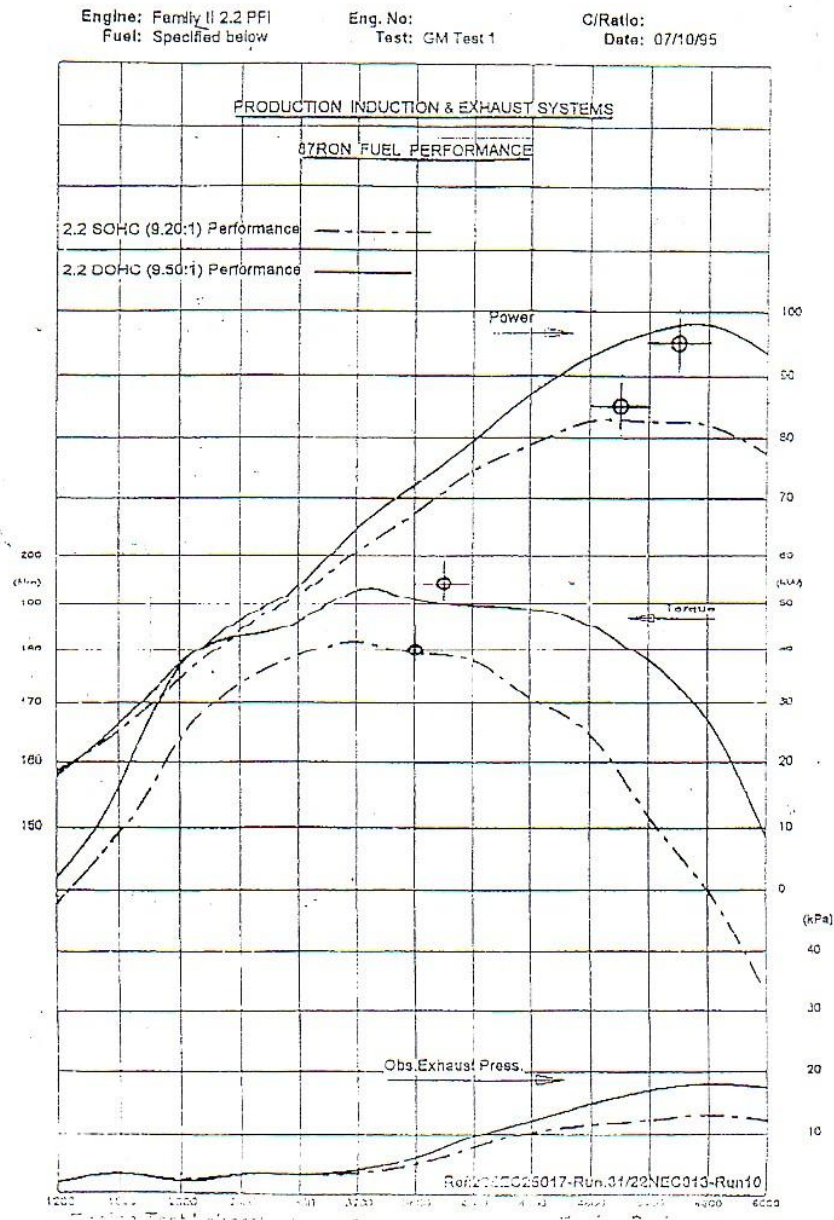


PERHITUNGAN RANDEMEN VOLUMETRIS MOTOR

3.1 Perhitungan Thermodinamika motor Otto 4 Langkah

Dari hasil pengujian motor diatas Dynamometer maka didapat data sebagai berikut:

Grafik 2.1 Data hasilpengujian performance engine
Sumber : PT. General Motor Indonesia



