

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat serta hidayah-Nya, serta sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul : **“Pengaruh Kadar Bioetanol Ubi Kayu (*Mannihot Esculenta*) Dalam Campurannya Dengan Premium Terhadap Pesifikasi Bahan Bakar”**.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Dr.Eng. Anindito P, ST, M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Ir. I Made Gunadiarta, MT., selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Konversi Energi dan dosen pembimbing I.
4. Bapak Ir. Bardji Hadi Pranoto, selaku dosen pembimbing II.
5. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin.
6. Seluruh karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
7. Kedua orangtuaku yang telah bersabar mendukungku.
8. Kakakku beserta suami atas dukungannya.
9. Seluruh teman-teman MESIN 2004, temen-temen Senggani 35, temen-temen 66, temen-temen KRD 6A dan mahasiswi jurusan Ekonomi Pembangunan 06 atas semua masukan dan dukungannya, baik penelitian maupun dalam penulisan skripsi.
10. Serta semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan penulis. Dan akhir kata semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, Pebruari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
RINGKASAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Ubi Kayu	4
2.2 Bioetanol	4
2.3 Premium	6
2.4 Komposisi Bahan Bakar dan Proses Pembakaran	7
2.5 Teori Campuran	8
2.6 Spesifikasi Bahan bakar	8
2.7 Hipotesa	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Metode Penelitian	14
3.2 Variabel Penelitian	14
3.3 Alat yang Digunakan	15
3.4 Prosedur Pengambilan Data	18
3.5 Gambar Instalasi Penelitian	22
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	23
BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Analisis Data	24
4.1.1 Data Hasil Penelitian	24
4.1.2 Perhitungan Data	27
4.1.3 Hasil Perhitungan Data	29

4.2 Pembahasan	30
4.2.1 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap <i>Heating Value</i>	30
4.2.2 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Distilasi	32
4.2.3 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap <i>Octane Number</i>	34
4.2.4 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap <i>Water Content</i>	36
4.2.5 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap <i>Density</i>	37
4.2.6 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Viskositas Kinematik	39
4.2.7 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Emisi Gas Buang	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Nilai Kalori Berbagai Tanaman Penghasil Karbohidrat	4
Tabel 2.2	Spesifikasi Bahan bakar Minyak Jenis Premium (RON 88)	7
Tabel 2.3	Perbandingan Sifat Fisik Bioetanol dengan Premium	13
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian <i>Density</i>	24
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian <i>Water content</i>	25
Tabel 4.3	Data Waktu Alir Bahan Bakar Campuran	25
Tabel 4.4	Data Hasil Pengujian Distilasi	26
Tabel 4.5	Data Hasil Pengujian <i>Octane Number</i>	26
Tabel 4.6	Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	27
Tabel 4.7	Data Spesifikasi Bahan Bakar campuran Bioetanol Ubi Kayu dengan Premium	29

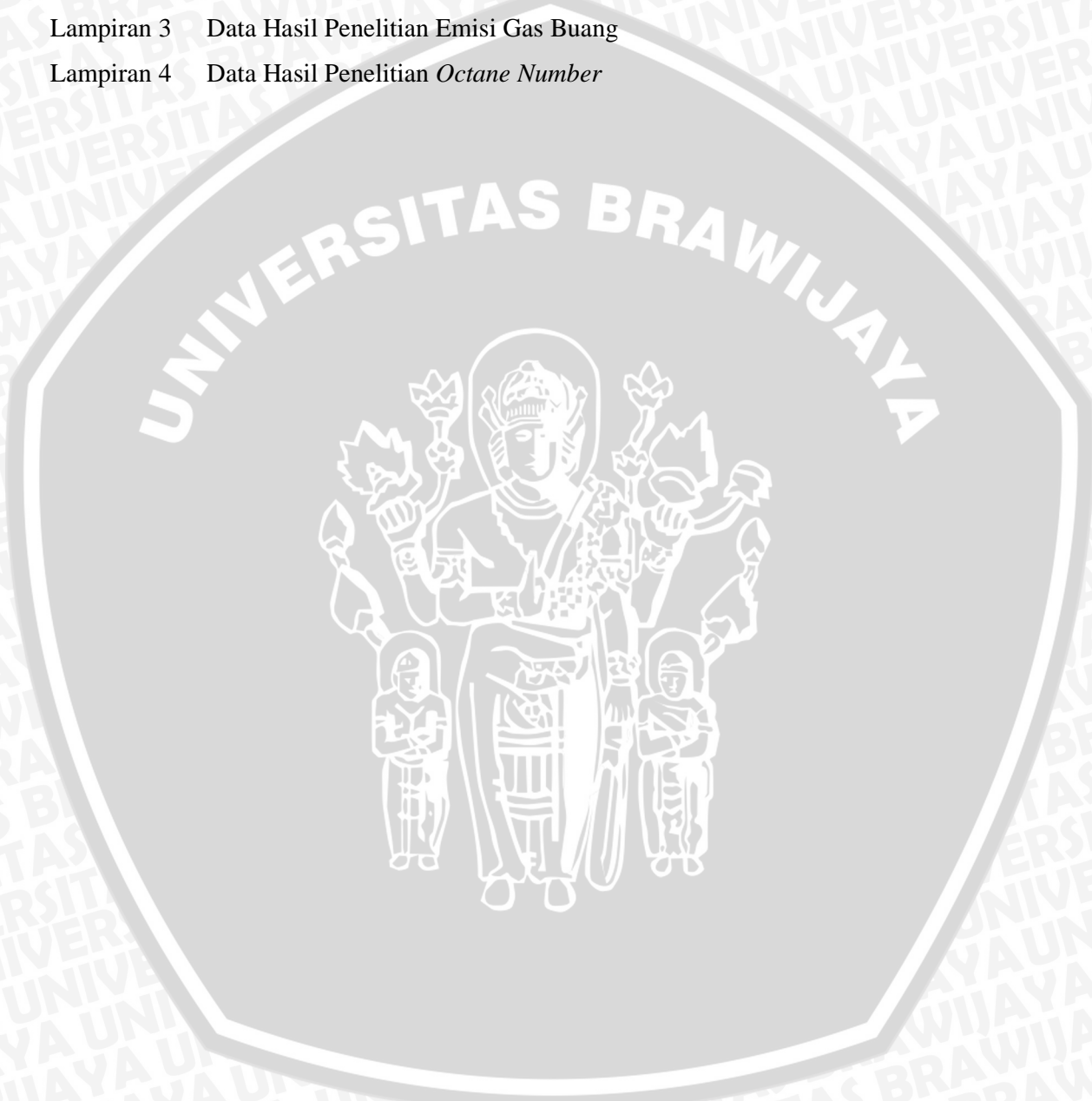


DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 3.1	Alat Uji Distilasi ASTM D 86 (<i>Distillation apparatus</i>)	15
Gambar 3.2	Mesin Cooperation Fuel Research (CFR)	16
Gambar 3.3	Alat Uji <i>Water Content</i> (<i>Karl Fischer Coulometer</i>)	16
Gambar 3.4	Pengujian Viskositas	17
Gambar 3.5	<i>Hydrometer Density</i>	17
Gambar 3.6	Proses Pengujian Emisi Gas Buang	18
Gambar 3.7	<i>Gas Analyser</i>	18
Gambar 3.8	Gambar Instalasi Penelitian	22
Gambar 3.4	Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium Terhadap <i>Heating Value</i>	30
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Distilasi	32
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap <i>Octane Number</i>	34
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap <i>Water Content</i>	36
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap <i>Density</i>	37
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Viskositas Kinematik	39
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Emisi Gas Buang (Hidrokarbon)	40
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Emisi Gas Buang (Carbon Monoksida)	41
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Spesifikasi Bahan bakar	43
Gambar 4.10	Grafik Nilai Optimum Dari Spesifikasi Bahan Bakar Campuran	44

