



MOTOR BAKAR CETUS API

PETUNJUK PRAKTIKUM PENGUJIAN PRESTASI MESIN



Disusun oleh:
Ir. Sudarman, MT
Ir. Herry Suprianto, MT
Khusnul Hadi, ST

NOVEMBER 8, 2021
LABORATORIUM KONVERSI ENERGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

DAFTAR ISI.....	Error! Bookmark not defined.
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Tujuan	1
1.2. Spesifikasi Engine and Instrument.....	1
1.3. Peraturan	2
II. DASAR PERHITUNGAN.....	3
2.1. Udara dan Bahan Bakar	3
Pengukuran Laju Aliran Udara.....	3
Pengukuran laju aliran bahan bakar.....	4
Laju massa campuran udara dan bahan bakar.....	5
Efisiensi volumetrik.....	5
2.2. Gas Buang.....	5
Perbandingan Udara-bahanbakar Stoikiometrik	5
Perbandingan Udara-bahanbakar Aktual.....	6
Koefisien kelebihan udara (<i>excess air coeficient</i>).....	7
Panas jenis gas.....	7
Konstanta Gas Stoikiometrik	8
Konstanta Gas Sebenarnya.....	9
2.3. Kerugian Panas.....	10
Kerugian Panas Gas Buang.....	10
Panas diserap minyak pelumas.....	10
Panas diserap pendinginan	10
2.4. Daya Efektif Poros (Brake Horse Power).....	10
Pengukuran Torsi.....	10
Kecepatan sudut	10
Daya Efektif Poros (bp).....	10
Tekanan rata-rata efektif poros.....	10
Spesifik Power Output.....	11
2.5. Daya Indikator.....	11
Panas Masukan.....	11
Kerja dihasilkan sebesar	11
Tekanan rata-rata siklus adalah.....	11
Daya indikator.....	12
Daya Gesekan dan Peralatan.....	12
Efisiensi Mekanis	12
2.6. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik.....	12
ISFC	12
BSFC.....	13
2.7. Emisi	13
2.8. Neraca Panas	15
Tabulasi hasil perhitungan	18
III. PROSEDUR PERCOBAAN.....	20
3.1. Instalasi Perobaan.....	20
3.2. Prosedur Percobaan	21
a. Persiapan sebelum menjalankan	21
b. Menjalan Peralatan Pengujian.....	21
c. Pengujian	22

d. Mematikan Peralatan pengujian	22
3.4. Aparat Orsat	22
3.5. Prosedur Percobaan:	23
TABULASI DATA PERCOBAAN.....	25
LEMBAR PEMUNGUTAN DATA	26
SPESIFIKASI ENGINE	28
Daftar Pustaka	29

I. PENDAHULUAN

1.1. Tujuan dan Capaian Pembelajaran

Tujuan percobaan ini antara lain adalah:

1. Menguasai metode pengujian motor bakar idle (*non-vehicle*),
2. Mendapatkan unjuk kerja /prestasi motor bakar cetus api,
3. Pengendalian polusi.

Capaian Pembelajaran:

- CPL 3: Mampu merancang dan melakukan percobaan, melaksanakan praktek rekayasa, dan menganalisis data
- CPL 4: Mampu menganalisa permasalahan rekayasa yang kompleks
- CPL 8: Mampu bekerja secara mandiri ataupun bekerjasama dalam tim

1.2. Spesifikasi Engine and Instrument

Pabrik Pembuat	:	Loncin	
Engine Model	:	LC2V78FD-1	
Engine Type	:	V-Twin, 4-stroke, OHV, forced air cooling	
Daya Bersih (Net Power)	:	19,7 hp @ 3600 rpm	
	:	14,7 kW @ 3600 rpm	
Daya Kotor (Gross Power)	:	22 hp @ 3600 rpm	
	:	16,4 kW @ 3600 rpm	
Torsi (Torque)	:	43,5 Nm @ 2500 rpm	
Diameter silinder (Bore)	:	76 mm	
Panjang Langkah (Stroke)	:	71 mm	
Volume Silinder (Displacement)	:	678 mm	
Perbandingan Kompresi (Compression Ratio)	:	8,5 : 1	
Oil capacity	:	1,5 l	
Bahan bakar	:	Bensin/Gasoline	
Fuel Consumption	:	≤ 360 g/kW.h	
Idle Speed 1500	:	± 150 g/kWh	
Starting System	:	Electric	
Dimensions (LxWxH) mm	:	510x400x450	
Net Weight	:	43kg	
Dinamometer			
Pabrik Pembuat	:		
Type dynamometer	:	Drag Impeller	
Brake cooling	:	Water	
Sensor	:	load cell full bridge strain gage	
Panjang lengan	:	0,13 m	

Pengukuran Udara

Type	: Ventury meter
Koefisien Aliran, K	: 0,6
Diameter inlet	: 25 mm
Diameter leher	: 18 mm

Pengukuran Bahan Bakar

Type	: Gelas Ukur
Ukuran labu	: 8 ml
	: 16 ml
	: 32 ml
Pengukur waktu	: Stop watch

1.3. Peraturan

1. Data percobaan dan tabulasi hasil perhitungan saling tukar dengan kelompok yang ditunjuk instruktur/asisten praktikum.
2. Konsultasi ke pembimbing dilakukan selambat-lambatnya 1 minggu sesudah praktikum dilaksanakan, dan diselesaikan paling lambat 4 minggu sesudah praktikum.
3. Konsultasi bersifat individu.
4. Konsultasi dilakukan pada hari dan jam kerja.
5. Grafik boleh dibuat diatas kertas milimeter block.
6. Dosen pembimbing akan memberi tugas ke masing-masing individu.
7. Penyerahan naskah laporan dan tugas ke Laboratorium selambat-lambatnya 1 minggu sebelum UAS.
8. Penilaian terdiri atas a) Pre-test dan praktikum 50% tergantung aktivitas, b) konsultasi/ asistensi ke pembimbing 20% (tergantung penguasaan materi/kecepatan menyelesaikan yang ditunjukkan melalui lembar asistensi/log aktifitas), c) tugas khusus 20%.
9. Penulisan laporan menggunakan sistematika laporan praktikum pengujian mesin.
10. Template penulisan laporan dapat diminta ke staf laboratorium.
11. Tugas khusus mahasiswa konsentrasi konversi energy ditetapkan pembimbing.

II. DASAR PERHITUNGAN

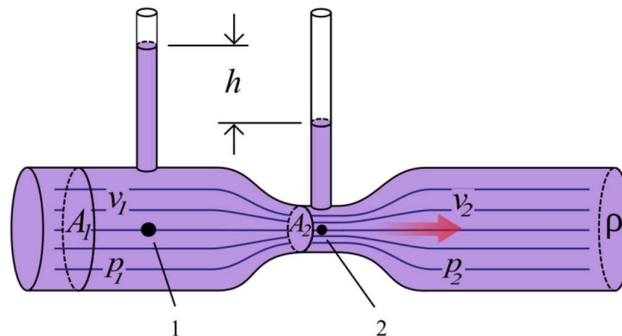
2.1. Udara dan Bahan Bakar

Istilah **temperatur dan tekanan standar** (Inggris: *standard temperature and pressure*, disingkat *STP*) adalah sebuah keadaan standar yang digunakan dalam pengukuran eksperimen. Standar ini digunakan agar setiap data dalam percobaan yang berbeda-beda dapat dibandingkan. Standar yang paling umum digunakan adalah standar IUPAC dan NIST. Terdapat juga variasi standar lainnya yang ditetapkan oleh organisasi-organisasi lainnya. Standar IUPAC sekarang ini adalah temperatur 0 °C (273,15 K, 32 °F) dan tekanan absolut 100 kPa (14,504 psi), sedangkan standar NIST adalah 20 °C (293,15 K, 68 °F) dan tekanan absolut 101,325 kPa (14,696 psi). Berat jenis air = 1 sedangkan berat jenis udara $\rho_u = 1,292 \text{ kg/m}^3$.

Temperatur diukur dengan termometer, sedangkan tekanan barometer diukur dengan barometer.

