

STUDI ANALISA PERFORMANSI MESIN – SISTEM PEMBAKARAN EFI DAN KARBURATOR PADA MESIN BENSIN

Mulfi Hazwi¹, Hendri P.², Tulus B. Sitorus³, Dian M. Nasution⁴, Terang UHS Ginting⁵, Andianto P.⁶

^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Email: Hendri_Pranata@yahoo.com

ABSTRAK

EFI (*Electronic Fuel Injection*) adalah suatu sistem injeksi bahan bakar yang dikontrol secara elektronik dengan berdasarkan pada masukan sinyal- sinyal dari sensor-sensor yang diolah oleh ECU (*Electronic Control Unit*), yaitu berupa chips yang terdiri dari *microprosesor* dan *memory* yang dipasang secara *on board* pada mobil. Tujuan penggunaan dan pengembangan EFI sampai saat ini adalah untuk meningkatkan tenaga atau daya mesin dan selain itu juga untuk memperbaiki prestasi motor bakar dan mengurangi emisi gas buang. Sistem injeksi bahan bakar berupa EFI ini adalah sebagai pengganti karburator dengan pertimbangan-pertimbangan antara lain : karburator tidak mampu mengalirkan campuran udara-bahan bakar dengan harga perbandingan yang sama untuk setiap silinder, uap bahan bakar yang lebih berat daripada udara maka akan mengalami kesulitan ketika mengalir melalui belokan dan sudut-sudut tajam dari saluran isap (*intake manifold*), dengan sistem injeksi maka bahan bakar dapat dikabutkan langsung kedalam saluran isap dekat dengan katup isap, lebih presisi dalam mengatur jumlah bahan bakar yang dikabutkan sebagai fungsi dari kondisi operasi mesin yang dideteksi oleh berbagai sensor. Berdasarkan hasil perhitungan untuk mesin bensintipe 7K-Carburator diperoleh Daya sebesar 43,1541 kW, Torsi sebesar 117,8 Nm pada rpm 3500, sedangkan untuk mesin 7K-EFI diperoleh Daya sebesar 50,5749 kW, Torsi sebesar 121,8 Nm pada rpm 4000.

Kata Kunci : Mesin Bensin 7K, Sistem Injeksi, ECU (*Electronic Control Unit*)

1.

PENDAHULUAN

EFI (*Electronic Fuel Injection*) adalah suatu sistem injeksi bahan bakar yang dikontrol secara elektronik dengan berdasarkan pada masukan sinyal- sinyal dari sensor-sensor yang diolah oleh ECU (*Electronic Control Unit*), yaitu berupa chips yang terdiri dari *microprosesor* dan *memory* yang dipasang secara *on board* pada mobil. Sistem injeksi bahan bakar berupa EFI ini adalah sebagai pengganti karburator dengan pertimbangan pertimbangan antara lain, karburator tidak mampu mengalirkan campuran udara-bahan bakar dengan harga perbandingan yang sama untuk setiap silinder, uap bahan bakar yang lebih berat daripada udara maka akan mengalami kesulitan ketika mengalir melalui belokan dan sudut-sudut tajam dari saluran isap (*intake manifold*), dengan sistem injeksi maka bahan bakar dapat dikabutkan langsung kedalam saluran isap dekat dengan katup isap, lebih presisi dalam mengatur jumlah bahan bakar yang dikabutkan sebagai fungsi dari kondisi operasi mesin yang dideteksi oleh berbagai sensor.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengerian Dasar

Motor bakar adalah salah satu jenis dari mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Energi diperoleh dari proses pembakaran, proses pembakaran juga mengubah energi tersebut yang terjadi didalam dan diluar mesin kalor. Motor bakar torak menggunakan silinder tunggal atau beberapa silinder. Salah satu fungsi torak disini adalah sebagai pendukung terjadinya pembakaran pada motor bakar. Tenaga panas yang dihasilkan dari pembakaran diteruskan torak ke batang torak, kemudian diteruskan ke poros engkol yang mana poros engkol nantinya akan diubah menjadi gerakan putar. [1]

