

# ANALISA PERHITUNGAN PEMBAKARAN PADA MOTOR DIESEL EMPAT LANGKAH

Supri Ramadhani

Universitas Amir Hamzah, Jln. Pancing Pasar V Barat Medan Estate, Telp/Fax (061)6614160

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Unhamz, Medan Sumatera Utara

E-mail : supri\_ramadhani85@yahoo.com

## ABSTRAK

Mesin pembakaran dalam adalah mesin penggerak yang selalu dipakai. Memanfaatkan energi panas dari proses terbakarnya bahan bakar menjadi energi gerak. Motor pembakaran dalam merupakan salah satu jenis mesin penghasil panas yang proses terbakarnya bahan bakar terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin diesel merupakan mesin pembakaran dalam dimana proses penyalaannya adalah ketika piston mendekati titik mati atas selanjutnya bahan bakar akan disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui nosel maka terjadilah pembakaran pada ruang bakar dan udara dalam silinder akan mencapai temperatur tinggi. Setelah melakukan perhitungan pada motor diesel didapat volume langkah motor sebesar 618,91 cc, motor menghasilkan torsi 16,25 Nm. Pemakaian bahan bakar indikator 0,1573 Kg/Hp-Jam dan bahan bakar spesifik 0,1748 Kg/Hp-Jam dengan jumlah bahan bakar yang diperlukan sebesar 16,65 L/Jam.

**Kata Kunci :** Empat langkah, Ruang bakar, Bahan Bakar, Pembakaran

## ABSTRACT

The internal combustion engine is a driving machine that is always used. Utilizing thermal energy from the burning process of fuel into motion energy. The internal combustion engine is one type of heat-producing engine whose fuel combustion process occurs in the combustion engine itself so that the combustion gas that occurs at the same time as its working fluid. The diesel engine is an internal combustion engine where the ignition process is when the piston approaches the top dead point then the fuel will be sprayed into the combustion chamber through the nozzle then combustion occurs in the combustion chamber and the air in the cylinder will reach high temperatures. After calculating the diesel motor, the motor step volume is 618.91 cc, the motor produces a torque of 16.25 Nm. The use of indicator fuel is 0.1573 Kg / Hp-Hour and specific fuel is 0.1748 Kg / Hp-Hour with the required amount of fuel of 16.65 L / Hour.

**Keywords :** four steps, Combustion chamber,, Fuel, combustion

## 1. Latar Belakang

Mobil adalah alat transportasi dimana penggerak mulanya adalah suatu mesin. Motor pembakaran dalam merupakan salah satu mesin yang digunakan sebagai penggerak mula-mula alat transportasi. Motor pembakaran dalam merupakan suatu mesin berubahan tenaga dimana dapat merubah tenaga panas menjadi tenaga gerak. Dengan adanya energi kalor sebagai suatu penghasil tenaga maka sudah semestinya mesin tersebut memerlukan bahan bakar dan sistem pembakaran yang digunakan sebagai sumber kalor. Motor bakar yang menggunakan bahan bakar bensin disebut

dengan motor bensin dan motor bakar torak yang menggunakan bahan bakar solar disebut motor diesel

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai. Dengan memanfaatkan energi panas dari proses pembakaran menjadi energi gerak. Mesin pembakar dalam merupakan salah satu jenis mesin panas yang proses pembakarannya terjadi didalam mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi merupakan fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam.

Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Sebagai contoh mesin uap, dimana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah.

Motor diesel adalah salah satu dari *internal combustion engine* (motor dengan pembakaran didalam silinder), dimana energi kimia dari bahan bakar langsung diubah menjadi tenaga kerja mekanik. Pembakaran pada motor diesel akan lebih sempurna pada saat unsur karbon (C) dan hidrogen (H) dari bahan bakar diubah menjadi air ( $H_2O$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ), sedangkan gas karbon monoksida (CO) yang terbentuk lebih sedikit dibanding dengan motor bensin. Di dalam motor diesel terdapat torak yang mempergunakan beberapa silinder yang di dalamnya terdapat torak yang bergerak bolak-balik (translasi). Di dalam silinder itu terjadi pembakaran antara bahan bakar solar dengan oksigen yang berasal dari udara. Gas yang dihasilkan oleh proses pembakaran mampu menggerakkan torak yang dihubungkan dengan poros engkol oleh batang penggerak. Gerak translasi yang terjadi pada torak menyebabkan gerak rotasi pada poros engkol dan sebaliknya gerak rotasi tersebut mengakibatkan gerak bolak-balik torak