Pengukuran Laju Aliran Udara

Ventury dapat dipergunakan untuk mengukur laju aliran volumetrik (volumetric flow rate), V_u , menggunakan prinsip Bernoulli's maka persamaan dipakai adalah:



Gambar 2.1. Venturimeter

$$v_1 = Cd \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho_u}} \times \frac{A_1}{\sqrt{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} = Cd \sqrt{\frac{2}{\rho_u}} \times \frac{A_1}{\sqrt{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \times \sqrt{\Delta p}$$

Dimana A_1 dan A_2 masing-masing adalah luas penampang pipa masuk dan keluar, (m^2), Δh adalah beda tinggi cairan pengukur pada manometer (mmH_2O). Oleh karena setiap peralatan selalu ada kerugian gesekan yang ditunjukkan menggunakan koefisien discharg Cd , 0,6, kerapatan massa udara, ρ_u , maka;

luas penampang pipa dengan diameter 25 mm (0,025 m);

$$A_1 = 0,785 D^2 = 0,785 \times 0,025^2 = 0,000491 \text{m}^2$$

luas penampang leher dengan diameter 18 mm (0,018 m);

$$A_2 = 0,785 d^2 = 0,785 \times 0,018^2 = 0,000254 m^3$$

Dengan mensubstitusikan luasan dan koefisien debit, serta massa jenis, maka debit udara dapat dihitung dengan persamaan:

$$v_1 = 0,00022\sqrt{h} \quad (1)$$

dimana $h = \Delta p$ (Pa) $\times 10^{-4}$ (m.k.a)

Untuk laju volume udara perdetik, maka

$$v_1 = \frac{0,00022\sqrt{h}}{1000} \quad (22)$$

Massa jenis udara ρ_u tergantung temperatur udara masuk ventury meter, t_∞ , ($^{\circ}\text{C}$), atau dapat dianggap temperatur kamar (ambient temperatur), maka massa jenis udara adalah;

$$\rho_u = \rho_0 \frac{273}{273+t_\infty} \left(\frac{kg}{m^3} \right),$$

umumnya density udara pada 273 K sebesar 1,292 kg/m³ maka

$$\rho_u = \frac{1,292 \times 273}{273+t_\infty} = \frac{352,76}{273+t_\infty} = \left(\frac{kg}{m^3} \right), \quad (3)$$

Dalam satuan massa, maka laju aliran massa udara adalah

$$m_u = \rho_u \frac{kg}{m^3} v_1 \frac{m^3}{s} \quad \left(\frac{kg}{s} \right) \quad (4)$$

Pengukuran laju aliran bahan bakar.

Pengukuran laju aliran menggunakan labu ukur dan stop-watch dan labu ukur. Jika bahan-bakar dalam labu ukur diamati pada garis awal dimulainya pengukuran waktu dan berakhir pada garis yang ditetapkan, maka volume pengukuran adalah garis dimulainya pengukuran hingga berakhirnya pengukuran X (ml atau mm³) dan waktu diperlukan pengukuran sebesar τ (detik) maka laju pengukuran udara sebesar:

$$v_f = \frac{X}{\tau} \left(\frac{ml}{s} \right) \times 10^{-3} \left(\frac{liter}{ml} \right) \quad \left(\frac{l}{s} \right) \quad (5)$$

Massa bensin adalah:

$$m_f = v_f \left(\frac{l}{s} \right) \rho_f \left(\frac{kg}{l} \right) \quad (kg/s) \quad (6)$$

Laju massa campuran udara dan bahan bakar

$$\dot{m}_{mix} = \dot{m}_u + \dot{m}_f \left(\frac{kg}{s} \right) \quad (7)$$

Efisiensi volumetrik

Efisiensi volumetrik sama dengan volume campuran (udara dan bahan bakar) dihisap perdetik dibandingkan volume langkah isap perdetik, langkah isap terjadi 1 kali isap tiap 2 putaran poros, maka;

Volume udara dihisap per detik

$$v_l = \frac{v_l}{1000} \times \frac{n}{2 \times 60} = \frac{678}{120000} n = 0,00565 n \quad (8)$$

$$\eta_v = \frac{v_u + v_f}{v_l}$$

$$\eta_v = \frac{v_u + v_f}{0,00565 n} \quad (9)$$

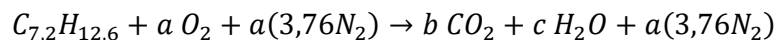
Perbandingan udara bahan bakar pengukuran

$$AFR_{ins} = \frac{m_f}{m_u} \quad (10)$$

2.2. Gas Buang

Perbandingan Udara-bahanbakar Stoikiometrik

Bahan bakar gasoline memiliki kandungan $C_{7,2}H_{12,6}$ maka kesetimbangan stoikiometrik dalam reaksi oksidasi dimana udara terdiri atas 21% Oksigen dan 79% Nitrogen, sehingga kesetimbangan reaksi sebagai berikut;

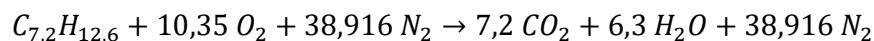


Perhitungan karbon (C): $b = 7,2$

Perhitungan Hidrogen: $2c = 12,6 \rightarrow c = \frac{12,6}{2} = 6,3$

Perhitungan Oksigen: $a = b + \frac{c}{2} = 7,2 + \frac{6,3}{2} = 10,35$

Nitrogen : $a \times 3,76 = 10,35 \times 3,76 = 38,916$



$$AFR_{St} = \frac{n_u BM_u}{n_f BM_f}$$

Untuk membakar 1 mol Gasoline diperlukan oksigen sebesar 10,35 mol, sedangkan berat mol Gasoline sebesar $7,2 \times 12 + 12,6 \times 1 = 99$ mol, maka perbandingan udara bahan bakar, AFR (*Air Fuel Ratio*)

$$AFR = \frac{10,35[32+(3,76 \times 28)]}{99} = 14,35 \quad (11)$$

Konstanta Campuran Reaktan stoikometrik

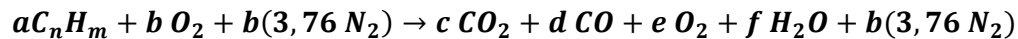
$$R_{mix} = \%f R_f + \%A R_a = 0,2792 \frac{kJ}{kg} \cdot K \quad (12)$$

Panas Jenis Campuran reaktan

$$c_{p,mix} = \%f c_{pf} + \%A R_a = 3,9552 \frac{kJ}{kg} \cdot K \quad (13)$$

Perbandingan Udara-bahanbakar Aktual

Perbandingan udara bahan bakar aktual diperoleh dari analisa orsat dengan perolehan % massa CO₂, O₂, dan CO maka yang lainnya dapat diselesaikan dengan persamaan oksidasi sebagai berikut;



Untuk memperoleh nilai a, b, f, melalui persamaan kesetimbangan.

Berat mol reaktan = berat mol produk.

Berat mol reaktan

$$\sum M_R = a[n_n \times BM_C + n_m \times BM_H] + b[BM_{O_2}(3,76 \times N_2)] \text{ kmol}$$

$$AFR_{act} = \frac{b[BM_{O_2}+(3,76 \times N_2)]}{a[n_n \times BM_C + n_m \times BM_H]} \quad 14a$$

Berat Mol produk

$$\sum M_p = 44c + 32d + 32e + 18f + (b \times 105,28) \text{ kmol}$$

Persentase massa karbon dioksida %CO₂

$$\%m_{CO_2} = \frac{44c}{\sum M_g} \quad (15a)$$

Persentase massa karbon monoksida %CO

$$\%m_{CO} = \frac{32d}{\sum M_g} \quad (15b)$$

Persentase massa oksigen %O₂

$$\%m_{O_2} = \frac{32e}{\Sigma M_g} \quad (15.c)$$

Persentase massa uap air %H₂O

$$\%m_{H_2O} = \frac{32f}{\Sigma M_g} \quad (15.d)$$

Persentase massa uap air %N₂

$$\%m_{N_2} = \frac{105,28b}{\Sigma M_g} \quad (15e)$$

Tabel 2.1. Perhitungan % berat menggunakan tabulasi tiap percobaan

REAKTAN	ELEMEN	***	*n _s	BM	ns x BM	%M _g **
1	2	3	4	5	6	7
Gasoline [7,2a=d+f]	C _{7,2} H _{12,6}	a		99		
Oksigen [2b=1d+2e+2c+g]	O ₂	b		32		
N ₂ [3,76 b]	N ₂	c		28		
Σ M _R						100%
PRODUK						
	CO	d		28		
	O ₂	e		32		
	CO ₂	f		44		
Hidrogen [(12,6a/2)=d]	H ₂ O	g		18		
Sama dengan jumlah N ₂ Reaktan	N ₂	h		28		
Σ M _p						100%

*% berat dihitung dari kolom 6 dibagi berat total

**n_s adalah berat substansi dari data Orsat, sedangkan pada reaktan dan produk ada persamaan, maka n_s harus dihitung.

***huruf bantu untuk perhitungan elemen yang belum diperoleh dari Orsat.

$$AFR_{act} = \frac{\%Mg_{O_2} + \%Mg_{N_2}}{\%Mg_f} \quad (16)$$

Koefisien kelebihan udara (*excess air coefficient*)

$$\lambda = \frac{AFR_{act}}{AFR_{st}} \quad (17)$$

Panas jenis gas

Panas jenis gas keluar motor adalah panas jenis tekanan konstan, maka panas jenis gas yang digunakan adalah panas jenis tekanan konstan dari tabel 2.3 dan dirumuskan sebagai:

$$c_{p.g.0} = \%m_{CO} c_{p.CO} + \%m_{O_2} c_{p,O_2} + \%m_{CO_2} c_{p.CO_2} + \%m_{H_2O} c_{p.H_2O} + \%m_{N_2} c_{p.N_2}$$

$$c_{p.g.0} = \%m_{CO} \times 1,0413 + \%m_{O_2} \times 0,8418 + \%m_{CO_2} \times 0,9216 + \%m_{H_2O} \times 1,8723 + \%m_{N_2} \times 1,0416 \text{ (kJ/kg.K)}$$

Atau dapat pula ditabulasikan:

Tabel 2.2. Tabulasi Perhitungan Panas Jenis Gas Produk Pembakaran

Elemen	PERCOBAAN 1			PERCOBAAN 1			PERCOBAAN 1		
	%m _g	C _{p.zat}	% C _{p.zat}	%m _g	C _{p.zat}	% C _{p.zat}	%m _g	C _{p.zat}	% C _{p.zat}
CO		0,8418			0,8418			0,8418	
O ₂		0,9216			0,9216			0,9216	
CO ₂		1,0413			1,0413			1,0413	
H ₂ O		1,8723			1,8723			1,8723	
N ₂		1,0416			1,0416			1,0416	
		C_{p.g}			C_{p.g}			C_{p.g}	

Catatan: %m_g diperoleh dari perhitungan tabulasi Tabel 2.1.

