

PEMBUATAN *PRESSURE* MONITORING UNTUK MENENTUKAN INDICATED HORSE POWER (IHP) PADA MESIN *DIESEL*

Sudiyono ¹, Nuhammad Shah ²

Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Email: sudiyono2000@yahoo.com

Abstrak

Secara umum mesin *diesel* tidak berbeda jauh dengan mesin bensin. Beberapa bagian komponennya mempunyai fungsi yang sama dengan mesin bensin. Perbedaan utamanya pada proses atau siklus kerja. Mesin *diesel* tidak menggunakan pengapian untuk memulai pembakaran. Bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar pada akhir langkah kompresi. Sebelumnya udara yang diisap telah dikompresi dalam ruang bakar sampai tekanan dan temperatur menjadi naik mencapai 900 – 1000°C. Naiknya tekanan dan temperatur mengakibatkan bahan bakar menyala dan terbakar sendiri. Untuk mengetahui besar tekanan hasil pembakaran bahan bakar dipasang pressure monitor yang terhubung dengan sistem proses dari analok menjadi digital dan diproses lagi dalam bentuk grafik fungsi tekanan. Sedangkan untuk mengetahui besar sudut dari motor diesel tersebut dipasok sistem kontrol untuk mengetahui besar sudut pada poros engkol yang juga terhubung dengan komputer sebagai fungsi sudut engkol. Dari dua sistem monitor tersebut terbentuklah grafik fungsi tekanan dengan sudut engkol pada motor diesel.

Dari hasil pengambilan data pada motor diesel Merk Mitsubhisi type 4D32-04 dengan 4 silinder diperoleh tekanan maksimum pada tiap tiap silinder rata-rata tertinggi adalah sebesar 76.11 kg/cm², Sehingga dari hasil olah data diperoleh Indicated Horse Power (IHP) dari motor diesel tersebut adalah 82.93 PS pada 2750 rpm.

Kata kunci- Tekanan, Hp, Mesin Diesel, Monitoring, Indikasi Hp

Abstract

In general, diesel engines do not vary much with the gasoline engine. Some parts of the components have the same function as gasoline engines. The main difference is in process or duty cycle. The diesel engine does not use ignition to start combustion. The fuel is injected into the combustion chamber at the end of the compression step. Previously sucked air has been compressed in the combustion chamber until the pressure and temperature rise to 900 - 1000 ° C. Rising pressure and temperature cause the fuel to ignite and burn itself.

To know the pressure of combustion result of fuel mounted pressure monitor which connected with process system from analog become digital and processed again in the form of pressure function graph. Meanwhile, to determine the angle of the diesel motor is fitted with a control system to determine the angle on the crankshaft is also connected to the computer as a function crank angle. Of the two monitor system is formed graph of pressure function with crank angle on diesel motor.

From the results of data retrieval on diesel motor Mitsubhisi brand type 4D32-04 with 4 cylinder processed maximum pressure on each cylinder the highest average is 76.11 kg / cm², So from the results if the data obtained Indicated Horse Power (IHP) from the diesel motor is 82.93 PS at 2750 rpm.

Keyword – Pressure, Hp, Engine Diesel, Monitoring, Indication Hp

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan motor *diesel* semakin lama semakin berkembang dengan pesat seiring kebutuhan daya yang besar dan harga bahan bakar yang semakin meningkat. Penggunaan mesin *diesel* baik untuk transportasi darat, laut dan kebutuhan industri banyak digunakan dan memerlukan perhatian dalam menentukan keoptimalisasian kinerja dari mesin tersebut. Penggunaan mesin *diesel* pada kendaraan bermotor memang kalah populer dibandingkan mesin bensin. Meski begitu, jangkauan pemakaiannya lebih luas. Antara lain mobil penumpang, truk, bus, kapal

laut dan lain sebagainya. Daya tarik utama mesin *diesel* adalah nilai ekonomisnya. Disamping konsumsi bahan bakarnya irit. Pencemaran yang ditimbulkannya pun tidak seberat mesin bensin.

