



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PERFORMA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH 1
SILINDER FUEL INJECTION 125 CC TERHADAP VARIASI
CAMPURAN PERTAMAX-ETANOL (E10-E30)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia**

SIGIT IRIYANTO

NPM : 0606042166

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PERFORMA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH 1
SILINDER FUEL INJECTION 125 CC TERHADAP VARIASI
CAMPURAN PERTAMAX-ETANOL (E10-E30)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia**

SIGIT IRIYANTO

NPM : 0606042166

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

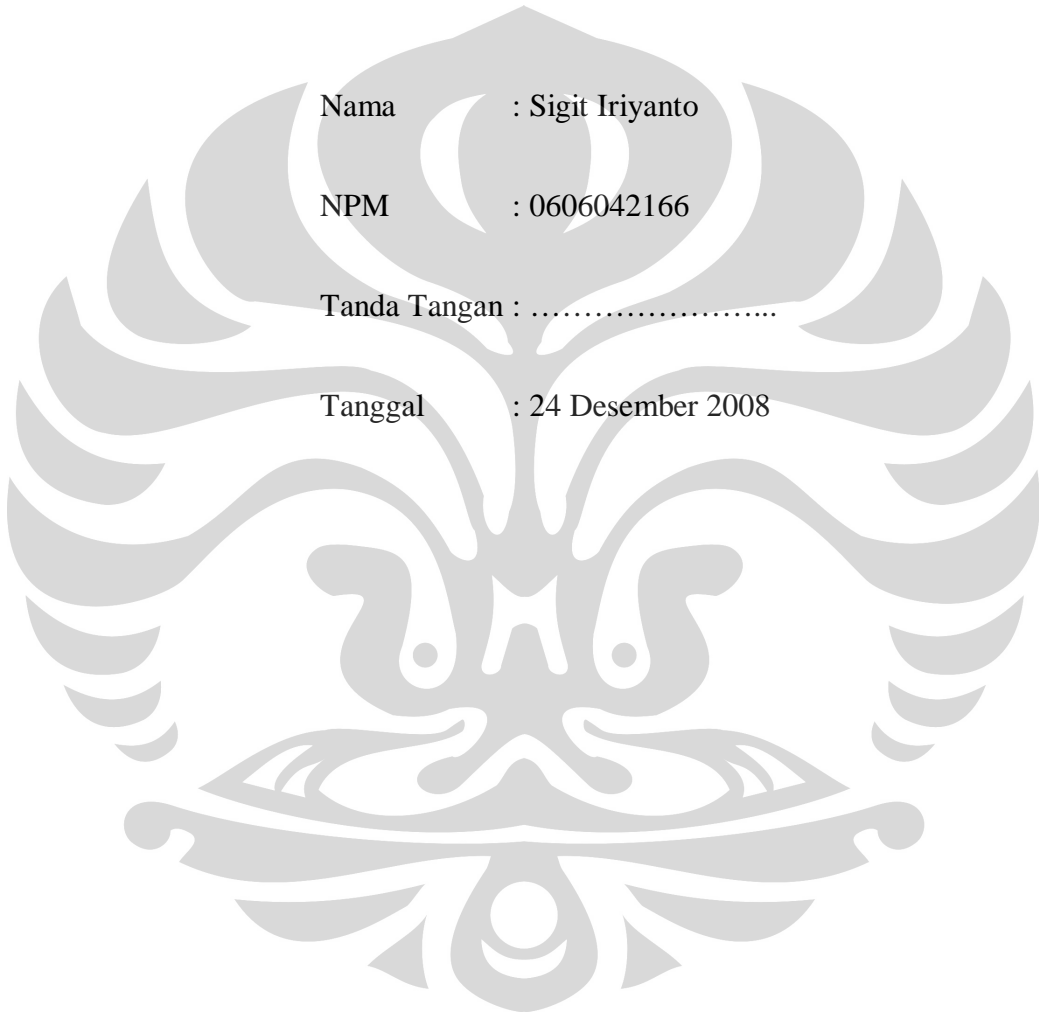
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Sigit Iriyanto

NPM : 0606042166

Tanda Tangan :

Tanggal : 24 Desember 2008



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sigit Iriyanto
NPM : 0606042166
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi :

ANALISA PERFORMA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH 1 SILINDER FUEL INJECTION 125 CC TERHADAP VARIASI CAMPURAN PERTAMAX-ETANOL (E10-E30)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. DR. Ir. Bambang Sugiarto M Eng (.....)
Penguji : Dr Ir Adi Suryosatyo M Eng (.....)
Penguji : Dr Ir Yulianto S. Nugroho MSc (.....)
Penguji : Dr Ir Danardono AS. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Desember 2008

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. DR. Ir. Bambang Sugiarto MEng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) pihak Sportisi Motor Sport dan PT. Khatulistiwa Suryanusa yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (3) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (4) kepada sahabat saya (Rinto Yoga Pratomo, Ryoko Aji, Ii Suhirta, dll) yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sigit Iriyanto

NPM : 0606042166

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **ANALISA PERFORMA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH 1 SILINDER FUEL INJECTION 125 CC TERHADAP VARIASI CAMPURAN PERTAMAX-ETANOL (E10-E30)**, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 5 Desember 2008

Yang menyatakan

(Sigit Iriyanto)

ABSTRAK

Nama : Sigit Iriyanto

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : ANALISA PERFORMA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH 1 SILINDER FUEL INJECTION 125 CC TERHADAP VARIASI CAMPURAN PERTAMAX-ETANOL (E10-E30)

Harga minyak bumi yang fluktuatif, keterbatasan sumber energi minyak bumi dan timbulnya masalah polusi udara serta *global warming* mengintensifkan pencarian sumber energi baru. Etanol merupakan salah satu sumber energi alternatif pengganti minyak bumi yang paling prospektif dikarenakan *Research Octane Number* (RON), kalor penguapan dan *flame speed* lebih tinggi dibandingkan dengan *pertamax* serta lebih ramah lingkungan. Pengujian memfokuskan pada karakteristik pembakaran campuran etanol dan *pertamax* pada *Spark Ignition Engine* (SIE) dengan memvariasikan prosentase etanol (10%, 20%, dan 30%), dan kecepatan putaran *engine*. Dengan campuran etanol dan *pertamax* ini diharapkan kinerja *engine* lebih baik dan emisi gas buang lebih rendah.

Kata kunci:

Karakteristik pembakaran, kinerja, *engine*, emisi gas buang

ABSTRACT

Name : Sigit Iriyanto

Study Program: Mechanical Engineering

Title : PERFORMANCE ANALISIS OF COMBUSTION FOR GASOLINE (RON 92) AND GASOLINE MIXTURE (E10-E30) ON MOTORCYCLE 4 STROKE 1 CYLINDER FUEL INJECTION 125 CC

Increase of oil price, nonrenewable of oil energy and air pollution also global warming issue, make searching of alternative energy more intensively. Ethanol is one of most prospective alternative energy, because of Research Octane Number (RON), vapor heat, flame speed are higher than gasoline also friendly environment energy. This testing will be focus on characteristic combustion for ethanol and gasoline mixture on Spark Ignition Engine (SIE) with variation of ethanol percentage (10%, 20%, and 30%), and rotation speed of engine. With ethanol and gasoline mixture expected the result will increase performance of engine and decrease gas emission.

Key word:

Characteristic combustion, performance, *engine*, gas emission.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penulisan	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Penjelasan umum mesin otto.....	5
2.1.1. Mesin bertorak.....	7
2.1.2. <i>Single Overhead Cam</i>	7
2.1.3. Pembukaan dan penutupan katup.....	7
2.1.3.1 <i>Intake Valve</i>	8
2.1.3.2 <i>Exhaust Valve</i>	8
2.1.4. Pendinginan udara	8
2.1.5. Sistem <i>Fuel Injection</i>	8
2.1.6. Pompa bahan bakar tipe elektrik.....	9
2.1.7. <i>Electronic ignition (EI)</i>	9

2.2. Parameter Unjuk Kerja Motor Pembakaran Dalam.....	9
2.2.1. Daya.....	9
2.2.2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	10
2.2.3. <i>Efficiency Thermal</i> , η_{th}	10
2.3. Emisi Gas Buang Motor Bensin.....	10
2.3.1. Karbon Monoksida, CO.....	11
2.3.2. Nitrogen Oksida, NO _x	11
2.3.3. Hidrokarbon, HC.....	12
2.4. Bahan bakar.....	12
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Penelitian.....	15
3.2. Tempat dan Alat Penelitian.....	15
3.3. Prosedur Pengujian.....	17
3.4. Sistematika Penelitian.....	18
BAB IV PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA	
4.1 Data Hasil Penelitian.....	19
4.1.1. Spesifikasi data alat uji.....	19
4.1.1.1. Data Engine.....	19
4.1.1.2. Data Bahan bakar.....	19
4.2 Perhitungan data.....	20
4.2.1. Brake Horse Power (<i>Bhp</i>).....	20
4.2.2. <i>Fuel Consumption</i> (FC).....	20
4.2.3. <i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC).....	21
4.2.4. Efisiensi <i>Thermal</i> (η_{th}).....	21
4.3. Analisa Unjuk Kerja.....	21
4.3.1. Analisa Daya, SFC, FC dan Efisiensi Thermal terhadap Waktu Pengapian 10 ⁰ BTDC.....	22
4.3.1.1. Daya pada pengapian 10 ⁰ BTDC.....	22
4.3.1.2. <i>Fuel Consumption</i> pada pengapian 10 ⁰ BTDC.....	23
4.3.1.3. <i>Specific Fuel Consumption</i> pada pengapian 10 ⁰ BTDC.....	24
4.3.1.4. Efisiensi Termal, η_{th} pada pengapian 10 ⁰ BTDC.....	25
4.4. Emisi Gas Buang.....	26

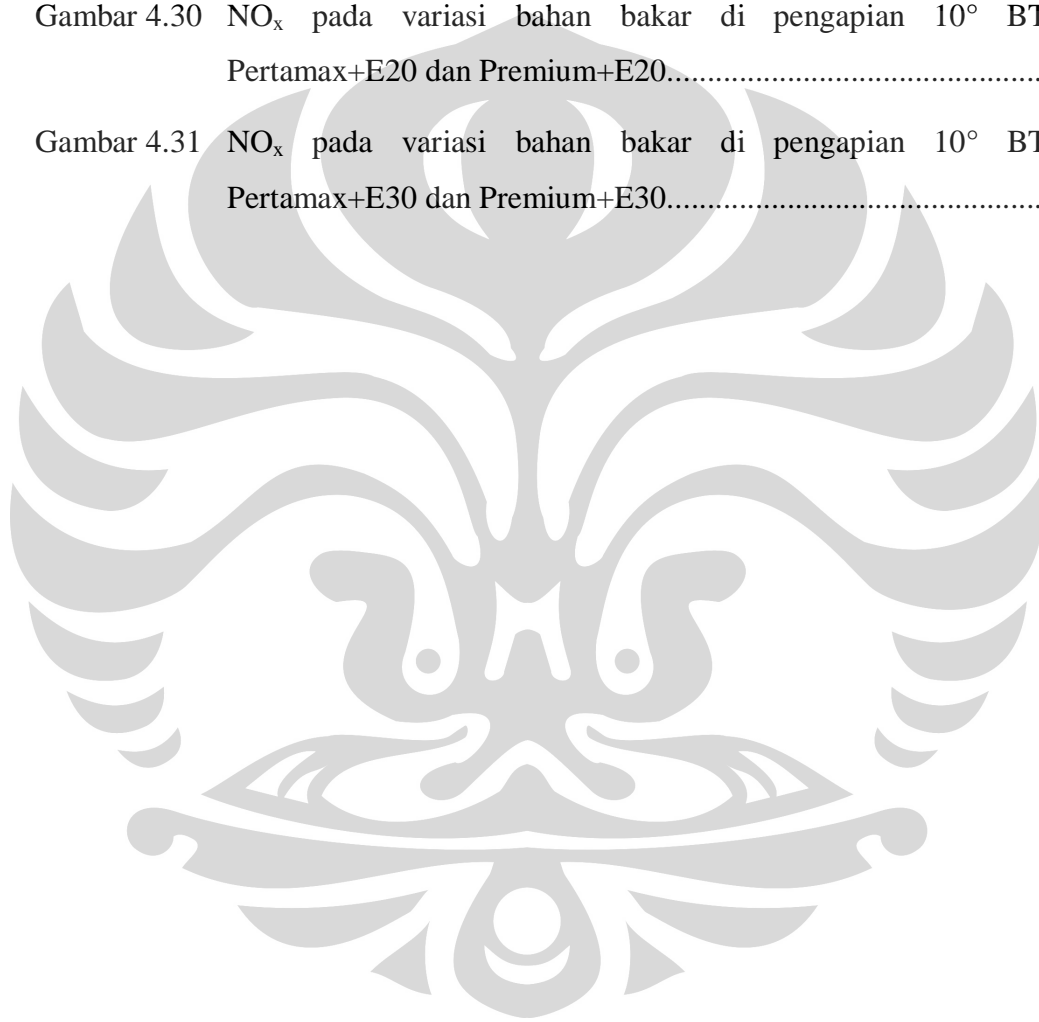
4.4.1. Konsentrasi Emisi Karbon Monoksida, CO.....	26
4.4.1.1. CO pada pengapian 10 ⁰ BTDC.....	26
4.4.2. Konsentrasi Emisi Hidrokarbon, HC.....	27
4.4.2.1. HC pada pengapian 10 ⁰ BTDC.....	27
4.4.3. Konsentrasi Emisi Nitrogen Oksida, NO _x	28
4.4.3.1. NO _x pada pengapian 10 ⁰ BTDC.....	28
4.5. Perbandingan Analisa Unjuk Kerja.....	29
4.5.1. Perbandingan Analisa Daya, FC, dan Effiensi Thermal terhadap waktu Pengapian 10 ⁰ BTDC antara Pertamina dan Premium.....	29
4.5.1.1. Perbandingan Daya pada pengapian 10 ⁰ BTDC antara Pertamina dan Premium.....	29
4.5.1.2. <i>Fuel Consumption</i> pada pengapian 10 ⁰ BTDC antara Pertamina dan Premium.....	32
4.5.1.3. Efisiensi Termal, η_{th} pada pengapian 10 ⁰ BTDC antara Pertamina dan Premium.....	34
4.6. Perbandingan Emisi Gas Buang antara Pertamina dan Premium.....	37
4.6.1. Perbandingan Konsentrasi Emisi Karbon Monoksida, CO antara Pertamina dan Premium.....	37
4.6.1.1. Perbandingan CO pada pengapian 10 ⁰ BTDC antara Pertamina dan Premium.....	37
4.6.2. Perbandingan Konsentrasi Emisi Hidrokarbon, HC antara Pertamina dan Premium.....	39
4.6.2.1. Perbandingan HC pada pengapian 10 ⁰ BTDC antara Pertamina dan Premium.....	39
4.6.3. Konsentrasi Emisi, NO _x antara Pertamina dan Premium.....	41
4.6.3.1. Perbandingan NO _x pada pengapian 10 ⁰ BTDC antara Pertamina dan Premium.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran-Saran.....	45
DAFTAR REFERENSI	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Otto	5
Gambar 2.2	Siklus Otto	
	(a) <i>actual four-stroke-ignition engine</i>	5
	(b) <i>ideal Otto cycle</i>	6
Gambar 2.3	Sistem Aliran Bahan Bakar.....	6
Gambar 2.4	Fuel Injector.....	8
Gambar 2.5	Fuel Pump.....	9
Gambar 2.6	Diagram Ethanol.....	12
Gambar 4.1	Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC.....	22
Gambar 4.2	FC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC.....	23
Gambar 4.3	SFC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC.....	24
Gambar 4.4	η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC.....	25
Gambar 4.5	CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC.....	26
Gambar 4.6	HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC.....	27
Gambar 4.7	NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC.....	28
Gambar 4.8	Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamina dan Premium.....	29
Gambar 4.9	Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamina+E10 dan Premium+E10.....	30
Gambar 4.10	Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamina+E20 dan Premium+E20.....	30
Gambar 4.11	Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamina+E30 dan Premium+E30.....	31
Gambar 4.12	FC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamina dan Premium.....	32

Gambar 4.13	<i>FC</i> pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E10 dan Premium+E10.....	32
Gambar 4.14	<i>FC</i> pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E20 dan Premium+E20.....	33
Gambar 4.15	<i>FC</i> pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E30 dan Premium+E30.....	33
Gambar 4.16	η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax dan Premium.....	34
Gambar 4.17	η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E10 dan Premium+E10.....	35
Gambar 4.18	η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E20 dan Premium+E20.....	35
Gambar 4.19	η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E30 dan Premium+E30.....	36
Gambar 4.20	CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax dan Premium.....	37
Gambar 4.21	CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E10 dan Premium+E10.....	37
Gambar 4.22	CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E20 dan Premium+E20.....	38
Gambar 4.23	CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E30 dan Premium+E30.....	38
Gambar 4.24	HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax dan Premium.....	39
Gambar 4.25	HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E10 dan Premium+E10.....	39
Gambar 4.26	HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E20 dan Premium+E20.....	40

Gambar 4.27	HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E30 dan Premium+E30.....	40
Gambar 4.28	NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax dan Premium.....	41
Gambar 4.29	NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E10 dan Premium+E10.....	42
Gambar 4.30	NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E20 dan Premium+E20.....	42
Gambar 4.31	NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E30 dan Premium+E30.....	43



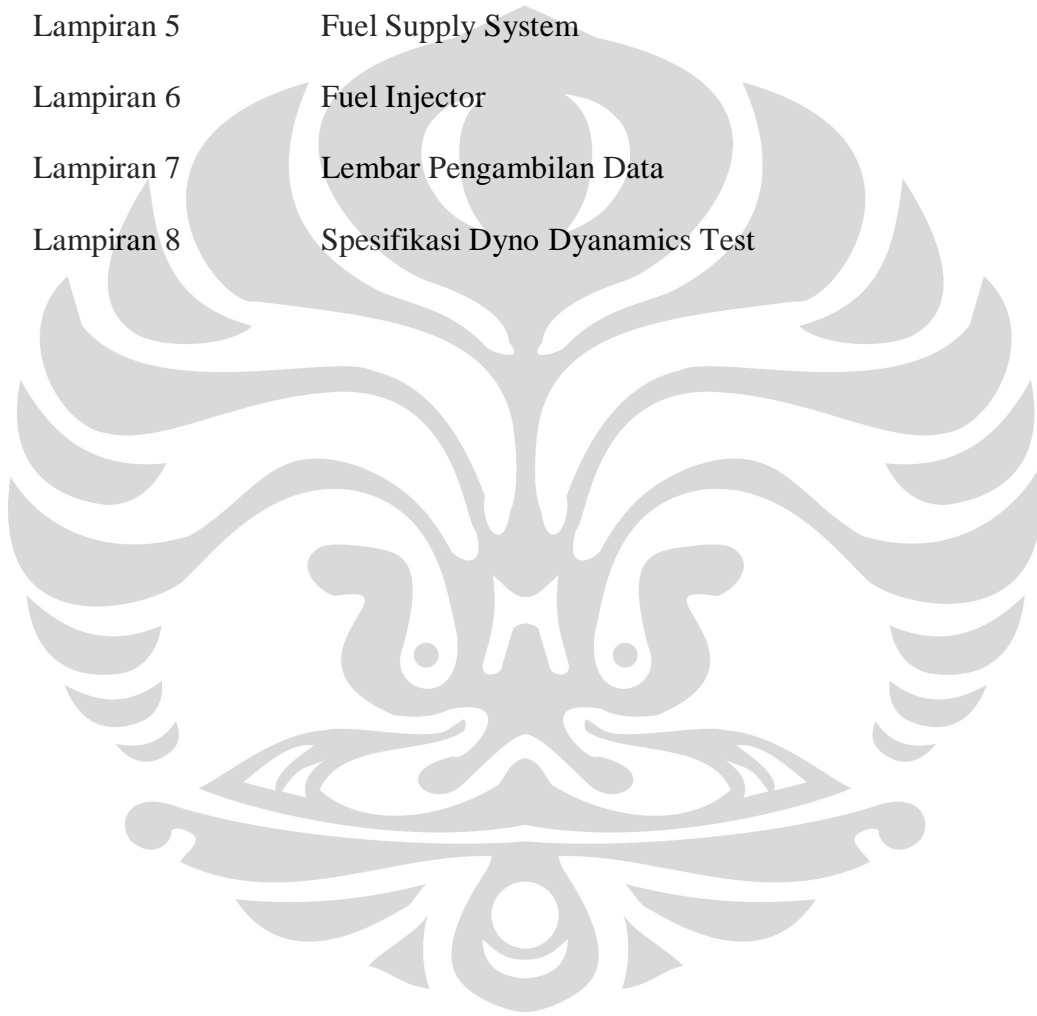
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Penggunaan etanol di beberapa negara.....	1
Tabel 2.1	Properti fisik dan kimia dari Bensin dan Etanol.....	13
Tabel 2.2.	<i>Alternative Fuels</i>	14



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	PGM-FI (Fuel Injection) Spesification
Lampiran 2	PGM –FI System Location
Lampiran 3	Electronic Control System
Lampiran 4	Throtle Body Assy
Lampiran 5	Fuel Supply System
Lampiran 6	Fuel Injector
Lampiran 7	Lembar Pengambilan Data
Lampiran 8	Spesifikasi Dyno Dyanamics Test



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi belakangan ini telah memberikan dampak yang sangat luas di berbagai sektor kehidupan. Sektor yang paling cepat terkena dampaknya adalah sektor transportasi. Fluktuasi suplai dan harga minyak bumi menyebabkan kontinuitas penggunaan bahan bakar fosil semakin terancam keberlanjutannya. Selain itu pembakaran bahan bakar fosil ini telah memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Kualitas udara semakin menurun akibat asap pembakaran bahan bakar minyak bumi yang mengandung gas-gas berbahaya seperti CO, NO_x, dan UHC (*unburn hydrocarbon*), juga unsur metalik seperti timbal (Pb). Kemudian efek gas rumah kaca yang ditimbulkan oleh gas CO₂ hasil pembakaran minyak bumi yang menyebabkan terjadinya pemanasan global (*global warming*).

