

UJI PERFORMANSI MESIN OTTO SATU SLINDER DENGAN BAHAN BAKAR PERTALITE DAN PERTAMAX

Reginal P. Lumban Gaol
Program Studi Teknik Mesin UISU

Abstrak

Pengujian secara langsung adalah cara paling efektif untuk mengetahui performansi sebuah mesin, dalam hal ini mesin otto empat langkah berkapasitas 109,1 cc di uji menggunakan hidrolis dynamo meter dengan variasi bahan bakar pertalite dan pertamax. Untuk torsi yang di hasilkan bahan bakar pertalite (7,79 Nm) lebih besar dari bahan bakar pertamax (3,73 Nm), sedangkan daya yang di hasilkan bahan bakar pertalite (3,55 Kw) lebih besar di bandingkan dengan bahan bakar pertamax (3,32 Kw). Perbandingan udara bahan bakar (AFR) untuk bahan bakar pertalite (14,12) lebih kecil dari bahan bakar pertamax (14,69), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) untuk bahan bakar pertalite (129,6 gr/Kwh) lebih kecil dari konsumsi bahan bakar spesifik berbahan bakar pertamax (135,56 gr/Kwh).

Kata kunci : Performansi, Mesin Otto, Pertalite dan Pertamax

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Motor bakar adalah suatu mekanisme atau konstruksi mesin yang berfungsi untuk mengubah energi kimia (bahan bakar) menjadi energi panas dan energi mekanik. Energi panas terjadi karena adanya proses kompresi, proses pembakaran, adanya bahan bakar dan adanya suatu system pengapian.

Bahan bakar memegang peranan penting dalam motor bakar, nilai kaloryang terkandung didalamnya adalah nilai yang menyatakan jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut.

Belakangan ini konsumsi bahan bakar untuk keperluan manusia semakin meningkat, dimana kebutuhan manusia menggunakan motor bakar dan peralatan yang membutuhkan bahan bakar dan meningkat juga, ini merupakan suatu tantangan global yang berat. Penggunaan bahan bakar yang kualitas kurang baik dapat berakibat pada turunnya performa sepeda motor. Pemilihan bahan bakardisesuaikan dengan spesifikasi pada sepeda motor. Semakin tinggi perbandingan campuran bahan bakar dan udarapada sepeda motor, maka harus menggunakan bahan bakar yang berkualitas baik.

Oleh karena itu, dalam riset ini akan di lakukan pengujian Performansi mesin sepeda motor menggunakan bahan bakar pertalite (RON 90) dan bahan bakar Pertamax (RON 92) untuk mendapatkan hasil yang efisiensi.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan performansi dari mesin dengan menggunakan bahan bakar pertalite dan pertamax.

2. Mengetahui perbandingan udara dan bahan bakar serta konsumsi bahan bakar spesifik bahan bahan bakar pertalite dan pertamax

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yangdikaji dalam penulisan skripsi, maka perlu kiranya diberikan batasan masalahsebagai berikut :

1. Mesin yang digunakan adalah mesin sepeda motor Revo 109,1 ccdengan kondisi standar.
2. Menggunakan bahan bakar pertalite dan pertamax.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari skripsi ini adalah :

1. Dapat mengetahui perbandingan performansi dari mesin dengan menggunakan bahan bakar pertalite dan pertamax.
2. Dapat mengetahui perbandingan udara dan bahan bakar serta konsumsi bahan bakar spesifik bahan bahan bakar pertalite dan pertamax

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Motor Bakar

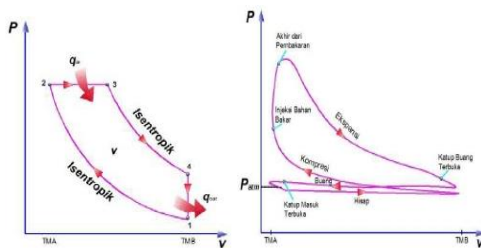
Motor bakar adalah salah satu jenis mesin penggerak yang telah banyak di pakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Dengan adanya konstruksi mesin memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran di ubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak.