Tabel 3.1 Putaran Vs Daya Motor
 Sumber : PT. General Motor Indonesia

No.	Putaran motor (Rpm)	DOHC			SOHC		
		Daya Motor		Momen Puntir (Nm)	Daya Motor		Momen Puntir (Nm)
		Kw	Ps		Kw	Ps	
1	1200	18	24.473	143	18	24.473	138
2	1400	28	38.069	157	25	33.990	149
3	2000	37	50.306	178	34	46.227	164
4	2400	47	63.902	184	44	59.823	173
5	2800	54	73.419	185	52	70.700	180
6	3200	65	88.375	195	60	81.577	182
7	3600	73	99.252	191	67	91.094	179
8	4000	79	107.410	189	74	100.612	178
9	4400	87	118.287	188	79	107.410	171
10	4800	94	127.804	185	83	112.848	165
11	5200	97	131.883	178	82	111.489	152
12	5600	98	133.243	167			

Dari data hasil pengujian diatas terdapat kesenjangan daya antara motor yang menggunakan multi katup dengan dua katup tiap silinder. Kesenjangan tersebut dimulai pada putaran 1400 rpm terjadi perbedaan daya yang dihasilkan yaitu sebesar 3 PS dan puratan maksimum untuk DOHC lebih tinggi sebesar 400 Rpm.

Pada dasarnya antara kedua engine tidak terdapat perbedaan yang jauh. Perbedaan tersebut hanya pada jumlah katup atau mekanisme katup saja, sedangkan dimensi komponen lain dan sistem-sistem lain tidak ada perbedaan. Alasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan daya yang dihasilkan tersebut di pengaruhi oleh jumlah campuran udara dan bahan bakar yang masuk kedalam silinder.

Jumlah campuran udara dan bahan bakar yang masuk kedalam silinder secara teoritis yang ideal adalah sama dengan volumelangkah torak dari TMA ke TMB atau sebesar kapasitas silinder. Jumlah ini yang akan diubah menjadi tenaga jadi banyak sedikitnya akan berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Pada kenyataan sebenarnya terdapat beberapa penyimpangan yang menyebabkan campuran udara dan bahan bakar yang masuk kedalam silinder lebih kecil dari volume langkah torak. Penyimpangan tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor seperti tekanan udara temperatur udara, sisa gas bekas, panjang saluran, bentuk saluran dan ukuran saluran masuk.

Untuk mengetahui penyebab perbedaan tersebut diatas maka perlu dilakukan perhitungan, dengan asumsi bahwa yang menjadi penyebab perbedaan adalah efisiensi volumetris dan parameter lain (η_{th} , η_{mek} , η_{pemb} , N_{pb}) sama.

3.2 Analisis Perhitungan Performance Motor Chevrolet Blazer

3.2.1 Motor Chevrolet Blazer 2.2 SEC DOHC

1. Rumus gas ideal

$$P.v = R.T \quad (\text{Wiranto A, 1994 : 17})$$

Keterangan :

P = Tekanan Gas, Kg/m²

v = Volume Spesifik dari gas, m³/kg

R = Konstanta gas universal, m kg/kg K

$$= 29,3 \text{ m kg/kg K}$$

T = Temperatur absolut, K

Untuk memudahkan dalam penganalisisan motor otto 4 langkah, maka dapat menggunakan siklus ideal volume konstan. Parameter thermodinamika yang perlu diketahui untuk penganalisisan ini adalah;

✚ Tekanan udara luar (P_0) = 1030 kg/m²

✚ Temperatur udara luar (T_0) = 27°C = 300 K

✚ Fluida kerja terdiri dari bahan bakar iso oktan normal heptan dan udara

Jadi volume spesifik gas adalah

$$P.v = R.T$$

$$v = \frac{R.T}{P}$$

$$v = \frac{29,3}{10330}$$

$$v = 0,851 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Volume spesifik gas adalah 0,851 m³/kg

2. Kapasitas motor

Pada saat langkah isap piston bergerak dari TMA ke TMB terjadi perubahan volume dari kecil menjadi besar, sehingga terjadi kevacuman dan campuran bahan bakar dan udara akan terhisap masuk. Volume fluida yang masuk idealnya adalah sebesar volume langkah atau kapasitas silinder.