Mesin *diesel* tersebut tidak berbeda jauh dengan mesin bensin. Beberapa bagian komponennya mempunyai fungsi yang sama dengan mesin bensin. Perbedaan utamanya pada proses atau siklus kerja. Mesin *diesel* tidak menggunakan pengapian untuk memulai pembakaran. Bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar pada akhir langkah kompresi. Sebelumnya udara yang diisap telah dikompresi dalam ruang bakar sampai tekanan

dan temperatur menjadi naik mencapai 900 – 1000 °C. Naiknya tekanan dan temperatur mengakibatkan bahan bakar menyala dan terbakar sendiri. Untuk memperoleh tekanan kompresi yang tinggi saat putaran mesin rendah, banyaknya udara yang masuk ke dalam silinder harus besar tanpa menggunakan *throttle valve* untuk membatasi aliran dari udara yang dihisap. Dengan demikian dalam sebuah mesin *diesel*, output mesinnya dikontrol oleh pengontrol banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan. Menjelang akhir langkah kompresi, bahan bakar disemprotkan ke udara yang sangat panas tersebut. Akibatnya bahan bakar tersebut langsung terbakar, karena titik nyala bahan bakar dibawah temperatur ruang bakar tersebut.

Dengan demikian untuk menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar, diperlukan tekanan yang jauh lebih tinggi. Untuk mengontrol / mengetahui *pressure* (tekanan) dalam ruang bakar tersebut diperlukan peralatan khusus untuk mengukurnya, sehingga dari hasil pengukuran dapat diketahui daya yang dihasilkan dari mesin tersebut, oleh karena itu penulis mengambil judul penelitian “Pembuatan *Pressure Monitoring Untuk Menentukan Indicated Horse Power (Ihp) Pada Mesin Diesel*”

Perumusan Masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana menentukan *presurre* di ruang bakar pada setiap kondisi dan pada kondisi setelah penyemprotan bahan bakar.
- b. Bagaimana menentukan putaran poros engkol untuk mengetahui besar sudut engkol pada setiap kondisi proses yaitu mulai dari langkah isap (pemasukan), langkah kompresi, langkah usaha dan langkah buang (pembilasan).

Dalam penelitian ini maka batasan masalah adalah sebagai berikut :

- a. Monitoring dilakukan hanya untuk menentukan tekanan pada setiap kondisi proses.

- b. Monitoring putaran poros engkol untuk menentukan besarnya sudut engkol pada setiap kondisi proses.
- c. Mesin yang diuji adalah merk komatsu type 6D – 125 -2 yang ada pada Bengkel Reparasi Mesin PPNS.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk menentukan *Indicated Horse Power (IHP)* pada setiap rpm kondisi mesin bekerja.
- b. Untuk mendapatkan *actual indicator diagrams* (P Vs Sudut engkol) dari penentuan tekanan dan sudut engkol.

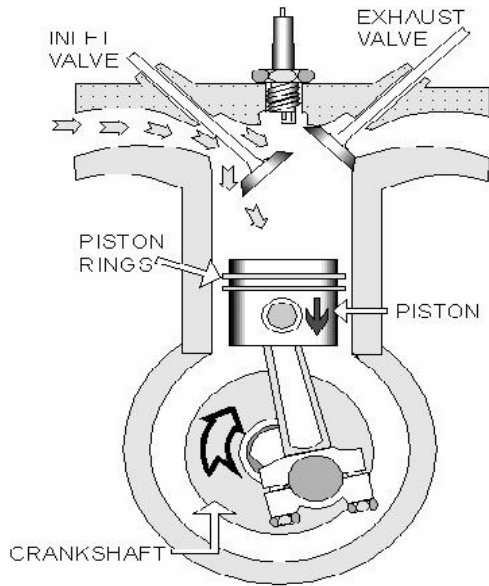
Manfaat penelitian ini adalah

- a. Dapat digunakan sarana pembelajaran pada mahasiswa khususnya Jurusan Teknik Permesianan kapal untuk lebih memahami proses pada mesin *diesel*.
- b. Untuk sarana penelitian lanjutan apabila menginginkan lebih mendalami mengenai mesin *diesel* mengenai sistim dan proses pembakaran bahan bakar, monitoring getaran dan lain sebagainya.

