



**PENGARUH BIOETANOL TERHADAP *LAMBDA*
DAN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR
EMPAT TAK SATU SILINDER
BERBAHAN BAKAR PREMIUM**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Oleh

Mukhamad Fauzi NIM. 5201410026
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, S1

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2015

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Bioetanol terhadap *Lambda* dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder Berbahan Bakar Premium” disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan arahan dosen pembimbing.

Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Semarang, 29 Juni 2015



Mukhamad Fauzi
NIM: 5201410026

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Mukhamad Fauzi

NIM : 5201410026

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1

Judul : Pengaruh Bioetanol Terhadap *Lambda* dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder Berbahan Bakar Premium

telah dipertahankan di depan penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia ujian,

Ketua : Dr. Muhammad Khumaedi, M.Pd.
NIP. 196209131991021001

(Muhammad Khumaedi)

Sekretaris : Wahyudi, S.Pd., M.Eng.
NIP. 198003192005011001

(Wahyudi)

Pembimbing utama : Dewan penguji,
Drs. Ramelan, M.T.
NIP. 195009151976031002

(Ramelan)

Penguji I : Drs. M. Burhan R.W., M.Pd.
NIP. 196302131988031001

(M. Burhan R.W.)

Penguji II : Wahyudi, S.Pd., M.Eng.
NIP. 198003192005011001

(Wahyudi)

Ditetapkan di Semarang

Tanggal : 11-08-2015

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

(Muhammad Harlanu)
Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP. 196602151991021001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- *Bismillah...Lillah...Alhamdulillah.*
- Tetap berusaha, *manjadda wajadda.*

Persembahan:

Dengan mengucap *Alhamdulillah*, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Ibu dan ayah saya yang selalu mendoakan dan memotivasi saya.
2. Saudara-saudara saya yang saya sayangi.
3. Teman-teman *Colony Foundation* yang membantu saya menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman-teman PTM dan yang lainnya.

ABSTRAK

Mukhamad Fauzi, 2015. Pengaruh Bioetanol Terhadap *Lambda* dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder Berbahan Bakar Premium, Drs. Ramelan, M.T.

Kelangkaan bahan bakar minyak dan kualitas udara yang semakin memburuk memberikan pengaruh terhadap kehidupan. Meningkatnya volume kendaraan menambah kedua permasalahan menjadi semakin parah. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan bahan bakar alternatif yaitu bioetanol. Permasalahan yang dimunculkan dalam penelitian ini adalah (1) bagaimana pengaruh komposisi bioetanol terhadap perubahan *lambda* dan kandungan emisi gas buang sepeda motor empat tak satu silinder berbahan bakar premium? (2) pada komposisi campuran bioetanol dan premium berapakah kendaraan dapat menghasilkan emisi gas buang yang baik? Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengetahui pengaruh konsentrasi bioetanol yang ditambahkan pada bahan bakar terhadap *lambda* dan emisi gas buang pada sepeda motor empat tak satu silinder berbahan bakar premium, dan (2) melakukan kajian eksperimental *lambda* dan hasil pembakaran dari bahan bakar premium dan campuran bioetanol-premium pada tiap varian untuk menentukan jumlah kandungan bioetanol yang tepat yang ditambahkan pada premium supaya menghasilkan emisi gas buang yang baik.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan statistika deskriptif. Variabel bebas yang digunakan adalah bahan bakar E0, E10, E20, E30, E40, dan E50. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah *lambda* dan kandungan emisi gas buang. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah sepeda motor empat tak satu silinder bersama spesifikasinya, temperatur oli mesin 60-80 °C, dan variasi putaran mesin 1500, 2000, dan 2500 rpm.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh pencampuran bioetanol pada premium terhadap kandungan emisi gas buang dan *lambda*. Kandungan emisi CO terendah diperoleh dari penggunaan E50 pada putaran 2500 rpm sebesar 1,16 %vol. Kandungan emisi HC terendah diperoleh dari penggunaan E20 pada putaran 2500 rpm sebesar 85 ppm vol, jadi hasil penelitian ini masih baik karena di bawah nilai ambang batas berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006. Nilai *lambda* mengalami peningkatan seiring jumlah konsentrasi bioetanol yang ditambahkan ke premium, namun mendekati ideal seiring putaran mesin yang meningkat. Penambahan bioetanol yang efektif untuk menurunkan kadar emisi maksimal 20%. Saran dari penulis untuk peneliti yang akan melakukan penelitian sejenis atau pengembangan terhadap rancangan ini, disarankan untuk dapat melakukan modifikasi pada sistem bahan bakar, pengapian, dan konstruksi mesin.

Kata kunci: Bioetanol, Emisi gas buang, *Lambda*.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur saya haturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan kasih sayang-Nya sehingga dapat terselesaikan skripsi ini yang berjudul "Pengaruh Bioetanol Terhadap *Lambda* dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder Berbahan Bakar Premium" untuk memenuhi persyaratan dalam mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu proses pengerjaan skripsi ini, diantaranya:

1. Drs. Ramelan M.T., dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Faturachman, Rektor Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. M. Harlanu, M.Pd, Dekan Fakultas Teknik.
4. Dr. Muhammad Khumaedi M.Pd., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah memberikan ijin untuk penelitian ini.
5. Wahyudi S.Pd., M.Eng sebagai Ketua Prodi Pendidikan Teknik Mesin.
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuannya.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk setiap kalangan.

Semarang, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
F. Penegasan Istilah.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
A. Landasan Teori	8
1. Motor Bakar.....	8
2. Bahan Bakar.....	9
3. Sifat Fisik Bahan Bakar Cair	11
4. Sumber Emisi atau Polusi di Bumi	12
5. Emisi Gas Buang.....	13
6. Teori Pembentukan CO dan HC pada Emisi Gas Buang	14
7. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Sesuai Peraturan Pemerintah	15
8. Kandungan Emisi Gas Buang Yang Baik	16
9. AFR (<i>Air Fuel Ratio</i>)	16

	10. Perhitungan Rumus-rumus Pembakaran Kimia Bioetanol (C ₂ H ₅ OH) dan Premium (C ₃ H ₁₈)	17
	11. Rumus Reaksi Pembakaran dan Penghitungan AFR untuk Variasi Bahan Bakar E10, E20, E30, E40, dan E50	23
	12. Pengaruh Penambahan Bioetanol Terhadap Emisi Gas Buang.....	24
	13. Perjalanan BBM menuju BBN	25
	B. Kerangka Berfikir	26
BAB III	METODE PENELITIAN.....	28
	A. Diagram Alur Penelitian.....	28
	B. Jenis Penelitian	28
	C. Variabel Penelitian.....	29
	1. Variabel Bebas	29
	2. Variabel Terikat	29
	3. Variabel Kontrol	29
	4. Teknik Pengumpulan Data	30
	5. Teknik Analisis Data.....	30
	6. Alat dan Bahan.....	31
	D. Skema Penelitian.....	32
	E. Prosedur Penelitian	33
	1. Persiapan.....	33
	2. Pelaksanaan Penelitian	33
	3. Penutupan	34
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	35
	A. Hasil Penelitian.....	35
	B. Pembahasan	42
	C. Keterbatasan Penelitian	50
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	52
	A. Kesimpulan.....	52
	B. Saran.....	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar kualitas udara ambien	2
Tabel 2. Tingkat pencemaran udara di Semarang	2
Tabel 3. Perbandingan Sifat Fisik Antara Etanol dengan Bensin	11
Tabel 4. Pengaruh konsentrasi CO dalam darah terhadap kesehatan.	13
Tabel 5. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.	15
Tabel 6. Hasil uji emisi sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2009.	24
Tabel 7. Hasil uji laboratorium kandungan bahan bakar	35
Tabel 8. Hasil pengujian kandungan emisi CO dalam % vol.	37
Tabel 9. Hasil pengujian kandungan emisi CO ₂ dalam % vol.	38
Tabel 10. Hasil pengujian kandungan emisi HC dalam ppm vol.	39
Tabel 11. Hasil pengujian besar nilai λ	40
Tabel 12. Hasil pengujian besar nilai konsumsi bahan bakar (ml/menit).	41
Tabel 13. Hasil mentah pengujian kandungan emisi CO dalam % vol	79
Tabel 14. Hasil mentah pengujian kandungan emisi CO ₂ dalam % vol	79
Tabel 15. Hasil mentah pengujian kandungan emisi HC dalam ppm vol.	79
Tabel 16. Hasil mentah pengujian kandungan emisi O ₂ dalam % vol.	79
Tabel 17. Data λ setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran mesin	80
Tabel 18. Data konsumsi bahan bakar	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Prinsip kerja motor empat langkah.....	8
Gambar 2. Diagram alur penelitian.....	28
Gambar 3. Skema penelitian	32
Gambar 4. Grafik Hasil pengujian kandungan emisi CO dalam % vol.....	37
Gambar 5. Grafik Hasil pengujian kandungan emisi CO ₂ dalam % vol.....	38
Gambar 6. Grafik Hasil pengujian kandungan emisi HC dalam ppm vol	39
Gambar 7. Grafik Hasil pengujian besar nilai <i>lambda</i> (λ).....	40
Gambar 8. Grafik Hasil pengujian besar konsumsi bahan bakar (ml/menit).....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Dosen Pembimbing.....	56
Lampiran 2. Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana.	57
Lampiran 3. Surat ijin penelitian Laboratorium TMBGB FT UGM.	58
Lampiran 4. Surat ijin penelitian Laboratorium Otomotif FT UNNES.....	59
Lampiran 5. Laporan hasil uji bahan bakar di Laboratorium TMBGB FT UGM.	60
Lampiran 6. Hasil penelitian uji emisi dan <i>lambda</i> di Laboratorium Otomotif FT UNNES.....	61
Lampiran 7. Data kandungan unsur emisi sebelum diambil rata-ratanya.....	79
Lampiran 8. Dokumentasi.....	81
Lampiran 9. Prosedur penggunaan alat uji emisi Stargas 898	83
Lampiran 10. Spesifikasi <i>tune up</i> sepeda motor.....	87

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pidato presiden Susilo Bambang Yudoyono pada tanggal 27 September 2005 menyatakan, saat ini persediaan minyak bumi Indonesia sudah mulai menipis dan dalam jangka waktu 18 tahun akan habis (Prihandana, dkk, 2008:25). Untuk menjamin pasokan energi dalam negeri maka pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional dan Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain. Bahan bakar nabati harus mulai ditingkatkan penggunaannya guna mengatasi krisis bahan bakar minyak.

Kendaraan bermotor, selain memasok penggunaan bahan bakar minyak dalam jumlah besar, perkembangan volume lalu lintas di perkotaan Indonesia yang mencapai 15% pertahun merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar dimana 70% pencemaran udara diperkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor (Kusminingrum dan Gunawan). Pencemaran udara tersebut disebabkan oleh emisi gas buang yang buruk.

Salah satu yang mempengaruhi kandungan emisi gas buang adalah kualitas pembakaran yang ditentukan salah satunya oleh kualitas campuran udara dengan bahan bakar. Istilah untuk menyebutkan perbandingan campuran antara udara dan bahan bakar yang digunakan untuk proses pembakaran biasa disebut *Air Fuel Ratio* (AFR). Secara teori, AFR ideal untuk bahan bakar bensin adalah 14,7:1,

artinya untuk membakar 1 gram bensin dibutuhkan 14,7 gram udara. Kenyataan di lapangan terkadang tidak selalu sesuai dengan teori. Untuk membandingkan antara kondisi nyata dengan teori, dirumuskan suatu perhitungan yang disebut dengan istilah *lambda* (λ), jika jumlah udara yang tersedia untuk pembakaran sesuai dengan teori ($\lambda=1$), berarti campuran tersebut ideal, memungkinkan pembakaran terjadi sempurna. Selain jumlah udara, untuk membantu tercapainya pembakaran yang baik adalah dengan kualitas bahan bakar yang baik.

Kondisi lingkungan yang sangat memprihatinkan memaksa pemerintah juga mengeluarkan peraturan tentang standar kualitas udara yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 tahun 1999 tentang standar kualitas udara ambien adalah seperti ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Standar kualitas udara ambien

Parameter	Baku mutu yang diperkenankan
NO _x	0,05 ppm/24 jam
CO	20 ppm/8 jam
SO _x	0,10 ppm/24 jam
O ₃	0,10 ppm/24 jam
SPM ₁₀	100 ppm/24 jam
HC	0,24 ppm/3 jam

(Sumber: Kusminingrum dan Gunawan)

Penelitian juga dilakukan untuk mengukur interval tingkat pencemaran udara di Semarang yang menghasilkan data:

Tabel 2. Tingkat pencemaran udara di Semarang

Parameter	Hasil pengukuran
NO _x	0,003-0,490 ppm/24 jam
CO	0,64-5,68 ppm/8 jam
SO _x	0,003-0,040 ppm/24 jam
O ₃	0,020-0,040 ppm/24 jam
SPM ₁₀	41,0-189,0 ppm/24 jam
HC	2,50-5,12 ppm/3 jam

(Sumber: Kusminingrum dan Gunawan).

Data di atas menunjukkan adanya polutan yang melebihi standar yaitu pada parameter NO_x, SPM₁₀, dan HC. Berbagai upaya dilakukan pemerintah untuk mengatasi pencemaran udara yang terjadi diantaranya penerapan peraturan pemerintah tentang ambang batas emisi yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006.

Kehadiran teknologi pengangkut beban dan massa tidak dapat dipisahkan dalam kebutuhan hidup, karena sangat membantu dalam memecahkan masalah. Munculnya permasalahan diatas, tidak mungkin mengambil langkah solusi berupa menghentikan secara mendadak penggunaan minyak bumi untuk bahan bakar kendaraan bermotor. Langkah alternatif yang dapat diambil untuk dapat menghemat cadangan minyak bumi dan mengurangi polusi salahsatunya dengan menemukan alternatif bahan bakar yang lebih ramah lingkungan.

Bioetanol atau yang sering disebut alkohol, merupakan bahan bakar yang berasal dari biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Biomassa merupakan sumber daya yang terbarui karena jumlahnya yang berlimpah, berkesinambungan dan berpotensi sebagai alternatif bahan bakar untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Beberapa fungsi penambahan bioetanol pada bahan bakar adalah sebagai (a) *octane booster*, artinya mampu menaikkan angka oktan dengan dampak positif pada efisiensi bahan bakar dan mesin; (b) *oxygenating agent*, yakni mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran dan meminimalkan pencemaran udara; dan (c) *fuel extender*, yaitu menghemat bahan bakar fosil. (Prihandana, dkk, 2008:25).

Berdasarkan permasalahan di atas, maka penulis akan mengadakan penelitian yang diharapkan dapat mengatasi hal tersebut dengan menggunakan bahan bakar alternatif bioetanol yang tertuang dalam skripsi berjudul “Pengaruh

Bioetanol Terhadap *Lambda* dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder Berbahan Bakar Premium”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh komposisi bioetanol terhadap perubahan *lambda* dan kandungan emisi gas buang sepeda motor empat tak satu silinder berbahan bakar premium?
2. Pada komposisi campuran bioetanol dan premium berapakah kendaraan dapat menghasilkan emisi gas buang yang baik?

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah, maka peneliti membatasi permasalahan pada:

1. Bahan bakar yang digunakan untuk penelitian adalah premium murni (E_0), campuran bioetanol 10% + premium 90% (E_{10}), campuran bioetanol 20% + premium 80% (E_{20}), campuran bioetanol 30% + premium 70% (E_{30}), campuran bioetanol 40% + premium 60% (E_{40}), dan campuran bioetanol 50% + premium 50% (E_{50}).
2. Peneliti menggunakan variasi putaran mesin 1500, 2000, dan 2500 rpm.
3. Sepeda motor empat tak satu silinder yang digunakan adalah sepeda motor Honda Beat tahun 2010.
4. Alat ukur emisi yang digunakan adalah emisi tester STARGAS 898.
5. Kandungan gas emisi yang dihitung adalah CO, CO₂, HC, O₂, dan *lambda* (λ).

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi bioetanol yang ditambahkan pada bahan bakar terhadap *lambda* dan emisi gas buang pada sepeda motor empat tak satu silinder berbahan bakar premium.
2. Melakukan kajian eksperimental *lambda* dan hasil pembakaran dari bahan bakar premium dan campuran bioetanol-premium pada tiap varian untuk menentukan jumlah kandungan bioetanol yang tepat yang ditambahkan pada premium supaya menghasilkan emisi gas buang yang baik.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat:

1. Penghematan pada penggunaan bahan bakar minyak dengan memanfaatkan bahan bakar alternatif yaitu bioetanol.
2. Peningkatkan kualitas bahan bakar dengan cara penambahan bioetanol pada premium sehingga menghasilkan emisi yang ramah lingkungan.

F. Penegasan Istilah

1. Bioetanol

Bioetanol atau alkohol adalah senyawa hidrokarbon berupa gugus *hydroxyl* (-OH) dengan 2 atomkarbon (C). Spesies alkohol yang banyak digunakan adalah $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ yang disebut metil alkohol (metanol), $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ yang disebut iso propil alkohol (IPA) atau propanal-2 (Prihandana, dkk, 2008:26).

2. Premium

Premium merupakan bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kuning jernih. Warna tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (*dye*) (Prihandana, dkk, 2008: 4).

3. *Lambda*

Lambda adalah suatu nilai yang mengindikasikan seberapa besar penyimpangan jumlah udara dalam campuran dibandingkan dengan kebutuhan secara teori (Susantyadan Pramudijanto :2).

Teori stoikiometri menjelaskan bahwa untuk membakar 1 gram bensin membutuhkan 14,7 gram udara. Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa rumus *Lambda* adalah sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah udara sesungguhnya}}{\text{jumlah udara sesuai teori stoikiometri}}$$

4. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin.

5. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006 merupakan peraturan pemerintah yang memberikan acuan jumlah kadar CO dan HC yang diijinkan yang terkandung dalam emisi gas buang.

6. Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder

Sepeda motor empat tak satu silinder adalah sepeda motor bermesin satu silinder yang menghasilkan tenaga dengan melakukan empat langkah

kerja terlebih dahulu. Empat langkah kerja tersebut adalah langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang.