Berdasarkan cara pembakarannya motor bakar dibedakan Spark ignition engine (mesin penyalan dengan api). Contoh mesin bensin 2 tak dan 4 tak, dan Compression ignition engine (mesin penyalan dengan tekanan). Contoh ; mesin diesel 2 tak dan 4 tak.

2.2. Mesin Diesel

Mesin diesel adalah sejenis mesin pembakaran dalam lebih spesifik lagi, sebuah mesin pemicu kompresi, dimana bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat berenergi lain (seperti busi). Mesin diesel pada kendaraan otomotif sering digunakan pada mobil-mobil yang mempunyai kapasitas mesin yang besar, dan juga tenaga yang besar (contoh ; Truk, tronton, fuso, bus dan kendaraan besar lainnya). Hal ini dikarenakan mesin diesel cocok untuk penggunaan jarak jauh (mesin diesel lebih tahan panas dibanding mesin bensin) dan tenaga yang besar (karena konstruksi mesin diesel rata-rata berkapasitas besar).

Ketika udara dikompresi suhunya akan meningkat (seperti dinyatakan oleh Hukum Charles), mesin diesel menggunakan sifat ini untuk proses pembakaran. Udara disedot ke dalam ruang bakar mesin diesel dan dikompresi oleh piston yang rapat, jauh lebih tinggi dari rasio kompresi dari mesin bensin. Beberapa saat sebelum piston pada posisi Titik Mati Atas (TMA) atau BTDC (Before Top Dead Center), bahan bakar diesel disuntikkan ke ruang bakar dalam tekanan tinggi melalui nozzle supaya bercampur dengan udara panas yang bertekanan tinggi. Hasil pencampuran ini menyala dan membakar dengan cepat. Penyemprotan bahan bakar ke ruang bakar mulai dilakukan saat piston mendekati (sangat dekat) TMA untuk menghindari detonasi. Penyemprotan bahan bakar yang langsung ke ruang bakar di atas piston dinamakan injeksi langsung (direct injection) sedangkan penyemprotan bahan bakar kedalam ruang khusus yang berhubungan langsung dengan ruang bakar utama dimana piston berada dinamakan injeksi tidak langsung. Ledakan tertutup ini menyebabkan gas dalam ruang pembakaran mengembang dengan cepat mendorong piston ke bawah dan menghasilkan tenaga linear. Batang penghubung (connecting rod) menyalurkan gerakan ini ke crankshaft dan oleh crankshaft tenaga linear tadi diubah menjadi tenaga putar. Tenaga putar pada ujung poros crankshaft dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.



Gambar 1. Diagram P-v Mesin Diesel Aktual Dan Ideal

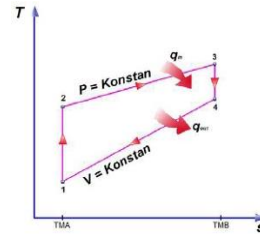
Keterangan Gambar :

P = Tekanan (atm)

V = Volume Spesifik (m³/kg)

q_{in} = Kalor yang masuk (kJ)

q_{out} = Kalor yang dibuang (kJ)



Gambar 2. Diagram T-S Mesin Diesel

T = Temperatur (K)

S = Entropi (kJ/kg.K)

q_{in} = Kalor yang masuk (kJ)

q_{out} = Kalor yang dibuang (kJ)

Keterangan siklus :

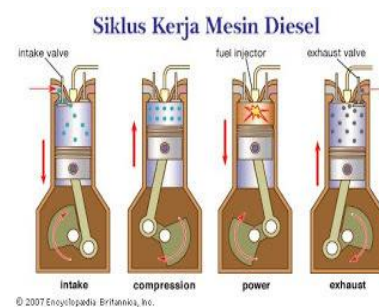
1-2 Kompresi Isentropik

2-3 Pemasukan Kalor pada Tekanan Konstan

3-4 Ekspansi Isentropik

4-1 Pengeluaran Kalor pada Tekanan Konstan

Prinsip kerja motor diesel 4 langkah bisa di katakan sama persis dengan cara kerja mesin bensin 4 langkah, perbedaan yang paling mendasar hanya terletak pada bagian proses pembakarannya. Pada mesin diesel bahan bakar yang digunakan akan dibakar melalui panasdan tekanan yang tinggi atau juga sering disebut self combustion. Ini jelas beda dengan mesin bensin yang mana pada proses pembakarannya bahan bakar akan di bakar melalui percikan api listrik dari busi. Adapun untuk cara kerja mesin diesel 4 langkah antara lain,