Motor diesel adalah motor bakar torak yang proses penyalanya bukan menggunakan loncatan bunga api melainkan ketika torak hampir mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui nosel sehingga terjadilah pembakaran pada ruang bakar dan udara dalam silinder sudah mencapai temperatur tinggi.

## 2. Metodologi Penelitian

Dari hasil pengambilan dan pengumpulan data didapat diameter torak (D), langkah torak (L), isi silinder, daya dan putaran dari motor diesel. Data lain didapat yaitu temperatur awal pembakar ( $T_0$ ), massa jenis bahan bakar diesel, tekanan awal pembakaran ( $P_0$ ).

### 2.1. Teknik Pengumpulan Data

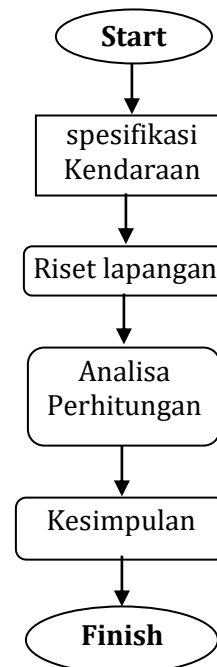
Teknik Pengumpulan data yang penulis laksanakan adalah :

- Studi literatur pada buku - buku motor diesel
- Jurnal tentang motor diesel 4 langkah
- Web internet

### 2.2. Spesifikasi Kendaraan

- Panjang x lebar x tinggi : 4710x1700x1.845 mm
- Radius Putaran minimum : 4,4 m
- Kapasitas tangki bahan bakar : 47 liter
- Tipe mesin : 4D56 Cylinder inline  
Diameter x langkah : 91,1 x 95 mm
- Isi Silinder : 2477 cc
- Perbandingan kompresi : 17 : 1
- Daya maksimum : 74 PS/ 4200 rpm
- Torsi maksimum : 15 kg.m / 2500 rpm
- Tipe Bahan Bakar : Solar

### 2.3. Diagram Alir



Gambar 1. Diagram alir

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1. Data Teknis Mesin

Perhitungan ulang untuk mengetahui kinerja dari suatu mesin, apakah kemampuan kerja dari mesin tersebut masih sesuai dengan kelayakan pemakaian atau perlu diadakan perbaikan serta penggantian komponen – komponen mesin agar dapat dioperasikan maksimal.

- Diameter silinder : 91,1 mm
- Panjang langkah : 95 mm
- Daya Maksimum : 74 ps/ 4200 rpm
- Torsi Maksimum : 15 kg.m / 2500 rpm
- Isi Silinder : 2477 cc

#### 3.2. Data Teoritis

- Temperatur udara luar ( $T_0$ ) : 30°
- Tekanan udara luar ( $P_0$ ) : 1,033 Kg/cm<sup>2</sup>
- Tekanan gas pada permulaan kompresi ( $P_a$ ) : 0,85 – 0,92
- Harga ( $\Delta t_w$ ) : 10°–20° K.
- Tekanan dari gas bekas ( $\gamma r$ ) : 0,03-0,04.
- Tekanan gas pada akhir pembuangan ( $P_r$ ) : 0,9 atm, 1 atm dan 1,3 atm
- Temperatur gas buang ( $T_r$ ) : 100° C, 300° C, 500° C
- Temperatur akhir pembakaran ( $T_z$ ) : 2300 – 2700° K
- Koefisien kelebihan udara ( $\alpha$ ) : 1,1-1,3
- Faktor koreksi dari  $\varphi = 0,95-0,97$ .
- Efisiensi mekanis ( $\eta_m$ ) = 0,85-0,90.
- Koefisien penggunaan panas hasil pembakaran ( $\xi_z$ ) = 0,85-0,95.
- Eksponen politropis ekspansi ( $n_2$ ) : 1,15-1,3.
- Perbandingan kompresi motor diesel : 12 – 22
- Massa jenis Diesel : 0,81 – 0,88 gr/cm<sup>3</sup>

#### 3.3. Analisa Perhitungan

##### 1. Volume langkah

Besarnya ruang bakar yang ditempuh oleh piston selama melakukan langkah kerja.

