

ANALISA PENGARUH TEKANAN PEMBUKAAN INJEKTOR (NOSEL) TERHADAP KINERJA MESIN PADA MOTOR DIESEL INJEKSI TIDAK LANGSUNG/*INDIRECT INJECTION*

Finto Purwanto¹⁾, Akhmad Farid²⁾, Muhammad Agus Sahbana³⁾

ABSTRAK

Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja motor diesel adalah pembakaran yang kurang sempurna. Faktor penyebab pembakaran yang tidak sempurna pada motor diesel salah satu diantaranya yaitu tekanan pengabutan bahan bakar yang diinjeksikan pada injektor (nosel) yang kurang baik. Maka untuk itu diperlukannya penelitian terhadap injektor (nosel) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan pembukaan injektor (nosel) pada motor diesel jenis injeksi tidak langsung yang membawa dampak terhadap kinerja mesin. Dengan penyemprotan yang baik akan menghasilkan pembakaran yang ideal.

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah melakukan eksperimental, melalui uji laboratorium untuk mengetahui hasil pengujian variasi penyetelan tekanan pembukaan injektor (nosel) pada motor diesel jenis injeksi tidak langsung/*indirect injection* yang dirangkaiakan pada alat dynamometer. Adapun langkah-langkah penelitian yang ditempuh melalui alat dan uji coba, variasi penyetelan tekanan pembukaan injektor (nosel), pengambilan data, analisis, kesimpulan dan mempunyai variabel bebas yaitu tekanan pembukaan injektor yang diujikan meliputi 90bar, 100 bar dan 120 bar dengan putaran mesin 1000 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm. Sedangkan variabel terikat pada penelitian yaitu konsumsi bahan bakar efektif, torsi dan daya efektif yang mempengaruhi kinerja motor diesel injeksi tidak langsung/*indirect injection*.

Hasil penelitian melalui variasi penyetelan tekanan pembukaan injektor (nosel) pada motor diesel injeksi tidak langsung diperoleh torsi efektif rata-rata maksimum *15,07 Nm*, daya efektif rata-rata maksimum *4,25 kW*, daya bahan bakar maksimum rata-rata *790,50 Kw*, konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata maksimum *15,367 kg/kWh* dan efisiensi daya rata-rata maksimum sebesar *1,12%*.

Kata kunci : Injektor, tekanan injektor, konsumsi bahan bakar, daya efektif & efisiensi.

I. PENDAHULUAN

Sarana transportasi yang ada pada saat ini mengalami perkembangan yang cukup pesat, baik itu motor bensin maupun motor diesel, dengan tujuan untuk kenyamanan, keamanan dalam berkendara, juga dalam penghematan bahan bakar dan pengurangan emisi gas buang. Erwin (2006) menyebutkan bahwa polusi udara dari kendaraan bermotor, pembangkit tenaga listrik, industri dan rumah tangga menyumbang 70 % dengan komposisi kuantitas karbonmonoksida(CO) 99 %, hidrokarbon(HC) sebanyak 89 %, dan oksida nitrogen(Nox) sebanyak 73 % serta partikulat lainnya yang meliputi timah hitam, sulfur oksida dan partikel debu.

Sugiarto (2006) menyatakan bahwa dari data WHO sekitar 3 juta orang meninggal karena polusi udara setiap tahun atau sekitar 5 % dari 55 juta orang meninggal setiap tahun di dunia.

Sejalan dengan itu kini banyak sarana transportasi khususnya sarana transportasi antar kota yang menggunakan motor diesel yang berbahan bakar solar dengan alasan daya motor lebih besar, harga bahan bakar tidak terlalu mahal serta polusi gas buang yang ditimbulkan juga rendah sehingga dapat membantu program pemerintah baik itu dalam penghematan bahan bakar maupun usaha pendukung program Langit Biru dalam bidang lingkungan hidup (anonymous, 1996)