Berbagai riset dilakukan untuk mencari sumber energi baru. Sebenarnya di Indonesia terdapat berbagai sumber energi terbarukan yang melimpah, seperti biodiesel dari tanaman jarak pagar, kelapa sawit maupun kedelai. Metanol dan etanol dari biomassa, tebu, jagung, dll yang bisa dipergunakan sebagai pengganti bensin (*gasoline*).

Metanol (methyl alcohol) dan etanol (ethyl alcohol) merupakan dua jenis senyawa alkohol. Penggunaan alkohol sebagai bahan bakar mulai diteliti dan diimplementasikan di USA dan Brazil sejak terjadinya krisis bahan bakar fosil di kedua negara tersebut pada tahun 1970-an. (*Nature, 1 July 2005*)

Tabel 1.1. Penggunaan etanol di beberapa negara

Negara	Gasohol	Volume (L/tahun)	Keterangan
Brazil	E20 s/d E25	~ 14 milyar (total)	program Proalcool, sejak 1975, produsen & pengguna terbesar
AS	E10, E85	> 6 milyar	sejak 1978
Colombia	E10	1 milyar (2006)	sejak 2001
Australia	E10, E20	60 juta	penjualan sejak 1992
Swedia	E5	50 juta	sejak 2000
India	E5	1,3 milyar	wajib sejak 2003
Thailand	E10	60 juta	sejak 2002, berencana ekspor
Jepang	E3 & E10	total 7,8 milyar	(pasar potensial), belum diwujudkan
Cina	E10	1,48 milyar	(pasar potensial)
Indonesia	E-3 (BioPremium)	± 4,2 juta	Agust-06
	E-3 (BioPertamax)	± 4,3 juta	Des-06

Di USA, bahan bakar relatif murah, E85, yang mengandung ethanol 85 semakin populer di masyarakat (*Nature, 1 July 2005*).

Dewasa ini, hampir seluruh mesin pembangkit daya yang digunakan pada kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam. Mesin bensin (Otto) dan diesel adalah dua jenis mesin pembakaran dalam yang paling banyak digunakan di dunia. Mesin diesel, yang memiliki efisiensi lebih tinggi, tumbuh pesat di Eropa, sedangkan komunitas USA yang cenderung khawatir pada tingkat polusi sulfur dan UHC pada diesel, lebih memilih mesin bensin. Meski saat ini, mutu solar dan mesin diesel yang digunakan di Eropa sudah semakin baik yang berimplikasi pada rendahnya emisi sulfur dan UHC. Ethanol yang secara teoritik memiliki angka oktan di atas standard maksimal bensin, cocok diterapkan sebagai substitusi sebagian ataupun keseluruhan pada mesin bensin.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari percobaan yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh campuran bahan bakar etanol dan pertamax pada waktu pengapian 10° terhadap daya yang dihasilkan .
2. Bagaimana pengaruh campuran bahan bakar etanol dan pertamax pada waktu pengapian 10° terhadap konsumsi bahan bakar yang dihasilkan.
3. Bagaimana pengaruh campuran bahan bakar etanol dan pertamax pada waktu pengapian 10° terhadap efisiensi thermal yang dihasilkan.
4. Bagaimana pengaruh campuran bahan bakar etanol dan pertamax pada waktu pengapian 10° terhadap emisi gas buang yang dihasilkan.

1.3 Batasan Masalah

Perumusan masalah dari percobaan yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Prosentase campuran etanol didalam *pertamax* adalah sebesar 10%, 20% dan 30% berbasis volume.
2. Penelitian hanya dilakukan pada mesin otto 4 langkah 1 silinder fuel injection 125 cc.
3. Bahan bakar gasoline dan etanol yang digunakan untuk riset masing-masing adalah *unleaded gasoline* pertamax dan *anhydrous alcohol* (alkohol dengan kemurnian > 99%)
4. Pengujian karakteristik pembakaran bahan bakar campuran *etanol-pertamax* dilakukan diatas *dynamometer test bench*.
5. pengamatan unjuk kerja mesin meliputi parameter-parameter :
 - Putaran Mesin
 - Daya
 - Konsumsi bahan bakar
 - Konsumsi bahan bakar spesifik
 - Effisiensi thermal
6. Komposisi gas buang yang diukur hanya CO, HC dan NO_x.
7. Tidak secara khusus meneliti dampak korosi terhadap penggunaan bahan bakar campuran etanol-gasoline pada komponen saluran pasokan bahan bakar dan komponen utama motor Otto.

1.4 Tujuan Penelitian

Mendapatkan karakteristik dan parameter pembakaran campuran etanol-pertamax sebagai fungsi dari operasional SIE, yaitu waktu pengapian 10°, bukaan katup pada *full open throttle* dan *compression ratio* tetap.

1.5 Manfaat Penulisan

Memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik dan proses pembakaran campuran etanol-gasoline pada SIE.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

▪ **BAB I : PENDAHULUAN.**

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

▪ **BAB II : DASAR TEORI**

Bab ini berisi tentang penjelasan umum motor otto, parameter unjuk kerja motor pembakaran dalam, emisi gas buang motor bensin 4-langkah dan bahan bakar uji.

• **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metode dan langkah penelitian, alat pengujian dan cara pengujian.

▪ **BAB IV : PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA**

Bab ini berisi tentang contoh perhitungan dari data-data yang telah diperoleh dari hasil pengujian, dan menganalisanya untuk mengetahui pengaruh variasi campuran ethanol dan gasoline.

▪ **BAB V : KESIMPULAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari analisa pengaruh perubahan waktu pengapian terhadap unjuk kerja motor berupa daya, konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan baker spesifik, efisiensi thermal dan emisi gas buang pada sepeda motor bensin 4-langkah serta saran yang tertuju pada tindak lanjut hasil penelitian.

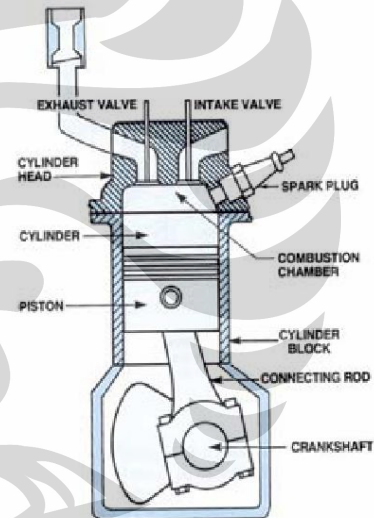
BAB II DASAR TEORI

2.1 Penjelasan umum mesin Otto^[3].

Pada motor bakar berdasarkan sistem penyalanya terbagi spark ignition dan compression ignition. Dan berdasarkan siklus kerjanya terbagi menjadi empat langkah dan dua langkah. Sistem penyalan atau *spark ignition* (SI)^[2] merupakan metode penyalan bahan bakar dengan bantuan api dari luar. Penyalan ini menggunakan busi sebagai sumber api. Setelah campuran udara dan bahan bakar mencapai kompresi tertentu, dan dengan tekanan dan temperatur tertentu maka busi dinyalakan sehingga terjadi reaksi pembakaran dan menghasilkan tenaga untuk mendorong torak ke posisi semula.

Adapun bagian dari mesin, yaitu:

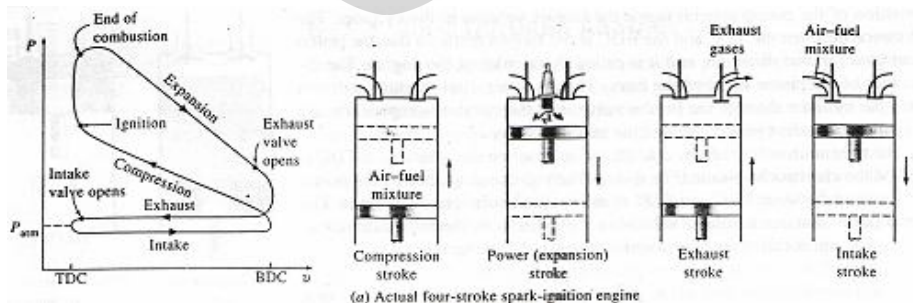
1. Piston
2. Valve
3. Spark plug
4. Crankshaft
5. Cam
6. Crankshaft
7. Connecting-rod



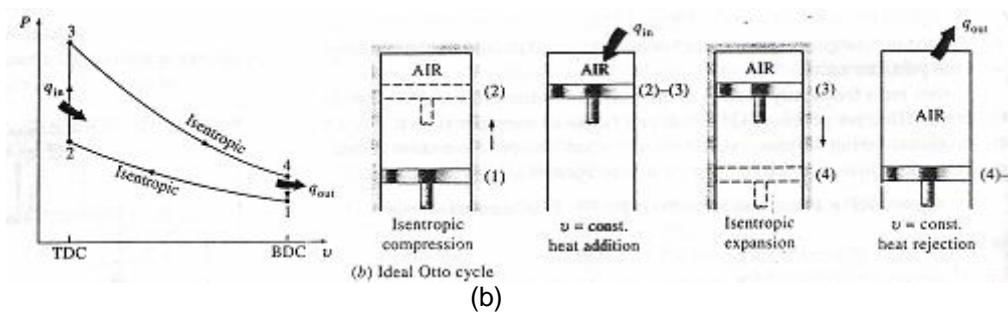
Gambar 2.1 Skema otto

[1]

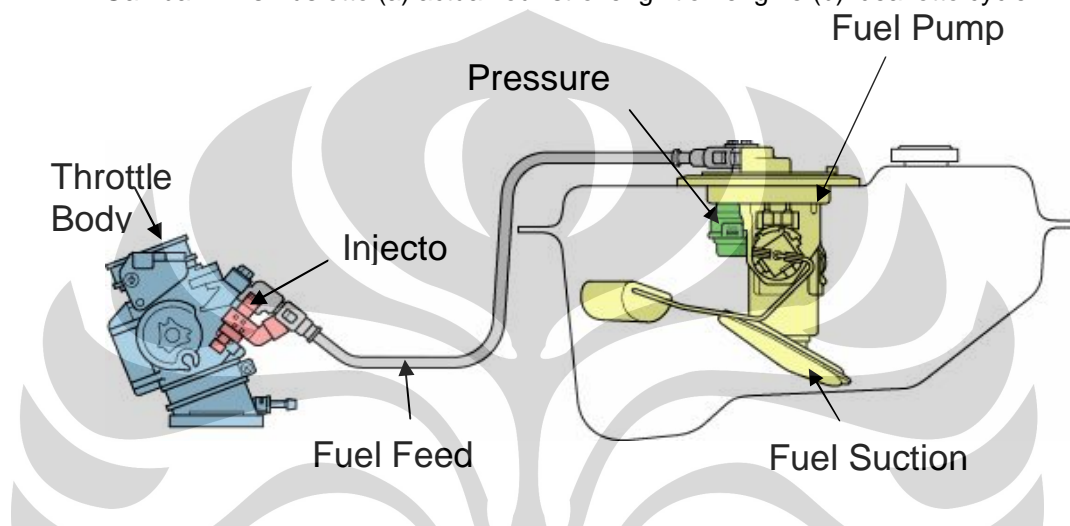
Adapun siklus otto yang terjadi pada motor bensin 4 – langkah adalah sebagai berikut:



(a)



Gambar 2.2 siklus otto (a) actual four-stroke-ignition engine (b) ideal otto cycle



Gambar 2.3 Sistem Aliran Bahan Bakar [5].

Proses 0 – 1 merupakan langkah hisap bahan bakar dimana piston mulai bergerak dari *TDC* (*top death centre*) menuju ke *BDC* (*bottom death centre*) dengan posisi katup hisap terbuka dan katup buang tertutup. Akibat dari langkah piston turun ini maka campuran bahan bakar dengan udara akan terhisap ke dalam ruang bakar.

Proses 1 – 2 merupakan langkah kompresi dimana piston bergerak ke atas lagi menuju *TDC* setelah melakukan langkah hisap dengan posisi katup hisap dan katup buang tertutup. Langkah ini akan menaikkan tekanan pada ruang bakar yang terisi campuran bahan bakar dengan udara menjadi naik.

Proses 2 – 3 merupakan proses pembakaran bahan bakar dimana proses ini terjadi sesaat sebelum akhir dari proses kompresi. Campuran bahan bakar dengan udara yang telah terkompresi mulai terbakar akibat percikan api yang ditimbulkan oleh busi yang terpasang di dinding silinder.

Akibat proses pembakaran ini maka tekanan dan temperatur di ruang bakar menjadi naik tinggi.

Proses 3 – 4 merupakan langkah kerja dari *engine* dimana piston akan bergerak menuju *BDC* akibat dari tekanan yang ditimbulkan proses pembakaran. Pada langkah ini posisi katup hisap dan katup buang masih dalam kondisi tertutup. Selama proses ekspansi ini tekanan dan temperatur mulai turun.

Proses 4 – 0 merupakan langkah buang dimana pada akhir langkah kerja piston, katup buang terbuka dan katup hisap masih tertutup dan piston bergerak menuju ke *TDC* membuang gas pembakaran keluar dari silinder.

2.1.1 Mesin bertorak

Dalam operasinya mesin ini menggunakan piston sebagai alat untuk mengkompresi dan mengekspansi volume ruang bakar. Keunggulan dari mesin piston terletak dari efisiensi bahan bakar dimana reaksi pembakaran yang terjadi tidak bersifat kontinu

2.1.2 Single Overhead Cam

Mesin dengan pengaturan ini memiliki satu cam pada kepalanya. *Cam* menggerakkan *rocker arm* yang menekan ke bawah katup, sehingga katup terbuka. Pegas-pegas yang menghubungkan katup dengan *rocker arm* mengembalikan katup-katup tersebut kedalam posisi tertutup. Pegas-pegas ini harus sangat kuat karena pada kecepatan tinggi, katup-katup tersebut akan terhentak dengan sangat cepat. Jika pegas-pegas tersebut tidak cukup kuat, katup-katup akan terpental dari *rocker arm* dan menutup kembali dengan keras, sehingga dapat menimbulkan keausan pada *cam* dan *rocker arm*.

2.1.3 Pembukaan dan penutupan katup

Berdasarkan fungsinya, katup merupakan part yang mengatur posisi aliran terhadap waktu. Penggunaan katup secara spesifik akan membagi motor bakar menjadi

2.1.3.1 Intake valve

Sebagai katup yang mengontrol pemasukan campuran bahan bakar kedalam silinder.

2.1.3.2 Exhaust valve

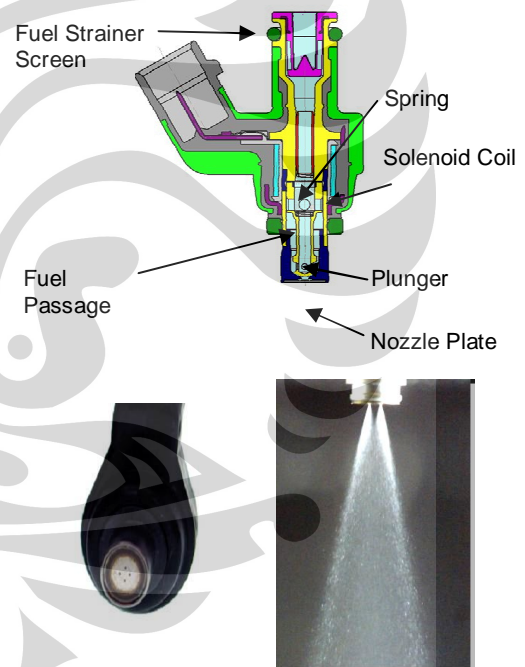
Sebagai katup yang mengontrol pengeluaran hasil pembakaran dari silinder mesin untuk dibuang keluar.

2.1.4 Pendinginan udara

Pendinginan dengan menggunakan udara pada prinsipnya adalah udara yang bergerak berlawanan dengan arah kendaraan agar dapat dijaga temperatur ideal pada mesin.

2.1.5 Sistem Fuel Injection.

Pada motor bakar empat langkah pembentukan campuran udara bahan bakar yang siap terbakar dilakukan di luar ruang bakar melalui proses karburasi tetapi saat ini proses karburasi sudah banyak diganti dengan sistem injeksi. Dengan menggunakan *fuel injector* bagian terpenting dalam sistem induksi-aliran udara dan sejumlah bahan bakar dirubah menjadi atom-atom untuk menghasilkan campuran bahan bakar-udara yang homogen. *Fuel injector* adalah nosel yang menyembrotkan bahan bakar kedalam udara masuk pada mesin. Adapun pengaturan jumlah bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor pada udara yang mengalir ini diatur dengan menggunakan sensor aliran udara (*air flow sensor*).



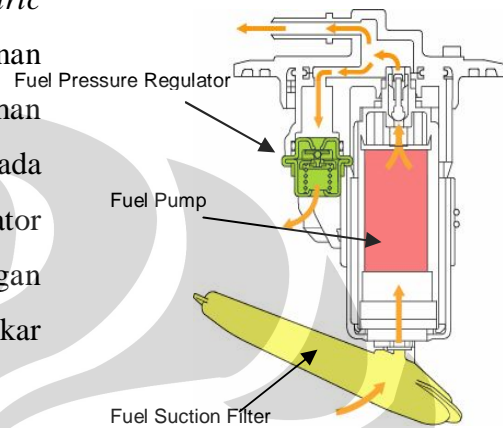
Gambar 2.4 Fuel Injector^[5]

Operasi dari mesin bensin sangat bergantung pada kualitas dan kuantitas campuran bahan bakar–udara yang diinjeksikan ke ruang bakar sehingga *Fuel injector* harus mampu menghasilkan perbandingan bahan bakar–udara yang dibutuhkan pada semua putaran kerja mesin dan beban mesin secara otomatis.

2.1.6 Pompa bahan bakar tipe elektrik.

Pompa bahan bakar elektrik (*electric fuel pump*) menghasilkan tekanan. Tekanan bahan bakar di dalam sistem aliran bahan bakar diatur oleh Pressure Regulator pada 294kPa (3.0 kgf/43 psi). Pressure Regulator mengembalikan bahan bakar dengan membuka katup saat tekanan bahan bakar melebihi tekanan atur

Umumnya pompa ini dipasang di dalam tangki (*in-tank type*) atau disekitar saluran bahan bakar (*in-line type*). Bahan bakar ditekan oleh rotor atau turbin, sehingga pompa bahan bakar tetap dapat mengirimkan bahan bakar walaupun mesin dalam kondisi mati.



Gambar 2.5 *Fuel Pump* ^[5]

2.1.7 *Electronic ignition (EI)*

Pada sistem EI, kontak menggunakan angular sensor. Output dari sensor diproses oleh sirkuit yang sesuai dengan sensor yang bersangkutan kemudian di-triger oleh suatu alat yang bernama *thyristor* dimana mengalir arus yang cukup besar melewati koil.

2.2 Parameter Unjuk Kerja Motor Pembakaran Dalam ^[1].

Parameter unjuk kerja suatu motor pembakaran pada SIE adalah sebagai berikut:

2.2.1. Daya

Tujuan utama dari penggunaan suatu *engine* adalah daya (*brake horse power, bhp*). Daya didefinisikan sebagai laju kerja dan sama dengan perkalian

antara gaya dengan kecepatan linear atau torsi dengan kecepatan angular. Sehingga dalam pengukuran daya melibatkan pengukuran gaya atau torsi dan kecepatan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dinamometer dan *tachometer* atau alat lain dengan fungsi yang sama.

$$\text{Daya (Bhp)} = \frac{2.\pi.n.T}{60.75} \text{ [HP].}$$

2.2.2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption, SFC*) didefinisikan sebagai konsumsi bahan bakar (*fuel consumption, FC*) yang dipakai untuk menghasilkan satu satuan daya dalam waktu satu jam dan dirumuskan sebagai :

$$\text{SFC} = \frac{FC}{BHP} \text{ [L/HP.h].}$$

Dimana untuk FC dapat dirumuskan sebagai:

$$\text{FC} = \frac{V_f \times 3600}{t \times 1000} \text{ [L/h]}$$

2.2.3. Efisiensi Thermal, η_{th}

Effisiensi thermal merupakan rasio antara output *engine* terhadap energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar. Sehingga efisiensi thermal merupakan ukuran besarnya pemanfaatan energi panas (*thermodynamic input*) bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif (*mechanical work*) oleh motor pembakaran dalam. Secara teoritis dituliskan dalam persamaan:

$$\eta_{th} = \frac{BHP}{FC.Q_{HV} \rho_f} \times 632 \times 100 \text{ (\%)}$$

2.3. Emisi Gas Buang Motor Bensin.^[2]

Bahan bakar bensin mengandung campuran dari beberapa hidrokarbon dan jika terbakar secara sempurna, pada gas buang hanya akan mengandung karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O) serta udara yang tidak ikut dalam proses pembakaran. Namun untuk beberapa alasan, pembakaran yang terjadi adalah tidak

sempurna dan akan menghasilkan karbon monoksida (CO), gas beracun yang mematikan dan hidrokarbon yang tidak terbakar (*Unburned Hydrocarbon, UBHC*) pada gas buang. Disamping CO dan HC, emisi utama yang ketiga adalah oksida dari nitrogen (NO_x) yang terbentuk oleh reaksi antara nitrogen dengan oksigen karena temperatur pembakaran yang tinggi, yaitu lebih dari 1100°C .

2.3.1. Karbon Monoksida, CO

Karbon monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau dan gas beracun. Gas ini timbul pada saat kondisi campuran di dalam mesin kaya. Dimana tidak tersedianya cukup oksigen untuk membentuk CO menjadi CO_2 , sehingga beberapa carbon berakhir menjadi CO. Biasanya untuk mesin bensin kadarnya 0,2% - 0,5%. Kekuatannya berikatan dengan *hemoglobin* di dalam darah sangat lebih kuat daripada oksigen. Bahkan konsentrasi yang rendah pun dapat menyebabkan terjadinya *sufokasi*. Konsentrasi di dalam udara maksimal yang diijinkan adalah 33 mg/m^3 .