BAB II

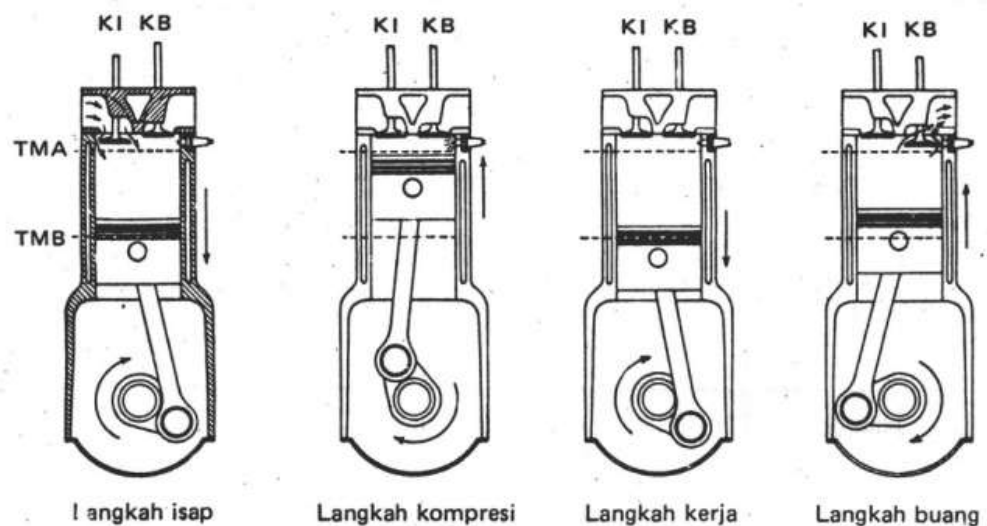
LANDASAN TEORI

A. Landasan Teori

1. Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu jenis mesin penggerak dengan memanfaatkan proses pembakaran yang mengubah energi kalor menjadi energi mekanik (Raharjo dan Karnowo, 2008:65). Motor bakar dibagi menjadi dua jenis, yaitu motor pembakaran dalam, proses pembakaran terjadi di dalam motor bakar itu sendiri, dan motor pembakaran luar, yang memperoleh energi dari proses pembakaran luar.

Piston pada sepeda motor empat tak harus melakukan empat langkah untuk mendapatkan tenaga melalui proses pembakaran. Empat langkah tersebut yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang.



Gambar 1. Prinsip kerja motor empat langkah
(Setiawan, 2012)

Langkah hisap yaitu ketika piston bergerak dari TMA ke TMB, katup hisap membuka dan katup buang menutup. Kondisi ini menyebabkan volume ruang bakar dan kevakuman meningkat, sehingga tekanan di dalam silinder menurun. Udara masuk ke dalam ruang silinder karena terdorong oleh tekanan atmosfer di luar silinder. Bahan bakar secara otomatis akan terhisap menuju ruang silinder karena kevakuman tersebut.

Langkah kompresi yaitu ketika campuran bahan bakar sudah masuk ke ruang silinder, piston bergerak dari TMB ke TMA, katup hisap dan katup buang menutup, campuran bahan bakar terkompresi. Penyempitan ruangan yang terjadi pada langkah ini menyebabkan tekanan dan suhu meningkat. Mendekati langkah akhir kompresi, busi memercikkan bunga api dan terjadilah pembakaran.

Langkah usaha yaitu ketika bahan bakar yang terkompresi dibakar oleh percikan bunga api yang dihasilkan dari busi, katup hisap dan katup buang masih menutup. Meledaknya bahan bakar karena percikan bunga api dari busi menyebabkan tekanan dan suhu meningkat drastis. Torak terdorong oleh tekanan tersebut menuju TMB menghasilkan gaya dorong untuk memutar poros engkol.

Langkah buang yaitu piston bergerak dari TMB ke TMA, katup hisap menutup dan katup buang membuka, gas buang terdorong keluar oleh gerakan piston.

2. Bahan Bakar

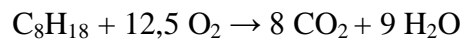
Menurut Suprpto (2004:6), bahan bakar adalah bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembakaran. Berdasarkan asalnya, bahan bakar

dibagi menjadi bahan bakar nabati, bahan bakar mineral, dan bahan bakar fosil. Berdasarkan bentuknya, ada bahan bakar padat, bahan bakar cair, dan bahan bakar gas.

a. Premium

Premium merupakan bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kuning jernih warna tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (*dye*) (Prihandana, dkk, 2008: 4).

Adapun rumus kimia untuk pembakaran pada bensin premium dengan oksigen adalah sebagai berikut:



Pembakaran di atas diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna.

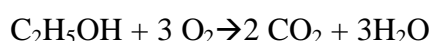
b. Bioetanol

Bioetanol atau yang sering disebut alkohol, merupakan bahan bakar yang berasal dari biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Biomassa merupakan sumber daya yang terbarui karena jumlahnya yang berlimpah dan berkesinambungan sehingga berpotensi sebagai alternatif bahan bakar untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Bioetanol atau alkohol adalah senyawa hidrokarbon berupa gugus *hydroxyl* (-OH) dengan 2 atom karbon (C). Spesies alkohol yang banyak digunakan adalah $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ yang disebut metil alkohol (metanol), $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ yang disebut iso propil alkohol (IPA) atau propanal-2 (Prihandana, dkk, 2008:26).

Beberapa fungsi penambahan bioetanol adalah sebagai (a) *octane booster*, artinya mampu menaikkan angka oktan dengan dampak positif pada efisiensi bahan bakar dan menyelamatkan mesin; (b) *oxygenating agent*, yakni mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran dan meminimalkan pencemaran udara; dan (c) *fuel extender*, yaitu menghemat bahan bakar fosil. (Prihandana, dkk, 2008:25).

Adapun rumus kimia untuk pembakaran pada bioetanol dengan oksigen adalah sebagai berikut:



Pembakaran di atas diasumsikan semua bioetanol terbakar dengan sempurna.

3. Sifat Fisik Bahan Bakar Cair

Wiratmaja (2010: 147-148) menjelaskan sifat fisik bahan bakar minyak yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

- a. *Specific Gravity* adalah perbandingan berat bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama.
- b. Titik Nyala (*flash point*) adalah suhu pada uap di atas permukaan bahan bakar minyak yang akan terbakar dengan cepat apabila nyala api didekatkan padanya, sedangkan titik bakar (*fire point*) adalah temperatur pada keadaan dimana uap di atas permukaan bahan bakar minyak terbakar secara kontinyu jika nyala api didekatkan padanya.
- c. Temperatur Penyalaan Sendiri (*Auto-Ignition Temperature*) adalah temperatur terendah yang diperlukan untuk terbakar sendiri dalam *container standard* dengan udara atmosfer dengan tanpa bantuan nyala bunga api.
- d. Viskositas (*viscosity*) adalah suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan atau hambatan atau ketahanan suatu bahan bakar untuk mengalir.
- e. Nilai Kalor (*heating value*) adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara atau oksigen.

Tabel 3. Perbandingan Sifat Fisik Antara Etanol dengan Bensin

<i>Property</i>	<i>Ethanol</i>	<i>Gasoline</i>
<i>Chemical formula</i>	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\text{C}_4 - \text{C}_{10}$
<i>Composition % weight Carbon</i>	52,2	85 – 88

<i>Hydrogen</i>	13,1	12 – 15
<i>Oxygen</i>	34,7	0
<i>Octane Number</i>		
<i>Research Octane</i>	108	90 – 100
<i>Motor Octane</i>	92	81 – 90
<i>Density (lb/gal)</i>	6,61	6,0 – 6,5
<i>Boiling temp. (F)</i>	172	80 – 437
<i>Freezing Point (° F)</i>	-173,22	-40
<i>Flash Point (° F)</i>	55	-45
<i>Auto Ignition Temp. (° F)</i>	793	495
<i>Heating value</i>		
<i>Higher (Btu/gal)</i>	84100	124800
<i>Lower (Btu / gal)</i>	76000	115000
<i>Specific heat Btu/lb °F</i>	0,57	0,48
<i>Stoichiometric air/ fuel, weight</i>	9	14,7

Sumber: www.afdc.doe.gov dalam Wiratmaja (2010:149)

4. Sumber Emisi atau Polusi di Bumi

Sumber pencemaran udara yang berasal dari sumber alamiah seperti letusan gunung berapi, gempa bumi yang mengeluarkan zat radioaktif yaitu radon, aerosol di lautan, peluruhan H₂S, CO₂, dan ammonia, nitrifikasi dan denitrifikasi biologi, petir atau loncatan listrik yang dapat memecahkan molekul N₂ menjadi NO, kebakaran hutan yang terjadi karena kemarau.

Sumber pencemaran udara yang berasal dari aktifitas manusia diantaranya, aktifitas industri yang menghasilkan gas berbahaya seperti *Chloro Fluoro Carbon* (CFC), emisi kendaraan bermotor, asap rokok, ledakan, persampahan seperti dekomposisi, pembakaran sampah, pertanian seperti pupuk, pembakaran biomassa, sawah tepatnya dari proses perendaman jerami yang mengeluarkan CO₂.

5. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuanganmesin. Beberapa gas yang

terkandung dalam emisi gas buang adalah HC (hidrokarbon), CO (karbon monoksida), NO (nitrogen oksida), dan Pb (timah hitam). Masing-masing gas tersebut mempunyai bahaya masing-masing pada kadar tertentu.

HC merupakan gas yang terdiri dari ikatan hidrogen dan karbon. Adanya HC dalam gas buang karena ada sebagian bahan bakar yang tidak terbakar karena pembakaran yang tidak sempurna. Gas sisa yang meninggalkan ruang pembakaran pada mesin SI mengandung lebih dari 6000 ppm komponen hidrokarbon, setara dengan 1-1,5% dari bahan bakar (Pulkrabek: 278).

Solikin (1997:155) menyatakan dampak HC, pada konsentrasi 100 ppm dapat menyebabkan iritasi membran mukosa dimana mata terasa pedih. Menghirup udara yang mengandung HC dengan konsentrasi 3000 ppm selama ½-1 jam akan menyebabkan lemas. Pada konsentrasi 20000 ppm selama 5-10 menit dapat menyebabkan kematian. Pada tanaman, HC dapat menghambat pertumbuhan daun dan kematian bagian bunga.

CO merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau tapi beracun. Ketersediaan oksigen yang tidak cukup untuk mengubah semua karbon menjadi CO₂, beberapa bahan bakar tidak terbakar dan beberapa karbon menjadi CO, biasanya sisa dari mesin sekitar 0,2% hingga 5% karbon monoksida (Pulkrabek: 285).

CO mempunyai kekuatan untuk diikat haemoglobin 200 kali lebih kuat daripada oksigen. Faktor penting yang menentukan pengaruh CO pada manusia adalah konsentrasi COHb (CO dalam Hb) semakin besar pengaruhnya pada manusia ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh konsentrasi CO dalam darah terhadap kesehatan.

Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Pengaruh pada kesehatan
<1,0	Tidak ada pengaruhnya
1,0-2,0	Penampilan tidak normal
2,0-5,0	Pengaruh pada sistem syaraf sentral, reaksi panca indra tidak normal, pandangan kabur. Perubahan fungsi jantung dan pulmonary. Kepala pening, mual-mual, berkunang-kunang, pingsan,

sukar bernapas, kematian.

Sumber: Solikin (1997:155)

NO merupakan gas yang tidak berwarna dan berbau. Gas sisa dari mesin dapat mengandung nitrogen oksida lebih dari 2000 ppm (Pulkrabek: 285).

Tugaswati menyatakan, data epidemiologi tentang bahaya NO_2 pada manusia belum lengkap, maka evaluasinya didasarkan pada data eksperimen menggunakan binatang percobaan. Pengaruh yang membahayakan seperti misalnya meningkatnya kepekaan terhadap radang saluran pernafasan, dapat terjadi setelah mendapat pajanan sebesar $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Percobaan pada manusia menyatakan bahwa kadar NO_2 sebesar $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat mengganggu fungsi saluran pernafasan pada penderita asma dan orang sehat.

Arismunandar (1988:87) dalam Solikin (1997:155) menyatakan, timah hitam keluar dari knalpot dalam bentuk partikel yang sangat halus, adanya polutan pb karena pada bensin diberikan bahan tambah berupa $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ yaitu *tetra ethyl lead* sebagai upaya untuk meningkatkan angka oktan.

6. Teori Pembentukan CO dan HC pada Emisi Gas Buang

Bahan bakar akan habis terbakar jika pembakaran terjadi secara sempurna, namun hal ini sangat sulit dicapai karena kondisi mesin di lapangan yang senantiasa mengalami perubahan. Pembakaran yang tidak sempurna melepaskan hidrokarbon yang tidak terbakar dan juga menghasilkan CO yang berbahaya bagi kesehatan.

Kadar HC yang tinggi pada emisi dapat disebabkan oleh campuran yang kaya, biasanya terjadi pada putaran mesin rendah. Pada putaran rendah, saat pengapian cenderung dimundurkan sehingga pembakaran terlambat menyebabkan ada sebagian bahan bakar tidak terbakar. Bentuk ruang bakar yang rumit akan sulit dijangkau oleh api pembakaran, menyebabkan bahan

bakar pada daerah tersebut sulit terbakar. Bahan bakar yang tidak terbakar akan keluar bersama gas buang sehingga konsentrasi HC menjadi tinggi.

Kadar CO yang tinggi pada emisi juga dapat disebabkan oleh campuran yang kaya, yang terjadi pada putaran mesin rendah, karena pada putaran rendah, saat pengapian cenderung dimundurkan sehingga pembakaran terlambat yang menyebabkan sebagian unsur C dan O tidak berubah menjadi CO₂. Rendahnya temperatur pembakaran juga menyebabkan reaksi pembakaran tidak mampu mengubah unsur C dan O menjadi CO₂, karena suhu yang dibutuhkan untuk membentuk CO₂ lebih besar dari pada pembentukan CO yang menyebabkan emisi mengandung kadar CO yang tinggi.

7. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Sesuai Peraturan Pemerintah

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006, tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama menjelaskan,

Tabel 5. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	4,5	12000	idle
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	5,5	2400	Idle
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	≥ 2010	4,5	2000	idle

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.

8. Kandungan Emisi Gas Buang yang Baik

Kandungan emisi gas buang yang sempurna adalah ketika bahan bakar terbakar sempurna tanpa menghasilkan sisa, namun hal ini sulit untuk tercapai mengingat kondisi mesin yang mempengaruhi proses dan hasil pembakaran sehingga sebagai patokan yang digunakan untuk mengukur emisi yang baik adalah keputusan yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006.

9. AFR (*Air Fuel Ratio*)

Menurut Syahrani, (2006:263) *Air Fuel Ratio* adalah perbandingan udara dan bahan bakar (bensin) yang masuk ke dalam ruang bakar mesin. Teori stoikiometri menyatakan AFR yang ideal adalah 14,7:1, artinya untuk membakar 1 gram bensin dibutuhkan 14,7 gram udara untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna. AFR yang terbentuk tidak selalu secara teoritis, karena pada kenyataannya mesin bekerja pada kondisi yang tidak konstan tergantung beban yang dibawa oleh mesin.

Untuk menghitung seberapa besar penyimpangan jumlah udara dalam campuran dibandingkan dengan kebutuhan secara teori dirumuskan suatu perhitungan yang disebut dengan istilah *Lambda*. Secara sederhana, dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah udara sesungguhnya}}{\text{jumlah udara sesuai teori stoikiometri}}$$

jika udara sesungguhnya 14,7, maka:

$$\begin{aligned}\lambda &= 14,7/14,7 \\ &= 14,7/14,7 = 1,0\end{aligned}$$

artinya:

$\lambda = 1$, berarti campuran ideal, karena yang terjadi pada kondisi nyata tersebut sesuai dengan teori stoikiometri.

$\lambda > 1$, berarti campuran kurus, udara yang dimasukkan lebih banyak dari kebutuhan teori.

$\lambda < 1$, berarti campuran gemuk, udara yang dimasukkan kurang dari kebutuhan teori.

10. Perhitungan Rumus-rumus Pembakaran Kimia Bioetanol (C_2H_5OH) dan Premium (C_8H_{18}).

a. Pembakaran Sempurna dengan Oksigen Senyawa C_2H_5OH .

Setiap proses pembakaran membutuhkan oksigen. Jumlah oksigen yang dibutuhkan disesuaikan dengan kebutuhan senyawa yang dibakar dan menghasilkan hasil pembakaran yang setara dengan jumlah senyawa sebelum proses pembakaran, atau tidak menyisakan sisa pembakaran. Proses ini secara teori disebut proses pembakaran yang sempurna.

Rumus pembakaran sempurna C_2H_5OH dengan oksigen adalah sebagai berikut:



Rumus pembakaran diatas belumbisa dikatakan setimbang, karena jumlah unsur C, H, dan O pada sisi kiri (sebelum proses pembakaran) tidak sesuai dengan jumlah unsur C, H, dan O pada sisi kanan (setelah proses pembakaran), maka untuk menemukan persamaan reaksi yang setimbang dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:



untuk pembakaran sempurna 1 molekul senyawa $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dibutuhkan a mol unsur O_2 dan menghasilkan b molekul unsur CO_2 dan c molekul unsur H_2O . Untuk menentukan besarnya a , b , dan c maka digunakan cara sebagai berikut:

UNSUR	SISI KIRI	SISI KANAN
C	2	b
H	6	$2c$
O	$1 + 2a$	$2b + c$
Maka:	$2 = b$	

$$6 = 2c \rightarrow c = 6/2 = 3$$

$$1 + 2a = 2b + c$$

$$1 + 2a = 2(2) + 3 = 7$$

$$2a = 7 - 1 = 6$$

$$a = 6/2 = 3$$

Setelah menemukan besaran nilai a , b , dan c , maka selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus pembakaran $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ sehingga menjadi:



untuk membakar 1 molekul senyawa $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ membutuhkan 3 molekul O_2 dan menghasilkan 2 molekul CO_2 dan 3 molekul H_2O .



untuk membakar 2 molekul senyawa $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ membutuhkan 6 molekul O_2 dan menghasilkan 4 molekul CO_2 dan 6 molekul H_2O .

b. Pembakaran Sempurna dengan Oksigen Senyawa C_8H_{18}

Serupa dengan perhitungan di atas, maka rumus pembakaran sempurna C_8H_{18} dengan oksigen adalah sebagai berikut:



UNSUR	SISI KIRI	SISI KANAN
C	8	b
H	18	$2c$
O	$2a$	$2b + c$

Maka: $8 = b$

$$18 = 2c \rightarrow c = 18/2 = 9$$

$$2a = 2b + c$$

$$2a = 2(8) + 9 = 25$$

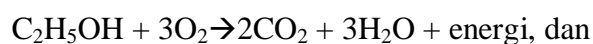
$$a = 25/2 = 12,5$$

sehingga rumus pembakaran sempurna yang terjadi untuk senyawa C_8H_{18} adalah



untuk membakar 1 molekul senyawa C_8H_{18} membutuhkan 12,5 molekul O_2 dan menghasilkan 8 molekul CO_2 dan 9 molekul H_2O .