Mengingat akan pentingnya pemakaian bahan bakar dalam menunjang prestasi kerja motor yang berdampak langsung terhadap prestasi kerja motor dan emisi gas buang, maka penelitian yang berkaitan dengan sistem bahan bakar motor diesel khususnya berkaitan dengan injektor/nosel, memegang peranan penting bagi

sempurnanya pembakaran bahan bakar dan udara dalam silinder motor, melalui beberapa variasi ketebalan shim penyetel pada injektor/nosel, akan diperoleh ketebalan yang cocok bagi suatu nosel sehingga memberikan tekanan penyemprotan yang tepat serta bentuk pengabutan bahan bakar yang sempurna, karena dengan adanya tekanan pembukaan dan pengabutan yang tepat / sempurna akan dapat menghasilkan pembakaran yang optimal didalam silinder motor, yang secara otomatis dengan adanya pembakaran yang sempurna akan dapat meningkatkan prestasi kerja motor dan menurunkan kadar emisi gas buang pada motor diesel.

II. Tinjauan Pustaka

Motor Bakar adalah pesawat konversi energi yang banyak digunakan untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah energi thermal menjadi energi mekanik, di mana motor bakar biasanya terdiri dari silinder, torak dan engkol untuk mengubah gerakan torak yang bolak balik menjadi gerakan putaran yang amat praktis (Wiranto, 1994).

Motor bakar memanfaatkan dua hal yaitu:

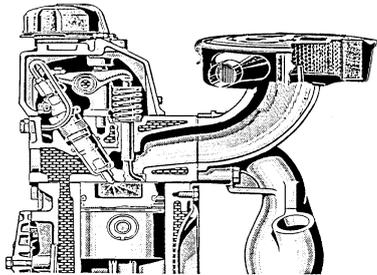
- Energi panas yang dibebaskan dari bahan bakar yang dikandungnya, dengan cara membakarnya.
- Energi panas yang didapat dari pembakaran digunakan untuk menghasilkan moment putar pada motor melalui mekanisme engkol.

Ditinjau dari cara memperoleh energi thermal ini mesin kalor dibagi menjadi dua golongan yaitu: mesin dengan pembakaran luar (*external combustion*) dan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). (Wiranto, 1994, Petter, 1989, Rolf, 1992).

Motor Diesel

Motor Diesel merupakan salah satu jenis mesin konversi energi sebagai penggerak mula yang menggunakan energi kimia (solar) sebagai bahan bakar. (Wiranto, 1994, Petter, 1989, Rolf, 1992).

Secara sederhana komponen-komponen utama motor bakar merupakan seperangkat susunan ruang bakar dan silindernya yang ditunjukkan pada gambar detail motor diesel di bawah ini.



Gambar 1. Detail Motor Diesel Sumber: Modul Sistem Bahan Bakar Diesel VEDC Malang

Prinsip Kerja Motor Diesel Empat Langkah

Di dalam menghasilkan satu siklus kerjanya maka torak harus melakukan empat kali langkah bolak-balik, itu berarti poros engkol harus berputar dua kali putaran untuk mendapatkan terjadinya satu kali usaha, secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Langkah Hisap

Torak bergerak dari TMA (titik mati atas) menuju ke TMB (titik mati bawah) bersamaan dengan Bergeraknya torak ini katup hisap terbuka maka mengalir udara (oksigen) dari filter udara melalui saluran masuk (intake manifold) ke dalam silinder. (Spuller, et al, 2000:1).

b. Langkah Kompresi

Pada langkah ini kedua katup tertutup dan torak bergerak dari TMB menuju TMA. Udara yang telah dihisap, dikompresi dengan demikian tekanan dan temperatur naik, sebelum langkah kompresi ini selesai, telah disusul proses pembakaran di dalam silinder yang ditandai dengan penyemprotan / pengabutan bahan bakar solar kedalam ruang bakar, kemudian diteruskan dengan langkah usaha (Spuller, et al, 2000:2).

c. Langkah Usaha

Temperatur dan tekanan di dalam ruang bakar akan naik lebih tinggi sehingga mampu mendorong torak bergerak dari TMA ke TMB yang menghasilkan kerja untuk memutar poros engkol (Spuller, et al, 2000:3).

