

# KINERJA MESIN SEPEDA MOTOR SATU SILINDER DENGAN BAHAN BAKAR PREMIUM DAN ETANOL DENGAN MODIFIKASI RASIO KOMPRESI

Sepvinolist Tulus Pardede<sup>1</sup>, Tulus B. Sitorus<sup>2</sup>

Email: pardede\_sepvinolist@yahoo.co.id

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 Medan Indonesia

## ABSTRAK

Pengujian secara langsung adalah cara paling efektif untuk mengetahui performa sebuah mesin, dalam hal ini mesin otto empat langkah berkapasitas 109,1 cc diuji menggunakan hidrolis dinamometer. Pada penelitian ini digunakan bahan bakar premium dan etanol. Rasio kompresi mesin dimodifikasi menjadi 11:1 agar mendapat data perbandingan sebelum dan setelah modifikasi rasio kompresi. Efisiensi terbaik dari mesin diperoleh pada saat sebelum modifikasi rasio kompresi pada kecepatan 30 km/jam beban 60 kg menggunakan bahan bakar premium dimana konsumsi bahan bakar spesifik 224,28 gr/kWh dan efisiensi termalnya mencapai 37,27%.

*Kata kunci : Performansi, Mesin Otto, Modifikasi Rasio Kompresi, Premium dan Etanol*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang otomotif saat ini sangatlah pesat ditandai dengan munculnya beragam jenis merk dan tipe kendaraan, baik yang berbahan bakar minyak, maupun dengan bahan bakar energi terbarukan. Produsen-produsen otomotif dunia semakin gencar melirik segmen pasar dan lokasi dagang yang mengacu pada kepentingan dan selera konsumen yang semakin hari semakin bertambah. Bertambahnya pengguna kendaraan bermotor menyebabkan menipisnya cadangan minyak dunia yang menyebabkan pemenuhan kebutuhan dunia akan minyak bumi akan mengalami kesulitan sehingga akan mempengaruhi harga minyak bumi yang akan terus melambung.

Melihat masalah – masalah di atas dimana ketersediaan minyak bumi semakin terbatas, banyak diadakan kegiatan riset, penelitian, bahkan kompetisi kendaraan hemat bahan bakar. Salah satunya adalah kompetisi Shell Eco-Marathon Asia ( SEM Asia ) yang menantang mahasiswa untuk merancang, merakit dan memodifikasi kendaraannya untuk bisa jadi yang terbaik dengan menempuh jarak terjauh

dengan energi paling sedikit dan sumber energi atau bahan bakar yang bervariasi. Bahan bakar yang dapat digunakan adalah FAME, etanol, gasoline RON 95, diesel, dsb.

Pada kesempatan ini, mobil “mesin USU” akan dimodifikasi rasio kompresinya yaitu 11 : 1. Sebagai perbandingan performansi berdasarkan perbedaan bahan bakar, maka dipilih bahan bakar gasoline RON 88 yang biasa digunakan sehari-hari dan etanol yang dikenal sebagai bahan bakar alternatif.

Etanol yang digunakan mempunyai kadar alkohol mencapai 96% sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif karena mempunyai kadar oktan yang lebih tinggi dibandingkan pertamax plus.

Angka oktan adalah menunjukkan kemampuan menghindari terbakarnya campuran udara-bahan bakar sebelum waktunya (*self-ignition*). Terbakarnya campuran udara-bahan bakar di dalam mesin sebelum waktunya akan menimbulkan fenomena ketuk (*knocking*) yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada

komponen mesin. Fenomena ketuk (*knocking*) akan membatasi penggunaan rasio kompresi yang tinggi pada mesin bensin. Angka oktan yang tinggi pada etanol memungkinkan penggunaan rasio kompresi yang tinggi pada mesin. Dengan peningkatan rasio kompresi dapat menghasilkan pembakaran yang optimal yang berpengaruh pada peningkatan unjuk kerja mesin seperti : daya, torsi, akselerasi, emisi, efisiensi dan konsumsi bahan bakar spesifik.

Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian untuk melihat performansi mesin mobil hemat energi yang telah dimodifikasi dengan menggunakan dua bahan bakar yang berbeda.

## 2. Tinjauan Pustaka

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik[1]. Sejarah motor bakar mengalami perkembangan yang menggembirakan sejak tahun 1864. Pada tahun tersebut Lenoir mengembangkan mesin pembakaran dalam tanpa proses kompresi. Campuran bahan bakar dihisap masuk silinder dan dinyalakan sehingga tekanan naik, selanjutnya gas pembakaran berekspansi yang mendorong piston, langkah berikutnya gas pembakaran dibuang. Piston kembali bergerak menghisap campuran bahan bakar udara dengan menggunakan energi yang tersimpan dalam roda gila. Mesin Lenoir pada tahun 1865 diproduksi sebanyak 500 buah dengan daya 1,5 hp pada putaran 100 rpm.

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses

pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Sebagai contoh mesin uap, dimana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah.

Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah konstruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan efisiensi totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin pembakaran luar keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan-bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar dengan bahan bakar murah. Pembangkit tenaga listrik banyak menggunakan mesin tenaga uap. Untuk kendaran transport, mesin uap tidak banyak dipakai dengan pertimbangan konstruksinya yang besar dan memerlukan fluida kerja yang banyak[2].

### 1. Mesin Pembakaran Luar (*External Combustion Engine*)

Mesin pembakaran luar mempunyai konstruksi yang lebih rumit dan kompleks sehingga membutuhkan tempat atau ruang instalasi yang cukup besar. Akan tetapi, mesin pembakaran luar mempunyai keuntungan yakni mempunyai getaran yang cukup kecil, dapat mengkonsumsi bahan bakar beragam mulai dari bahan bakar padat, cair sampai bahan bakar gas dengan kualitas yang rendah sekalipun sehingga banyak digunakan sebagai pusat pembangkit tenaga yang membutuhkan keluaran daya yang besar dengan bahan bakar murah.

Misalnya : Mesin uap torak, turbin gas, turbin uap, dan sebagainya.

### 2. Mesin Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)

Motor pembakaran dalam dikembangkan oleh Motor Otto, atau Beau de Roches

merupakan mesin pengonversi energi tak langsung, yaitu dari energi bahan bakar menjadi energi panas dan kemudian baru menjadi energi mekanis. Energi kimia bahan bakar tidak dikonversikan langsung menjadi energi mekanis. Bahan bakar standar motor premium adalah isooktan (C8H18). Efisiensi dalam mengkonversi energinya berkisar 30%. Hal ini karena kerugian 50% (panas, gesek / mekanis, dan pembakaran tak sempurna). Contohnya mesin otto dengan menggunakan busi sebagai pemantik bunga api, mesin diesel yang memampatkan udara dengan rasio kompresi yang tinggi, mesin wankel (rotary) dengan gerak torak berputar[3].

Kelebihan mesin pembakaran dalam :

1. Konstruksi yang lebih sederhana
2. Bahan bakar lebih irit dan biaya awal lebih murah
3. Tidak memerlukan fluida kerja yang banyak
4. Cocok untuk tenaga penggerak pada kendaraan karena hanya membutuhkan ruang lebih ringkas
5. Efisiensi totalnya lebih tinggi.

Mesin otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran, dirancang untuk menggunakan bahan bakar *gasoline* atau yang sejenis[4].

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.

Beberapa idealisasi pada siklus ideal antara lain :

- a. Fluida kerja dalam silinder adalah udara, dianggap gas ideal dengan konstanta kalor yang konstan.
- b. Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara isentropik.
- c. Proses pembakaran dianggap sebagai proses pemanasan fluida kerja.
- d. Pada akhir proses ekspansi, yaitu pada saat torak mencapai titik mati bawah, fluida kerja didinginkan sehingga tekanan dan temperatur turun mencapai tekanan dan temperatur atmosfer.
- e. Tekanan fluida kerja di dalam silinder selama langkah buang dan langkah hisap adalah konstan dan sama dengan atmosfer.