Membandingkan rumus-rumus pembakaran sempurna dengan oksigen antara



kesimpulannya bahwa oksigen yang dibutuhkan untuk membakar senyawa bioetanol lebih sedikit dibandingkan oksigen yang dibutuhkan untuk membakar bensin. Gas hasil pembakaran bioetanolpun lebih

sedikit dibandingkan hasil pembakaran bensin. Hal ini membuktikan bahwa bahan bakar bioetanol lebih ramah lingkungan.

- c. Penghitungan Pembakaran antara Bahan Bakar dengan Udara di dalam Mesin Otto.

Pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam mesin otto tidak lagi dengan oksigen murni tetapi dengan bantuan udara. Udara di bumi mengandung berbagai unsur penyusun di dalamnya, diantaranya 78% per satuan volume gas Nitrogen (N_2), 21% per satuan volume gas Oksigen (O_2), dan 1% per satuan volume untuk berbagai gas dengan persentase yang sangat kecil.

Udara yang masuk ke dalam ruang bakar bersama bahan bakar terdiri dari 78% N_2 dan 21% O_2 dan untuk 1% yang terdiri dari berbagai gas tidak ikut ke dalam perhitungan karena persentase setiap gas yang sangat kecil.

Rumus pembakaran etanol dengan udara yang terjadi adalah



Kondisi motor bakar sangat bervariasi namun jika pembakaran terjadi secara sempurna, maka akan menghasilkan reaksi seperti rumus di atas.

Rumus pembakaran bensin dengan udara yang terjadi adalah



untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, maka dibutuhkan komposisi udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar. Perbandingan udara dan bahan bakar selanjutnya disebut dengan *AFR (Air Fuel Ratio)*.

$$\text{AFR} = \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} \text{ (Pulkrabek:56)}$$

Sebelum melakukan penghitungan AFR, kita harus mengetahui masing-masing Ar dari setiap unsur yang terkandung dalam bahan bakar dan udara. Nilai masing-masing Ar adalah H=1, C=12, N=14, dan O=16 (Bambang, 5).

Pembakaran etanol dengan oksigen:

$$\text{AFR}_{\text{stoi}} = \frac{\text{Massa Oksigen}}{\text{Massa etanol}} = \frac{3 \times (2 \times \text{Ar O})}{1 \times (2 \times \text{Ar C} + 6 \times \text{Ar H} + 1 \times \text{Ar O})} = \frac{3 \times 32}{1 \times 46} = 2,08$$

Pembakaran etanol dengan udara:

$$\begin{aligned} \text{AFR}_{\text{stoi}} &= \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa etanol}} = \frac{3 \times (2 \times \text{Ar O} + 3,71 \times (2 \times \text{Ar N}))}{1 \times (2 \times \text{Ar C} + 6 \times \text{Ar H} + 1 \times \text{Ar O})} \\ &= \frac{3 \times (32 + 51,95)}{1 \times 46} = \frac{407,64}{46} = 8,87 \end{aligned}$$

Pembakaran bensin dengan oksigen:

$$\text{AFR}_{\text{stoi}} = \frac{\text{Massa Oksigen}}{\text{Massa bensin}} = \frac{12,5 \times (2 \times \text{Ar O})}{1 \times (8 \times \text{Ar C} + 18 \times \text{Ar H})} = \frac{12,5 \times 32}{96 + 18} = 3,51$$

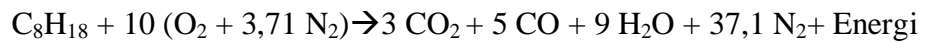
Hasil penghitungan AFR di atas didapatkan dari massa oksigen dibagi dengan massa bensin murni atau tanpa memperhitungkan unsur zat penambah pada bensin.

Pembakaran bensin dengan udara:

$$\begin{aligned} \text{AFR}_{\text{stoi}} &= \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bensin}} = \frac{12,5 \times (2 \times \text{Ar O} + 3,71 \times (2 \times \text{Ar N}))}{1 \times (8 \times \text{Ar C} + 18 \times \text{Ar H})} \\ &= \frac{12,5 \times (32 + 103,8)}{114} = \frac{1698,5}{114} = 14,90 \end{aligned}$$

Hasil penghitungan AFR di atas didapatkan dari massaudara dibagi dengan massa bensin murni atau tanpa memperhitungkan unsur zat penambah pada bensin.

Campuran udara dan bahan bakar yang terjadi terlalu gemuk, dengan kata lain udara yang bercampur dengan bahan bakar terlalu sedikit dari standar AFR yang ideal, maka contoh pembakaran yang terjadi adalah sebagai berikut;

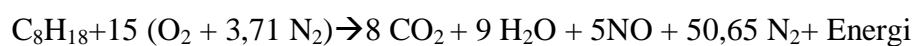


Sisa pembakaran menghasilkan gas CO, salah satu yang berbahaya bagi kesehatan, karena kurangnya O₂ untuk bereaksi dengan unsur C yang seharusnya berubah menjadi CO₂ setelah pembakaran.

Penghitungan AFR untuk pembakaran di atas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bensin}} &= \frac{10 \times (2 \times \text{Ar O} + 3,71 \times (2 \times \text{Ar N}))}{1 \times (8 \times \text{Ar C} + 18 \times \text{Ar H})} \\ &= \frac{10 \times (32 + 103,8)}{114} = \frac{1358}{114} = 11,91 \end{aligned}$$

Campuran udara dan bahan bakar yang terjadi terlalu kurus, dengan kata lain udara yang bercampur dengan bahan bakar terlalu banyak dari standar AFR yang ideal, maka contoh pembakaran yang terjadi adalah sebagai berikut;



Terdapat sisa gas NO pada hasil pembakaran. Campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kurus dapat menyebabkan mesin cepat panas.

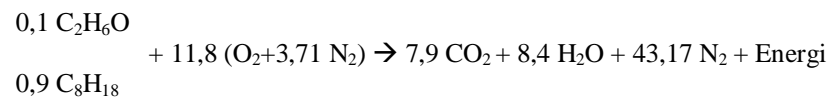
Penghitungan AFR untuk pembakaran di atas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bensin}} &= \frac{15 \times (2 \times \text{Ar O} + 3,71 \times (2 \times \text{Ar N}))}{1 \times (8 \times \text{Ar C} + 18 \times \text{Ar H})} \\ &= \frac{15 \times (32 + 103,8)}{114} = \frac{2037}{114} = 17,87 \end{aligned}$$

11. Rumus Reaksi Pembakaran dan Penghitungan AFR untuk Variasi Bahan Bakar E10, E20, E30, E40, dan E50

Kita perlu mengetahui massa udaradan massa bahan bakar sebelum melakukan penghitungan. Massa udara adalah 135,88, massa bioetanol adalah 46, dan massa bensin adalah 114.

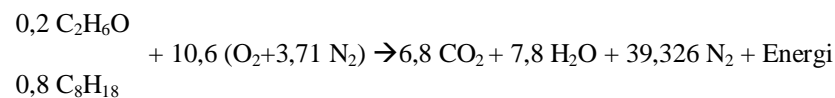
- Rumus Reaksi Pembakaran E10



- AFR Bahan Bakar E10

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{11,8 \times (32 + 103,8)}{(0,1 \times 46) + (0,9 \times 114)} = 14,576$$

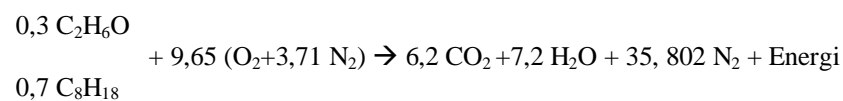
- Rumus Reaksi Pembakaran E20



- AFR Bahan Bakar E20

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{10,6 \times (32 + 103,8)}{(0,2 \times 46) + (0,8 \times 114)} = 14,345$$

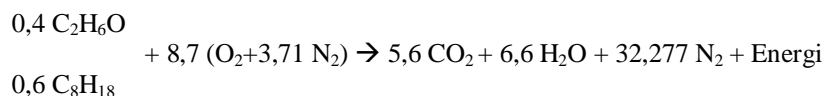
- Rumus Reaksi Pembakaran E30



- AFR Bahan Bakar E30

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{9,65 \times (32 + 103,8)}{(0,3 \times 46) + (0,7 \times 114)} = 14,1297$$

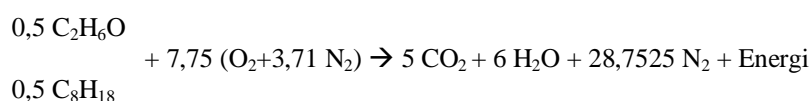
- Rumus Reaksi Pembakaran E40



- AFR Bahan Bakar E40

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{8,7 \times (32+103,8)}{(0,4 \times 46) + (0,6 \times 114)} = 13,619$$

- Rumus Reaksi Pembakaran E50



- AFR Bahan Bakar E50

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{7,75 \times (32+103,8)}{(0,5 \times 46) + (0,5 \times 114)} = 13,163$$

12. Pengaruh Penambahan Bioetanol Terhadap Emisi Gas Buang

Penambahan bioetanol terhadap bahan bakar premium akan menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik. Hal ini sesuai dengan sifat fisik bioetanol yang mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran dan meminimalkan pencemaran udara.

Variasi campuran bahan bakar premium-etanol terhadap kadar gas polutan CO dan HC pada sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2009.

Hasil rata-rata uji emisi dapat dibaca pada tabel 6 berikut :

Tabel 6. Hasil uji emisi sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2009

	E0	E15	E30	E45
CO (%)	1,40	1,087	0,88	0,24
HC (ppm)	442,33	506	629,33	697,67

Sumber: Suparyanto, dkk

13. Perjalanan BBM menuju BBN

Pada tahun 192, di USA bensin ditambah zat aditif berupa timbal atau timah hitam yang bernama *Tetra Ethyl Lead* (TEL) oleh Thomas Midgley di pusat riset General Motor (Prihandana, dkk, 2008:10). *Tetra Ethyl Lead* (TEL) adalah zat aditif yang berfungsi sebagai anti *knocking*, juga untuk meningkatkan angka oktan. TEL merupakan suatu paduan kimia yang terdiri dari ikatan antara karbon(C) dan timbal (Pb) dengan formula kimianya adalah $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$.

Timbal dengan rumus kimia $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$ yang ditambahkan ke bensin berfungsi untuk meningkatkan angka oktan dan sebagai pelumas antara katup mesin dan dudukannya, namun berbahaya bagi kesehatan manusia (Prihandana, dkk, 2008:10). Pengaruh timbal berada di udara, konsentrasi $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menyebabkan peningkatan kadar timbal dalam darah antara 2,5-5,3 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Sementara ambang batas WHO sebesar $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ (Prihandana, dkk, 2008:12).

Penelitian UNPAD menunjukkan bahwa di Bandung 40% polisi lalu lintas dan 30% supir angkot memiliki kadar Pb dalam darah sebesar $40 \mu\text{g}/\text{dl}$, Yogyakarta $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Makasar $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (dampak 90% anak-anak usia sekolah memiliki kadar timbal $10 \mu\text{g}/\text{dl}$), dan Semarang $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal yang sama terjadi di Surabaya dan Surakarta (Prihandana, dkk, 2008:13).

Melalui Program Langit Biru dan SK Menteri Pertambangan dan Energi No. 1585.k/32-MPE/1999, tanggal 13 Oktober 1992, pemerintah berupaya untuk menghapus bensin bertimbal. salah satunya dengan penggunaan aditif *methyl tertiary butyl ether* (MTBE). MTBE adalah senyawa organik beroksigen berfungsi meningkatkan pembakaran mesin. Dampaknya mengurangi emisi bahan bakar seperti karbon monoksida (CO). MTBE

merupakan zat yang tidak mengalami perombakan (*nondegradable*) dan suka air (*hidrofil*) sehingga mencemari air.

Dalam upaya memperoleh bensin bebas timbal, pemerintah menetapkan penggunaan *high octane motorgas component* (HOMC), yakni bahan baku pembuatan bensin (premium) yang memiliki oktan tinggi yang diterapkan secara bertahap.

Produksi HOMC membutuhkan biaya sangat mahal. Deputi Direktur Pemasaran dan Niaga Pertamina menyatakan bahwa harga jual HOMC sebesar US\$90, sehingga penggantian timbal membutuhkan biaya sekitar Rp 1,5-Rp 1,8 triliun/tahun. Dampaknya, keuntungan Pertamina turun sekitar US\$11 juta/bulan atau sekitar Rp 99 miliar (Prihandana, dkk, 2008:16).

Upaya pemerintah selanjutnya dalam mengatasi permasalahan lingkungan dan bensin bebas timbal adalah dengan mengeluarkan INPRES no.1 tahun 2006 penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain.

B. Kerangka Berfikir

Kualitas bahan bakar mempengaruhi kesempurnaan pembakaran yang menghasilkan emisi yang baik. Banyak permasalahan muncul yang disebabkan oleh kandungan emisi gas buang yang buruk dari kendaraan bermotor seperti permasalahan lingkungan seperti pemanasan global, dan permasalahan kesehatan seperti sesak nafas, pusing, kanker paru-paru bahkan kematian. Hal tersebut dikarenakan kandungan emisi mengandung unsur-unsur yang berbahaya, selain permasalahan di atas, cadangan minyak bumi sekarang juga sudah mulai menipis.

Berbagai cara dilakukan untuk mengatasi permasalahan diatas, salah satunya dengan menemukan alternatif bahan bakar yang lebih ramah lingkungan,

berlimpah dan terbaharui, misalnya penggunaan bahan bakar nabati seperti bioetanol.

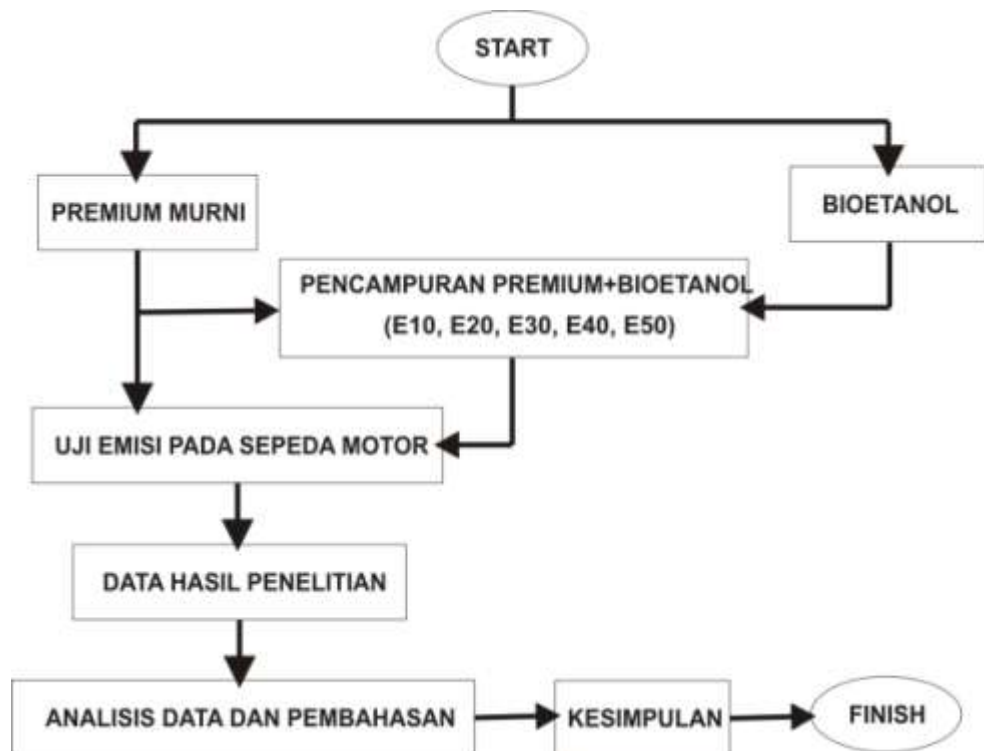
Pencampuran bahan bakar antara premium dan bioetanol dengan komposisi tertentu mampu menciptakan pembakaran yang lebih sempurna, karena bioetanol bersifat *oxygenating agent* atau mengandung oksigen.

Bioetanol mempunyai rumus kimia C_2H_5OH , sedangkan premium mempunyai rumus kimia C_8H_{18} . Dengan kata lain bioetanol mempunyai 2 atom C, 6 atom H, dan 1 atom O, sedangkan premium mempunyai 8 atom C, dan 18 atom H, artinya etanol mempunyai unsur oksigen sedangkan tidak untuk premium sehingga kandungan bioetanol dapat membantu proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Pembakaran yang lebih sempurna akan lebih memungkinkan menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram alur penelitian.

B. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebab akibat yang muncul berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti. Perlakuan tersebut adalah pengaruh pemakaian bahan bakar E_0 , E_{10} , E_{20} , E_{30} , E_{40} , dan E_{50} terhadap perubahan λ dan kandungan emisi gas buang pada sepeda motor empat tak yang diukur menggunakan alat ukur STARGAS 898.

C. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas atau variabel *independent* merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 2009:39).

Pada penelitian ini, variabel bebas meliputi bahan bakar premium murni tanpa campuran bioetanol (E_0), campuran premium 90%,bioetanol 10% (E_{10}), campuran premium 80%,bioetanol 20% (E_{20}), campuran premium 70% bioetanol 30% (E_{30}), campuran premium 60%,bioetanol 40% (E_{40}), dan campuran premium 50%,bioetanol 50% (E_{50}).

2. Variabel Terikat

Variabel terikat atau variabel *dependent* merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2009:39).

Pada penelitian ini, variabel terikat meliputi *lambda* dan kandungan emisi gas buang pada sepeda motor empat tak satu silinder.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas terhadap terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti (Sugiyono, 2009:41).

Variabel kontrol pada penelitian ini meliputi:

- a) Sepeda motor empat tak satu silinder bersama spesifikasinya.
- b) Temperatur oli mesin 60-80 °C (temperatur kerja mesin).
- c) Variasi putaran mesin 1500, 2000, dan 2500 rpm.

4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini melalui referensi dan uji laboratorium emisi.

a. Referensi

Kegiatan mengumpulkan dan mengkaji informasi dari berbagai literatur seperti internet, buku, jurnal, dan sebagainya yang berkaitan dengan pengaruh bioetanol dan premium terhadap emisi gas buang serta alat pengukur *gas analyzer*.

b. Uji Laboratorium Emisi

Kegiatan mengumpulkan data penelitian melalui pengujian emisi gas buang berbahan bakar bioetanol yang dilakukan di laboratorium emisi menggunakan alat emisi gas buang.

5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif. Menurut Sugiyono (2009: 147), statistik deskriptif adalah statistik yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum.

