. Metode pengukuran ini digunakan sebagai dasar untuk mengetahui tingkat kebocoran udara saat *piston* melakukan kompresi, masih dalam batasan standard atau tidak. Jika hasil pengukuran tekanan *blow-by* yang kita lakukan ternyata melebihi batas maksimum, maka hal ini akan mempengaruhi proses kompresi udara saat akan terjadinya pembakaran.

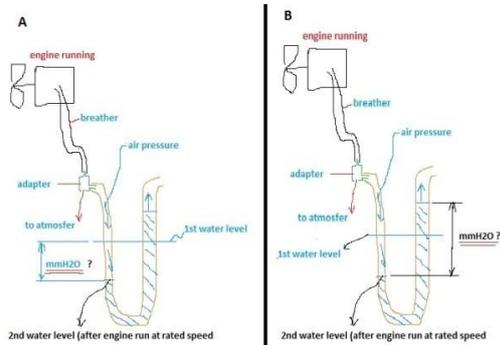
Tekanan *blow-by* tinggi bisa disebabkan oleh beberapa hal, antara lain adalah keausan pada ring *piston* yang besar, *valve & valve seat* yang aus, atau terjadi kebocoran udara pada system *turbocharger*. Akurasi hasil pengukuran menjadi faktor yang sangat penting untuk menghasilkan data yang tepat untuk digunakan sebagai dasar dalam menganalisa dimana kerusakan yang terjadi, Apakah pada sistem udara atau mekanisme *piston assy' & cylinder block* yang mengalami kerusakan, Oleh karena itu, metode pengukuran yang tepat akan menghasilkan data yang akurat sehingga kesimpulan dari analisa yang kita lakukan juga akan benar. Pada dasarnya ada dua cara pengukuran yang sering dilakukan, yaitu :

- Pengukuran menggunakan *gauge* dalam satuan mmAq



Gambar 1 Alat ukur *Blow-by* menggunakan *gauge*

b. Pengukuran menggunakan sistem *Utube manometer* air

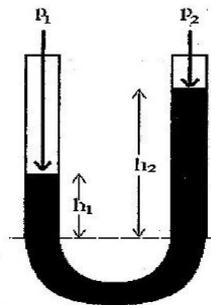


Gambar 2 Alat ukur *Blow-by* menggunakan *Utube* air

Dari kedua metode tersebut pada dasarnya adalah sama, hanya *tool*-nya saja yang berbeda.

Persamaanya adalah sama-sama membaca berapa besar tekanan absolut dari udara yang keluar dari *engine breather*, karena keduanya sama-sama terhubung langsung dengan atmosfer yang memiliki tekanan sebesar 1 atm atau setara dengan 760 mmHg.

Namun pada metode nomor 2, pada dasarnya dalam membaca *U-tube manometer* adalah bukan berapa tekanan udaranya, tetapi berapa perbedaan *pressure* udara yang keluar melalui *engine breather* dengan tekanan udara atmosfer, sesuai hukum *Bernoulli* pada sistem *Manometer* terbuka berikut ini :



Gambar 3 *U-tube Manometer*

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gh_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gh_2 = \text{konstan}$$

.....(1)

Dengan :

- P = tekanan absolute, (Pa)
- ρ = densitas fluida, (kg/m³)
- v = kecepatan fluida, (m/s)
- g = gravitasi, (m/s²)
- h = elevasi terhadap lokasi 1 & 2 pada jalur aliran, (m)

Persamaan *Bernoulli* adalah representasi dari hukum konservasi (kekekalan) momentum untuk fluida tak mampat dalam kondisi mantap (*steady state*) dan inviscid (tidak terjadi friksi dinding). Pada sistem *Manometer*, selalu dalam kondisi setimbang (*steady state*) artinya kondisi air dalam tabung setimbang. Maka, nilai V1 dan V2 sama dengan nol sehingga persamaanya bisa disederhanakan menjadi,

$$\frac{P_1}{\rho} + gh_1 = \frac{P_2}{\rho} + gh_2 \dots\dots\dots(2)$$

Atau bila kedua suku dibagi dengan ‘g’, persamaanya dapat dituliskan menjadi,

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + h_2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana,

$\rho \cdot g = \gamma$ Adalah berat jenis fluida, (N/m³)

Sehingga dapat disederhanakan menjadi,

$$\frac{P_1}{\gamma} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + h_2 \dots\dots\dots(4)$$