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
Lampiran 1	Data Hasil Penelitian Spesifikasi Bahan Bakar
Lampiran 2	Data Hasil Penelitian Viskositas Kinematik
Lampiran 3	Data Hasil Penelitian Emisi Gas Buang
Lampiran 4	Data Hasil Penelitian <i>Octane Number</i>



RINGKASAN

Gilang Fatwa Widiananta, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, November 2009. **Pengaruh Kadar Bioetanol Ubi Kayu (*Mannihot Esculenta*) dalam Campurannya dengan Premium terhadap Spesifikasi Bahan Bakar**. Dosen Pembimbing : **Ir. I Made Gunadiarta, MT.** dan **Ir. Bardji Hadi Pranoto**

Tingginya kebutuhan masyarakat terhadap pemakaian bahan bakar minyak (BBM) membuat persediaan minyak semakin menipis. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka pemerintah mengimpor bahan bakar minyak (BBM). Harga minyak mentah dunia yang tidak stabil memberi dampak yang besar terhadap perekonomian dan ketergantungan pada negara lain. Maka Pemerintah bersama masyarakat mengembangkan energi *alternative* dalam penekanan pemakaian minyak. Bioetanol dicampur dengan premium atau yang disebut dengan gasohol merupakan pengembangan energi *alternative* dalam menekan pemakaian bahan bakar minyak (BBM). Dari pencampuran tersebut dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui spesifikasi bahan bakar yang meliputi : *heating value*, distilasi, *octane number*, *water content*, *densitas*, viskositas kinematik, dan emisi gas buang.

Penelitian untuk mengetahui spesifikasi bahan bakar ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Laboratorium Unit Pelumas Pertamina Surabaya, Laboratorium Kimia Dasar Pusdiklat Migas Cepu dan MPM Motor Surabaya. Kadar bioetanol dalam campurannya yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar : (0; 5; 10; 15; 20; 25) % volume.

Adanya unsur oksigen (O_2) dan air (H_2O) dalam bioetanol dapat mempengaruhi spesifikasi dan kualitas dari bahan bakar. Jadi semakin tinggi kadar bioetanol dalam campurannya mengakibatkan beberapa spesifikasi bahan bakar bervariasi sehingga kualitas bahan bakar meningkat, yaitu : *octane number* (nilai oktan), distilasi, *density* (kerapatan), viskositas kinematik, dan emisi gas buang. Tetapi semakin tinggi kadar bioetanol dalam campurannya juga mengakibatkan beberapa spesifikasi bahan bakar bervariasi sehingga kualitas bahan bakar menurun, yaitu : *heating value* (nilai kalor) dan *water content* (kadar air).

Kata kunci : Bioetanol, premium, spesifikasi bahan bakar.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tingginya kebutuhan masyarakat terhadap pemakaian bahan bakar minyak (BBM) membuat persediaan minyak semakin menipis. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka pemerintah mengimpor bahan bakar minyak (BBM). Harga minyak mentah dunia yang tidak stabil memberi dampak yang besar terhadap perekonomian dan ketergantungan pada negara lain (<http://www.bluefame.com>). Maka Pemerintah bersama masyarakat mengembangkan energi *alternative* dalam penekanan pemakaian minyak.

Bioetanol dicampur dengan premium merupakan pengembangan energi *alternative* dalam menekan pemakaian bahan bakar minyak (BBM). Bioetanol (C_2H_5OH) adalah bahan bakar nabati yang memiliki sifat menyerupai bahan bakar premium. Hasil Bioetanol ramah lingkungan karena tidak dihasilkan dari proses yang menggunakan bahan kimia, melainkan dari proses biologi (enzimatik dan fermentasi), bahan tidak mengandung B3 (bahan berbahaya dan beracun) dan pada proses pembakaran bioetanol menghasilkan karbon yang sedikit. Sehingga semakin besar kandungan bioetanol, maka makin ramah lingkungan bahan bakar tersebut, sebab emisinya juga mengecil.

Bioetanol terbuat dari bahan baku tanaman yang mengandung pati, salah satunya adalah ubi kayu atau singkong. Ketela jenis ini tidak mempunyai nilai ekonomis sebab ketela ini mengandung racun HCN sehingga ketela tidak dapat dijadikan bahan makanan. Menurut Dr. Ir. Tatang H. Soerawidjaja, dari Teknik Kimia ITB, menyatakan singkong merupakan salah satu sumber pati. Singkong mengandung sekitar 33% pati. Pati sendiri adalah rantai karbohidrat yang kompleks (polisakarida). Polisakarida ini jika dipecah-pecah akan menghasilkan rantai karbohidrat yang lebih sederhana (oligosakarida). Jika proses pemecahan dilanjutkan, oligosakarida akan terurai menjadi satuan mata rantai karbohidrat yang paling sederhana yaitu glukosa. Setelah menjadi glukosa difermentasi menjadi Bioetanol. Akhirnya, bioetanol digunakan sebagai *substitusi* bensin.

Pencampuran antara bioetanol dengan premium sering disebut Gasohol. Gasohol adalah singkatan dari *gasoline* (bensin) plus alkohol (bioetanol). Etanol absolut memiliki angka oktan (ON) 117, sedangkan premium hanya 87-88 (<http://www.energy.tf.itb.ac.id>). Hasil pengujian kinerja mesin motor bensin dengan

menggunakan gasohol, menunjukkan bahwa gasohol E-10 (10% bioetanol) dan gasohol E-20 (20% bioetanol) menghasilkan kinerja mesin yang lebih baik dari premium dan setara dengan pertamax.

Dari pencampuran tersebut dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui spesifikasi bahan bakar. Spesifikasinya bahan bakarnya yaitu *heating value*, distilasi, *octane number*, *water content*, *densitas*, viskositas kinematik, dan emisi gas buang. Dengan mengetahui spesifikasi bahan bakar campuran bioetanol dengan premium, kita dapat mengetahui kadar campuran yang ideal dan memiliki unjuk kerja yang lebih tinggi atau minimal sama dengan yang berbahan bakar premium sehingga dapat diaplikasikan pada motor bensin 4 langkah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

Bagaimana pengaruh kadar bioetanol ubi kayu (*Mannihot Esculenta*) dalam campurannya dengan premium terhadap spesifikasi bahan bakar?