Data yang didapatkan dari hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik dan kalimat untuk memberikan gambaran setiap perubahan yang terjadi yang bertujuan agar data tersebut mudah dimengerti dan dipahami sehingga mudah pula untuk ditarik kesimpulannya dari perbedaan emisi gas buang dari mesin yang menggunakan premium dan dari mesin yang menggunakan campuran bioetanol dengan berbagai komposisi.

6. Alat dan Bahan

a. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) *Burret tester*, alat untuk menampung bahan bakar.
- 2) *Blower*/kipas angin, untuk menjaga suhu kerja mesin.
- 3) *Tachometer*, untuk mengatur putaran mesin.
- 4) Emisi tester STARGAS 898, untuk menguji kandungan emisi gas buang. Dengan spesifikasi alat:
 - a) *Power*: 270V 50-60Hz
 - b) *Max consumption*: 70W
 - c) *Working temperature* : 5^oto40^o celcius
 - d) *Measurement range*: 0 to 99.9% res.0, 1
 - e) *Exhaust smoke temperature*: 0^o to 600^oC res. 1^oC
 - f) *Power supply*: 12-0-12 volt

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sepeda motor Honda Beat tahun 2010, dengan spesifikasi:
 - 1) Tipe mesin: 4 langkah, SOHC
 - 2) Sistem pendinginan: Pendinginan udara dengan kipas
 - 3) Diameter x langkah: 50 x 55 mm
 - 4) Volume langkah: 108 cc
 - 5) Perbandingan kompresi: 9,2 : 1
 - 6) Busi: ND U24EPR9, NGK CPR8EA-9

- 7) Aki: 12V - 3 Ah (tipe MF)
 - 8) Sistem pengapian: DC - CDI, Baterai
 - 9) Karburator: VK22 x 1
- b. Premium murni tanpa campuran (E_0), diperoleh dari pembelian di SPBU Patemon, E_{10} (campuran bioetanol 10 % dan premium 90 %), E_{20} (campuran bioetanol 20 % dan premium 80 %), E_{30} (campuran bioetanol 30 % dan premium 70 %), E_{40} (campuran bioetanol 40 % dan premium 60 %), E_{50} (campuran bioetanol 50 % dan premium 50 %). Bioetanol yang digunakan merupakan produksi dari Merck KGaA, Jerman.

D. Skema Penelitian



Gambar 3. Skema penelitian

E. Prosedur Penelitian

1. Persiapan

Sebelum melaksanakan penelitian, menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Mempersiapkan bahan bakar premium dan bioetanol, serta campuran bioetanol dan premium dari E₁₀ hingga E₅₀. Memastikan bahwa alat uji emisi dapat digunakan dengan baik dengan kelengkapan sempurna. Memastikan alat bekerja sesuai fungsinya dan dapat memberikan data yang akurat. Mempersiapkan instrument penelitian dan alat keselamatan dan kesehatan kerja agar tidak terjadi kecelakaan kerja.

2. Pelaksanaan Penelitian

- a. Mempersiapkan alat, bahan, dan instrumen penelitian.
- b. Melaksanakan *tune up* untuk sepeda motor Honda Beat guna mendapatkan kondisi standar sepeda motor. Spesifikasi *tune up* terlampir.
- c. Memasang selang *burret* ke saluran masuk bahan bakar pada karburator, isi dengan premium murni (E₀).
- d. Menghidupkan *blower* guna menjaga mesin agar tidak *overheating*.
- e. Menghidupkan sepeda motor ± 5 menit untuk mendapatkan panas kerja mesin yang optimal.
- f. Memasang dan menyetting instalasi alat emisi.
- g. Melakukan pengukuran emisi sesuai prosedur penggunaan alat uji. Pengujian dilakukan pada bahan bakar E₀ hingga E₅₀. Pengukuran dilakukan berulang sebanyak dua kali. Prosedur penggunaan alat uji emisi terlampir.

- h. Mencetak hasil pengukuran. Matikan alat uji emisi.
 - i. Bersihkan, bereskan, dan simpan alat dan bahan.
3. Penutupan
- a. Matikan *blower* dan mesin.
 - b. Bersihkan, bereskan, dan simpan alat dan bahan sesuai prosedur

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Uji Laboratorium Bahan Bakar

Uji laboratorium bahan bakar dilakukan untuk mengetahui karakter masing-masing variasi bahan bakar (E10, E20, E30, E40, E50). Pengujian ini dilakukan di laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada pada tanggal 20 Agustus 2014.

Data hasil penelitian karakter bahan bakar adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil uji laboratorium kandungan bahan bakar

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan					Metode Pemeriksaan
			E10	E20	E30	E40	E50	
1	Specific Gravity at 60/60 °F	-	0.7370	0.7408	0.7428	0.7533	0.7619	ASTM D 1298
2	RVP (Reid Vapour Pressure) 100 °F	Kpa	68	40	34	23	15	ASTM D 323
3	Distilasi ASTM							ASTM D 86
	IBP	°C	41.5	42.5	43	43.5	45.5	
	10 % vol. evap	°C	49.5	52.5	52.5	53.5	55.5	
	50 % vol. evap	°C	66	68	69.5	72.5	75	
	90 % vol. evap	°C	145	142	142	134	80	
	FBP	°C	185	188	186	184.5	186	
	Recovery	% vol.	98.5	98.0	98.8	98.5	98.8	
	Residue	% vol.	1.4	1.3	1.0	1.2	1.0	
	Total Recovery	% vol.	99.9	99.3	99.8	99.7	99.8	
	Loss	% vol.	0.1	0.7	0.2	0.3	0.2	

Sumber: Laporan Hasil Uji nomor: 034/H.1.17/TK/TMBGB/PL/2014

2. Uji Laboratorium Emisi

Data penelitian didapatkan dari hasil penelitian uji emisi yang dilakukan pada tanggal 29 Oktober 2014 di Laboratorium Teknik Mesin FT UNNES menggunakan mesin sepeda motor empat tak satu silinder merk Honda Beat. Parameter yang diteliti adalah data emisi dan *lambda* pada setiap variasi bahan bakar sedangkan data laju konsumsi bahan bakar sebagai tambahan data.

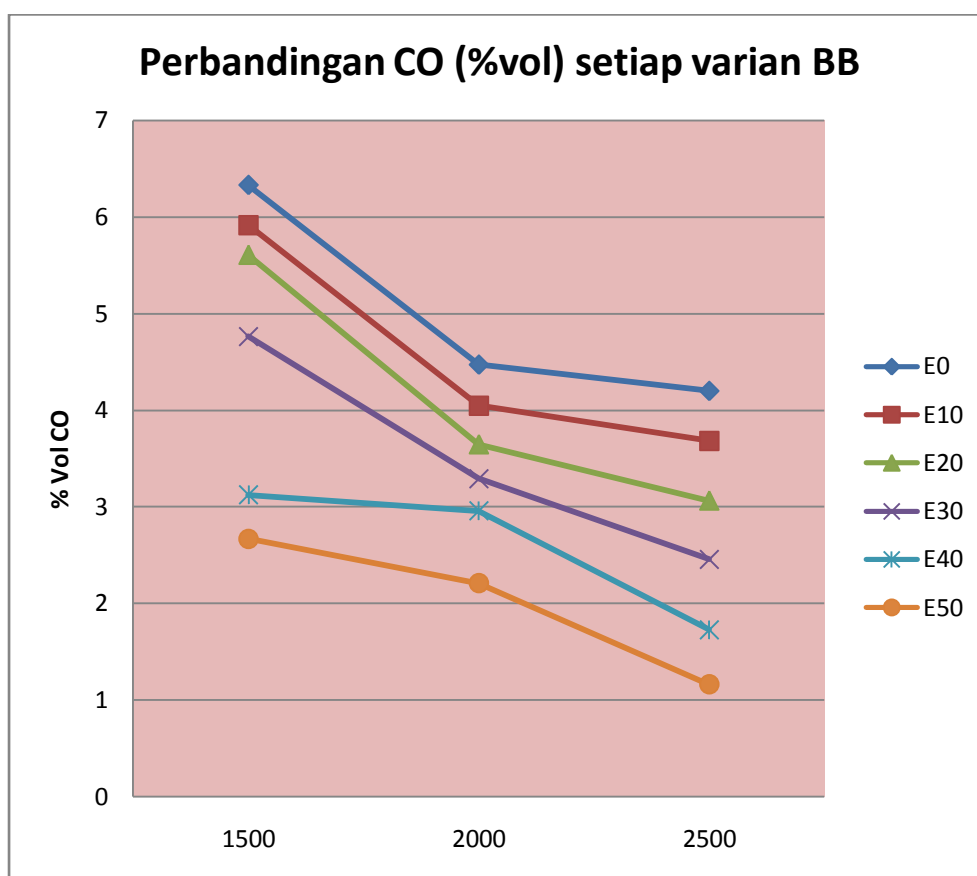
Bahan bakar yang digunakan antara lain bahan bakar premium murni (E0), campuran bioetanol 10% dan premium 90% (E10), campuran bioetanol 20% dan premium 80% (E20), campuran bioetanol 30% dan premium 70% (E30), campuran bioetanol 40% dan premium 60%, dan campuran bioetanol 50% dan premium 50% (E50).

Variasi putaran mesin yang digunakan adalah 1500, 2000, dan 2500 rpm, sehingga akan didapatkan besar nilai kandungan emisi dan besar konsumsi bahan bakar pada setiap variasi bahan bakar di setiap putaran mesin. Hasil pengujian kandungan emisi dan konsumsi bahan bakar terlampir pada tabel di bawah ini:

Tabel 8. Hasil pengujian kandungan emisi CO dalam % vol

RPM	Konsentrasi CO (% vol)					
	E0	E10	E20	E30	E40	E50
1500	6.33	5.92	5.61	4.76	3.12	2.67
2000	4.47	4.05	3.65	3.30	2.96	2.21
2500	4.20	3.68	3.06	2.46	1.73	1.16

Berdasarkan tabel di atas, agar mudah memahami maka data angka tersebut digambarkan melalui grafik berikut:



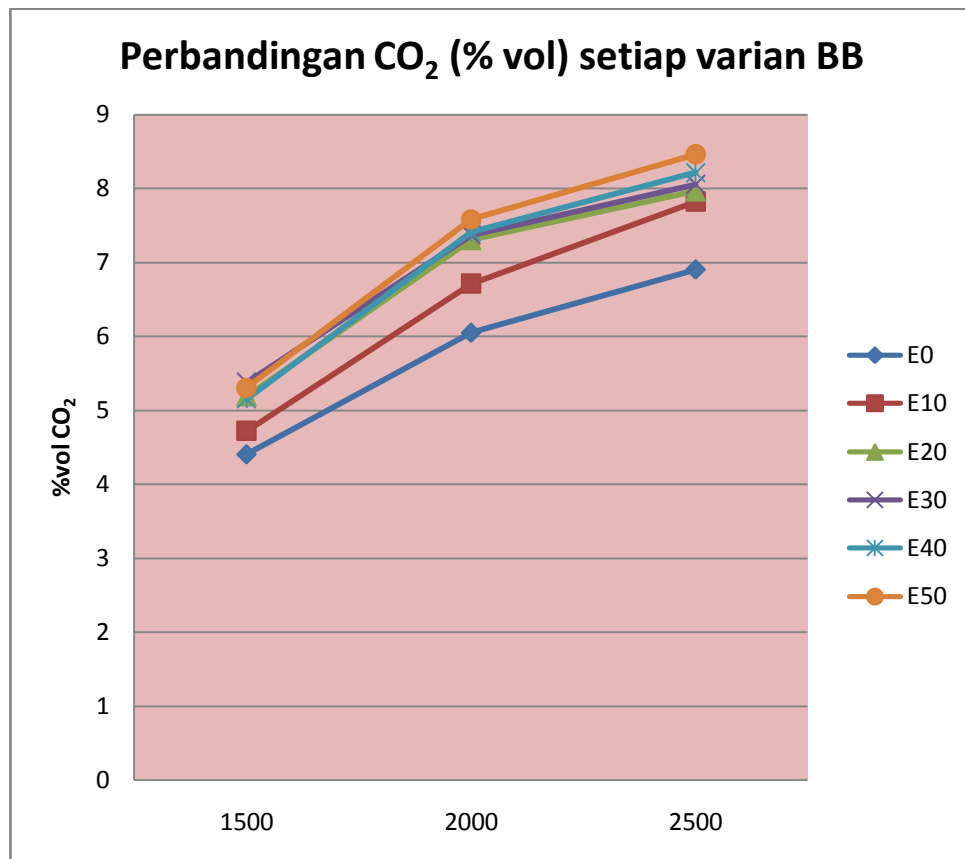
Gambar 4. Grafik Hasil pengujian kandungan emisi CO dalam % vol

Grafik pada gambar 4 menunjukkan besarnya kadar CO yang terkandung dalam emisi gas buang yang dihasilkan oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.

Tabel 9. Hasil pengujian kandungan emisi CO₂ dalam % vol

RPM	Konsentrasi CO ₂ (% vol)					
	E0	E10	E20	E30	E40	E50
1500	4.41	4.72	5.09	5.38	5.16	5.31
2000	6.05	6.72	7.31	7.37	7.41	7.59
2500	6.91	7.82	7.96	8.06	8.22	8.46

Berdasarkan tabel di atas, agar mudah memahami maka data angka tersebut digambarkan melalui grafik berikut:

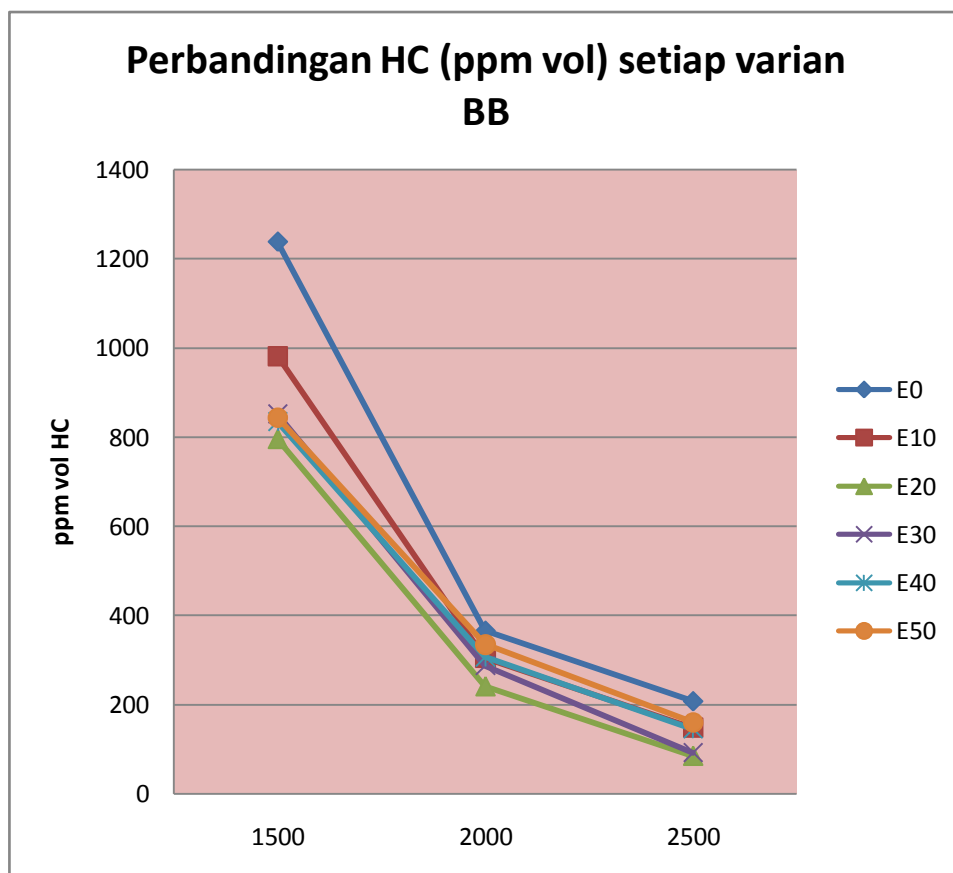
Gambar 5. Grafik Hasil pengujian kandungan emisi CO₂ dalam % vol

Grafik pada gambar 5 menunjukkan besarnya kadar CO₂ yang terkandung dalam emisi gas buang yang dihasilkan oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.

Tabel 10. Hasil pengujian kandungan emisi HC dalam ppm vol

RPM	Konsentrasi HC (ppm vol)					
	E0	E10	E20	E30	E40	E50
1500	1238	981.5	796	851.5	834.5	844
2000	365.5	305	241	287.5	307	335
2500	207.5	148	85	92	145.5	160.5

Berdasarkan tabel di atas, agar mudah memahami maka data angka tersebut digambarkan melalui grafik berikut:



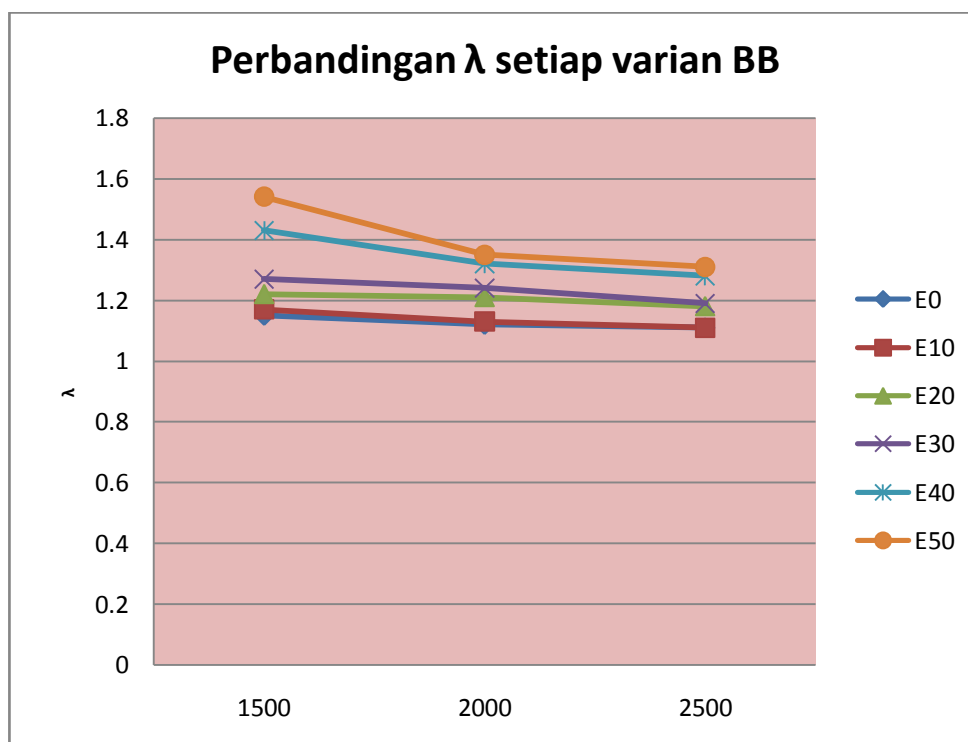
Gambar 6. Grafik Hasil pengujian kandungan emisi HC dalam ppm vol

Grafik pada gambar 6 menunjukkan besarnya kadar HC yang terkandung dalam emisi gas buang yang dihasilkan oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.