2. METODE

2.1. Terjadinya Kevakuman

Mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang menggunakan sistem bahan bakar, baik itu yang menggunakan karburator atau yang sudah menggunakan injeksi bahan bakar, asupan udara yang masuk melalui intake manifold diatur dan dibatasi oleh sebuah katup yang disebut katup *throttle (throttle valve)*. Pada saat *throttle valve* tertutup penuh maka udara tertahan sehingga hanya sedikit udara yang masuk ke dalam ruang bakar melalui intake manifold. Ketika *throttle valve* tertutup maka tekanan atmosfer udara didalam intake manifold lebih rendah dari pada tekanan atmosfer udara luar. Tekanan yang lebih rendah didalam intake manifold setelah *throttle valve* inilah yang kemudian di sebut vakum (*vacuum*) atau ruang hampa.



Gambar 2. Proses pemvakuman pada ruang bakar

Ketika kita duduk dibelakang kemudi, mesin sedang menarik udara sebanyak-banyaknya dari sebuah pompa penghisap udara, namun ketika *throttle valve* hampir tertutup maka aliran udara yang mengalir sedikit bahkan layaknya tetesan-tetesan. Akhirnya, terdapat ruang hampa (vacum) dibelakang *throttle valve*. Semakin kuat dan cepat pompa penghisap udara (yaitu mesin) bekerja, maka semakin tinggi pembacaan kevakuman (semakin rendah tekanan udara didalam *intake manifold*). Maka dari itu, hasil pembacaan *vacuum gauge* bisa digunakan untuk mendiagnosa keadaan mesin, misal; jika cincin piston mengalami kebocoran, maka mesin akan mencoba menghisap udara dari berbagai saluran, bahkan dari saluran yang terjadi akibat kebocoran cincin piston, hal ini akan menurunkan kualitas vakum pada intake manifold, hasilnya jumlah bahan bakar yang terhisap kedalam ruang bakar lebih sedikit dari pada kondisi normal.

2.2. Bagian *Vacuum gauge*

Dibawah ini kelengkapan *vacuum gauge* dan *pressure test*



Gambar 3. *Vacuum* dan *Pressure gauge* pada *glu plag*

1. *Vacuum* and *Pressure Gauge*
2. *Black Rubber Hose* for air and fuel (24")
3. *Universal Adapter - Fuel line, air and PVC*
4. "Tee" *Fitting*
5. *Tapered Hose Adapter*
6. 1/8 *NPT X 0.187 Barb*

Vacuum gauge digunakan oleh para mekanik mesin untuk mengetahui sistem aliran campuran udara bahan bakar sehingga mampu memberikan gambaran kondisi mesin. Pergerakan jarum yang terdapat pada *vacuum gauge* merupakan informasi penting dalam pengambilan kesimpulan tentang keadaan mesin terutama saat *throttle valve* dibuka dan ditutup dengan cepat. Secara umum beberapa penyebab terhadap hasil pengukuran kevakuman pada intake manifold seperti dibawah ini:

- a. Siklus naik turun dengan lambat ini biasanya menunjukkan campuran udara dan bahan yang tidak sesuai/seimbang
- b. Kevakuman rendah ini menunjukkan terdapat kebocoran pada *intake manifold* (misal; *gasket*, selang, dan lain-lain).
- c. Terhalangnya saluran buang dan knalpot juda dapat menyebabkan rendahnya kevakuman (misal; knalpot tersumbat, pipa buang penyok, dan lain-lain).
- d. Karbon hasil pembakaran kadang-kadang menempel pada katup sehingga terjadi

- kebocoran ruang bakar. Hal ini juga bisa menurunkan kevakuman.
- e. Katup buang yang terbakar juga dapat mengakibatkan rendahnya pembacaan vakum.
 - f. Jarum *vacuum gauge* berfluktuasi (bergetar bolak balik) saat idle menunjukkan terdapat keausan pada komponen mekanisme katup (misal; *cam, pushrod, valve guide*).
 - g. Jarum *vacuum gauge* berfluktuasi pada saat kendaraan berjalan ini diakibatkan oleh lemahnya pegas katup.