Dimana %m_g adalah persen massa gas hasil pengukuran dan perhitungan gas. c_p adalah panas jenis gas dari tabel gas pada 0 °C (tabel 2.1), sehingga panas jenis sebenarnya adalah panas jenis pada temperatur rata-rata gas buang ke 2 silinder yang diukur $t_g = 0,5(t_{2.1} + t_{2.2})$, maka panas jenis masing-masing gas terkoreksi dapat dihitung dengan persamaan:

$$c_{p.g} = c_{p.g.0} \left(\frac{273}{273+t_g} \right) \quad (18)$$

Tabel 2.3: Konstanta Berbagai Zat Murni

Gas	Rumus Kimia	Massa Molekular	Konstanta gas (kJ/kgK)	C _{p0} (kJ/kgK)	C _{v0} (kJ/kgK)	k
Udara	-	28,97	0,287	1,0035	0,7165	1,4
Argon	A	39,948	0,20813	0,5203	0,3122	1,667
Karbon Dioksida	CO ₂	44,01	0,18892	0,8418	0,6529	1,289
Karbon Monoksida	CO	28,01	0,29683	1,0413	0,7445	1,4
Helium	He	4,003	3,07703	5,1926	3,1156	1,667
Hidrogen	H ₂	2,016	4,12418	14,2091	10,0849	1,409
Metan	CH ₄	16,04	0,51835	3,2537	1,7354	1,299
Nitrogen	N ₂	28,013	0,2968	1,0416	0,7448	1,4
Oktana	C ₈ H ₁₈	114,23	0,07279	1,7113	1,6385	1,044
Oksigen	O ₂	31,999	0,25983	0,9216	0,6618	1,393
Uap Air	H ₂ O	18,015	0,46152	1,8723	1,418	1,327

Konstanta Gas Stoikiometrik

Konstanta gasoline dalam bentuk gas dapat dihitung dengan rumus $R = R_u / BM$, dimana $R_u = 8,314 \text{ kJ/kmol.K}$, BM berat molekular gas.

$$R_f = \frac{R_u}{BM} = \frac{8,314}{99} = 0,0822 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}}$$

Konstanta gas reaktan

$$R_{mix} = R_f \frac{1}{1+AFR_{act}} + R_u \frac{AFR_{act}}{1+AFR_{act}} = 0,0822 \times \frac{1}{1+AFR_{act}} + 0,286 \times \frac{AFR_{act}}{1+AFR_{act}}$$

$$R_{mix.st} = 0,0054 + 0,2702 = 0,2756 \frac{kJ}{kmol.K} \quad (19)$$

Konsanta gas produk stoikiometrik:

$$R_{g,0.st} = \%m_{CO_2} \times 0,29683 + \%m_{H_2O} \times 0,46152 + \%m_{N_2} \times 0,2968 \quad (kJ/kg.K)$$

$$R_{g.st} = R_{g,0.st} \frac{273}{273+t_\infty} \quad (kJ/kg.K) \quad (20)$$

Konstanta Gas Sebenarnya

Konstanta Gas Reaktan:

$$R_{mix} = R_f \frac{1}{1+AFR_{act}} + R_u \frac{AFR_{act}}{1+AFR_{act}} = 0,0822 \times \frac{1}{1+AFR_{act}} + 0,286 \times \frac{AFR_{act}}{1+AFR_{act}}$$

$$R_{mix} = 0,0822 \times \frac{1}{1+AFR_{act}} + 0,286 \times \frac{AFR_{act}}{1+AFR_{act}} \quad (21)$$

Konstanta gas produk:

Konstanta gas hasil pembakaran, yakni

$$R_{g,0} = \%m_{CO} \times 0,18892 + \%m_{O_2} \times 0,25983 + \%m_{CO_2} \times 0,29683 + \%m_{H_2O} \times 0,46152 + \%m_{N_2} \times 0,2968 \quad (kJ/kg.K) \quad (22)$$

Tabel 2.4. Tabulasi Perhitungan Konstanta Gas

Elemen	PERCOBAAN 1			PERCOBAAN 1			PERCOBAAN 1		
	%m _g	R	%m _x R _t	%m _g	C _{p.zat}	% C _{p.zat}	%m _g	C _{p.zat}	% C _{p.zat}
CO		0,18892			0,18892			0,18892	
O ₂		0,25983			0,25983			0,25983	
CO ₂		0,29683			0,29683			0,29683	
H ₂ O		0,46152			0,46152			0,46152	
N ₂		0,2968			0,2968			0,2968	
		R_{g,0}			R_{g,0}			R_{g,0}	

Catatan: %m_g diperoleh dari perhitungan tabulasi Tabel 2.3.

$$R_g = R_{g,0} \frac{273}{273+t_g} \quad (kJ/kg.K) \quad (23)$$

2.3. Kerugian Panas

Kerugian Panas Gas Buang

Berdasarkan konservasi massa, maka massa gas keluar motor sama dengan massa masuk motor yakni massa udara ditambah massa bahan bakar. Panas dibuang oleh exhaust manifold didefinisikan sebagai

$$Q_{eg} = \dot{m}_{mix} c_{p,g} (T_{\infty} - T_{gas}) \quad (kJ) \quad (24)$$

Panas diserap minyak pelumas

$$Q_{lub} = \dot{m}_{lub} c_{lub} (T_{\infty} - T_{lub}) \quad kJ, \text{ tak terukur}$$

Panas diserap pendinginan

$$Q_{cool} = \dot{m}_{cool} c_{cool} (T_{\infty} - T_{cool}) \quad kJ, \text{ massa udara tak terukur}$$

2.4. Daya Efektif Poros (Brake Horse Power)

Pengukuran Torsi

Torsi diperoleh dari $T = F (kN) \times r (m)$ dimana r adalah panjang lengan dimana gaya diukur sebesar 0,13 m, maka

$$T = F \times 0,13 \quad kNm \quad (25)$$

Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} \quad \left(\frac{rad}{s}\right) \quad (26)$$

Daya Efektif Poros (bp)

$$bp = Torsi \times \omega$$

$$bp = 0,13 \times F \times \frac{\pi n}{30}$$

$$bp = 0,136 \times F \times n \quad kW \quad (27)$$

Tekanan rata-rata efektif poros

Tekanan rata-rata efektif poros atau disebut pula sebagai *brake mean effective pressure* (bmepp) dihitung dengan persamaan

$$BMEP = \frac{bhp \cdot 60}{\eta_v V_l n} = \frac{30 bhp}{\eta_v V_l n} \quad kPa \quad (28)$$

Dimana i adalah 0,5 untuk motor 4 langkah (1 kali usaha per 2 putaran poros), volume langkah 678 cc atau sama dengan $0,000678 \text{ m}^3$;

Spesifik Power Output

Daya keluaran spesifik suatu mesin didefinisikan sebagai daya rem (output) per unit perpindahan piston atau daya yang dihasilkan engine tiap liter (atau inch^3) volume langkah, dengan satuan HP/liter, kW/liter, atau PS/liter.

$$SPO = \frac{bhp}{V_l} \quad (28a)$$

- Keluaran spesifik terdiri dari dua elemen yaitu bmep (gaya) tersedia untuk bekerja dan kecepatan kerjanya.
- Oleh karena itu, untuk perpindahan piston dan bmep yang sama sebuah mesin beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi akan menghasilkan daya keluaran lebih besar.
- Jelas bahwa output sebuah mesin dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkannya baik speed atau bmep. Meningkatkan kecepatan melibatkan peningkatan tekanan mekanis dari berbagai bagian mesin sambil meningkatkan bmep membutuhkan pelepasan panas yang lebih baik dan lebih banyak beban pada silinder mesin.