Mesin otto empat langkah adalah mesin pembakaran dalam yang dalam satu siklus pembakaran terjadi empat langkah piston. Empat langkah tersebut meliputi, langkah hisap (pemasukan), kompresi, tenaga dan langkah buang yang secara keseluruhan memerlukan dua putaran poros engkol (crankshaft) per satu siklus pada mesin otto.

#### 1. Langkah Hisap

Dalam langkah ini, campuran bahan bakar dan udara di hisap ke dalam ruang bakar, Katup hisap membuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), menyebabkan ruang silinder menjadi vakum dan menyebabkan masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder yang disebabkan adanya tekanan udara luar.

**2. Langkah Kompresi**

Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), campuran yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya akan naik, sehingga akan mudah terbakar. Saat inilah percikan api dari busi terjadi. Poros engkol berputar satu kali ketika torak mencapai titik mati atas (TMA).

**3. Langkah Usaha**

Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga dimana gerak translasi piston diubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol dan selanjutnya akan menggerakkan kendaraan. Saat torak mencapai titik mati atas (TMA) pada saat langkah kompresi, busi memberikan loncatan bunga api pada campuran udara dan bahan bakar yang telah dikompresikan. Dengan adanya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin.

**4. Langkah Buang**

Dalam langkah ini, gas yang sudah terbakar, akan dibuang ke luar silinder. Katup buang membuka sedangkan katup hisap tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), mendorong gas bekas keluar dari silinder. Pada saat akhir langkah buang dan awal langkah hisap kedua katup akan membuka sedikit (valve overlap) yang berfungsi sebagai langkah pembilasan (campuran udara dan bahan bakar baru mendorong gas sisa hasil pembakaran). Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan langkah berikutnya, yaitu langkah hisap[5].

Kompresi pada mesin merupakan perbandingan tekanan udara berbanding bahan bakar. Dalam pengertian yang lebih luas, rasio kompresi adalah perbandingan volume ruang bakar saat piston di titik mati bawah (TMB) dengan volume ruang

bakar saat titik mati atas (TMA). Semakin besar perbandingan rasio kompresi maka pada saat piston berada di titik mati atas (TMA) akan memiliki tekanan dan suhu yang semakin besar pula.

Rasio kompresi adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan volume antara volume total silinder dengan volume ruang bakarnya. Volume total adalah penjumlahan dari volume silinder dan volume ruang bakar.

**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[6].

Daya didefinisikan sebagai usaha dari mesin per satuan waktu.

$$W = \frac{2\pi N\tau}{60000} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$\dot{W}$  = Daya poros (kW)

$N$  = Putaran mesin (rpm)

$\tau$  = Torsi (Nm)

**Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)**

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

$$AFR = \frac{m_a}{m_f} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\dot{m}_f = \frac{m_f N C N}{60.n} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\dot{m}_f = \frac{m_a}{AFR} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$m_a = \frac{P_i (V_d + V_c)}{R T_i} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$r_c = \frac{V_d + V_c}{V_c} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- $m_a$  = Massa udara (kg/siklus)
- $\dot{m}_a$  = Laju aliran udara ke mesin (kg/sec)
- $m_f$  = Massa bahan bakar (kg/siklus)
- $\dot{m}_f$  = 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 displacement (m<sup>3</sup>)
- $V_c$  = Volume clearance (m<sup>3</sup>)
- $R$  = 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).

**Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)**

Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan dengan :

$$sfc = \dot{m}_f / \dot{W} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

- $sfc$  = Konsumsi bahan bakar spesifik / Specific Fuel Consumption (gm/kWh)
- $\dot{m}_f$  = Laju aliran bahan bakar ke mesin
- $\dot{W}$  = Daya poros (kW)

**Efisiensi Mesin**

Waktu yang diperlukan untuk proses pembakaran suatu siklus mesin sangatlah singkat dan pada umumnya tidak semua bahan bakar habis terbakar oleh oksigen atau bahkan temperatur

sekitar tidak mendukung reaksi kimia yang terjadi.

Kemungkinan terbakarnya terburuk sebahagian kecil molekul bahan bakar tidak bereaksi dan terbawa ke aliran pembuangan (*exhaust*). Efisiensi pembakaran  $\eta_c$  menerangkan seberapa banyak bahan bakar yang bereaksi dan terbakar.  $\eta_c$  memiliki nilai yang berkisar dari 0.95 sampai 0.98 ketika mesin bekerja. Untuk satu siklus mesin pada satu silinder, panas yang ditambahkan adalah :

$$Q_{in} = m_f Q_{HV} \eta_c \dots\dots\dots(2.8)$$

Untuk keadaan *steady* :

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_f Q_{HV} \eta_c \dots\dots\dots(2.9)$$

Effisiensi termalnya adalah :

$$\eta_c = W / Q_{in} = \dot{W} / \dot{Q}_{in} = \eta_f / \eta_c \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

- $\dot{W}$  = Daya poros
- $m_f$  = massa bahan bakar
- $\dot{m}_f$  = Laju aliran bahan bakar ke ruang bakar
- $Q_{HV}$  = Nilai kalor dari bahan bakar (44400 Kj/kg)
- $\eta_c$  = Effisiensi pembakaran (0,95 - 0,98)

Angka oktan pada bahan bakar mesin Otto menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara-bahan bakar sebelum waktunya (self-ignition). Terbakarnya campuran udara-bahan bakar di dalam mesin Otto sebelum waktunya akan menimbulkan fenomena ketuk (knocking) yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius mesin.

Selama ini, fenomena ketuk membatasi penggunaan rasio kompresi (perbandingan antara volume silinder terhadap volume sisa) yang tinggi pada mesin premium. Tingginya angka oktan pada etanol memungkinkan penggunaan rasio kompresi yang tinggi

pada mesin Otto. Korelasi antara efisiensi dengan rasio kompresi berimplikasi pada fakta bahwa mesin Otto berbahan bakar etanol (sebagian atau seluruhnya) memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin Otto yang menggunakan bahan bakar gasoline.

Dua ancaman serius yang muncul akibat ketergantungan terhadap bahan bakar gasoline, yakni faktor ekonomi (keterbatasan eksplorasi yang berakibat pada suplai, harga, dan fluktuasinya) dan faktor polusi bahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan, menyebabkan kita mesti memikirkan alternatif energi.

Alternatif energi ini haruslah yang lebih terjamin pengadaannya serta ramah terhadap lingkungan. Gasohol adalah salah satu alternatif yang memungkinkan transisi ke arah implementasi energi alternatif berjalan dengan mulus. Etanol yang secara teoretik memiliki angka oktan di atas standar maksimal premium, cocok diterapkan sebagai substitusi sebagian ataupun keseluruhan pada mesin premium. Terdapat beberapa karakteristik internal etanol yang menyebabkan penggunaan ethanol pada mesin Otto lebih baik daripada gasolin. Ethanol memiliki angka research octane 108.6 dan motor octane 89.7[7]. Angka tersebut (terutama research octane) melampaui nilai maksimal yang mungkin dicapai oleh gasolin (pun setelah ditambahkan aditif tertentu pada gasolin). Sebagai catatan, premium yang dijual Pertamina memiliki angka research octane yaitu 88.

Dalam pengujian ini menggunakan beberapa alat uji dimana alat uji tersebut memiliki nilai ketidakpastian, oleh karena itu perlu dilakukan analisa ketidakpastian. Analisa Ketidakpastian merupakan Suatu cara atau metode untuk menaksir ketidakpastian dalam hasil-hasil eksperimen telah dikemukakan oleh Kline dan McClintock[8]. Metode ini didasarkan atas spesifikasi yang teliti ketidakpastian dalam berbagai pengukuran primer eksperimen.