Jika kedua suku dikalikan dengan ‘ γ ’, maka persamaanya menjadi,

$$P_1 + \gamma h_1 = P_2 + \gamma h_2 \dots\dots\dots(5)$$

Persamaan (6) diatas membuktikan bahwa dua titik dalam pipa-U akan memiliki tekanan yang sama, bila keduanya berada pada level yang sama. Karena berat jenis *fluida* (air) pada kedua sisi tabung *U-tube manometer* adalah selalu sama, maka persamaanya dapat disederhanakan menjadi,

$$P_1 + h_1 = P_2 + h_2 \iff P_1 - P_2 = h_2 - h_1 \dots\dots\dots(6)$$

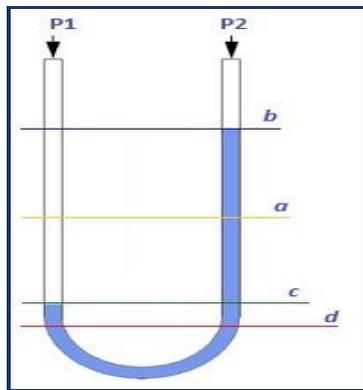
“Jika *P1* di asumsikan sebagai tekanan *blow-by engine* dan *P2* adalah tekanan atmosfer, maka selisih antara keduanya adalah sebanding dengan selisih dari ketinggian kedua permukaan air dalam tabung *manometer* (*h2 - h1*) tersebut”.

Dari turunan rumus asas *Bernoulli* tersebut, jika diaplikasikan pada metode pengukuran *Blow-by engine* maka dapat disimpulkan bahwa : *Tekanan Blow-by* yang sebenarnya adalah bukan seberapa besar pergerakan naik atau turunnya permukaan air, tetapi sebanding dengan berapa besar perbedaan ketinggian permukaan air yang mengakibatkan perbedaan energi potensial antara kedua sisi tabung *manometer*.

METODOLOGI

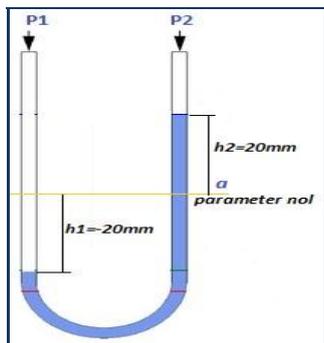
Rancangan Desain

Perancangan sistem dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4, dimana pengukuran yang dilakukan dengan membaca beda ketinggian fluida air yang menunjukkan jika permukaan air/udara tidak sama, maka sesuai formula tersebut, dipastikan tekanan P1 & P2 akan berbeda ini terjadi *differential pressure* antara keduanya, dari perbedaan tekanan tersebut dapat dilakukan literasi nilai untuk diambil kesimpulan, Karena berat jenis fluida (air) pada kedua sisi tabung *U-tube* manometer adalah selalu sama dapat di tentukan 4 buah garis a,b,c, & d yang berbeda tetapi menghubungkan dua titik pada pipa-U yang levelnya sama (sebagai parameter nol).



Gambar 4 perbedaan ketinggian permukaan air dalam *U-tube*

Sepanjang garis 'a', tekanan udara di pipa kiri & tekanan air di pipa kanan akan bernilai sama. Garis ini bisa kita gunakan sebagai parameter nol untuk menghitung berapa perbedaan tekanan antara P1 & P2 yang mengakibatkan perbedaan ketinggian permukaan air pada pipa sisi kiri & kanan

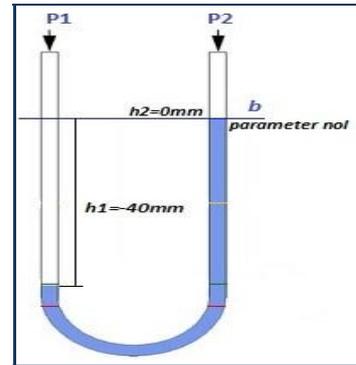


Gambar 5 Perbedaan fluida air antara a dan p2

Bila dilihat pada Gambar 5 Jika di asumsikan garis 'a' sebagai acuan permukaan air sebelum tekanan *Blow-by* masuk di pipa kiri, maka setelah tekanan *Blow-by* dari *breather engine* masuk di pipa kiri, permukaan air yang tadinya selevel, akan berubah. Permukaan air di