2.2. Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin

Motor bensin bekerja dengan gerakan torak bolak balik (Bergerak naik turun pada motor dengan silinder tegak) motor bensin bekerja menurut prinsip 4 langkah (tak) dan 2 langkah (tak). Yang dimaksud dengan istilah "langkah" disini adalah perjalanan torak dari satu titik mati atas TMA ke titik mati bawah TMB. [1]

2.3. Sistem EFI (*Electric Fuel Injection*)

Mesin dengan karburator konvensional, jumlah bahan bakar yang diperlukan oleh mesin diatur oleh karburator. Pada mesin modern dengan menggunakan sistem EFI maka jumlah bahan bakar diatur (dikontrol) lebih akurat oleh komputer dengan mengirim bahan bakarnya ke silinder melalui *injektor*. Sistem EFI menentukan jumlah bahan bakar yang optimal (tepat) disesuaikan dengan jumlah dan temperatur udara yang masuk, kecepatan mesin, temperatur air pendingin, posisi katup *throttle*, pengembunan *oxygen* di dalam *exhaust pipe*, dan kondisi penting lainnya. Komputer EFI mengatur jumlah bahan bakar untuk dikirim ke mesin pada saat penginjeksian dengan perbandingan udara dan bahan bakar yang optimal berdasarkan kepada karakteristik kerja mesin. Sistem EFI menjamin perbandingan udara dan bahan bakar yang ideal dan efisiensi bahan bakar yang tinggi pada setiap saat. [1]

Mengalir ke *air intake chamber* ditentukan oleh pembukaan katup *throttle*. Selanjutnya udara dari *intake chamber* didistribusikan ke setiap *manifold* dan mengalir ke dalam ruang bakar. Apabila mesin masih dingin, *air valve* akan terbuka dan udara mengalir melalui *air intake chamber*. Sekalipun *throttle valve* dalam keadaan menutup, udara akan mengalir ke *air intake chamber* untuk menambah putaran *idle* (disebut "*fast idle*").[1]

2.4 Sistem Karburator

Karburator berfungsi untuk merubah bahan bakar dalam bentuk cair menjadi kabut bahan bakar dan mengalirkan ke dalam silinder sesuai dengan kebutuhan mesin. Karburator mengirim sejumlah campuran udara dan bahan bakar melalui *intake manifold* menuju ruang bakar sesuai dengan beban dan putaran mesin.

2.5 Prinsip Kerja Karburator

Prinsip dasar karburator sama dengan prinsip pengecatan dengan penyemprotan. Pada saat udara ditiup melalui bagian ujung pipa penyemprot, tekanan di dalam pipa akan turun (rendah). Akibatnya cairan yang ada di dalam tabung akan terhisap keluar dan membentuk partikel-partikel kecil saat terdorong oleh udara. Semakin cepat aliran udara, maka semakin rendah tekanan udara pada ujung pipa sehingga semakin banyak cairan bahan bakar yang keluar dari pipa. Prinsip kerja karburator berdasarkan hukum-hukum fisika seperti : *Qontinuitas* dan *Bernauli*. Apabila suatu fluida mengalir melalui suatu tabung, maka banyaknya fluida atau debit aliran (Q) adalah :

$$Q = A \cdot V = \text{konstan} \dots \dots [2]$$

$$Q = \text{debit aliran} \quad (m^3/\text{detik})$$

$$A = \text{luas penampang tabung} \quad (m^2)$$

$$V = \text{kecepatan aliran} \quad (m/\text{detik})$$

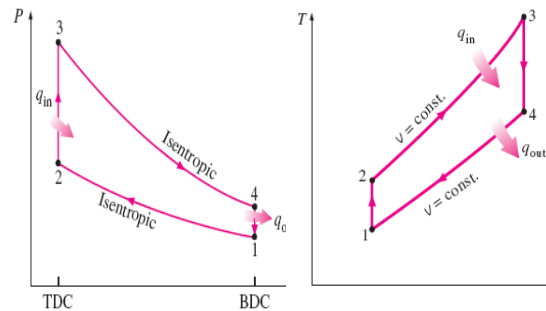
2.6 Cara Kerja Karburator

Untuk memenuhi kebutuhan kerjanya, pada karburator terdapat beberapa sistem yaitu :