1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang diinginkan maka permasalahan perlu dibatasi sebagai berikut :

1. Kadar bioetanol yang dicampur dengan premium sebesar (0; 5; 10; 15; 20; 25) % volume.
2. Bioetanol yang digunakan berasal dari bahan baku ketela pohon atau ubi kayu (*Mannihot Esculenta*).
3. Nilai karakteristik bahan bakar yang diuji adalah:
 - a. *Heating Value* (nilai kalor)
 - b. Distilasi
 - c. *Octane Number* (nilai oktan)
 - d. *Water Content* (kadar air)
 - e. Viskositas Kinematik
 - f. *Density* (kerapatan)
 - g. Emisi gas buang

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar bioetanol ubi kayu (*Mannihot Esculenta*) dalam campurannya dengan premium sehingga didapat bahan bakar dengan spesifikasi yang ideal dan optimal.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu dan wawasan dalam bidang pemanfaatan bioetanol ubi kayu sebagai bahan bakar alternatif.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengetahui karakteristik dari campuran bioetanol ubi kayu dalam campuran dengan premium, sehingga dapat digunakan atau diaplikasikan ke mesin secara langsung dan dapat meningkatkan kinerja motor bensin.
3. Sebagai dasar ataupun literatur bagi penelitian selanjutnya.



BAB II DASAR TEORI

2.1 Ubi Kayu

Rama Prihandana (2007) mengemukakan bahwa ubi kayu (*Mannihot esculenta*) termasuk tumbuhan berbatang pohon lunak atau getas (mudah patah). Ubi kayu berbatang bulat dan bergerigi yang terjadi dari bekas pangkal tangkai daun, bagian tengahnya bergabus dan termasuk tumbuhan yang tinggi. Ubi kayu bisa mencapai ketinggian 1-4 meter. Ubi kayu dapat tumbuh subur di daerah yang berketinggian 1200 meter di atas permukaan air laut. Daun ubi kayu memiliki tangkai panjang dan helaian daunnya menyerupai telapak tangan, dan tiap tangkai mempunyai daun sekitar 3-8 lembar. Tangkai daun tersebut berwarna kuning, hijau atau merah.

Ubi kayu dikenal dengan nama *Cassava* (Inggris); Kasapen, sampeu, kowi dangdeur (Sunda); Ubi kayu, singkong, ketela pohon (Indonesia); Pohong, bodin, ketela bodin, tela jendral, tela kaspé (Jawa).

Ubi kayu merupakan jenis tanaman perdagangan dan pangan (*cash crop*). Sebagai tanaman perdagangan, ubi kayu menghasilkan gapek, tepung ubi kayu, tepung aromatik dan etanol. Sedangkan sebagai tanaman pangan, ubi kayu merupakan sumber karbohidrat bagi manusia. Sebagai sumber karbohidrat, ubi kayu merupakan penghasil kalori terbesar dibandingkan dengan tanaman lain. Nilai kalori tanaman penghasil karbohidrat dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 : Nilai Kalori Berbagai Tanaman Penghasil Karbohidrat

No	Jenis Tanaman	Nilai Kalori (kal/Kg)
1	Ubi kayu	1460
2	Jagung	1290
3	Ubi Jalar	1230
4	Kentang	830

Sumber : <http://www.wordpress.com/wp-content/plugins/akismet/akismet>

2.2 Bioetanol

Etanol merupakan senyawa kimia berupa cairan bening tidak berwarna yang memiliki formula kimia C_2H_5OH dan mempunyai sifat larut dalam air, mudah terbakar dan menguap. Bioetanol merupakan etanol yang berasal dari minyak nabati yang

memiliki sifat menyerupai premium. Untuk pengganti premium, terdapat alternatif gasohol yang merupakan campuran antara premium (*gasoline*) dan bioetanol.

Bioetanol berasal dari tumbuhan, tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol harus mengandung bahan-bahan sebagai berikut.

1. Bahan berpati, berupa ubi kayu, ubi jalar, jagung, kentang, gandum, umbi dahlia dan lain-lain.
2. Bahan bergula, berupa *molasses* (tetes tebu), nira tebu, nira kelapa, nira aren dan lain-lain.
3. Bahan berselulosa, berupa limbah pertanian seperti jerami padi, ampas tebu, tongkol jagung, onggok (limbah tapioka), grajen (serbuk gergaji) dan lain-lain.

Jenis-jenis etanol adalah sebagai berikut :

1. Etanol 95-96% v/v, disebut etanol berhidrat, yang terbagi mejadi :
 - a. *Technical/raw spirit grade*, digunakan untuk bahan bakar spiritus, makanan, desinfektan dan pelarut.
 - b. *Industrial grade*, digunakan untuk bahan baku industri dan pelarut.
 - c. *Potable grade*, untuk minuman berkualitas tinggi.
2. Etanol >99,5% v/v, digunakan sebagai bahan bakar. Etanol ini disebut *fuel grade ethanol* (FGE) atau *anhydrous ethanol* (etanol anhidrat) atau etanol kering, yakni etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal 0,5%.

Keuntungan dari bioetanol sebagai campuran premium, antara lain :

1. Bahan baku untuk membuat alkohol bersifat *renewable* sehingga jaminan kontinyuitasnya lebih terpelihara.
2. Menghemat bahan bakar fosil.
3. Meningkatkan bilangan oktan.
4. Menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna (mengurangi emisi karbon monoksida).

Kerugian dari bioetanol sebagai campuran premium yaitu harga gasohol (saat ini) relatif lebih tinggi daripada premium. Kelemahan gasohol tersebut dapat diperbaiki dengan menggunakan proses operasi selektif dan pemberian bahan aditif.

2.3 Premium

Rama Prihandana (2007) mengemukakan premium atau biasa disebut bensin adalah bahan bakar minyak berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (*dye*). Premium merupakan salah satu jenis bahan bakar minyak digunakan untuk kendaraan bermotor.

Premium terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari karbon (C) dan hidrogen (H) saling terikat satu sama lainnya sehingga membentuk rantai. Secara sederhana premium tersusun dari hidrokarbon rantai lurus dengan rumus kimia $C_n H_{2n+2}$. Molekul hidrokarbon dengan panjang yang berbeda memiliki sifat berbeda pula. CH_4 (metana) merupakan molekul yang paling ringan, bertambahnya atom C dalam rantai tersebut akan membuat molekul hidrokarbon menjadi berat.

Mutu bahan bakar premium dikaitkan dengan jumlah ketukan (*knocking*) yang ditimbulkannya dan dinyatakan dengan nilai oktan. Makin sedikit ketukan makin baik mutu premium, makintinggi nilai oktannya. Berdasarkan dari mutu bahan bakar premium tersedia atas tiga jenis yaitu :

1. Premium (RON 88)

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (*dye*). Penggunaan premium pada umumnya adalah untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, seperti : mobil, sepeda motor, motor tempel dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor *gasoline* atau *petrol*.

2. Pertamina (RON 92)

Ditujukan untuk kendaraan yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal (*unleaded*). Pertamina juga direkomendasikan untuk kendaraan yang diproduksi diatas tahun 1990 terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic fuel injection* dan *catalytic converters*.

3. Pertamina Plus (RON 95)

Jenis BBM ini telah memenuhi standar performance *International World Wide Fuel Charter* (WWFC). Ditujukan untuk kendaraan yang berteknologi mutakhir yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan ramah lingkungan. Pertamina Plus sangat direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi ratio > 10,5 dan

juga yang menggunakan teknologi *Electronic Fuel Injection (EFI)*, *Variable Valve Timing Intelligent (VVTI)*, *(VTI)*, *Turbochargers* dan *catalytic converters*.