Jumlah oksigen dalam campuran (*A/F ratio*) juga sangat menentukan besar CO yang dihasilkan, mengingat kurangnya oksigen dalam campuran akan mengakibatkan karbon bereaksi tidak sempurna dengan oksigen (sehingga terbentuk CO). Carbon monoksida juga cenderung timbul pada temperatur pembakaran yang tinggi. Meskipun pada campuran miskin (mempunyai cukup oksigen) jika temperatur pembakaran terlalu tinggi, maka oksigen yang telah terbentuk dalam karbon dioksida bisa berdisosiasi (melepaskan diri) membentuk carbon monoksida dan oksigen.

2.3.2. Nitrogen Oksida, NO_x

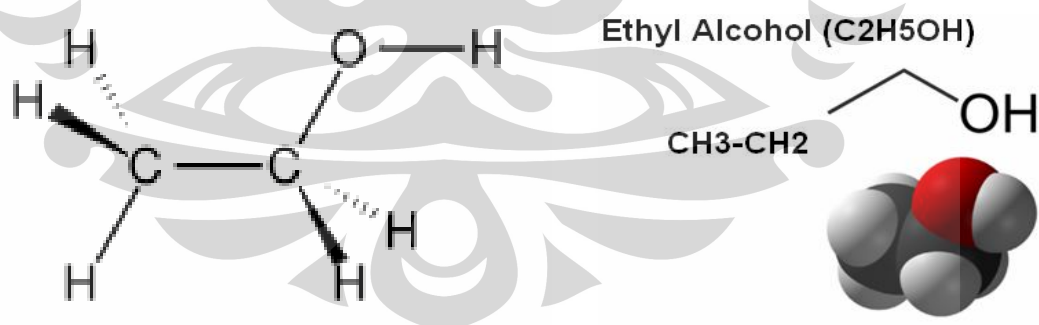
Nitrogen monoksida (NO) yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor menjadi nitrogen dioksida (NO_2) yang lebih reaktif, dan reaksi kimia antara berbagai oksida nitrogen dengan senyawa hidrokarbon yang menghasilkan ozon dan oksida lain, yang dapat menyebabkan asap awan fotokimi (*photochemical smog*). Pembentukan *smog* ini kadang tidak terjadi di tempat asal sumber (kota), tetapi dapat terbentuk di pinggiran kota. Jarak pembentukan *smog* ini tergantung pada kondisi reaksi dan kecepatan angin.

2.3.3. Hidrokarbon, HC

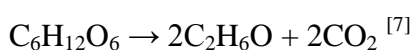
Untuk bahan pencemar yang sifatnya lebih stabil seperti beberapa hidrokarbon-halogen dan hidrokarbon poliaromatik, dapat jatuh ke tanah bersama air hujan atau mengendap bersama debu, dan mengkontaminasi tanah dan air. Senyawa tersebut selanjutnya juga dapat masuk ke dalam rantai makanan yang pada akhirnya masuk ke dalam tubuh manusia melalui sayuran, susu ternak, dan produk lainnya dari ternak hewan. Karena banyak industri makanan saat ini akan dapat memberikan dampak yang tidak diinginkan pada masyarakat kota maupun desa.

2.4. Bahan Bakar^[6]

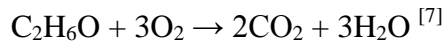
Dewasa ini, hampir seluruh mesin pembangkit daya yang digunakan pada kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam. Mesin bensin (Otto) dan diesel adalah dua jenis mesin pembakaran dalam yang paling banyak digunakan di dunia. Mesin diesel, yang memiliki efisiensi lebih tinggi, tumbuh pesat di Eropa, sedangkan komunitas USA yang cenderung khawatir pada tingkat polusi sulfur dan UHC pada diesel, lebih memilih mesin bensin. Meski saat ini, mutu solar dan mesin diesel yang digunakan di Eropa sudah semakin baik yang berimplikasi pada rendahnya emisi sulfur dan UHC.



Gambar 2.6 Diagram Etanol^[8]



Selama proses pembakaran etanol bereaksi dengan oksigen untuk memproduksi karbon dioksida, air dan panas



Ethanol yang secara teoritik memiliki angka oktan di atas standard maksimal bensin, cocok diterapkan sebagai substitusi sebagian ataupun keseluruhan pada mesin bensin. Bensin premium memiliki angka oktan 88. Tetapi bensin premium bisa ngejos seperti pertamax dengan tambahan etanol 99%, karena etanol memiliki angka oktan 117. Caranya, campurkan sekian persen bensin premium dengan sekian persen etanol. Misalnya campuran 1 : 9, di mana 10% etanol dtambahkan ke 90% premium. Ambil 10 ml etanol dengan 90 ml premium menjadi 1 liter bensol (bensin - etanol), maka angka oktan menjadi $10\% \times 117 + 90\% \times 88 = 90,9$ atau mendekati pertamax. Pencampuran antara premium dengan etanol bisa dilakukan dengan rasio yang berbeda. Hanya saja diperlukan kehati-hatian untuk kendaraan berumur di bawah tahun 2000. Etanol memiliki sifat melarutkan karet, sehingga mengancam kekuatan seal (sil) klep

Tabel 2.1. Properti fisik dan kimia dari Bensin dan Etanol

Properti Bahan Bakar	Gasoline	Ethanol	Methanol
Rumus molekul	C ₈ H ₁₅	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ OH
SG	0,72	0,79	0,796
Stoichiometri A/F Ratio	14,5	9	6,45
Berat Molekul	100	46	32,04
RON	88 -100	108	108,7
MON	80 - 90	89,7	88,6
Komposisi Carbon % berat	84	52	37,5
Komposisi Hidrogen %berat	16	13	12,06
Komposisi Oksigen % berat	-	35	49,9
Low Heating Value MJ/kg	28	18	15,8
Laten Heat Vaporation KJ/kg	349	923	1178
Autoignition Temperature, C	257	423	464
Viscosity, mPa-s @ 38 0 C	0,37-0,44	1,19	0,59

Jika menggunakan etanol murni sebagai bahan bakar akan rawan terjadi keausan pada dinding silinder dan ring piston. Oli yang melapisi *engine* dapat tersapu oleh cairan etanol selama *cold starting* sehingga menimbulkan kontak antar material. Keausan juga dapat terjadi karena pembentukan asam format

selama proses pembakaran yang langsung menyerang material sehingga menyebabkan korosi. Untuk mencegah atau mengurangi keausan material di atas maka dilakukan pelapisan dengan chrom atau dengan menambahkan bahan additive.

Tabel 2.2. Alternative Fuels

Fuel	Energy content kJ/L	Gasoline equivalence,* L/L-gasoline
Gasoline	31,850	1
Light diesel	33,170	0.96
Heavy diesel	35,800	0.89
LPG (Liquefied petroleum gas, primarily propane)	23,410	1.36
Ethanol (or ethyl alcohol)	29,420	1.08
Methanol (or methyl alcohol)	18,210	1.75
CNG (Compressed natural gas, primarily methane, at 200 atm)	8,080	3.94
LNG (Liquefied natural gas, primarily methane)	20,490	1.55

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai maka dalam penelitian ini akan digunakan metode penelitian eksperimental yaitu metode yang dapat dipakai untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau desain baru dengan cara membandingkan satu atau lebih kelompok dengan perlakuan baru dengan satu atau lebih kelompok lain tanpa perlakuan sebagai control atau pembanding.

Pada eksperimen ini pengujian dilakukan dengan memvariasikan putaran motor (*variable speed*). Jenis pengujian yang dilakukan adalah uji dyno dynamics, dimana unit motor (*rear wheel*) dihubungkan langsung dengan *roll dynamometer*. Dan untuk rangka motor diikat pada *support chassis dyno dynamics*.

3.2 Tempat dan Alat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pengujian dilakukan di workshop dyno dynamics division, PT. Khatulistiwa Surya Nusa, Jakarta.

sedangkan peralatan utama yang digunakan adalah :

1. *Engine Honda Supra X 125 cc*, dengan spesifikasi: ^[8]
 - Tipe mesin : 4-Langkah, 1 silinder, SOHC, berpendingin udara
 - Diameter x langkah : 52,4 x 57,9 mm
 - Volume langkah : 124,8 cc
 - Perbandingan kompresi : 9.0 : 1
 - Sistem pemasukan : *Injection*
 - Torsi maksimum : 0,99 kgf.m / 7000 rpm
 - Daya maksimum : 9,8 PS / 7500 rpm
 - Sistem pengapian : Full transistorized
 - Kopling otomatis : Otomatis setrifugal
 - Gigi transmisi : Kecepatan bertautan tetap
 - Pola pengoperan gigi : N-1-2-3-4 (rotary)
 - Kapasitas minyak pelumas : 0,7 liter pada pergantian periodic
 - Starter : Pedal dan elektrik

- Aki : 12V – 3,5 Ah
 - Busi : ND U20EPR9 / NGK CPR6EA-9
2. Dinamometer, DYNODYNAMICS
 - Range operasi : 16000 rpm.
 - Sistem pengukuran torsi : *electric*.
 - Kontrol : Beban dan katup (*throttle*).
 3. Motor vehicle exhaust gas analyzer.
 - Merek : TECNOTEST
 - Model : 488
 - Range CO meter : 0 – 9.99 % vol.
 - Range CO₂ : 0 – 19,99 % vol.
 - Range HC meter : 0 – 4 % vol.
 - Range Nox : 0 - 2000 ppm vol.
 4. Tabung ukur.
 - Kapasitas : 50 ml.
 - Akurasi : 1 ml
 5. Primary fuel tank
 6. Sub tank (ethanol, 10%, 20%, 30%)
 7. Digital stop watch.
 8. Blower 12 inch (AC 220V).
 9. Papan dan lembar pengambilan data

Persiapan selanjutnya adalah setting alat uji dan alat ukur pada bangku uji sebagai berikut:

1. Pengecekan terhadap kondisi kerja dari motor uji Honda Supra X 125 cc pada masing-masing waktu pengapian: 10° sebelum TMA.
2. Memasang support *chassis dyno dynamics* ke frame motor uji.
3. Menjalankan mesin uji pada kondisi yang akan dipakai dalam pengambilan data dari putaran kerja 4000 rpm hingga putaran kerja 8000 rpm dengan mengatur pembebanan pada dinamometer.

3.3 Prosedur Pengujian

Setelah *engine* dan semua alat ukur terpasang dengan baik maka dilanjutkan dengan melakukan pengujian sebagai berikut:

1. *Engine* dihidupkan.
2. Menghidupkan *blower* untuk pendinginan *engine* untuk menghindari terjadinya *over heat*.
3. Melakukan pemanasan *engine* pada kondisi *idle* untuk mencapai kondisi operasional dari *engine* selama 5 menit.
4. Mencatat temperatur dan kelembaban udara lingkungan.
5. Menaikkan putaran *engine* sampai kondisi *half open throttle* tercapai.
6. Pembebanan dilakukan dengan mengatur bukaan katup air secara perlahan-lahan hingga dicapai putaran kerja 3500 rpm kemudian mencatat pembacaan alat ukur: beban (N), temperatur ($^{\circ}\text{C}$), emisi gas buang CO (%) NO_x (ppm) dan HC (ppm) serta waktu (detik) untuk mengkonsumsi 10 ml bahan bakar.
7. Ulangi langkah ke – 6 dengan terlebih dahulu menaikkan putaran kerja sebesar 4000 rpm. Langkah ini dilaksanakan sampai dengan putaran kerja mesin sebesar 7000 rpm Pengujian dimulai dengan pengujian standar menggunakan bensin pertamax.
8. Setelah pengujian standar selesai, dilanjutkan dengan pengujian modifikasi menggunakan bensin ethanol dengan langkah yang sama seperti diatas (no.1 sampai dengan no. 7) dan waktu pembakarannya dilakukan di 10 $^{\circ}$.

Untuk setiap akhir dari pengujian masing-masing kelompok, maka *engine* yang dipakai sebagai alat uji dimatikan dengan cara sebagai berikut:

1. Posisikan teach pendant dyno test pada posisi off
2. Bukaan katup dikembalikan pada kondisi *idle*.
3. Setelah kondisi *idle* tercapai *engine* dimatikan.
4. Setelah 1-2 menit baru blower pendingin *engine* dimatikan.

3.4 Sistematika Penelitian

Dalam pelaksanaanya penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Study literature, bertujuan untuk mendapatkan berbagai macam informasi dan data yang berkaitan dengan obyek penelitian, misalnya cara kerja dan parameter unjuk kerja motor bensin 4 langkah dan karakteristik atau spesifikasi teknis bahan bakar pertamax - etanol.
- b. Melakukan pengujian di dyno dynamics untuk mendapatkan data-data mengenai
 - Torsi
 - Daya
 - Konsumsi bahan bakar
 - Kandungan unsur-unsur gas buang, CO, NO_x dan HC
- c. Analisa data, dalam hal ini akan dilakukan perhitungan-perhitungan berdasarkan data-data hasil pengujian yang meliputi:
 - Konsumsi bahan bakar
 - Konsumsi bahan bakar spesifik
 - Efisiensi termalYang selanjutnya disajikan dalam tabel-tabel dan grafik untuk memudahkan analisa.
- d. Pembahasan dan evaluasi perbandingan, dalam tahap ini akan dilakukan pembahasan serta evaluasi perbandingan terhadap hasil-hasil yang didapat.
- e. Kesimpulan

BAB IV

PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

4.1 Data Hasil Penelitian

Mesin Supra X 125 cc PGM FI yang akan digunakan sebagai alat uji dirancang untuk penggunaan bahan bakar bensin. Mesin ini menggunakan sistem pengapian *Full transistorized*. Adapun waktu pengapian yang dianalisa yakni pada kondisi 10° , *Before Top Dead Center* (BTDC). Data lengkap hasil pengujian untuk bahan bakar bensin pertamax, E10, E20 dan E30 dapat dilihat pada lampiran.

4.1.1. Spesifikasi data alat uji

Untuk menghitung unjuk kerja diperlukan data-data sebagai berikut :

4.1.1.1 Data Engine: ^[8]

1. Jumlah silinder : 1 silinder
2. Diameter silinder : 52,4 mm
3. Langkah, s : 57,9 mm
4. Rasio kompresi, r : 9,0 : 1
5. Volume langkah : 124 cc

4.1.1.2. Data Bahan bakar ^[10]

1. Bahan bakar bensin pertamax
 - Lower Heat value, LHV : 11088.4 kkal/kg
 - Density, ρ (15° , 1,013 bar) : 0,772 kg/L
 - Stoich Air/fuel Ratio, A/F : 14,6
2. Bahan bakar E10
 - Lower Heat value, LHV : 10621.9 kkal/kg
 - Density, ρ (15° , 1,013 bar) : 0,775 kg/L
 - Stoich Air Fuel Ratio, A/F : 14,31
3. Bahan bakar E20
 - Lower Heat value, LHV : 10155.5 kkal/kg
 - Density, ρ (15° , 1,013 bar) : 0,777 kg/L

- Stoich Air/fuel Ratio, A/F : 14
4. Bahan Bakar E30
- Lower Heat value, LHV : 9688.9 kkal/kg
 - Density, ρ (15°, 1,013 bar) : 0,778 kg/L
 - Stoich Air/fuel Ratio, A/F : 13,75

4.2. Perhitungan data^[10]

4.2.1. Brake Horse Power (*Bhp*)

Untuk mengetahui daya efektif digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Daya (Bhp)} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60 \cdot 75} \text{ [HP].}$$

Dimana:

BHP = Brake Horse Power (HP)

T = Torsi Mesin (kgf.m)

n = Putaran motor [rpm].

$$\text{Dimana } T = \frac{BHP \cdot 60 \cdot 75}{2 \pi \cdot n}$$

misalkan pada putaran 4000 rpm daya yang terbaca 2.163HP maka torsinya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Torsi} &= \frac{2.163 \text{HP} \times 60 \times 75}{2 \pi \times 4000} \text{ [kgf.m].} \\ &= 0.39 \text{ kgf.m} \end{aligned}$$

4.2.2. Fuel Consumption (FC)

Untuk mengetahui *fuel consumption* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{FC} = \frac{V_f \times 3600}{t \times 1000} \text{ [L/h].}$$

Dimana:

FC = Fuel Consumption (L/h)

V_f = Volume konsumsi (mL)

t = Waktu konsumsi [s].

misalkan pada putaran 4000 rpm untuk volume pertamax 26 ml waktu yang dibutuhkan 60 s maka *fuel consumption*-nya adalah :

$$\begin{aligned} FC &= \frac{26ml \times 3600}{60s \times 1000} \text{ [L/h].} \\ &= 1,56 \text{ L/h} \end{aligned}$$

4.2.3. *Specific Fuel Consumption (SFC)*

Untuk mengetahui *specific fuel consumption* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$SFC = \frac{FC}{BHP} \text{ [L/HP.h].}$$

SFC = *Specific Fuel Consumption* (L/h)

FC = *Fuel Consumption* (L/h)

BHP = Brake Horse Power (HP)

misalkan pada putaran 4000 rpm untuk fuel consumption 1,56 L/h dan daya yang dihasilkan 2,163 HP maka *specific fuel consumption*-nya adalah :

$$SFC = \frac{1,56L/h}{2,163HP} \text{ [L/HP.h].}$$

$$SFC = 0,721 \text{ L/HP.h}$$

4.2.4. Efisiensi Thermal (η_{th})

Untuk menghitung efisiensi thermal (η_{th}) digunakan persamaan yaitu :

$$\eta_{th} = \frac{BHP}{FC \cdot Q_{HV} \rho_f} \times 632 \times 100 \text{ (\%)}$$

misalkan pada putaran 4000 rpm untuk fuel consumption 1,56 L/h dan daya yang dihasilkan 2,163 HP maka *specific fuel consumption*-nya adalah :

Note: $Q_{HV} = 11088 \text{ kkal/kg}$

$\rho_f = 0.74 \text{ kg/L}$

$$\eta_{th} = \frac{2,163HP}{1,56L/h \cdot 11088kkal/kg \cdot 0,74kg/L} \times 632 \times 100 \text{ (\%)}$$

$$\eta_{th} = 10,68 \text{ \%}$$

4.3. Analisa unjuk kerja

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya untuk mengetahui karakteristik pembakaran dari suatu motor pembakaran dalam diperlukan

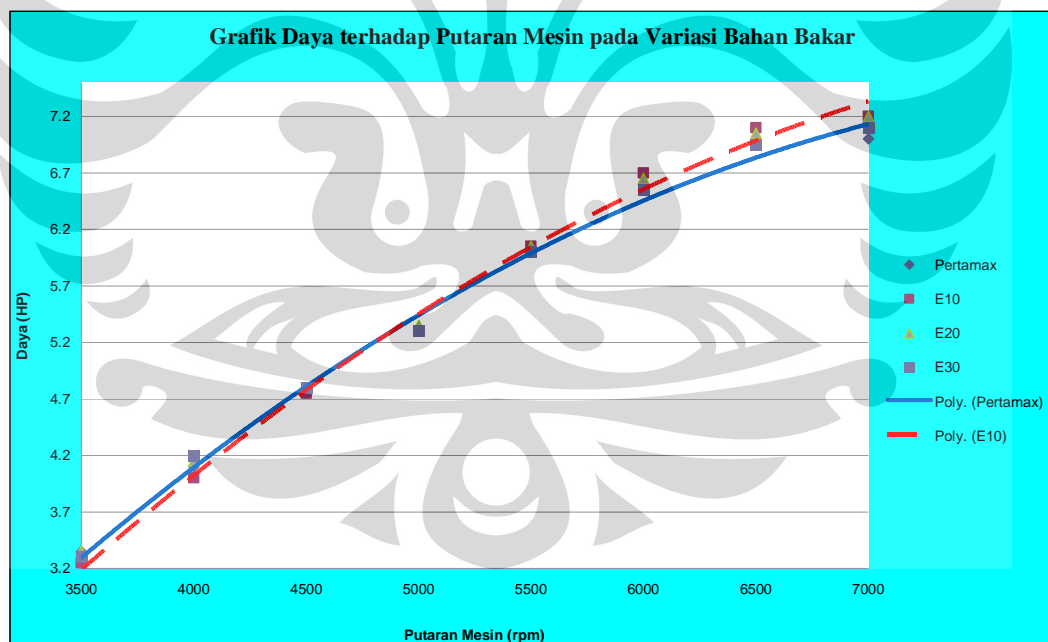
beberapa parameter unjuk kerja, antara lain daya, FC, SFC dan efisiensi thermal. Untuk mempermudah analisa data-data hasil penelitian dimodelkan dalam bentuk grafik

4.3.1. Analisa Daya, SFC, FC dan Effisiensi Thermal terhadap Waktu Pengapian 10^0 BTDC

Dari hasil perhitungan dan pengujian dapat diketahui besarnya pengaruh waktu pengapian terhadap parameter-parameter unjuk kerja mesin yang optimal. Dan untuk perbandingan berikutnya diambil data dari pengujian *full open throttle (FOT)*.

4.3.1.1. Daya pada pengapian 10^0 BTDC

Hasil dari pengukuran daya dapat langsung terbaca dari *dyno dynamics test*. Dari data tersebut lalu dipindahkan dalam bentuk grafik daya.