Tabel 11. Hasil pengujian besar nilai λ

RPM	Nilai λ					
	E0	E10	E20	E30	E40	E50
1500	1.15	1.17	1.22	1.27	1.43	1.54
2000	1.12	1.13	1.21	1.24	1.32	1.35
2500	1.11	1.11	1.18	1.19	1.28	1.31

Berdasarkan tabel di atas, agar mudah memahami maka data angka tersebut digambarkan melalui grafik berikut:

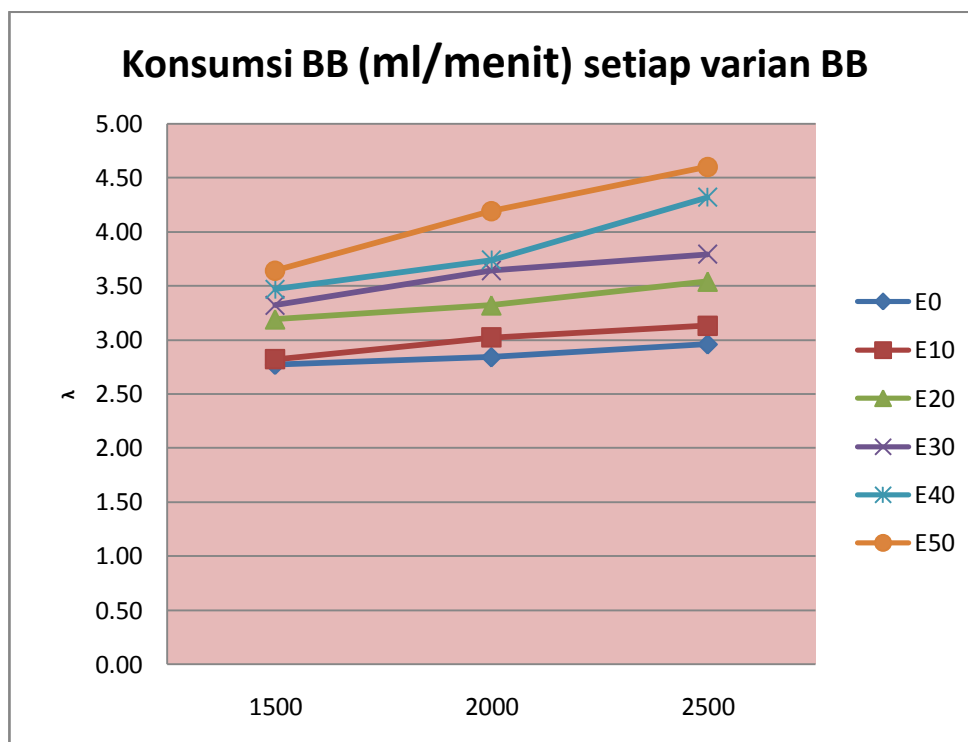
Gambar 7. Grafik Hasil pengujian besar nilai λ

Grafik pada gambar 7 menunjukkan besarnya nilai λ yang dihasilkan oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran

Tabel 12. Hasil pengujian besar nilai konsumsi bahan bakar (ml/menit)

RPM	Konsumsi Bahan Bakar (ml/menit)					
	E0	E10	E20	E30	E40	E50
1500	2.77	2.82	3.19	3.32	3.47	3.64
2000	2.84	3.02	3.32	3.64	3.74	4.19
2500	2.96	3.13	3.54	3.79	4.32	4.6

Berdasarkan tabel di atas, agar mudah memahami maka data angka tersebut digambarkan melalui grafik berikut:



Gambar 8. Grafik Hasil pengujian besar konsumsi bahan bakar (ml/menit)

Grafik pada gambar 8 menunjukkan besarnya konsumsi bahan bakar dalam ml/menit oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.

B. Pembahasan

Penggunaan bahan bakar E0 pada putaran 1500 rpm menghasilkan kadar CO sebesar 6,33 %vol. Bahan bakar E10 mengalami penurunan sebesar 0,41 %vol menjadi 5,92 %vol. Bahan bakar E20 menghasilkan kadar CO lebih kecil 0,31 %vol dari E10 yaitu 5,61 %vol. Penggunaan E30 menghasilkan CO lebih kecil 0,85 %vol dari E20 yaitu sebesar 4,67 %vol. Bahan bakar E40 CO lebih kecil 1,64 %vol dari E30 yaitu sebesar 3,12 %vol, dan bahan bakar E50 lebih kecil 0,45 %vol dari E40 yaitu sebesar 2,67 %vol.

Bahan bakar E0 pada putaran mesin 2000 rpm menghasilkan CO sebesar 4,47 %vol. Pada bahan bakar E10 lebih kecil 0,42 %vol dari E0 yaitu sebesar 4,05 %vol. Penggunaan bahan bakar E20 menghasilkan kadar CO sebesar 3,65 %vol atau lebih kecil 0,4 %vol dari bahan bakar E10. Pada bahan bakar E30 menghasilkan kadar CO lebih kecil 0,85 %vol dari E20 yaitu sebesar 4,76 %vol. Penggunaan bahan bakar E40 menghasilkan kadar CO lebih kecil 1,64 %vol dari E30 yaitu sebesar 3,12 %vol. Bahan bakar E50 menghasilkan CO sebesar 2,67 %vol atau lebih kecil 0,45 %vol dari E40.

Bahan bakar E0 menghasilkan CO sebesar 4,20 %vol pada putaran 2500 rpm. Bahan bakar E10 menghasilkan CO sebesar 3,68 %vol atau lebih kecil 0,52 %vol dari bahan bakar E0. Penggunaan bahan bakar E20 menghasilkan CO lebih kecil 0,62 %vol dari bahan bakar E10 yaitu sebesar 3,06. Pada bahan bakar E30, kadar CO yang dihasilkan sebesar 2,46 %vol atau lebih kecil 0,6 %vol dari E20. Bahan bakar E40 menghasilkan CO

lebih kecil 0,73 % vol dari E30 yaitu sebesar 1,73 % vol. Bahan bakar E50 menghasilkan CO sebesar 1,16 % vol atau lebih kecil 0,57 % vol.

Dengan memperhatikan grafik pada gambar 4, kadar CO pada setiap variasi bahan bakar mengalami penurunan seiring konsentrasi bioetanol dan putaran mesin yang semakin tinggi. Pada putaran mesin 1500, bahan bakar E0 hingga E30 terhitung tinggi karena melebihi ambang batas sebesar 4,5 % vol. Kadar CO semakin menurun di bawah ambang batas pada putaran mesin 2000 sampai 2500. Tingginya kadar CO pada putaran mesin 1500 dimungkinkan karena pada putaran rendah sudut pengapian cenderung mundur, sehingga berakibat pembakaran terlambat. Unsur yang terkandung dalam bahan bakar akan terbakar melalui pembakaran yang dihasilkan oleh bunga api busi. Pembakaran yang terlambat menyebabkan unsur C dan O tidak berubah menjadi CO₂ yang menyebabkan emisi mengandung CO yang tinggi. Kadar CO menurun pada putaran 2000 hingga 2500, hal ini dapat disebabkan karena pada putaran tersebut saat pengapian semakin maju dan pembakaran tidak terlambat sehingga membuat pembakaran menjadi lebih baik.

Kadar CO tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar premium. Bahan bakar yang dicampur oleh bioetanol, kadar CO terhitung lebih rendah seiring jumlah bioetanol yang ditambahkan. Hal serupa terjadi pada setiap variasi putaran. Hal ini dapat disebabkan karena bioetanol mengandung oksigen, sehingga lebih mampu mengubah unsur C dan O menjadi CO₂ melalui pembakaran mesin.

Penambahan bioetanol pada bahan bakar premium mampu memberikan dampak positif pada penurunan kadar CO yang terkandung dalam emisi gas buang. Kandungan oksigen pada bioetanol mampu membantu suplai oksigen yang dibutuhkan untuk pembakaran menjadi lebih terpenuhi, sehingga proses pembakaran mampu membakar unsur C dan mengubahnya bersama unsur O menjadi CO₂ dan meminimalkan polusi dari emisi. Hal ini sesuai dengan salah satu sifat fisik bioetanol yaitu mengandung oksigen dan mampu meminimalkan polusi yang diakibatkan oleh emisi gas buang salah satunya gas CO yang berbahaya bagi kesehatan.

Grafik pada gambar 5 menunjukkan besarnya kadar CO₂ yang terkandung dalam emisi gas buang yang dihasilkan oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.

Bahan bakar E0 pada putaran 1500 rpm menghasilkan CO₂ sebesar 4,41 % vol. Penggunaan bahan bakar E10 menghasilkan CO₂ sebesar 4,72 % vol, atau lebih besar 0,31 % vol dari E0. Bahan bakar E20 menghasilkan CO₂ lebih besar 0,37 % vol dari E10 yaitu sebesar 5,09 % vol. Pada bahan bakar E30 menghasilkan CO₂ sebesar 5,38 % vol atau lebih besar 0,29 % vol dari bahan bakar E20. Bahan bakar E40 menghasilkan CO₂ sebesar 5,76 % vol, lebih besar 0,32 % vol dari E30. Bahan bakar E50 menghasilkan CO₂ lebih besar 0,15 % vol dari E40 yaitu sebesar 5,91 % vol.

Bahan bakar E0 menghasilkan CO₂ sebesar 6,05 % vol pada putaran 2000 rpm. Bahan bakar E10 menghasilkan lebih besar 0,67 % vol yaitu sebesar 6,72 % vol. Pada bahan bakar E20 CO₂ yang dihasilkan sebesar 7,31 % vol, lebih besar 0,59 % vol dari E10. Bahan bakar E30 menghasilkan

CO₂ sebesar 7,37 % vol, lebih besar 0,06 % vol dari E20. Penggunaan bahan bakar E40 menghasilkan CO₂ lebih besar 0,04 % vol dari E30 yaitu sebesar 7,41 % vol. Bahan bakar E50 menghasilkan CO₂ sebesar 7,59 % vol atau lebih besar 0,81 % vol dari E40.

Penggunaan E0 menghasilkan CO₂ sebesar 6,91 % vol pada putaran 2500 rpm. Bahan bakar E10 menghasilkan lebih besar 0,91 % vol dari E0 yaitu sebesar 7,82 % vol. Bahan bakar E20 menghasilkan CO₂ sebesar 7,96 % vol, lebih besar 0,14 % vol dari E10. Penggunaan E30 menghasilkan CO₂ sebesar 8,06 % vol atau lebih besar 0,1 % vol dari E20. Pada E40 menghasilkan lebih besar 0,16 % vol dari E30 yaitu sebesar 8,22 % vol. Bahan bakar E50 menghasilkan lebih besar 0,24 % vol dari E40 yaitu sebesar 8,46 % vol.

Kadar CO₂ pada setiap variasi bahan bakar mengalami peningkatan seiring konsentrasi bioetanol dan putaran mesin yang semakin tinggi. Pada putaran mesin 1500, bahan bakar E0 hingga E30 terhitung rendah. Meningkat pada putaran mesin 2000 sampai 2500, kadar CO₂ semakin meningkat. Rendahnya kadar CO₂ pada putaran mesin 1500 dimungkinkan karena pada putaran rendah sudut pengapian cenderung mundur, sehingga berakibat pembakaran terlambat. Unsur yang terkandung dalam bahan bakar akan terbakar melalui pembakaran yang dihasilkan oleh bunga api busi. Pembakaran yang terlambat menyebabkan unsur C dan O tidak berubah menjadi CO₂. Kadar CO₂ meningkat pada putaran 2000 hingga 2500, hal ini dapat disebabkan karena pada putaran tersebut saat pengapian semakin maju dan pembakaran tidak terlambat sehingga membuat pembakaran menjadi

lebih baik. Kandungan oksigen yang terdapat pada bioetanol membantu menyuplai kebutuhan oksigen untuk pembakaran dan meminimalkan kadar CO dengan merubahnya menjadi CO₂.

Grafik pada gambar 6 menunjukkan besarnya kadar HC yang terkandung dalam emisi gas buang yang dihasilkan oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.

Bahan bakar E0 pada putaran 1500 rpm menghasilkan HC sebesar 1238 ppm. Bahan bakar E10 menghasilkan lebih kecil 256,5 ppm dari E0 yaitu sebesar 981,5 ppm. Penggunaan E20 menghasilkan HC sebesar 851,5 ppm atau lebih kecil 130 ppm dari E10. Bahan bakar E30 menghasilkan HC lebih kecil 55,5 ppm dari E20 yaitu sebesar 796 ppm. Bahan bakar E40, HC yang dihasilkan sebesar 834,5 ppm, lebih banyak 38,5 ppm dari E30. Bahan bakar E50 menghasilkan HC sebesar 844 ppm, 9,5 ppm lebih banyak dari E40.

Bahan bakar E0 menghasilkan HC sebesar 365,5 ppm pada putaran 2000 rpm. Bahan bakar E10 menghasilkan lebih sedikit 60,5 ppm dari E0 yaitu sebesar 305 ppm. Pada E20 menghasilkan HC sebesar 287,5 ppm atau lebih sedikit 17,5 ppm dari E10. HC yang dihasilkan E30 lebih sedikit 55,5 ppm dari E20 yaitu sebesar 796 ppm. Bahan bakar E40 menghasilkan HC sebesar 307 ppm, lebih besar 66 ppm dari E30. Bahan bakar E50 menghasilkan 335 ppm, lebih besar 28 ppm dari E40.

Bahan bakar E0 menghasilkan HC sebesar 207,5 ppm pada putaran 2500 rpm. Bahan bakar E10, HC yang dihasilkan lebih kecil 59 ppm dari E0 yaitu sebesar 148 ppm. Penggunaan E20 menghasilkan HC sebesar 92 ppm,

lebih kecil 56 ppm dari E10. Bahan bakar E30, HC yang dihasilkan sebesar 85 ppm atau lebih kecil 7 ppm dari E20. Bahan bakar E40 menghasilkan HC sebesar 145,5 ppm, lebih besar 60,5 ppm dari E30. Penggunaan E50 menghasilkan HC lebih besar 15 ppm dari E40 yaitu sebesar 160,5 ppm.

Kandungan HC pada putaran mesin 1500 yang terkandung dalam emisi melonjak sangat tinggi daripada putaran mesin 2000 hingga 2500 walaupun sudah berada di bawah ambang batas. Hal ini dimungkinkan karena pada putaran rendah, saat pengapian cenderung dimundurkan sehingga berakibat pembakaran terlambat.

Penggunaan bahan bakar E30 hingga E50, menghasilkan HC yang lebih tinggi dari E20. Hal ini dikarenakan pada campuran tersebut bahan bakar lebih sulit terbakar karena nilai kalor yang semakin rendah, sehingga ada sebagian bahan bakar yang tidak terbakar ikut keluar mengakibatkan HC mengalami peningkatan pada variasi bahan bakar tersebut.

Pada setiap variasi bahan bakar, kandungan gas berbahaya (CO dan HC) pada emisi cenderung menurun. Kandungan gas CO terbesar dihasilkan oleh bahan bakar E0 atau premium murni dan semakin menurun seiring semakin besar konsentrasi bioetanol yang ditambahkan ke bahan bakar. Hal ini dapat disebabkan karena pada premium murni tidak mengandung unsur oksigen sedangkan pada bioetanol mengandung unsur oksigen. Unsur oksigen yang terkandung di dalam bahan bakar dapat membantu menambah suplai oksigen yang dibutuhkan untuk proses pembakaran menjadi lebih baik sehingga unsur C dalam bahan bakar akan terbakar bersama dengan unsur O menjadi gas CO₂ yang menyebabkan kandungan CO pada emisi

menurun. Semakin banyak bioetanol yang ditambahkan ke premium, maka oksigen yang terkandung di dalam bahan bakar juga akan semakin banyak sehingga gas CO yang dihasilkan akan semakin menurun.

Kandungan HC terbesar pada emisi dihasilkan oleh bahan bakar E0 atau premium murni dan semakin menurun seiring semakin besar konsentrasi bioetanol yang ditambahkan ke bahan bakar, namun naik pada konsentrasi bioetanol 30% sampai 50%. Hal ini disebabkan karena penambahan bioetanol pada konsentrasi 0% sampai 20%, nilai kalor yang dihasilkan dari percampuran bahan bakar tersebut belum terlalu rendah sehingga pengapian masih mampu membakar bahan bakar. Penambahan bioetanol 30% sampai 50% menyebabkan nilai kalor semakin menurun dan bahan bakar lebih sulit terbakar sehingga HC pada emisi meningkat.

Grafik pada gambar 7 menunjukkan besarnya nilai λ yang dihasilkan oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran. Nilai λ mengalami peningkatan di setiap variasi bahan bakar, namun semakin tinggi putaran mesin di setiap variasi bahan bakar, nilai λ semakin menurun. Pada bahan bakar E30 hingga E50 nilai λ terhitung sangat tinggi, menandakan campuran terlalu kurus mengakibatkan mesin susah menyala pada *start* awal. Hal ini dapat disebabkan karena semakin banyak kadar bioetanol yang ditambahkan pada premium, maka semakin meningkat pula *specific gravity* campuran tersebut. Nilai *specific gravity* berbanding lurus dengan viskositas atau kekentalan campuran bahan bakar tersebut. Viskositas yang tinggi menyebabkan pengabutan bahan bakar dalam karburator akan semakin sulit, homogenitas campuran juga kurang baik

ditambah pula bioetanol yang mengandung oksigen menyebabkan campuran menjadi lebih kurus seiring semakin banyak bioetanol yang ditambahkan ke bahan bakar.

Pada putaran mesin yang lebih tinggi, nilai *lambda* menurun di setiap variasi bahan bakar. Hal ini disebabkan oleh viskositas bahan bakar menurun karena putaran mesin yang semakin tinggi menyebabkan suhu mesin meningkat pula. Viskositas yang menurun menyebabkan bahan bakar mudah dikabutkan sehingga campuran dan *lambda* menjadi lebih ideal pada putaran yang lebih tinggi.

Grafik pada gambar 8 menunjukkan besarnya konsumsi bahan bakar dalam ml/menit oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.