##### A. Volume langkah ( $V_L$ )

$$V_L = \frac{\pi}{4} D^2 \times l$$

$$V_L = \frac{\pi}{4} (9,11)^2 \times 9,5$$

$$V_L = 618,91 \text{ cc}$$

##### B. Temperatur awal kompresi ( $T_a$ )

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T_w + (\gamma r \times T_r)}{1 + \gamma r}$$

Dimana :

$T_a$  = Temperatur awal kompresi (°K)

$T_0$  = Temperatur udara luar 303°K

$T_r$  = Temperatur gas bekas 773°K

$\gamma r$  = Koefisien gas bekas 0,04

$\Delta T_w$  = Kenaikan udara karena menerima suhu dari dinding 20°K

Maka :

$$T_a = \frac{303^\circ\text{K} + 20^\circ\text{K} + (0,04 \times 773^\circ\text{K})}{1 + 0,04}$$

##### C. Temperatur akhir kompresi ( $T_c$ )

$$T_c = T_a \times \epsilon^{n_1 - 1}$$

Dimana :

$T_a$  = Temperatur awal kompresi 340,3°K

$\epsilon$  = Perbandingan kompresi 17

$n_1$  = Koefisien polytropik 1,35

Maka :

$$T_c = 340,3^\circ\text{K} \times 17^{(1,35-1)}$$

$$T_c = 917,31^\circ\text{K}$$

##### D. Tekanan akhir kompresi ( $P_c$ )

$$P_c = P_a \times \epsilon^{n_1}$$

Dimana :

$P_a$  = Tekanan awal kompresi 1 kg /cm<sup>2</sup>

$\epsilon$  = Perbandingan kompresi 17

$n_1$  = Koefisien polytropik 1,35

Maka :

$$P_c = 1 \text{ kg/cm}^2 \times 17^{1,35}$$

$$P_c = 45,82 \text{ kg/cm}^2$$

##### E. Perbandingan Tekanan ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}$$

Dimana :

$P_z$  = Tekanan akhir pembakaran 50 Kg /cm<sup>2</sup>

$P_c$  = Tekanan akhir kompresi/ tekanan awal pembakaran 45,82 Kg/cm<sup>2</sup>

Maka :

$$\lambda = \frac{50}{45,82}$$

$$\lambda = 1,09$$

##### F. Kebutuhan bahan bakar

$$L_o = \frac{1}{0,21} \times \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right)$$

Dimana :  
 C = 86 %  
 H = 13 %  
 O = 1 %

Maka diperoleh:

$$L'_o = \frac{1}{0,21} \times \left( \frac{0,86}{12} + \frac{0,13}{4} - \frac{0,01}{32} \right)$$

$$L'_o = 0,494 \text{ mole}$$

G. Koefisien pembakaran

$$\mu_0 = \frac{M_g}{\alpha \times L'_o}$$

dimana :

$\mu_0$  = Koefisien pembakaran  
 $L'_o$  = Kebutuhan udara teoritis (mole)  
 $M_g$  = Jumlah molekul yang terbakar  
 $\alpha$  = Koefisien kelebihan udara 1,05  
 $M_g = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{O_2}$