2.5. Daya Indikator

$$\text{Efisiensi termal siklus } \eta_t = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \quad (29)$$

Panas Masukan

$$Q_s = m_f HHV \quad (30)$$

Kerja dihasilkan sebesar

$$W_s = \eta_t Q_s \quad (31)$$

Tekanan rata-rata indikator

Massa campuran adalah massa bahanbakar ditambah massa udara.

$$\dot{m}_g = \dot{m}_f + \dot{m}_f \times AFR_{act} \quad (\text{kg/siklus})$$

Volume campuran pada p, T dihitung berdasarkan tekanan dan temperatur udara saat memasuki silinder, konstanta gas sebenarnya (pers 13) adalah konstanta reaktan sebenarnya maka;

$$V_i = \frac{\dot{m}_g R_g T_u}{p_u} \quad (\text{m}^3) \quad (32)$$

Jika r_c adalah perbandingan kompresi, maka volume kompresi dihitung dengan:

$$V_c = V_i \left(\frac{1}{r_c + 1} \right) \text{ (m}^3\text{)} \quad (33)$$

$$imp = \frac{W_s}{V_i - V_c} \text{ (kPa)} \quad (34)$$

Daya indikator

$$ip = imp V_l \frac{n}{30} \text{ (kW)} \quad (35)$$

Daya Gesekan dan Peralatan

$$fhp = ip - bp \text{ (kW)} \quad (36)$$

Efisiensi Mekanis

$$\eta_m = \frac{bp}{ip} \quad (37)$$

Tabel 2.5. Efisiensi mekanis dan tekanan efektif rata-rata [Khovakh]

Engine	Efisiensi Mekanis, %	bmp, MPa
Karburator, 4 langkah	70~85	0,60~0,95
Diesel, 4 langkah	70~82	0,55~0,85
Gas	75~85	0,50~0,75
Supercharge 4 langkah	80~90	Lebih 0,70
Diesel putaran tinggi, 2 langkah	70~85	0,40~0,75

2.6. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik

Pemakaian bahan bakar spesifik (specic fuel consumption) pada non-vehicle engine adalah jumlah massa bahan bakar diperlukan untuk menghasilkan 1 satan daya engine selama 1 jam.

ISFC

Pemakaian bahan bakar spesifik indikator (*indicated specific fuel consumption*):

$$ISFC = \frac{m_f \left(\frac{kg}{s} \right) \times 3600}{ip \text{ (kW)} \times 3600} = \frac{m_f}{ihp} \quad (38)$$

Menurut [khovakh], isfc untuk motor karburator sebesar 245~300 g/kWh.

BSFC

Pemakaian bahan bakar spesifik efektif (*effective specific fuel consumption*) atau BSFC (*Brake Specific Fuel Consumption*)

$$BSFC = \frac{m_f \left(\frac{kg}{s}\right) \times 3600}{bp (kW) \times 3600} = \frac{m_f}{bhp} \quad (39)$$

Batasan esfc secara umum untuk engine besar antara 180~220 gr/kWh, namun berdasarkan standard lainnya untuk engine kecil diatas 250 cc BSFC sebesar 0.937 lb/hp-hr (0,425016 kg/hp-hr) atau 0,57 kg/kWh. Menurut ^[khovakh], bsfc untuk motor karburator sebesar 300~325 g/kWh.

2.7. Emisi

Emisi gas buang secara umum terdiri atas karbon monoksida CO, hidro karbon tak terbakar HC, dan NOx. Batasan ini merujuk pada SNI atau EURO VI untuk ICE non-vehicle.

Cuplikan Table 5. Emissions and BSFCs for Class II Nonhandheld Small SI Engines ($\geq 225cc$)*

G4N2S (side-valve, 4-stroke, baseline) HC 9.66 g/hp-hr; CO 430.84 g/hp-hr; NOx 2.06 g/hp-hr; PM 0.06 g/hp-hr; BSFC 0.937 lb/hp-hr.

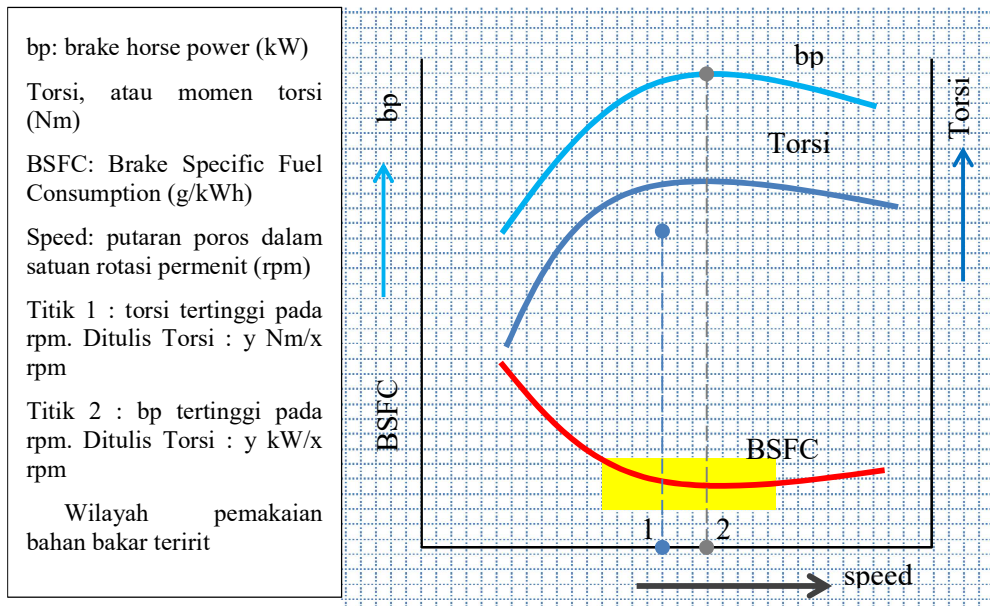
G4N2O (overhead-valve, 4-stroke, baseline) HC 5.20 g/hp-hr; CO 408.84 g/hp-hr; NOx 3.50 g/hp-hr; PM 0.06 g/hp-hr; BSFC 0.937 lb/hp-hr.

1 pound = 0,453592 kg, 1 HP = 0,7457 kW

Cuplikan Per Men KLH RI untuk Uji motor bakar cetus api berbahan bakar bensin dengan idle test (Tipe II) Kategori L, Nilai Ambang Batas CO 4,5% standra uji ECE R 40, dan Kategori M, N, dan O, nilai ambang batas CO 3,5 % dengan standar uji ECE R 83 -04.

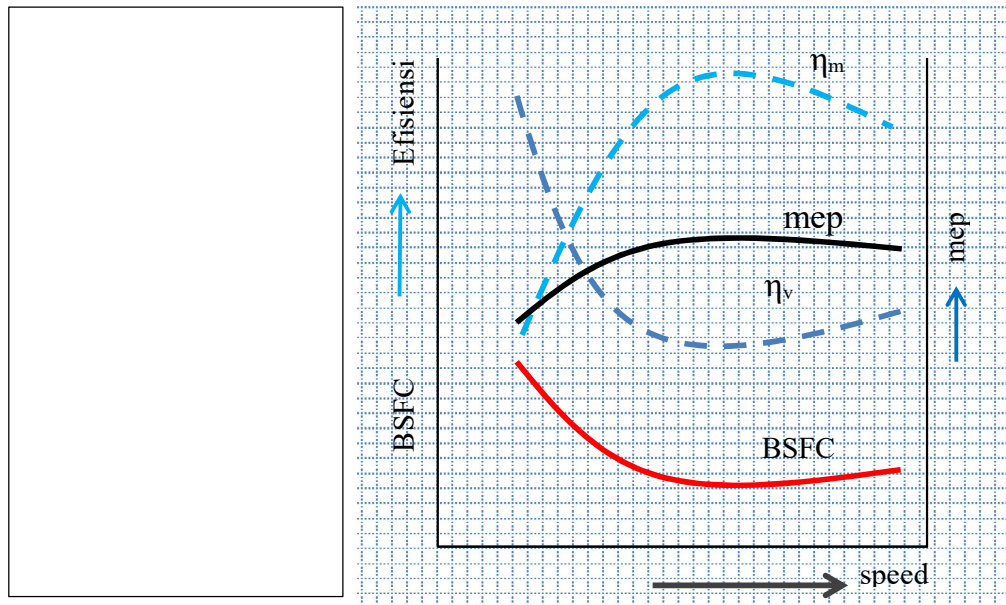
$$CO_{pestifik} = \%M.CO \times BSFC \quad (40)$$