Gambar 3. Siklus Kerja Mesin Diesel

a.) Langkah Hisap

Prinsip kerja motor diesel 4 langkah yang pertama adalah langkah hisap, yang dimana proses ini akan membuat katup hisap mulai terbuka dengan diikuti piston yang bergerak turun dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB). Pada proses ini, udara murni secara otomatis akan masuk ke dalam ruang bakar karena adanya gerakan naik turun dari piston yang membuat ruang di dalam silinder akan vakum dan secara otomatis

udara pun akan terhisap dan masuk kedalam.

b.) Langkah Kompresi

Setelah langkah hisap selesai, maka prinsip kerja motor diesel 4 langkah yang selanjutnya ini adalah langkah kompresi. Dimana pada langkah ini piston akan bergerak sebaliknya yaitu dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA), dan pada saat ini katup hisap dan katup buang masih berada pada kondisi tertutup sehingga udara yang sudah masuk kedalam silinder akan di kompresikan atau di mampatkan. Hal tersebut secara tidak langsung akan membuat tekanan meningkat menjadi 16-20 kg/cm² atau 16-20 bar serta membuat suhu temperatur pun meningkat drastis hingga 600° celcius lebih. Dan sesaat sebelum piston akan mencapai Titik Mati Atas (TMA) secara otomatis bahan bakar akan di kabutkan melalui injector masuk kedalam ruang bakar, dengan kondisi didalam yang cukup panas, maka bahan bakar tersebut akan langsung terbakar dengan sendirinya (self-combustion).

c.) Langkah Usaha

Kemudian prinsip kerja motor diesel 4 langkah yang selanjutnya adalah langkah usaha, pada proses ini atau pada saat proses pembakaran sedang dan masih berlangsung, katup hisap dan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Alhasil dari pembakaran yang terjadi tersebut membuat tekanan yang sangatlah tinggi dan menjadikan piston kembali ke Titik Mati Bawah (TMB) dari Titik Mati Atas (TMA). Dan biasanya proses langkah usaha ini berlangsung hingga katup biang mulai terbuka hingga kurang lebih 25 derajat sudut engkol sebelum piston mulai memasuki Titik Mati Bawah (TMB).

d.) Langkah Buang

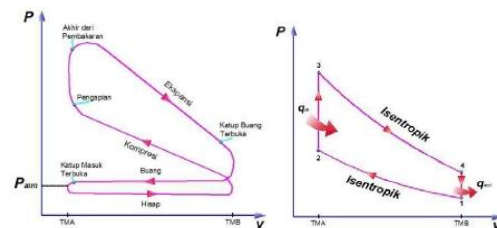
Selanjutnya yang terjadi dalam prinsip kerja motor diesel adalah langkah buang. Langkah ini akan kembali membalikan piston dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA) yang mana secara otomatis katup buang akan mulai terbuka dan katup hisap akan tertutup. Sementara gas sisa hasil pemabaran akan terdorong keluar melalui manifold yang akan menuju ke knalpot. Dan pada langkah buang ini akan kita jumpai dua katup dalam keadaan terbuka, dan biasanya terjadi pada saat awal langkah hisap dan akhir langkah buang, dalam dunia otomotif, hal ini di sebut dengan overlapping yang mana bertujuan untuk melakukan pembilasan pada gas buang.