2.3. Letak Pemasangan *Vacuum gauge*

Vacuum gauge juga merupakan alat periksa berbiaya rendah namun dapat memberikan informasi yang akurat seperti halnya alat periksa modern. Ini semua masalah kemampuan mekanik dalam menggunakan alat-alat sederhana namun akurat. Ketidaktahuan atau kemalasan mekanik kadang membuat mereka enggan untuk menggunakan alat-alat sederhana menjadi alat yang lebih berdaya guna. *Vacuum gauge* adalah alat yang biasanya termasuk dalam Tune-Up Kit dengan harga relatif murah. Namun *vacuum gauge* pulalah alat yang hampir tidak pernah digunakan oleh para mekanik.

Untuk memasang *vacuum gauge* hal yang harus diperhatikan bahwa saluran untuk pengukuran kevakuman harus diambil dari intake manifold yang berada dibelakang *throttle valve* (katup gas). Pada umumnya saluran yang diambil berasal dari dua tempat, yaitu: Selang *Vacuum Advancer*

Vacuum gauge bisa dipasang diantara selang karburator yang menuju ke vacuum advancer (pengajuan waktu pengapian sesuai kevakuman) pada distributor. Namun hati-hati, bukan dengan cara mencabutnya dari vacuum advancer kemudian memasangkannya ke *vacuum gauge*. Dibutuhkan selang pembagi (T Fitting / Pembagi T), sehingga *vacuum advancer* tetap bisa bekerja dan *vacuum gauge* juga bisa melakukan pembacaan kevakuman. Lihat gambar dibawah ini.



Gambar 4 Kondisi *pressure gauge* dan analog *pressure*

2.4. Selang *Brake Booster (Booster Rem)*

Saluran kevakuman yang menuju ke booster rem juga bisa kita gunakan untuk lokasi pemasangan *vacuum gauge*. Dan kita cukup mencopot selang yang menuju ke *booster rem* dan kemudiamemasangkannya pada *vacuum gauge*, seperti gambar dibawah ini:

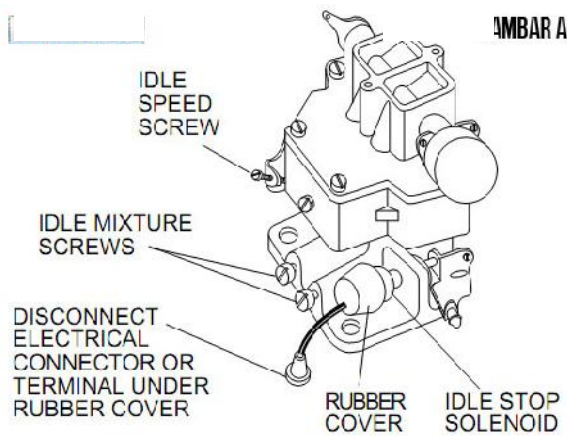


Gambar 5. Penempatan *Pressure Gauge*.

2.5. Pengujian Saat Mesin Mati Langkah Pengujian

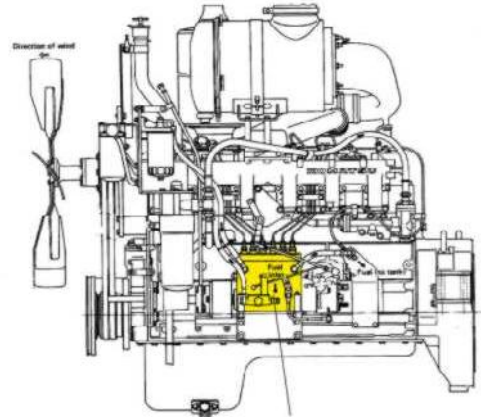
- a. Hidupkan mesin dan biarkan mesin mencapai suhu operasi normal, kemudian matikan mesin. Untuk mencegah mesin hidup, nonaktifkan sistem pengapian.