2.8. Engine Performance Parameters

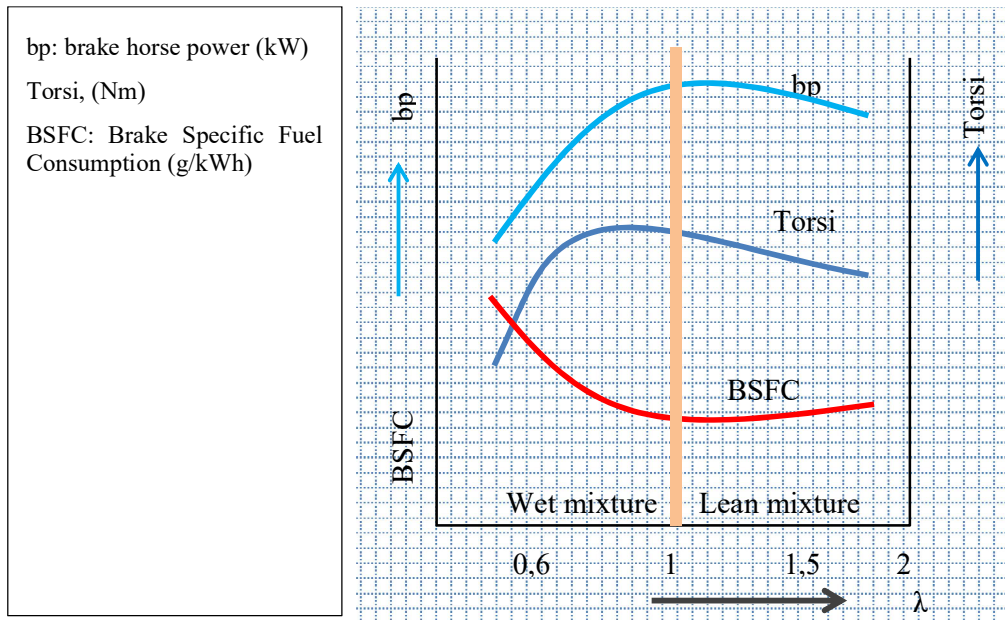


Gambar 2.2. Grafik Unjuk Kerja Motor Bakar (idle/non vehicle)

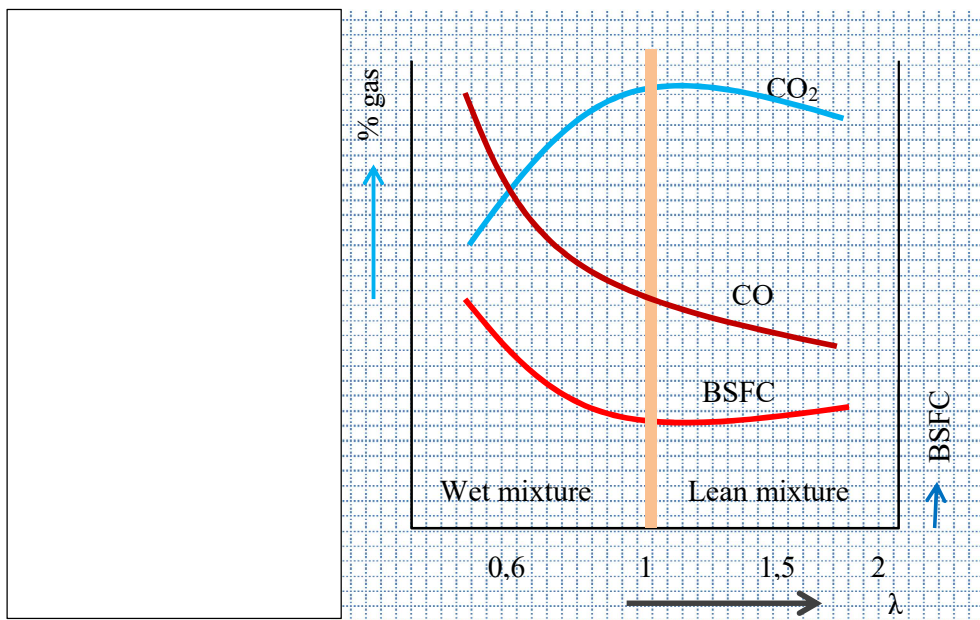
Grafik ini dapat dibuat jika pengujian dilakukan dengan variabel speed dengan pengukuran daya maksimum pada tiap variabel kecepatan.



Gambar 2.3. speed vs BSC & efficiency



Gambar 2.4. AFR terhadap BSFC, Torsi, dan bp



Gambar 2.5. AFR terhadap BSFC, % Gas Asap

2.8. Neraca Panas

Performance suatu motor juga dapat diketahui dari diagram neraca kalor yang disebut juga sebagai Diagram Sankey. Diagram tersebut menggambarkan berapa besar nilai

kalor bahan bakar yang diberikan kepada mesin (kalor bahan bakar yang tersedia, available heat) dapat diubah (dikonversikan) menjadi kerja efektif (*effective heat*), dan berapa besar kalor yang terbuang (*rejected*), berupa kerugian pendinginan, kerugian mekanis (melalui gesekan), dan kerugian pembuangan (terkandung dalam gas buang).

Neraca kalor pada motor umumnya adalah panas berguna, panas untuk kerja mekanis, panas pendinginan, panas dibuang bersama gas asap, dan panas yang tak terhitung disebutkan sebagai:

$$Q_f = Q_e + Q_f + Q_{cool} + Q_g + Q_{n.a}$$

Energi bahan bakar diubah menjadi energi mekanis yang berguna (bp) secara berurutan dapat dihitung dengan menggunakan persentase panas dimana panas masukan. Q_s sama dengan 100% sebagai berikut:

brake thermal efficiency

$$\%Q_e = \frac{bp}{Q_s} \quad (41)$$

Persentase daya untuk mengatasi gesekan dan alat bantu kerja motor

$$\%Q_f = \frac{ip-bp}{Q_s} \quad (42)$$

Panas dibuang bersama gas asap

$$\%Q_g = \frac{Q_g}{Q_s} \quad (43)$$

Panas tak erhitung

$$\%Q_{n.a} = 1 - \%Q_e + \%Q_f + \%Q_g \quad (44)$$

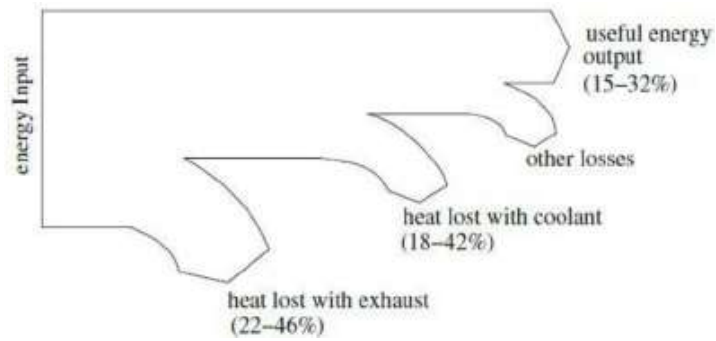
Oleh karena kemungkinan % panas dibuang ditambah % panas kelompok daya boleh jadi sudah 100% maka panas dibuang dalam siklus dibawah ini dapat diabaikan.

Persentase Pendinginan

$$\%Q_{cool} = \frac{Q_{cool}}{Q_s}$$

Persentase Pelumasan

$$\%Q_{lub} = \frac{Q_{lub}}{Q_s}$$



Gambar 2.6. Diagram Sankey tipikal

Tabel 2.2. Neraca Panas Rata-rata (Average Heat Balance)

Item	SIE	CIE
Ditransformasikan ke daya poros	20~28	32~40
Dibawa pendingin mesin	35~32	33~30
Dibawa gas asap	37~30	30~23
Tak terhitung (radiasi, dsb)	8~10	5~7
Total	100	100

Tabulasi hasil perhitungan

PENGUJIAN MOTOR BAKAR CETUS API

Kelompok	:		Hari/Tanggal Prakt	:	
Variabel Pengujian	:	Speed/Load	Waktu	:	___sd___
Engine Model	:	LC2V78FD-1	Pendingin	:	Udara paksa
Engine Type	:	V-twin, DOHC	Bahan Bakar*	:	
Net Power (kW@rpm)	:	14.7 @ 3600	AFR st	:	
Net Torque (Nm)@rpm	:	43.5 @ 2500	Berat jenis BBM,	:	kg/m ³
Volume Langkah	:	678 cc	Amb. Temperature	:	C
Compression ratio	:	8,5 : 1	Barometric Pres.	:	mmHg