Gambar 4.1 Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10^0 BTDC

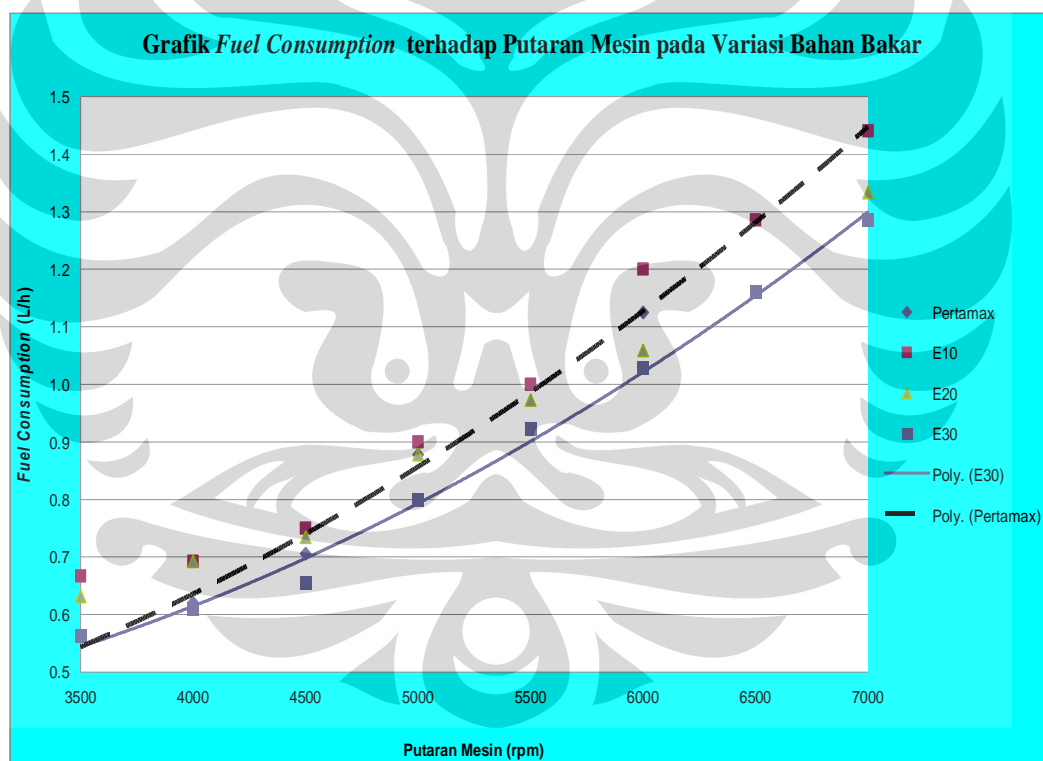
Grafik daya di atas (gambar 4.1) menunjukkan bahwa dengan waktu pengapian 10^0 BTDC daya yang dihasilkan dari 3500 sampai 7000 rpm oleh mesin, tidak ada perubahan daya yang significant bahkan cenderung hampir sama

dan bila dibandingkan dengan pertamax daya yang dihasilkan naik rata-rata 0.24%. Hal ini menunjukkan bahwa untuk pengapian 10° BTDC tidak ada perubahan daya yang significant bahkan cenderung sama untuk semua variasi bahan bakar.

Penelitian sebelumnya umumnya menggunakan *Carburater Engine*. Daya yang dihasilkan mengalami kenaikan karena perubahan RON diikuti dengan perubahan rasio kompresi ruang bakar atau waktu pengapian. Jika tidak merubah waktu pengapian atau rasio kompresi maka daya yang diperoleh cenderung turun.

4.3.1.2. Fuel Consumption pada pengapian 10° BTDC

Data konsumsi bahan bakar dari variasi bahan bakar pada waktu pengapian 10° BTDC (standar) ditunjukkan pada grafik dibawah ini (gambar 4.2).



Gambar 4.2 Fuel Consumption pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

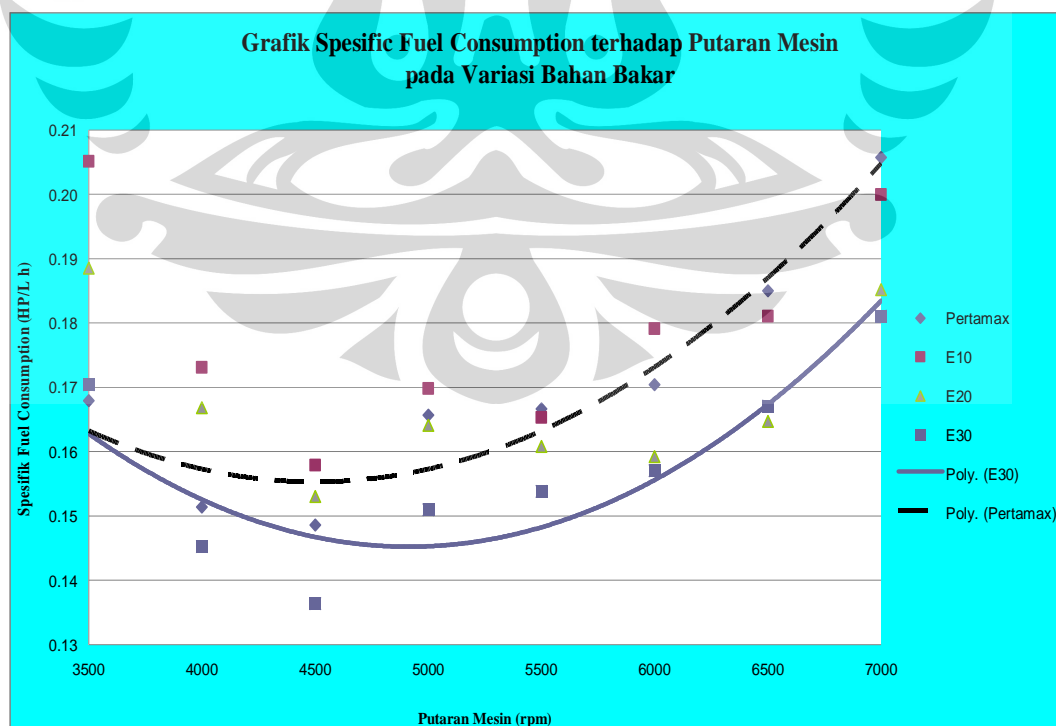
Dapat dilihat pada gambar 4.2 untuk Pertamax dan E10 konsumsi bahan bakar cenderung meningkat seiring dengan peningkatan putaran mesin, untuk Pertamax terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar pada putaran 5000 sampai 7000 rpm dan cenderung turun pada putaran 3500 sampai 5000 rpm. Sedangkan untuk E10

terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar pada semua putaran 3500 sampai 7000 rpm. Pada E20 dan E30 konsumsi bahan bakar meningkat stabil sesuai kenaikan putaran mesin 3500 sampai 7000 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kestabilan konsumsi bahan bakar dengan adanya campuran etanol. Dan konsumsi bahan bakar terbaik terjadi pada campuran pertamax 70% dengan etanol 30% dengan penurunan *fuel consumption* senilai 7.4%.

Pada mesin injeksi jumlah bahan bakar yang masuk dalam ruang bakar diatur oleh ECM. EOT (Engine Out put Temperature) sensor memberikan input ke ECM untuk mengurangi suplai bahan bakar agar tidak terjadi over heat pada mesin. *Fuel consumption* pada campuran Pertamax-Etanol lebih sedikit dibandingkan dengan Pertamax disebabkan oleh panas tinggi yang ditimbulkan Etanol.

4.3.1.3. *Specific Fuel Consumption* pada pengapian 10° BTDC

Dari hasil perhitungan *fuel consumption* berbanding dengan daya yang dihasilkan maka didapat *specific fuel consumption*. Dan hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada grafik dibawah (gambar 4.3).

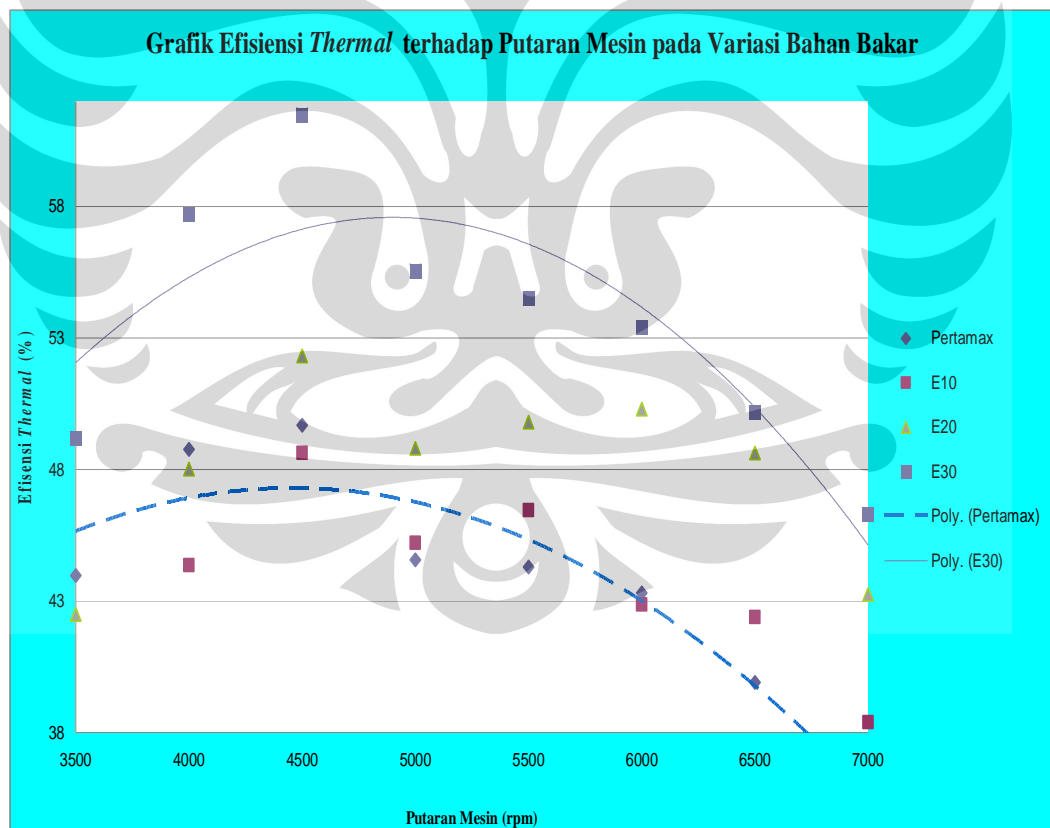


Gambar 4.3 *SFC* pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

kecenderungan yang dapat dilihat adalah adanya penurunan SFC secara signifikan pada putaran mesin 3500 sampai 5500 rpm. Hal tersebut dikarenakan kenaikan SFC menurun pada saat putaran mesin meningkat, sampai titik minimum dan akan kembali meningkat pada kecepatan tinggi. Dari gambar dapat dilihat untuk pertamax, E20, E30 titik SFC terendah terjadi pada putaran 4500 rpm, dan SFC terbaik terdapat pada campuran Pertamax 70% dan etanol 30% dengan penurunan SFC sebesar 7.1%.

4.3.1.4. Efisiensi Termal, η_t pada pengapian 10° BTDC

Effisiensi thermal merupakan ukuran besarnya pemanfaatan energi yang terkandung di dalam bahan bakar untuk dirubah menjadi daya. Tingginya nilai efisiensi thermal dihasilkan oleh kualitas pembakaran di dalam ruang bakar yang semakin sempurna.



Gambar 4.4 η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

Untuk hasil percobaan dengan variasi bahan bakar ditunjukkan pada grafik diatas (gambar 4.4). Dari grafik dapat dilihat bahwa efisiensi termal cenderung naik seiring dengan peningkatan putaran mesin, nilai maksimum efisiensi termal terjadi pada putaran 4500 rpm untuk pertamax, E10, E20 dan E30, sedangkan efisiensi termal maksimum terjadi pada putaran 5000 rpm untuk E30 dengan peningkatan efisiensi termal sebesar 22.13 %.

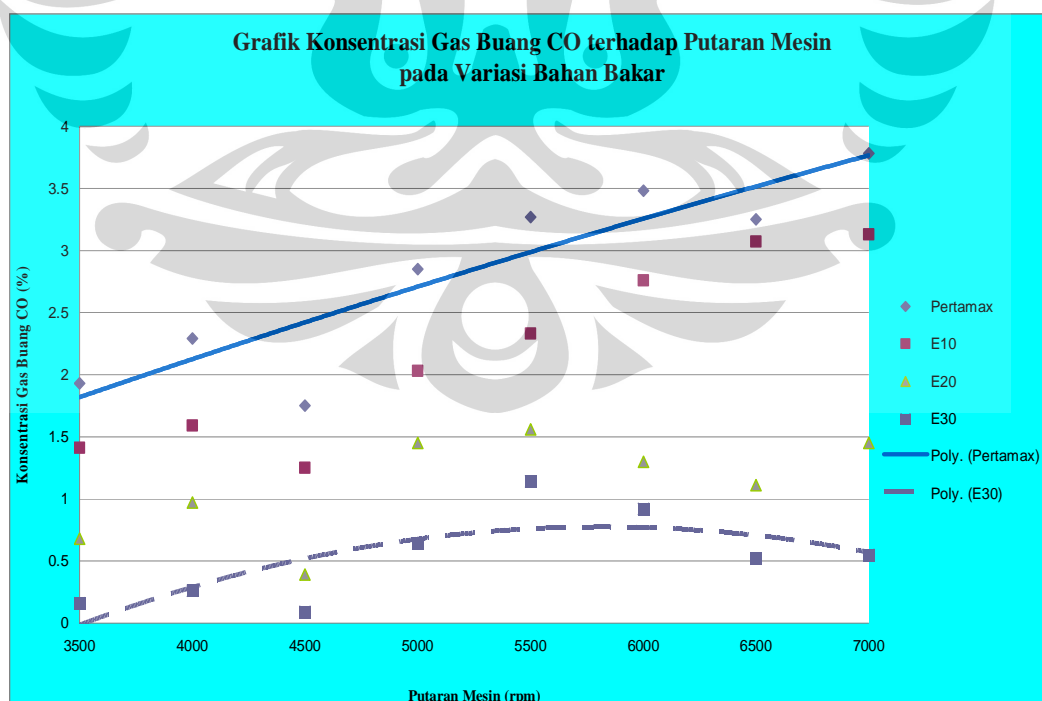
Kenaikan efisiensi thermal terjadi karena daya yang dihasilkan tidak berubah sedangkan *specific fuel* dan LHV Pertamax-Etanol turun. Semakin besar persentase etanol semakin besar efisiensi thermal yang dihasilkan.

4.4 Emisi Gas Buang

4.4.1. Konsentrasi Emisi Karbon Monoksida, CO

4.4.1.1. CO pada pengapian 10° BTDC

Rangkuman kecenderungan perubahan konsentrasi emisi CO terhadap putaran mesin pada bahan bakar E10, E20 dan E30 dibandingkan bahan bakar bensin pertamax masing-masing disajikan pada gambar 4.5



Gambar 4.5 CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

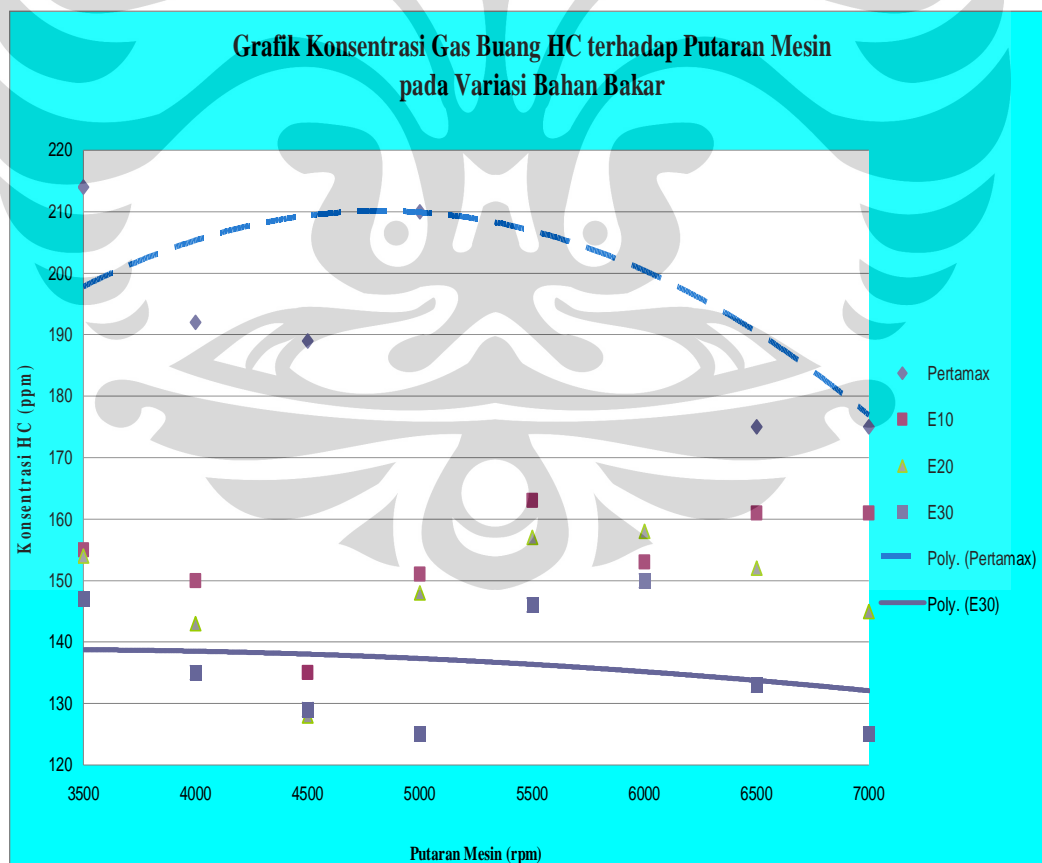
Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai CO mengalami penurunan pada E10, E20 dan E30 dibandingkan pertamax. Hal tersebut menunjukkan emisi gas buang CO yang dihasilkan campuran E10, E20 dan E30 sangat baik dengan nilai penurunan antara 23% sampai 82%.

Penelitian-penelitian sebelumnya memang menunjukkan kadar CO pada emisi bahan bakar yang dicampur dengan etanol akan turun 20% sampai 80%. Semakin tinggi persentase etanol semakin rendah kadar HC yang dihasilkan.

4.4.2. Konsentrasi Emisi Hidrokarbon, HC

4.4.2.1. HC pada pengapian 10° BTDC

Kecenderungan perubahan konsentrasi emisi HC terhadap kecepatan putar pada bahan bakar pertamax, E10, E20 dan E30 ditunjukkan pada gambar 4.24.



Gambar 4.6 HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10°

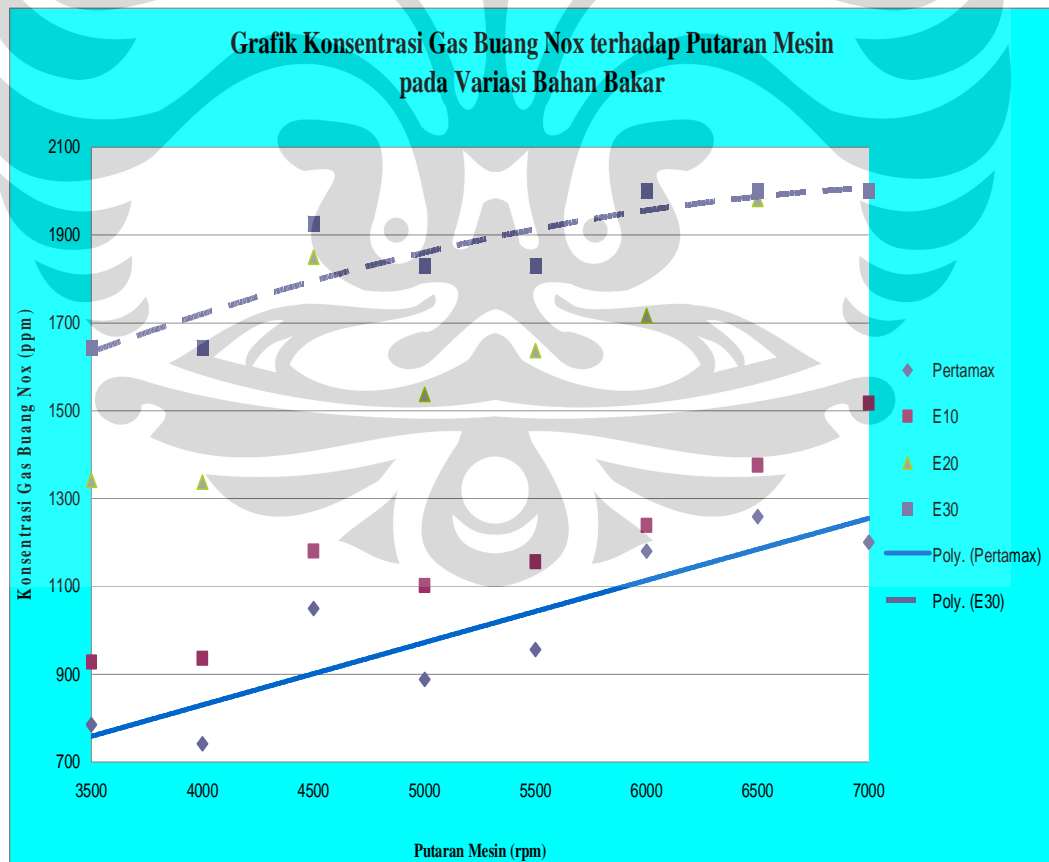
Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai HC turun pada E10, E20, dan E30 dibandingkan Pertamina. Hal tersebut menunjukkan emisi gas buang HC yang dihasilkan campuran E10, E20 dan E30 sangat baik dengan nilai penurunan antara 22% sampai 31%.

Konsentrasi HC pada penelitian sebelumnya menunjukkan penurunan 20% sampai 60% pada campuran bahan bakar dengan etanol. Semakin tinggi persentase etanol semakin rendah kadar HC yang dihasilkan.

4.4.3. Konsentrasi Emisi Nitrogen Oksid, NO_x

4.4.3.1. NO_x pada pengapian 10° BTDC

Kecenderungan perubahan konsentrasi emisi NO_x terhadap kecepatan putar pada bahan bakar Pertamina, E10, E20 dan E30 ditunjukkan pada gambar 4.24.