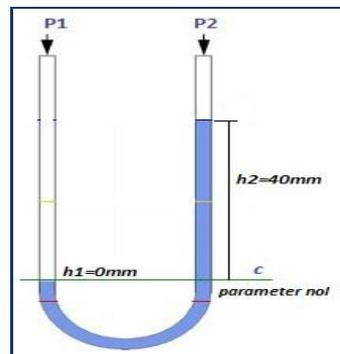
pipa kiri akan turun sebesar h_1 (diasumsikan = - 20 mmH₂O) sedangkan permukaan air di pipa kanan naik sebesar (diasumsikan = 20 mmH₂O)

Sepanjang garis 'b', tekanan udara di pipa kiri serta tekanan udara & air di pipa kanan akan bernilai sama. Jika garis ini kita gunakan sebagai parameter nol untuk menghitung perbedaan tekanan P1 & P2 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 perbedaan tekanan b=0 terhadap tinggi h1

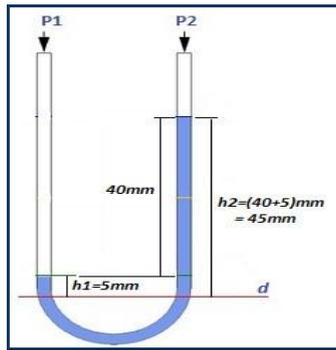
Maka, tinggi permukaan air di pipa kiri ($h_1 = - 40\text{mmH}_2\text{O}$) & tinggi permukaan air di pipa kanan ($h_2 = 0\text{mmH}_2\text{O}$). Jika dilihat pada gambar 4 Sepanjang garis 'c', tekanan udara & air di pipa kiri serta tekanan air di pipa kanan akan bernilai sama. Jika garis ini kita gunakan sebagai parameter nol untuk menghitung perbedaan tekanan P1 & P2, ilustrasinya sbb :



Gambar 7 Garis C sebagai parameter 0

Maka, tinggi permukaan air di pipa kiri ($h_1 = 0 \text{ mmH}_2\text{O}$) & tinggi permukaan air di pipa kanan ($h_2 = 40\text{mmH}_2\text{O}$).

Apabila dilihat terhadap Gambar 7 sepanjang garis 'c', tekanan udara & air di pipa kiri serta tekanan air di pipa kanan akan bernilai sama. Jika garis ini kita gunakan sebagai parameter nol untuk menghitung perbedaan tekanan P1 & P2 :



Gambar 8 tinggi h2

Pada Gambar 8, tinggi permukaan air di pipa kiri ($h_1 = 5\text{mmH}_2\text{O}$) & tinggi permukaan air di pipa kanan ($h_2 = 45\text{mmH}_2\text{O}$). Dari 4 iterasi (no.1,2,3&4) tersebut menghasilkan resultan 1,2,3 & 4 yang bernilai sama yaitu:

$$P_1 - P_2 = 40 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$\Leftrightarrow P_1 = 40 \text{ mmH}_2\text{O} + P_2$$

$$\Leftrightarrow \text{Tekanan blow-by} = \Delta h \text{ (selisih tinggi permukaan air)} + \text{tekanan atmosfer}$$

$$\Leftrightarrow \text{absolute pressure}$$

Hal ini membuktikan bahwa :
 “Perbedaan tekanan permukaan yang terjadi pada kedua level air yang berbeda adalah sebanding & selalu sama dengan selisih ketinggian kedua permukaan air tersebut.”

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Tekanan *Blow-By*

Pengukuran tekanan *blow-by* dapat dilakukan dengan prosedur berdasarkan shop manual dari pabrikan hal ini sebagai panduan untuk mengetahui tingkat toleransi kebocoran kompresi yang diijinkan, sebelum melakukan pengukuran tekanan *blow-by* langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengukur tekanan kompresi :

a. Pengukuran Tekanan Kompresi

Pengukuran tekanan kompresi dilakukan disaat engine dalam keadaan panas kisaran temperaturnya sekitar 40 sampai 60 derajat *celcius*, prosedur yang dilakukan sebagai berikut:

- Lakukan penyetelan celah *valve* terlebih dahulu
- Melepas *spill tube* bersamaan dengan melepas sambungan pipa injeksi bahan bakar
- Melepas *nozzle holder assembly* pada masing masing tiap *silinder*
- Pasang adapter G2 ke *silinder* yang akan diukur, kemudian kencangkan baut pengikat adapter dengan torsi yang sesuai
- Menghubungkan *compression gauge* G1 ke adapter.
- Posisikan *control lever* ke arah *NO INJECTION* *crannk engine* dengan

menggunakan *starting motor* setelah itu dapat terbaca tekanan yang terukur pada *compression gauge*.