- b. Lepas saringan udara (*Air Filter*). Kendurkan *idle speed screw* (sekru kecepatan idle) hingga *throttle valve* tertutup rapat (Lihat Gambar 6). Jika karburator dilengkapi *idle air bleed screw* (sekru penyetelan udara), putar sekru (searah jarum jam) hingga saluran tertutup rapat. Namun ingatlah saat memutar kedua sekru, hitung berapa jumlah putarannya sehingga sekru dapat dikembalikan ke posisi semula setelah dilakukan pengetesan.
- c. Jika kendaraan dilengkapi dengan *idle stop solenoid*, lepaskan kabel selenoid melalui konektor (Lihat Gambar 6).



Gambar 6 nama-nama bagian mesin

- d. Jika mesin dilengkapi dengan sistem PCV (*Positive Crankcase Ventilation*), lepaskan katup PCV pada bagian penutup kepala silinder (Lihat Gambar B) dan sumbat bagian bawah katup dengan tape atau bahan lain yang bisa digunakan.
- e. Menggunakan selang yang disediakan, hubungkan *vacuum gauge* ke *intake manifold*.



Gambar 7 *Positive Crankcase Ventilation*

2.6. Pengujian Saat Mesin Hidup Langkah Pengujian

Pada saat melakukan pengujian mesin hidup, kemungkinan terdapat perbedaan hasil pengukuran dengan pengujian saat mesin mati.

- Hubungkan *vacuum gauge* pada saluran vakum di intake manifold.
- Jalankan mesin pada suhu operasi normal dan kecepatan idle

2.7. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan meliputi:

a. Tahap Pertama Pengumpulan Data.

➤ Studi Literatur

Melakukan studi pustaka baik dari buku - buku teks maupun dari jurnal - jurnal yang telah dipublikasikan yang masih relevan dengan penelitian ini.

➤ Survey Lapangan (bengkel)

Melakukan kunjungan pada bengkel yang nantinya akan dilakukan penelitian dan pengambilan data yaitu pada bengkel Reparasi Mesin *Diesel* yang sudah ada jenis mesin *diesel* yang sesuai kriteria dari penelitian.

b. Tahap Kedua Perancangan *Pressure Tester*

Skema perancangan adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Alur perencanaan sampai pengolahan data

Alat ukur vakum atau *Vacuum gauge* merupakan alat ukur yang sangat berharga bagi mekanik selama bertahun-tahun. Bahkan pada mesin dengan sistem komputer modern pun, alat pengukur vakum masih tetap digunakan untuk mendiagnosa masalah pada mesin dan penyaluran tenaga. Jika kinerja mesin mengalami masalah, maka penyaluran tenaga mesin pun akan terganggu. Sering kali kita merasakan terdapat masalah pada penyaluran tenaga mesin padahal terjadinya masalah ada pada mesin. Ketika terjadi masalah pada mesin, beberapa bagian mungkin tidak dapat bekerja secara normal seperti saringan udara, busi, katup, sistem bahan bakar, sistem kelistrikan dan atau sistem emisi gas buang. *Vacuum gauge* digunakan untuk mengukur tekanan intake manifold. Dalam mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), tekanan pada intake manifold selalu di bawah tekanan atmosfer. Keadaan ini juga sering disebut sebagai ruang hampa. *Vacuum gauge* menunjukkan perbedaan antara tekanan atmosfer luar dan nilai kevakuman yang terjadi pada intake manifold.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Penelitian

Untuk pengambilan data, penelitian diaplikasikan pada motor *diesel* Merk Mitsubishi type 4D32 – 2A dengan spesifikasi motor sebagai berikut :