Kapasitas motor atau bisa disebut dengan volume langkah merupakan patokan dari setiap motor atau ukuran dari sebuah motor. Besar kecilnya volume langkah akan menentukan banyak sedikitnya campuran bahan bakar dan udara yang masuk kemudian yang dikompresikan, dibakar dan yang menjadi tenaga. Volume langkah dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Vl = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot L \cdot z$$

Keterangan:

Vl = Volume langkah

L = Langkah Torak

D = Diameter Torak

Z = Jumlah silinder

$$\begin{aligned} Vl &= \frac{\pi}{4} \cdot 6,9,46.4 \\ &= 2198.052 \text{ Cc} \\ &= 0,002198 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Besarnya volume total adalah

$$Vt = Vl + Vs$$

Dimana:

C = Perbandingan kompresi

Vl = Volume langkah

Vs = Volume sisa

Maka:

$$\begin{aligned} 9,5 &= \frac{Vl + Vs}{Vs} \\ 9,5Vs &= Vl + Vs \\ 8,5Vs &= Vl \\ Vs &= \frac{2198,052}{8,5} \\ Vs &= 258.594 \text{ Cm}^3 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh harga volume silinder, yaitu:

$$V_t = V_l + V_s$$

$$V_t = 2198,052 + 258,594$$

$$V_t = 2456.646 \text{ Cm}^3$$

$$V_t = 0,002456 \text{ m}^3$$

3. Jumlah Muatan untuk setiap siklus ideal

$$B_m = \frac{V_l}{v}$$

$$B_m = \frac{0,002198052}{0,851}$$

$$B_m = 0.002583 \text{ Kg}$$

4. Jumlah muatan sesungguhnya tiap siklus

$$B_{ms} = B_m \times \eta_v$$

$$B_{ms} = 0,002583 \times \eta_v$$

5. Jumlah bahan bakar pada suatu muatan tiap siklus

Jumlah bahan bakar ini tergantung dari kondisi kerja motor tersebut, sehingga jumlah bahan bakar dipengaruhi oleh perbandingan udara dan bahan bakar. Perbandingan udara dan bahan bakar pada setiap kondisi kerja motor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Campuran bahan bakar untuk berbagai kondisi.
 Sumber: New Step Toyota Astra 1995; 3-15

Kondisi kerja motor	Perbandingan udara dan bahan bakar
Saat start temperatur 0°C	Kira-kira 1:1
Saat start temperatur 20°C	Kira-kira 5:1
Saat idling	Kira-kira 11:1
Putaran lambat	12-13:1
Akselerasi	Kira-kira 8:1
Putaran maksimum (beban penuh)	12-13:1
Putaran sedang (ekonomi)	16-18:1

Sebagai contoh perhitungan diambil pada saat putaran idling. FAR (Fuel air ratio) pada saat putaran idling yaitu 11 : 1, maka:

$$B_{ms} = \frac{0,002583}{11} \times \eta_v$$

6. Panas yang dihasilkan dari pembakaran

$$\eta_{pemb} = 0,98 \quad (\text{Wiranto A, 1994 : 36})$$

$$N_{pb} = 10580 \text{ kkal/kg}$$

$$Q_m = \frac{0,002583}{11} \times \eta_v \times \eta_{pemb} \times N_{pb} \quad (\text{Kkal/Siklus})$$

8. Panas yang dapat dirubah menjadi daya

Tidak semua panas dapat dirubah menjadi daya, karena dalam suatu proses pembakaran motor ada yang dinamakan rendemen thermis, maka perhitungannya di atas dikalikan dengan rendemen thermis. Rendemen thermisnya didapat dari :

$$\eta_{th} = 1 - \left(\frac{1}{C} \right)^{k-1}$$

C = Perbandingan kompresi motor (9,5 : 1)

k = Komponen adiabatik, dapat dicari dari :

Nilai k diperoleh dari persamaan :

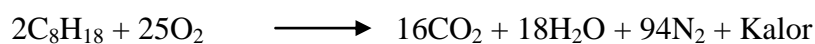
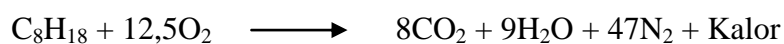
$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

Keterangan:

C_p = Panas jenis campuran bahan bakar dan udara pada tekanan konstan.

C_v = Panas jenis campuran bahan bakar dan udara pada volume konstan.