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengukuran adalah sebagai berikut:

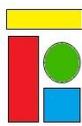
- Jika *control lever* tidak diposisikan pada arah *NO INJECTION*, maka bahan bakar akan menyembur keluar pada saat *engine* di *crank*.
 - Untuk mencegah terjadinya kebocoran kompresi pada saat pengukuran, hal ini dapat dilakukan dengan cara memberikan sedikit oli pada bagian pengikat *adapter*.
- b. Pengukuran Tekanan *Blow-By*.
- Pasang *pressure gauge tester* posisi spoit pada *tube cover engine*
 - Hidupkan *engine* sampai mencapai temperatur kerja.
 - Posisikan transmisi pada kecepatan tertinggi.
 - Release parking brake lever*.
 - Tekan pedal brake dengan kuat.
 - Naikan kecepatan putar *engine* hingga *torque converter* mencapai *stall*.
 - Pada saat *engine posisi stall* pengukuran sudah bisa dilakukan.

Hal yang harus diperhatikan pada pengukuran *Blow-by* adalah seabgai berikut:

- pada saat *torque converter* mengalami *stall* tidak boleh melebihi 20 detik.
- Apabila melakukan pengukuran tekanan *Blow-By* tidak memungkinkan dalam kondisi *torque converter* mengalami *stall*, maka dapat dilakukan *engine* pada putaran tanpa beban (*high idling*), akan tetapi hasilnya tidak begitu akurat hanya mencapai 80%.

KESIMPULAN

Dalam langkah pengukuran tekanan *Blow-By*, pengukuran hanya bisa dilakukan pada suhu kerja *engine* mencapai temperatur kerja yaitu antara 80 – 90 derajat *celcius*, pada pengukuran kebocoran kompresi posisi *torque converter* harus pada posisi *stall* hal ini dharapkan data yang didapat bisa lebih maksimal dan akurat, perlunya dilakukan penguran ini adalah untuk mengetahui tingkat keausan antara *liner* dengan *ring piston*, apabila kebocoran kompresi diabaikan akan mengakibatkan *engine* mengalami *low power* dan merusak sifat dari oli pelumas karena terkontaminasinya oli tersebut dengan sisa bahan bakar yang tidak ikut terbakar.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A Soedradjat S,Ir. 1983. *Mekanika Fluida & Hidrolika*.
- [2] Dietzel, Fritz. Sriyono, Dakso. 1980. *Turbin Pompa Dan Kompresor*
- [3] Heywood.Jhon B. 1998. *“Internal Combustion Engine Fundamentals*.
- [4] Lackner.Maxmilian, Arpad b.Palotas, Franz Winter, june 2013. *Combustion (From Basic To Applications)*
- [5] Konrad Reif, E.D. 2014. *Diesel Engine Management*.
- [6] Konrad Reif, E.D. 2015. *Gasoline Engine Management*.
- [7] Mahle GmbH. Stuttgart. 2012. *Piston And Engine testing*.
- [8] Merker. Gunter P, Schwarz. Christian, Teichmann Rudiger, 2012. *Combustion Engine Development*.
- [9] Mollenhauer. Klaus, Tschoeke. Helmut, 2010, *Handbook Of Diesel Engines*
- [10] School UT. 1999. *“Diesel Engine 2, January 1999*.
- [11] Streeter. Victor.L, Wylie.E. benjamin, Prijono. Arko. 1986. *Mekanika Fluida*.
- [12] Warnatz, J. Maas, U., Dibble, R.W. 2006. *Combustion*.
- [13] http://www.edukasi.net/mapok/mp_full.php?id=248&f name=materi05.html (diakses tanggal 20 juni 2017)
- [14] <http://katalog.pdii.lipi.go.id/index.php/search katalog/downloadDatabyId/5412/5413.pdf> (diakses tanggal 20 juni 2017)
- [15] <http://web.ipb.ac.id/~erizal/mekflud/modul2.pdf>. (diakses tanggal 20 juni 2017)