Gambar 4.7 NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10°

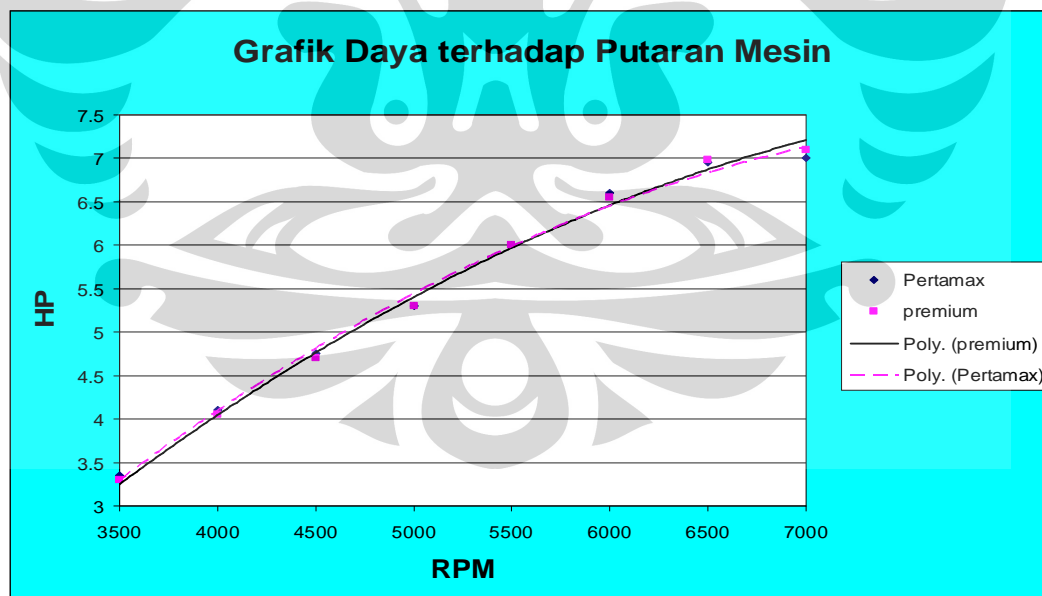
Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai NO_x naik pada E10, E20, dan E30 dibandingkan Pertamax. Hal tersebut hanya menunjukkan panas yang tinggi pada ruang bakar ($>1500\text{K}$).

Pada penelitian-penelitian sebelumnya kadar NO_x pada campuran bahan bakar dengan etanol memang naik ini disebabkan oleh jumlah O_2 yang meningkat akibat adanya senyawa etanol dalam bahan bakar yang berikatan dengan NO hasil pembakaran. Semakin tinggi persentase etanol makin besar pula jumlah NO_x yang dihasilkan

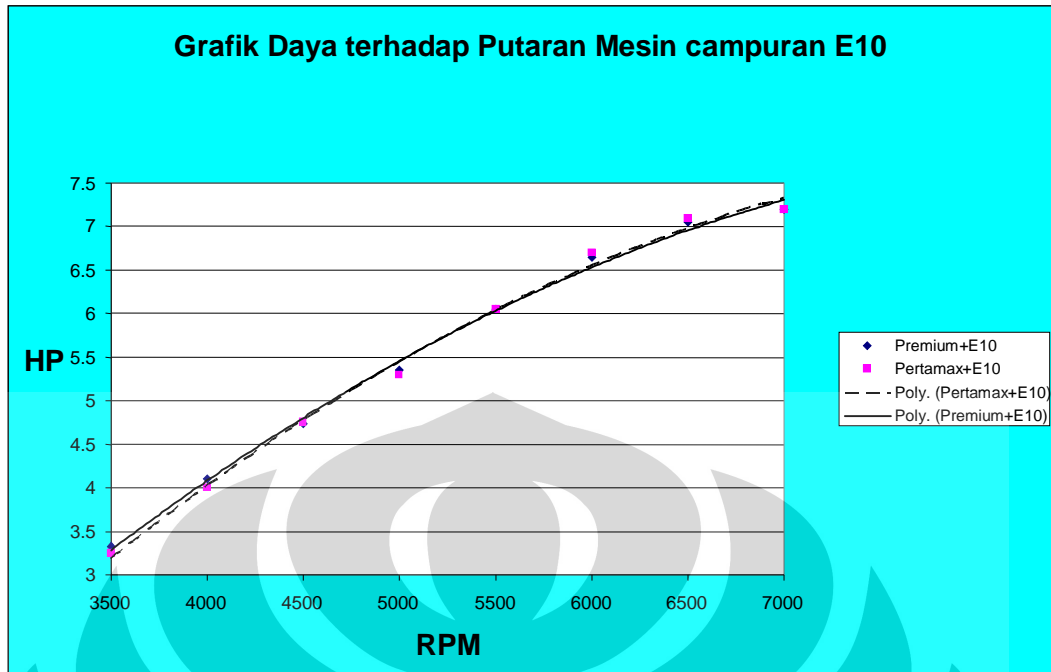
4.5. Perbandingan Analisa Unjuk Kerja

4.5.1. Perbandingan Analisa Daya, FC dan Effisiensi Thermal terhadap Waktu Pengapian 10° BTDC antara Pertamax dan Premium

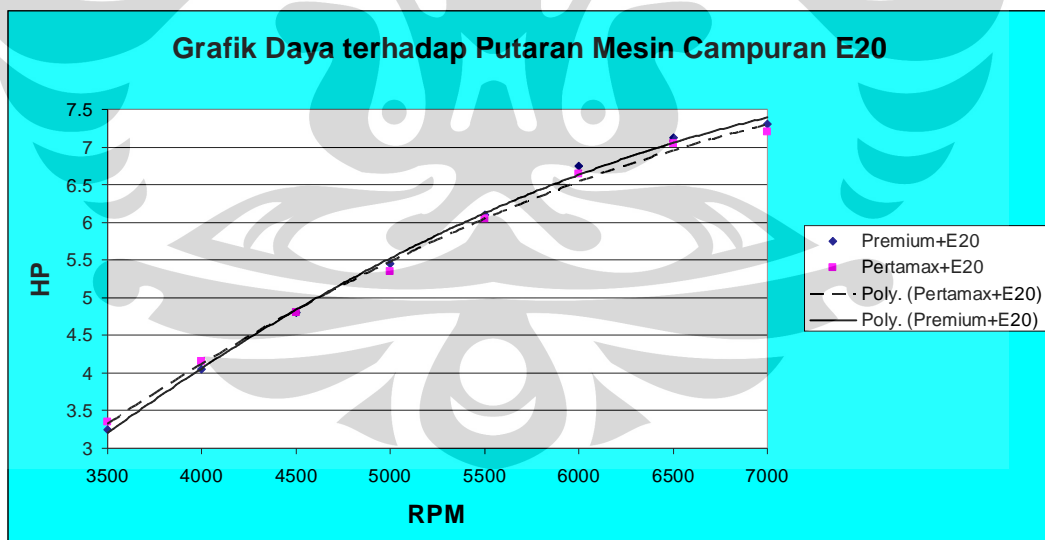
4.5.1.1. Perbandingan Daya pada pengapian 10° BTDC antara Pertamax dan Premium



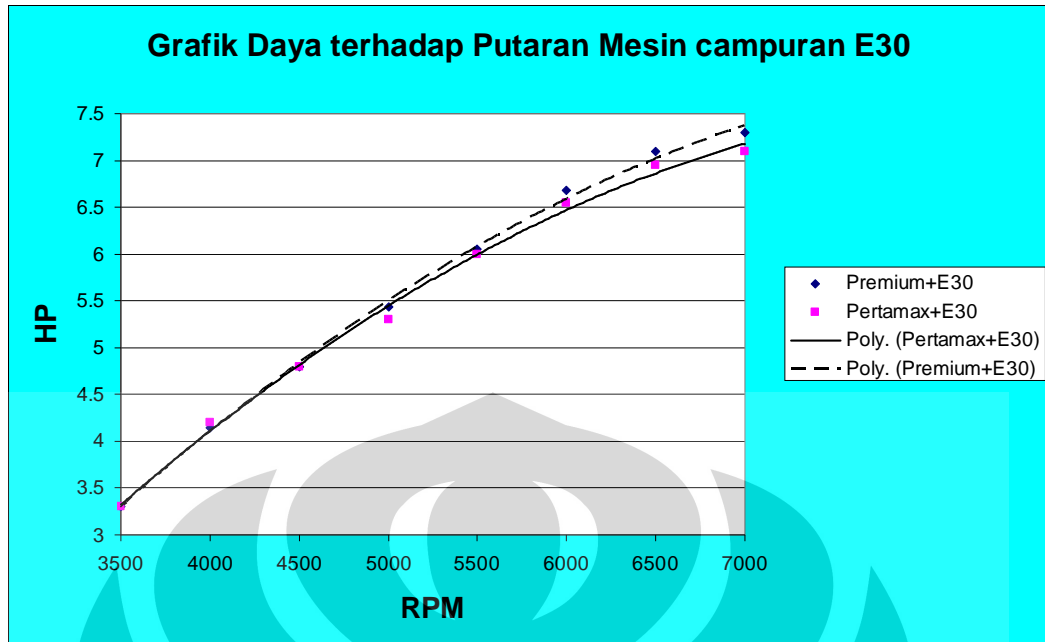
Gambar 4.8 Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax dan premium



Gambar 4.9 Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC
Pertamax+E10 dan Premium+E10



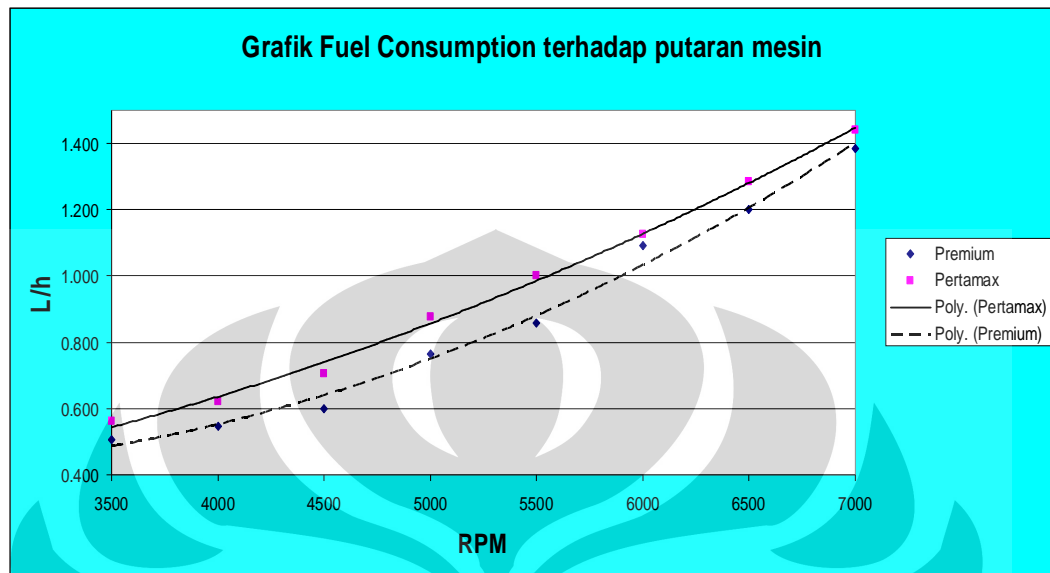
Gambar 4.10 Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC
Pertamax+E20 dan Premium+E20



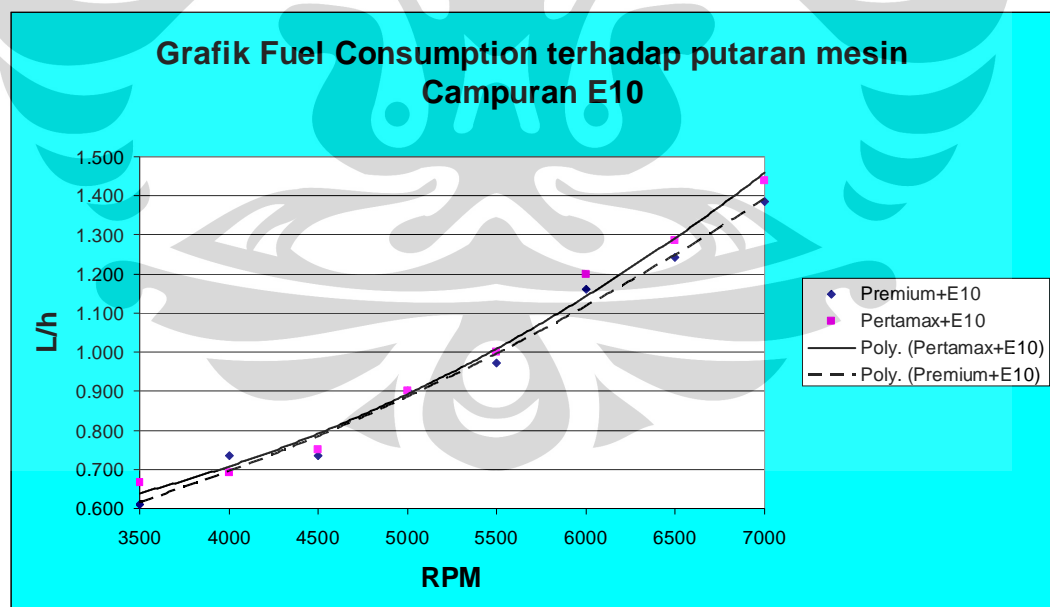
Gambar 4.11 Daya pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC
Pertamax+E30 dan Premium+E30

Grafik daya di atas (gambar 4.8, 4.9, 4.10, 4.11) menunjukkan bahwa dengan waktu pengapian 10° BTDC daya yang dihasilkan Pertamax dari 3500 sampai 7000 rpm oleh mesin, tidak ada perubahan daya yang significant bahkan cenderung turun bila dibandingkan dengan premium baik E10, E20 maupun E30. Hal tersebut terjadi karena rasio kompresi pada mesin tidak dirubah mengikuti peningkatan angka oktan bahan bakar, dimana pertamax dan campurannya memiliki angka oktan lebih tinggi dari premium.

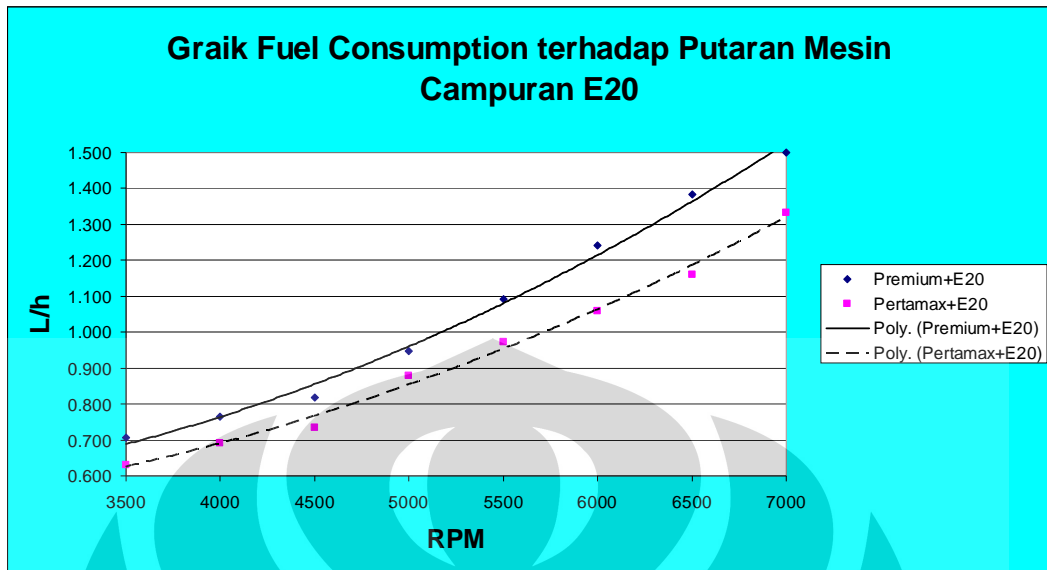
4.5.1.2. Fuel Consumption pada pengapian 10° BTDC antara Pertamina dan Premium



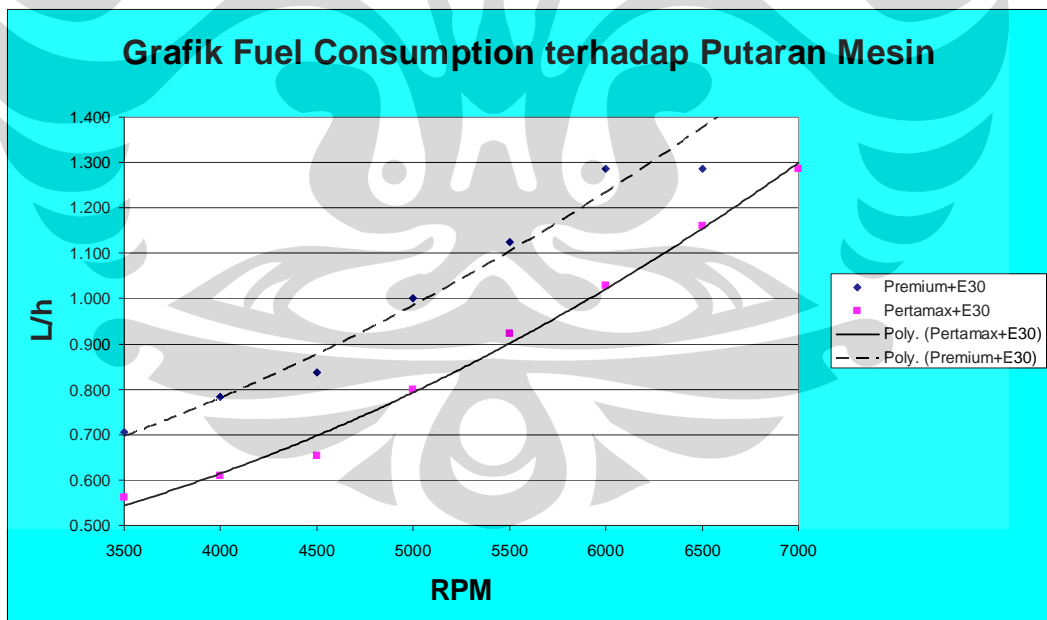
Gambar 4.12 Fuel Consumption pada variasi bahan bakar di pengapian 10° Pertamina dan Premium BTDC



Gambar 4.13 Fuel Consumption pada variasi bahan bakar di pengapian 10° Pertamina+E10 dan Premium+E10 BTDC



Gambar 4.14 *Fuel Consumption* pada variasi bahan bakar di pengapian 10°
Pertamax+E20 dan Premium+E20 BTDC

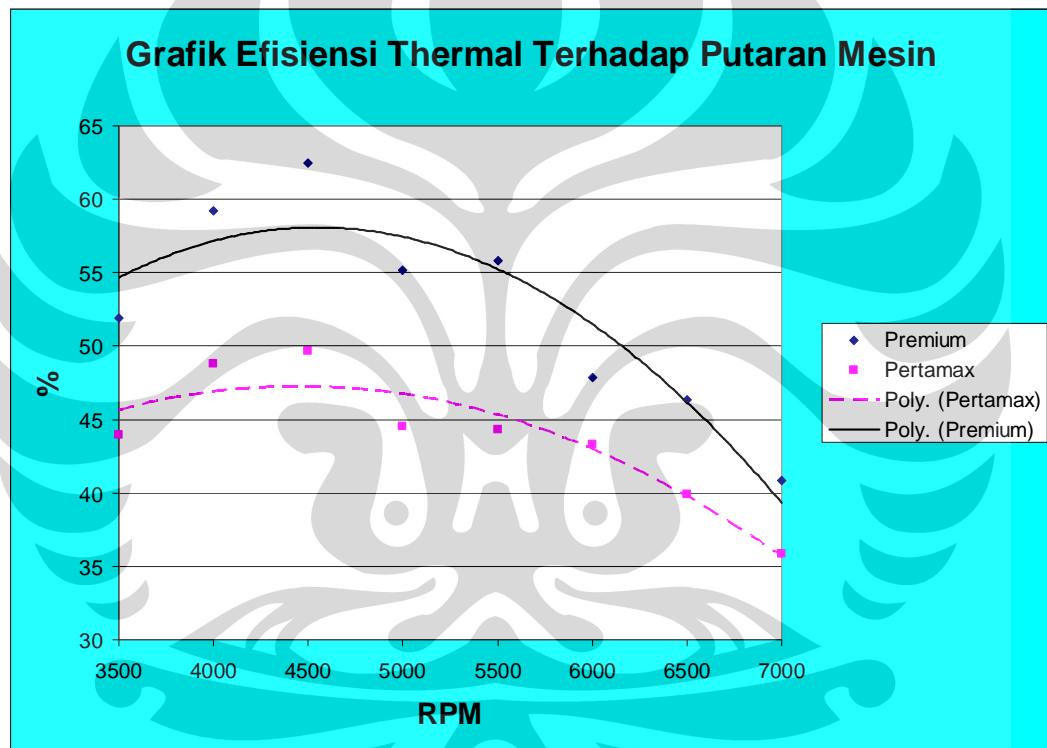


Gambar 4.15 *Fuel Consumption* pada variasi bahan bakar di pengapian 10°
Pertamax+E30 dan Premium+E30 BTDC

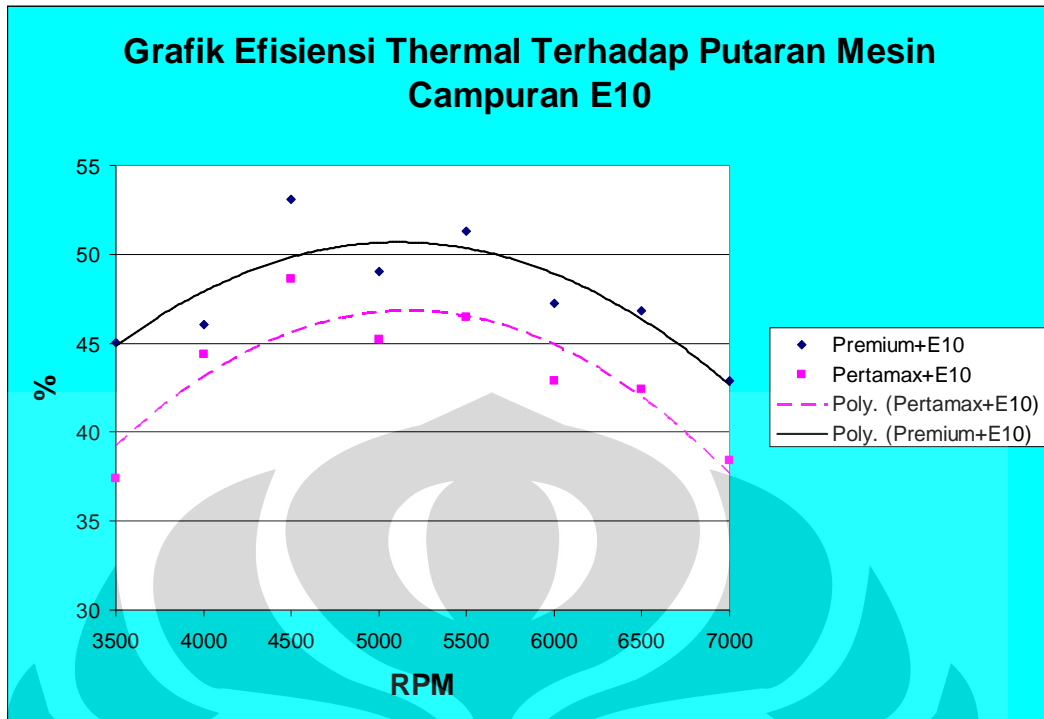
Dapat dilihat pada gambar 4.12 dan 4.13 konsumsi bahan bakar lebih dipengaruhi rasio kompresi mesin sehingga premium konsumsinya lebih sedikit.