- a. Sistem pelampung
- b. Sistem *Stasioner* dan Kecepatan Lambat
- c. Sistem Kecepatan Tinggi Primer
- d. Sistem Kecepatan Tinggi Sekunder
- e. Sistem Tenaga (*Power System*)
- f. Sistem Percepatan
- g. Sistem Cuk
- h. Mekanisme idel cepat
- i. *Hot Idle Compensator*
- j. *Anti Dieseling*
- k. *Daspot*

1. Deceleration Fuel Cut Off System

2.7 Siklus ideal Otto (siklus volume konstan)



Gambar 2.1 diagram P – v dan T – s siklus otto

(sumber : yunus A.Cengel and Michael A. Boles)

Proses siklus sebagai berikut :

- a. Proses 0 – 1 (Langkah hisap) : Menghisap udara pada tekanan konstan, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Campuran bahan bakar dan udara mengalir ke dalam silinder melalui lubang katup masuk.

$$P_o = P_1 \dots\dots\dots[2]$$

- b. Proses 1 – 2 (Kompresi Isentropik) : semua katup tertutup. Campuran udara dan bahan bakar yang berada di dalam silinder tadi ditekan dan dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA). Akibatnya, tekanan dan suhu dalam silinder naik menjadi P_2 dan T_2

$$P_1 V_1 = mmRT \dots\dots\dots[2]$$

- c. Proses 2 – 3 : Proses penambahan kalor pada volume konstan.

$$Q_{2-3} = Q_{in} = mfQ_{HV}\eta_c = mmC_v (T_3 - T_2) \dots\dots[2]$$

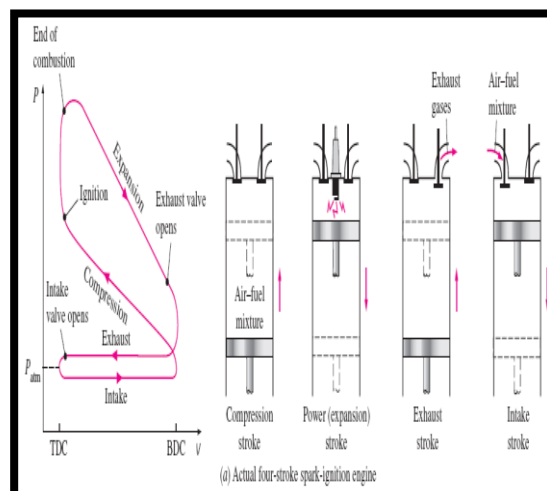
- d. Proses 3 – 4 : Ekspansi Isentropik

$$\frac{P_4}{P_3} = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^K = \left(\frac{1}{r_c} \right)^{K-1} \dots [2]$$

- e. Proses 4 – 1 : Proses pembuangan kalor pada titik volume konstan,

$$Q_{4-1} = Q_{out} = mmC_v (T_1 - T_4) \dots\dots\dots[2]$$

2.8 Siklus Aktual



Gambar 2.64 diagram siklus aktual

(sumber : yunus A.Cengel and Michael A. Boles)

2.8 Parameter Performansi Mesin

2.8.1 Tekanan efektif rata-rata (mep)

Selama siklus berlangsung, temperatur dan tekanannya selalu berubah – ubah. oleh karena itu sebaiknya dicari harga tekanan tertentu (konstan) yang apabila mendorong torak sepanjang langkah

dapat menghasilkan kerja persiklus yang sama dengan siklus yang dianalisa. Tekanan tersebut dinamai "tekanan efektif rata – rata", mep , yang diformalisasikan sebagai berikut.

$$mep = \frac{W_{nett}}{V_d} \dots\dots\dots[2]$$

Dimana :

mep = tekanan efektif rata – rata (kPa)

V_d = Volume langkah torak (m^3)