Umpamakan seperangkat pengukuran dilakukan dimana ketidakpastian masing-masing pengukuran dapat dinyatakan dengan taruhan yang sama. Perangkat pengukuran ini lalu digunakan untuk menghitung hasil eksperimen yang dikehendaki. Kita ingin menaksir ketidakpastian dalam perhitungan atas dasar ketidakpastian dalam pengukuran-pengukuran primer. Hasil  $R$  ialah suatu fungsi dari variabel tak tergantung atau (*independent*)  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . jadi,

$$R = R(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \dots\dots\dots(2.11)$$

Umpamakan  $W_R$  ialah ketidakpastian dalam hasil  $w_1, w_2, \dots, w_n$  ketidakpastian dalam variabel tak-tergantung itu mempunyai taruhan yang sama, maka ketidakpastian dalam hasil yang mempunyai taruhan itu diberikan rujukan sebagai berikut:

$$W_R = \left[ \left( \frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots(2.12)$$

### 3. Metodologi Penelitian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Setelah modifikasi rasio kompresi menjadi 11:1, Mesin "MESIN USU" dibongkar dan dipasang kembali ke sepeda motor
2. *Tachometer* dipasang pada sepeda motor
3. Sepeda motor diuji dengan variasi bahan bakar, beban dan kecepatan untuk mendapatkan data putaran mesin sebagai berikut:

terhadap putaran dengan variasi bahan bakar premium dan etanol 96%

Tabel 1. Format pengujian kecepatan

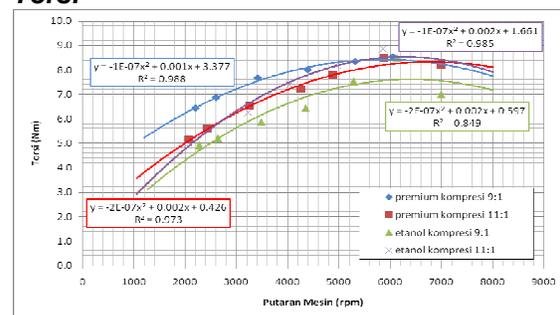
Jenis Bahan Bakar	Pengeemudi (kg)	v (km/jam)	N (rpm)
Hasil Pengukuran			
Premium	60	20	2003
		30	2389
		40	3175
		50	3924
		60	4792
		70	5800
		70	2057
	70	30	2443
		40	3249
		50	4069
		60	4884
		70	5904
		90	2141
		30	2463
90	40	3348	
	50	4186	
	60	4975	
	70	5960	
	60	1975	
	60	30	2390
		40	3195
50		3920	
60		4876	
70		5795	
70		20	2061
		30	2458
	40	3275	
	50	4071	
	60	4915	
	70	5890	
	90	20	2129
30		2460	
40		3223	
50		4108	
60		5057	
70		5908	

- Pengujian perbandingan udara dan bahan bakar kendaraan sesuai dengan putaran mesin yang sudah didapatkan dari pengujian sebelumnya dengan variasi bahan bakar premium dan pertamax plus.
- Mesin dibuka dan dipasang pada alat uji torsi untuk melakukan pengujian torsi
- Alat uji torsi diseimbangkan dengan pemberian beban sebesar 2692 gram
- Torsi diukur dengan variasi rpm yang sudah didapatkan dengan variasi bahan bakar premium dan pertamax plus.
- Mesin dibuka dan rasio kompresi dimodifikasi menjadi 11:1, kemudian prosedur pengambilan data diulang kembali dari awal.
- Semua data dicatat dan dianalisis
- Selesai