Sedangkan pada gambar 4.14 dan 4.15 konsumsi bahan bakar cenderung meningkat pada premium seiring dengan peningkatan putaran mesin, hal ini terjadi karena pengaruh EOT sensor, dimana hasil pembakaran tidak sempurna pertamax dan kandungan etanol yang besar menimbulkan panas berlebih pada ruang bakar menyebabkan signal input yang dikirim pada ECM adalah untuk mengurangi suplai bahan bakar.

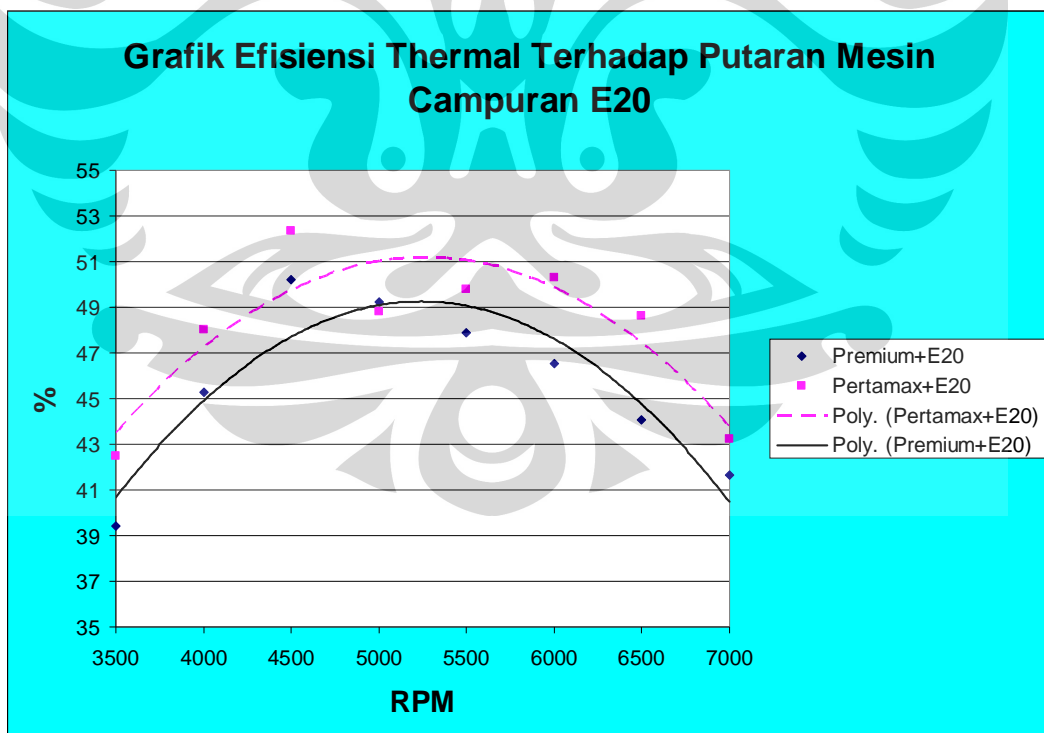
4.5.1.3. Perbandingan Efisiensi Termal, η_t pada pengapian 10° BTDC antara Pertamax dan Premium



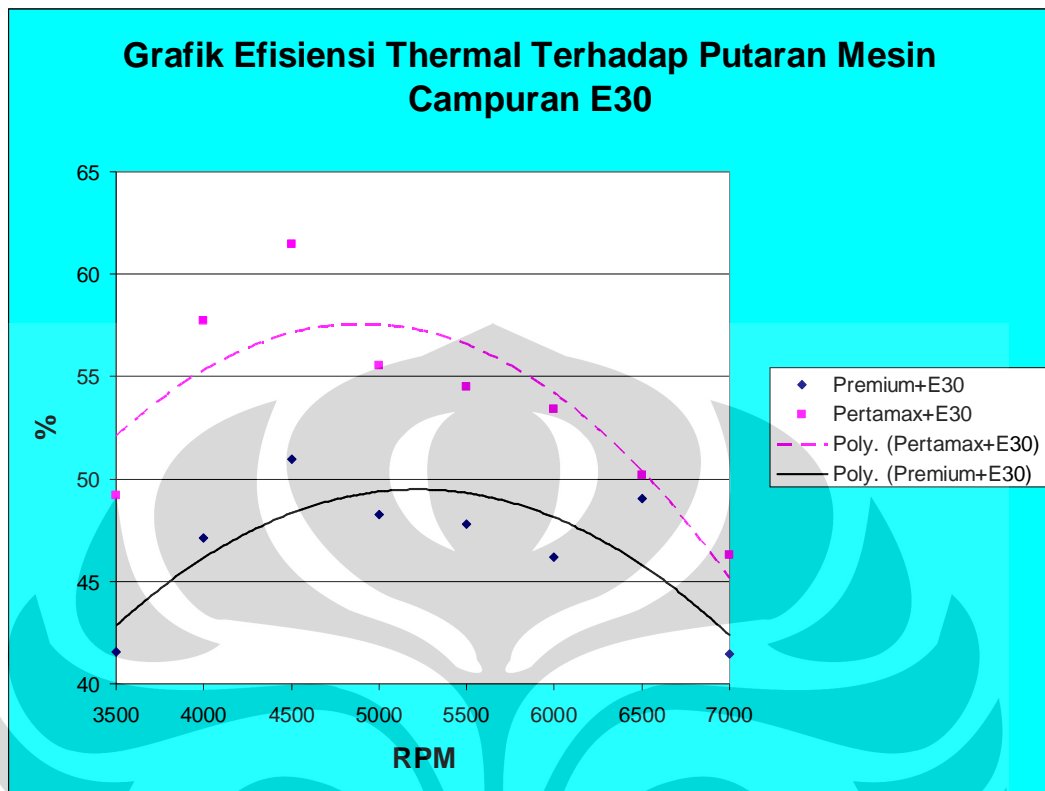
Gambar 4.16 η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax dan Premium



Gambar 4.17 η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC
Pertamax+E10 dan Premium+E10



Gambar 4.18 η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC
Pertamax+E20 dan Premium+E20



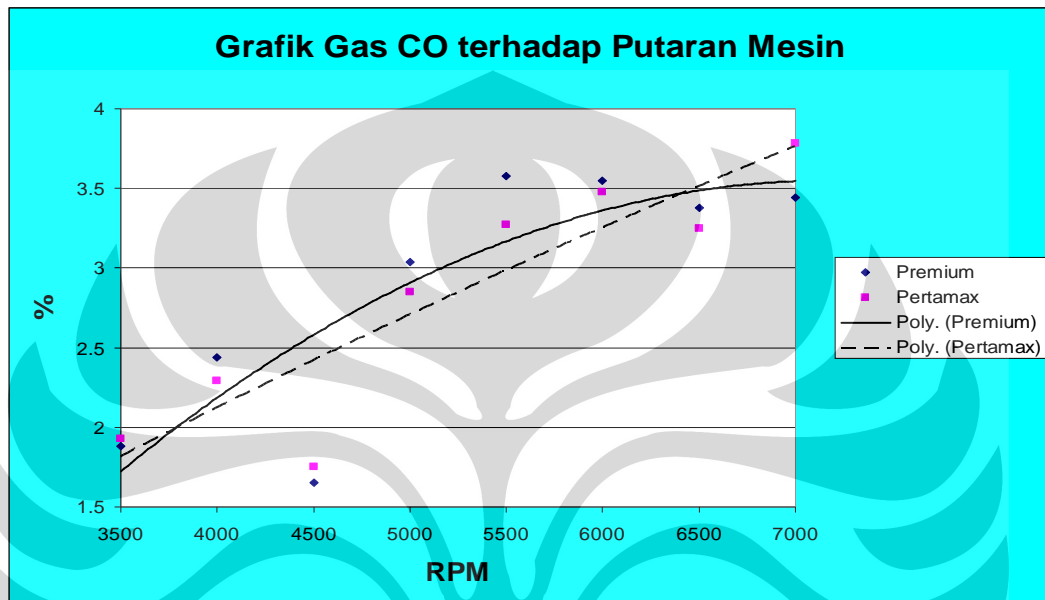
Gambar 4.19 η_t pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC
Pertamax+E30 dan Premium+E30

Fenomena yang sama dialami pula oleh efisiensi thermal karena berbanding terbalik dengan *Specific Fuel Consumption*. pada gambar 4.16 dan 4.17 efisiensi thermal lebih dipengaruhi rasio kompresi mesin sehingga premium Efisiensi Thermalnya lebih besar. Sedangkan pada gambar 4.18 dan 4.19 yang berperan adalah EOT sensor yang menyebabkan efisiensi thermal Pertamina dan campurannya E20 dan E30 cenderung lebih tinggi.

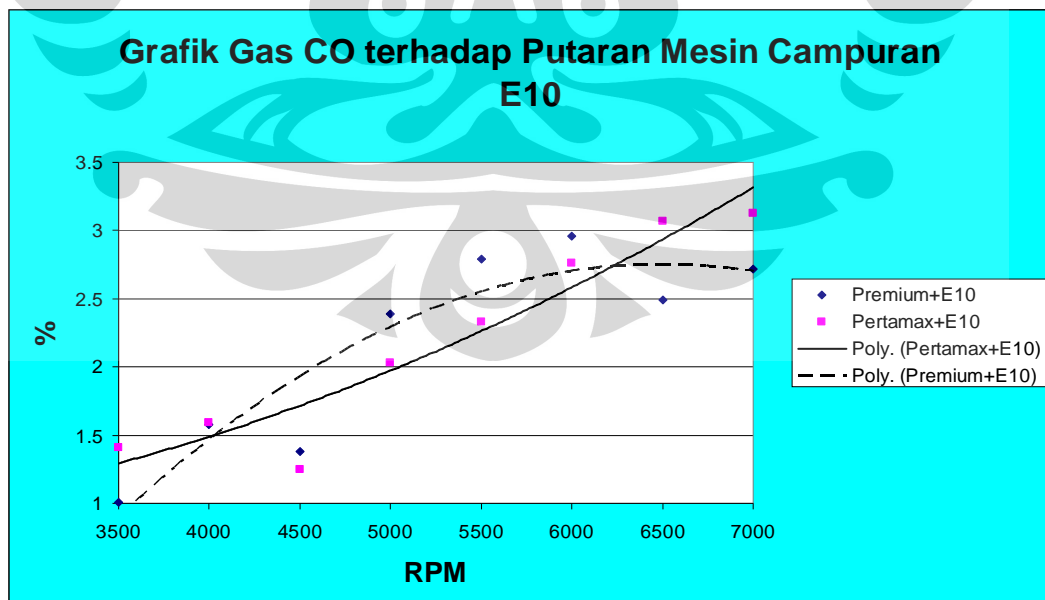
4.6 Perbandingan Emisi Gas Buang antara Pertamina dan Premium

4.6.1. Perbandingan Konsentrasi Emisi Karbon Monoksida, CO antara Pertamina dan Premium

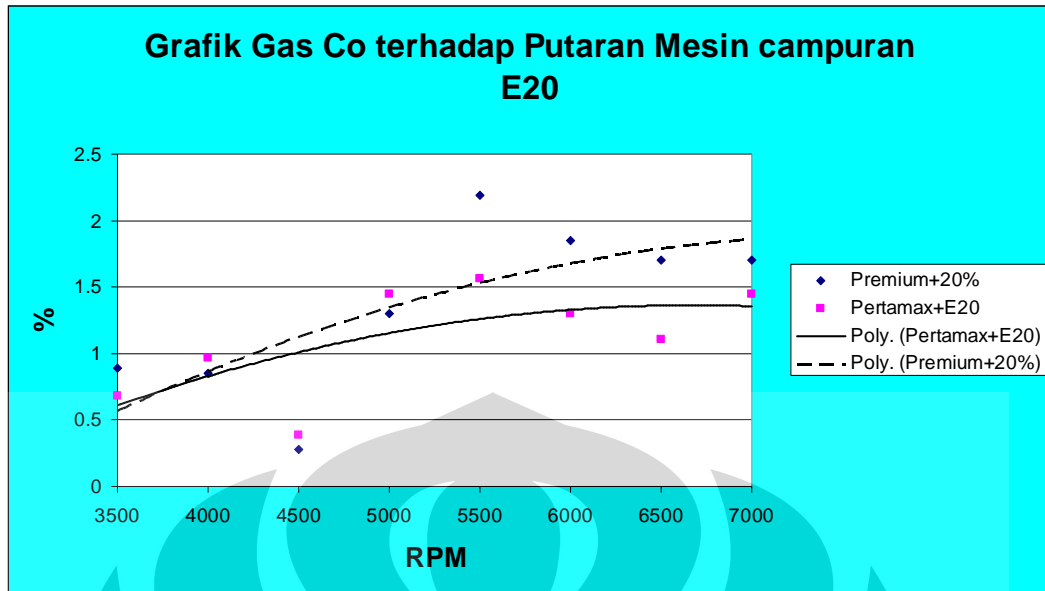
4.6.1.1. Perbandingan CO pada pengapian 10° BTDC antara Pertamina dan Premium



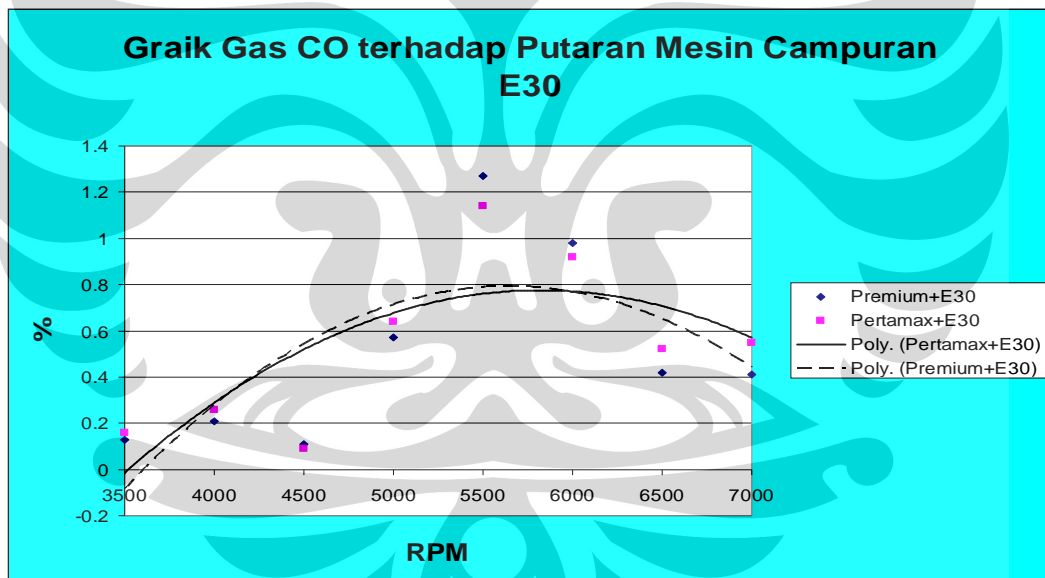
Gambar 4.20 CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamina dan Premium



Gambar 4.21 CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamina+E10 dan Premium+E10



Gambar 4.22 CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E20 dan Premium+E20

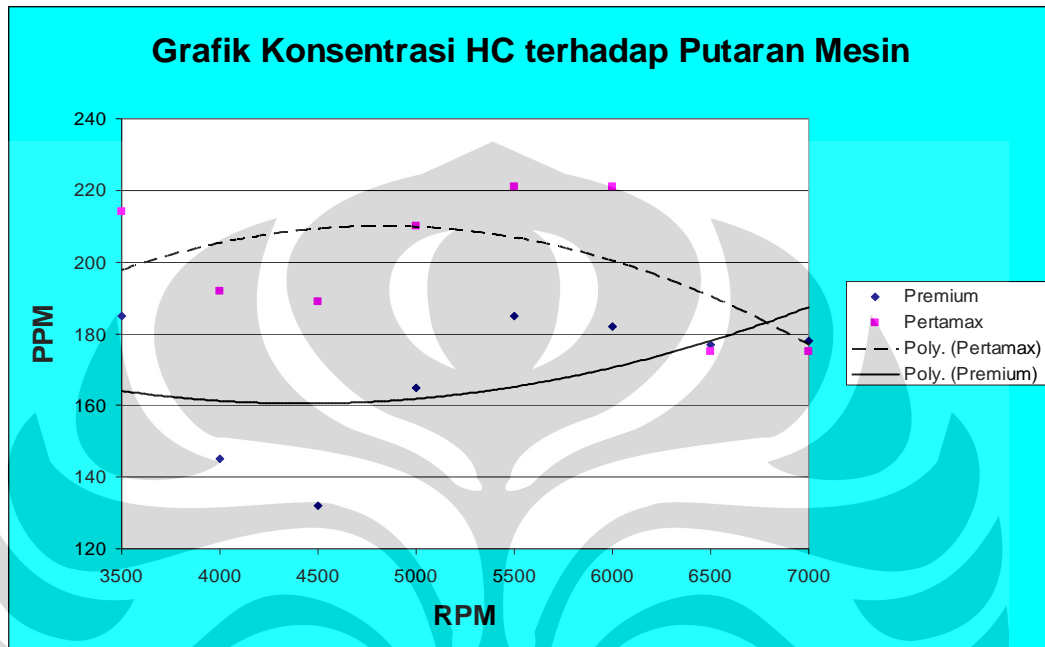


Gambar 4.23 CO pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax+E30 dan Premium+E30

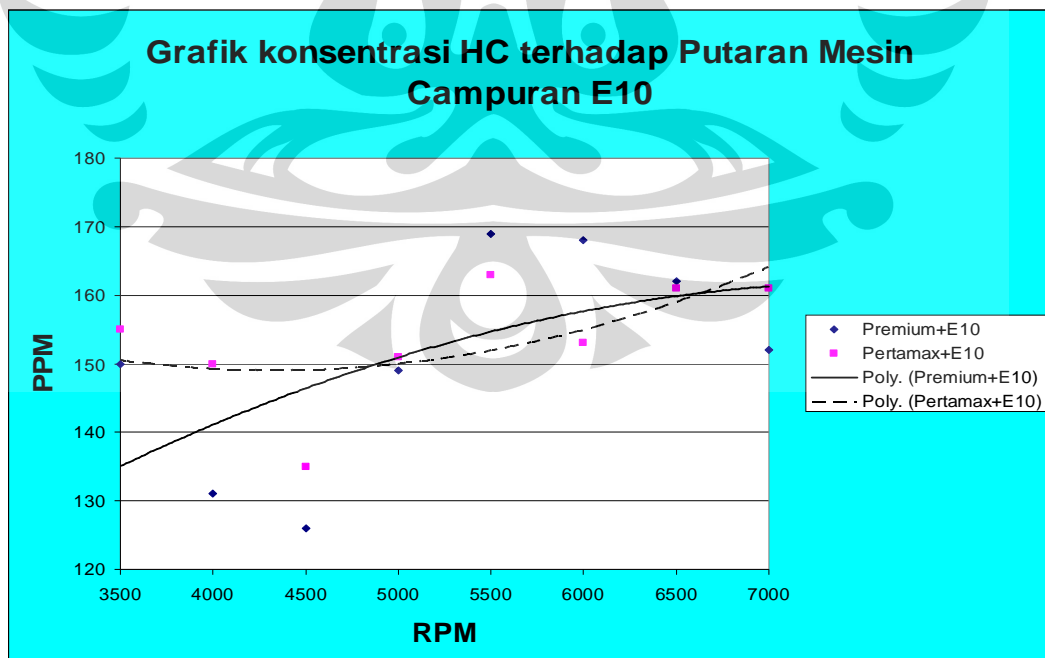
Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai CO mengalami penurunan pada campuran E10, E20 dan E30 baik premium maupun pertamax. Hampir tidak ada perbedaan yang significant hanya pada premium, keluaran CO lebih stabil karena pembakaran stabil sesuai dengan rasio kompresi yang dibutuhkan Premium.