Bahan bakar E0 pada putaran mesin 1500 konsumsi bahan bakar sebesar 2,77 ml/menit. Bahan bakar E10 sebesar 2,95 ml/menit atau lebih besar 0,18 ml/menit dari E0. Konsumsi bahan bakar E20 lebih besar 0,33 ml/menit dari E10 yaitu sebesar 3,28 ml/menit. Konsumsi bahan bakar E30 sebesar 3,52 ml/menit atau lebih besar 0,24 ml/menit dari bahan bakar E20. Bahan bakar E40 sebesar 4,07 ml/menit atau lebih besar 0,55 ml/menit dari bahan bakar E30. Konsumsi bahan bakar E50 sebesar 4,54 ml/menit atau lebih besar 0,47 ml/menit dari E40.

Konsumsi bahan bakar pada putaran mesin 2000 hingga 2500 juga mengalami peningkatan seiring jumlah konsentrasi bioetanol yang ditambahkan ke dalam premium. Hal ini dapat disebabkan oleh putaran mesin yang semakin tinggi membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih besar.

Pada setiap variasi bahan bakar, konsumsi bahan bakar terendah dihasilkan oleh bahan bakar premium atau E0 dan semakin meningkat seiring penambahan bioetanol ke bahan bakar. Hal ini disebabkan karena nilai kalor yang terkandung dalam bioetanol lebih kecil daripada premium. Semakin banyak penambahan bioetanol ke premium akan semakin menurunkan nilai kalor campuran bahan bakar. Nilai kalor bahan bakar yang semakin kecil menyebabkan mesin membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan tenaga.

C. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan guna mengetahui pengaruh penambahan bioetanol dalam bensin terhadap hasil emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar pada setiap variasi putaran. Pada penelitian ini terdapat beberapa keterbatasan sehingga hasil penelitian kurang sempurna, diantaranya:

1. Batas putaran mesin yang diijinkan dalam pengukuran adalah 2500 rpm karena keterbatasan alat uji sehingga tidak dapat mengukur pada putaran mesin yang lebih tinggi.
2. Bentuk fisik mulut knalpot yang kurang sesuai dengan bentuk probe pengukur emisi di knalpot sehingga memungkinkan data yang didapat kurang akurat.
3. Tidak ada perubahan pada konstruksi mesin, waktu pengapian, dan komponen karburator.
4. Kendaraan yang diuji merupakan produksi tahun 2010 dapat dimungkinkan ada komponen yang telah mengalami penurunan

kualitas akibat umur mesin yang membuat data yang didapat kurang akurat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data yang didapatkan dari penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan bioetanol pada premium mampu menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik (kandungan CO dan HC yang lebih rendah) daripada emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar premium murni (E0). Hal ini ditunjukkan oleh data penelitian tentang hasil pengujian kandungan emisi CO dalam % vol, dan hasil pengujian kandungan emisi HC dalam ppm vol. Kandungan CO yang lebih rendah dari penggunaan bahan bakar premium murni (E0) dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar E10 hingga E50. Kandungan HC yang lebih rendah dari penggunaan bahan bakar premium murni (E0) dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar E10 hingga E20.

Penambahan bioetanol juga berdampak pada nilai *lambda*. Pada putaran mesin yang sama, nilai *lambda* mengalami peningkatan seiring jumlah konsentrasi bioetanol dalam bahan bakar, namun semakin mendekati ideal pada putaran mesin yang semakin tinggi. Hal tersebut terjadi pada setiap variasi bahan bakar.

2. Setelah melakukan serangkaian uji penelitian, maka komposisi penambahan bioetanol yang paling efektif menghasilkan emisi yang lebih baik (CO dan HC rendah) adalah pada komposisi 20%. Hal ini dikarenakan bahan bakar E20 menghasilkan CO yang lebih rendah dari

E10 dan menghasilkan kadar HC yang paling rendah dari bahan bakar yang lain. Nilai *lambda* pada bahan bakar E20 masih cenderung mendekati ideal dari pada bahan bakar E30.

B. Saran

1. Bagi pembaca yang akan mengaplikasikan penelitian ini dalam kehidupan sehari-hari sebaiknya dalam mencampurkan bioetanol ke premium maksimal 20 %.
2. Bagi pembaca yang akan melakukan penelitian serupa hendaknya memodifikasi mesin pada bagian sistem bahan bakar, sistem pengapian, dan konstruksi mesin agar campuran bahan bakar dapat tercampur secara homogen, ionisasi sempurna, dan pengapian sempurna.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang daya dan torsi yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran bioetanol-premium untuk dapat menentukan komposisi bioetanol yang menghasilkan performa dan emisi terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- SP, Bambang. *Kimia*. Surakarta: Cahaya Mentari.
- Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain.*
- Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor: 23204.K/10/DJM.S/2008 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Bioetanol sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan di Dalam Negeri*
- Kusminingrum, Nanny, dan G. Gunawan. *Pohusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali*. Artikel Penelitian. <https://www.pu.go.id/uploads/services/infopublik20130926120104.pdf>. Diunduh pada tanggal 22 April 2014 pkl. 08.55 WIB.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional.*
- Prihandana, R, K. Noerwijati, P. G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R. Hendroko. 2008. *Bioetanol Ubi kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia.
- Pulkrabek, Willard W. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey: Prentice Hall
- Raharjo, Winarno Dwi, dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Buku Ajar. Semarang: Unnes Press.
- Setiawan, Andry. 2012. *Motor Bakar*. <http://menjubiru.wordpress.com/2012/04/11/motor-bakar/>. Diakses pada tanggal 11 Mei 2014 pukul 19.51 WIB.
- Solikin, Moch. 1997. Dampak dan Upaya Mengendali Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Cakrawala Pendidikan*. Tahun XVI. Nomor 3: 151-163.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Suparyanto, Karno MW, dan Basori. *Analisis Penggunaan X Power dan Variasi Campuran Bahan Bakar Premium – Etanol terhadap Kadar Gas Polutan CO dan HC pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun 2009*. Artikel

Penelitian. <http://core.ac.uk/download/pdf/12346002.pdf>. Diunduh pada tanggal 29 April 2015 pkl. 17.21 WIB.

Suprpto. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumas*. Buku Ajar. Semarang: Unnes.

Susantya, R dan J. Pramudijanto. *Perancangan Sistem Pengaturan Perbandingan Udara Bahan Bakar (Air Fuel Ratio) pada Mesin Pengapian Busi (Spark Ignition Engine) Menggunakan Metode Fuzzy*. Artikel Penelitian. http://personal.its.ac.id/files/pub/725-jos-ee-Ratik_Proc.pdf. Diunduh pada tanggal 14 Juni 2014 pkl. 08.52 WIB.

Syahrani, A. 2006. Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi. *Jurnal SMARTek*, Volume 4. Nomor 4: 260 – 266.

Tugaswati, AT. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Artikel Penelitian. http://www.kpbb.org/makalah_ind/Emisi%20Gas%20Buang%20Bermotor%20%26%20Dampaknya%20Terhadap%20Kesehatan.pdf. Diunduh pada tanggal 4 Juni 2015 pkl. 09.27 WIB.

Wiratmaja, IG. 2010. Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. *CakraM*. Volume 4. Nomor 2: 145-154.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Dosen Pembimbing



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Nomor: 275/FT-UNNES/2014

**Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER
GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2013/2014**

- Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Tanggal 11 Maret 2014
- MEMUTUSKAN**
- Menetapkan :
PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada:
- Nama : Drs. Ramelan, M.T.
NIP : 195009151976031002
Pangkat/Golongan : IV/B
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Sebagai Pembimbing
- Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :
- Nama : MUKHAMAD FAUZI
NIM : 5201410026
Jurusan/Prodi : Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin
Topik : Pengaruh bioetanol terhadap lambda dan emisi gas buang pada sepeda motor honda beat berbahan bakar premium.
- KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggal



Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP. 196602151991021001

5201410026

FM-03-AKD-24/Rev. 00

Lampiran 2. Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK

Gedung E5 Lt. 3, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
Telepon: 024 8508103
Laman: mesin.unnes.ac.id, surel: mesin_fiunnes@yahoo.com

No : 5029/UN/ST/15/PT/2015
Lamp
Hal : Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan Teknik Mesin adalah sebagai berikut:

- I. Susunan Panitia Ujian
- | | |
|---------------------|--|
| a. Ketua | Dr. Muhammad Khumaedi, M.Pd |
| b. Sekretaris | Wahyudi, S.Pd, M.Eng |
| c. Pembimbing Utama | Drs. Ramelan, M.T |
| d. Penguji | 1. Dr. M. Burhan Rubal Wijaya, M.Pd
2. Wahyudi, S.Pd, M.Eng |
- II. Calon yang diuji
- | | |
|---------------------------|--|
| Nama | MUKHAMAD FAUZI |
| NIM/Jurusan/Program Studi | 5201410026/Teknik Mesin
/Pendidikan Teknik Mesin, S1 |
| Judul Skripsi | Pengaruh bioetanol terhadap lambda dan emisi gas buang pada sepeda motor empat tak satu silinder berbahan bakar premium. |
- III. Waktu dan Tempat Ujian
- | | |
|--------------|-----------------------|
| Hari/Tanggal | : Jumat / 3 Juli 2015 |
| Jam | : 08.00.00 |
| Tempat | : Ruang Ujian |
| Pakaian | : |

Tembusan
1. Ketua Jurusan Teknik Mesin
2. Calon yang diuji

Semarang, 30 Juni 2015



Muhammad Harlanu, M.Pd
NIP. 196602151991021001

5201410026

Lampiran 3. Surat ijin penelitian Laboratorium TMBGB FT UGM



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK

Gedung E1, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
Telepon: 0248508101
Laman: <http://ft.unnes.ac.id>, surel: ft_unnes@yahoo.com

Nomor : 2680/UM.7.1.5/DT/2014
Lamp. :
Hal : Ijin Penelitian

Kepada
Yth. Kepala Lab. Teknik Minyak Bumi, Gas, dan Batubara FT UGM
di Lab. Teknik Minyak Bumi, Gas, dan Batubara FT UGM

Dengan Hormat,
Bersama ini, kami mohon ijin pelaksanaan penelitian untuk menyusun skripsi/tugas akhir oleh mahasiswa sebagai berikut:

Nama : MUKHAMAD FAUZI
NIM : 5201410026
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Topik : Pengaruh bioetanol terhadap lambda dan emisi gas buang pada sepeda motor empat tak satu silinder berbahan bakar premium.

Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Semarang, 19 Agustus 2014



Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.
UNNES NIP. 196602151991021001



Lampiran 4. Surat ijin penelitian Laboratorium Otomotif FT UNNES



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK

Gedung E1 Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229

Telepon/Fax (024) 8508101 – 8508009

Laman : <http://www.ft.unnes.ac.id>, email: ft_unnes@yahoo.com

Nomor : 3347 /UN37.1.5/DT/2014

Semarang, 15 September 2014

Lamp. :-

Hal : Ijin Penelitian

Yth : Kepala Lab. Otomotif Jurusan Teknik Mesin
Universitas Negeri Semarang

Dengan hormat,

Bersama ini, kami mohon ijin pelaksanaan penelitian untuk menyusun skripsi/tugas akhir oleh mahasiswa sebagai berikut

Nama : Mukhamad Fauzi
NIM : 5201410026
Jurusan : Teknik Mesin
Prodi : Pend. Teknik Mesin S1
Topik : Pengaruh Bioetanol Terhadap Lambda Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder Berbahan Bakar Premium

Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih

A.n. Dekan
Pembantu Dekan Bidang Akademik



Drs. Djoko Adi Widodo, M.T.
5909271986011001

Tembusan :

1. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

FM-05-AKD-24

Lampiran 5. Laporan hasil uji bahan bakar di Laboratorium TMBGB FT UGM



Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara
 JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS GADJAH MADA
 Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta Telp. 0274 - 6492171 0274 6492173 0274 6492170 Fax. 0274 555320
 E-Mail : departement@chemeng.ugm.ac.id ; http://chemeng.ugm.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

Nomor : 034/H. 1.17/TK/TMBGB/PL/2014

Laporan Hasil pengujian dibuat untuk :	
Nama	: M Fauzi, NIM. 5201410026
Alamat	: Mhsw. S1 Jurusan Teknik Mesin FT UNNES Semarang
Nomor sampel	: 034/TMBGB/2013
Nama Sampel	: Campuran Premium + Ethanol
Tgl terima sampel	: 21 Agustus 2014
Tanggal pengujian	: 02 September 2014

HASIL UJI

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan sampel Kode:					Metode Pemeriksaan
			E 10	E 20	E 30	E 40	E 50	
1	Specific Gravity at 60/60 °F	-	0.7370	0.7408	0.7428	0.7533	0.7619	ASTM D 1298
2	RVP (Reid Vapour Pressure). 100 °F	kPa	68	40	34	23	15	ASTM D 323
3	Distilasi ASTM							ASTM D 86
	IBP	°C	41.5	42.5	43	43.5	45.5	
	10 % vol. evap.	°C	49.5	52.5	52.5	53.5	55.5	
	20 % vol. evap.	°C	53.5	56.5	57.5	60	62.5	
	30 % vol. evap.	°C	57	59.5	60.5	63.5	70	
	40 % vol. evap.	°C	61	64	65.5	68.5	72	
	50 % vol. evap.	°C	66	68	69.5	72.5	75	
	60 % vol. evap.	°C	72.5	71	72.5	74.5	76.5	
	70 % vol. evap.	°C	99	78	75.5	76.5	78	
	80 % vol. evap.	°C	119	113	76.5	78.5	78	
	90 % vol. evap.	°C	145	142	142	134	80	
	FBP	°C	185	188	186	184.5	186	
	Recovery	%vol.	98.5	98.0	98.8	98.5	98.8	
	Residue	%vol.	1.4	1.3	1.0	1.2	1.0	
	Total recovery	%vol.	99.9	99.3	99.8	99.7	99.8	
	Loss	%vol.	0.1	0.7	0.2	0.3	0.2	

Yogyakarta, 12 September 2014

Mengetahui :
 Ketua Jurusan Teknik Kimia FT UGM



M. Nur Fauzurozzy, M.Sc, Ph.D
 NIP. 19650918 199103 1 002

Kepala,

Dr. W. Berdi Murachman, SU, DEA
 NIP. 19500422 198003 1 002

Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diterima Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Lampiran 6. Hasil penelitian uji emisi dan λ di Laboratorium Otomotif FT UNNES

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar premium murni (E0) putaran mesin 1500.

EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIML CLASS 0 REPORT N. 545/OIML/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]
C O	6.285	[% vol]
C O 2	4.43	[% vol]
H C	1267	[ppm vol]
O 2	7.99	[% vol]
N O	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]
λ	1.156	[-]
TEMP.	63	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	33	[°C]
Pressure	984	[hPa]
Rel. Humidity	42	[%RH]
DATE:	29/10/2014	
TIME :	11:41	
CAR DATA		
FUEL: GASOLINE		
BRAND: Beat		
MODEL: rpm1500/II/E0		
LIC. PLATE:		
CHASSIS:		
Km:		
WORKSHOP		
TOTOMOTIF		
TEKNIK MESIN		
UNNES		
Gd. ES. KAMPUS UNNES		
SEKARAN. GUNUNGPATI		
SEMARANG		
EXAMINER:		
P. Wahyu		

EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIML CLASS 0 REPORT N. 545/OIML/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]
C O	6.372	[% vol]
C O 2	4.39	[% vol]
H C	1209	[ppm vol]
O 2	7.74	[% vol]
N O	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]
λ	1.136	[-]
TEMP.	66	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	33	[°C]
Pressure	984	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014	
TIME :	11:50	
CAR DATA		
FUEL: GASOLINE		
BRAND: Beat		
MODEL: rpm1500/II/E0		
LIC. PLATE:		
CHASSIS:		
Km:		
WORKSHOP		
TOTOMOTIF		
TEKNIK MESIN		
UNNES		
Gd. ES. KAMPUS UNNES		
SEKARAN. GUNUNGPATI		
SEMARANG		
EXAMINER:		
P. Wahyu		

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar premium murni (E0) putaran mesin 2000.

```

EXHAUST GAS ANALYSIS
-----
Serial nr. 1711244

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
DIML CLASS 0
REPORT N
545/DIML/04/RM
10/07/2004

R P M      0      [1/min]
C O      4.593    [% vol]
C O 2     6.27    [% vol]
H C       322    [ppm vol]
O 2       6.96    [% vol]
N O       ----   [ppm vol]
CO cor     5.995  [% vol]
 $\lambda$        1.133  [-]
TEMP.      64    [°C]
-----
ENVIRONMENT CONDITIONS
-----
Temperature 33 [°C]
Pressure     984 [hPa]
Rel. Humidity 41 [%RH]
DATE:       29/10/2014
TIME :      11:43
-----
CAR DATA
-----
FUEL: GASOLINE
BRAND: Beat
MODEL: rpm2000/I/E0
LIC. PLATE:
CHASSIS:
Km:

WORKSHOP
-----
TOTOMOTIF
TEKNIK MESIN
UNNES
Gd. E5, KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPATI
SEMARANG
EXAMINER :
P Wahyu

```

```

EXHAUST GAS ANALYSIS
-----
Serial nr. 1711244

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
DIML CLASS 0
REPORT N
545/DIML/04/RM
10/07/2004

R P M      0      [1/min]
C O      4.353    [% vol]
C O 2     5.83    [% vol]
H C       409    [ppm vol]
O 2       7.38    [% vol]
N O       ----   [ppm vol]
CO cor     -.-.-  [% vol]
 $\lambda$        1.113  [-]
TEMP.      65    [°C]
-----
ENVIRONMENT CONDITIONS
-----
Temperature 34 [°C]
Pressure     984 [hPa]
Rel. Humidity 41 [%RH]
DATE:       29/10/2014
TIME :      11:53
-----
CAR DATA
-----
FUEL: GASOLINE
BRAND: Beat
MODEL: rpm2000/II/E0
LIC. PLATE:
CHASSIS:
Km:

WORKSHOP
-----
TOTOMOTIF
TEKNIK MESIN
UNNES
Gd. E5, KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPATI
SEMARANG
EXAMINER :
P Wahyu

```

- Hasil pengujian emisi dan *lambda* menggunakan bahan bakar premium murni (E0) putaran mesin 2500.

```

EXHAUST GAS ANALYSIS
-----
Serial nr. 1711244

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
DIAL CLASS 8
REPORT N
545/DIAL/04/RM
10/07/2004

R P M 0 [1/min]
C O 4.412 [% vol]
C O 2 6.68 [% vol]
H C 251 [ppm vol]
O 2 5.77 [% vol]
N O ---- [ppm vol]
CO cor 5.515 [% vol]
x 1.118 [-]
TEMP. 65 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS
-----
Temperature 33 [°C]
Pressure 984 [hPa]
Rel. Humidity 41 [%HR]
DATE: 29/10/2014
TIME : 11:47

CAR DATA
-----
FUEL: GASOLINE
BRAND: Beat
MODEL: rpm2500/I/E0
LIC. PLATE:
CHASSIS:
Km:

WORKSHOP
-----
TOTOMOTIF
TEKNIK MESIN
UNNES
Gd. E5, KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPAWI
SEMARANG
EXAMINER:
P Wahyu

```

```

EXHAUST GAS ANALYSIS
-----
Serial nr. 1711244

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
DIAL CLASS 8
REPORT N
545/DIAL/04/RM
10/07/2004

R P M 0 [1/min]
C O 3.991 [% vol]
C O 2 6.93 [% vol]
H C 164 [ppm vol]
O 2 6.47 [% vol]
N O ---- [ppm vol]
CO cor 5.846 [% vol]
x 1.098 [-]
TEMP. 65 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS
-----
Temperature 33 [°C]
Pressure 984 [hPa]
Rel. Humidity 41 [%HR]
DATE: 29/10/2014
TIME : 11:55

CAR DATA
-----
FUEL: GASOLINE
BRAND: Beat
MODEL: rpm2500/I/E0
LIC. PLATE:
CHASSIS:
Km:

WORKSHOP
-----
TOTOMOTIF
TEKNIK MESIN
UNNES
Gd. E5, KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPAWI
SEMARANG
EXAMINER:
P Wahyu

```

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 10% + premium 90% (E₁₀) putaran mesin 1500.