W_{nett} = Kerja netto dalam satu siklus (kJ)

2.8.2 Daya Indikator (W_i)

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder.

$$W_i = \frac{W_{nett} \times N}{n} \dots\dots\dots[2]$$

2.8.3 Daya Poros (W_b)

Daya yang di hasilkan suatu mesin pada poros keluarannya disebut sebagai daya poros (*brake horse power*) yang di hitung berdasarkan rumusan:

$$W_b = 2\pi \times N \times \tau \dots\dots\dots[2]$$

2.8.4 Konsumsi bahan bakar (sfc)

Konsumsi bahan bakar didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang di konsumsi persatuan unit daya yang dihasilkan perjam operasi. Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar.

$$sfc = \frac{m_f}{W_b} \dots\dots\dots[2]$$

2.8.5 Efisiensi termal (η_{th})

Efisiensi termis suatu mesin didefinisikan sebagai perbandingan antara energi keluaran dengan energi kimia yang masuk yang dikandung bahan bakar dalam bentuk bahan bakar yang dihisap ke dalam ruang bakar. Efisiensi termal sesuai definisinya merupakan parameter untuk mengukur efisiensi bahan bakar.

$$\eta_{th} = 1 - (T_1 - T_2) \dots\dots\dots[2]$$

2.8.6 Efisiensi mekanis (η_m)

Besarnya kerugian daya diperhitungkan dalam efisiensi mekanis yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_m = \frac{W_b}{W_t} \dots\dots\dots[2]$$

2.8.7 Efisiensi Volumetrik (η_v)

Efisiensi ini di definisikan sebagai perbandingan antara massa udara yang masuk karena dihisap pada langkah hisap dan massa udara pada tekanan dan temperatur atmosfer yang dapat dihisap masuk kedalam volume sapuan yang sama.

$$\eta_v = \frac{m_a}{(\rho_a \times V_d)} \dots\dots\dots[2]$$

3. METODE PENELITIAN

3.3. Metode Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam pengujian ini meliputi :

- Data primer, merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran dan pembacaan pada unit instrumentasi dan alat ukur pada masing-masing pengujian
- Data sekunder, data mengenai karakteristik bahan bakar solar dari Pertamina.

3.5. Perosedur Analisa Performansi mesin bensin 7K – E IN LINE

Analisa yang dilakukan dengan menggunakan mesin bensin 4 - langkah tipe 7K – E IN LINE dengan sistem bahan bakar EFI dan Karburator.



Gambar 3.1 Mesin bensin yang akan dianalisa

3.6. Alat – alat untuk proses analisa Unjuk kerja Mesin :

Adalah suatu dynamo alat ukur torsi, daya dan putaran mesin. Dengan spesifikasi alat ukurnya :Gunt Hamburg dengan Tipe HM 365, Nominal Power 2,2 Kw.



**Gambar 3.2 Universal Dynamometer Module
Electronic Indicating system (Tipe CT 159.01)**

Electronic Indicating System adalah alat yang didesain untuk mengukur tekanan dalam ruang bakar.



Gambar 3.3 Electronic Indicating

Display Board Meansurement

(Tipe CT 159 dengan daya nominal sebesar 0,3 kW) adalah alat untuk mengukur temperatur dan kebutuhan bahan bakar.



Gambar 3.5 Display Board Measurement

4. Analisa Termodinamika dan Prestasi mesin

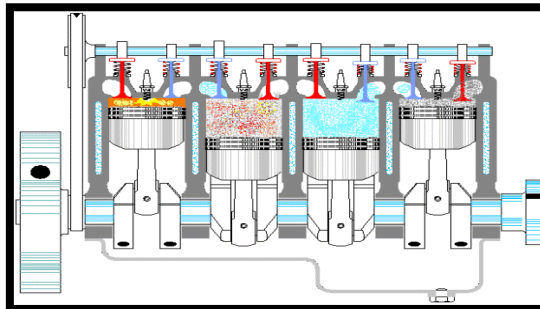
4.1 Idealisasi Analisa Termodinamika

Proses termodinamika yang terjadi didalam motor bakar sangatlah kompleks untuk dianalisa menurut teori. Untuk memudahkan analisa tersebut kita perlu membayangkan suatu keadaan yang ideal. Makin ideal suatu keadaan makin mudah dianalisa, akan tetapi dengan sendirinya makin jauh menyimpang dari keadaan sebenarnya. Untuk itu perlu dilakukan idealisasi yaitu :