4.6.2. Perbandingan Konsentrasi Emisi Hidrokarbon, HC antara Pertamina dan Premium

4.6.2.1. Perbandingan HC pada pengapian 10° BTDC antara Pertamina dan Premium

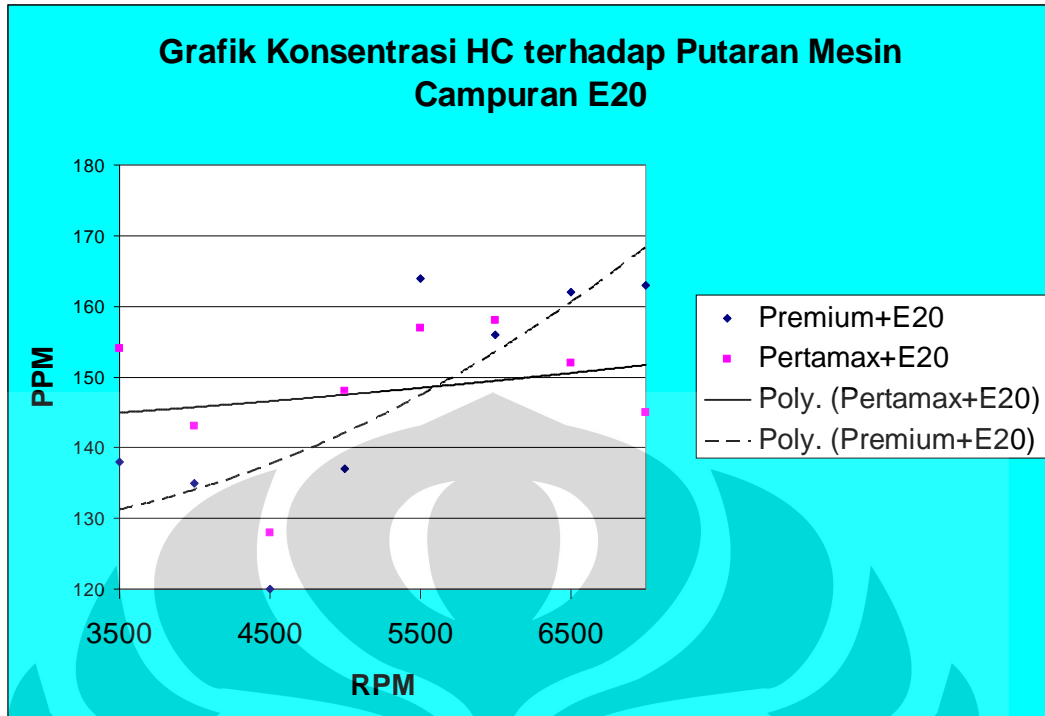


Gambar 4.24 HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamina dan Premium



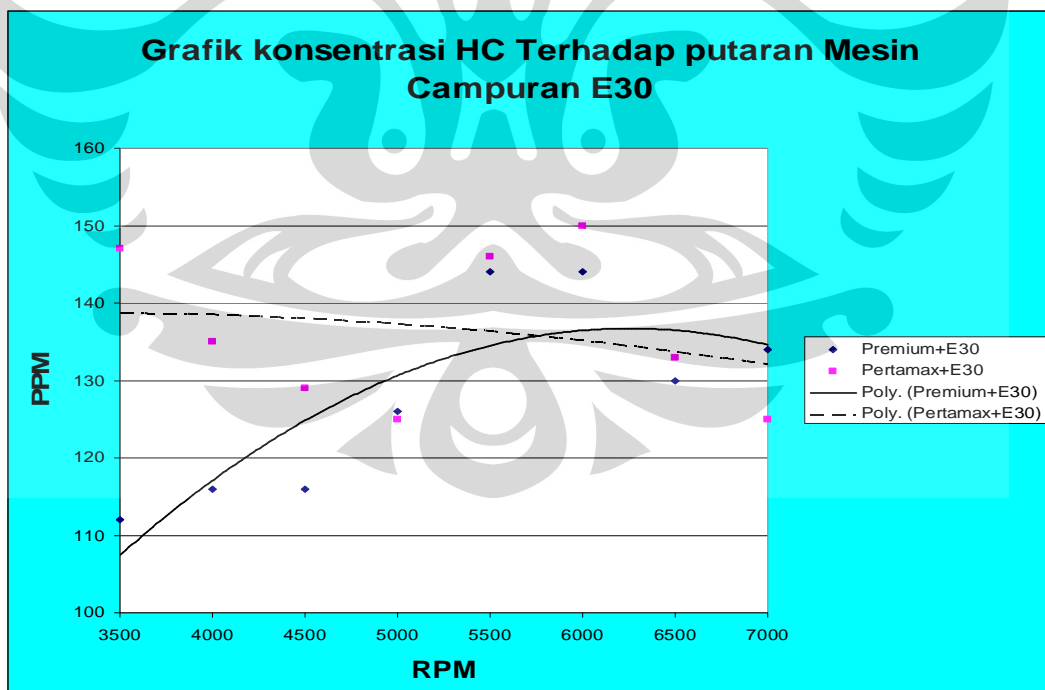
Gambar 4.25 HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

Pertamax+E10 dan Premium+E10



Gambar 4.26 HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

Pertamax+E20 dan Premium+E20



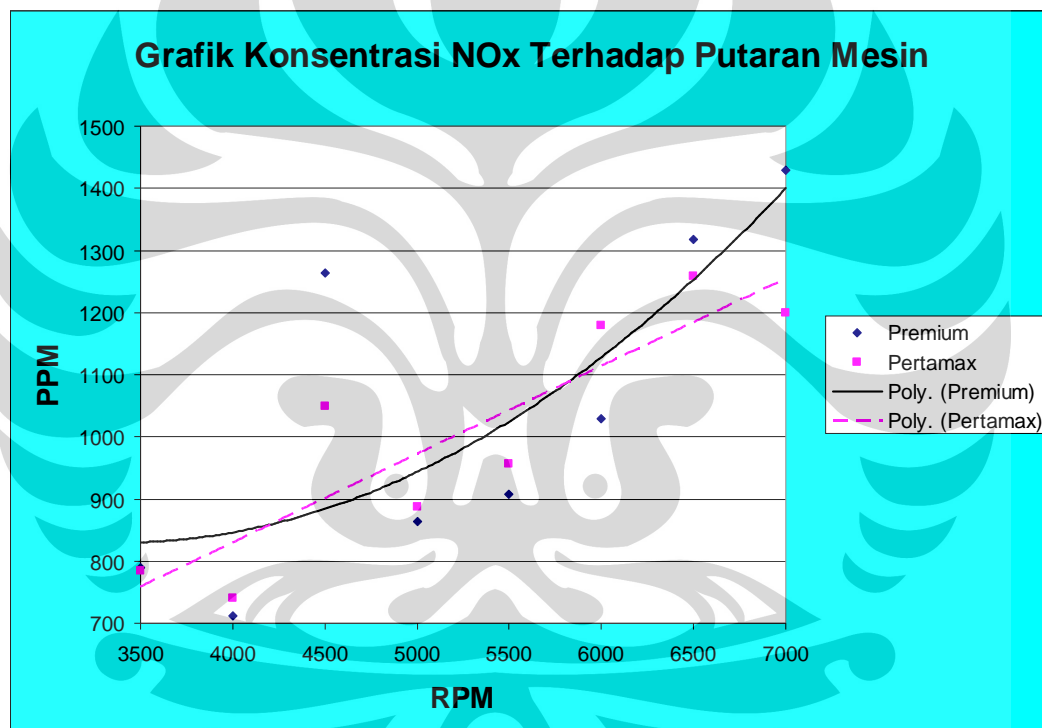
Gambar 4.27 HC pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

Pertamax+E30 dan Premium+E30

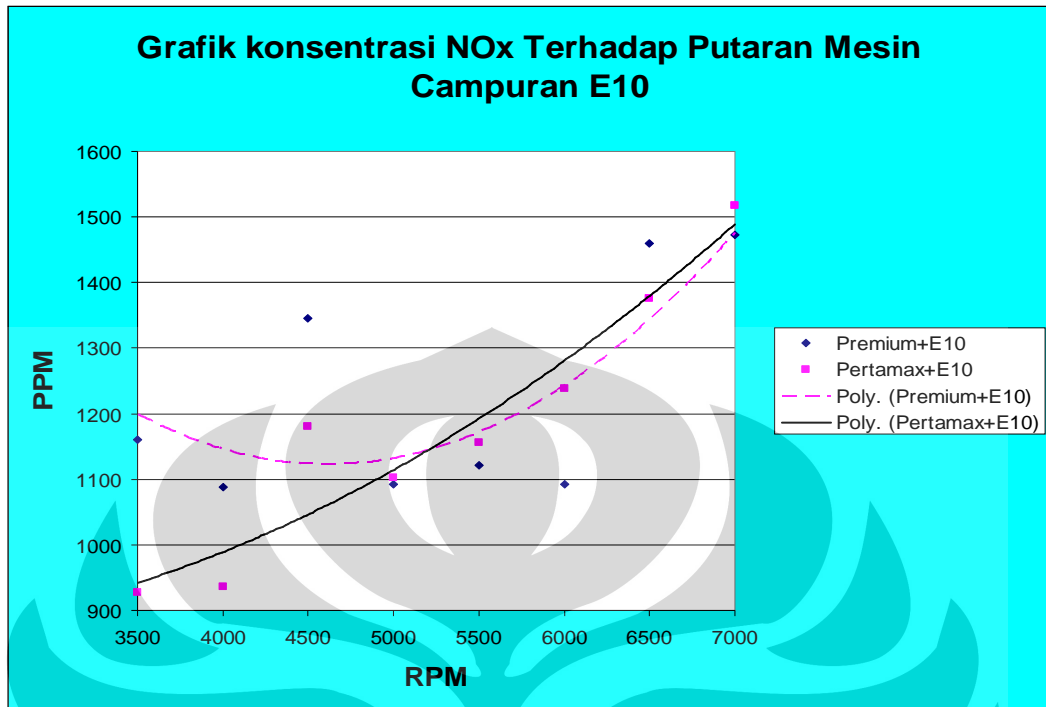
Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai HC mengalami penurunan pada campuran E10, E20 dan E30 baik premium maupun pertamax. Hampir tidak ada perbedaan yang significant hanya pada premium, keluaran HC lebih stabil karena pembakaran stabil sesuai dengan rasio kompresi yang dibutuhkan Premium.

4.6.3. Konsentrasi Emisi, NO_x antara Pertamax dan Premium

4.6.3.1. Perbandingan NO_x pada pengapian 10° BTDC antara Pertamax dan Premium

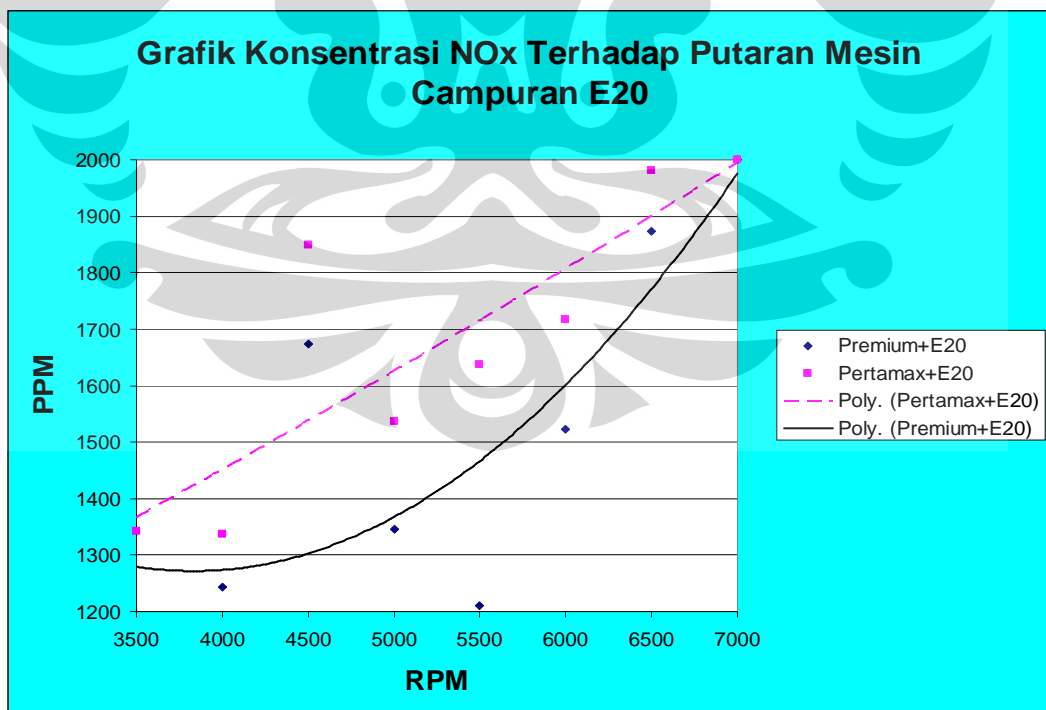


Gambar 4.28 NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC Pertamax dan Premium



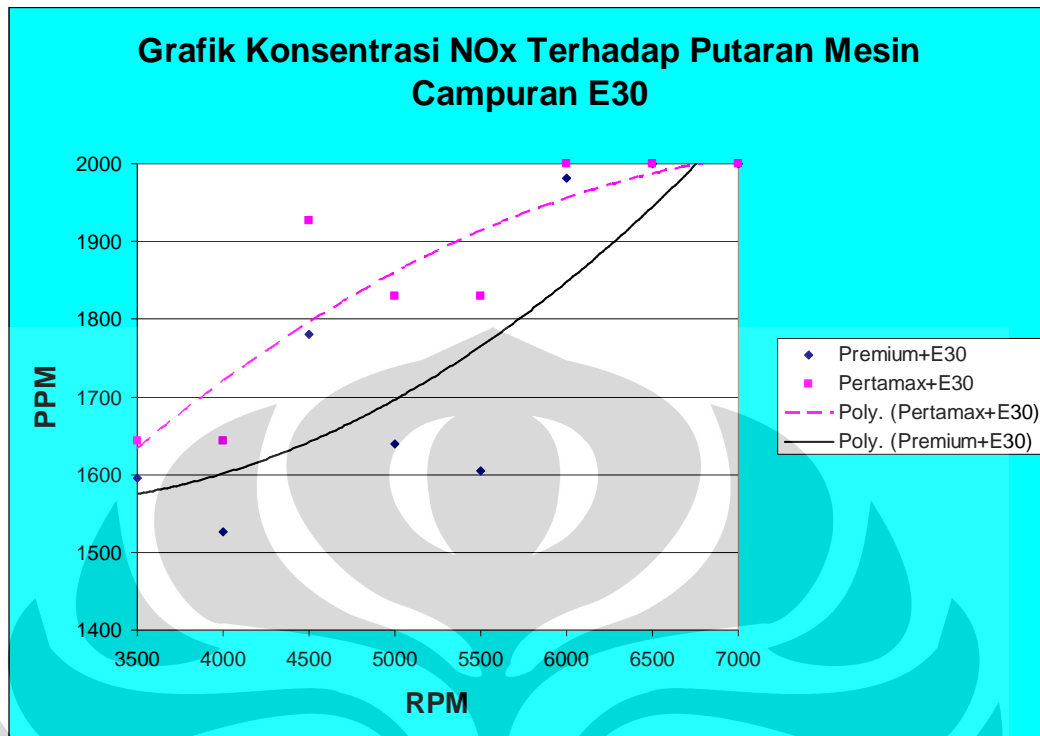
Gambar 4.29 NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

Pertamax+E10 dan Premium+E10



Gambar 4.30 NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

Pertamax+E20 dan Premium+E20



Gambar 4.31 NO_x pada variasi bahan bakar di pengapian 10° BTDC

Pertamax+E30 dan Premium+E30

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai NO_x lebih tinggi pada Pertamina dan campurannya. Hal ini menunjukkan panas yang tinggi pada ruang bakar sehingga terbentuk NO_x dari reaksi NO bahan bakar dan O₂ etanol. Pembakaran tidak sempurna yang terjadi akibat rasio kompresi yang tidak sesuai mengakibatkan Pertamina dan campurannya lebih polusif.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pengujian tentang pengaruh variasi waktu pengapian dan komposisi campuran *Pertamax-etanol* terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang untuk sepeda motor 4 tak 1 silinder injeksi 125 cc menghasilkan hal-hal sebagai berikut:

1. Penambahan campuran etanol dengan komposisi 10%, 20% dan 30 % kedalam bahan bakar bensin premium memberikan pengaruh terhadap sifat fisik/kimia .
2. Pada pengapian 10° BTDC daya yang dihasilkan cenderung sama untuk *Pertamax*, E10, E20 maupun E30. Jika dibandingkan dengan premium dan campurannya (E10, E20 dan E30) tidak ada perubahan yang significant karena rasio kompresi yang digunakan sama bahkan *pertamax* dan campurannya (E10, E20 dan E30) cenderung turun karena rasio kompresi yang seharusnya digunakan lebih besar ($\geq 10 : 1$).
3. Pada pengapian 10° BTDC konsumsi bahan bakar dan *Specific Fuel Consumption* (SFC) terbaik terjadi pada campuran *pertamax* 70 % dengan etanol 30 % dengan kecenderungan penurunan FC sebesar 7.4% dan SFC sebesar 7.1%. Jika dibandingkan dengan premium dan campurannya (E10, E20 dan E30) maka *Specific Fuel Consumption* (SFC) Premium lebih rendah hal ini juga disebabkan oleh rasio kompresi yang digunakan *pertamax* lebih rendah dari yang seharusnya.
4. Sedangkan efisiensi thermal maksimum terjadi pada campuran *pertamax* 70 % dan etanol 30%, untuk putaran 7000 rpm, dengan peningkatan sebesar 22.3%. Jika dibandingkan dengan Premium dan campurannya (E10, E20 dan E30) *Pertamax* dan campurannya (E10, E20 dan E30) lebih rendah karena pembakaran yang tidak sempurna akibat rasio kompresi yang lebih rendah.

5. Emisi Gas buang menunjukkan penurunan kadar CO (22% sampai 31%) dan HC (23% sampai 82%). Jika dibandingkan dengan Premium dan campurannya (E10, E20 dan E30) maka Pertamina dan campurannya (E10, E20 dan E30) lebih tinggi karena adanya pembakaran yang tidak sempurna yang disebabkan rasio kompresi yang rendah.
6. Emisi Gas buang menunjukkan kenaikan kadar NO_x (46% sampai 88%). Jika dibandingkan dengan Premium dan campurannya (E10, E20 dan E30) kadar NO_x Pertamina dan campurannya (E10, E20 dan E30) cenderung lebih tinggi karena pembakaran tidak sempurna pada ruang bakar.

5.2. Saran-Saran

Untuk memperoleh hasil yang optimum dan melanjutkan penelitian pada penelitian berikutnya ada beberapa hal yang perlu dicermati antara lain :

- ✓ Dalam pengambilan data, baik data unjuk kerja maupun konsentrasi gas buang harus diberi interval waktu yang cukup lama antara satu pengambilan dengan pengambilan yang lain karena pengambilan yang diambil secara kontinyu, sehingga pengambilan harus benar-benar steady.
- ✓ Dikarenakan mesin injeksi ada baiknya pengambilan data SFC dianjurkan menggunakan flow counter meter agar tingkat keakurasian pengukuran lebih terjamin karena penggunaan alat ukur lain akan memberikan ruang untuk terjadinya penguapan.
- ✓ Hasil pengujian ini masih belum dapat diaplikasikan pada penggunaan sehari-hari karena sifat Etanol yang korosif dan dapat merusak part yang terbuat dari karet pada mesin kendaraan bermotor.

DAFTAR REFERENSI

1. Sugiarto, Bambang. *Motor Pembakaran Dalam*. UI: Depok, 2002.
2. Willard W, Pulkrabek. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. university of Winconsin: Platteville, 2004.
3. Indartono, Yuli. ***Bioethanol, Alternatif Energi Terbarukan***. **Kobe University**
4. Cengel, Yunus A and boles, Michael A. *Thermodynamics: An engineering Approach*. The McGraw-Hill: New York, 2002.
5. Technical Service Division : “Sales Guide Supra X 125 PGM-FI” PT AHM, 2005
6. Handayani, Utami, Sri: ”Pemanfaatan Bioethanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin”.
<http://www.d3-ft.undip.ac.id?gematek?image/stories/gema_101.pdf>
7. <http://en.wikipedia/ethanol fuel>
8. Sugiarto, Bambang : ”Diktat Teknik pembakaran” UI, Depok, 1999
9. <http://www.astra-honda.com/product/>
10. <http://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol>
11. Surawijaya, Dody. *Pengaruh waktu pengapian terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang*. ITS: Surabaya, 2002
12. Charalampos, Arapatsakos I., Karkanis N. Anastasios, and Sparis D. Panagiotis. *ENVIRONMENTAL CONTRIBUTION OF GASOLINE ETHANOL MIXTURES*. Democritus University of Thrace, Mechanical Engineering Laboratory, V. Sofias 1 Xanthi, 67100-Greece
13. Nanlohy, Hendry Yoshua . *Aplikasi Biopetrol Etanol Dari Nira Kelapa Pada Spark Ignition Engine Satu Silinder (Studi Kasus Etanol Lokal)*. Seminar Nasional PPS VII.
14. Thummadetsak, Thummarat. *E10, E20, E30 ; Effects on Tail pipe Emissions, Vehicle Performance and Hot Weather Drivability*. 6'th Asian Petroleum Technology Symposium. Cebu : Philippines. Jan 29-31,2008

