

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN PEMULA**



**IDENTIFIKASI PENYESUAIAN MINOR MESIN PENGGUNAAN
BAHAN BAKAR ETANOL-PREMIUM KADAR RENDAH PADA
SPARK IGNITION (SI) ENGINE**

Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun

Ketua Tim Peneliti

Budi Waluyo, ST., MT.

NIDN 0627057701

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
NOPEMBER 2014**

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN PEMULA**



**IDENTIFIKASI PENYESUAIAN MINOR MESIN PENGGUNAAN
BAHAN BAKAR ETANOL-PREMIUM KADAR RENDAH PADA
SPARK IGNITION (SI) ENGINE**

Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun

Ketua Tim Peneliti

Budi Waluyo, ST., MT.

NIDN 0627057701

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
NOPEMBER 2014**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : IDENTIFIKASI PENYESUAIAN MINOR MESIN PENGGUNAAN
CAMPURAN BAHAN BAKAR ETANOL-PREMIUM KADAR
RENDAH PADA SPARK IGNITION (SI) ENGINE

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : BUDI WALUYO S.T., M.T.
NIDN : 0627057701
Jabatan Fungsional :
Program Studi : Mesin Otomotif
Nomor HP : 085228255548
Surel (e-mail) : otobudy@yahoo.com

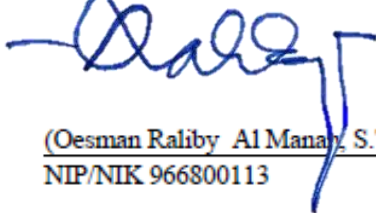
Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : SAIFUDIN ST., M.Eng.
NIDN : 0615067401
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Magelang

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 15.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp. 17.000.000,00

Mengetahui
Dekan



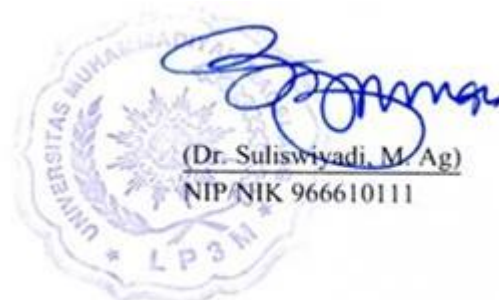
(Oesman Raliby Al Manaf, S.T., M.Eng.)
NIP/NIK 966800113

Magelang, 29 - 11 - 2014,
Ketua Peneliti,



(BUDI WALUYO S.T., M.T.)
NIP/NIK
NIP/NIK067706026

Menyetujui,
Ketua LP3M



(Dr. Suliswiyadi, M. Ag)
NIP/NIK 966610111

RINGKASAN

Start awal yang sulit dan menurunnya performansi mesin pada penggunaan etanol-premium dikarenakan perubahan *Reid Vapor Pressure* (RVP) bahan bakar dan kandungan energi yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan premium murni. Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakter penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah pada SI engine.

Mode pengujian *Injection flow Test* selama 15 second dipilih untuk mengetahui bentuk semprotan bahan bakar dan perubahan volume injeksinya pada berbagai konsisi campuran dan tekanan kerjanya. Kondisi campuran etanol-premium yang menjadi objek penelitian adalah 5%, 10%, 15% dan 20%. Tekanan kerja dibawah standar, standar dan diatas standar diset untuk menentukan kecenderungan arah penyesuaian tekanan kerja yang dibutuhkan dalam penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah pada SI engine. Temperatur awal mesin diset pada 25 °C, 35 °C, dan 45 °C mengetahui penyesuaian temperatur yang dilakukan supaya start awal penggunaan campuran etanol-premium dilakukan dengan mudah. Uji performansi engine dengan menggunakan *Engine Test Bench* dilakukan untuk mengetahui perubahan torsi dan daya pada penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa penambahan kadar etanol pada premium akan berkorelasi positif terhadap konsumsi bahan bakar. Start awal penggunaan campuran etanol-premium kurang dari 10 % tidak menunjukkan gejala kesulitan start awal. Penggunaan campuran 15 % kesulitan start awal sampai pada temperatur engine 25° C, dan penggunaan campuran 20% kesulitan start awal sampai temperatur 30°C. Hasil pengujian performansi menunjukkan bahwa, performa mesin penggunaan campuran etanol premium kadar rendah, cenderung mengalami penurunan khususnya pada campuran etanol 10 %, akan tetapi performa mesin cenderung naik sejalan dengan meningkatnya kadar etanol.

Kata Kunci: Campuran etanol-premium, konsumsi bahan bakar, start awal dan performansi.

PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT, dengan limpahan rahmat dan karunia-Nya kami dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Identifikasi Penyesuaian Minor Mesin Penggunaan Bahan Bakar Etanol-Premium Kadar Rendah pada *Spark Ignition (SI) Engine*”. Tidak lupa kami mengucapkan pada pihak-pihak yang telah berperan dalam mendukung keberhasilan penelitian ini diantaranya :

1. Rektor Universitas Muhammadiyah Magelang
2. Ketua LP3M Universitas Muhammadiyah Magelang
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang
4. Ketua Program Studi Mesin Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang.
5. Kepala Laboratorium Mesin Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang atas dukungannya dalam pengambilan data penelitian.
6. Ketua BP Training Center Universitas Diponegoro Semarang atas ijinnya kami melakukan pengujian performa mesin.
7. Istri dan anak – anakku tercinta.

Tiada gading yang tak retak, masukan dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak yang terkait.

DAFTAR ISI

HALAMAN Sampul	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
3.1. Lingkup Permasalahan	1
3.2. Perumusan Masalah.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Tinjauan Pustaka Primer	3
2.2. Tinjauan Pustaka Skunder	4
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	7
3.1. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	7
3.2. Manfaat Penelitian terhadap ilmu pengetahuan	7
BAB 4. METODE PENELITIAN.	8
4.1. Alat dan Bahan	9
4.2.1. Alat.....	9
4.2.2. Spesifikasi Mesin Uji	9
4.2.3. Bahan.....	9
4.2. Metode Penelitian.....	10
4.2.4. Pengujian bentuk pengkabutan dengan variasi tekanan bahan bakar .	10
3.2.1. Pengujian temperatur awal menghidupkan menghidupkan mesin.....	11
3.2.2. Pengujian unjuk kerja mesin	11
3.1. Pembahasan Hasil Pengujian.....	12
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	13
5.1. Hasil Pengujian Bentuk Pengkabutan (<i>Spray Pattern</i>)	13
5.2. Hasil Pengujian Kemudahan Start Awal	15
5.3. Hasil Pengujian Performansi Mesin	16

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	19
7.1. Kesimpulan.....	19
7.2. Saran.....	19
DAFTAR PUSTAKA	20

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Properties <i>Blue Silica Gel</i>	5
Tabel 2-2. Properties kualitatif etanol	5
Tabel 2-3. Perbandingan sifat kimia etanol dan premium	6
Tabel 4-1. Peralatan Penelitian	9
Tabel 4-2. Spesifikasi mesin uji	9
Tabel 4-3. Bahan Penelitian	10
Tabel 4-4. Desain pengujian bentuk pengkabutan	10
Tabel 4-5. Desain pengujian temperatur awal menghidupkan mesin	11
Tabel 4-6. Desain pengujian unjuk kerja mesin	12
Tabel 5-1. Volume total penginjeksian berbagai campuran dan tekanan kerjanya	13
Tabel 5-3. Hasil pengujian kemudahan start awal mesin berbagai bahan bakar	16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4-1. Digram alir penelitian	8
Gambar 4-2. Skema pengujian bentuk semprotan	11
Gambar 5-1. Grafik volume penginjeksian berbagai campuran dan tekanan injeksi	14
Gambar 5-2. Bentuk semprotan berbagai campuran pda tekanan 3 Bar	15
Gambar 5-3. Bentuk semprotan berbagai campuran pada tekanan 2 Bar	15
Gambar 5-4. Bentuk semprotan berbagai campuran pada tekanan 4 Bar	15
Gambar 5-5. Kurva torsi mesin berbagai campuran etanol-premium	17
Gambar 5-6. Kurva daya mesin berbagai campuran etanol -premium	18
Gambar 5-7 Kurva daya mesin berbagai campuran etanol-premium kadar rendah	18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian Bentuk Pengkabutan (<i>Spray Pattern</i>) Premium Standar	21
Lampiran 2. Pengujian Bentuk Pengkabutan (<i>Spray Pattern</i>) E-05	22
Lampiran 3. Pengujian Bentuk Pengkabutan (<i>Spray Pattern</i>) E-10	24
Lampiran 4. Pengujian Bentuk Pengkabutan (<i>Spray Pattern</i>) E-15	26
Lampiran 5. Pengujian Bentuk Pengkabutan (<i>Spray Pattern</i>) E-20	14
Lampiran 6. Pengujian Temperatur Awal Kemudahan Start Awal E-05	16
Lampiran 7. Pengujian Temperatur Kemudahan Start Awal E-10	17
Lampiran 8. Pengujian Temperatur Kemudahan Start Awal E-15	18
Lampiran 9. Pengujian Temperatur Kemudahan Start Awal E-20	14
Lampiran 10. Hasil Pengujian Engine Performance Premium Murni	14
Lampiran 11. Hasil pengujian engine performance (E-05)	15
Lampiran 12. Hasil Pengujian Engine Performance (E-10)	16
Lampiran 13. Hasil Pengujian Engine Performance (E-15)	17
Lampiran 14. Hasil Pengujian Engine Performance (E-20)	18
Lampiran 15. Biodata Peneliti	14
Lampiran 16. Publikasi Ilmiah.	15

BAB 1. PENDAHULUAN

3.1. Lingkup Permasalahan

Sampai tahun 2011, populasi jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sebesar lebih dari 85 juta kendaraan (www.bps.go.id, 2011). Jumlah populasi kendaraan tersebut jelas berimplikasi terhadap kebutuhan konsumsi bahan bakar. Semakin menipisnya cadangan minyak bumi dunia dan juga efek pemanasan global (*global warming effect*), mengakibatkan semakin ketatnya regulasi tentang konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada kendaraan. Carbon dioksida (CO₂) sebagai salah satu hasil dari pembakaran, memberikan kontribusi sekitar 61 percent efek pemanasan global (Quaschnig, 2005). Sebuah langkah penting dalam upaya untuk memecahkan masalah tersebut adalah dengan mengganti sumber energi fosil dengan bioenergi. Pemerintah Indonesia melalui keputusan presiden no. 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi mix nasional menargetkan penggunaan biofuel pada tahun 2025 sebesar 5%.

Etanol telah digunakan pada motor bakar torak sejak awal penemuan motor Otto (Setiyawan, 2012). Sejak tahun 2006 telah terjadi peningkatan besar dalam penggunaan etanol di AS (James W. Weaver, 2009). Etanol merupakan sumber energi terbarukan, yang bisa dibuat dari biji-bijian, seperti jagung, gandum, atau dari sumber selulosa lain, baik dari sektor pertanian, kehutanan, atau limbah kota (Energy, 2013). Etanol dapat digunakan pada jenis mesin premium (*SI Engine*) tanpa melakukan perubahan besar, Etanol Merupakan sumber energi yang ramah lingkungan karena dapat terurai di alam (*Biodegradable*), serta tidak beracun dan tidak mengandung sulfur dan aromatic (Newsletter, 2008).

Permasalahan pertama yang muncul ketika mencampur etanol dan premium adalah akan terjadi peningkatan RVP (*Reid Vapor Pressure*) bahan bakar campuran melampaui standar RVP Premium (Egeböck, 2005). Permasalahan kedua adalah kesulitan start awal mesin khususnya ketika pada kondisi lingkungan yang dingin.

Permasalahan yang ketiga adalah etanol mempunyai nilai energi yang lebih rendah dari premium.

3.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Seberapa pengaruh bentuk pengkabutan pada injektor pada berbagai kondisi campuran etanol-premium (E5, E10, E15 dan E20) pada berbagai tekanan kerja.
- b. Bagaimana penyesuaian temperatur kerja awal mesin pada penggunaan campuran etanol-premium (E5, E10, E15 dan E20).
- c. Bagaimana perubahan performa mesin pada penggunaan campuran etanol-premium (E5, E10, E15 dan E20).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Primer

Penelitian tentang kajian eksperimental pengaruh etanol pada premium terhadap karakteristik pembakaran kondisi atmosferik dan bertekanan di motor otto silinder tunggal sistem injeksi dilakukan Atok Setiyawan, 2012. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa penambahan etanol pada premium untuk aplikasi motor Otto menunjukkan efek negatif berupa meningkatnya konsumsi bahan bakar dan efisiensi termal tetapi berdampak positif terhadap penurunan emisi gas buang (Setiyawan, 2012).

Penelitian tentang pengaruh penambahan bioethanol dalam premium terhadap emisi gas formaldehid dilakukan oleh Lestari dan Irsyad, 2010. Penelitian dilakukan dengan memvarisaikan putaran mesin dan prosentasi alkohol pada premium. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa konsentrasi formaldehid pada gas buang menurun sebanding penambahan prosentase etanol dan meningkat sejalan dengan putaran mesin (Irsyat, 2010).

Penelitian tentang pengaruh penggunaan campuran premium etanol kadar rendah terhadap kinerja dan emisi karakteristik *SI Engine* silinder tunggal dilakukan oleh V. S. Kumbhar, dkk (2012). Hasil penelitian menunjukkan kadar etanol akan meningkatkan daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan tekanan efektif rata-ratanya serta emisi CO₂, sedangkan emisi HC dan CO menurun (V. S. KUMBHAR, 2012).

Penelitian tentang kondisi start dingin menggunakan campuran etanol-premium dilakukan oleh Rong-Horng Chen dkk (2011). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penambahan kadar etanol yang semakin banyak akan mengakibatkan kondisi campuran bahan bakar dan udara yang semakin kurus dan berpengaruh terhadap nilai RVP (*Reid Vapor Value*). dari hasil penelitiannya juga disampaikan bahwa konsentrasi campuran etanol-premium terbaik untuk start dingin adalah antara 20% sampai 30% (Rong-Horng Chen, 2011).