Nilai spesifikasi premium dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 : Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Premium (RON 88)

No	Characteristic	Units	Limits				Testing Methods	
			Unleaded		Leaded		ASTM	Others
			Min.	Max	Min.	Max		
1	Octane Number							
	- Research Octane Number (RON)	RON	88.0	-	88.0	-	D 2699-86	
	-Motir Octane Number (MON)		Reported		Reported		D 2700-86	
2	Oxidation Stability (induction periods)	Minute	360	-	360	-	D 525-99	
3	Sulfur Content	% m/m	-	0.05	-	0.05	D 2622-98	
4	Lead Content (Pb)	g/l	-	0.013	-	0.3	D 3237-97	
5	Distillation							
	10% vapor	°C	-	74	-	74		
	50% vapor	°C	88	125	88	125		
	90% vapor	°C		180		180		
	Final Boiling Point	°C	-	215	-	215		
	Residue	% Vol	-	2.0	-	2.0		
6	Oxigen Content	% m/m	-	2.7	-	2.7	D 4815-94a	
7	Washed Gum	mg/100ml	-	5	-	5	D 381-99	
8	Steam Pressure	kPa	-	62	-	62	D 5191 or D 323	
9	Specific Mass	kg/m ³	715	780	715	780	D 4052 or D 1298	
10	Cooper Corroton	Menit	Class 1		Class 1		D 130-94	
11	Doctor Test		Negative		Negative			IP 30
12	Sulfur Mercaptan	% mass	-	0.002	-	0.002	D 3237-97	
13	Visual Appearance		Clear and Bright		Clear and Bright			
14	Color		Red		Red			
15	Coloring Content	g/100l	0.13		0.13			
16	Odor		Marketable		Marketable			

Sumber : Keputusan Direktur Minyak dan Gas Bumi No 3674 K/24/DJM/2006 tanggal

17 Maret 2006

2.4 Komposisi Bahan Bakar dan Proses Pembakaran.

Komposisi bahan bakar meliputi *carbon (C)*, *hydrogen (H)*, dan *sulphur (S_r)*. Pada proses pembakaran diperlukan oksigen yang berasal dari udara bebas. Sedangkan udara tersusun atas oksigen (O₂) sebanyak 21%, nitrogen (N₂) 78% dan 1% adalah gas-gas lainnya.

Ikatan *Hydrocarbon* (HC) pada bahan bakar (BB) akan hanya bereaksi dengan oksigen pada saat proses pembakaran sempurna, dan menghasilkan air (H₂O) serta karbondioksida (CO₂) sedangkan Nitrogen akan keluar sebagai N₂. Sayangnya pada kondisi-kondisi tertentu pembakaran menjadi tidak sempurna dan hal ini menghasilkan gas-gas buang yang berbahaya bagi kehidupan, seperti terbentuknya karbon monoksida (CO) dan juga Nitrogen oksida (NO_x)

Reaksi pembakaran bioetanol berlangsung sebagai berikut :



2.5 Teori Campuran

Campuran adalah gabungan dari 2 (dua) fluida atau lebih dan masih memiliki sifat-sifat asalnya. Untuk memperoleh nilai campuran digunakan rumus campuran sebagai berikut, yaitu :

$$S_x = S_f \cdot X + S_g \cdot (1 - X) \quad (2-1)$$

Keterangan :

S_x : Nilai campuran

S_f : Nilai fluida 1 (dalam hal ini bioetanol)

X : Banyaknya fluida 1 dalam campurannya (%)

S_g : Nilai fluida 2

2.6 Spesifikasi Bahan Bakar

1. *Heating Value* (nilai kalor)

Heating Value (nilai kalor) adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna 1 kilogram atau 1 satuan berat bahan bakar padat atau cair atau 1 meter kubik atau 1 satuan volume bahan bakar gas, pada keadaan baku. Nilai kalor diklasifikasikan menjadi 2 macam, yaitu nilai kalor tertinggi (*higher heating value/HHV*) dan nilai kalor terendah (*lower heating value/LHV*). Nilai kalor tertinggi/HHV adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna oleh satu satuan massa bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap air (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud cair). Sedangkan nilai kalor terendah/LHV adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna satu satuan massa bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap air (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud gas/uap).

Besarnya *Heating Value* dapat dihitung menggunakan persamaan Mendeleyev's yaitu :

$$\text{LHV} = 81 C + 246 H - 26 (O - S) - 6 W \left[\frac{\text{Kkal}}{\text{kg}} \right] \quad (2.2) \quad (\text{Shvets.1960.153})$$

Keterangan :

LHV : *Low Heating Value* (Kkal/Kg)

C : fraksi berat dari kandungan karbon dalam bahan bakar (%)

H : fraksi berat dari kandungan karbon hidrogen dalam bahan bakar (%)

O : fraksi berat dari kandungan karbon oksigen dalam bahan bakar (%)

S : fraksi berat dari kandungan karbon belerang dalam bahan bakar (%)

W : fraksi berat dari kandungan karbon uap air dalam bahan bakar (%)

Satuan dari *heating value* adalah Kkal/Kg, dimana $1 \text{ Kkal/Kg} = 4,186 \text{ KJ/Kg} = 0,114 \text{ Btu/lb}$

2. Distilasi

Distilasi adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan temperatur penguapan (volatilitas). Dalam distilasi, campuran bahan kimia dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu

Sifat ini penting, karena jika bahan bakar memiliki titik didih tinggi maka bahan bakar akan sulit tercampur dengan udara pada saat terjadi pembakaran. Zat yang memiliki titik didih tinggi tidak dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin bensin meskipun memiliki nilai kalor yang besar. Namun demikian bahan bakar yang memiliki titik didih rendah juga berbahaya karena mudah terbakar.

3. Octane Number (nilai oktan)

Nilai oktan adalah nilai yang membandingkan besarnya iso-oktan dengan normal heptana dalam campurannya yang dapat menyebabkan terjadinya *knocking* pada kinerja motor bensin dengan menggunakan bahan bakar yang diuji.

Secara garis besar, bensin dihuni oleh iso-oktan yang bersifat tahan digebuk atau dikompres hingga volume terkecil tanpa mengalami

pembakaran spontan dan normal-heptana yang bersifat mudah terbakar spontan meskipun baru ditekan sedikit. Secara teori, udara (berbentuk gas) dan premium bisa terbakar sendiri secara spontan sebelum terkena percikan api dari busi. Pembakaran Spontan ini menimbulkan gejala yang biasa disebut *knocking*. Hal ini terjadi karena premium lebih cepat terbakar secara spontan sehingga tenaga untuk menggerakkan mesin serta beban kendaraan jadi berkurang dari yang dibutuhkan. Pembakaran spontan ini sebisa mungkin dapat dihindari/ dikurangi dengan penggunaan Bensin dengan oktan yang tinggi.

Ada dua kategori angka oktan, yaitu RON (*research octane number*) dan MON (*motor octane number*). RON diperoleh dari simulasi kinerja asupan bahan bakar ke mesin saat mesin dioperasikan dalam kondisi standar sedangkan MON menunjukkan kinerja bahan bakar saat mesin dioperasikan dalam kondisi yang lebih berat. Angka oktan MON dapat lebih rendah 10 Point dari angka Oktan RON.

4. *Water Content* (kadar air)

Kadar air adalah banyaknya jumlah air yang dapat terpisah dalam bahan bakar. Kadar air ditentukan dengan menggunakan metode distilasi. Metode Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan secara fisis berdasarkan kemudahan menguap (*volatilitas*) suatu campuran zat cair.