**4. Hasil dan Pembahasan**

Hasil pengujian uji kinerja mesin otto ini dilakukan secara langsung dengan menggunakan variasi bahan bakar premium (RON 88) dan Etanol 96% (RON 117), beban pengemudi, putaran mesin dan kecepatan kendaraan untuk mendapat data-data dibawah ini:

**Torsi**

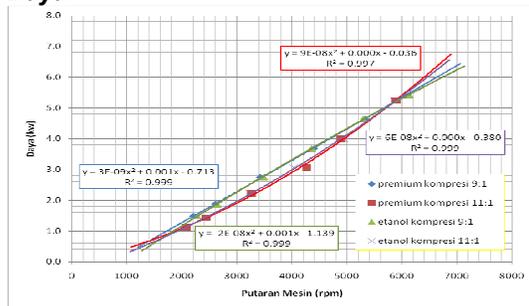


Gambar 1. Grafik Torsi vs putaran mesin

Dari grafik diatas dapat dilihat besarnya torsi untuk masing-masing pengujian sebelum dan sesudah perubahan rasio kompresi. Untuk bahan bakar premium (RON 88) sebelum perubahan rasio kompresi, torsi terendah yaitu sebesar 6,4 Nm dan torsi tertinggi sebesar 8,6 Nm. Untuk bahan bakar premium (RON 88) setelah perubahan rasio kompresi, torsi terendah terjadi pada putaran 2003 rpm dan 2057 rpm pembebanan pengemudi 60 kg dan 70 kg yaitu sebesar 5,1 Nm sedangkan torsi tertinggi terjadi pada putaran 5960 rpm pembebanan 90 kg yaitu sebesar 8,6 Nm.

Untuk etanol 96% (RON 117) sebelum perubahan rasio kompresi, torsi terendah yaitu sebesar 4,9 Nm sedangkan torsi tertinggi yaitu sebesar 8,6 Nm. Untuk bahan bakar etanol (RON 117) setelah perubahan rasio kompresi, torsi terendah terjadi pada putaran 1976 rpm pembebanan pengemudi 60 kg yaitu sebesar 4,9 Nm sedangkan torsi tertinggi terjadi pada putaran 5890 rpm dan 5908 rpm pembebanan 70 kg dan 90 kg yaitu sebesar 8,6 Nm.

**Daya**



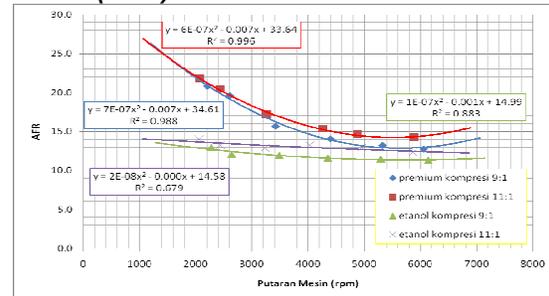
Gambar 2. Grafik daya vs putaran mesin

Dari grafik diatas dapat dilihat besarnya daya untuk masing-masing pengujian sebelum dan sesudah modifikasi rasio kompresi. Untuk bahan bakar premium (RON 88) sebelum perubahan rasio kompresi, daya terendah yaitu sebesar 1,45 KW dan daya tertinggi sebesar 5,51 KW. Untuk bahan bakar premium (RON 88) setelah

perubahan rasio kompresi, daya terendah terjadi pada putaran 2003 rpm pembebanan pengemudi 60 kg yaitu sebesar 1,07 KW sedangkan daya tertinggi terjadi pada putaran 5960 rpm pembebanan 90 kg yaitu sebesar 5,37 KW.

Untuk etanol 96% (RON 117) sebelum perubahan rasio kompresi, daya terendah yaitu sebesar 1,16 KW sedangkan daya tertinggi yaitu sebesar 5,59 KW. Untuk bahan bakar etanol (RON 117) setelah perubahan rasio kompresi, torsi terendah terjadi pada putaran 1976 rpm pembebanan pengemudi 60 kg yaitu sebesar 1,01 KW sedangkan daya tertinggi terjadi pada putaran 5908 rpm pembebanan 90 kg yaitu sebesar 5,32 KW.