Bahan bakar yang digunakan dengan nilai oktan 88, artinya bahan bakar tersebut mengandung 88 % iso oktan dan 12 % normal heptan. Persamaan kimia campuran bahan bakar dan udara adalah:



$$C_{pm} = \left[\frac{1}{60,5} \times 1,630 \right] + \left[\frac{12,5}{60,5} \times 0,917 \right] + \left[\frac{47}{60,5} \times 1,038 \right]$$

$$= 1,023 \text{ kJ/kg K}$$

$$C_{vm} = \left[\frac{1}{60,6} \times 1,557 \right] + \left[\frac{12,5}{60,5} \times 0,657 \right] + \left[\frac{47}{60,5} \times 0,742 \right]$$

$$C_{vm} = 0,738 \text{ KJ / KgK}$$

$$\text{Sehingga nilai k Reaktan (km)} = \frac{C_{pm}}{C_{vm}} = \frac{1,023}{0,738} = 1,386$$

$$C_{pp} = \left[\frac{8}{64} \times 0,854 \right] + \left[\frac{9}{64} \times 1,867 \right] + \left[\frac{47}{64} \times 0,838 \right]$$

$$C_{pp} = 0,984 \text{ Kj/kg K}$$

$$C_{vp} = \left[\frac{8}{64} \times 0,656 \right] + \left[\frac{9}{64} \times 1,406 \right] + \left[\frac{47}{64} \times 0,743 \right]$$

$$C_{vp} = 0,825 \text{ kj/Kg K}$$

$$\text{Sehingga Nilai } k_p = \frac{C_{pp}}{C_{vp}} = \frac{0,984}{0,825} = 1,193$$

Untuk reaksi Normal Heptan (C_7H_{16})



$$C_{pm} = \left[\frac{1}{59} \times 2,637 \right] + \left[\frac{11}{59} \times 0,917 \right] + \left[\frac{47}{59} \times 1,038 \right]$$

$$C_{pm} = 1,042 \text{ kj/kg K}$$

$$C_{vm} = \left[\frac{1}{59} \times 1,986 \right] + \left[\frac{11}{59} \times 0,657 \right] + \left[\frac{47}{59} \times 0,742 \right]$$

$$C_{vm} = 0,747 \text{ kj/kg K}$$

$$\text{Sehingga } k_m = \frac{c_{pm}}{c_{vm}} = \frac{1,042}{0,747} = 1,395$$

$$c_{pp} = \left[\frac{7}{62} \times 0,854 \right] + \left[\frac{8}{62} \times 1,867 \right] + \left[\frac{47}{62} \times 1,038 \right]$$

$$C_{pp} = 1,123 \text{ kj/kg K}$$

$$C_{vp} = \left[\frac{7}{62} \times 0,656 \right] + \left[\frac{8}{62} \times 1,406 \right] + \left[\frac{47}{62} \times 0,742 \right]$$

$$C_{vp} = 0,818 \text{ kj/kg K}$$

$$\text{Sehingga } k_p = \frac{1.123}{0,818} = 1,373$$

Untuk nilai k yang akan digunakan diambil dari rata-rata nilai k untuk isooktan dan kuntuk normalheptan

$$K \text{ iso oktan} = \frac{1,193+1,386}{2} = 1,289$$

$$K \text{ n heptan} = \frac{1,373+1,395}{2} = 1,384$$

Karena premium mengandung 88 % isoOktan maka

$$K \text{ iso oktan} = \frac{88}{100} \times 1,289 = 1,134$$

$$K \text{ normalheptan} = \frac{12}{100} \times 1,384 = 0,166$$

Maka harga k total

$$K \text{ total} = k \text{ iso oktan} + k \text{ normal heptan}$$

$$= 1,134 + 0,166$$

$$= 1,300$$

Maka

$$\eta_{th} = 1 - \left(\frac{1}{9,5} \right)^{1,300-1}$$

$$\eta_{th} = 0,491$$

$$\eta_{th} = 49,1\%$$

Maka panas yang dirubah menjadi daya adalah:

$$Q_m = \frac{0,002583}{11} \times \eta_v \times \eta_{pemb} \times N_{pb} \times \eta_{th} \quad (\text{Kkal/Siklus})$$