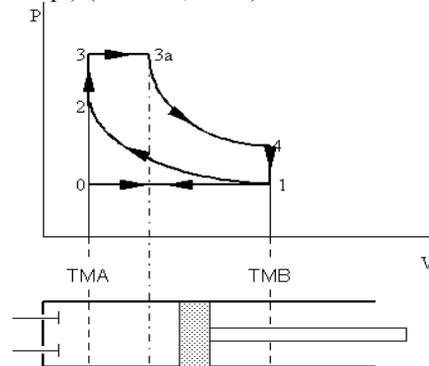
d. Langkah buang.

Katup hisap dalam keadaan tertutup dan katup buang membuka, Pada langkah ini torak bergerak dari TMB menuju TMA sehingga ruangan di atas torak menjadi semakin sempit dan mendesak ke luar gas sisa pembakaran (Spuller, et al, 2000:3).

Dari empat proses kerja tersebut di atas, secara berantai terus menerus terjadi berulang kali sehingga terjadilah siklus kerja yang kontinyu.

Siklus Thermodinamika Motor Diesel

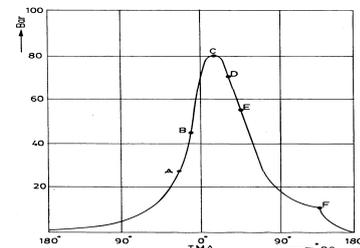
Diagram indikator hubungan antara tekanan dan volume spesifik dari diagram P-V motor Diesel empat langkah ini dapat dijelaskan siklus thermodinamika motor Diesel empat langkah yang mengacu pada siklus Otto (Proses Volume tetap) dan siklus Diesel (siklus tekanan tetap) (Wiranto, 1994).



Gambar 2 Siklus Diagram P-V Motor Diesel Empat Langkah Sumber: Wiranto Arismunandar, Penggerak Mula Motor Bakar Torak

Bahan Bakar dan Proses Pembakaran

Proses pembakaran adalah suatu reaksi kimia antara bahan bakar (hidro karbon) dengan oksigen dari udara. Proses pembakaran ini tidak terjadi sekaligus tetapi memerlukan waktu dan terjadi dalam beberapa tahap (Spuller et al, 2000:4, Rolf, 1992,)



Gambar 3 Grafik Tekanan Vs Sudut Engkol Sumber : Modul Motor Diesel

Detonasi pada Motor Diesel

Bila waktu persiapan pembakaran/ pembakaran tertunda sangat panjang atau jumlah bahan bakar solar yang diinjeksikan terlalu banyak dan jelek sehingga jumlah penguapan bahan bakar tidak baik, mengakibatkan penambahan tekanan yang berlebihan didalam silinder dan ini ditandai dengan terjadinya getaran dan suara yang keras yang merupai pukulan – pukulan pada dinding silinder dan ruang bakar. Peristiwa ini dinamakan “ Detonasi “ (Spuller, 2000; Robert, 1993; Anonymous, 1994. Afri, 2006).

Cara-cara mengatasi Detonasi :

- Memakai bahan bakar solar dengan angka Cetane yang tinggi, dengan maksud untuk memberikan periode persiapan pembakaran yang sependek-pendeknya
- Menaikkan tekanan dan temperatur pada saat bahan bakar diinjeksikan

- Mengurangi jumlah injeksi bahan bakar pada saat permulaan pembakaran.

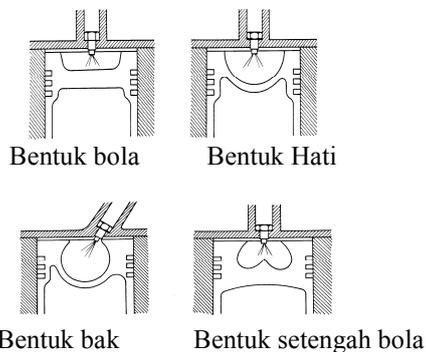
Konstruksi Ruang Bakar

Ditinjau dari segi pembakaran maka motor Diesel dibagi menjadi 2 kelompok besar yaitu :

1. Motor Diesel dengan Injeksi Langsung/*Direct Injection*.
2. Motor Diesel dengan Injeksi Tidak Langsung/*Indirect Injection*.
(Wiranto, 1994, Petter, 1989, Rolf, 1992).