EXHAUST GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIML CLASS 0 REPORT N. 545/DIML/04/RM 10/07/2004			TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIML CLASS 0 REPORT N. 545/DIML/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]	R P M	0	[1/min]
C O	6.035	[% vol]	C O	5.795	[% vol]
C O 2	4.49	[% vol]	C O 2	4.95	[% vol]
H C	949	[ppm vol]	H C	1014	[ppm vol]
O 2	8.21	[% vol]	O 2	7.79	[% vol]
N O	----	[ppm vol]	N O	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]	CO cor	----	[% vol]
x	1.158	[-]	x	1.180	[-]
TEMP.	67	[°C]	TEMP.	67	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	984	[hPa]	Pressure	984	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%HR]	Rel. Humidity	41	[%HR]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	12:07		TIME :	12:16	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm1500/I/E10		MODEL:	rpm1500/II/E10	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Km:			Km:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTOMOTIF			TOTOMOTIF		
TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN		
UNNES			UNNES		
Gd. E5. KAMPUS UNNES			Gd. E5. KAMPUS UNNES		
SEKARAN. GUNUNGPATI			SEKARAN. GUNUNGPATI		
SEMARANG			SEMARANG		
EXAMINER :	P wahyu		EXAMINER :	P wahyu	

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 10% + premium 90% (E₁₀) putaran mesin 2000.

EXHAUST GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N. 545/DIAL/04/RM 10/07/2004			TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N. 545/DIAL/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]	R P M	0	[1/min]
C O	4.001	[% vol]	C O	4.09	[% vol]
C O 2	6.89	[% vol]	C O 2	6.54	[% vol]
H C	328	[ppm vol]	H C	282	[ppm vol]
O 2	6.52	[% vol]	O 2	6.77	[% vol]
N O	----	[ppm vol]	N O	----	[ppm vol]
CO cor	5.606	[% vol]	CO cor	5.672	[% vol]
λ	1.117	[-]	λ	1.139	[-]
TEMP.	66	[°C]	TEMP.	67	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	984	[hPa]	Pressure	983	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%HR]	Rel. Humidity	41	[%HR]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	12:10		TIME :	12:20	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2000/II/E10		MODEL:	rpm2000/II/E10	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Km:			Km:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTOMOTIF			TOTOMOTIF		
TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN		
UNNES			UNNES		
Gd. ES. KAMPUS UNNES			Gd. ES. KAMPUS UNNES		
SEKARAN, GUNUNGPATI			SEKARAN, GUNUNGPATI		
SEMARANG			SEMARANG		
EXAMINER :			EXAMINER :		
p wahyu			p wahyu		

- Hasil pengujian emisi dan *lambda* menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 10% + premium 90% (E₁₀) putaran mesin 2500.

EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIML CLASS 0 REPORT N. 545/OIML/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]
C O	3.528	[% vol]
C O 2	8.05	[% vol]
H C	125	[ppm vol]
O 2	5.72	[% vol]
N O	----	[ppm vol]
CO cor	4.810	[% vol]
λ	1.121	[-]
TEMP.	67	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]
Pressure	984	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014	
TIME :	12:12	
CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2500/II/E10	
LIC. PLATE:		
CHASSIS:		
Km:		
WORKSHOP		
TOTOMOTIF	TEKNIK MESIN	
UNNES	Gd. E5. KAMPUS UNNES	
	SEKARAN. GUNUNGPATI	
	SEMARANG	
EXAMINER :	p wahyu	

EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIML CLASS 0 REPORT N. 545/OIML/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]
C O	3.836	[% vol]
C O 2	7.59	[% vol]
H C	171	[ppm vol]
O 2	5.29	[% vol]
N O	----	[ppm vol]
CO cor	4.792	[% vol]
λ	1.091	[-]
TEMP.	68	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]
Pressure	984	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014	
TIME :	12:22	
CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2500/II/E10	
LIC. PLATE:		
CHASSIS:		
Km:		
WORKSHOP		
TOTOMOTIF	TEKNIK MESIN	
UNNES	Gd. E5. KAMPUS UNNES	
	SEKARAN. GUNUNGPATI	
	SEMARANG	
EXAMINER :	p wahyu	

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 20% + premium 80% (E₂₀) putaran mesin 1500.

INLET GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N. 545/DIAL/04/RM 10/07/2004			TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N. 545/DIAL/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]	R P M	0	[1/min]
CO	5.440	[% vol]	CO	5.780	[% vol]
CO 2	4.89	[% vol]	CO 2	5.28	[% vol]
H C	744	[ppm vol]	H C	848	[ppm vol]
O 2	7.94	[% vol]	O 2	7.24	[% vol]
N O	----	[ppm vol]	N O	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]	CO cor	----	[% vol]
λ	1.209	[-]	λ	1.239	[-]
TEMP.	61	[°C]	TEMP.	65	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	983	[hPa]	Pressure	983	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]	Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	12:38		TIME :	12:46	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm1500/II/E20		MODEL:	rpm1500/II/E20	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Ka:			Ka:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTONOTIF			TOTONOTIF		
TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN		
UNNES			UNNES		
Gd. ES. KAMPUS UNNES			Gd. ES. KAMPUS UNNES		
SEKARAN. GUNUNGPATI			SEKARAN. GUNUNGPATI		
SEMARANG			SEMARANG		
EXAMINER :			EXAMINER :		
P Wahyu			P Wahyu		

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan campuran bioetanol 20% + premium 80% (E₂₀) putaran mesin 2000.

INRUST GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIML CLASS 0 REPORT N. 545/OIML/04/RM 10/07/2004			TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIML CLASS 0 REPORT N. 545/OIML/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]	R P M	0	[1/min]
C O	3.475	[% vol]	C O	3.816	[% vol]
C O 2	7.33	[% vol]	C O 2	7.23	[% vol]
H C	218	[ppm vol]	H C	264	[ppm vol]
O 2	6.29	[% vol]	O 2	5.90	[% vol]
N O	----	[ppm vol]	N O	----	[ppm vol]
CO cor	4.746	[% vol]	CO cor	5.250	[% vol]
λ	1.223	[-]	λ	1.193	[-]
TEMP.	62	[°C]	TEMP.	64	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	983	[hPa]	Pressure	983	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]	Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	12:41		TIME :	12:48	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2000/I/E20		MODEL:	rpm2000/II/E20	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Km:			Km:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTOMOTIF			TOTOMOTIF		
TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN		
UNNES			UNNES		
Gd. E5, KAMPUS UNNES			Gd. E5, KAMPUS UNNES		
SEKARAN, GUNUNGPATI			SEKARAN, GUNUNGPATI		
SEMARANG			SEMARANG		
EXAMINER :			EXAMINER :		
p wahyu			p wahyu		

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 20% + premium 80% (E₂₀) putaran mesin 2500.

EXHAUST GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIML CLASS 0 REPORT N. 545/DIML/04/RM 10/07/2004			TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIML CLASS 0 REPORT N. 545/DIML/04/RM 10/07/2004		
RPM	0	[1/min]	RPM	0	[1/min]
CO	3.163	[% vol]	CO	2.956	[% vol]
CO2	8.12	[% vol]	CO2	7.76	[% vol]
HC	108	[ppm vol]	HC	62	[ppm vol]
O2	8.17	[% vol]	O2	8.87	[% vol]
NO	----	[ppm vol]	NO	----	[ppm vol]
CO cor	4.085	[% vol]	CO cor	4.145	[% vol]
λ	1.184	[-]	λ	1.162	[-]
TEMP.	62	[°C]	TEMP.	65	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	983	[hPa]	Pressure	983	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]	Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	12:43		TIME :	12:51	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpa2500/II/E20		MODEL:	rpa2500/II/E20	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Km:			Km:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTOMOTIF	TEKNIK MESIN		TOTOMOTIF	TEKNIK MESIN	
UNNES	Gd. E5, KAMPUS UNNES		UNNES	Gd. E5, KAMPUS UNNES	
	SEKARAN, GUNUNGPATI			SEKARAN, GUNUNGPATI	
	SEMARANG			SEMARANG	
EXAMINER :	p wahyu		EXAMINER :	p wahyu	

- Hasil pengujian emisi dan *lambda* menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 30% + premium 70% (E₃₀) putaran mesin 1500.

EXHAUST GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N. 545/DIAL/04/RM 10/07/2004			TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N. 545/DIAL/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]	R P M	0	[1/min]
C O	4.833	[% vol]	C O	4.693	[% vol]
C O 2	5.59	[% vol]	C O 2	5.17	[% vol]
H C	895	[ppm vol]	H C	808	[ppm vol]
O 2	7.97	[% vol]	O 2	8.40	[% vol]
N O	----	[ppm vol]	N O	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]	CO cor	----	[% vol]
x	1.279	[-]	x	1.253	[-]
TEMP.	65	[°C]	TEMP.	67	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	983	[hPa]	Pressure	983	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%HR]	Rel. Humidity	41	[%HR]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	13:01		TIME :	13:09	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm1500/II/E30		MODEL:	rpm1500/II/E30	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Km:			Km:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTOMOTIF			TOTOMOTIF		
TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN		
UNNES			UNNES		
Gd. E5. KAMPUS UNNES			Gd. E5. KAMPUS UNNES		
SEKARAN, GUNUNGPATI			SEKARAN, GUNUNGPATI		
SEMARANG			SEMARANG		
EXAMINER :			EXAMINER :		
P. Wahyu			P. Wahyu		

- Hasil pengujian emisi dan *lambda* menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 30% + premium 70% (E₃₀) putaran mesin 2000.

EXHAUST GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIML CLASS 0 REPORT N. 545/OIML/04/RM 10/07/2004			TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIML CLASS 0 REPORT N. 545/OIML/04/RM 10/07/2004		
RPM	0	[1/min]	RPM	0	[1/min]
CO	3.388	[% vol]	CO	3.197	[% vol]
CO2	7.18	[% vol]	CO2	7.57	[% vol]
HC	331	[ppm vol]	HC	244	[ppm vol]
O2	6.49	[% vol]	O2	6.09	[% vol]
NO	----	[ppm vol]	NO	----	[ppm vol]
CO cor	4.337	[% vol]	CO cor	4.722	[% vol]
λ	1.227	[-]	λ	1.253	[-]
TEMP.	66	[°C]	TEMP.	65	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	32	[°C]
Pressure	983	[hPa]	Pressure	981	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]	Rel. Humidity	45	[%RH]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	13:04		TIME :	14:37	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2000/II/E30		MODEL:	rpm2000/II/E30	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Km:			Km:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTONOTIF			TOTONOTIF		
TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN		
UNNES			UNNES		
Gd. E5. KAMPUS UNNES			Gd. E5. KAMPUS UNNES		
SEKARAN, GUNUNGPATI			SEKARAN, GUNUNGPATI		
SEMARANG			SEMARANG		
EXAMINER :			EXAMINER :		
P Wahyu			P Wahyu		

- Hasil pengujian emisi dan *lambda* menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 30% + premium 70% (E₃₀) putaran mesin 2500.

EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 17112+4		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIML CLASS 0 REPORT N. 545/DIML/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]
C O	2.414	[% vol]
C O 2	7.88	[% vol]
H C	115	[ppm vol]
O 2	5.56	[% vol]
N O	----	[ppm vol]
CO cor	3.007	[% vol]
λ	1.176	[-]
TEMP.	66	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]
Pressure	983	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014	
TIME :	13:07	
CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2500/II/E30	
LIC. PLATE:		
CHASSIS:		
Km:		
WORKSHOP		
TOTOMOTIF	TEKNIK MESIN	
UNNES	Gd. E5, KAMPUS UNNES	
	SEKARAN, GUNUNGPATI	
	SEMARANG	
EXAMINER :	P. wahyu	

EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIML CLASS 0 REPORT N. 545/DIML/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]
C O	2.501	[% vol]
C O 2	8.23	[% vol]
H C	69	[ppm vol]
O 2	5.32	[% vol]
N O	----	[ppm vol]
CO cor	3.605	[% vol]
λ	1.202	[-]
TEMP.	66	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	33	[°C]
Pressure	982	[hPa]
Rel. Humidity	43	[%RH]
DATE:	29/10/2014	
TIME :	14:41	
CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2500/II/E30	
LIC. PLATE:		
CHASSIS:		
Km:		
WORKSHOP		
TOTOMOTIF	TEKNIK MESIN	
UNNES	Gd. E5, KAMPUS UNNES	
	SEKARAN, GUNUNGPATI	
	SEMARANG	
EXAMINER :	P. wahyu	

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 40% + premium 60% (E₄₀) putaran mesin 1500.

EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N. 545/DIAL/04/RM 10/07/2004		
RPM	0	[1/min]
CO	2.912	[% vol]
CO2	5.34	[% vol]
HC	796	[ppm vol]
O2	8.89	[% vol]
NO	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]
λ	1.411	[-]
TEMP.	63	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]
Pressure	982	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014	
TIME :	14:56	
CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm1500/II/E40	
LIC. PLATE:		
CHASSIS:		
Km:		
WORKSHOP		
TOTOMOTIF	TEKNIK MESIN	
UNNES	Gd. E5, KAMPUS UNNES	
	SEKARAN, GUNUNGPATI	
	SEMARANG	
EXAMINER :	P. Wahyu	

EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N. 545/DIAL/04/RM 10/07/2004		
RPM	0	[1/min]
CO	3.333	[% vol]
CO2	4.99	[% vol]
HC	873	[ppm vol]
O2	8.07	[% vol]
NO	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]
λ	1.441	[-]
TEMP.	63	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]
Pressure	982	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014	
TIME :	15:06	
CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm1500/II/E40	
LIC. PLATE:		
CHASSIS:		
Km:		
WORKSHOP		
TOTOMOTIF	TEKNIK MESIN	
UNNES	Gd. E5, KAMPUS UNNES	
	SEKARAN, GUNUNGPATI	
	SEMARANG	
EXAMINER :	P. Wahyu	

- Hasil pengujian emisi dan *lambda* menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 40% + premium 60% (E₄₀) putaran mesin 2000.

EXHAUST GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIL CLASS 0 REPORT N. 545/OIL/04/RM 10/07/2004			TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OIL CLASS 0 REPORT N. 545/OIL/04/RM 10/07/2004		
R P M	0	[1/min]	R P M	0	[1/min]
C O	3.027	[% vol]	C O	2.887	[% vol]
C O 2	7.64	[% vol]	C O 2	7.18	[% vol]
H C	359	[ppm vol]	H C	255	[ppm vol]
O 2	7.27	[% vol]	O 2	6.58	[% vol]
N O	----	[ppm vol]	N O	----	[ppm vol]
CO cor	4.202	[% vol]	CO cor	4.393	[% vol]
λ	1.295	[-]	λ	1.341	[-]
TEMP.	61	[°C]	TEMP.	62	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	982	[hPa]	Pressure	981	[hPa]
Rel. Humidity	41	[%RH]	Rel. Humidity	41	[%RH]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	15:00		TIME :	15:10	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2000/I/E40		MODEL:	rpm2000/II/E40	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Km:			Km:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTOMOTIF			TOTOMOTIF		
TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN		
UNNES			UNNES		
Gd. E5. KAMPUS UNNES			Gd. E5. KAMPUS UNNES		
SEKARAN. GUNUNGPATI			SEKARAN. GUNUNGPATI		
SEMARANG			SEMARANG		
EXAMINER :	p wahyu		EXAMINER :	p wahyu	

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 40% + premium 60% (E₄₀) putaran mesin 2500.