Kadar air dalam bahan bakar tidak boleh lebih dari 0,5%. Air yang terkandung dalam bahan bakar dapat menurunkan kualitas spesifikasi bahan bakar yaitu penurunan *heating value*, penurunan temperatur pembakaran, melambatkan proses pembakaran dan menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna.

5. Viskositas Kinematik

Viskositas adalah sifat dari cairan yang menghambat gaya yang menyebabkan cairan dapat mengalir. Kekentalan suatu minyak dinyatakan oleh jumlah detik yang digunakan oleh volume tertentu dari minyak untuk mengalir melalui lubang dengan diameter tertentu. Jika viskositas semakin tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi.

Viskositas dinamik (μ) adalah perbandingan antara tegangan (τ) dan gradien kecepatan ($\frac{dv}{dy}$).

$$\tau = -\mu \frac{dv}{dy} \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad (2-3) \text{ (Bruce R. Munson.2003.14)}$$

Dari rumus (2.3) kita dapat nilai viskositas dinamik, yaitu :

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} \left[\frac{N.s}{m^2} \right] \quad (2-4) \text{ (Noel de Nevers.1991.9)}$$

Keterangan :

τ : *shear stress* atau tegangan geser (N/m^2)

μ : *coefisient of viscosity* atau viskositas dinamik ($N.s/m^2$)

Satuan viskositas dinamik atau *Coefisient of Viscosity* adalah $Ns/m^2 = Pa.s$ (pascal sekon). Satuan CGS (centimeter gram sekon) untuk viskositas dinamik adalah $dyne.s/cm^2 = poise$ (P).

$$1 \text{ poise} = 1 \text{ dyne. s/cm}^2 = 10^{-1} \text{ N.s/m}^2$$

Viskositas kinematik adalah perbandingan viskositas dinamik dengan kerapatan cairan.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{m^2}{s} \right] \quad (2-5) \text{ (Noel de Nevers.1991.12)}$$

Keterangan :

ν : viskositas kinematik (m^2/s)

μ : viskositas dinamik ($N.s/m^2$)

ρ : densitas (Kg/m^3)

Viskositas Kinematik ini diukur berdasarkan aliran fluida cair yang mengalir di dalam *Viscometer Tube Capiler Oswald* secara gravitasi. *Poiseuille* telah merumuskan persamaan Viskositas Dinamik untuk *liquid* sebagai berikut :

$$\mu = \frac{\pi P r^4 t}{8LV} \left[\frac{Kg.s}{m^2} \right] \quad (2-6) \text{ (Diktat Pertamina)}$$

Keterangan :

V : volume cairan (m^3)

μ : viskositas dinamik ($N.s/m^2$)

t : waktu untuk melewati kapiler (s)

r : radius pipa kapiler (m)

L : panjang pipa kapiler (m)

P : tekanan (N/m^2)

Untuk mengukur waktu alir 2 cairan yang berbeda dengan pipa kapiler yang sama, maka rasio viskositas dari 2 cairan yang berbeda tersebut adalah

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\pi P_1 r^4 t_1}{8LV} \times \frac{8LV}{\pi P_2 r^4 t_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 t_2} \quad (2-7) \text{ (Diktat Pertamina)}$$

atau :

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \quad (2-8) \text{ (Diktat Pertamina)}$$

atau :

$$\frac{\mu_1}{\rho_1 t_1} = \frac{\mu_2}{\rho_2 t_2} = C \quad (2-9) \text{ (Diktat Pertamina)}$$

Dimana C adalah *Capiler Constant* (Konstanta Kapiler). Konstanta kapiler ini biasanya tertera di *viscometer tube*. Dimensi dari Konstanta Kapiler adalah

$$C = \frac{\mu}{\rho t} \left[\frac{m^2}{s^2} \right] \quad (2-10) \text{ (Mark W Z.1982.353)}$$

Jadi besarnya viskositas kinematik dirumuskan sebagai berikut :

$$V = C \times t \left[\frac{m^2}{s} \right] \quad (2-11) \text{ (Mark W Z.1982.354)}$$

Atau :

$$v = 0,22 \cdot t - \frac{180}{t} \text{ [cSt]} \quad (2-12) \text{ (Mark W Z.1982.354)}$$

Keterangan :

V = viskositas kinematik (m^2/s)

t = waktu alir (s)

Satuan dari viskositas kinematik adalah *Stoke*. 1 stoke = $10^{-4} m^2/s$

6. *Density* (kerapatan)

Density adalah perbandingan massa dan volume suatu zat. Semakin rapat molekul fluida, maka fluida tersebut memiliki kadar *density* yang semakin besar. *Density* mempunyai satuan kilogram per meter kubik (Kg/m^3).

Besarnya *density* dirumuskan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \quad (2-12) \text{ (Noel de Nevers.1991.6)}$$

Keterangan :

ρ = *density* (Kg/m^3)

m = massa bahan bakar (Kg)

v = volume bahan bakar (m^3)

7. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar. Sisa hasil pembakaran tersebut berupa :

a. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon / HC merupakan unsur senyawa bahan bakar bensin. HC yang ada pada gas buang adalah dari senyawa bahan bakar yang tidak terbakar habis dalam proses pembakaran motor, HC diukur dalam satuan ppm (*part per million*).

b. Carbon Monoxida (CO)

Merupakan senyawa gas beracun yang terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna dalam proses kerja motor, CO diukur dalam satuan % volume.

Perbandingan sifat fisik dari bioetanol dengan premium dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 : Perbandingan Sifat Fisik Bioetanol dengan Premium

No	Keterangan	Unit	Bio-Ethanol	Premium
1.	Nilai kalor	(Kkal/liter)	5023,3	8308,0
2.	Panas penguapan pada 20°C	(Kkal/liter)	6,4	1,8
3.	Angka oktan riset	(RON)	111,0	91,0
4.	Angka oktan motor	(MON)	94,0	82,0
5.	Berat jenis	(g/cm)	0,8	0,7

sumber : Djojonegoro, W. (1981).

2.7 Hipotesa

Dengan mencampur bioetanol ubi kayu dengan premium menyebabkan bertambahnya unsur oksigen (O₂) dalam bahan bakar sehingga spesifikasi bahan bakar bervariasi dan kualitas bahan bakar campuran meningkat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Tahapan-tahapan penelitian ini meliputi :

1. Studi literatur.

Studi literatur dilakukan dengan pencarian referensi-referensi berupa buku, artikel dan jurnal.

2. Mempersiapkan bahan bakar premium dan bioetanol untuk proses pencampuran.

3. Melakukan proses pencampuran bioetanol dengan premium dengan variasi kadar bioetanol (0, 5, 10, 15, 20 dan 25)% volume.

4. Melakukan proses pengujian spesifikasi bahan bakar.

5. Pengolahan data

Data hasil pengujian didapatkan spesifikasi bahan bakar yaitu *heating value* (nilai kalor), *distilasi*, *octane number* (nilai oktan), *water content* (kadar air), viskositas kinematik, *density* (kerapatan) dan emisi gas buang.

6. Analisa data

Menganalisa pengolahan data sehingga dapat diketahui adanya pengaruh kadar bioetanol ubi kayu (*Mannihot Esculenta*) dalam campurannya dengan premium terhadap spesifikasi bahan bakar sehingga didapat kadar campuran bahan bakar yang ideal untuk dapat meningkatkan kinerja motor bensin 4 langkah.