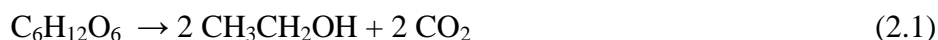
Optimasi setingan mesin penggunaan gasohol E15 dengan menggunakan metode taguchi untuk menghasilkan emisi HC dan CO yang rendah dilakukan oleh

Budi dan Saifudin (2012). Setingan waktu pengapian, celah katup dan tinggi pelampung divariasikan untuk mendapatkan emisi HC dan CO Yang rendah. Metode taguchi dengan orthogonal array L9 digunakan dalam penelitiannya. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa setingan celah katup mempunyai kontribusi yang paling besar dalam mempengaruhi respon emisi HC dan CO (Budi Waluyo, 2012).

2.2. Tinjauan Pustaka Skunder

2.1.1. Karakteristik ethanol

Etanol adalah merupakan cairan mudah terbakar, tidak berwarna dengan bau menyengat khas alkohol. Warna campuran etanol-premium tergantung dari warna premium dasar premium yang dicampurkan. Etanol, CH₃CH₂OH, adalah golongan alkohol, yang merupakan senyawa kimia dengan molekul yang mengandung gugus hidroksil,-OH, yang terikat pada atom karbon (Shakhashiri, 2009). Etanol telah dibuat sejak zaman kuno dengan memfermentasikan gula. Reaksi fermentasi pembentukan etanol seperti pada persamaan berikut (Shakhashiri, 2009):



Dalam kenyataannya reaksi fermentasi yang terjadi menghasilkan hasil reaksi yang lebih kompleks, termasuk gliserin dan asam organik yang lain (Shakhashiri, 2009). Etanol yang dihasilkan dengan proses fermentasi hanya menghasilkan beberapa persen sampai sekitar 14 persen. Pada saat hasil fermentasi sekitar 14 persen, etanol akan menghancurkan enzim zymase dan fermentasi akan berhenti (Shakhashiri, 2009). Konsentrasi kadar etanol hasil destilasi menghasilkan etanol 96 % dan uap air 4%. Etanol ini sering disebut sebagai *Commercial Ethanol*. Jadi etanol murni (*unhydrous ethanol*), tidak mungkin dihasilkan dari proses destilasi (Shakhashiri, 2009).

Anhydrous Ethanol memiliki kandungan etanol 99,5 % dan air 0,5%. *Anhydrous Ethanol* dibuat dengan cara mengabsorpsi kandungan air yang ada pada commercial ethanol dengan bahan absorber. Bahan absorber yang biasa digunakan adalah *silica gel*, sehingga menghasilkan konsentrasi etanol 99,5% v/v (Hlaing, 2007). Properties dari *blue silica gel* disajikan pada Tabel 2.1 berikut (Hlaing, 2007):

Tabel 2-1. Properties *Blue Silica Gel*

Apparent or bulk density, g/cm ³	0.1 – 0.8
Specific gravity	2.1 – 2.3
Average porosity, %	50 – 65
Specific surface, cm ² /g	2x10 ⁶ – 7x10 ⁶
Average pore diameter, cm	4x10 ⁻⁷
Pore volume, cm ³ /g	0.43
Commercial gas velocity, cm/min	0.82 – 3.28
Weight adsorption of water at break point, %	10 – 20
Weight of water at saturation, %	40

Properties dari etanol secara kualitatif disajikan pada Tabel 2.1 berikut (Energy, 2013):

Tabel 2-2. Properties kualitatif etanol

Properties	Keterangan
Densitas Uap	Lebih padat dari pada udara dan cenderung untuk menetap di daerah rendah.
Kelarutan dg air	Bersifat sangat hidroskopis (mengikat air)
Nilai energi	Dengan basis volume, nilai energi etanol 30% lebih rendah dari premium
Flame Visibility	Nyala api etanol terlihat kurang terang dibandingkan dengan nyala api premium.
Specific Gravity	Densitas etanol sedikit lebih besar dari premium
Air-Fuel Ratio	AFR Stoichiometri etanol lebih rendah dari premium
Konduktifitas	Konduktifitas etanol lebih besar dari premium (laju korosi lebih tinggi)
Toxicity	Etanol murni dalam jumlah kecil tidak beracun dan tidak dianggap karsinogenik
Flammability	Tergantung konsentrasi diudara, pada konsentrasi tertentu mudah terbakar

Sifat kimia etanol harus dievaluasi untuk memastikan performa mesin yang tepat, emisi yang rendah, nilai ekonomis etanol dan driveability etanol sebagai bahan bakar pada semua kondisi kerja mesin. Etanol menguapkan hidrokarbon lebih banyak pada temperatur rendah dibandingkan dengan premium. Dikarenakan nilai energi etanol

lebih rendah dari premium, dengan basis volume akan mengakibatkan nilai ekonomis etanol juga lebih rendah dari premium. Perbandingan sifat kimia etanol dan premium disajikan pada Tabel 2.3 Berikut:

Tabel 2-3. Perbandingan sifat kimia etanol dan premium

Property	Ethanol	Gasoline
Chemical Formula	C ₂ H ₅ OH	C ₄ to C ₁₂ Hydrocarbons
Main Constituents (% by weight)	52 C, 13 H, 35 O	85-88 C, 12-15 H
Octane (R+M)/2	113	86-94
Lower Heating Value (Btu per gallon)	76,300	116,900
Miles per Gallon Relative to Gasoline	67%	-
Reid Vapor Pressure (psi)	2.3	7-16
Ignition Point—Fuel in Air (%)	3-19	1-8
Temperature (approx.) (°F)	850	495
Specific Gravity (60/65°F)	0.794	0.72-0.78
Air-Fuel Ratio (by weight)	9	14.7
Hydrogen-Carbon Ratio	3.0	1.85

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

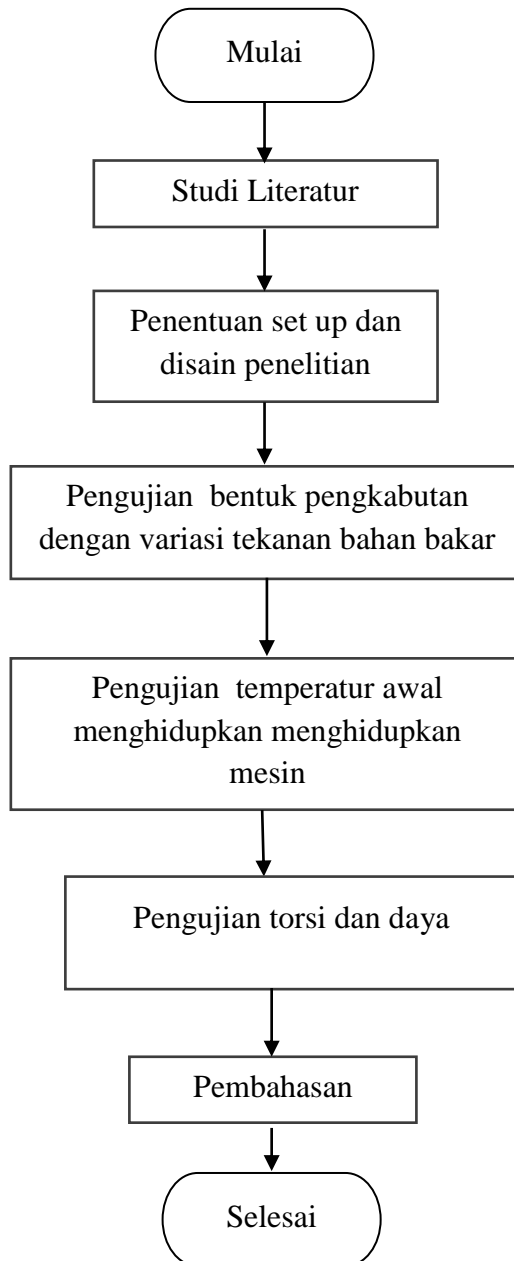
- a. Mengetahui bentuk pengkabutan pada injektor pada berbagai kondisi campuran etanol-premium (E5, E10, E15 dan E20) pada berbagai tekanan kerja. Pemilihan bentuk pengkabutan (*spray pattern*) dari beberapa tekanan kerja bahan bakar yang sesuai diharapkan akan mendapatkan rekomendasi penyesuaian tekanan bahan bakar untuk menghasilkan operasi mesin yang optimal pada penggunaan campuran etanol- premium kadar rendah.
- b. Mengetahui temperatur kerja awal mesin pada penggunaan campuran etanol-premium (E5, E10, E15 dan E20) sehingga start awal dilakukan dengan mudah. Dari hasil ini diharapkan adanya rekomendasi temperatur minimal untuk kemudahan start dingin penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah.
- c. Mengetahui performa mesin pada penggunaan campuran etanol-premium (E5, E10, E15 dan E20). Dari data ini diharapkan adanya informasi kondisi unjuk kerja penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah pada berbagai kondisi kerja mesin.

3.2. Manfaat Penelitian terhadap ilmu pengetahuan

Manfaat penelitian utama dari penelitian ini adalah mendapatkan Informasi yang lebih spesifik tentang karakteristik penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah pada *SI Engine*. Manfaat lain yang diharapkan adalah mempercepat dan mendukung program pemerintah untuk diversifikasi energi dengan menggunakan energi baru dan terbarukan.

BAB 4. METODE PENELITIAN.

Langkah – langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan pada flowchart Gambar 3.1 berikut:



Gambar 4-1. Digram alir penelitian

4.1. Alat dan Bahan

4.2.1. Alat

Peralatan yang digunakan disajikan pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 4-1. Peralatan Penelitian

No	Nama Peralatan	Jumlah	Spesifikasi	Keterangan
1	Gelas Ukur	1000 m L	Kaca	Sewa
2	Gelas Ukur	500 mL	Kaca	Sewa
3	Engine Scanner	1 Unit	Launch X 431	Beli
3	Engine Test Bench	1 Unit	Suzuki G 15 A	Sewa
4	Engine Dinamometer	1 Unit	Land & Sea	Sewa
4	<i>Injector Tester</i>	1 Unit	Launch CNC-601A	Sewa
5	Kamera	1 Unit	High Speed	Sewa

4.2.2. Spesifikasi Mesin Uji

Mesin yang diuji (MUT) yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan mesin premium empat silinder segaris (*inline*) empat langkah. Spesifikasi mesin uji dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 4-2. Spesifikasi mesin uji

Tipe Mesin:	G15A
Isi Silinder:	1493 cc
Diameter x Langkah:	75.0 x 84.5 mm
Daya Maksimum:	105/6000 ps/rpm
Torsi Maksimum:	126/3000 Nm/rpm
Sistem Bahan Bakar:	Muti Point Injection

4.2.3. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara premium, etanol, oli mesin, busi (*spark plug*) dan majun. Jumlah dan spesifikasinya dijelaskan pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 4-3. Bahan Penelitian

No	Nama bahan	Spesifikasi /merk
1	Premium	Premium (Pertamina)
2	Ethanol	Hidrous Ethanol (96,5 %)
3	Oli Mesin	API Service SJ, SAE 10 W 40
5	Majun/kain lap	General

4.2. Metode Penelitian

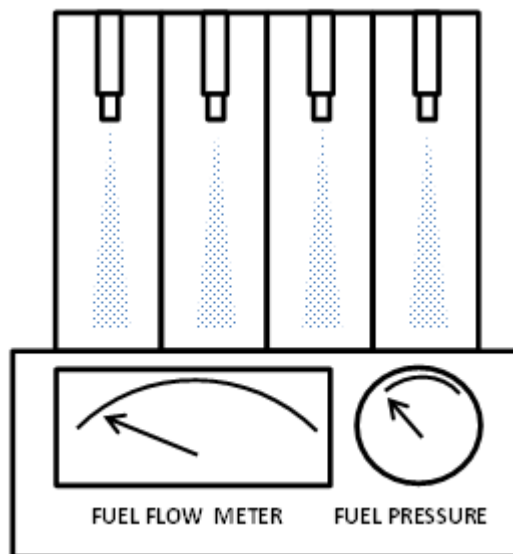
4.2.4. Pengujian bentuk pengkabutan dengan variasi tekanan bahan bakar

Pengujian bentuk pengkabutan berbagai campuran etanol premium dilakukan dengan menggunakan alat *Injector Tester* dan Kamera kecepatan tinggi. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan bentuk pengkabutan berbagai campuran etanol premium kadar rendah dengan memvariasikan tekanan uji dibandingkan dengan penggunaan premium murni dan tekanan standar mesin uji. Desain pengujian bentuk pengkabutan disajikan pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 4-4. Desain pengujian bentuk pengkabutan

Bahan Bakar	Tekanan Injeksi			Bentuk pengkabutan
	Standard (250 kPa)	Standard (300 kPa)	Standard (350 kPa)	
Premium (100%)	-	√	-	
E5 (Eth 5%)	√	√	√	
E10 (Eth 10%)	√	√	√	
E15 (Eth 15%)	√	√	√	
E20 (Eth 20%)	√	√	√	

Skema pengujian bentuk semprotan berbagai variasi campuran etanol premium disajikan pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 4-2. Skema pengujian bentuk semprotan

3.2.1. Pengujian temperatur awal menghidupkan mesin

Pengujian temperatur awal menghidupkan mesin untuk berbagai campuran etanol premium dilakukan dengan menggunakan unit thermocouple dengan mengukur temperatur air pendingin. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur awal mesin untuk dihidupkan dengan mudah pada penggunaan campuran etanol-premium. Desain pengujiannya disajikan pada Tabel 3.5 berikut:

Tabel 4-5. Desain pengujian temperatur awal menghidupkan mesin

Bahan Bakar	Temperatur Mesin*					
	T = 25 °C		T = 35 °C		T = 45 °C	
	Sukar	Mudah	Sukar	Mudah	Sukar	Mudah
E5 (Eth 5%)						
E10 (Eth 10%)						
E15 (Eth 15%)						
E20 (Eth 20%)						

*Masing-masing pengujian dilakukan 3 kali pengujian.