2.3 Mesin Otto

Mesin Otto atau mesin bensin merupakan salah satu penggerak utama dunia otomotif modern. Desain mesin ini dikembangkan oleh seorang insinyur Jerman bernama Nikolaus Otto pada tahun 1876. Inti dari cara kerja mesin Otto adalah siklus Otto, yaitu suatu siklus termodinamik yang memanfaatkan pembakaran bahan bakar dan

perubahan suhu dan tekanan untuk menghasilkan tenaga dalam 4 tahap. Siklus ini terjadi dalam silinder-silinder piston yang saling terhubung, memiliki busi untuk menyulut bahan bakar dan katup-katup untuk keluar masuk udara.

Mesin otto berbeda dengan mesin diesel dalam metode pencampuran bahan bakar dengan udara, dan mesin otto selalu menggunakan penyalan busi untuk proses pembakaran. Pada mesin diesel, hanya udara yang dikompresikan dalam ruang bakar dan dengan sendirinya udara tersebut terpanaskan, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar di akhir langkah kompresi untuk bercampur dengan udara yang sangat panas, pada saat kombinasi antara jumlah udara, jumlah bahan bakar, dan temperatur dalam kondisi tepat maka campuran udara dan bakar tersebut akan terbakar dengan sendirinya. Siklus otto (ideal) pembakaran tersebut dimisalkan dengan pemasukan panas pada volume konstan.



Gambar 4. Diagram P-v Mesin Otto Aktual dan Ideal

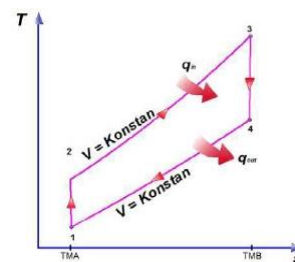
Keterangan Gambar :

P = Tekanan (atm)

V = Volume Spesifik (m³/kg)

q_{in} = Kalor yang masuk (kJ)

q_{out} = Kalor yang dibuang (kJ)



Gambar 5. Diagram T-S Mesin Otto

Keterangan:

T = Temperatur (K)

S = Entropi (kJ/kg.K)

q_{in} = Kalor yang masuk (kJ)

q_{out} = Kalor yang dibuang (kJ)

Keterangan siklus :

1-2 Kompresi Isentropik

2-3 Pemasukan Kalor pada Volume Konstan

3-4 Ekspansi Isentropik

4-1 Pengeluaran Kalor pada Volume Konstan

Pada mesin otto, pada umumnya udara dan bahan bakar dicampur sebelum masuk ke ruang bakar, sebagian kecil mesin otto modern mengaplikasikan injeksi bahan bakar langsung ke silinder ruang bakar termasuk mesin otto 2 langkah untuk mendapatkan emisi gas buang yang ramah lingkungan. Pencampuran udara dan bahan bakar dilakukan oleh karburator atau sistem injeksi, keduanya mengalami perkembangan dari sistem manual sampai dengan penambahan sensor-sensor elektronik. Sistem Injeksi Bahan bakar di motor otto terjadi diluar silinder, tujuannya untuk mencampur udara dengan bahan bakar seproporsional mungkin, hal ini disebut EFI.

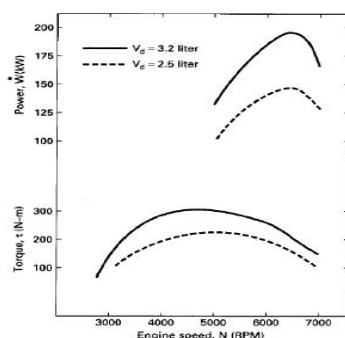
2.4. Performansi Motor Bakar

Bagian ini membahas tentang performansi mesin pembakaran dalam. Parameter mekanik yang termasuk dalam subbab ini adalah torsi, daya, perbandingan udara bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi dari pembakaran di dalam mesin.

1. Torsi dan Daya

Torsi yang dihasilkan suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan dinamometer yang dikopel dengan poros output mesin. Oleh karena sifat dinamometer yang bertindak seolah-olah seperti sebuah rem dalam sebuah mesin, maka daya yang dihasilkan poros output ini sering juga disebut dengan *brake power*. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak momen dan memiliki satuan N-m atau lbf-ft.

Daya didefinisikan sebagai usaha dari mesin per satuan waktu.