- Fluida kerja dianggap gas ideal (sempurna)
- Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara isentropik
- Proses pembakaran dianggap sebagai proses pemanasan fluida kerja
- Pada akhir proses *ekspansi*, yaitu pada waktu torak mencapai titik TMB, fluida kerja didinginkan sehingga tekanan dan temperatur mencapai tekanan dan temperatur atmosfer
- Tekanan fluida kerja didalam tekanan didalam silinder selama langkah buang dan langkah isap adalah konstan dan sama dengan tekanan atmosfer. [2]

4.2 Mekanisme kerja sistem pembakaran pada ruang bakar

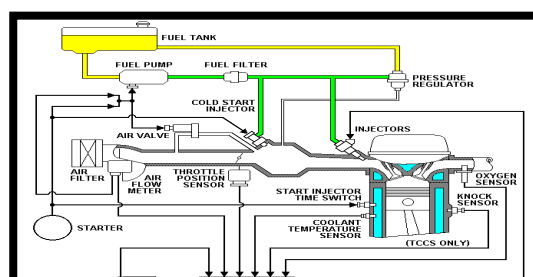
Adapun mekanisme sederhana dari proses pembakaran sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran. dimana atom-atom dari komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen yang dapat membentuk produk yang berupa gas. Untuk memperoleh daya maksimum dari suatu operasi hendaknya komposisi gas pembakaran dari silinder (komposisi gas hasil pembakaran) dibuat seideal mungkin, sehingga tekanan gas hasil pembakaran bisa maksimal menekan torak dan mengurangi terjadinya *detonasi*. [5]

**Gambar 4.1 Simulasi sistem pembakaran**

(sumber : <http://en.Toyota E.7K IN LINE.org>)

4.3 Kelebihan system EFI

Dari proses analisa termodinamika Pada unjuk kerja mesin, dimana mesin dengan sistem EFI lebih hemat bahan bakar dibandingkan dengan system karburator, dikarenakan konsumsi bahan bakar dan udara yang sesuai pada tiap silinder, Pada gambar 4.2 diperlihatkan dalam proses kerjanya mesin EFI menentukan jumlah bahan bakar diatur (dikontrol) lebih akurat oleh ECU / Komputer (*Electric Control Unit*) dengan mengirim bahan bakar ke silinder melalui injektor. Dengan penentuan aliran baban bakar yang dikontrol oleh ECU dengan persamaan matematika sebagai berikut.



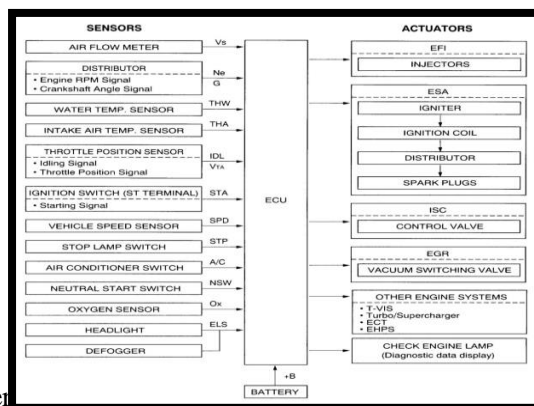
Gambar 4.3 Sistem Kerja mesin EFI

(Sumber : Toyota Motor , U.S.A., Inc. All Rights Reserved)

4.4. Penentuan Laju Aliran Bahanbakar

Dengan menggunakan persamaan kontinuitas sehingga Laju Aliran Massa bahan bakar pada system EFI yang disesuaikan oleh masukan pada sensor udara dan kecepatan putaran mesin dapat dihitung.