3.2.2. Pengujian unjuk kerja mesin

Pengujian unjuk kerja mesin dilakukan pada *Engine test bench dengan dinamometer*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik prestasi mesin pada penggunaan berbagai campuran etanol-premium. Pengujian unjuk kerja mesin dengan menggunakan *engine dynamometer* disajikan pada Tabel 3.8 berikut:

Tabel 4-6. Desain pengujian unjuk kerja mesin

Bahan Bakar	Grafik torsi dan daya mesin uji
Premium (100%)	√
E5 (Eth 5%)	√
E10 (Eth 10%)	√
E15 (Eth 15%)	√
E20 (Eth 20%)	√

3.1. Pembahasan Hasil Pengujian

Pembahasan dilakukan untuk membandingkan hasil pengujian eksperimen yang dihasilkan dengan hasil – hasil penelitain yang sudah didapatkan peneliti sebelumnya dan juga membandingkan dengan sumber referensi skunder.

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

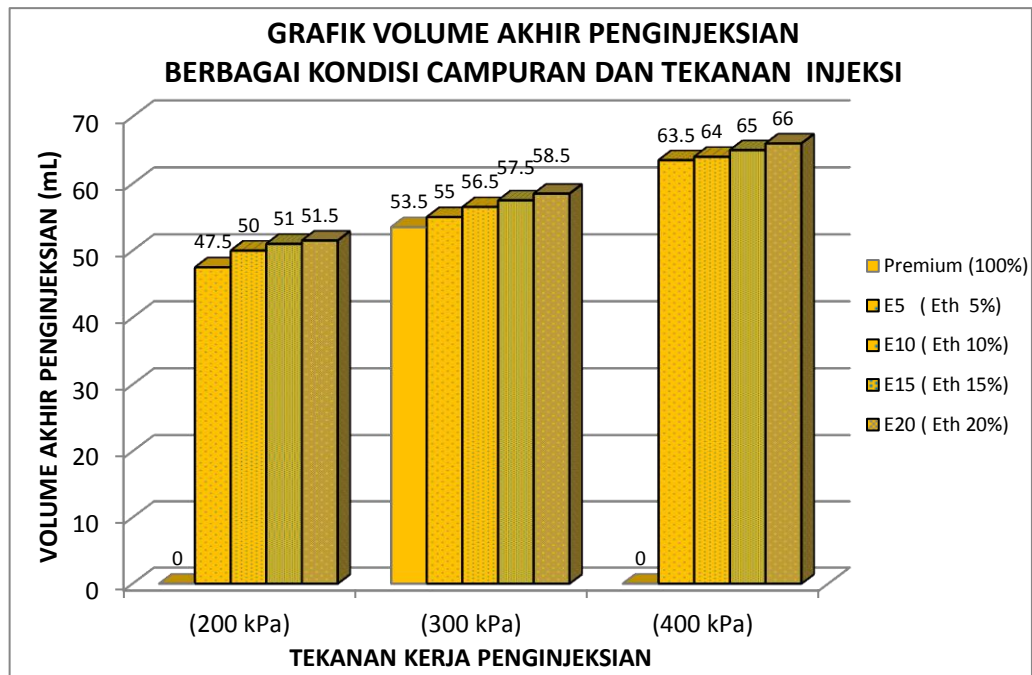
5.1. Hasil Pengujian Bentuk Pengkabutan (*Spray Pattern*)

Pengujian bentuk pengkabutan berbagai campuran etanol premium dilakukan dengan menggunakan alat *Injector Tester* dan kamera dengan resolusi 10 Mega Pixel. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Injector Tester Launch CNC-601A*, dengan mode pengujian *Injection Flow Test* selama 15 second. Selama proses pengujian direkam menggunakan sebuah kamera untuk mendapatkan sebuah file video hasil pengujian. File video ini kemudian dikonversi menjadi 50 frame dengan file JPG menggunakan software *Video to JPG Converter*. Hasil gambar yang paling jelas dipilih untuk dijadikan data bentuk pengkabutan. Pengujian ini juga menghasilkan data volume total penginjeksian bahan bakar selama waktu uji, seperti terlihat pada lampiran 1. Volume total penginjeksian disajikan pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5-1. Volume total penginjeksian berbagai campuran dan tekanan kerjanya

Bahan Bakar	Volume total penginjeksian (mL)			Bentuk Pengkabutan
	Standard (200 kPa)	Standard (300 kPa)	Standard (400 kPa)	
Premium (100%)	-	53,5	-	Lampiran 1
E5 (Eth 5%)	47,5	55,0	63,5	Lampiran 1
E10 (Eth 10%)	50,0	56,5	64,0	Lampiran 1
E15 (Eth 15%)	51,0	57,5	65,0	Lampiran 1
E20 (Eth 20%)	51,5	58,5	66,0	Lampiran 1

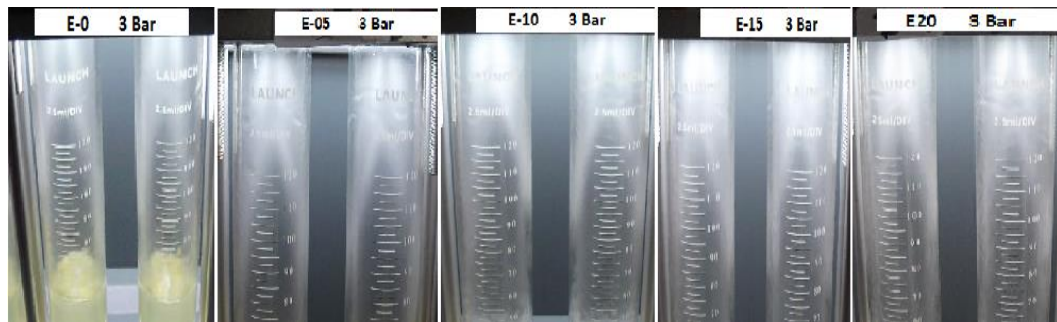
Dari tabel diatas terlihat bahwa penambahan kadar etanol pada premium dan penambahan tekanan kerja peninjeksian memberikan kecenderungan peningkatan jumlah total volume penginjeksian. Untuk mempermudah menganalisis data tabel 5.1, Volume total penginjeksian dengan mode *Injection Flow Test* selama 15 second digrafikan pada gambar 5.1 berikut.



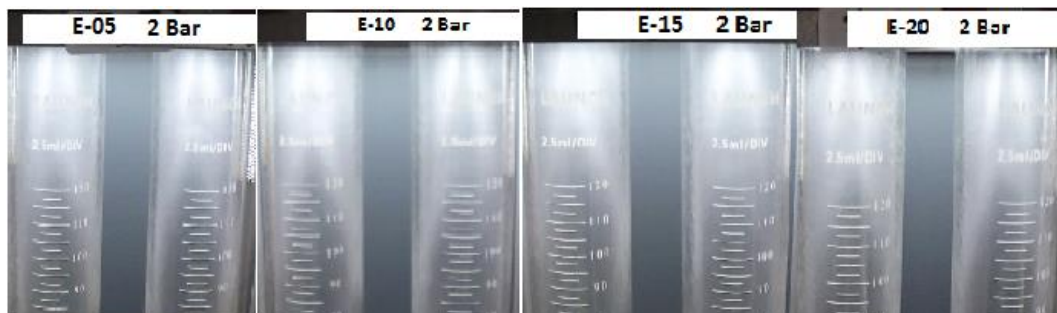
Gambar 5-1. Grafik volume penginjeksian berbagai kondisi campuran dan tekanan injeksi

Penggunaan premium 100% dengan tekanan standar operasi mesin dengan mode pengujian tersebut menghasilkan volume akhir sebesar 53,5 mL. Pada penggunaan E-05, E-10, E-15 dan E-20, pada tekanan standar operasi mesin masing-masing sebesar 55,0 mL, 56,5 mL, 57,5 mL dan 58 mL. Dari data tersebut mengindikasikan bahwa penambahan kadar etanol pada premium akan berkorelasi positif terhadap konsumsi bahan bakar. Hal ini disebabkan karena nilai *specific gravity* etanol sedikit lebih besar dibandingkan dengan premium.

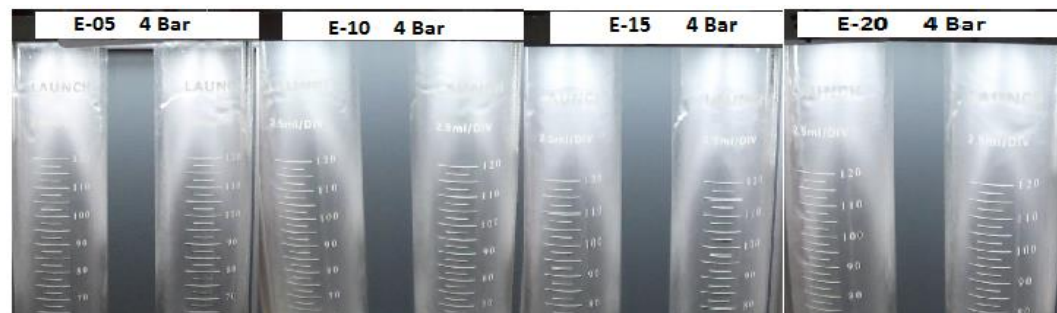
Gambar pengaruh tekanan kerja dan kadar campuran etanol-premium terhadap bentuk pengkabutan disajikan pada gambar 5.2, 5.3, dan 5.4 berikut.



Gambar 5-2. Bentuk semprotan berbagai campuran pada tekanan 3 Bar



Gambar 5-3. Bentuk semprotan berbagai campuran pada tekanan 2 Bar



Gambar 5-4. Bentuk semprotan berbagai campuran pada tekanan 4 Bar

Dari gambar bentuk semprotan (spray pattern) secara visual, tidak begitu terlihat perbedaannya pada berbagai kadar campuran etanol-premium kadar rendah dengan variasi tekanan penginjeksian.

5.2. Hasil Pengujian Kemudahan Start Awal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur awal mesin untuk dihidupkan dengan mudah pada penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah. Pengujian ini dilakukan pada sebuah *engine test bench* dengan cara mengganti berbagai macam kadar campuran etanol-premium. Pembacaan temperatur mesin dilakukan dengan sebuah *engine scanner* Launch X 431. Start

awal mesin dikategorikan mudah start awal apabila waktu start kurang atau sama dengan 2 second. Hasil Pengujian secara lengkap disajikan pada lampiran 2. Untuk memudahkan pembahasan data, disajikan pada tabel 5.2 berikut:

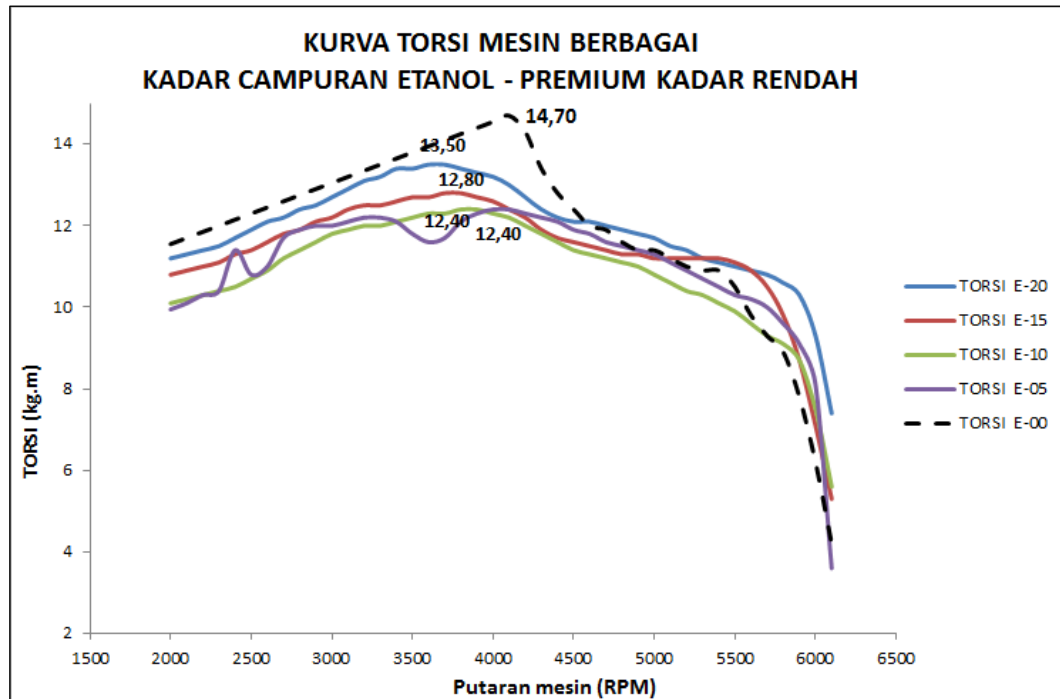
Tabel 5-2. Hasil pengujian kemudahan start awal mesin dengan berbagai bahan bakar

Bahan Bakar	Temperatur Mesin*		
	T = 25 °C	T = 35 °C	T = 45 °C
Premium Murni	Mudah	Mudah	Mudah
E5 (Eth 5%)	Mudah	Mudah	Mudah
E10 (Eth 10%)	Mudah	Mudah	Mudah
E15 (Eth 15%)	Sulit (3 second)	Mudah	Mudah
E20 (Eth 20%)	Sulit (3,5 second)	Sulit (2,5 second)	Mudah

Dari tabel diatas terlihat bahwa untuk campuran etanol-premium kurang atau sama dengan 10% tidak menjadikan masalah pada saat start awal mesin. Pada campuran etanol 15 %, kesulitan start awal terjadi pada temperatur pendingin 25 °C, yaitu start awal terjadi selama 3 second, sedangkan pada campuran etanol 20%, kesulitan start awal terjadi pada temperatur coolant 25°C, selama 3,5 second dan pada temperatur coolant 35°C selama 2,5 Second. Fenomena ini disebabkan karena etanol mempunyai nilai Reid Pressure Vapor (RPV) yang lebih rendah dari premium, sehingga campuran bahan bakar dengan kadar etanol semakin tinggi akan mengakibatkan tekanan penguapan yang semakin rendah / RPV menurun, sehingga akan menyebabkan kecenderungan bahan bakar yang sulit menguap. Kondisi ini yang menyebabkan kesulitan awal menghidupkan mesin khususnya pada kondisi start awal pada temperatur yang rendah.