ENGINE	
Model:	4D32-2A
Configuration:	In line 4
Type:	Direct injection diesel with glow plug
Displacement:	3567 cc
Bore:	104mm
Stroke:	105mm
Power (JIS):	80kW (110ps) @ 3500rpm
Torque (JIS):	255Nm (188lb/ft) @ 1800rpm
Oil Cooler:	Water cooled
Air Cleaner:	Paper element type
Weight:	320kg

Gambar 9. Gambar Mesin Mitsubishi type 4D32

Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dengan mengamati dan merekam tekanan dan sudut engkol pada saat motor *diesel* dari setiap satu siklus (isap, kompresi, usaha, buang), kondisi motor *diesel* dihidupkan selama 5 detik pada rpm yang sama sebanyak 5 rpm, mulai dari 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, 1000 rpm dan 1100 rpm.

Tekanan maksimum yang terjadi adalah :

Tabel 1. Tekanan rata – rata pada rpm 1750 s/d 2750

Pada 1750 rpm							
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4	Siklus 5	Siklus 6	Siklus 7
Tekanan Maksimum (kg/cm ²)	57.68	59.71	57.65	57.68	58.66	59.69	57.73
Rata - rata							58.40
Pada 2000 rpm							
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4	Siklus 5	Siklus 6	Siklus 7
Tekanan Maksimum (kg/cm ²)	68.08	67.91	68.11	67.89	67.96	68.05	68.13
Rata - rata							68.02
Pada 2250 rpm							
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4	Siklus 5	Siklus 6	Siklus 7
Tekanan Maksimum (kg/cm ²)	70.27	69.78	69.82	70.18	70.21	69.87	70.19
Rata - rata							70.05
Pada 2500 rpm							
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4	Siklus 5	Siklus 6	Siklus 7
Tekanan Maksimum (kg/cm ²)	70.92	70.71	70.83	70.79	71.03	71.12	70.94
Rata - rata							70.91
Pada 2750 rpm							
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4	Siklus 5	Siklus 6	Siklus 7
Tekanan Maksimum (kg/cm ²)	72.88	73.41	73.39	72.98	73.85	73.08	73.19
Rata - rata							73.25

Besar sudut yang digunakan adalah mulai dari -180° sampai 180° yang digunakan pada

grafik sebagai sumbu x dan tekanan sebagai sumbu y.

3.2. Perhitungan Daya (IHP)

Data dari spesifikasi motor *diesel* :

Type : 4D32-2A/ 4 tak
 Bore (D)/ A : 104 mm / 0.85 m²
 Stroke (L) : 105 mm
 N (rpm)/ Power (PS) : 3500 rpm/110 PS
 Jumlah Silinder (Z) : 4 Silinder

Untuk menghitung daya (IHP) adalah sebagai berikut:

$$\text{Daya} = (P \times A \times L \times N \times Z \times a) / (60 \times 75) \text{ PS}$$

Jika pada 1750 rpm maka besar IHP adalah:

$$= (5.40 \times 0.85 \times 1.05 \times 1750 \times 4 \times 0.5) / (60 \times 75)$$

$$= 40.49 \text{ PS}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dimasukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Tekanan pada ruang bakar pada setiap siklus dan indicated horse power pada tekanan efektif rata-rata.