Motor Diesel Injeksi Langsung/*Direct Injection*

Direct Injection adalah suatu sistem dimana penyemprotan bahan bakar yang langsung disemprotkan kedalam suatu ruang bakar, dimana ruang bakar tersebut langsung berada diatas puncak torak/piston.



Gambar 4 Bentuk-bentuk ruang bakar
Sumber modul motor diesel VEDC Malang

Motor Diesel dengan Injeksi Tidak Langsung/*Indirect Injection*

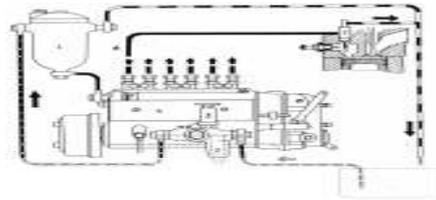
Motor diesel dengan injeksi tidak langsung/*indirect injection* mempunyai 2 jenis bentuk ruang bakar yaitu :

1. Bentuk ruang bakar jenis kamar muka.
2. Bentuk ruang bakar jenis kamar pusat.

Ruang bakar berada didalam kepala silinder (kepala silinder bercoak), dimana ruang bakar tersebut dihubungkan dengan ruang silinder melalui sebuah saluran sempit yang dibentuk secara tangensial / miring.

Sistem Aliran Bahan Bakar

Pada motor diesel baik injeksi langsung maupun tidak langsung mempunyai sistem aliran bahan bakar yang sama, yaitu bahan bakar dari tangki akan dialirkan menuju pompa injeksi yang selanjutnya dari pompa injeksi akan dibangkitkan bahan bakar yang bertekanan tinggi sesuai dengan type motor diesel yang digunakan (Ulrich et al, 2000).



Gambar 5 Sistem Aliran Bahan Bakar
Sumber Modul Sistem Bahan Bakar Diesel VEDC Malang

Pompa Injeksi

Motor diesel injeksi langsung maupun tidak langsung, untuk membangkitkan tekanan bahan bakar yang cukup tinggi (0 s.d 250 bar) digunakan pompa injeksi/*injection pump*, disamping membangkitkan tekanan tinggi pompa injeksi juga berfungsi untuk mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan untuk pembakaran. (Wiranto, 1994, Petter, 1989, Rolf, 1992, Ulrich, 2000).

Injektor/Nosel

Untuk motor diesel injeksi langsung/*Direct Injection* digunakan injektor/nosel type berlubang banyak /*multiple hole*, sedangkan untuk motor diesel injeksi tidak langsung/*indirect injection* digunakan injektor type satu lubang/*single hole*. (Ulrich et al, 2000)

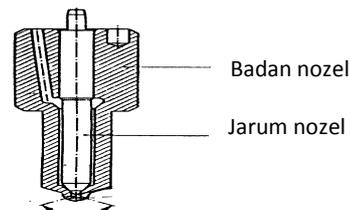
Injektor/nosel adalah suatu komponen yang bertugas :

1. Memasukkan dan mendistribusikan bahan bakar kedalam silinder sesuai kebutuhan/putaran motor
2. Mengabutkan bahan bakar yang bertekanan tinggi kedalam ruang bakar untuk pembakaran motor.

Injektor motor diesel injeksi langsung/ Injektor lubang banyak

Pada gambar dibawah diperlihatkan gambar dari konstruksi injektor hanya pada bagian konstruksi dari bagian *katup jarum injektor dengan rumahnya* ,

Cara kerja dari injektor adalah sebagai berikut : katup jarum injektor/nosel yang mana ujung bawahnya terdiri dari dua bidang kerucut. kerucut pertama menetap/ menempel pada dudukan rumah katup jarum dan yang kedua menerima tekanan bahan bakar. Jika gaya yang ditimbulkan oleh bahan bakar melebihi tekanan pegas , maka katup jarum akan terangkat keatas sehingga akan membuka lubang injektor/nosel dan bahan bahan bakar akan tersemprot lewat lubang injektor/nosel



Gambar 6 Konstruksi jarum nosel injeksi langsung
Sumber Modul Sistem Bahan Bakar Diesel