5.3. Hasil Pengujian Performansi Mesin

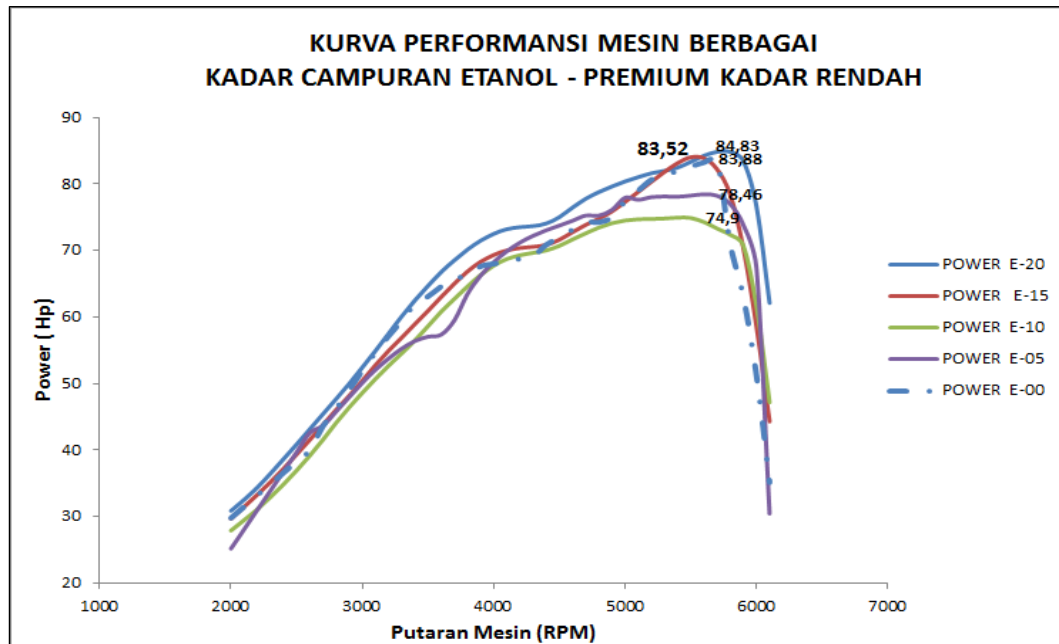
Hasil pengujian performansi mesin disajikan secara lengkap pada lampiran 3. Untuk mempermudah analisis performansi engine berbagai kadar campuran etanol-premium kadar rendah, kurva torsi dan daya mesin disajikan secara terpisah. Grafik torsi dan daya mesin dari berbagai kondisi campuran, digabung untuk memudahkan analisis grafik. Grafik torsi mesin berbagai campuran etanol-premium kadar rendah disajikan pada gambar 5.5 berikut.



Gambar 5-5. Kurva torsi mesin berbagai campuran etanol-premium

Dari kurva torsi diatas terlihat bahwa, penggunaan premium murni (E-00) untuk putaran rendah sampai putaran 4000 rpm lebih tinggi dari penggunaan campuran etanol-premium. Peak torsi penggunaan E-00 sebesar 14,70 kg.m. pada penggunaan E-05, E-10, E15 dan E20, peak torsi masing-masing sebesar 13,5 kg.m, 12,80 kg.m, 12,40 kg.m dan 12.40 kg.m. Dari grafik diatas juga terlihat bahwa pada putaran mesin uji sebesar 4500 rpm keatas torsi yang dihasilkan dari penggunaan premium murni menunjukkan performansi yang menurun dibandingkan dengan penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah. Kondisi ini disebabkan karena sifat etanol yang mempunyai RVP lebih rendah dan specific gravity yang lebih besar, sehingga pada putaran yang semakin tinggi (kevakuman intake manifold yang semakin rendah) injektor dari sistem bahan bakar akan mengeluarkan lebih banyak bahan bakar yang mempunyai *specific gravity* yang lebih besar.

Grafik daya mesin berbagai campuran etanol-premium kadar rendah disajikan pada gambar 5.6 berikut.



Gambar 5-6. Kurva daya mesin berbagai campuran etanol -premium

Dari gambar kurva daya mesin diatas terlihat bahwa, penggunaan E-10 mendapatkan peak power yang paling kecil, yaitu sebesar 74,9 Hp, E-05 sebesar 78,46 Hp, E-15 sebesar 83,52 dan E-20 sebesar 84,83 Hp. Penggunaan premium murni (E-00) mendapatkan peak power sebesar 83,88 Hp. Penambahan etanol sampai 20% menunjukkan korelasi positif terhadap kenaikan daya maksimum (*peak power*) mesin uji.

Penambahan etanol pada premium secara teoritik akan menaikkan nilai oktan bahan bakar, menurunkan *energy content*, menurunkan *Reid Pressure Vapor* (RVP) dan menaikkan *specific gravity* bahan bakar. Dari pengujian menggunakan *injector tester*, dengan menggunakan mode pengujian *Injection Flow Test* selama 15 second, penambahan kadar etanol sampai 20% pada premium pada tekanan operasi yang sama menunjukkan korelasi positif pada volume penginjeksianya. Kondisi ini selaras dengan hasil pengujian performasi mesin yang menunjukkan naiknya *peak power* dengan penambahan kadar etanol sampai 20 %.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan kadar etanol pada premium memberikan kecenderungan jumlah total volume penginjeksian.
2. Pengaruh sulit start dingin penggunaan campuran etanol premium kadar rendah terjadi pada kondisi campuran lebih 10% etanol.
3. Performa mesin penggunaan campuran etanol premium kadar rendah, cenderung mengalami penurunan khususnya pada campuran etanol 10 %, akan tetapi performa mesin cenderung naik sejalan dengan meningkatnya kadar etanol.

7.2. Saran

Terjadinya sparasi kandungan air pada etanol dengan kadar 96,5 % sedikit banyak menjadi nois dalam penelitian ini. Perlu dilaksanakan penelitian sejenis dengan menggunakan etanol yang kemurniannya lebih tinggi (99,9%).

DAFTAR PUSTAKA

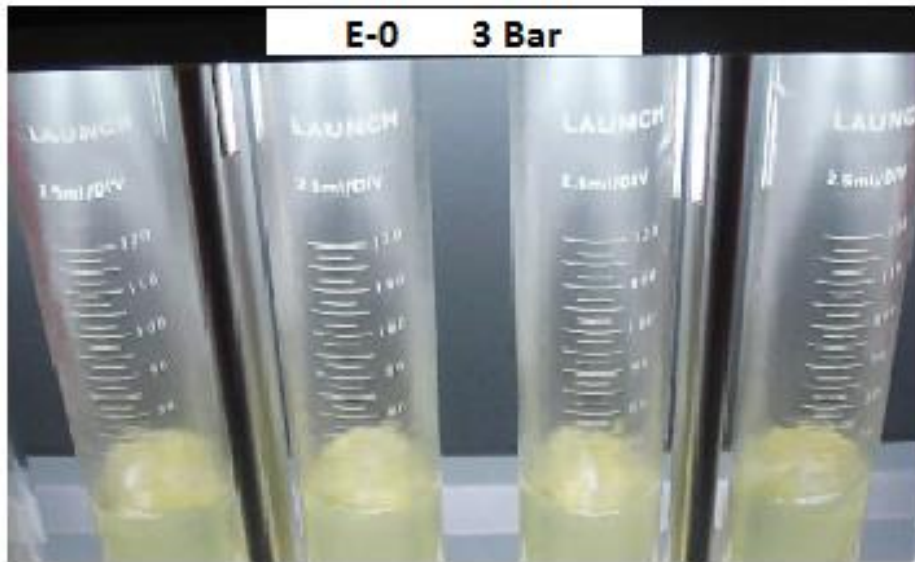
- www.bps.go.id. (2011). Dipetik Agustus 21, 2013
- Budi Waluyo, S. (2012). Optimasi Setingan Mesin Pada Penggunaan Gasohol E15 Dengan Metode Taguchi Untuk Mendapatkan Emisi HC dan CO yang Rendah. *SNTM 7 UK Petra* (hal. O15 - O20). Surabaya: Jurusan Teknik Mesin UK Petra.
- Egebäck, P. R.-E. (2005). *Blending Of Ethanol In Gasoline For Spark Ignition Engine*, . Stockholm University.
- Energy, E. E. (2013). *Handbook for Handling, Storing, and Dispensing E85 and Other Ethanol-Gasoline Blends*. U.S. Departement of Energy.
- Hlaing, S. S. (2007, Nopember 20). Anhydrous Ethanol Production. *4th Biomass-Asia Workshop*. Myanmar.
- Irsyat, C. N. (2010). www.ftsl.itb.ac.id. Dipetik November 13, 2013
- James W. Weaver, S. A. (2009, April). Composition and Behavior of Fuel Ethanol. *United States Enviromental Protection Agency*.
- Newsletter, I. C. (2008). *Perkembangan Industri Biofel di Indonesia*. PT. Data Consult.
- Quaschnig, V. (2005). *Undestanding Renewable Energy Systems*. London: Earthscan.
- Rong-Horng Chen, e. (2011). Cold-start Emissions of an SI Engine Using Ethanol- Gasoline Blended Fuel. *Elsevier*, 1463-1467.
- Setiyawan, A. (2012). *Kajian Eksperimental Pengaruh Etanol pada Premium Terhadap Karakteristik Pembakaran Kondisi Atmosferik dan Bertekanan di Motor Silinder Tunggal Injeksi*. Jakarta: UI.
- Shakhashiri, P. (2009, pebruary 5). www.scifun.org. Dipetik Nopember 20, 2013, dari General Chemistry.
- V. S. Kumbhar, d. G. (2012). Effect of Lower Ethanol Gasoline Blends on Performance and Emission Characteristics of The Single Cylinder SI Engine. *International Journal of Instrumentation, Control and Automation (IJICA)*, 51-54.

LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

Lampiran 1. Pengujian Bentuk Pengkabutan (*Spray Pattern*) Premium Standar

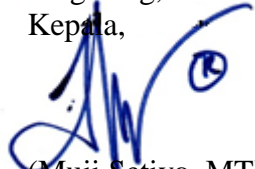
Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang
Spesifikasi Alat	: Launch CNC-601A
Tanggal Uji	: Juli 2014
Nama Operator	: Sofyan Kurniawan, Amd.
Bahan Bakar	: Gasoline /E-05 /E-10 /E-15 /E-20 *
Tekanan Operasi	: 200 kPa / 300 kPa / 400 kPa *
Mode Test	: Injection Flow Test
Durasi Test	: 15 Second

SPRAY PATTERN



Volume akhir : 53,5 mL

Magelang, Juli 2014
Kepala,


(Muji Setiyo, MT)
NIDN.0627038302

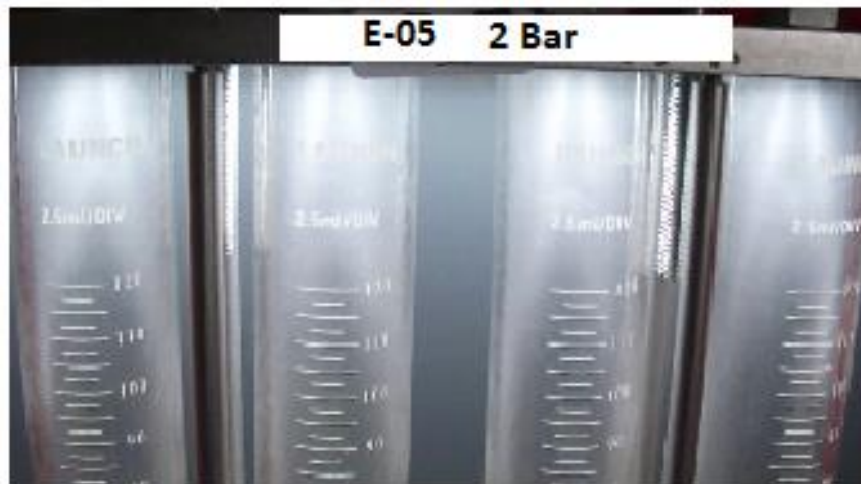
LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
 Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

Lampiran 2. Pengujian Bentuk Pengkabutan (*Spray Pattern*) E-05

Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang
Spesifikasi Alat	: Launch CNC-601A
Tanggal Uji	: Juli 2014
Nama Operator	: Sofyan Kurniawan, Amd.
Bahan Bakar	: Gasoline / E-05 / E-10 / E-15 / E-20 *
Tekanan Operasi	: 200 kPa / 300 kPa / 4000 kPa *
Mode Test	: Injection Flow Test
Durasi Test	: 15 Second

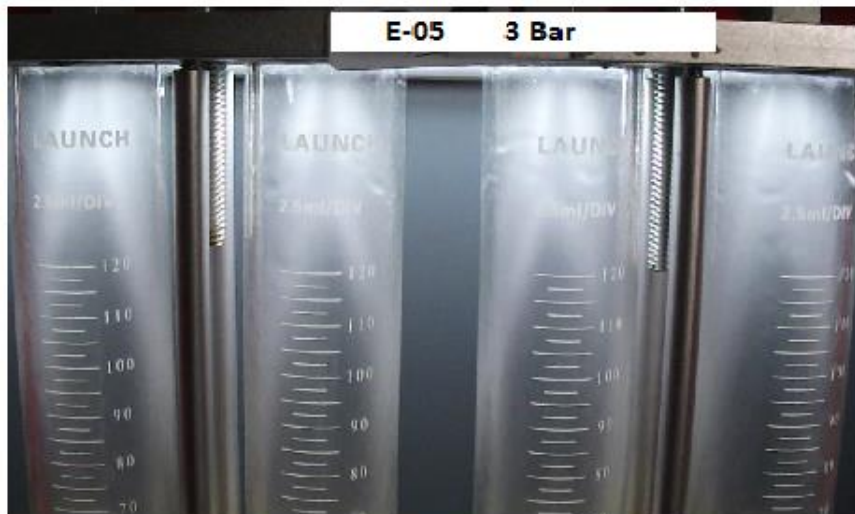
SPRAY PATTERN

200 kPa



Volume Akhir : 47,5 mL.