EXHAUST GAS ANALYSIS	
Serial nr. 1711244	
TECOMETEST TYPE 518084 898 DIML CLASS 0 REPORT N 545/DIML/04/RY 10/07/2014	
RPM	0 [1/min]
CO	1.940 [% vol]
CO2	8.42 [% vol]
HC	167 [ppm vol]
O2	6.31 [% vol]
NO	---- [ppm vol]
CO cor	3.611 [% vol]
λ	1.298 E-3
TEMP.	63 [°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS	
Temperature	34 [°C]
Pressure	981 [hPa]
Rel. Humidity	41 [%RH]
DATE:	29/10/2014
TIME :	15:02
CAR DATA	
FUEL:	GASOLINE
BRAND:	Beat
MODEL:	rpm2500/II/F40
LIC. PLATE:	
CHASSIS:	
Kit:	
WORKSHOP	
TOTOMOTIF	
TEKNIK MESIN	
UNNES	
Gd. ES. KAMPUS UNNES	
SEKARAN, GUNUNGPATI	
SEMARANG	
EXAMINER :	
P. Wahyu	

EXHAUST GAS ANALYSIS	
Serial nr. 1711244	
TECOMETEST TYPE 518084 898 DIML CLASS 0 REPORT N 545/DIML/04/RY 10/07/2014	
RPM	0 [1/min]
CO	1.519 [% vol]
CO2	8.03 [% vol]
HC	124 [ppm vol]
O2	6.74 [% vol]
NO	---- [ppm vol]
CO cor	3.420 [% vol]
λ	1.252 E-3
TEMP.	63 [°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS	
Temperature	34 [°C]
Pressure	981 [hPa]
Rel. Humidity	41 [%RH]
DATE:	29/10/2014
TIME :	15:12
CAR DATA	
FUEL:	GASOLINE
BRAND:	Beat
MODEL:	rpm2500/II/E40
LIC. PLATE:	
CHASSIS:	
Kit:	
WORKSHOP	
TOTOMOTIF	
TEKNIK MESIN	
UNNES	
Gd. ES. KAMPUS UNNES	
SEKARAN, GUNUNGPATI	
SEMARANG	
EXAMINER :	
P. Wahyu	

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 50% + premium 50% (E_{50}) putaran mesin 1500.

```

EXHAUST GAS ANALYSIS
-----
Serial nr. 1711244

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
OIML CLASS 0
REPORT N
545/OIML/04/RM
10/07/2004

R P M 0 [1/min]
C O 2.574 [% vol]
C O 2 5.09 [% vol]
H C 873 [ppm vol]
C 2 8.64 [% vol]
N O ---- [ppm vol]
CO cor ---- [% vol]
x 1.516 [-]
TEMP. 65 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS
-----
Temperature 34 [°C]
Pressure 981 [hPa]
Rel. Humidity 40 [%RH]
DATE: 29/10/2014
TIME : 15:21

CAR DATA
-----
FUEL: GASOLINE
BRAND: Beat
MODEL: rpm1500/II/E50
LIC. PLATE:
CHASSIS:
Km:

WORKSHOP
-----
TOTOMOTIF
TEKNIK MESIN
UNNES
GD. E5. KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPATI
SEMARANG
EXAMINER :
P. Wahyu

```

```

EXHAUST GAS ANALYSIS
-----
Serial nr. 1711244

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
OIML CLASS 0
REPORT N
545/OIML/04/RM
10/07/2004

R P M 0 [1/min]
C O 2.765 [% vol]
C O 2 5.53 [% vol]
H C 815 [ppm vol]
C 2 9.33 [% vol]
N O ---- [ppm vol]
CO cor ---- [% vol]
x 1.556 [-]
TEMP. 66 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS
-----
Temperature 34 [°C]
Pressure 981 [hPa]
Rel. Humidity 40 [%RH]
DATE: 29/10/2014
TIME : 15:20

CAR DATA
-----
FUEL: GASOLINE
BRAND: Beat
MODEL: rpm1500/II/E50
LIC. PLATE:
CHASSIS:
Km:

WORKSHOP
-----
TOTOMOTIF
TEKNIK MESIN
UNNES
GD. E5. KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPATI
SEMARANG
EXAMINER :
P. Wahyu

```

- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 50% + premium 50% (E₅₀) putaran mesin 2000.

```

EXHAUST GAS ANALYSIS
-----
Serial nr. 1711244

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
DIL CLASS 0
REPORT N.
545701NL/047RM
10/07/2014

RPM 0 [1/min]
CO 2.040 [% vol]
CO2 7.38 [% vol]
HC 358 [ppm vol]
O2 6.48 [% vol]
NO ---- [ppm vol]
CO Cor 3.795 [% vol]
K 1.370 [-]
TEMP. 64 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS
-----
Temperature 34 [°C]
Pressure 981 [hPa]
Rel. Humidity 48 [%RH]
DATE: 29/10/2014
TIME : 15:23

CAR DATA
-----
FUEL: GASOLINE
BRAND:
Beat
MODEL:
rpm2000/II/E50
LIC. PLATE:

CHASSIS:

Km:

WORKSHOP
-----
TOMOTIF
TEKNIK MESIN
UNNES
Ed. E5, KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPATI
SEMARANG
EXAMINER :
P. Wahyu

```

```

EXHAUST GAS ANALYSIS
-----
Serial nr. 1711244

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
DIL CLASS 0
REPORT N.
545701NL/047RM
10/07/2014

RPM 0 [1/min]
CO 2.381 [% vol]
CO2 7.79 [% vol]
HC 312 [ppm vol]
O2 6.90 [% vol]
NO ---- [ppm vol]
CO Cor 4.013 [% vol]
K 1.330 [-]
TEMP. 65 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS
-----
Temperature 34 [°C]
Pressure 981 [hPa]
Rel. Humidity 48 [%RH]
DATE: 29/10/2014
TIME : 15:30

CAR DATA
-----
FUEL: GASOLINE
BRAND:
Beat
MODEL:
rpm2000/II/E50
LIC. PLATE:

CHASSIS:

Km:

WORKSHOP
-----
TOMOTIF
TEKNIK MESIN
UNNES
Ed. E5, KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPATI
SEMARANG
EXAMINER :
P. Wahyu

```


- Hasil pengujian emisi dan λ menggunakan bahan bakar campuran bioetanol 50% + premium 50% (E_{50}) putaran mesin 2500.

EXHAUST GAS ANALYSIS			EXHAUST GAS ANALYSIS		
Serial no. 1711244			Serial no. 1711244		
TECNOTES TYPE STAR GAS 898 OJNL CLASS B REPORT N. 545/OJNL/04/PM 18/07/2004			TECNOTES TYPE STAR GAS 898 OJNL CLASS B REPORT N. 545/OJNL/04/PM 18/07/2004		
RPM	0	[1/min]	RPM	0	[1/min]
CO	1.282	[% vol]	CO	1.041	[% vol]
CO2	8.24	[% vol]	CO2	8.58	[% vol]
HC	139	[ppm vol]	HC	182	[ppm vol]
O2	9.77	[% vol]	O2	8.94	[% vol]
NO	----	[ppm vol]	NO	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]	CO cor	3.193	[% vol]
λ	1.329	[-]	λ	1.289	[-]
TEMP.	66	[°C]	TEMP.	66	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	981	[hPa]	Pressure	981	[hPa]
Rel. Humidity	40	[%RH]	Rel. Humidity	40	[%RH]
DATE:	29/10/2014		DATE:	29/10/2014	
TIME :	15:26		TIME :	15:33	
CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	Beat		BRAND:	Beat	
MODEL:	rpm2500/T/E50		MODEL:	rpm2500/T/E50	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:		
Ka:			Ka:		
WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTONOTIF	TEKNIK MESIN		TOTONOTIF	TEKNIK MESIN	
UNNES	GA. ES. KAMPUS UNNES		UNNES	GA. ES. KAMPUS UNNES	
	SEKARAN, GUNUNGPATI			SEKARAN, GUNUNGPATI	
	DEMARANG			DEMARANG	
EXAMINER :	P Wahyu		EXAMINER :	P Wahyu	

Lampiran 7. Data kandungan unsur emisi sebelum diambil rata-ratanya

- Tabel 13. Hasil mentah pengujian kandungan emisi CO dalam % vol

BAHAN BAKAR	Kadar CO (% vol)					
	1500		2000		2500	
E0	6.285	6.372	4.593	4.353	4.412	3.991
E10	6.035	5.795	4.001	4.09	3.528	3.836
E20	5.440	5.780	3.475	3.816	3.163	2.956
E30	4.833	4.693	3.388	3.197	2.414	2.501
E40	2.912	3.333	3.027	2.887	1.940	1.519
E50	2.574	2.765	2.040	2.381	1.282	1.041

- Tabel 14. Hasil mentah pengujian kandungan emisi CO₂ dalam % vol

BAHAN BAKAR	Kadar CO ₂ (% vol)					
	1500		2000		2500	
E0	4.43	4.39	6.27	5.83	6.68	6.93
E10	4.49	4.95	6.89	6.54	8.05	7.59
E20	4.89	5.28	7.33	7.23	8.12	7.76
E30	5.59	5.17	7.18	7.57	7.88	8.23
E40	5.34	4.99	7.64	7.18	8.42	8.03
E50	5.09	5.53	7.38	7.79	8.24	8.68

- Tabel 15. Hasil mentah pengujian kandungan emisi HC dalam ppm vol

BAHAN BAKAR	Kadar HC (ppm)					
	1500		2000		2500	
E0	1267	1209	322	409	251	164
E10	949	1014	328	282	125	171
E20	744	848	218	264	108	62
E30	895	808	331	244	115	69
E40	796	873	359	255	167	124
E50	873	815	358	312	139	182

- Tabel 16. Hasil mentah pengujian kandungan emisi O₂ dalam % vol

BAHAN BAKAR	Kadar O ₂ (% vol)					
	1500		2000		2500	
E0	7.99	7.74	6.96	7.38	5.77	6.47
E10	8.21	7.79	6.52	6.77	5.72	5.29
E20	7.94	7.24	6.29	5.90	8.17	8.87
E30	7.97	8.40	6.49	6.09	5.56	5.32
E40	8.89	8.07	7.27	6.58	6.31	6.74
E50	8.64	9.33	6.48	6.90	9.77	8.94

- Tabel 17. Data λ setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran mesin

BAHAN BAKAR	Nilai λ					
	1500		2000		2500	
E0	1.156	1.136	1.133	1.113	1.118	1.098
E10	1.158	1.180	1.117	1.139	1.121	1.091
E20	1.209	1.239	1.223	1.193	1.184	1.162
E30	1.279	1.253	1.227	1.253	1.176	1.202
E40	1.411	1.441	1.295	1.341	1.298	1.252
E50	1.51	1.556	1.370	1.330	1.329	1.289

- Tabel 18. Data konsumsi bahan bakar

BAHAN BAKAR	Konsumsi bahan bakar (ml/menit)					
	1500		2000		2500	
E0	2.62	2.92	2.64	3.04	2.81	3.11
E10	2.905	2.735	2.95	3.09	3.28	2.98
E20	2.99	3.39	3.17	3.47	3.625	3.455
E30	3.275	3.365	3.84	3.44	3.89	3.69
E40	3.5	3.44	3.69	3.79	4.257	4.383
E50	3.696	3.584	4.14	4.24	4.53	4.67

Lampiran 8. Dokumentasi





Lampiran 9. Prosedur penggunaan alat uji emisi Stargas 898

A. Memasang instalasi alat emisi

1. Pekerjaan ini didampingi instruktur.
2. Sambungkan kabel power pada alat dan baterai.

Kabel merah pada positif baterai.

Kabel hitam pada negatif baterai.
3. Pasang selang saluran gas emisi pada alat emisi (probe pengukur jangan dipasang dahulu pada knalpot engine).
4. Pasang kabel pengukur temperatur oli.
 - a. Sesuaikan panjang probe pengukur oli dengan stik oli mesin (perhatian: bila terlalu panjang kabel probe bisa melilit poros engkol ketika mesin hidup).
 - b. Luruskan kabel probe dan masukkan pada lubang stik oli (pastikan ujung probe tercelup oli mesin).
 - c. Pastikan kabel probe aman dari panas knalpot ketika mesin hidup.
 - d. Hidupkan mesin beberapa saat, pastikan kabel probe oli aman (segera matikan mesin bila kabel probe tertarik poros engkol).
5. Pasang kabel RPM.

Kabel merah pada positif baterai.

Kabel hitam pada negatif baterai.

B. Menyetting alat emisi

1. Hidupkan pompa vakum dengan menekan tombol power.
2. Hidupkan display alat tombol ON.
3. Tekan ENTER.

4. Masuk menu pilihan EMISI. Pilih (emisi bensin) GAS ANALYSIS → ENTER.
5. Masuk menu pilihan tampilan hasil pengukuran. Pilih MEASUREMENT → ENTER.
6. Masuk menu pilihan model pengukuran. Pilih STANDAR TEST → ENTER.
7. Masuk tampilan pengukuran (RPM, CO₂, TEMP, HC, O₂, λ, CO.cor, NO).
8. Hidupkan mesin pada putaran idle.
9. Setting alat emisi sesuai jenis mesin yang dipakai (1 silinder, bensin).
 - a. Tekan tombol MENU.
 - b. Pilih SETTING → ENTER
 - c. Setting RPM.

RPM probe sil → BATTERY
Nr. Of Cyl → 1

- d. Untuk keluar pilih ✓
 - e. Set fuel selection. Pilih GASOLINE.
 - f. Masuk tampilan pengukuran. tekan ESC.
10. Prosedur pengukuran emisi siap dilakukan (mesin jangan dimatikan).

C. Prosedur pengukuran emisi

1. Pastikan mesin yang akan diukur sudah di-tune up dengan benar.
 - a. Saringan udara terpasang.
 - b. Cuk terbuka penuh.
 - c. Semua saluran vakum terpasang.


- d. Saat pengapian dan campuran serta putaran idle tepat.
2. Naikkan putaran mesin hingga 2000 rpm selama 1 menit (bertujuan agar konsentrasi gas buang stabil).
3. Masukkan testing probe emisi ke dalam knalpot (± 40 cm) tunggu 15 detik.
4. Tekan tombol MENU untuk mencetak hasil pengukuran.
5. Lepas probe pengukur gas dari knalpot dan letakkan probe pada tempat yang bersih.

D. Mencetak hasil pengukuran

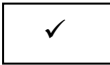
1. Sebelumnya telah menekan tombol MENU. Pilih PRINT → ENTER.
2. Untuk masuk tampilan pengisian data mesin tekan ENTER.
3. Isi kolom keterangan sebagai berikut:

PRINT	
BRAND	...
MODEL	...
LIC. PLATE	...
CHASIS	...
KM	...
OPERATOR	...
N. PRINT OUT	
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">1</div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">PRINT</div>

Cara pengisian data:

- a. Masuk pilihan huruf atau angka dengan menekan tombol MENU dan  secara bersamaan.
 - b. Memilih huruf atau angka sesuai pilihan kemudian tekan ENTER.
 - c. Untuk menghapus huruf atau angka tekan F3.
 - d. Jika sudah selesai memasukkan data pada kolom tekan F5.
 - e. Berpindah ke kolom yang belum diisi tekan ENTER.
4. Bila pengisian data telah selesai pilih PRINT untuk mencetak hasil.

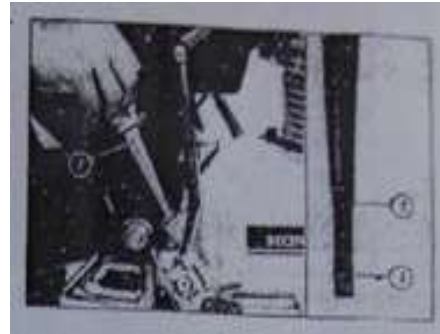
E. Mematikan alat emisi

1. Kembali dahulu ke tampilan awal menu emisi.
 - a. Tekan tombol ESC beberapa kali.
 - b. Muncul KONFIRM EXIT, pilih  → ENTER.
 - c. Tekan ESC (masuk ke tampilan menu awal).
2. Matikan alat dengan menekan beberapa saat tombol ON/OFF.
3. Saklar power baterai jangan di-OFF-kan dahulu karena pompa masih bekerja. Tunggu beberapa saat sampai pompa berhenti baru tekan saklar OFF.
4. Lepas instalasi alat dengan hati-hati (pada konektor kabel ada pengunci yang harus ditekan dahulu).
5. Bersihkan filter alat uji dan filter selang gas menggunakan kompresor.
6. Bersihkan alat tester dan kabel menggunakan kain bersih.
7. Gulung kabel dengan rapi.
8. Masukkan alat uji dan kelengkapannya pada tempatnya.
9. Kembalikan semua kelengkapan praktek.

Lampiran 10. Spesifikasi *Tune Up* Sepeda Motor

1. Memeriksa oli mesin

- Posisikan sepeda motor pada standar utama di lantai yang datar.
- Buka pengukur minyak pelumas (1) dan bersihkan ujungnya.
- Masukkan pengukur kembali tanpa disekrupkan ke dalam.
- Minyak pelumas harus di antara batas maksimal (2) dan batas minimal (3), tambahkan bila kurang.
- Ganti oli berdasarkan rekomendasi dari merk pelumasnya dengan SAE yang sesuai. Untuk Honda Beat menggunakan merk AHM Oil MPX2.



2. Memeriksa busi

Pemeriksaan meliputi:

- Insulator terhadap kerusakan.
- Elektroda terhadap keausan.
- Perubahan warna akibat terbakarnya busi dari proses pembakaran.
- Kerenggangan celah busi dengan spesifikasi 0,80-0,90 mm.



3. Memeriksa celah katup

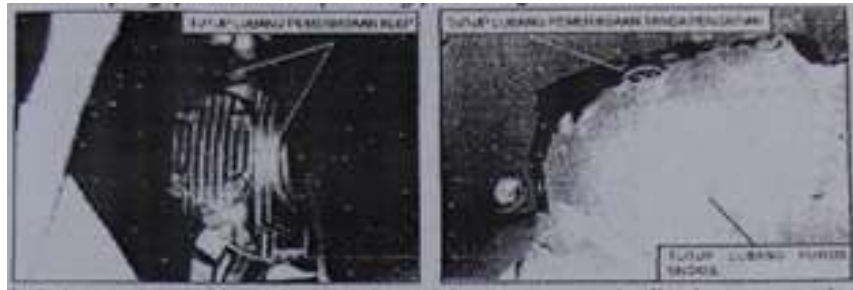


Syarat penyetelan:

- pada kondisi mesin dingin.
- piston berada pada posisi TMA, akhir langkah kompresi (katup in dan ex dalam kondisi bebas).

Cara mencari langkah kompresi:

- Melepas tutup lubang pemeriksaan katup in dan ex, tutup lubang pemeriksaan tanda pengapian dan tutup lubang poros engkol.



-
- Putar *fly wheel* searah putaran mesin (berlawanan arah jarum jam) sambil memperhatikan katup in.
- Perhatikan pelatuk katup in turun kemudian naik kembali, berarti piston sudah pada langkah kompresi. Tepatkan tanda garis T pada *fly wheel* dengan tanda pada *crank case cover left*.
- Pastikan katup in dan ex dalam kondisi bebas.
- Setel celah katup menggunakan *feeler gauge* dan kunci klep dengan cara sebagai berikut:



- Longgarkan mur pengikat.
- Putar *adjusting screw*/kunci klep kearah merenggang (kiri).
- masukkan *feeler gauge* pada gapnya.
- Putar *adjusting screw* pelan-pelan kearah mengencang (kanan) sampai terasa ada tahanan.

- Kencangkan kembali mur pengikat tanpa mengubah posisi baut setelah klep.

4. Membersihkan saringan udara

Bersihkan dengan udara bertekanan dari arah dalam. Jika sudah kotor sekali ganti dengan yang baru.

5. Membersihkan filter bensin

- Bersihkan saringan kasa dan saringan bahan bakar memakai udara bertekanan.
- Arah penyemprotan berlawanan dari arah aliran bensin. Jika sudah kotor sekali ganti dengan yang baru.

4. Setel campuran udara dengan cara: putar sekrup udara ke kanan penuh, kemudian kembalikan berlawanan arah jarum jam antara 1 sampai dengan 3 putaran (tepatkan pada rpm tertinggi).
5. Setel stasioner dengan cara: putar sekrup penyetel gas dengan putaran *idling* 1400 ± 100 rpm.