3.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua variable yang digunakan, yaitu :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas ialah variabel yang besarnya kita tentukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain, berfungsi sebagai sebab dalam penelitian. Adapun yang merupakan variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar bioetanol dalam premium yaitu (0, 5, 10, 15, 20 dan 25)% volume.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan besarnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Adapun variabel terikat dalam pengujian ini, yaitu *heating value* (nilai kalor), distilasi, *octane number* (nilai oktan), *water content* (kadar air), viskositas kinematik, *density* (kerapatan) dan emisi gas buang.

3.3 Alat yang Digunakan

1. Pengujian Distilasi

- a. 1 Unit alat Distilasi
- b. Termometer Standar ASTM 7 C atau 8 C
- c. Labu Distilasi kapasitas 100 ml
- d. Gelas ukur berskala kapasitas 100 ml dan 10 ml
- e. *Beaker glass* kapasitas 1 lt (untuk contoh yang mudah menguap).
- f. Gabus penutup labu distilasi
- g. *Stopwatch*

Alat pengujian distilasi dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Alat Uji Distilasi ASTM D 86 (*Distillation apparatus*)

Sumber : Laboratorium Uji Pelumas Pertamina Surabaya

2. Pengujian *Octane Number* (nilai oktan)

Mesin *Cooperative Fuel Research Engine* (CFR). Gambar mesin *cooperation fuel research* dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Mesin *Cooperation Fuel Research* (CFR)

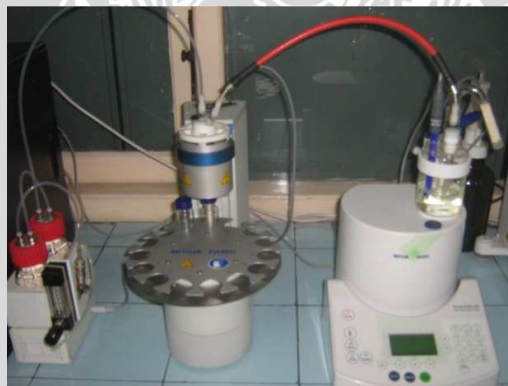
Sumber : Pusdiklat Migas Cepu

3. Pengujian *Water Content* (kadar air)

a. Timbangan Ketelitian

b. 1 unit alat Uji *Water Content* (*Karl Fischer Coulometer*)

Alat pengujian *water content* dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Alat Uji *Water Content* (*Karl Fischer Coulometer*)

Sumber : Laboratorium Uji Pelumas Pertamina Surabaya

4. Pengujian Viskositas (kekentalan)

a. 1 Unit alat pemanas yang dilengkapi dengan termostat dengan media pemanas *White Oil* (*Viscometer Bath*)

b. Termometer Standar ASTM 28 F atau 28 C

c. Viskometer *Holder*

d. Viskometer *Tube*

e. *Stop Watch*

- f. Pompa Hisap
- g. *Beaker glass* kecil
- h. Kain pembersih

Alat pengujian viskositas dapat dilihat pada gambar 3.4



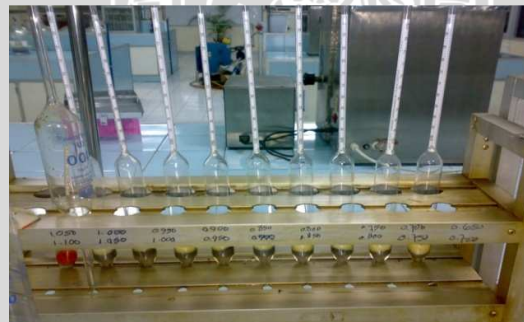
Gambar 3.4 Pengujian Viskositas

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin UB

5. Pengujian *Density* (kerapatan)

- a. *Hydrometer density*
- b. Termometer type ASTM 12 C
- c. Gelas silinder 500 ml

Alat pengujian *density* dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 *Hydrometer Density*

Sumber : Laboratorium Uji Pelumas Pertamina Surabaya

6. Pengujian *Heating Value* (nilai kalor)

Alat pengujian menggunakan *Hydrometer density* dan hasilnya dikonversikan kedalam rumus :

$$LHV = [12400 - (2100 - SG^2)] \text{ [Kcal/Kg]}$$

7. Pengujian Emisi Gas Buang

Gas Analyser. Gambar pengujian emisi gas buang dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Proses Pengujian Emisi Gas Buang

Sumber : MPM Motor Surabaya

Dan gambar *gas analyser* dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Gas Analyser

Sumber : MPM Motor Surabaya

3.4 Prosedur Pengambilan Data

1. Pengujian *Density* (kerapatan)
 - a. Mempersiapkan sampel yang akan diuji.
 - b. Menuangkan sampel uji pada gelas kapasitas 1000 ml.
 - c. Memasukkan *hydrometer* secara perlahan-lahan.
 - d. Memasukkan *thermometer* ASTM 12 C hingga benang air raksa terbenam pada sampel uji.
 - e. Membiarkan *hydrometer* dan *thermometer* tercelup selama 10 – 15 menit, dan kemudian melakukan pembacaan skala *hydrometer* dan *thermometer*
 - f. Mencatat hasil yang didapat dan melakukan konversi hasil pembacaan dengan menggunakan tabel ASTM IP *Petroleum Measurement*.

2. Pengujian *Heating Value* (nilai kalor)

- a. Melakukan konversi data *density* 15 °C dengan menggunakan tabel ASTM IP *Petroleum Measurement* untuk mengetahui *spesifik gravity* (berat jenis).
- b. Memasukkan nilai *spesifik gravity* kedalam rumus *heating value* sebagai berikut:

$$LHV = [12400 - (2100 - SG^2)] \text{ [Kcal/Kg]}$$

Keterangan :

LHV = *Low Heating Value* (Kcal/Kg)

SG = *Spesifik Gravity*

3. Pengujian Distilasi

- a. Mendinginkan bahan bakar yang diuji pada *freezer* hingga mencapai temperatur dibawah 10⁰ C
- b. Mengukur 100 ml bahan bakar yang telah didinginkan dalam gelas ukur, lalu tuangkan kedalam tabung distilasi.
- c. Mengisi *cooling bath* untuk kondensor dengan es batu dan suhu air dijaga pada temperatur 0⁰ C - 4⁰ C.
- d. Memasang thermometer ASTM 7C 300⁰ C (yang telah ditutupi dengan tutup gabus) pada labu distilasi. Atur letak *bulp* termometer pada tengah-tengah leher labu distilasi.
- e. Memasang distilasi pada posisi tegak pada alat disilasi, kemudian masukkan *flash vapour tube* yang telah dilengkapi dengan tutup gabus ke dalam kondensor *tube*.
- f. Memasang gelas ukur sebagai penampung distilat yang direndam dalam *cooling bath* dengan temperatur 13⁰ C - 18⁰ C (*beaker glass tall-form* dengan kapasitas 1000 ml berisi air es).
- g. Memanaskan alat distilasi (*heater "ON"*) dan mengatur regulatornya sehingga pada 5-10 menit kemudian terjadi tetesan pertama yang keluar dari ujung kondensor masuk kedalam gelas ukur penampung distilat. Mencatat pembacaan pada termometer pada saat terjadi tetesan pertama dan melaporkan sebagai *Initial Boiling Point* (IBP).
- h. Mencatat hasil pembacaan termometer setiap volume distilat yang tertampung pada gelas ukur mencapai 100 ml, 500 ml, dan 900 ml.