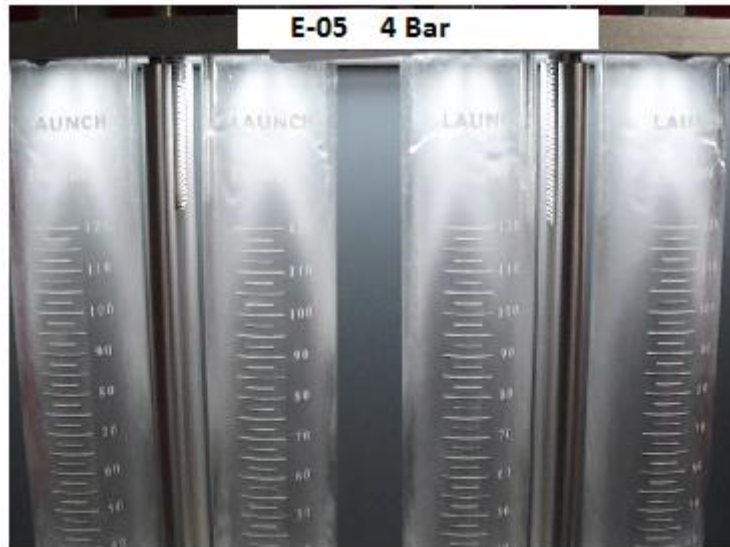
300 kPa



Volume Akhir : 55,0 mL

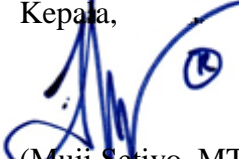
LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

400 kPa



Volume Akhir : 63,5 mL.

Magelang, Juli 2014
Kepala,



(Muji Setiyo, MT)

NIDN 0627038302

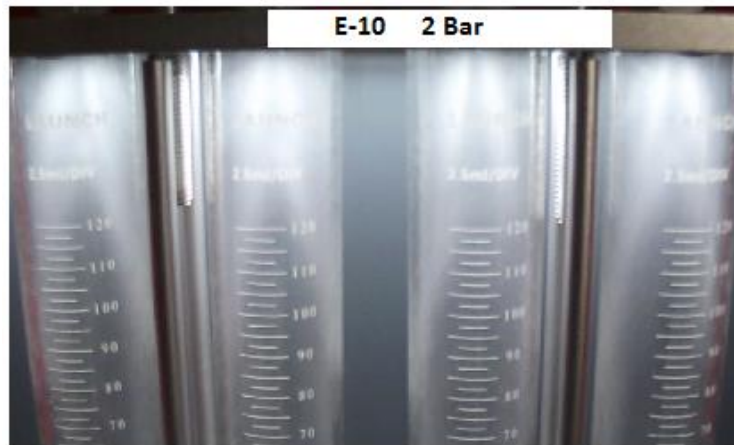
LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
 Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

Lampiran 3. Pengujian Bentuk Pengkabutan (*Spray Pattern*) E-10

Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang
Spesifikasi Alat	: Launch CNC-601A
Tanggal Uji	: Juli 2014
Nama Operator	: Sofyan Kurniawan, Amd.
Bahan Bakar	: Gasoline / E-05 / E-10 / E-15 / E-20 *
Tekanan Operasi	: 200 kPa / 300 kPa / 4000 kPa *
Mode Test	: Injection Flow Test
Durasi Test	: 15 Second

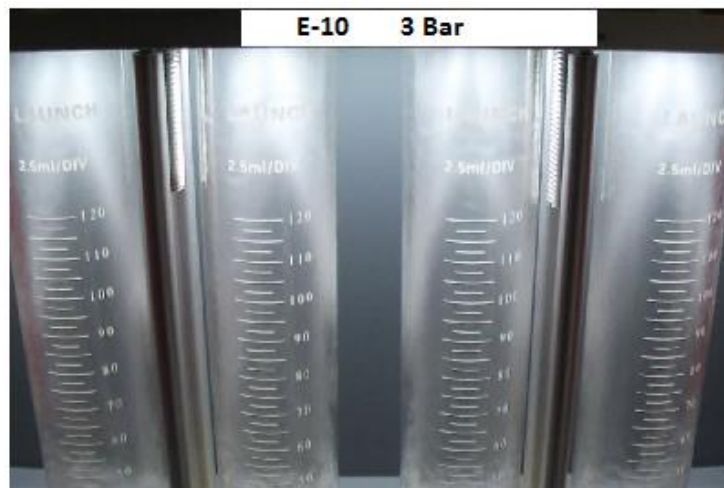
SPRAY PATTERN

200 kPa



Volume Akhir : 50 mL.

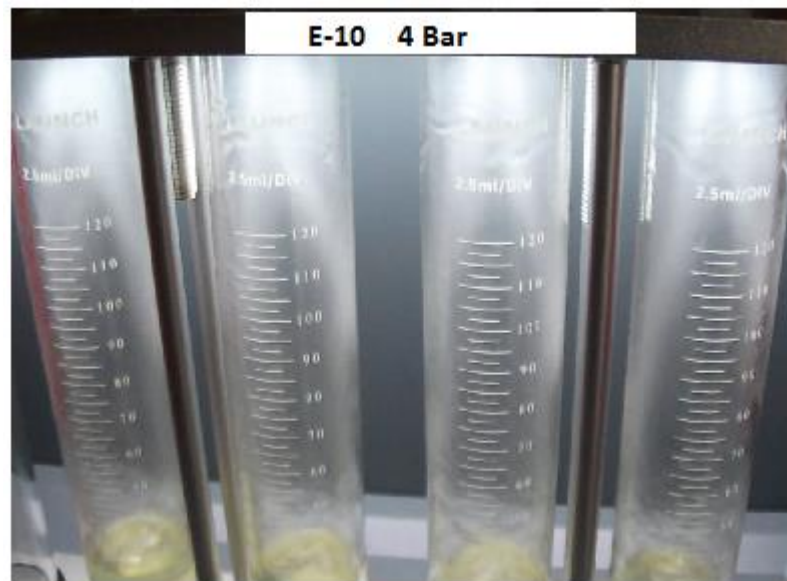
300 kPa



Volume Akhir : 56.5 mL.

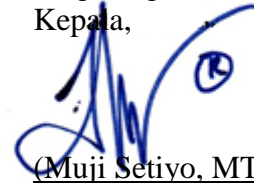
LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

400 kPa



Volume akhir : 64.0 mL

Magelang, Juli 2014
Kepala,



(Muji Setiyo, MT)
NIDN 0627038302

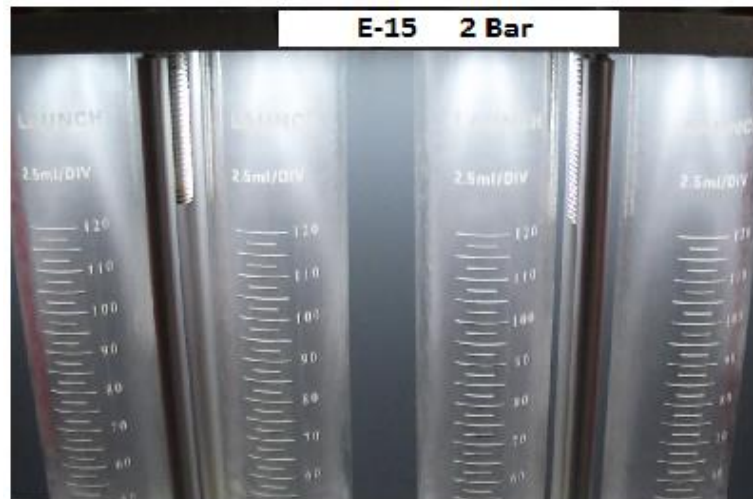
LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

Lampiran 4. Pengujian Bentuk Pengkabutan (*Spray Pattern*) E-15

Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang
Spesifikasi Alat	: Launch CNC-601A
Tanggal Uji	: Juli 2014
Nama Operator	: Sofyan Kurniawan, Amd.
Bahan Bakar	: Gasoline / E-05 / E-10 / E-15 / E-20 *
Tekanan Operasi	: 200 kPa / 300 kPa / 400 kPa *
Mode Test	: Injection Flow Test
Durasi Test	: 15 Second

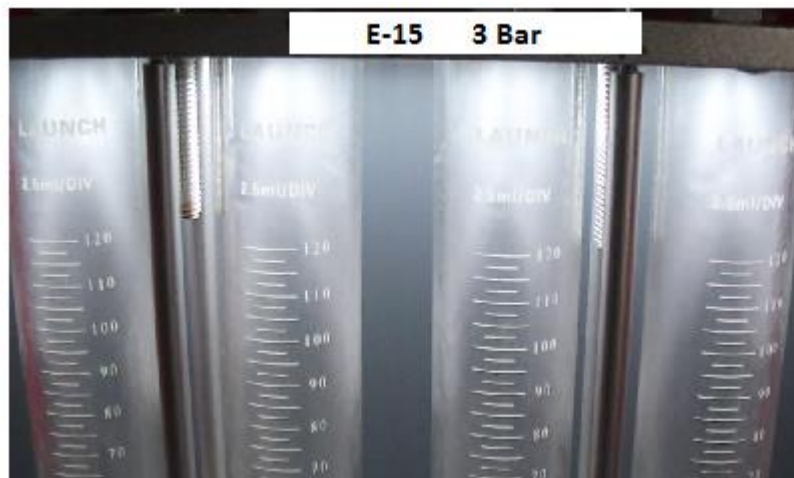
SPRAY PATTERN

200 kPa



Volume Akhir : 51 mL

300 kPa



Volume akhir : 57,5 mL

**LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG**
Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

400 kPa



Volume akhir : 65,0 mL

Magelang, Juli 2014
Kepala,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Muji Setiyo".

(Muji Setiyo, MT)
NIDN 0627038302

LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

Lampiran 5. Pengujian Bentuk Pengkabutan (*Spray Pattern*) E-20

Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang
Spesifikasi Alat	: Launch CNC-601A
Tanggal Uji	: Juli 2014
Nama Operator	: Sofyan Kurniawan, Amd.
Bahan Bakar	: Gasoline / E-05 / E-10 / E-15 / E-20 *
Tekanan Operasi	: 200 kPa / 300 kPa / 400 kPa *
Mode Test	: Injection Flow Test
Durasi Test	: 15 Second

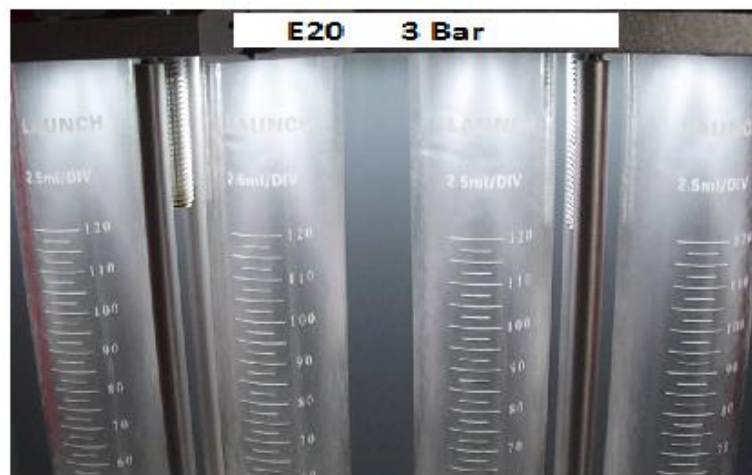
SPRAY PATTERN

200 kPa



Volume akhir : 51.5 mL

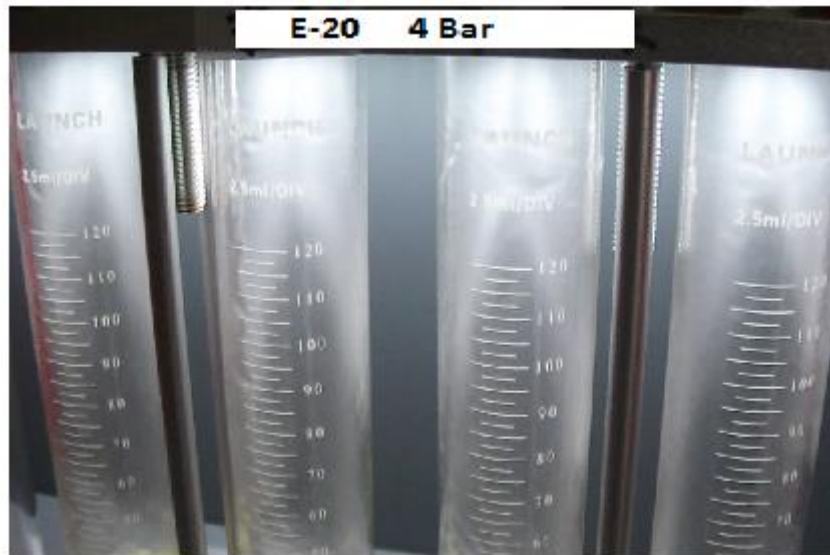
300 kPa



Volume akhir : 58,5 mL

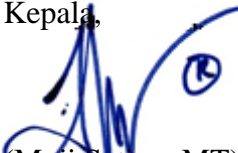
LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

400 kPa



Volume Akhir : 66,0 mL

Magelang, Juli 2014
Kepala,



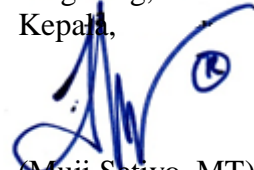
(Muji Setiyo, MT)
NIDN.06270383

LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
 Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