$$\dot{m} = \rho_f \times A \times v \dots\dots [6]$$



(Sumber : Toyota Motor , U.S.A., Inc. All Rights Reserved)

4.5 Mesin Dengan Sistem Karburator

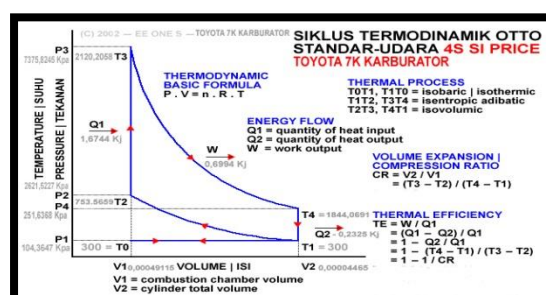
4.5.1 Analisa Termodinamika



Gambar 4.5 Mesin Bensin dengan sistem Karburator

4.5.2 Siklus Termodinamika Mesin pengapian nyala (*Spark Ignition engine*)

Adapun siklus termodinamika Mesin Karburator yang digunakan dalam perhitungan adalah siklus ideal otto (siklus volume konstan) dengan menggunakan sistem pengapian busi (*Spark Ignition engine*).



Gambar 4.6 Diagram P – v (siklus volume konstan)
(Sumber: *internal Combution Engine Fundamentals*)

4.5.3 Parameter Performansi Mesin

Adapun siklus termodinamika yang digunakan dalam perhitungan performansi mesin pada mesin karburator adalah siklus aktual otto dengan menggunakan sistem pengapian busi (*Spark Ignition engine*).



4.6 Mesin dengan Sistem EFI

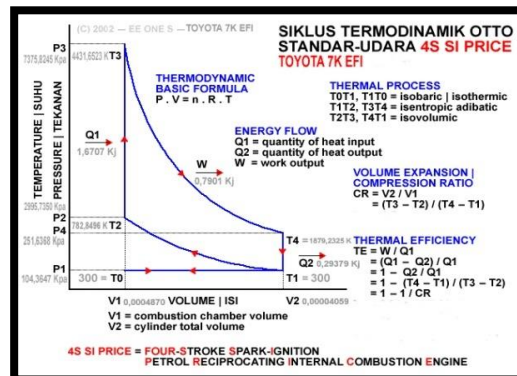
4.6.1 Analisa Termodinamika



Gambar 4.8 Mesin dengan sistem EFI

4.6.2 Siklus Termodinamika Mesin pengapian nyala (*Spark Ignition engine*)

Adapun siklus termodinamika yang digunakan dalam perhitungan mesin EFI adalah siklus ideal otto (siklus volume konstan) dengan menggunakan sistem pengapian busi (*Spark Ignition engine*).



Gambar 4.9 Diagram P – v (siklus volume konstan)
(Sumber: *internal Combution Engine Fundamentals*)

4.6.3 Parameter Performansi Mesin

Adapun siklus termodinamika yang digunakan dalam perhitungan performansi mesin pada mesin EFI adalah siklus aktual otto dengan menggunakan sistem pengapian busi (*Spark Ignition engine*).



Gambar 4.10 Siklus Aktual [6]

4.6.4 Proses Termodinamika (Siklus Ideal otto) Mesin 7K EFI dan Karburator

Parameter Performansi Mesin	Karburator	EFI	Keterangan
Mep	1566,4050 Kpa	1588,1298 Kpa	
W_i	20,3875 kW	21,3312 kW	Untuk 1 Silinder
W_b	43,15407 kW	44,1798 kW	
Sfc	278,8187gr/kW-jam	243,4563gr/kW-jam	Putaran 3500 Rpm
η_{th}	51,77 %	55,19 %	
η_m	50,91 %	51,79%	
η_v	92,71 %	94,71 %	