Dimana :

$$M_{CO_2} = C/2 = 0,86/2 = 0,43$$

$$M_{H_2O} = H/2 = 0,13/2 = 0,065$$

$$M_{O_2} = 0,21 (a - 1) = 0,21 (1,05 - 1) = 0,0105$$

$$M_{N_2} = 0,79 (a - 1) = 0,79 (1,05 - 1) = 0,0395$$

Maka  $M_g$  akan di peroleh

$$M_g = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{O_2}$$

$$M_g = 0,43 + 0,065 + 0,0395 + 0,0105$$

$$M_g = 0,545 \text{ mole}$$

Maka :

$$\mu_0 = \frac{0,545}{1,05 \times 0,494}$$

$$\mu_0 = 1,05$$

H. Koefisien pembakaran molekul

$$\mu = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 \times \gamma_r}$$

Dimana :

$\mu$  = Koefisien pembakaran molekul  
 $\mu_0$  = Koefisien pembakaran 1,05  
 $\gamma_r$  = Koefisien gas bekas 0.04

Sehingga

$$\mu = \frac{1,05 + 0,04}{1 \times 0,04}$$

$$\mu = 1,048$$

I. Tekanan Akhir Pembakaran

$$P_z = \mu \frac{T_z}{T_c} \times P_c$$

Bila :

$P_z$  = Tekanan akhir pembakaran (Kg /cm<sup>2</sup>)

$\mu$  = Koefisien pembakaran molekul 1,048  
 $T_c$  = Temperatur akhir kompresi 917,316°K  
 $T_z$  = Temperatur pembakaran pada volume tetap 2500°K

Sehingga

$$P_z = 1,048 \frac{2500}{917,316} \times 45,82$$

$$P_z = 130,86 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.4. Efisiensi Mesin

A. Efisiensi volumetric

$$\eta_{ch} = \frac{\varepsilon \times P_a \times T_0}{(\varepsilon - 1) P_0 \times (T_0 + \Delta T_w + \gamma_r \times T_r)}$$

Dimana :

$\eta_{ch}$  = Efisiensi pemasukan  
 $\varepsilon$  = Perbandingan kompresi 17  
 $P_0$  = Tekanan udara luar (1 Kg/cm<sup>2</sup>)  
 $P_a$  = Tekanan awal kompresi (1,033Kg/cm<sup>2</sup>)  
 $T_0$  = Temperatur udara luar (303°K)  
 $T_r$  = Temperatur gas bekas (773°K)  
 $\gamma_r$  = Koefisien gas bekas  
 $\Delta T_w$  = Kenaikan udara karena menerima suhu dari dinding (20°K)

Maka :

$$\eta_{ch} = \frac{17 \times 1 \times 303}{7(1 - 1)1,033 \times (303 + 20 + 0,04 \times 773)}$$

$$\eta_{ch} = \frac{5151}{5849,58}$$

$$\eta_{ch} = 0,88$$

B. Efisiensi termal

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Dimana :

$\eta_t$  = Efisiensi thermal  
 $\varepsilon$  = Perbandingan kompresi  
 $k$  = Adiabatik eksponen 1,4

Maka :

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{17^{1,4-1}}$$

$$\eta_t = 0,678$$

$$\eta_t \approx 68 \%$$

C. Efisiensi termal indikator

$$\eta_i = \frac{632}{F_i \times Q_i}$$

Dimana :

$\eta_i$  = Efisiensi thermal indikator  
 $F_i$  = Pemakaian bahan bakar indikator (Kg/HP - jam)

$Q_i$  = Nilai pembakaran bahan bakar (10.100 Kcal/Kg)

Maka :

$$\eta_i = \frac{632}{0,1573 \times 10100}$$

$$\eta_i = 0,397$$

$$\eta_i \approx 40 \%$$

D. Efisiensi termal efektif

$$\eta_b = \frac{632}{F_e \times Q_i}$$

Dimana :

$\eta_i$  = Efisiensi thermal indikator

$F_e$  = Pemakaian bahan bakar spesifik efektif (Kg/HP - Jam)

$Q_i$  = Nilai pembakaran bahan bakar (10.100 Kcal/Kg)

Maka :

$$\eta_b = \frac{632}{0,1748 \times 10100}$$

$$\eta_b = 0,357$$

$$\eta_b \approx 36 \%$$

### 3.5. Kebutuhan Bahan Bakar

Dalam melakukan kerjanya, motor Parameter dalam perhitungan kebutuhan bahan bakar motor adalah sebagai berikut.