Lampiran 6. Pengujian Temperatur Awal Kemudahan Start Awal E-05

Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang	
Media Uji	: Engine Test Bench G 15 A	
Tanggal Uji	: Juli 2014	
Nama Operator	: Sufyan Kurniawan, Amd.	
Bahan Bakar	: Gasoline / E-05 / E-10 / E-15 / E-20 *	
Temperatur Awal Operasi Mesin	: 25° C / 35° C / 45° C *	
PARAMETER		
MUDAH : Waktu <i>Cranking</i> < = 2 Second		
SULIT : Waktu <i>Cranking</i> > 2 Second		
HASIL PENGUJIAN		
25° C	35° C	45° C
MUDAH / SULIT *	MUDAH / SULIT *	MUDAH / SULIT *

Magelang, Juli 2014
Kepala,



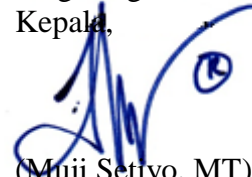
(Muji Setiyo, MT)
NIDN.0627038302

LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
 Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

Lampiran 7. Pengujian Temperatur Kemudahan Start Awal E-10

Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang	
Media Uji	: Engine Test Bench G 15 A	
Tanggal Uji	: Juli 2014	
Nama Operator	: Sufyan Kurniawan, Amd.	
Bahan Bakar	: Gasoline / E-05 / E-10 / E-15 / E-20 *	
Temperatur Awal Operasi Mesin	: 25° C / 35° C / 45° C *	
PARAMETER		
MUDAH : Waktu <i>Cranking</i> < = 2 Second		
SULIT : Waktu <i>Cranking</i> > 2 Second		
HASIL PENGUJIAN		
25° C	35° C	45° C
MUDAH / SULIT *	MUDAH / SULIT *	MUDAH / SULIT *

Magelang, Juli 2014
Kepala,



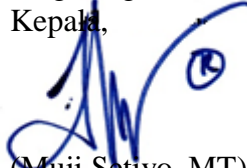
(Muji Setyo, MT)
NIDN.0627038302

LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
 Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang, Telp. 0293 326945 Email : teknik_ummagelang@yahoo.com

Lampiran 8. Pengujian Temperatur Kemudahan Start Awal E-15

Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang	
Media Uji	: Engine Test Bench G 15 A	
Tanggal Uji	: Juli 2014	
Nama Operator	: Sufyan Kurniawan, Amd.	
Bahan Bakar	: Gasoline / E-05 / E-10 / E-15 / E-20 *	
Temperatur Awal Operasi Mesin	: 25° C / 35° C / 45° C *	
PARAMETER		
MUDAH : Waktu <i>Cranking</i> < = 2 Second		
SULIT : Waktu <i>Cranking</i> > 2 Second		
HASIL PENGUJIAN		
25° C	35° C	45° C
MUDAH / SULIT * (3 detik)	MUDAH / SULIT *	MUDAH / SULIT *

Magelang, Juli 2014
 Kepala,


 (Muji Setiyo, MT)
 NIDN.0627038302

Lampiran 2

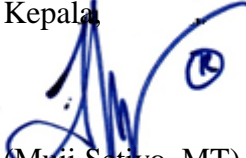
**LABORATORIUM PENGUJIAN
PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG**

Gedung B lantai 1, Kampus II Universitas Muhammadiyah Magelang

Lampiran 9. Pengujian Temperatur Kemudahan Start Awal E-20

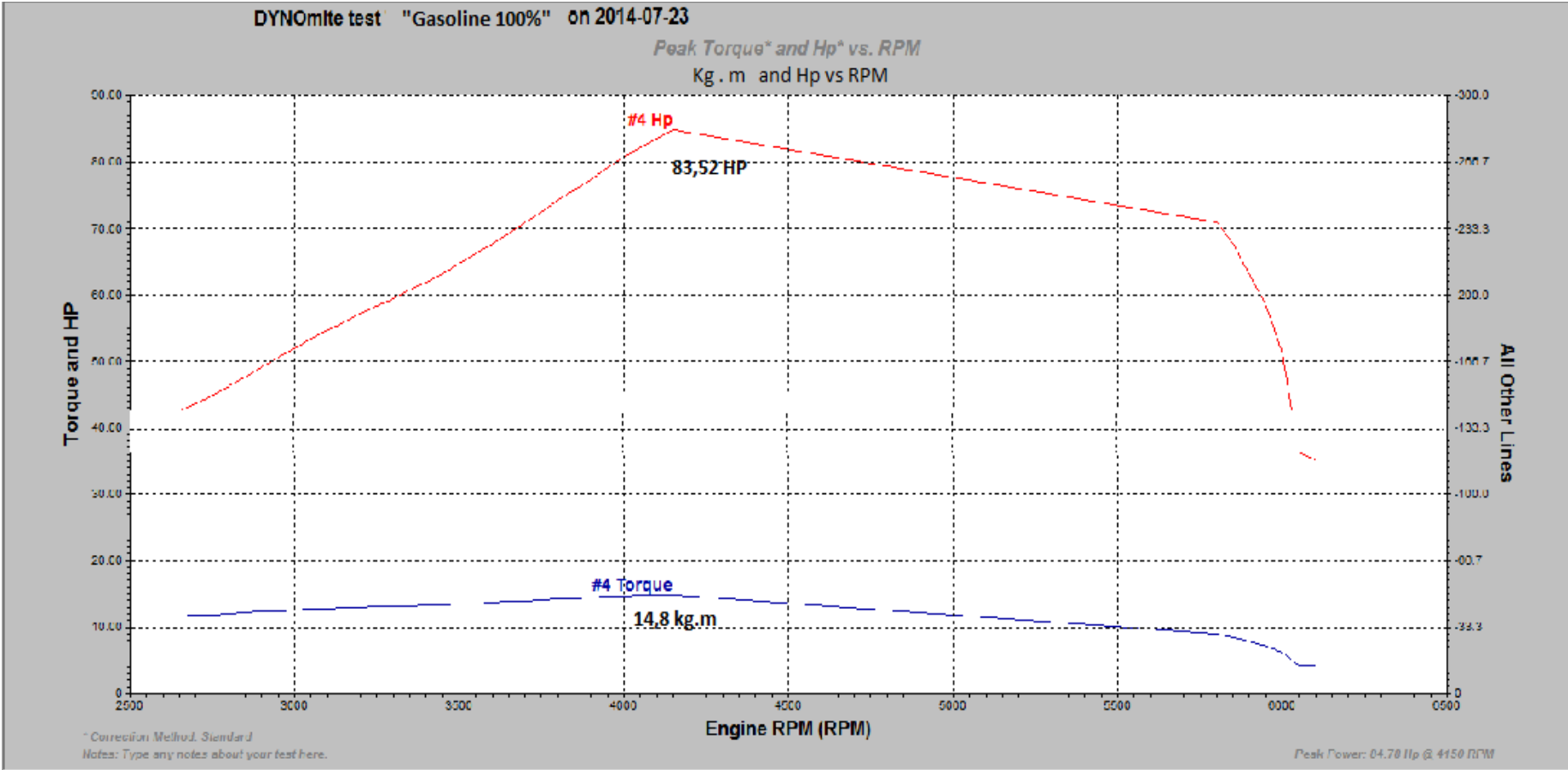
Tempat Pengujian	: Laboratorium Pengujian Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang	
Media Uji	: Engine Test Bench G 15 A	
Tanggal Uji	: Juli 2014	
Nama Operator	: Sufyan Kurniawan, Amd.	
Bahan Bakar	: Gasoline / E-05 / E-10 / E-15 / E-20 *	
Temperatur Awal Operasi Mesin	: 25° C / 35° C / 45° C *	
PARAMETER		
MUDAH : Waktu <i>Cranking</i> < = 2 Second		
SULIT : Waktu <i>Cranking</i> > 2 Second		
HASIL PENGUJIAN		
25° C	35° C	45° C
MUDAH / SULIT * (3,5 Second)	MUDAH / SULIT * (2,5 Second)	MUDAH / SULIT *

Magelang, Juli 2014
Kepala

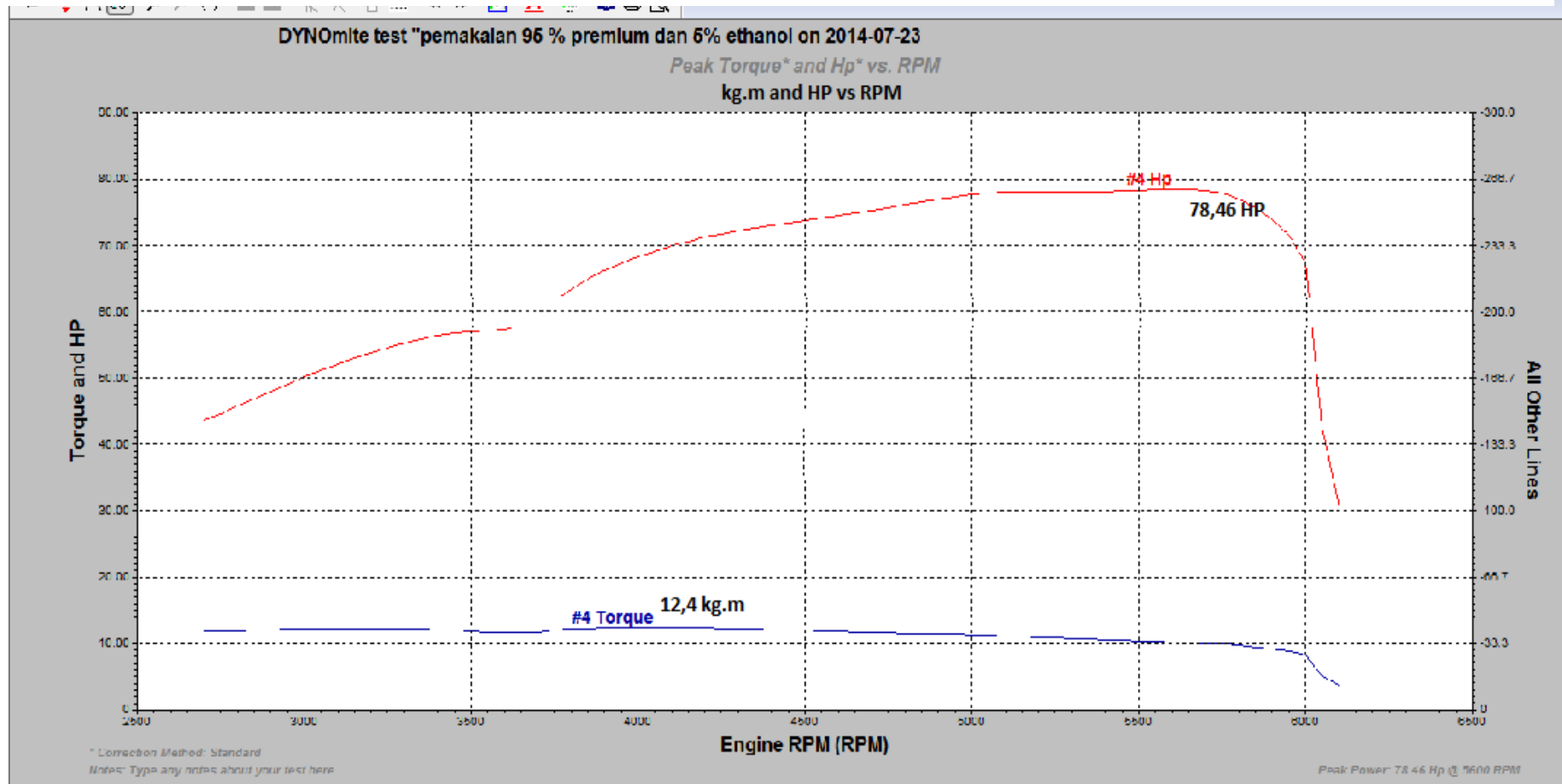


(Muji Setiyo, MT)
NIDN.0627038302

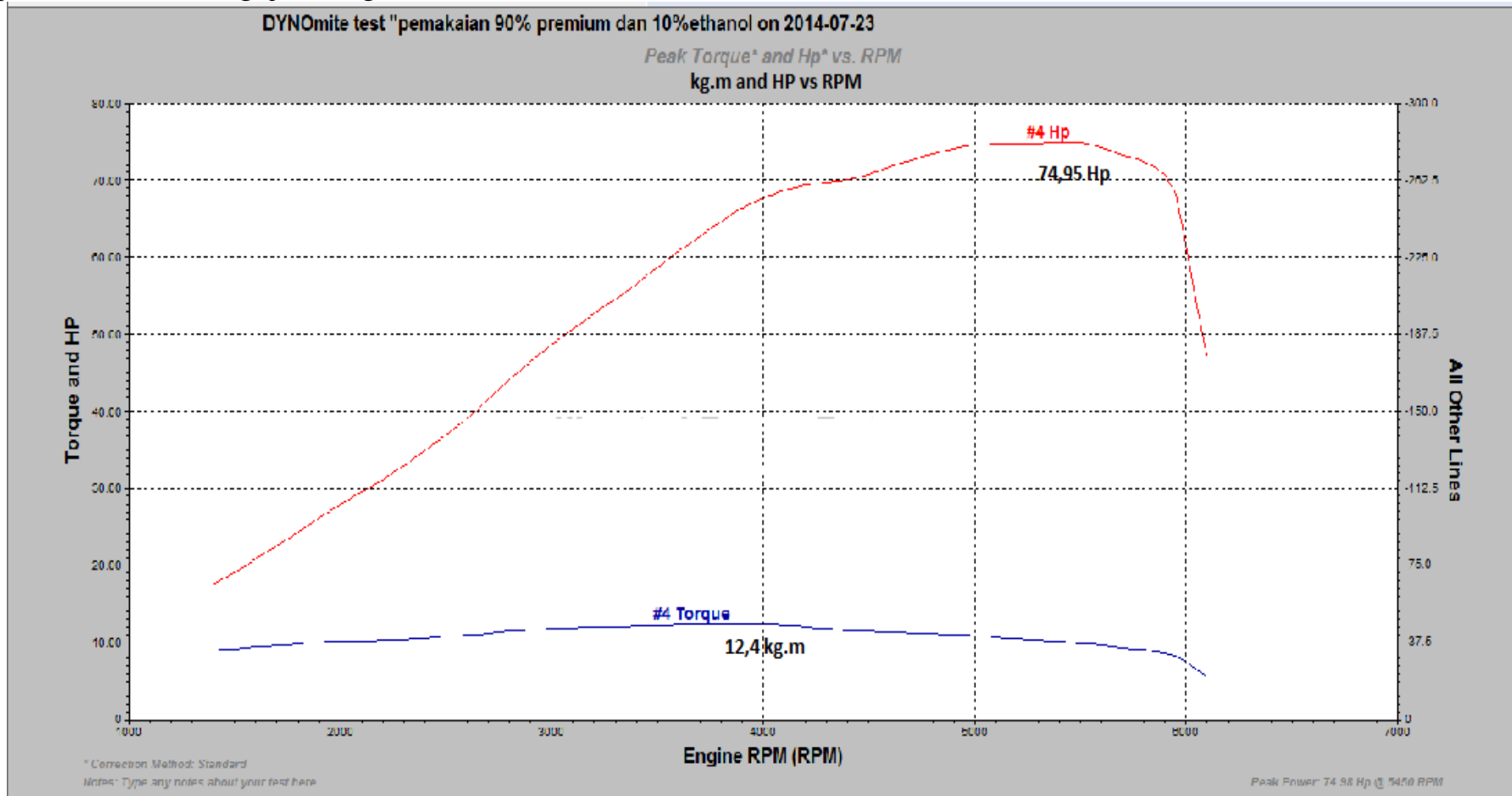
Lampiran 10. Hasil Pengujian Engine Performance Premium Murni