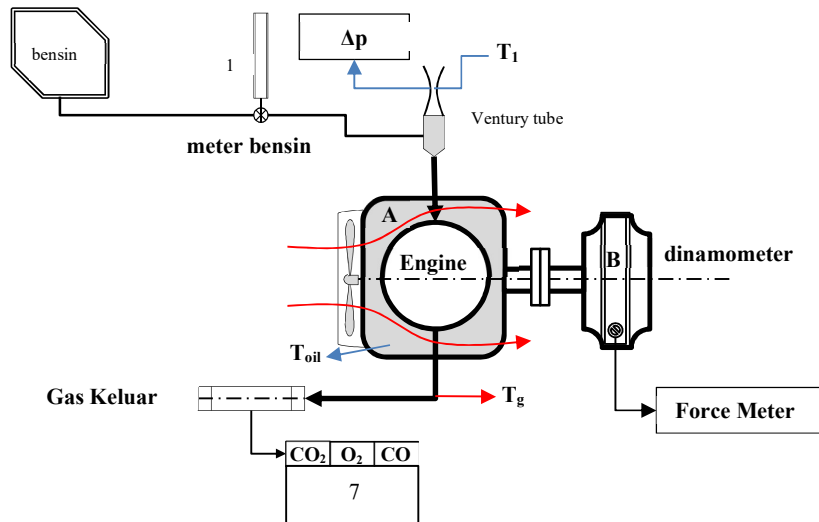
No	Parameter	Simbol	Satuan	Perc 1	Perc 2	Perc 3	Eq.
1	Speed	n	rpm				Data
2	Tekanan Baromerik	p _{bar}	kPa				Data
3	Temperatur udara masuk	T _i	⁰ K				Data
4	Beda tekanan Ventury	h	Pa				Data
5	Laju volume udara isap	V _u	cu-m/s				1
6	Laju volume udara isap, liter/detik	V _u	l/s				2
7	Massa jenis udara pada, T _∞	ρ _u	kg/l				3
8	Massa udara	m _u	kg/s				4
9	Volume Bensin	m _f	liter/s				5
10	Massa Bensin	m _f	kg/s				6
11	Massa campuran	m _{mix}	kg/s				7
12	Volume udara dihisap/s	Vl/s	liter/s				8
13	Efisiensi volumetrik	η _v	%				9
14	<i>Air Fuel Ratio, input</i>	AFR _{in}	-				10
15	<i>Air Fuel Ratio, Stoikiometrik</i>	AFR _{st}	-				11
16	Konstanta campuran	R _{g,mix}	kJ/kg.K				12
17	Panas jenis campuran	c _{p,mix}	kJ/kg.K				13
GAS BUANG							
18	Temperatur gas buang rata-rata	T _g	⁰ K				14
	Reaktan						15/tbl
19	Persen mol bahan bakar	%M.f	%				15.a
20	Persen mol Oksigen	%M.O ₂	%				15.b
21	Persen mol Nitrogen	%M.N ₂	%				15.c
	Produk						
22	Persen mol Karbon Monoksida	%M.CO	%				15.d
23	Persen mol Oksigen	%M.O ₂	%				15.e
24	Persen mol Karbon Dioksida	%M.CO ₂	%				15.f
25	Persen mol Uap Air	%M.H ₂ O	%				15.g
26	Persen mol Nitrogen dlm Gas	%M.N ₂	%				15.h
27	<i>Air Fuel Ratio, Orsat</i>	AFR _{act}	-				16
28	<i>Excess air coef.,</i>	λ	-				17
29	<i>Koreksi Temperatur</i>	RT	-				18
30	Konstanta gas	R _g	kJ/kg.K				19
31	Panas Jenis gas	c _{p,g}	kJ/kg.K				20
32	Konstanta Adiabatik Campuran	k	-				21
33	Konstanta Adiabatik Gas	k	-				22
34	Kerugian panas gas buang	Q _{gas}	kJ/s				23
DAYA							

No	Parameter	Simbol	Satuan	Perc 1	Perc 2	Perc 3	Eq.
35	Torsi	T	Nm				24
36	Kecepatan sudut	ω	rad/s				25
37	Daya efektif poros,	bp	kW				26
38	Tekanan efektif rerata	BMEP	kPa				27
39	Specific Power Output	SPO	kW/l				28a
40	Kalor input per detik	Q_s	kJ				28
41	Efisiensi Siklus, berdasarkan r_c	η_t					29
42	Kerja per siklus	W_{net}	kJ				30
43	Volumetrik p_i, T_i	V_i	m^3				31
44	Volume kompresi, p_i, T_i	V_c	m^3				32
45	Tekanan indikator rata-rata	imp	kPa				33
46	Daya indikator, ip	ip	kW				34
47	Daya gesekan mekanis	fhp	kW				35
48	Efisiensi Mekanis	η_m	%				36
49	Konsumsi BBM per jam	FC	kg/h				37
50	Konsumsi bbm indikator sp.	ISFC	g/kWh				38
51	Konsumsi bbm efektif spsifik	ESFC	g/kWh				39
52	CO perjam	CO	g/kWh				40
NERACA PANAS							
53	% kalor kerja efektif	% Q_e	%				41
54	% kalor kerja gesekan	% Q_f	%				42
55	% rugi kalor gas buang	% Q_{eg}	%				43
56	% rugi kalor pendinginan	% Q_{cool}	%				
57	% rugi kalor lainnya	% $Q_{n.a}$	%				44
58	Total Panas						

Catatan: jika ada parameter yang tak terhitung, tuliskan n.a (*not accounted*)

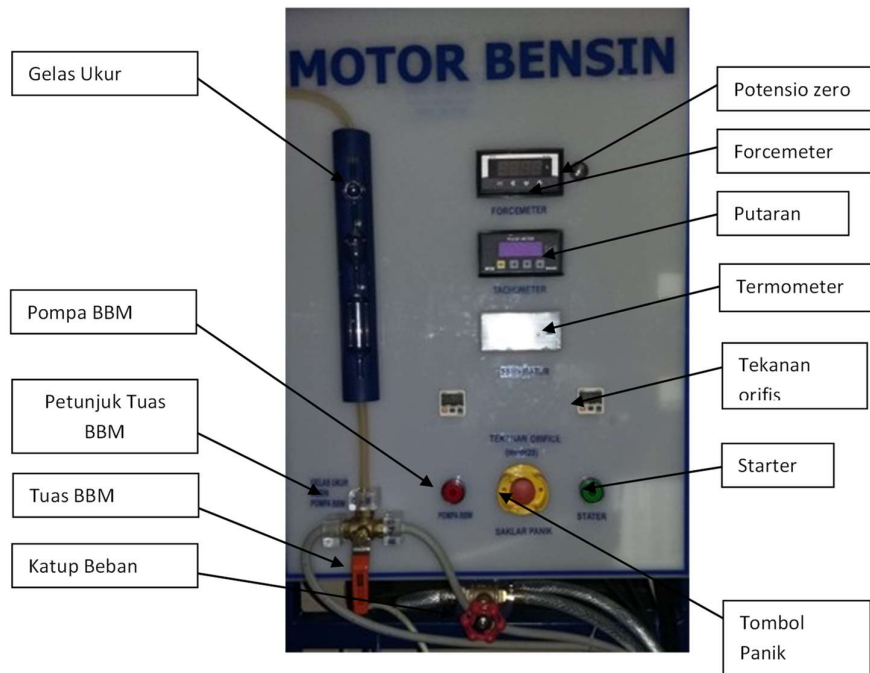
III. PROSEDUR PERCOBAAN

3.1. Instalasi Perobaan



Gambar 3.1. Skematik Alat Percobaan

Panel Instrumen



Gambar 3.2 Panel Motor Bakar

- a. Gelas ukur dengan kapasitas 8ml, 16ml dan 32ml tidak boleh kosong pada saat mesin beroperasi. Batas minimum yang masih terlihat pada slang transfaran. Pada bagian bawah dilengkapi dengan katup tiga cabang untuk mengatur aliran BBM dari Pompa ke Gelas ukur dan ke Mesin (lihat petunjuk aliran). Pengisian BBM dengan menekan tombol Pompa BBM sambil memperhatikan posisi BBM dalam tabung. Hindari BBM kepenuhan pada slang transfaran atas.
- b. Tombol Panik, untuk mengatasi kepanikan bila mengalami kegagalan yang membahayakan. Selalu posisi tertutup (OFF) bila mesin tidak beroperasi untuk keamanan.
- c. Tombol Starter, untuk menjalankan mesin.
- d. Display Tekanan orifis pada saluran masuk dan keluar orifis. Perbedaan tekanan terjadi adalah selisi dari kedua tekanan pada display. Satuan digunakan **mmH₂O**.
- e. Forcemeter dalam satuan Newton ini hasil pengukuran pada hydrobrake dengan jari-jari gaya terjadi pada 130 mm dari titik putar
- f. Tachometer mengukur putaran motor dalam putaran per-menit
- g. Temperatur (°C) terdiri dari lima channel dimana: channel 1. Udara masuk orifis, 2. Saluran buang I, 3. Saluran buang II, 4. Minyak pelumas dan 5. Air untuk hydrobrake.
- h. Katup Beban, mengatur pengisian air pada hydrobrake, penutupan maksimum tidak disarankan (untuk keamanan hydrobrake)

3.2. Prosedur Percobaan

Persiapan sebelum menjalankan

1. Periksa air untuk hydrobrake dalam bak penampung terisi $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$ bagian dari bak penampungan
2. Periksa minyak pelumas pada tongkat ukur
3. Tombol Panik dalam keadaan tertutup
4. Posisi bukaan katup gas pada kondisi putaran rendah
5. Isi bahan bakar minyak pada tangki bahan bakar
6. Pasang kabel baterai
7. Yakinkan tidak ada yang mengganggu bagian yang bergerak atau berputar
8. Hubungkan listrik panel ke sumber listrik 220VAC