A. Pemakaian Bahan Bakar indikator

$$F_i = \frac{318,4 \times \eta_{ch} \times P_0}{P_i \times \alpha \times L'_0 \times T_0}$$

Dimana :

$F_i$  = Pemakaian bahan bakar indikator (Kg/HP - Jam)

$\eta_{ch}$  = Efisiensi volumetriki

$P_0$  = Tekanan udara luar (Kg/cm<sup>2</sup>)

$P_i$  = Tekanan rata-rata indikator sebenarnya (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\alpha$  = Koefisien kelebihan udara

$L'_0$  = Kebutuhan udara teoritis (mol)

$T_0$  = Temperatur udara luar (°K)

Maka :

$$F_i = \frac{318,4 \times 0,88 \times 1}{9,152 \times 1,3 \times 0,494 \times 303}$$

$$F_i = \frac{280,192}{1780,85}$$

$$F_i = 0,1573 \text{ kg/HP - Jam}$$

B. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif

$$F_e = \frac{F_i}{\eta_m}$$

Dimana :

$F_i$  = Pemakaian bahan bakar indikator (Kg/HP - Jam)

$\eta_m$  = Efisiensi mekanis

Maka :

$$F_e = \frac{0,1573}{0,9}$$

$$F_e = 0,1748 \text{ kg/HP - Jam}$$

C. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan

$$F_h = F_i \times N_i$$

Dimana :

$F_h$  = Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan Liter / Jam

$F_i$  = Pemakaian bahan bakar indikator

$N_i$  = Daya indikator

Maka :

$$F_h = F_i \times N_i$$

$$F_h = 0,1573 \times 105,9$$

$$F_h = 16,65 \text{ Liter/Jam}$$

### 3.6. Kebutuhan Air Pendingin

Akibat pembakaran bahan bakar sejumlah besar kalor akan dilepaskna dan kira - kira 30% dari jumlah kalor tersebut akan diubah menjadi kerja,serta sisanya akan didesipasikan melalui bagian mekanisme motor. Efek temperatur air pendingin terhadap daya poros dan kebutuhan bahan bakar spesifik jelas adanya. Karena itu diperlukan suatu termostat yang dipasang pada sistem pendingin motor diesel yang bekerja pada suhu 83<sup>o</sup> C untuk daya indikatif yang tinggi dan kebutuhan bahan bakar spesifik yang rendah. Penurunan temperatur air menjadi 40<sup>o</sup>C dari 83<sup>o</sup>C menyebabkan daya poros turun sebesar 5,3 % dan kebutuhan bahan bakar spesifik naik sebesar 5,5%.

A. Panas yang ditimbulkan

$$Q_{cool} = 0,3 \times F_e \times Q_i \times N_e$$

Dimana :

$Q_{cool}$  = Panas yang ditimbulkan (Kcal / jam)

$Q_i$  = Nilai pembakaran bahan bakar (Kcal/Kg)

$F_e$  = Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (Kg/HP - jam)

$N_e$  = Daya efektif (HP)

Maka :

$$Q_{cool} = 0,3 \times 0,1748 \times 10100 \times 95,31$$

$$Q_{cool} = 50480,36 \text{ Kcal/Jam}$$

B. Kapasitas air pendingin

$$\dot{m} = \frac{Q_{cool}}{K_u}$$

Dimana :

$\dot{m}$  = Kapasitas air pendinginan (Kg/jam)

$Q_{cool}$  = Panas yang ditimbulkan (Kcal/jam)

$K_u$  = Kalor uap (Kcal/Kg)

Bila :