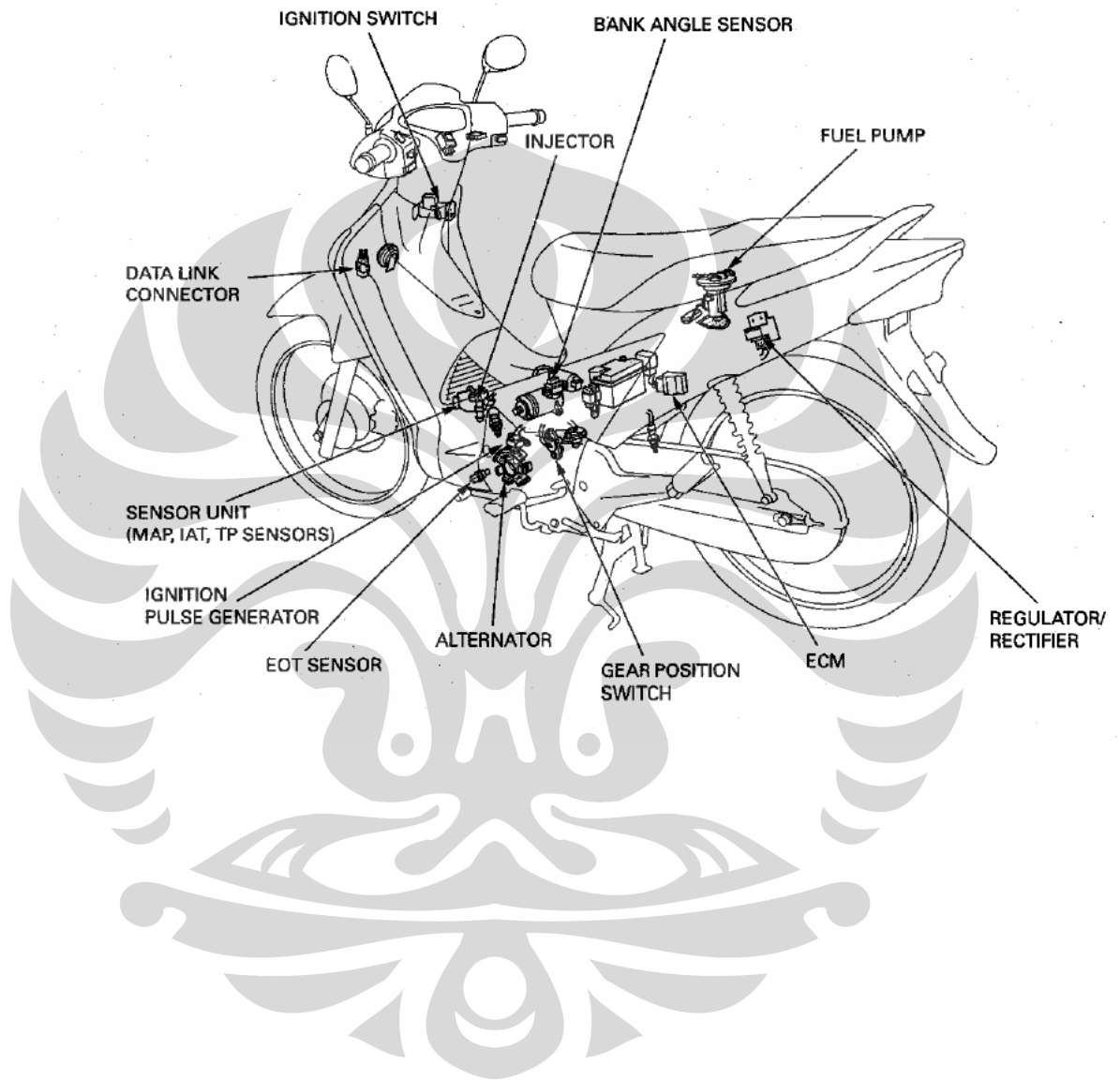
LAMPIRAN 1

PGM-FI
FUEL INJECTION

Specification

Panjang x lebar x tinggi	1.881 x 706 x 1.081,5 mm.
Jarak sumbu roda	1.239 mm.
Jarak terendah ke tanah	130 mm.
Berat kosong	105.6 kg (tipe CW) 105.7 kg (tipe spoke)
Tipe rangka	Tulang punggung
Tipe suspensi depan	Teleskopik
Tipe suspensi belakang	Lengan ayun dengan pegas ganda
Ukuran ban depan	70/90 – 17 M/C 38P
Ukuran ban belakang	80/90 – 17 M/C 44P
Tipe Velg	Cast wheel Aluminium Alloy (tipe CW) Spoke / Jari-jari (tipe Spoke)
Rem Depan	Cakram Hidrolik dengan piston ganda
Rem Belakang	Tromol
Kapasitas tangki bahan bakar	3,7 liter.
Sistem bahan bakar	Fuel Injection (PGM-FI)
Tipe mesin	4 langkah, SOHC, pendinginan.
Diameter x langkah	52,4 x 57,9 mm.
Volumen langkah	124,8 cc.
Perbandingan kompresi	9,0 : 1
Daya maksimum	9,18 PS/ 7.500 rpm.
Torsi maksimum	0,99 kgf.m/ 5.000 rpm.
Kapasitas minyak pelumas mesin	0,7 liter pada penggantian periodik.
Kopling	Ganda, otomatis, sentrifugal, tipe basah.
Gigi transmisi	4 kecepatan rotari / bertautan tetap.
Pola pengoperan gigi	N-1-2-3-4-N
Starter	Pedal dan elektrik.
Aki	MF 12 V – 3,5 Ah.
Busi	ND U20EPR9 / NGK CPR6EA-9
Sistem pengapian	Full transistorized

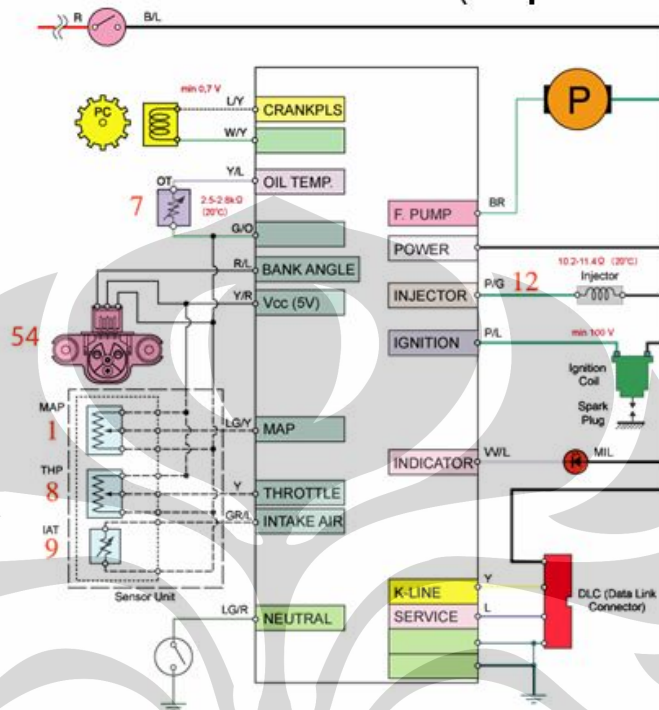
PGM-FI SYSTEM LOCATION



Electronic Control System



Engine Control Module (Inputs / outputs)

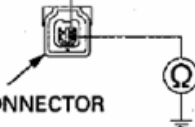


Disconnect the ECM 33P connector.
 Check for continuity between the injector connector and ECM connector at the wire harness side.
 Check for no continuity between the injector 2P connector at the wire harness side and ground.

ECM 33P CONNECTOR



INJECTOR 2P CONNECTOR

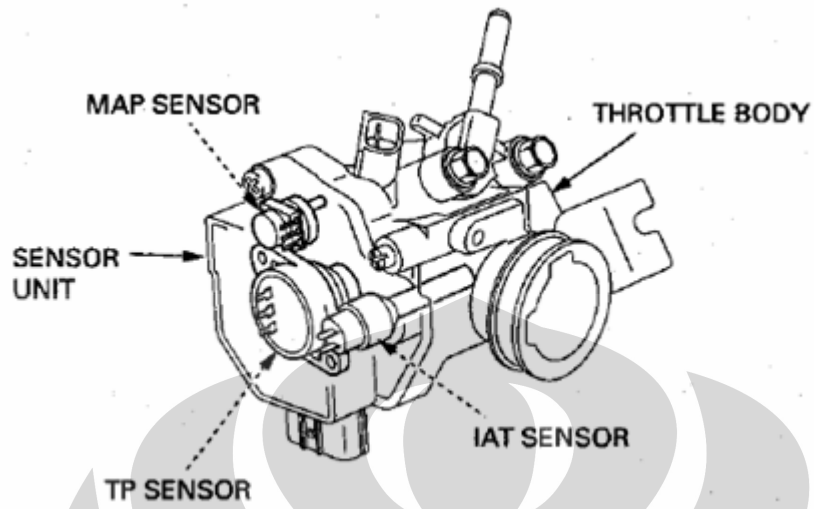


CONNECTION: Pink/Green – Pink/Green
 STANDARD: Continuity
 CONNECTION: Pink/Green – Ground
 STANDARD: No continuity

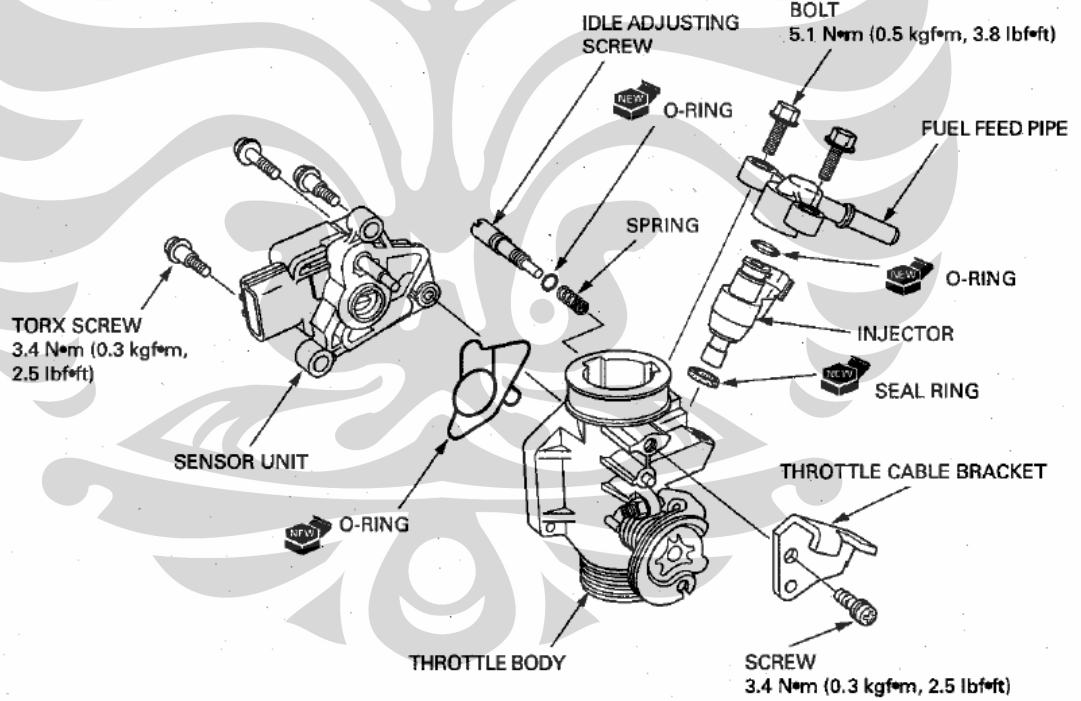


ECU (Electronic-control unit)

THROTTLE BODY ASSY



ASSEMBLY



4 Composition part explanation(fuel supply system)

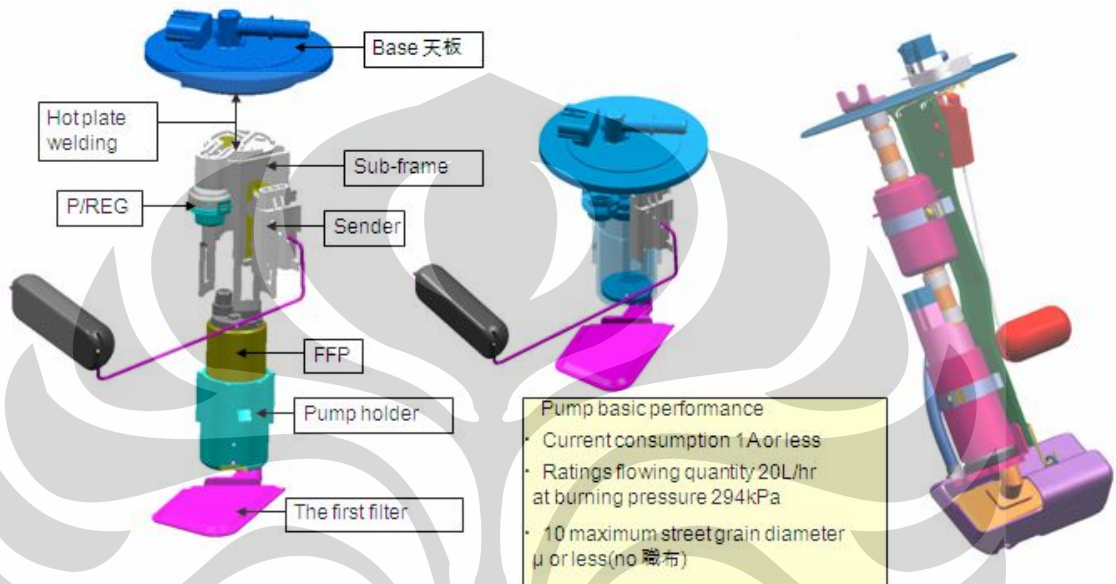
⊗ Fuel pump module(Fuel Pump Module)

Fuel supply

Thing to modulate fuel pump, pressure regulator, and efficient fuel filter:

Small FI (GEVJ· KSV A· GEZM)

Large-scale two wheel(MCT· MEF another)



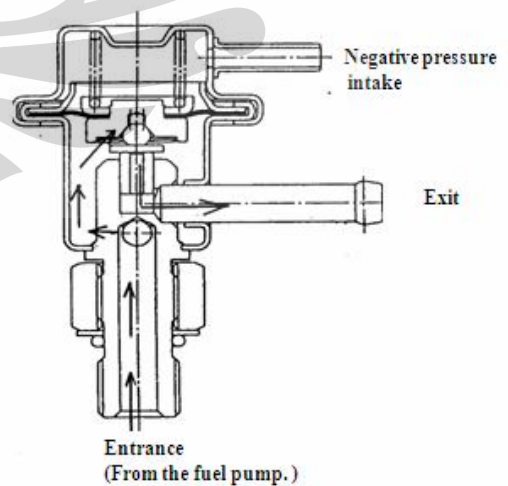
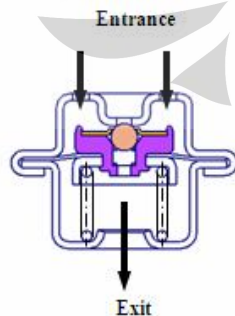
⑪ Pressure regulator

Device to maintain fuel pressure of fuel supplied to injector to stable. The load and the fuel pressure adjustment spring which the diaphragm receives do the balance and fuel pressure is made constant.

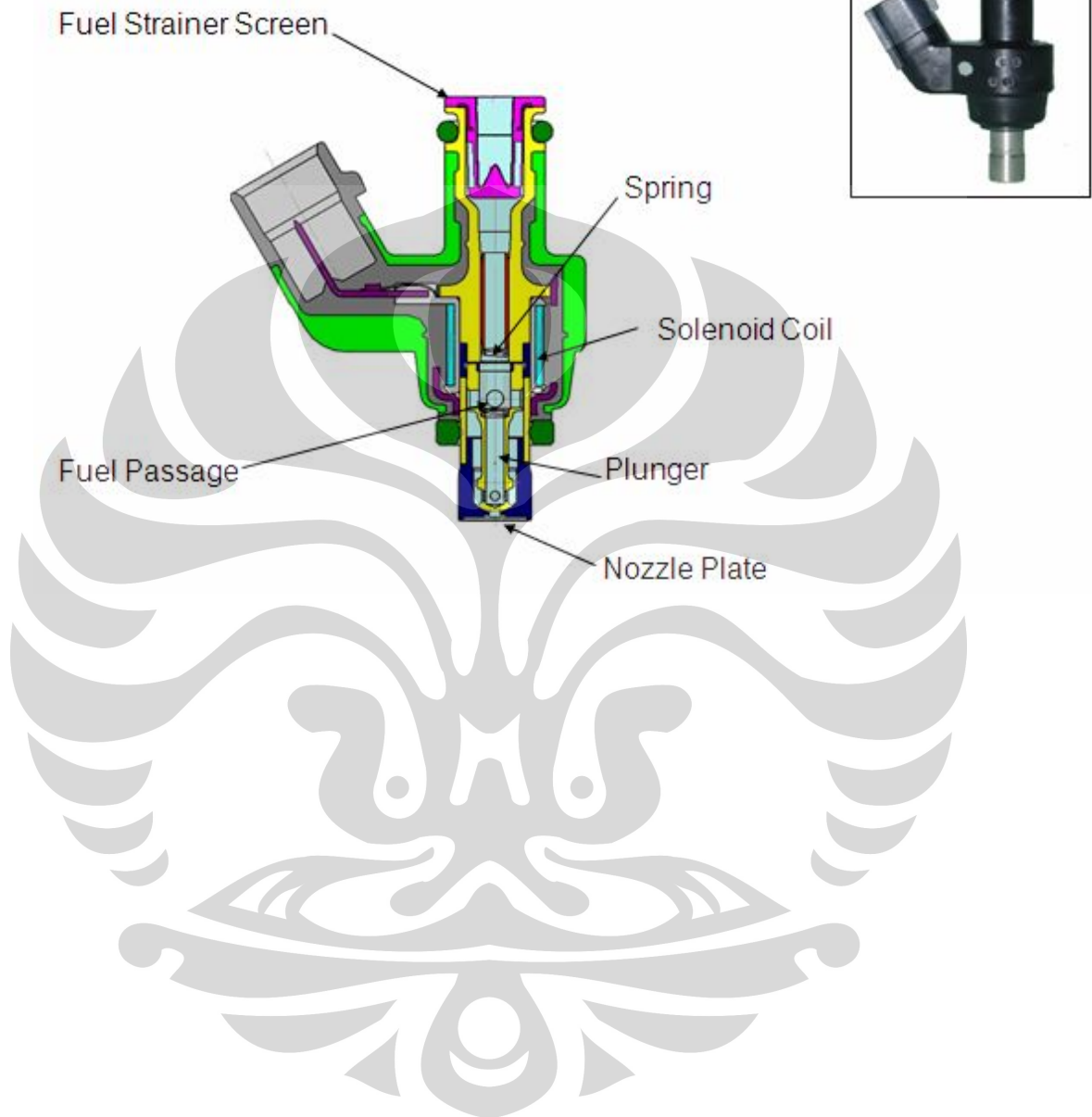
Small FI (GEVJ· KSV A· GEZM)

Large-scale two wheel(MCT· MEF another)

The small pressure regulator is adopted. builds in the pump module.



Fuel Injector



LAMPIRAN 7

Bahan Bakar : Pertamax

Tanggal : 14 Desember 2008

Waktu pengapian : 10° BTDC

No	Putaran (rpm)	Daya (HP)	Konsumsi BB/ 10mL (s)	CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	HC (ppm)	NOx (ppm)	λ (Lamda)
1	3500	3.35	64	1.93	6.4	10	214	785	1.701
2	4000	4.1	58	2.29	6.7	9.3	192	741	1.589
3	4500	4.75	51	1.75	7.4	8.7	189	1049	1.531
4	5000	5.3	41	2.85	7.9	7.2	210	888	1.334
5	5500	6	36	3.27	8.4	6.2	221	956	1.239
6	6000	6.6	32	3.48	9.1	5	221	1180	1.142
7	6500	6.95	28	3.25	9.9	3.72	175	1259	1.083
8	7000	7.0	25	3.78	10.3	2.67	175	1200	1.002

Tanggal : 14 Desember 2008

Bahan Bakar : E10 (90% Pertamax + 10% etanol)

Waktu pengapian : 10° BTDC

No	Putaran (rpm)	Daya (HP)	Konsumsi BB /10mL (s)	CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	HC (ppm)	NOx (ppm)	λ (Lamda)
1	3500	3.25	54	1.41	6.7	10	155	927	1.789
2	4000	4	52	1.59	6.9	9.4	150	936	1.669
3	4500	4.75	48	1.25	7.6	8.7	135	1180	1.613
4	5000	5.3	40	2.03	8	7.4	151	1102	1.4
5	5500	6.05	36	2.33	8.5	6.5	163	1156	1.311
6	6000	6.7	30	2.76	9.2	5.2	153	1239	1.177
7	6500	7.1	28	3.07	9.6	4.2	161	1376	1.108
8	7000	7.2	25	3.13	10.5	3.04	161	1517	1.044

Tanggal : 14 Desember 2008

Bahan Bakar : E20 (80% Pertamax + 20% etanol)

Waktu pengapian : 10° BTDC

No	Putaran (rpm)	Daya (HP)	Konsumsi BB / 10mL (s)	CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	HC (ppm)	NOx (ppm)	λ (Lamda)
1	3500	3.35	57	0.68	6.7	10.4	154	1342	1.917
2	4000	4.15	52	0.97	7.1	9.6	143	1337	1.758
3	4500	4.8	49	0.39	8.2	8.6	128	1849	1.675
4	5000	5.35	41	1.45	8.4	7	148	1537	1.446
5	5500	6.05	37	1.56	9	6.4	157	1637	1.352
6	6000	6.65	34	1.3	9.7	5.5	158	1717	1.29
7	6500	7.05	31	1.11	10.8	4.3	152	1981	1.193
8	7000	7.2	27	1.45	11.3	3.32	145	2000	1.123

LAMPIRAN 7 (LANJUTAN)

Bahan Bakar : E30 (70% Pertamina + 30% etanol)

Tanggal : 14 Desember 2008

Waktu pengapian : 10° BTDC

No	Putaran (rpm)	Daya (HP)	Konsumsi BB / 10mL (s)	CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	HC (ppm)	NOx (ppm)	λ (Lamda)
1	3500	3.3	64	0.16	7.1	10.2	147	1644	1.948
2	4000	4.2	59	0.26	7.5	9.6	135	1644	1.829
3	4500	4.8	55	0.09	8.2	8.8	129	1927	1.764
4	5000	5.3	45	0.64	8.8	7.4	125	1830	1.513
5	5500	6	39	1.14	9.4	6.2	146	1830	1.355
6	6000	6.55	35	0.92	10	5.5	150	2000	1.31
7	6500	6.95	31	0.52	11	4.4	133	2000	1.193
8	7000	7.1	28	0.55	11.8	3.39	125	2000	1.165



LAMPIRAN 8



Dyno Dynamics - AWD450DS Chassis

Dynamometer

- Rear wheel drive
- Front wheel drive
- 4WD/AWD cars, recreational vehicles (with selectable single axle drive)
- 2WD/4WD race cars
- Sport utility vehicles
- Light commercial vehicles
- Motorcycles (with optional adapter)
- Front wheel drive
- Rear wheel drive
- All wheel drive
- Locked Front:Rear AWD
- Full time AWD
- Viscous coupled AWD
- Intelligent european AWD (Volvo dog clutch)
- Variable ratio Front:rear

Maximum vehicle weight 4,500 kg (9,900 lb) Maximum axle weight (per axle) 2,250 kg (4,450 lb)

Minimum wheelbase 2,250 mm (89") Maximum wheelbase 3,500 mm (138")