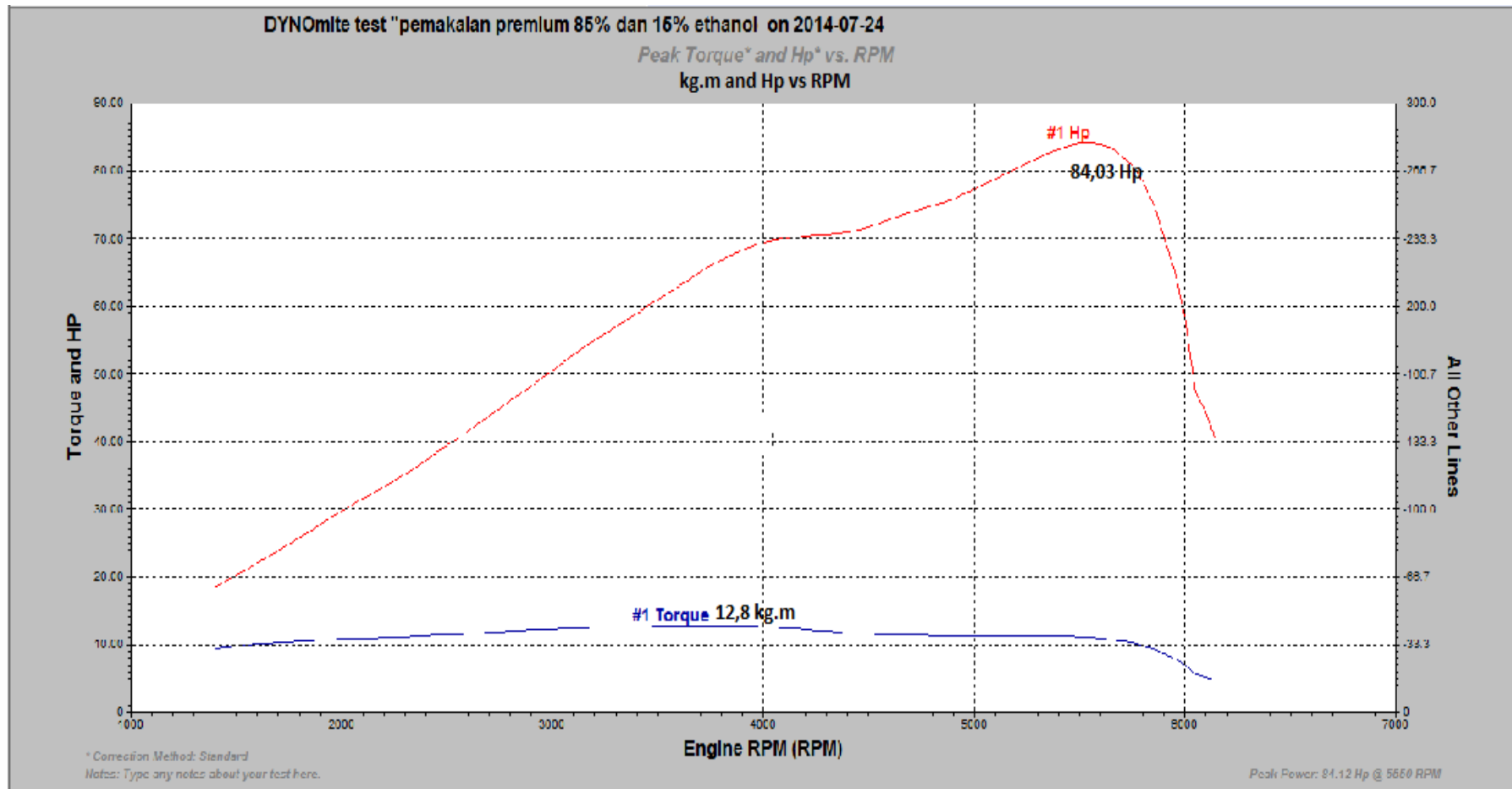
Lampiran 11. Hasil pengujian engine performance gasoline 95 % dan ethanol 5% (E-05)



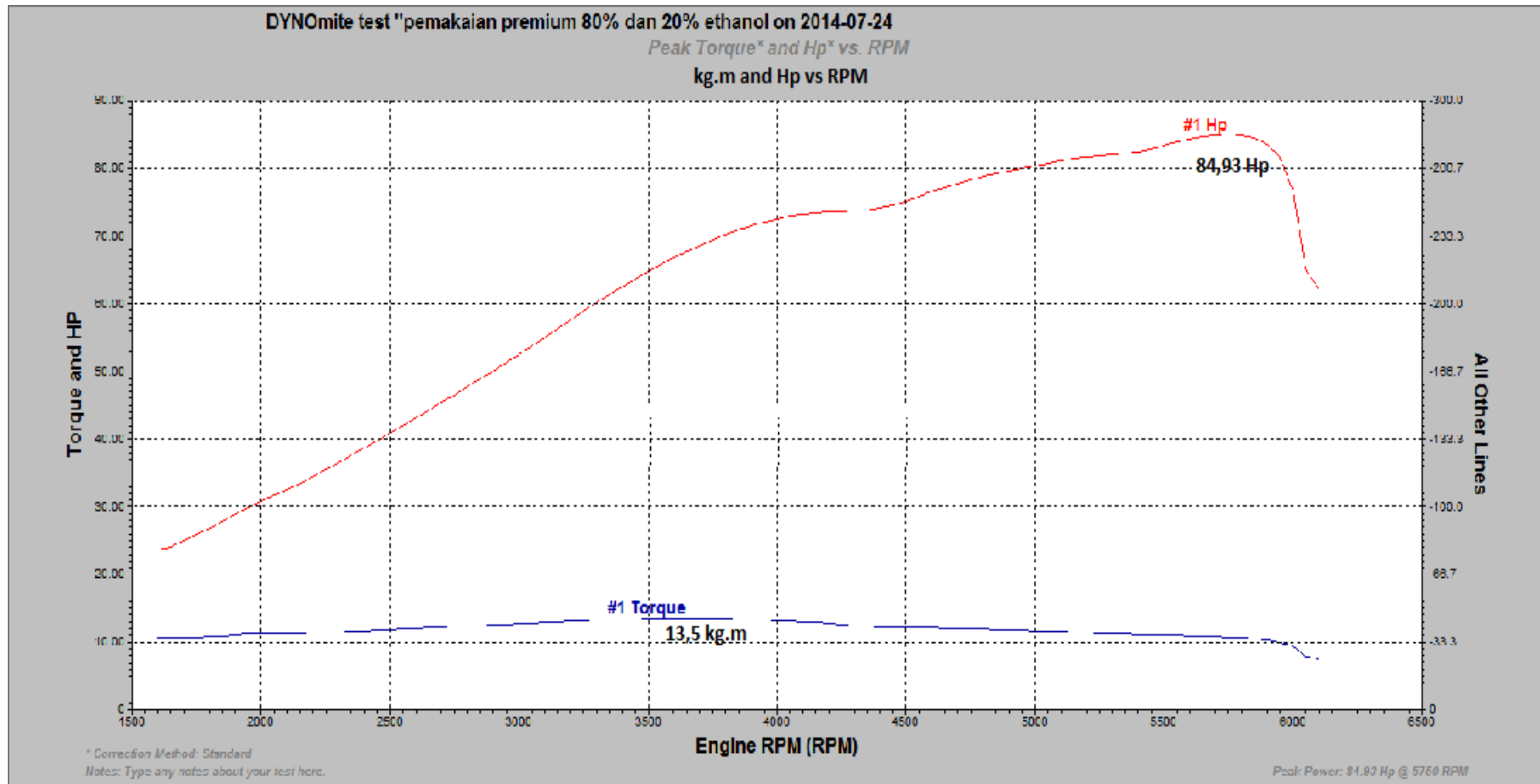
Lampiran 12. Hasil Pengujian Engine Performance Gasoline 90 % Dan Ethanol 10% (E-10)



Lampiran 13. Hasil Pengujian Engine Performance Gasoline 85 % Dan Ethanol 15% (E-15)



Lampiran 14. Hasil Pengujian Engine Performance Gasoline 80 % Dan Ethanol 20% (E-20)



Lampiran 15. Biodata Peneliti

1. Ketua Peneliti

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Budi Wahyu, MT
2	Jenis Kelamin	L
3	Jabatan Fungsional	Asisten ahli
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	067706026
5	NIDN	0627057701
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Temanggung, 27 Mei 1977
7	E-mail	otobudy@yahoo.com
9	Nomor Telepon/HP	085228255548
10	Alamat Kantor	Jl. Mayjend Bambang Soegeng Mertoyudan Magelang
11	Nomor Telepon/Faks	0293 326945
12	Lulusan yang Telah Dihasilkan	D-3 =57 orang;
13.	Mata Kuliah yg Diampu	1. Basic Engine Mechanical
		2. Thermodynamic
		3. Vehicle Air Conditioner
		4. Gasoline Fuel System

2. Anggota Peneliti

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Saifudin, ST, M Eng.
2	Jenis Kelamin	L
3	Jabatan Fungsional	Asisten ahli
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	017408179
5	NIDN	0615067401
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Demak, 15 Juni 1974
7	E-mail	saifudinummgl@yahoo.com
9	Nomor Telepon/HP	081227187800
10	Alamat Kantor	Jl. Mayjend Bambang Soegeng Mertoyudan Magelang
11	Nomor Telepon/Faks	0293 326945
12	Lulusan yang Telah Dihasilkan	D-3 =117 orang;
13.	Mata Kuliah yg Diampu	1. Material Teknik
		2. Proses Manufaktur
		3. Gambar Teknik
		4. Auto Cad

IDENTIFIKASI PENYESUAIAN MINOR MESIN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR ETANOL-PREMIUM KADAR RENDAH PADA SPARK IGNITION (SI) ENGINE

Budi Wahyol
otobudistaf@uphoo.com
 Universitas Muhammadiyah Magelang

Saifudin²
saifudinmmngil@uphoo.co.id
 Universitas Muhammadiyah Magelang

ABSTRAK

Start awal yang sulit dan menurunnya performansi mesin pada penggunaan etanol-premium dikarenakan perubahan *Reid Vapor Pressure* (RVP) bahan bakar dan kandungan energi yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan premium murni. Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakter penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah pada SI engine. Mode pengujian *Injection flow Test* selama 15 second dipilih untuk mengetahui bentuk semprotan bahan bakar dan perubahan volume injeksinya pada berbagai konsentrasi campuran dan tekanan kerjanya. Campuran etanol-premium yang menjadi objek penelitian adalah 5%, 10%, 15% dan 20%. Tekanan kerja dibawah standar, standar dan diatas standar diset untuk menentukan kecenderungan arah penyesuaian tekanan kerja yang dibutuhkan dalam penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah pada SI engine. Temperatur awal mesin diset pada 25 °C, 35 °C, dan 45 °C untuk mengetahui penyesuaian temperatur yang dilakukan supaya start awal penggunaan campuran etanol-premium dilakukan dengan mudah. Uji performansi engine dengan menggunakan *Engine Test Bench* dilakukan untuk mengetahui perubahan torsi dan daya pada penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa penambahan kadar etanol pada premium akan berkorelasi positif terhadap konsumsi bahan bakar. Start awal menghidupkan mesin pada penggunaan campuran etanol-premium kurang dari 10 % tidak menunjukkan gejala kesulitan start awal. Penggunaan campuran 15 % kesulitan start awal sampai pada temperatur engine 25° C, dan penggunaan campuran 20% kesulitan start awal sampai temperatur 30°C. Hasil pengujian performansi menunjukkan bahwa, performa mesin penggunaan campuran etanol premium kadar rendah, cenderung mengalami penurunan khususnya pada campuran etanol 10 %, akan tetapi performa mesin cenderung naik sejalan dengan meningkatnya kadar etanol.