Menjalankan Peralatan Pengujian

1. Buka tombol emergensi (putar ke kanan), instrumen dan pompa air akan aktif
2. Putar kunci saklar mesin pada posisi ON,
3. Tekan tombol pompa BBM, jika diperlukan pengisian gelas ukur, posisi tuas pada P>>G,M.
4. Posisi aliran kran BBM, Gelas ukur ke Mesin (G>>M)
5. Tunggu sampai air keluar dari drainase hydrobrake, kemudian
6. Tekan tombol stater, sampai mesin jalan
7. Tarik tuas *chock*, jika mesin sulit hidup dan tekan kembali bila sudah jalan
8. Biarkan mesin jalan sampai stabil (normal) pada putaran 1300 rpm
9. Jaga gelas ukur tidak kosong, tekan tombol pompa BBM bila diperlukan pada posisi kran P>>G,M

Pengujian

1. Periksa apakah semua instrument berfungsi dengan baik.
2. Pengujian dilakukan pada beban tetap, buka katup air sesuai dengan beban diperlukan (perhatikan Forcemeter)
3. Atur putaran mesin dengan menggeser tuas bukaan katup gas (perhatikan Putaran)
4. Naikkan putaran mesin sesuai dengan instruksi data diperlukan
5. Tahan kondisi (hold) mesin, pindahkan katup (kran) bahan bakar pada posisi aliran Gelas ukur ke Mesin (G>>M) dan Timer di aktifkan
6. Pengamatan atau pengukuran data volume bahan bakar yang diperlukan, perhatikan Timer sambil melihat gelas ukur.
7. Setelah dilakukan penahan (hold) beban beberapa saat, atur putaran dan tuas beban ke minimum.
8. Selama mesin dijalankan gelas ukur harus selalu terisi bahan bakar.
9. Lakukan ketentuan percobaan sesuai yang diminta pendamping seperti :
 - **Variabel speed** menggeser tuas bukaan throttle sesuai kecepatan diminta, naikkan beban hingga kecepatan mendekati menurun. Ulangi untuk kecepatan berikutnya.
 - **Variasi Load** dengan kecepatan putaran konstan, variasikan beban menggunakan bukaan katup air (perhatikan Forcemeter). Ulangi untuk beban berikutnya.
10. Ambil seluruh data yang diperlukan sesuai dengan lembar data yang ada.
11. Untuk menganalisa gas buang digunakan orsat aparatur (lihat prosedur).
12. Matikan Mesin

Mematikan Peralatan pengujian

1. Putar Kunci Saklar Mesin ke posisi OFF, mesin akan berhenti
2. Tekan tombol panik, semua instrumen serta pompa air akan berhenti
3. Lepaskan hubungan listrik 220V dari sumber
4. Lepaskan Bateri yang bagian negatif
5. Kosongkan bahan bakar pada tabung dan tangki
6. Kosongkan air hydrobrake pada bak penampungan

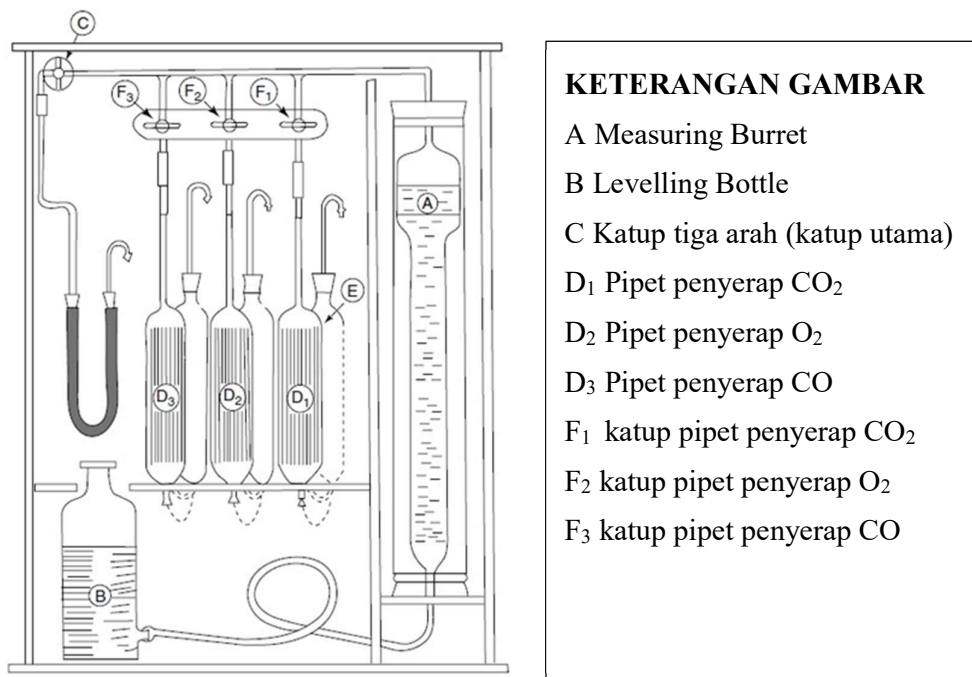
3.4. Aparat Orsat

Untuk memperoleh berapa besar volume parsial dari suatu campuran gas, analisa gas dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat Orsat yang dapat memilah beberapa dari beberapa kandungannya, Jika gas menuju kekeadaan tekanan dan temperatur awal, volume parsial dapat diserap, Dalam perangkat Orsat, gas dihubungkan langsung dengan cara seri dari reaktan penyerap, Pertama adalah potasium hidroksida (KOH) yang dapat menyerap karbon dioksida CO₂, kemudian asam pirogalik untuk menyerap oksigen, O₂, dan kemudian kupro klorid (CuCl) yang dipergunakan untuk menyerap karbon monoksida, CO. Nitrogen N₂ dan air H₂O diperoleh dari perhitungan keseimbangan kimia.

Perangkat Orsat melaporkan hasilnya dalam bentuk basis kering, Uap air

ditunjukkan dalam tekanan jenuhnya (bisa dari temperatur kamar), Jika volume gas sebagaimana gas yang diserap, volume parsial uap air sebanding dengan tekanan jenuh konstan,

Dengan mengetahui keadaan hasil dari analisis orsat, maka kita dapat mengetahui secara mundur jumlah udara yang diperlukan dalam proses pembakaran dimaksud, Oksigen yang ditunjukkan oleh Orsat menunjukkan kelebihan udara yang dimasukkan, Karbon monoksida menunjukkan pembakaran tak sempurna, semakin besar CO menunjukkan campuran semakin kaya, Sedangkan karbon dioksida menunjukkan pembakaran sempurna,



Gambar 3.2. Perangkat Alat Orsat

3.5. Prosedur Percobaan:

Persiapan

1. Buka katup E dan F (F₁, F₂, F₃) pada posisi buang /berhubungan dengan atmosfer. Pastikan semua cairan dalam tabung dalam keadaan kesetimbangan.
2. Naikkan atau turunkan leveling bottle B sehingga air di measuring burrete A pada posisi 0, jika levelnya kurang, air dalam leveling bottle B boleh ditambah.
3. Tutup katup F, naikkan leveling bottle B sehingga air dalam measuring burrete A naik sampai angka 100 dan tahan sesaat pada posisi tersebut.
4. Hubungkan perangkat ke gas buang dengan membuka katup E kearah pipa gas, pastikan bahwa gas sudah berhubungan dengan perangkat.

5. Turunkan botol A hingga kembali ke posisi penunjukan pada measuring buret A menunjukkan angka 0, kemudian tutup kembali katup C sehingga katup gas asap dari tabung tidak mengalir ke-aparat orsat. Dengan demikian gas masuk ke dalam perangkat sebesar 100 ml.
6. Buka katup F₁ untuk mengukur CO₂, kemudian naikkan leveling bottle B hingga cairan didalam botol D₁ mengalami goyangan sehingga balon karet yang belakang berkembang dan mengempis kembali. Ulangi terus goyangan ini hingga 3 sampai 5 kali.
7. Kembalikan kesetimbangan posisi permukaan cairan dalam pipet D₁ kemudian tutuplah katup F₁.
8. Kembalikan leveling bottle B pada posisi semula. Baca kenaikan permukaan cairan dan catat. Dengan demikian telah diperoleh % massa gas CO₂ yang diukur.
9. Ulangi prosedur 4 hingga 8 untuk katup F berikutnya hingga diperoleh O₂, dan CO.
10. Nilai %O₂ = Volume ke 2 – Volume ke 1, Nilai %CO = Volume 3 – Volume ke 2.

Selesai

1. Buka katup C dan F pada posisi terhubung ke atmosfer.
2. Buka pula balon yang terpasang di tabung D.
3. Naikkan cairan didalam measuring burette A hingga melebihi batas 100, kemudian turunkan lagi dan naikkan lagi untuk membuang gas sisa proses ini.
4. Kembalikan leveling bottle B pada posisi semula.

Ulangi prosedur ini untuk variabel berikutnya.