**Perbandingan Udara dengan Bahan Bakar (AFR)**



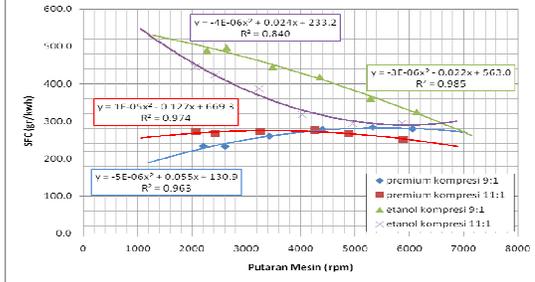
Gambar 3. Grafik AFR vs putaran mesin

Dari grafik diatas dapat dilihat besarnya AFR untuk masing-masing pengujian sebelum dan sesudah perubahan rasio kompresi. Untuk bahan bakar premium (RON 88) sebelum perubahan rasio kompresi, AFR terendah yaitu sebesar 13,1 dan AFR tertinggi sebesar 21,6. Untuk bahan bakar premium (RON 88) setelah perubahan kompresi, AFR terendah terjadi pada putaran 5960 rpm pembebanan pengemudi 90 kg yaitu sebesar 14,1 sedangkan AFR tertinggi terjadi pada putaran 2003 rpm pembebanan 60 kg yaitu sebesar 22,5.

Untuk etanol 96% (RON 117) sebelum perubahan rasio kompresi, AFR terendah yaitu sebesar 11,3

sedangkan AFR tertinggi yaitu sebesar 13,2. Untuk etanol 96% (RON 117) setelah perubahan rasio kompresi AFR terendah terjadi pada putaran 5908 rpm pembebanan pengemudi 90 kg yaitu sebesar 12 sedangkan AFR tertinggi terjadi pada putaran 1976 pembebanan 60 kg yaitu sebesar 14,2.

**Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)**

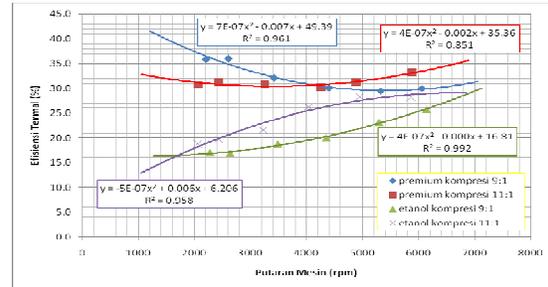


Gambar 4. Grafik SFC vs putaran mesin

Dari grafik diatas dapat dilihat besarnya SFC (*Specific Fuel Consumption*) untuk masing-masing pengujian sebelum dan sesudah kompresi. Untuk bahan bakar premium (RON 88) sebelum perubahan kompresi, SFC terkecil yaitu sebesar 224,28 gr/kwh dan SFC terbesar yaitu sebesar 285,36 gr/kwh. Untuk bahan bakar premium (RON 88) setelah perubahan kompresi, SFC terkecil terjadi pada putaran 5904 rpm yaitu sebesar 249,75 gr/kwh dan SFC terbesar terjadi pada putaran 4186 yaitu sebesar 284,67 gr/kwh.

Untuk etanol 96% (RON 117) sebelum perubahan rasio kompresi, SFC terendah yaitu sebesar 321,71 gr/kwh sedangkan SFC tertinggi yaitu sebesar sebesar 509,52 gr/kwh. Setelah perubahan kompresi, SFC terendah terjadi pada putaran 4876 rpm yaitu sebesar 279,56 gr/kWh sedangkan SFC tertinggi terjadi pada putaran 1976 rpm yaitu sebesar 439,34 gr/kWh.