Gambar 6. Daya dan Torsi Sebagai Fungsi Putaran

Baik torsi dan daya adalah fungsi dari putaran mesin. Pada putaran rendah, torsi meningkat dengan meningkatnya putaran mesin. Putaran mesin meningkat lebih lanjut, torsi mencapai maksimum dan kemudian menurun seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Torsi menurun karena mesin tidak dapat udaranya optimal pada kecepatan yang lebih tinggi. Ditunjukkan daya meningkat seiring putaran meningkat kemudian menjadi maksimal dan kemudian menurun pada putaran mesin yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan kerugian gesekan

meningkat dan menjadi faktor dominan pada kecepatan yang sangat tinggi. Untuk mobil bensin, daya maksimum terjadi pada kisaran 6000 hingga 7000 RPM, sekitar satu setengah kali torsi maksimum.

2. Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)

Air-Fuel Ratio adalah parameter yang digunakan untuk mendeskripsikan rasio campuran udara dengan bahan bakar.

$$AFR = \frac{m_a}{m_f} = \frac{m_a}{m_f}$$

$$m_f = \frac{m_f N_c N}{60 \cdot n}$$

$$m_f = \frac{m_a}{AFR}$$

$$m_a = \frac{P_i (V_d + V_c)}{RT_i}$$

$$R_c = \frac{V_d + V_c}{V_c}$$

Dimana :

M_a = Massa udara (Kg/siklus)

M_a = Laju aliran udara ke mesin (Kg/sec)

M_f = Massa bahan bakar (Kg/siklus)

M_f = Laju aliran bahan bakar ke mesin (Kg/sec)

N_c = Jumlah silinder

N = Putaran Mesin (rpm)

n = 2 (rev/sec) untuk 4 langkah dan 1 (rev/sec) untuk 2 langkah

P_i = Tekanan udara masuk silinder (85-90 kPa)

V_d = Volume langkah (m³)

V_c = Volume sisa (m³)

R = Konstanta gas ideal (0.287 kJ/Kg.K)

T_i = Temperatur udara masuk silinder (333 K)

R_c = 8 – 11 untuk mesin pengapian busi (*spark ignition engine*) modern = 12 – 24 untuk mesin pengapian kompresi (*compression ignition engine*)

3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan dengan :

$$SFC = M_f / N_e$$

$$M_f = V \times \rho_{\text{bahan bakar}} / t$$

Dimana

SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (gr/kWh)

M_a = Laju aliran bahan bakar ke mesin (kg/jam)

V = volume bahan bakar

P = berat jenis bahan bakar

t = waktu yang diperlukan

N_e = daya yang dihasilkan (Kw)

3. Metodologi Pengujian

3.1 Bahan Pengujian

Adapun bahan pengujian yang digunakan adalah :

1. Mesin

Menggunakan mesin yang diadopsi dari mesin pabrikan Honda yaitu mesin dari Honda Revo.



Gambar 7 Mesin

Spesifikasi mesin sebagai berikut:

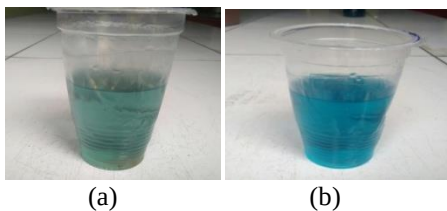
Tipe mesin	: 4 Langkah
Diameter x langkah	: 50 mm x 55,6 mm
Volume langkah	: 109,1 cc
Perbandingan Kompresi	: 9,0 : 1
Daya Maksimum	: 6,2 kW/7.500 rpm
Torsi Maksimum	: 8,6 Nm/5.500 rpm
Kapasitas Minyak Pelumas	
Mesin	: 0,8 lt pada pergantian periodik
Kopling Otomatis	: Ganda, otomatis, sentrifugal
Gigi Transmsi	: 4 kecepatan bertautan tetap
Pola Pengoperan Gigi	: N-1-2-3-4-N
Starter	: Pedal dan Elektrik
Aki	: MF 12 V – 3Ah
Busi	: ND U20EPR9S, NGK CPR6EA-9S
Sistem Pengapian	: DC-CDI, Battrery
Tahun Pembuatan	: 2011
Berat Kendaraan	: 97 Kg

3.3 Alat Pengujian

Adapun alat pengujian yang digunakan adalah :

1. Bahan Bakar

Adapun bahan bakar yang digunakan dalam pengujian ini adalah pertalite dan pertamax yang mana nilai kalor pertamax adalah 10.533,7 kkal/kg dan nilai kalor pertamax adalah 10.715,4 kkal/ kg. nilai di peroleh berdasarkan hasil pengukuran sebuah alat yang bernama Bomb Calorimeter.