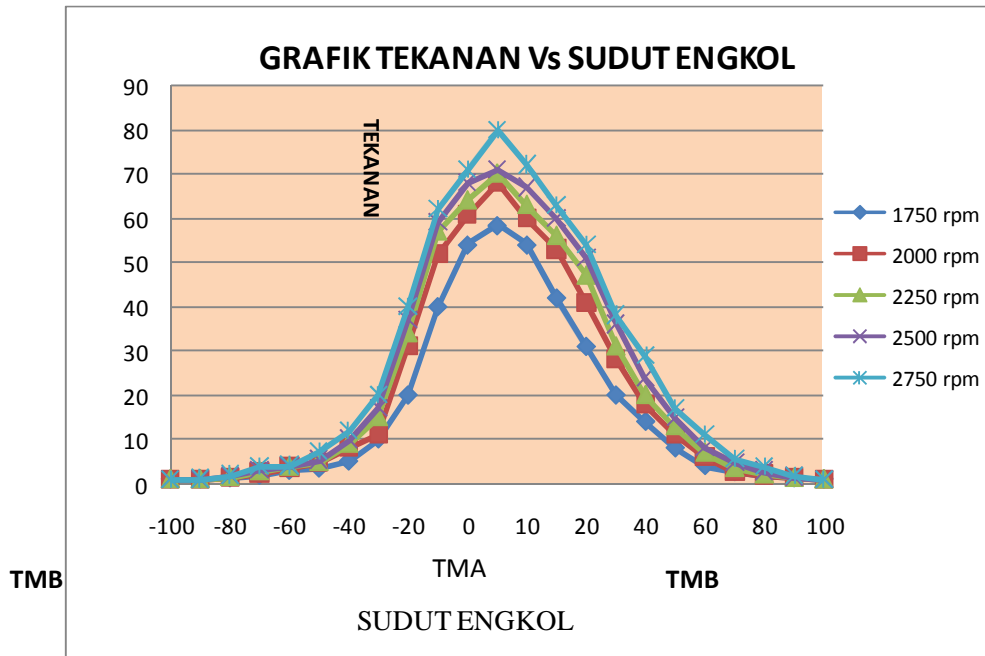
RPM Motor	Tekanan Maksimum (kg/cm ²)							Tekanan Efektive Rata-Rata (Pmep) kg/cm ²	Indicated Horse Power (IHP) PS
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4	Siklus 5	Siklus 6	Siklus 7		
1750	57.68	59.71	57.65	57.68	58.66	59.69	57.73	58.40	40.49
2000	68.08	67.91	68.11	67.89	67.96	68.05	68.13	68.02	53.90
2250	70.27	69.78	69.82	70.18	70.21	69.87	70.19	70.05	62.45
2500	70.92	70.71	70.83	70.79	71.03	71.12	70.94	70.91	70.24
2750	74.88	76.41	75.39	78.98	75.85	74.08	77.19	76.11	82.93

Dari tekanan tiap sudut engkol dapat dibuat tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Tekanan ruang bakar pada setiap sudut engkol pada rpm 1750 s/d 2750

Sudut Engkol	RPM MOTOR				
	1750	2000	2250	2500	2750
-100	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
-90	0.98	0.98	0.98	0.98	1.1
-80	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9
-70	1.8	2.4	2.8	3.1	3.8
-60	2.9	3.7	3.8	3.9	4.1
-50	3.4	4.7	4.9	5.4	7.2
-40	5	8	9	10	12
-30	10	11	15	17	20
-20	20	31	34	37	40
-10	40	52	57	59	62
0	54	61	64	68	71
8	58.40	68.02	70.05	70.91	76.11
10	54	60	63	67	72
15	42	53	56	60	63
20	31	41	47	51	54
30	20	28	31	36	38
40	14	18	20	24	29
50	8	11	13	15	17
60	4	6	7	8	11
70	2.6	2.8	3.5	4.6	5.6
80	1.8	1.9	2.1	2.8	3.8
90	1.2	1.3	1.3	1.5	1.7
100	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96

Dari tabel 3 dapat dibuat grafik Tekanan terhadap sudut engkol sebagai berikut



Gambar 8. Grafik tekanan vs sudut engkol

Dari grafik ini bahwa semakin tinggi rpm dari motor *diesel* maka besar tekanan maksimum rata – rata pada ruang bakar akan semakin tinggi dan terjadi kurang lebih 8° setelah titik mati atas (TMA). Tekanan efektif rata – rata terendah terjadi pada rpm 1750 sebesar 58.40 kg/cm², sedangkan tekanan efektif rata – rata tertinggi pada rpm 2750 sebesar 76.11 kg/cm². Semakin mendekati titik mati atas tekanannya semakin naik dan semakin menjauhi titik mati atas (TMA) maka tekanannya semakin rendah pada setiap siklus pada siklus kompresi dan usaha.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dalam pembuatan pressure monitoring untuk menentukan Indicated Horse Power (IHP) pada motor *diesel* adalah sebagai berikut :