TABULASI DATA PERCOBAAN

PENGUJIAN MOTOR BAKAR CETUS API

Kelompok	:		Hari/Tanggal	:	
Variabel Pengujian	:	Speed/Load	Waktu	:	___sd___
Engine Model	:	LC2V78FD-1			
Engine Type	:	V-twin, DOHC	Pendingin	:	Udara paksa
Net Power (kW@rpm)	:	14.7 @ 3600	Bahan Bakar*	:	
Net Torque (Nm)@rpm	:	43.5 @ 2500	Berat jenis BBM,	:	kg/m ³
Volume Langkah	:	678 cc	Amb. Temperature	:	C
Compression ratio	:	8,5 : 1	Barometer	:	mmHg

No	Parameter	Simbol	Satuan	Perc 1	Perc 2	Perc 3
1	Speed	n	rpm			
2	Temperatur udara masuk	t ₁	°C			
4	Beda tekanan venturi	Δp	Pa			
5	Pengukuran BBM	X/τ	ml/s			
6	Gaya Dinamometer	F	N			
8	Temperatur Gas Buang	t _{g1}	°C			
9	Temperatur Pelumas	t _{go}	°C			
10	Volume CO ₂	V _{CO2}	ml			
11	Volume O ₂	V _{O2}	ml			
12	Volume CO	V _{co}	ml			

PRAKTIKAN

No	Nama mahasiswa	NIM	Tanda tangan
1			
2			
3			
4			
5			

Tambah data dengan kelompok :

Malang,
Disetujui
Instruktur Praktikum

* premium, pertalite, pertamax dsb

LEMBAR PEMUNGUTAN DATA

No	Parameter	Simbol	Satuan	Perc 1	Perc 2	Perc 3
	Speed	n_1	rpm			
		n_2	rpm			
		n_3	rpm			
		n_4	rpm			
1	Kecepatan rata-rata	n	rpm			
	Temperatur udara masuk	t_{1-1}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{1-2}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{1-3}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{1-4}	$^{\circ}\text{C}$			
2	Temperatur udara masuk	t_1	$^{\circ}\text{C}$			
3a	Tekanan rendah ventury	p_{r-1}	Pa			
		p_{r-2}	Pa			
		p_{r-3}	Pa			
		p_{r-4}	Pa			
		p_r	Pa			
3b	Tekanan tinggi ventury	p_{t-1}	Pa			
		p_{t-2}	Pa			
		p_{t-3}	Pa			
		p_{t-4}	Pa			
		p_t	Pa			
3	Beda Tekanan Ventury	Δp	Pa			
	Pengukuran BBM*	X/τ -1	ml/s			
		X/τ -2	ml/s			
		X/τ -3	ml/s			
		X/τ -4	ml/s			
4	Konsumsi BBM	X/τ	ml/s			
	Gaya Dinamometer	F-1	N			
		F-2	N			
		F-3	N			
		F-4	N			
5	Gaya Dinamometer	F	N			
5b	Temperatur Dinamometer	t_{g1-1}	$^{\circ}\text{C}$			
6a	Temperatur Gas Buang Sil 1	t_{g1-1}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{g1-2}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{g1-3}	$^{\circ}\text{C}$			

No	Parameter	Simbol	Satuan	Perc 1	Perc 2	Perc 3
	Tempertur rata-rata gas silinder 2	t_{g1-4}	$^{\circ}\text{C}$			
6b	Temperatur Gas Buang Sil 2	t_{g1}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{g2-1}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{g2-2}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{g2-3}	$^{\circ}\text{C}$			
		t_{g2-4}	$^{\circ}\text{C}$			
	Tempertur rata-rata gas silinder 2	t_{g1}	$^{\circ}\text{C}$			
6	Temperatur gas buang	t_g	$^{\circ}\text{C}$			
7	Temperatur Pelumas	t_{go}	$^{\circ}\text{C}$			
8	Volume CO**	V_{CO2}	mm			
9	Volume O₂ **	V_{O2}	mm			
10	Volume CO₂**	V_{CO}	mm			

*pengukuran BBM ditulis langsung, umpamanya 16/5

**tuliskan ukuran permukaan air dalam measuring buret

**1 mmH₂O = 10 Pa (Pascal)

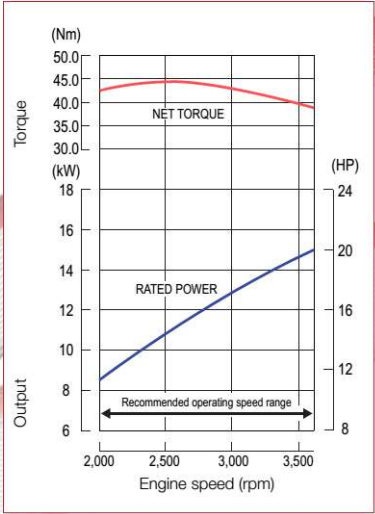
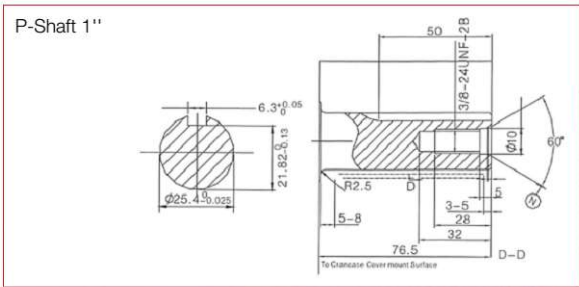
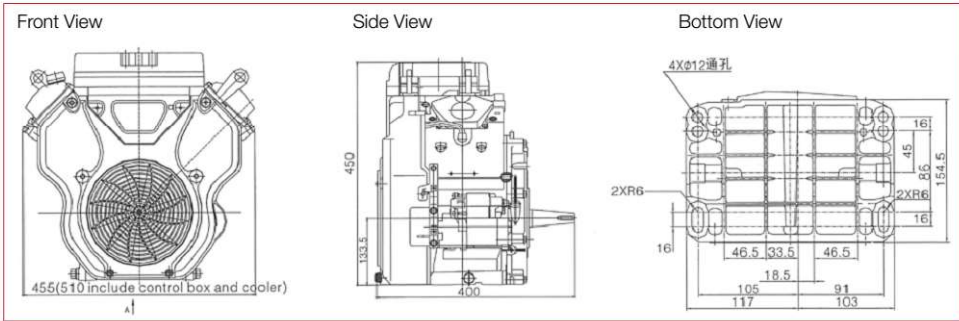
Lembaran ini dipergunakan saat melakukan percobaan, sesudah dihitung nilai rata-ratanya, nilai rata-ratanya dipindahkan ke lembar data hasil pengujian.

SPESIFIKASI ENGINE

19.7hp V-Twin



Engine Model	LC2V78FD-1
Engine Type	V-Twin, 4-stroke, OHV, forced air cooling
Net Power (hp / kW)	19.7 / 14.7 @ 3600 r/min
Gross Power (hp / kW)	22 / 16.4 @ 3600 r/min
Net Torque (Nm)	43.5 @ 2500 r/min
Bore x Stroke (mm)	78 x 71
Displacement (cc)	678
Compression Ratio	8.5 : 1
Oil Capacity (L)	1.5
Fuel Consumption (g/kw h)	≤ 360
Idle Speed	1500 ± 150
Starting System	Electric
Dimensions (L x W x H mm)	510 x 400 x 450
Net Weight (kg)	43



Daftar Pustaka

- Culp, Jr. A.W., 1991 "Principle of Energy Conversion", McGraw-Hill Book Co-Singapore.
- El-Wakil. M.M. 1984, "Powerplant Technology" Mc-Graw Hill Inc.
- Gill. Paul W., 1959 "Fundamentals of Internal Combustion Engines", 4th, Ed, Oxford & IBH Publishing Co.
- Goodger. E.M. 1984 "Principles of Engineering Thermodynamics". Second Edition. Macmillan. Publ.
- Heywood. J.B. 1988, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill.
- Hicks. Tyler G. 1989 "Standard Handbook of Engineering Calculation", 2rd Ed, McGraw-Hill Int, Ed.
- Khovakh, M. 1979, Motor Vehicle Engine., 3rd Printing, Mir Publisher, Moscow.
- Klein. Herbert. 1988, The science of measurement: A historical survey, New York: Dover Publications.
- Mark. Melvin. Foster, Arthur R., 1979, "Thermodynamics Principles and Applications," Allyn and Bacon, Inc.
- Pulkabrek W. W., 1997, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Prentice Hall.
- Salisbury. J.K. 1950, " Mechanical Engineers' Handbooks" power volume, Toppan Company, Ltd., Tokyo
- Shvets, I, (----) "Thermal Engineering", Peace Publisher, Moscow.
- Sonntag. R.E. Van Wylen, G. 1982, "Introduction to Thermodynamics Classical & Statistical", Second Ed, John Wiley & Sons.
- http://www.nitjsr.ac.in/course_assignment/ME31ME%20604Performance%20test%20of%20IC%20engine.pdf
- <http://www.ignou.ac.in/upload/unit-7.pdf>

~!~£\$%^&*()_+`

`1234567890-=

Qwertyuiop[]#

Asdfghjkl;'

Zxcvbnm,./

QWERTYUIOP{}~

ASDFGHJKL:@

ZXCVBNM<>?#~