Gambar 8. Bahan Bakar (a) Pertalite (b) Pertamax

2. Speedometer
3. Tachometer

4. Water Brake Dynamometer

5. Timbangan
6. AFR Meter

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Pengujian Performasi

Data yang diperoleh dari pengujian performansi ini meliputi putaran, torsi, perbandingan udara dan bahan bakar, dan konsumsi bahan bakar spesifik yang dilakukan secara langsung dengan menggunakan variasi bahan bakar pertalite dan pertamax.

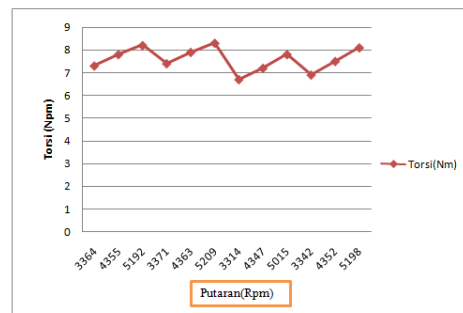
a. Torsi

Berikut adalah data hasil pengujian torsi pada mesin otto dengan variasi bahan bakar pertalite dan pertamax.

Tabel 1. Hasil pengujian torsi terhadap putaran dengan variasi bahan bakar pertalite dan pertamax

Jenis Bahan Bakar	Beban Pengemudi (Kg)	N (Rpm)	τ (Nm)
		Hasil Pengukuran	
Pertalite	60	3364	7.3
		4355	7.8
		5192	8.2
	70	3371	7.4
		4363	7.9
Pertamax	60	5209	8.3
		3314	6.7
		4347	7.2
	70	5015	7.8
		3342	6.9
		4352	7.5
		5198	8.1

Dengan ketidak pastian pengukuran torsi $\pm 0.25\%$ dan *tachometer* $\pm 1,91\%$

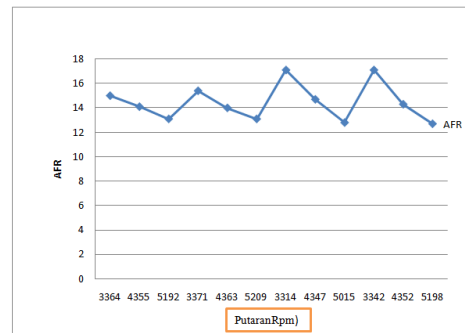


Gambar 9. Grafik Torsi Vs Putaran Mesin

b. Daya

Tabel 2. Hasil perhitungan daya terhadap putaran dengan variasi bahan bakar pertalite dan pertamax

Jenis Bahan Bakar	Beban Pengemudi (Kg)	N (Rpm)	Daya (Kw)
		Hasil Perhitungan	
Pertalite	60	3364	2.57
		4355	3.55
		5192	4.45
	70	3371	2.61
		4363	3.60
		5209	4.52
Pertamax	60	3314	2.32
		4347	3.27
		5015	4.09
	70	3342	2.41
		4352	3.41
		5198	4.40

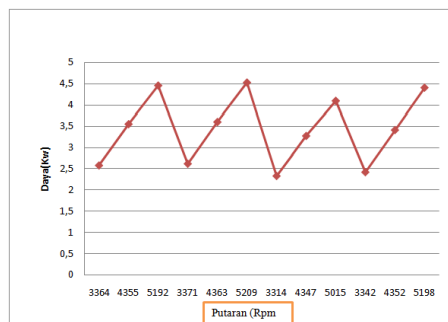


Gambar 11. Grafik AFR vs Putaran Mesin

d. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Tabel 4. Hasil perhitungan SFC terhadap putaran dengan variasi bahan bakar pertalite dan pertamax