Massa uap air ( $m_{air}$ ) = 18,05

Temperatur Awal ( $T_1$ ) = 83° C

Temperatur akhir ( $T_2$ ) = 40° C

Kalor spesifik ( $cp$ ) : 0,4hfg 2406 KJ/Kg  
( dari Tabel Uap )

$$= 2406 \times 0,23884$$

$$= 574,6 \text{ Kcal / Kg}$$

:

$$K_u = \text{massa uap air} \times [\text{hfg} + \text{kalor spesifik air} (T_1 - T_2)]$$

$$K_u = 10661,27 \text{ Kcal/Kg}$$

Kapasitas air pendingin:

$$\dot{m} = \frac{Q_{cool}}{K_u}$$

$$\dot{m} = \frac{50480,36 \text{ Kcal / Jam}}{10661,27 \text{ Kcal/Kg}}$$

$$\dot{m} = 4,734 \text{ Kg/Jam}$$

#### 4. Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan pada motor diesel maka di dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Volume Langkah ( $V_L$ ) : 618,91 cc
2. Temperatur awal kompresi ( $T_a$ ): 340,3° K
3. Temperatur akhir kompresi ( $T_c$ ): 917,31° K
4. Tekanan awal kompresi ( $P_c$ ) : 45,82 Kg/cm<sup>2</sup>
5. Perbandingan tekanan : 1,09
6. Kebutuhan bahan bakar ( $L'0$ ) : 0,494 mole
7. Koefisien pembakaran : 1,05
8. Koefisien pembakaran molekul : 1,048
9. Tekanan Akhir Pembakaran : 130,86 Kg/cm<sup>2</sup>

10. Perbandingan ekspansi pendahulu ( $\rho$ ): 1,002

11. Perbandingan kompresi selanjutnya ( $\delta$ ) : 16,96

12. Tekanan gas pada akhir ekspansi ( $P_b$ ): 2,855 Kg/cm<sup>2</sup>

13. Temperatur akhir ekspansi ( $T_b$ ): 927,43° K

14. Tekanan rata - rata indikator teoritis ( $P_{it}$ ) : 9,533 Kg/cm<sup>2</sup>

15. Tekanan ratarata indikator sebenarnya ( $P_e$ ) : 8,237 Kg/cm<sup>2</sup>

#### Efisiensi Mesin

1. Efisiensi volumetric ( $\eta_{ch}$ ) : 88%
2. Efisiensi termal ( $\eta_t$ ) : 68 %
3. Efisiensi termal indikator ( $\eta_i$ ): 40 %
4. Efisiensi termal efektif ( $\eta_b$ ) : 36 %
5. Efisiensi mekanis ( $\eta_m$ ) : 90 %

#### Kebutuhan Bahan Bakar

1. Pemakaian Bahan Bakar indikator ( $F_i$ ) : 0,1573 Kg/HP-Jam
2. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif ( $F_e$ ) : 0,1748 Kg/HP-Jam
3. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan : 16,65 L/Jam

#### Kebutuhan Air Pendingin

1. Panas yang ditimbulkan ( $Q_{cool}$ ): 50480,36 Kcal/Jam
2. Kapasitas air pendingin ( $m$ ) : 4,734 Kg/ Jam

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aris Munandar, W. dan Koichi Tsuda, 1983. **Motor Diesel Putaran Tinggi**, Jakarta, Pradnya Paramita
- [2] Harsanto. 1981. **Motor Bakar**, Jakarta, Penerbit Djambatan
- [3] Khovakh M. 1979 **Motor Vehicle Engine**, MIR Publisher, Moscow
- [4] Maleev V.L., M.E., Dr., A.M., 1973. **Internal Combustion Engine**, Mc. Graw Hill Book Company
- [5] Petrosky. N., **Marine Internal Combustion Engine**, Moscow, MIR Publisher
- [6] S.K. Kulshrestha, 1983. **Termodinamika Terpakai, Teknik Uap dan Panas**, Terjemahan Budiardjo, I Made Kartika d, Budiarto Jakarta, UI Press

- [7] Kristanto, Philip dan Rahardjo Tirtatmodjo. 2000. "Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara Masuk Terhadap Kinerja Motor Diesel Tipe 4 JA 1". *Jurnal Teknik Mesin*. Volume 2, No.1. Hal 7-14.
- [8] Markus Sumarsono, 2008. "Analisa Pengaruh Campuran Bahan Bakar Solar-Minyak Jarak Pagar Pada Kinerja Motor Diesel Dan Emisi Gas Buang", *J Tek Ling*. Volume 9, No.2, Hal 141-148