- i. Memperhatikan kenaikan temperatur setelah distilat mencapai lebih 95% volume dan kemudian mencatat temperatur tertinggi yang dicapai, dan mencatat temperatur ini sebagai *end point* atau *Final Boiling Point* (FBP).
 - j. Mematikan alat pemanas.
4. Pengujian *Octane Number*
- a. Mesin dihidupkan dengan bahan bakar yang akan diuji nilai oktannya.
 - b. Perbandingan kompresi diubah-ubah sampai terjadi *knocking*.
 - c. Selanjutnya bahan bakar diganti dengan bahan bakar standart yaitu bahan bakar iso oktan dan n-heptana.
 - d. Pada perbandingan kompresi yang tetap jumlah volume campuran iso oktan dan normal heptana diubah-ubah hingga terjadi *knocking*.
 - e. Jumlah prosentase volume iso oktan pada saat terjadi *knocking* menunjukkan nilai oktan bahan bakar yang diuji.
5. Pengujian *Water Content* (kadar air)
- a. Ukur bahan bakar dalam timbangan ketelitian menggunakan pipet.
 - b. Masukkan bahan bakar yang akan diuji ke dalam tabung kecil.
 - c. Setelah itu letakkan tabung kecil tersebut ke dalam instalasi uji *water content*.
 - d. Tulis berat bahan bakar yang diuji kedalam instalasi alat uji sebagai data input.
 - e. Tunggu selama ± 30 menit, kemudian catat kadar air terukur pada alat uji dalam satuan ppm dan persen (%) berat.
6. Pengujian Viskositas (kekentalan)
- a. Atur suhu penangas sesuai suhu pengujian
 - b. Pilih tabung viskometer yang sesuai dengan contoh yang diuji, tabung viskometer harus bersih dan kering.
 - c. Istilah viskometer dengan contoh sampai tanda batas yang ditetapkan
 - d. Jepit viskometer *tube* dengan viskometer *holder*, kemudian masukkan viskometer yang telah diisi contoh dalam penangas sampai suhunya sama dengan suhu penangas, minimal direndam 30 menit.

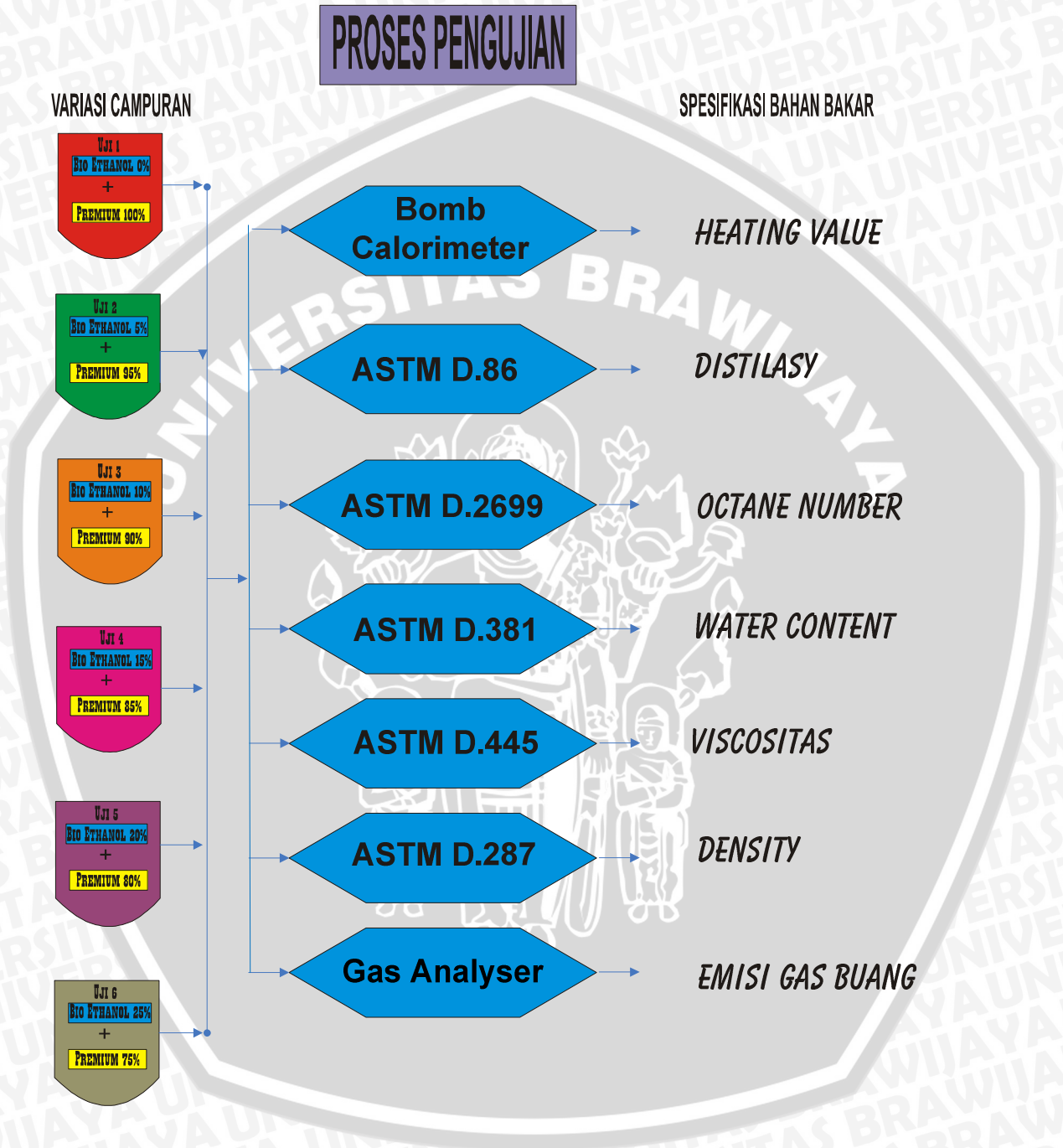
- e. Mulai lakukan pengetesan dan lakukan tiga kali, ulangi pemeriksaan apabila waktu pengaliran kurang dari 200 detik, dengan cara pemilihan kapiler yang lebih kecil.
- f. Hitung viskositas Kinematik.

7. Pengujian Emisi Gas Buang

- a. Kendaraan yang akan diuji komposisi gas buang diparkir pada tempat yang datar.
- b. Pipa gas buang tidak bocor.
- c. Temperatur mesin normal 60°C sampai dengan 80°C atau sesuai rekomendasi manufaktur.
- d. Sistem asesoris (lampu, AC) dalam kondisi mati.
- e. Pastikan gas *analyzer* dalam kondisi telah terkalibrasi.
- f. Hidupkan mesin sesuai prosedur pengujian.
- g. Naikkan (akselerasi) putaran mesin hingga mencapai 2900 rpm kemudian tahan selama ± 60 detik dan selanjutnya kembalikan pada kondisi idle.
- h. Selanjutnya lakukan pengukuran pada kondisi idle dengan putaran 600 rpm sampai dengan 1000 rpm atau sesuai rekomendasi manufaktur.
- i. Masukkan probe alat uji ke pipa buang sedalam 30 cm, bila kedalam pipa gas buang kurang dari 30 cm maka pasang pipa tambahan.
- j. Tunggu ± 20 detik dan lakukan pengambilan data kadar konsentrasi gas CO dalam satuan persen (%) dan HC dalam satuan ppm yang terukur pada alat uji.