Jenis Bahan Bakar	Beban Pengemudi (Kg)	N (Rpm)	SFC gr/kWh
		Hasil Perhitungan	
Pertalite	60	3364	137.03
		4355	127.82
		5192	117.82
	70	3371	139.08
		4363	128.51
		5209	127.32
Pertamax	60	3314	141.25
		4347	126.59
		5015	151.81
	70	3342	143.98
		4352	130.55
		5198	119.17

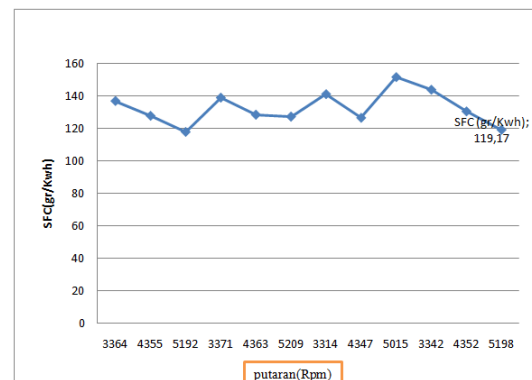


Gambar 10. Grafik Daya vs Putaran Mesin

c. Perbandingan Udara dengan Bahan Bakar (AFR)

Tabel 3. Hasil pengujian AFR terhadap putaran dengan variasi bahan bakar pertalite dan pertamax

Jenis Bahan Bakar	Beban Pengemudi (Kg)	N (Rpm)	AFR
		Hasil Pengukuran	
Pertalite	60	3364	15
		4355	14.1
		5192	13.1
	70	3371	15.4
		4363	14
		5209	13.1
Pertamax	60	3314	17.1
		4347	14.7
		5015	12.8
	70	3342	17.1
		4352	14.3
		5198	12.7



Gambar 11. Grafik SFC vs Putaran Mesin

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dihasilkan dari pengujian ini adalah :

1. Perbandingan performasi Pada mesin otto dengan torsi yang di hasilkan bahan bakar pertamax (7,37 Nm) lebih efisien dari bahan bakar pertalite (7,79 Nm), dan daya yang di hasilkan bahan bakar pertamax (3,32 Kw) lebih

- efisien dari bahan bakar pertalite (3,55 Kw).
2. Perbandingan udara bahan bakar (AFR) untuk bahan bakar pertalite (14,12) lebih efisien dari bahan bakar pertamax(14,69), dan Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) untuk bahan bakar pertalite (129,6 gr/Kwh) lebih efisien dari konsumsi bahan bakar spesifik berbahan bakar pertamax (135,56gr/Kwh).

Daftar Pustaka

- [1] Arismunandar, Wiranto. 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Penerbit ITB Bandung.
- [2] Arismunandar, W., 2002, *Motor Bakar Torak*, Edisi 5, ITB, Bandung.
- [3] Arend, Bpm., Berenschot, H., 1996, “Motor Bensin”, Cetakan ketiga, Erlangga, Jakarta
- [4] Boentarto. 2002. *Menghemat Bensin Sepeda Motor*. Semarang: Effhar. Bosch. Bosch Spark Plugs and Spark Plug Wires Reference Guide. Bosch Coombs
- [5] Chandra, 2010. Motor Bakar. Diakses pada tanggal 7 Mei 2010 melalui (<http://yefrichan.files.wordpress.com/2010/05/motor-bakar.doc>)
- [6] Matondang, dan Brujin, D.,L.A. 1995. *Motor Bakar*, Bharata Karya Aksara. Jakarta.
- [7] Shigley, dkk (Terjemahan Gandhi Harahap). (1991). *Perencanaan TeknikMesin, Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- [8] Soenarta, N., Shoichi, F., 1995, “Motor Serba Guna”, Penerbit PT.Pradnya Paramita, Jakarta
- [9] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics An Engineering Approach*, 5th ed, McGraw-Hill, 2006.