Injektor Motor Diesel Injeksi Tidak langsung / Injektor Satu Lubang

Motor diesel dengan injeksi tidak langsung selalu menggunakan injektor / nosel model pasak type satu lubang, dari type ini injektor terdiri atas dua jenis yaitu :

1. Injektor / nosel jenis Throtle
2. Injektor / nosel jenis Pintel

Pada injektor jenis ini sistem penyetulan tekanan pegas untuk membuka katup jarum mempergunakan shim penyetul yang terletak diantara rumah (4) dan pegas penekan (6), pegas penekan mempunyai ukuran yang tetap dan pegas penekan akan menekan katup jarum nosel melalui plat antar (8).

Berikut ini dijelaskan gambar dari kedua konstruksi injektor untuk motor diesel injeksi tak langsung, yaitu injektor jenis *pintel dan throtle* (Ulrich et al, 2000).

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Variabel bebas
 - Tekanan pembukaan injektor yang dipergunakan didalam penelitian adalah 90 bar, 100 bar dan 120 bar.
 - Putaran mesin yang diujikan yaitu meliputi putaran 1000 rpm, 2000 rpm, 2500 rpn dan 3000 rpm.
2. Variabel terikat
Konsumsi bahan bakar , torsi dan daya efektif.

Alat – Bahan Penelitian

Alat uji dan peralatan pendukung yang digunakan dalam pengambilan data penelitian adalah :

1. Termometer
Untuk mengukur suhu solar yang akan diuji dalam ruang uji
2. Dymanometer
Untuk megukur spesifikasi waktu konsumsi bahan bakar per gram dan torsi pada motor diesel.



Gambar 7 Dynamometer

3. Injektor Tester

Untuk menguji besarnya tekanan pembukaan injektor yang ditunjukkan dengan sebuah manometer tekanan.

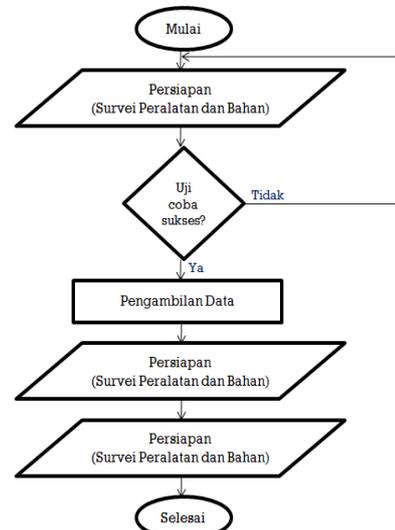


Gambar 8 Injektor Tester

Langkah Pengujian

- Hidupkan mesin
- Berikan beban pada alat Dynamometer
- Catat waktu konsumsi bahan bakar per 25 gram dan catat torsi pada alat ukur Dynamometer.
- Pengambilan data diambil 3 kali per rpmnya.

Diagram Alir Penelitian



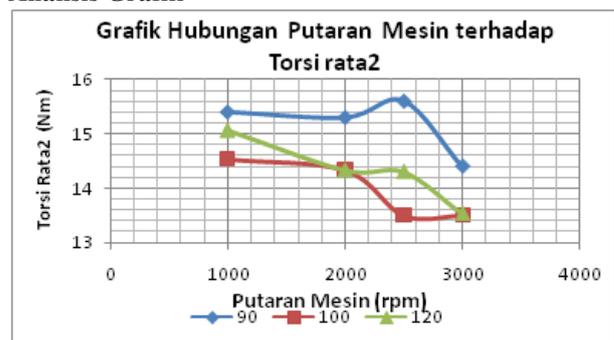
Gambar 9. Diagram Alir

Hipotesa

Dengan mengubah tekanan pembukaan penyemprotan pada injektor nosel mempunyai pengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik dan kinerja mesin.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Grafik



Gambar 10. Grafik Hubungan putaran mesin terhadap torsi rata-rata.