**Effisiensi Termal**



Gambar 5. Grafik efisiensi termal vs putaran mesin

Dari grafik diatas dapat dilihat besarnya efisiensi termal untuk masing-masing pengujian sebelum dan sesudah kompresi. Untuk bahan bakar premium (RON 88) sebelum perubahan kompresi, efisiensi termal terkecil yaitu sebesar 29,29 % dan efisiensi termal terbesar yaitu sebesar 36,96 %. Untuk bahan bakar premium (RON 88) setelah perubahan kompresi, efisiensi termal terkecil terjadi pada putaran 4186 rpm yaitu sebesar 29,34 % dan efisiensi termal terbesar terjadi pada putaran 5904 rpm yaitu sebesar 33,47 %.

Untuk bahan bakar etanol 96% (RON 117) sebelum perubahan rasio kompresi, efisiensi termal terendah yaitu sebesar 16,41 %. Sedangkan efisiensi termal tertinggi yaitu sebesar 25,98 %. Untuk etanol 96% (RON 117) setelah perubahan rasio kompresi, efisiensi termal terendah terjadi pada putaran 1976 rpm yaitu sebesar 19,03 % sedangkan efisiensi termal tertinggi terjadi pada putaran 4876 rpm yaitu sebesar 29,9 %.

**5. Kesimpulan dan Saran**

Dari hasil pengujian dan analisis data, adapun kesimpulan yang dihasilkan dari pengujian ini adalah :

Pada mesin sepeda motor satu silinder berbahan bakar premium, torsi mengalami penurunan sebesar 11,05% setelah mengubah rasio kompresi, sedangkan torsi akan mengalami peningkatan sebesar 6,46 % ketika menggunakan bahan bakar etanol setelah mengubah rasio kompresi.

Perbandingan udara bahan bakar (AFR) untuk bahan bakar premium mengalami peningkatan sebesar 7,03% setelah mengubah rasio kompresi, AFR juga mengalami peningkatan sebesar 9,11 % ketika menggunakan bahan bakar etanol setelah mengubah rasio kompresi.

Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) untuk bahan bakar premium mengalami penurunan sebesar 2,52% setelah mengubah rasio kompresi, SFC juga mengalami penurunan sebesar 16,56 % ketika menggunakan bahan bakar etanol setelah mengubah rasio kompresi.

Effisiensi termal untuk untuk bahan bakar premium mengalami penurunan sebesar 3,10% setelah mengubah rasio kompresi, sedangkan effisiensi termal mengalami peningkatan sebesar 16,92 % ketika menggunakan bahan bakar etanol setelah mengubah rasio kompresi.

Untuk pengujian selanjutnya, nilai kalor bahan bakar perlu di uji untuk hasil yang lebih baik dan akurat.

Pada pengujian selanjutnya, alat ukur torsi sebaiknya menggunakan yang dapat di instalasi langsung dengan kendaraan uji untuk mendapat data yang lebih akurat.

Harapannya pengujian ini dapat dilanjutkan dan didalami untuk mendapatkan performansi yang terbaik dari mesin mobil Tim Horas kedepannya.

#### Daftar Pustaka

- [1] Y. A. Cengel and M. A. Boles. 2006. *Thermodynamics An Engineering Approach*, 5th ed: McGraw-Hill.
- [2] <http://motomodif-world.blogspot.com/2009/01/langkah-kerja-motor-bensin-4-tak.html>
- [3] Heywood. John B. 1998. *Internal Combustion Engines Fundamental*. New York.
- [4] Pulkrabek, Willard W. 1997. *Engineering Fundamental of the Internal Combustion Engine*. New Jersey: Prentice Hall.
- [5] <http://otto-4-tak-four-stroke-cycle.html>
- [6] <http://dosen.narotama.ac.id/wp-content/uploads/2013/01/metode-pengukuran-momen-dan-daya>
- [7] [http:// bahan-bakar-etanol.html](http://bahan-bakar-etanol.html)
- [8] J.P. Holman,Ejas jfi.1984. *Metode Pengukuran Teknik*. Jakarta:Erlangga.