Tabel 4.2 Perbandingan Performansi Mesin

Proses Pembakaran	Karburator	EFI	Keterangan
V_c	0,00004465 m ³	0,00004059 m ³	
V_1	0,00049115 m ³	0,0004870 m ³	
m_m	0,00059533 Kg	0,0005703 Kg	
M_a	0,0005351 kg	0,0005126 kg	
M_f	0,00003791 kg	0,00003632 kg	
ρ_a	1,2121 kg/m ³	1,2121 kg/m ³	
P_2	2621,5227 Kpa	2995,7350 Kpa	
T_2	753,5659 K	782,8496 K	
V_2	0,00004465 m ³	0,00004059 m ³	$V_2 = V_c$
W_{1-2}	- 0,1937 kJ	- 0,1975 kJ	
Q_{in}	1,6744 kJ	1,6707 KJ	
T_3	2120,2058 K	4431,6523 K	$T_3 = T_{max}$
V_3	0,00004465 m ³	0,00004059 m ³	$V_3 = V_2$
P_3	7375,8245 Kpa	15472,4467 Kpa	$P_3 = P_{max}$
T_4	1844,0691 K	1879,2325 K	
P_4	293,6368 Kpa	5449,9114 Kpa	
V_4	0,00004465 m ³	0,0004870 m ³	$V_4 = V_1$
W_{3-4}	0,8951 kJ	0,9721 kJ	
Q_{4-1}	- 0,2325 kJ	0,2937928 KJ	$Q_{4-1} = Q_{out}$
W_{net}	0,6994 kJ	0,7901 KJ	

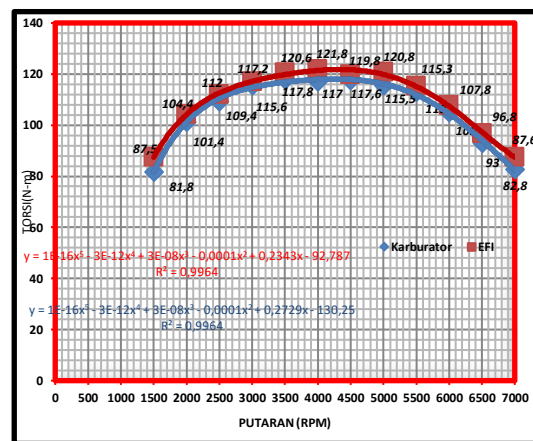
4.7 Data Tabel dan Grafik

4.7.1 Tabel dan Grafik Torsi Mesin

Dari hasil perhitungan pada performansi mesin, didapat hasil perbandingan torsi mesin, mesin dengan sistem bahan bakar EFI dan mesin dengan sistem bahan bakar Karburator sebagai berikut :

Putaran Mesin (RPM)	TORSI (Nm)	
	Karburator	EFI
1500	81.8	87.5
2000	101.4	104.4
2500	109.4	112
3000	115.6	117.2
3500	117.8	120.6
4000	117	121.8
4500	117.6	119.8
5000	115.5	120.8
5500	113	115.3
6000	105	107.8
6500	93	96.8
7000	82.8	87.6

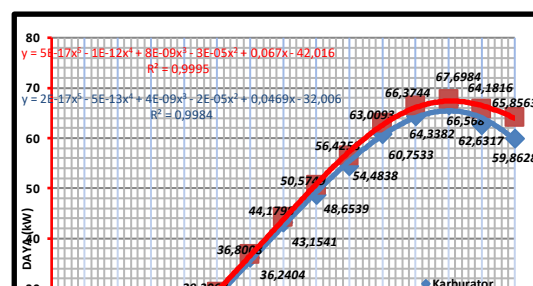
Tabel 4.3 Torsi Vs Putaran Mesin (RPM)



Grafik 4.1 Torsi Vs Putaran Mesin

Putaran Mesin (RPM)	DAYA (kW)	
	Karburator	EFI
1500	12.4706	13.7375
2000	20.6451	21.8544
2500	27.7572	29.3067
3000	36.2404	36.8008
3500	43.1541	44.1798
4000	48.6539	50.5749
4500	54.4838	56.4258
5000	60.7533	63.0093
5500	64.3382	66.3744
6000	66.5681	67.6984
6500	62.6317	65.8563
7000	59.8628	64.1816