Pada grafik 1 menunjukkan bahwa perubahan putaran mesin terhadap torsi rata-rata yang dihasilkan pada motor diesel injeksi tidak langsung cenderung menurun. Perubahan torsi pada mesin diesel semakin menurun dikarenakan perubahan beban pada putaran mesin yang diberikannya. Semakin besar beban yang diberikan pada mesin diesel maka semakin kecil torsi yang dihasilkan dan sebaliknya bila semakin keil beban yang diberikan terhadap mesin diesel tersebut maka semakin besar torsi yang dihasilkan. Adapun besarnya torsi rata-rata maksimum pada grafik yaitu sebesar 15,6

Nm ditunjukkan pada putaran mesin 2500 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar. Sedangkan torsi rata-rata minimum yaitu sebesar $13,5 Nm$ ditunjukkan pada putaran mesin 2500 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 100 bar dan 120 bar.



Gambar 11 Grafik Hubungan putaran mesin terhadap daya efektif rata-rata

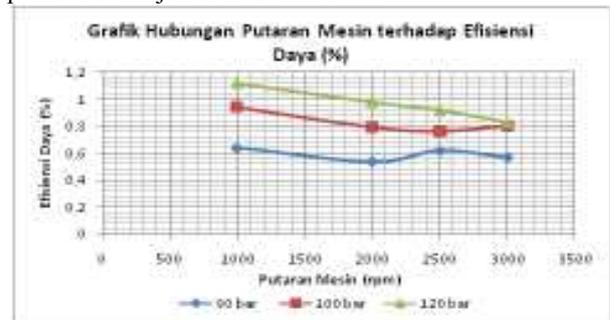
Pada grafik diatas menunjukkan bahwa jika putaran mesin bertambah besar/naik maka daya efektif rata-rata pada motor diesel injeksi tidak langsung yang dihasilkan cenderung naik. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin rendah putaran mesin yang diberikan pada motor diesel maka semakin kecil daya efektif yang dihasilkan dan apabila semakin besar putaran mesin diberikan maka daya efektif yang dihasilkan mesin diesel akan semakin besar/naik, namun pada putaran tertentu (putaran maksimum) daya akan mencapai maksimum dan setelah itu daya yang dihasilkan akan menurun. Grafik diatas juga meperlihatkan bahwa daya efektif rata-rata maksimum terlihat pada tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar sebesar $4,52 kW$ diputaran mesin 3000 rpm dan daya efektif rata-rata minimum sebesar $1,52 kW$ diputaran mesin 1000 rpm pada tekanan pembukaan injektor/nosel 100 bar.



Grafik 12 Hubungan putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar rata-rata

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik pada tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar mengalami penurunan pada putaram mesin 2500 rpm dan ketika putaran mesin meningkat dari putaran 2500 rpm tersebut konsumsi bahan bakar spesifik pada motor diesel mengalami kenaikan. Pada tekanan pembukaan injektor/nosel 100 bar terhadap putaran mesin dan cenderung menurun.

Sedangkan konsumsi bahan spesifik pada tekanan injektor/nosel 120 bar pada motor diesel terhadap putaran mesin menunjukkan kecenderungan naik. Konsumsi bahan bakar speifik rata-rata mmksimum pada grafik diatas terlihat pada putaran mesin 2000 rpm yaitu sebesar $15,36 kg/kWh$ dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar sedangkan konsumsi bahan bakar efektif rata-rata minimum terlihat pada putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar $7,56 kg/kWh$ dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 120 bar.



Grafik 13. Hubungan putaran mesin terhadap efisiensi daya efektif rata-rata.

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa efisiensi daya rata-rata maksimum motor diesel injeksi tidak langsung terlihat pada putaran mesin 1000 rpm sebesar $1,12 %$ pada tekanan pembukaan injektor/nosel 120 bar, sedangkan efisiensi daya rata-rata minimum terlihat pada putaran mesin 2000 rpm sebesar $0,54 %$ dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 90bar. Grafik diatas memberikan kesimpulan bahwa efisiensi daya terbesar terlihat pada tekanan pembukaan injektor/nosel 120 bar.