$$Q_m = \frac{0,002583}{11} \times \eta_v \times 0,98 \times 10580 \times 0,491 \quad (\text{Kkal/Siklus})$$

$$Q_m = \frac{0,002583}{11} \times \eta_v \times 0,98 \times 10580 \times 0,491 \times n \times a \times \frac{427}{60 \times 75} = Ni, PS$$

$$Ni = \frac{0,002583}{11} \times \eta_v \times 0,98 \times 10580 \times 0,491 \times n \times a \times \frac{427}{60 \times 75}, PS$$

$$Ne = \frac{0,002583}{11} \times \eta_v \times 0,98 \times 10580 \times 0,491 \times n \times a \times \eta_{mek} \times \frac{427}{60 \times 75}, PS$$

Dimana:

$$\eta_{mek} = 0,80$$

$$24,473 = \frac{0,002583}{11} \times \eta_v \times 0,98 \times 10580 \times 0,491 \times 1200 \times 0,5 \times 0,80 \times \frac{427}{4500}$$

PS

Maka:

$$\eta_v = \frac{24,473 \times 4500 \times 11 \times 2}{0,002583 \times 0,98 \times 0,491 \times 0,8 \times 10580 \times 1200 \times 427}$$

$$\eta_v = 0.449$$

$$\eta_v = 44,9 \%$$

Dengan perhitungan diatas maka di dapat rendemen volumetris pada setiap tingkat putaran dan beban kerja motor sepertipada tabel di bawah:

Tabel. 3.3 Putaran Vs Daya motor pada motor DOHC SEC 2.2

No	rpm	DOHC		Rendemen Volumetris (%)
		Kw	ps	
1	1200	18	24.473	44.948
2	1400	28	38.069	65.378
3	2000	37	50.306	70.555
4	2400	47	63.902	80.021
5	2800	54	73.419	73.550
6	3200	65	88.375	77.467
7	3600	73	99.252	77.334
8	4000	79	107.410	75.322
9	4400	87	118.287	75.408
10	4800	94	127.804	69.351
11	5200	97	131.883	60.978
12	5600	98	133.243	57.206

9. Tekanan efektif rata-rata

Dari data hasil pengujian dapat dihitung tekanan efektif rata-rata motor pada setiap tingkat putaran. Perhitungannya menggunakan persamaan dibawah ini:

$$P_e = \frac{N_e \times 75 \times 60 \times 100}{a \times z \times V_l \times n} \quad (\text{Wiranto A, 1994 : 33})$$

Dimana:

P_e = Tekanan efektif rata-rata (kg/cm^2)

N_e = Daya efektif (Ps)

a = Siklus dalam satu putaran (Motor Otto 4 langkah = 0,5)

V_l = Jumlah silinder

N = Putaran motor

$$Pe = \frac{24,473 \times 75 \times 60 \times 100}{0,5 \times 2198,052 \times 1200}$$

$$Pe = 8.350 \text{ kg/cm}^2$$

Selanjutnya tekanan efektif rata-rata tiap putaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel.3.4 Hubungan putaran dengan tekanan efektif rata-rata

No	Putaran	Tekanan Epektif rata-rata (kg/m2)
1	1200	8.350
2	1400	11.134
3	2000	10.299
4	2400	10.902
5	2800	10.736
6	3200	11.308
7	3600	11.289
8	4000	10.995
9	4400	11.008
10	4800	10.902
11	5200	10.385
12	5600	9.742

10. Perhitungan Jumlah pemakaian bahan bakar

Perhitungan jumlah pemakaian bahan bakar dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$B = \frac{Ne}{\eta_{th} \times Npb} \times 632 \quad (\text{Wiranto A 1994 : 33})$$

Dimana:

B = Konsumsi bahan bakar per jam, (kg/jam)

Ne = Daya efektif (Ps)

η_{th} = Rendemen thermis

Npb = Nilaikalor bawah bahan bakar (10580 Kkal/kg)

$$B = \frac{24,473}{0,491 \times 10580} \times 632$$

$$B = 2,977 \text{ Kg/jam}$$

Pemakaian bahan bakar tiapputaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel.3.5 Hubungan putaran dengan pemakaianbahan bakar