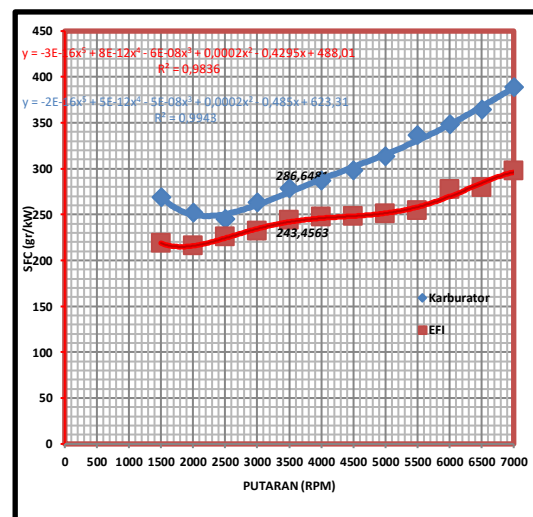
Tabel 4.4 Daya Vs Putaran (RPM)



Grafik 4.2 Daya Vs Putaran mesin

Putaran Mesin (RPM)	SFC (gr/kW.jam)	
	Karburator	EFI
1500	269.0917	218.6524
2000	252.3102	215.5372
2500	244.785	225.8222
3000	263.3345	231.8062
3500	278.8187	243.4563
4000	286.6481	247.0934
4500	298.3345	248.1894
5000	313.2682	250.9276
5500	336.7585	254.0718
6000	348.0422	277.3737
6500	364.5102	279.3481
7000	389.0917	297.2567

Tabel 4.5 SFC Vs Putaran (RPM)



Grafik 4.3 Daya Vs Putaran mesin

$$\varepsilon_{rel} = \frac{Sfc_{Karburator} - Sfc_{EFI}}{Sfc_{Karburator}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_{rel} = \frac{278,8187 - 243,4563}{278,8187} \times 100\% \quad \varepsilon_{rel} = 12,6\%$$

Perbedaan ini diakibatkan karena pada sistem EFI besar udara dan bahan bakar yang masuk keruang bakar diatur oleh komputer / ECU (*Electric control Unit*) yang disesuaikan oleh putaran mesin dan masukan sinyal – sinyal pada sistem EFI, maka untuk mesin EFI dan Karburator selisih nilai *Sfc* sebesar 12,6 %.

5. KESIMPULAN

- Untuk putaran mesin yang sama yaitu 3500 *rpm*, daya yang dihasilkan Mesin EFI sebesar 44,179 kW, sedangkan pada mesin Karburator daya yang dihasilkan sebesar 43,154 kW. Sehingga kenaikan 2,37 %
- Dari hubungan putaran mesin dan daya mesin dari gambar 4.2 grafik daya mesin, bahwa daya meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin. namun setelah mencapai daya maksimum pada putaran 6000 rpm, secara perlahan daya menurun walaupun putaran mesin terus bertambah.
- Dari gambar 4.1 grafik Torsi Mesin dapat dilihat bahwa torsi meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Namun setelah mencapai torsi maksimum, secara perlahan torsi menurun walaupun putaran mesin terus bertambah.
- Dari gambar 4.3 grafik *Sfc* dimana seiring bertambahnya putaran mesin semakin terlihat perbedaan konsumsi bahan bakar yang signifikan antara mesin EFI dan mesin karburator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Toyota Motor Sales, Inc. All Rights Reserved, U.S.A., 2000
- [2] Pulkrabek Willard W, *Engineering Fundamentals of The Internal Combustion engine*, Prentice Hall, New Jersey
- [3] Heywood John B, *internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw Hill Book Company, New York, 1988
- [4] Yunus A. Cengel *Thermodynamics An Engineering Approach*, 2nd edition, 1994
- [5] Gordon Van Wylen, *Fundamentals of Classical Thermodynamics*, 4th edition, 1994
- [6] Michael J. Moran dan Howard N. Shapiro, *Termodinamika Teknik 2*, Erlangga,