1. Untuk menghitung Indicated Horse Power (IHP) pada motor *diesel* bisa cepat diketahui jika tekanan efektif rata – rata (Pmep) diketahui pada setiap rpm motor

diesel yang bekerja. Pada penelitian ini IHP tertinggi pada 2750 rpm sebesar 76.11 kg/cm² dan terendah pada 1750 rpm sebesar 40.49 kg/cm².

2. Grafik tekanan terhadap sudut engkol digunakan untuk mempermudah dalam mengamati performance (tekanan) dari engine pada posisi dalam satu siklus yaitu isap, kompresi, usaha dan buang pada posisi tekanan tertentu. Pada posisi saat penyemprotan bahan bakar maupun mulai terjadinya pembakaran bahan bakar mudah terbaca pada grafik tekanan terhadap sudut engkol.

5. SARAN

1. Untuk merubah data *pressure gauge* dari analog ke digital memerlukan keakurasian peralatan yang baik, sehingga hal ini sangat menentukan keberhasilan dalam pembacaan hasil pengujian.
2. Dalam melakukan olah data pada komputer maka harus menggunakan

beberapa kali percobaan supaya lebih mendekati kesempurnaan dalam melakukan penelitian.

3. Perlu dilakukan kalibrasi yang lebih baik untuk lebih mendekati kesempurnaan hasil dari pembuatan alat presure gauge yang digunakan untuk mengetahui besar tekanan pada ruang bakar tersebut

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak dapat terselesaikan dengan baik dan lancar apabila tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Eko Julianto, MT., MRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Bapak Ir. Arie Indartono, MMT selaku Ketua P3M Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak George Endri Kusuma, ST. M.Sc.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal.
4. Bapak Eko Purwanto, Mas Albert dan semua teknisi Laboratorium Motor Bakar yang selalu membantu, mengarahkan, saat dilakukannya pengerjaan penelitian ini.

Penulis sangat menyadari bahwa di dalam penelitian ini masih banyak dijumpai kekurangan. Segala saran dan kritik membangun dari para penelaah sangat bermanfaat untuk penyempurnaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Adnan Parla, Halit Yasarb,Osman Eldogan. The effect of thermal barrier coating on a turbo-charged *Diesel* engine performance and exergy potential of the exhaust gas. Research Article Energy Conversion and Management, Volume 46. 2005.
- [2]Abdul Rahim Ismail, Rosli Abu Bakar, Computer Modelling For 4-Stroke Direct Injection *Diesel* Engine. Journal Advanced Materials Research Vols. 33-37. 2008.
- [3]Bosch. *Diesel* Fuel Injection, Germany:Robert Bosch GmbH, 1994
- [4]Heywood, J B. Internal Combustion EngineFundamental, Singapore: Mcgraw Hill, 1989.
- [5]Konishi, K., Sakai, Y. Ishihara, A. Modeling of Spray Combustion for NO Exhaust Estimation of a Large-sized Marine *Diesel* Engine. Transactions of the JSME, Series B, Vol. 75, No. 760. . 2009
- [6]Mathur ML. Sharma RP. A Course In Internal Combustion Engine, Dhanpat Rai & Sons 1682, Nai Sarak, Delhi -110006, 1980.
- [7]Maleev, V L. Internal Combustion Engine,Singapore: Mcgraw Hill, 1985.
- [8]Obert, E F. Internal Combustion Engine and Air Polution, New York: Harper & RowPublisher,1973
- [9]Sarif Sampurno. Pengaruh Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk Terhadap Efisiensi Volumetrik Rata - Rata Pada Motor *Diesel*. Jurnal Profesional Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. 2010