Kata Kunci: Campuran etanol-premium, konsumsi bahan bakar, start awal dan performansi

I. Pendahuluan

Pemerintah Indonesia melalui keputusan presiden no. 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi mix nasional menargetkan penggunaan biofuel pada tahun 2025 sebesar 5%. Etanol merupakan sumber energy yang ramah lingkungan karena dapat terurai di alam (*Biodegradable*), serta tidak beracun dan tidak mengandung sulfur dan *aromatic* [1]. Etanol telah digunakan pada motor bakar torak sejak awal penemuan motor Otto[2]. Sejak tahun 2006 telah terjadi peningkatan besar dalam penggunaan etanol di AS [3].

Permasalahan pertama yang muncul ketika mencampur etanol dan premium adalah akan terjadi peningkatan RVP (*Reid Vapor Pressure*) bahan bakar campuran melampaui standar RVP Premium[4]. Permasalahan kedua adalah kesulitan start awal mesin khususnya

ketika pada kondisi lingkungan yang dingin. Permasalahan yang ketiga adalah etanol mempunyai nilai energi yang lebih rendah dari premium.

Pengaruh penambahan bioethanol dalam premium terhadap emisi gas formaldehid pada gas buang menurut sebanding dengan penambahan prosentase etanol dan meningkat sejalan dengan putaran mesin [5]. Penambahan kadar etanol yang semakin banyak akan mengakibatkan kondisi campuran bahan bakar dan udara yang semakin krus dan berpengaruh terhadap nilai RVP (*Reid Vapor Value*) [6]. Penambahan etanol pada premium untuk aplikasi motor Otto menunjukkan efek negatif berupa meningkatnya konsumsi bahan bakar dan efisiensi termal tetapi berdampak positif terhadap penurunan emisi gas buang[2]. Pengaruh setingan celah katup, waktu pengapian dan setingan tinggi pelampung

menunjukkan bahwa setingan celah katup mempunyai kontribusi yang paling besar dalam mempengaruhi respon emisi HC dan CO [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyempurnaan minor yang harus dilakukan pada penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah pada SI engine empat silinder.

II. Metode

Pengujian bentuk pengkabutan berbagai campuran etanol premium dilakukan dengan menggunakan alat *Injector Tester* dan kamera dengan resolusi 10 Mega Pixel. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Injector Tester Launch CNC-601A*, dengan mode pengujian *Injection Flow Test* selama 1.5 second. Selama proses pengujian direkam menggunakan sebuah kamera untuk mendapatkan sebuah file video hasil pengujian. File video ini kemudian dikonversi menjadi 30 frame dengan file JPG menggunakan software *Video to JPG Converter*. Hasil gambar yang paling jelas dipilih untuk dijadikan data bentuk pengkabutan. Pengujian ini juga menghasilkan data volume total penginjeksian bahan bakar selama waktu uji.

Pengujian kemudahan start awal dilakukan pada sebuah *engine test bench* dengan cara mengganti berbagai macam kadar campuran etanol-premium. Pembacaan temperature mesin dilakukan dengan sebuah engine scanner *Launch X 431*. Start awal mesin dikategorikan mudah start awal apabila waktu start kurang atau sama dengan 2 second.

Pengujian unjuk kerja mesin dilakukan pada *Engine test bench* dengan *water brake dynamometer*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik prestasi mesin pada penggunaan berbagai campuran etanol-premium.

a. Spesifikasi mesin uji

Spesifikasi mesin uji ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Spesifikasi mesin uji

Tipe Mesin:	G15A
Teri Silinder:	1483 cc / 4 Silinder
Diameter x Langkah:	73,0 x 94,5 mm
Daya Maksimum:	104-8000 ps/pm
Torsi Maksimum:	124-3000 Nm/rpm
Sistem Bahan Bakar:	Muti Point Injection

b. Desain pengujian

Desain pengujian dalam penelitian ini disajikan pada tabel 2, 3 dan 4 berikut:

Tabel 2. Desain pengujian bentuk pengkabutan

Bahan Bakar	Tekanan Injeksi			Spray pattern	Vol. akhir injeksi (mL)
	(2 Bar)	(3 Bar)	(4 Bar)		
E-00	-	✓	-		
E-05	✓	✓	✓		
E-10	✓	✓	✓		
E-15	✓	✓	✓		
E-20	✓	✓	✓		

Tabel 3. Desain pengujian kemudahan start awal

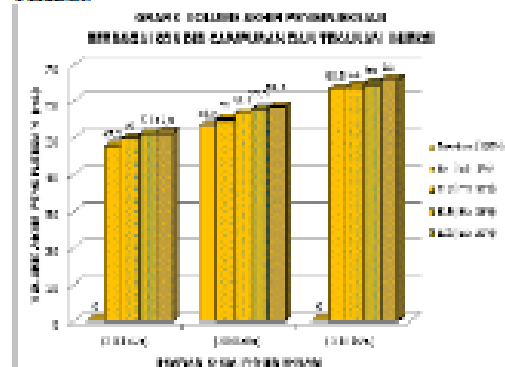
Bahan Bakar	Temperatur Mesin ^o					
	T = 25 °C		T = 35 °C		T = 45 °C	
	Sukar	Mudah	Sukar	Mudah	Sukar	Mudah
E - 05						
E - 10						
E - 15						
E - 20						

Tabel 4. Desain pengujian unjuk kerja mesin

Bahan Bakar	Gratik Torsi dan Daya mesin uji
E - 00	
E - 05	✓
E - 10	✓
E - 15	✓
E - 20	✓

III. Hasil dan Pembahasan

Penambahan kadar etanol pada premium dan penambahan tekanan kerja penginjeksian memberikan kecenderungan peningkatan jumlah total volume penginjeksian. Grafik volume akhir penginjeksian berbagai campuran dan tekanan injeksinya disajikan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Grafik volume akhir penginjeksian berbagai kondisi campuran dan tekanan injeksi

Penggunaan premium 100% dengan tekanan standard operasi mesin dengan mode pengujian tersebut menghasilkan volume akhir sebesar 53,5mL. Pada penggunaan E-05, E-10, E-15 dan E-20, pada tekanan standard operasi mesin

masing-masing sebesar 55,0 mL, 56,5 mL, 57,5 mL dan 58 mL.

Dari data tersebut mengindikasikan bahwa penambahan kadar etanol pada premium akan berkorelasi positif terhadap konsumsi bahan bakar. Hal ini disebabkan karena nilai *specific gravity* etanol sedikit lebih besar dibandingkan dengan premium. Bentuk pengkabutan berbagai campuran etanol-premium dan tekanan penginjeksian disajikan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Bentuk pengkabutan berbagai campuran etanol-premium dan tekanan penginjeksian

Dari Gambar 2 menunjukkan bentuk pengkabutan (*spray pattern*) secara visual, tidak begitu terlihat perbedaannya pada berbagai kadar campuran etanol-premium kadar rendah dengan variasi tekanan penginjeksian.

Hasil pengujian kemudahan start awal mesin disajikan pada Tabel 5 berikut:

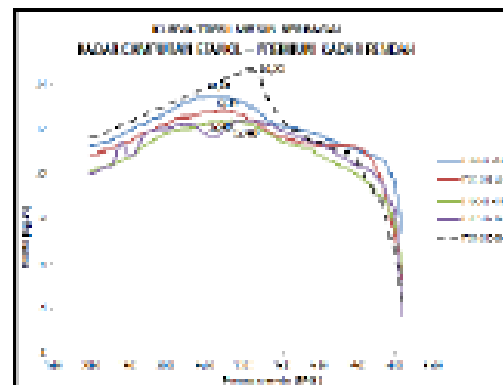
Tabel 5. Kemudahan start awal berbagai campuran etanol-premium.

Bahan Bakar	Temperatur Mesin ^a		
	T = 25 °C	T = 35 °C	T = 45 °C
E - 00	Mudah	Mudah	Mudah
E - 05	Mudah	Mudah	Mudah
E - 10	Mudah	Mudah	Mudah
E - 15	Sulit (3 second)	Mudah	Mudah
E - 20	Sulit (3,5 second)	Sulit (2,5 second)	Mudah

Dari tabel diatas terlihat bahwa untuk campuran etanol-premium kurang atau sama dengan 10% tidak menjadikan masalah pada saat start awal mesin. Pada campuran etanol 15 %, kesulitan start awal terjadi pada temperatur pendingin 25 °C, yaitu start awal terjadi selama 3 second, sedangkan pada campuran etanol 20%, kesulitan start awal terjadi pada temperatur coolant 25°C, selama 3,5 second dan pada temperatur coolant 35°C selama 2,5 Second. Fenomena ini disebabkan karena etanol mempunyai nilai *Reid Pressure Vapor (RPV)* yang lebih rendah dari premium, sehingga campuran bahan bakar dengan kadar etanol

semakin tinggi akan mengakibatkan tekanan penguapan yang semakin rendah / *RPV* menurun, sehingga akan menyebabkan kecenderungan bahan bakar yang sulit menguap. Kondisi ini yang menyebabkan kesulitan awal menghidupkan mesin khususnya pada kondisi start awal pada temperatur yang rendah.

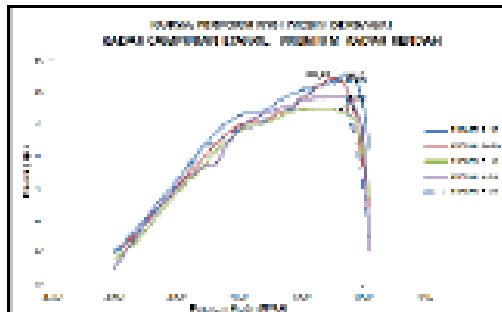
Hasil pengujian torsi mesin berbagai campuran etanol-premium kadar rendah disajikan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Kurva torsi mesin penggunaan berbagai campuran etanol-premium kadar rendah

Dari kurva torsi diatas terlihat bahwa, penggunaan premium murni (E-00) untuk putaran rendah sampai putaran 4000 rpm lebih tinggi dari penggunaan campuran etanol-premium. *Peak torsi* penggunaan E-00 sebesar 14,70kg.m. pada penggunaan E-05, E-10, E15 dan E20, peak torsi masing-masing sebesar 13,5 kg.m, 12,80 kg.m, 12,40 kg.m dan 12,40 kg.m. Dari grafik diatas juga terlihat bahwa pada putaran mesin uji sebesar 4500 rpm keatas torsi yang dihasilkan dari penggunaan premium murni menunjukkan performansi yang menurun dibandingkan dengan penggunaan campuran etanol-premium kadar rendah. Kondisi ini disebabkan karena sifat etanol yang mempunyai *RVP* lebih rendah dan *specific gravity* yang lebih besar, sehingga pada putaran yang semakin tinggi (kevakuman *intake manifold* yang semakin rendah) *injector* dari *system* bahan bakar akan mengeluarkan lebih banyak bahan bakar yang mempunyai *specific gravity* yang lebih besar.

Grafik daya mesin berbagai campuran etanol-premium kadar rendah disajikan pada Gambar 4 berikut,



Gambar 4. Kurva daya mesin penggunaan berbagai campuran etanol-premium kadar rendah

Dari gambar kurva daya mesin diatas terlihat bahwa, penggunaan E-10 mendapatkan peak power yang paling kecil, yaitu sebesar 74,9 Hp, E-05 sebesar 78,46 Hp, E-15 sebesar 83,52 dan E-20 sebesar 84,83 Hp. Penggunaan premium murni (E-00) mendapatkan peak power sebesar 83,88 Hp. Penambahan etanol sampai 20% menunjukkan korelasi positif terhadap kenaikan daya maksimum (peak power) mesin uji.

Penambahan etanol pada premium secara teoritik akan menaikkan nilai oktan bahan bakar, menurunkan energy content, menurunkan Reid Pressure Vapor (RVP) dan menaikkan specific gravity bahan bakar. Dari pengujian menggunakan injector tester, dengan menggunakan mode pengujian Injection Flow Test selama 15 second, penambahan kadar etanol sampai 20% pada premium pada tekanan operasi yang sama menunjukkan korelasi positif pada volume penginjeksian. Kondisi ini selaras dengan hasil pengujian performansi mesin yang menunjukkan naiknya peak power dengan penambahan kadar etanol sampai 20 %.

IV. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan kadar etanol pada premium memberikan kecenderungan jumlah total volume penginjeksian.
2. Pengaruh sulit start dingin penggunaan campuran etanol premium kadar rendah terjadi pada kondisi campuran lebih 10% etanol.
3. Performa mesin penggunaan campuran etanol premium kadar rendah, cenderung mengalami penurunan

khususnya pada campuran etanol 10 %, akan tetapi performa mesin cenderung naik sejalan dengan meningkatnya kadar etanol.

V. Referensi

- [1]. Newsletter Indonesian Commercial. 2008. Perkembangan Industri Biofuel di Indonesia. <http://www.datacom.co.id/Biofuel2008Ind.html>. Diakses, 13 Nopember 21013.
- [2]. Setiyawan, Atok. 2012. Kajian Eksperimental Pengaruh Etanol pada Premium Terhadap Karakteristik Pembakaran Kondisi Atmosferik dan Bertakanan di Motor Silinder Tunggal Injeksi. *Ditserani*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- [3]. James W. Weaver, Sheldon A. Skaggs, David L. Spidle, Guthrie C. Stone. 2009. Composition and Behavior of Fuel Ethanol. United States Environmental Protection Agency.
- [4]. Egeböck, Prof. Roger Westerholm & Prof. Karl-Erik, 2005. Blanding Of Ethanol In Gasoline For Spark Ignition Engine, *Thesis*. Stockholm University, Stockholm.
- [5]. Irryat, Cristina N.N. Ria Lectari dan Mok.h., 2010 www.ftulitb.ac.id. [Online] [Cited: November 13, 2013.]
- [6]. Rong-Horng Chen, et.al. 2011. Cold-start Emissions of an SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuel. *Elsevier*, pp. 1463-1467.
- [7]. B. Waluyo, Saifudin. 2012. Optimasi Setingan Mesin Pada Penggunaan Gaschol E15 Dengan Metode Taguchi Untuk Mendapatkan Emisi HC dan CO Yang Rendah. *Seminar Nasional Teknik Mesin 7. UK Petra*. 21 Juni 2012, Surabaya, Indonesia Hal. 015 - 020.