No	Putaran	Jumlah pemakaian bahan bakar (Kg/jam)
1	1200	2.977
2	1400	4.631
3	2000	6.120
4	2400	7.774
5	2800	8.932
6	3200	10.752
7	3600	12.075
8	4000	13.068
9	4400	14.391
10	4800	15.549
11	5200	16.045
12	5600	16.210

11. Pemakaian bahan bakar efektif

Perhitungan pemakaian bahan bakar efektif dapat dicari dengan persamaan:

$$Be = \frac{B}{Ne} \quad (\text{Wiranto A. 1994 : 34})$$

Dimana:

Be = Pemakaian bahan bakar efektif (kg/jam Ps)

B = Jumlah pemakaian bahan bakar perjam (Kg/jam)

Ne = Daya efektif (Ps)

$$Be = \frac{2,977}{24,473}$$

$$Be = 0,122 \text{ Kg/jamPs}$$

Hasil perhitungan tiap putaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel. 3. 6 Putaran dan pemakaian bahan bakar epektif perjam Ps

No	Putaran	Pemakaian bahan bakar epektif (Kg/jam Ps)
1	1200	0.122
2	1400	0.122
3	2000	0.122
4	2400	0.122
5	2800	0.122
6	3200	0.122
7	3600	0.122
8	4000	0.122
9	4400	0.122
10	4800	0.122
11	5200	0.122
12	5600	0.122

Tabel. 3. 7 Hasil perhitungan Motor Chevrolet Blazer 2.2 SEC DOHC

No	Putaran Motor	Daya epektif (Ne)	Perbandingan udaran dan bahan bakar	Rendemen Volumetris (%)	Tekanan Epektif Rata-rata (Pe)	Jumlah pemakaian bahan bakar per jam (Kg/jam)	Pemakaian bahan bakar epektif (Kg/jamPs)
1	1200	24.473	11	44.948	8.350	2.977	0.122
2	1400	38.069	12	65.378	11.134	4.631	0.122
3	2000	50.306	14	70.555	10.299	6.120	0.122
4	2400	63.902	15	80.021	10.902	7.774	0.122
5	2800	73.419	14	73.550	10.736	8.932	0.122
6	3200	88.375	14	77.467	11.308	10.752	0.122
7	3600	99.252	14	77.334	11.289	12.075	0.122
8	4000	107.41	14	75.322	10.995	13.068	0.122
9	4400	118.287	14	75.408	11.008	14.391	0.122
10	4800	127.804	13	69.351	10.902	15.549	0.122
11	5200	131.883	12	60.978	10.385	16.045	0.122
12	5600	133.243	12	57.206	9.742	16.210	0.122

3.2.2 Motor Chevrolet Blazer 2.2 NEC SOHC

Analisis perhitungan termodinamika antara motor DOHC dengan SOHC menggunakan persamaan yang sama dan beberapa parameter yang sama, sehingga didapat data hasil perhitungan dibawah ini:

Tabel. 3. 7 Hasilperhitungan Motor Chevrolet Blazer 2.2 NEC SOHC

No	Putaran Motor	Daya epektif (Ne)	Perbandingan udaran dan bahan bakar	Rendemen Volumetris (%)	Tekanan Epektif Rata-rata (Pe)	Jumlah pemakaian bahan bakar per jam (Kg/jam)	Pemakaian bahan bakar epektif (Kg/jamPs)
1	1200	24.473	11	44.948	8.350	2.977	0.122
2	1400	33.99	12	58.373	9.941	4.135	0.122
3	2000	46.227	14	64.834	9.464	5.624	0.122
4	2400	59.823	15	74.913	10.206	7.278	0.122
5	2800	70.7	14	70.827	10.339	8.601	0.122
6	3200	81.577	14	71.508	10.438	9.925	0.122
7	3600	91.094	14	70.978	10.361	11.083	0.122
8	4000	100.612	14	70.555	10.299	12.241	0.122
9	4400	107.41	14	68.474	9.995	13.068	0.122
10	4800	112.848	13	61.235	9.626	13.729	0.122
11	5200	111.489	12	51.549	8.779	13.564	0.122
12	5600						