Penutup Kesimpulan

1. Torsi rata-rata maksimum yang dihasilkan oleh motor diesel injeksi tidak langsung terdapat pada putaran mesin 2500 rpm sebesar $15,6 Nm$ dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar, dan torsi minimum rata-rata yang dihasilkan yaitu sebesar $13,5 Nm$ pada putaran mesin 2500 rpm dan 3000 rpm pada tekanan pembukaan injektor/nosel 100 bar.
2. Daya efektif maksimum rata-rata yang dihasilkan oleh motor diesel injeksi tidak langsung sebesar $4,52 Kw$ terlihat pada putaran mesin 3000 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar dan daya efektif minimum rata-rata yaitu sebesar $1,52 Kw$ terlihat pada putaran mesin 1000 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 100 bar.
3. Daya bahan bakar maksimum rata-rata yang dihasilkan oleh motor diesel injeksi tidak langsung sebesar $790,50 Kw$ terdapat pada putaran mesin 3000 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar dan daya bahan bakar minimum rata-rata yaitu sebesar $140,25 Kw$ terdapat pada putaran mesin 1000 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 120 bar.
4. Konsumsi bahan bakar spesifik maksimum rata-rata yang diperoleh dari motor diesel injeksi tidak

langsung sebesar 15,36 Kg/Kwh pada putaran mesin 2000 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar dan konsumsi bahan bakar spesifik minimum rata-rata yaitu sebesar 7,56 Kg/Kwh pada putaran mesin 1000 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 120 bar.

5. Efisiensi daya maksimum rata-rata yang diperoleh pada motor diesel injeksi tidak langsung sebesar 1,12 % terdapat pada putaran mesin 1000 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 120 bar dan efisiensi daya minimum rata-rata yaitu sebesar 0,54 % terdapat pada putaran mesin 2000 rpm dengan tekanan pembukaan injektor/nosel 90 bar.

Daftar Pustaka

- Afri.2006. <http://karismafansclub.or.id> "Asal usul Angka Oktan dan cetane"Meiv,24, 2006.
- Arismunandar, W. 1983. Motor Diesel Putaran Tinggi. Jakarta : Pradya Paramita.
- Arismunandar, W. 1977. Motor Bakar Torak. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Heywood, J B. Internal Combustion Engine Fundamental, Singapore: Mcgraw Hill, 1989.
- Isuzu, 2001, Buku Pedoman Perbaikan Seri TBR Mesin Isuzu, Isuzu Motor Limited, Japan.
- Juhara Erwin. 2006 *Demi Anak-anak Kita Kurangi pemakaian Kendaraan Bermotor*, Pikiran Rakyat Bandung
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 015 th 1996. *tentang Program Langit Biru*.
- Kummi, RS 1997. Design Machine.
- Maleev, V. L. 1991. Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel. Jakarta : Erlangga.
- Maleev, V. L. 1993. Internal Combustion Engine Second Edition. New York McGraw – Hill Book Company, Inc.
- Petrovesky. N, Marine Internal Combustion Engie, Translated from the Russian By Horace, E. Isakson Mir Publisher Moscow.
- Petter A Weller. 1989. *Fachkunde Fahrzeugtechnik*, Holland+Johenshands Germany. p 107 – 173.
- Robert, 1993. *Automotive Band Book*, VDI Verlag Germany. p 108 -184
- Rolf Gscheidle. 1992. *Fachkunde Fahrzeugtechnik*, Verlag Europa Lehrmittel Nourney,Vollmer Gmbh&Co Germany. p.289-295.
- Sugiarto Kathy. 2006 <http://www.expat.or.id/info/udarasehat.doc>. *Polusi Udara Siapa Yang Mengontol Udara Yang Kita Hirup. Mei, 18, 2006*.
- Spuller Jurg, Ismanto, Scheider. 2000. Motor Diesel VEDC Malang.
- Spuller, Andar Simatupang, 1988, Dasar Motor Otomotif, VEDC Malang.
- Swisscontact, 2000, Motor Diesel Materi Training, Jakarta Clean Air Project, Swwisscontact, Jakarta, Indonesia.
- Trommelmans, 2001. Diesel Machine.
- Ulrich, Bsa. 2000. *Sistem Bahan Bakar Diesel*, VEDC Malang.