3.5 Gambar Instalasi Penelitian

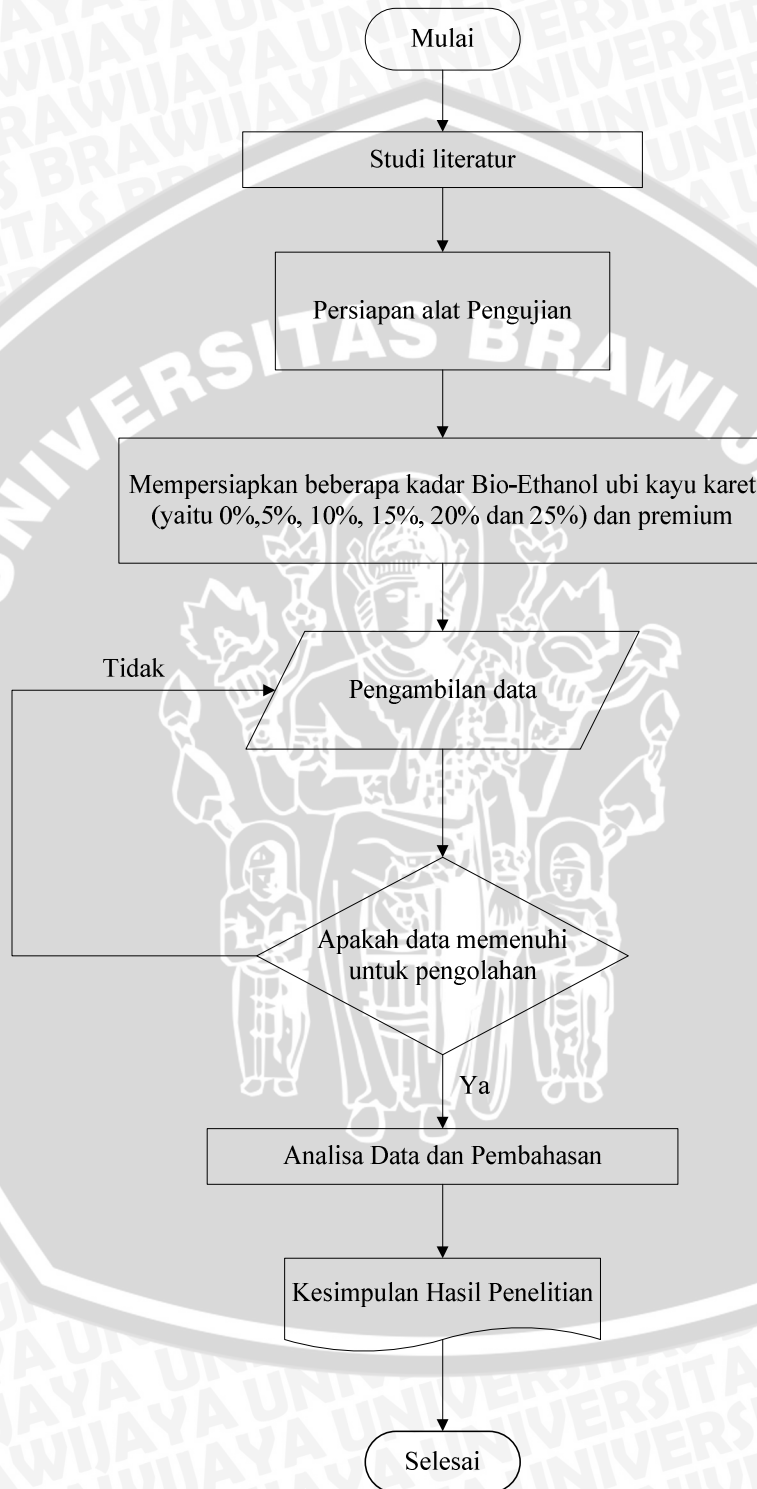
Gambar instalasi dari penelitian dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Gambar Instalasi Penelitian

3.6 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari penelitian dapat dilihat pada gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Hasil Penelitian

Nilai karakteristik bahan bakar yang diuji merupakan data awal. Data awal pada penelitian ini berupa :

1. Data yang nilainya sudah dapat diketahui sehingga tidak memerlukan pengolahan lebih lanjut yaitu *density*, *water content*, *distilasi*, *octane number* dan emisi gas buang.
2. Data yang nilainya masih perlu diolah yaitu nilai waktu alir. Nilai tersebut dipergunakan untuk mengetahui nilai viskositas kinematik dengan menggunakan rumus.

Data awal yang didapat terlihat pada tabel 4.1; tabel 4.2; tabel 4.3; tabel 4.4; tabel 4.5, dan tabel 4.6.

1. Pengujian *Density* (massa jenis)

Pengujian *density* diperoleh menggunakan alat *hydrometer density*. Pada pengujian didapat data *density* 30 °C (*observed density*), setelah itu dikonversikan menggunakan tabel ASTM IP *Petroleum Measurement* untuk memperoleh data *density* 15 °C. Data pengujian *density* dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 : Data Hasil Pengujian *Density*

No	Variasi Campuran Bioetanol (%)	<i>Density</i> (Kg/m ³)	
		30 °C	15 °C
1	0	0,707	0,7195
2	5	0,708	0,7205
3	10	0,714	0,7264
4	15	0,717	0,7293
5	20	0,721	0,7332
6	25	0,724	0,7362

Sumber : Laboratorium Uji Pelumas Pertamina Surabaya (Lampiran 1)

2. Pengujian *Water content* (kadar air)

Pengujian *water content* diperoleh menggunakan alat *karl fischer coulometer* berdasarkan metode ASTM D 381. Data pengujian *water content* dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 : Data Hasil Pengujian *Water Content*

No	Variasi Campuran Bioetanol (%)	Water Content		
		ppm	%	mg/g
1	0	62,102	0,01	0,06
2	5	66,237	0,01	0,07
3	10	80,471	0,01	0,08
4	15	188,831	0,02	0,19
5	20	209,634	0,02	0,21
6	25	221,152	0,02	0,22
7	30	610,321	0,06	0,61

Sumber : Laboratorium Uji Pelumas Pertamina Surabaya (Lampiran 1)

3. Pengujian Viskositas (kekentalan)

Pengujian viskositas diperoleh menggunakan alat *viscometer redwood* IP 70. Pengujian ini memperoleh nilai waktu alir bahan bakar campuran (t), yang nantinya nilai ini akan dipergunakan untuk mengetahui nilai viskositas bahan bakar pada setiap variasinya. data waktu alir bahan bakar dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 : Data Waktu Alir Bahan Bakar Campuran

No	Variasi Campuran Bioetanol (%)	Waktu Alir (s)
1	0	31,62
2	5	31,49
3	10	31,11
4	15	30,2
5	20	29,8
6	25	29,59

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin UB (Lampiran 2)

4. Pengujian Distilasi

Pengujian distilasi diperoleh menggunakan alat *distillation apparatus* berdasarkan metode ASTM D 82. Data pengujian distilasi dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 : Data Hasil Pengujian Distilasi

No	Variasi Campuran Bioetanol (%)	Distilasi ($^{\circ}\text{C}$)				
		IBP	10%	50%	90%	FBP
1	0	41	53	88	155	170
2	5	40	51	87	150	162
3	10	40	50	70	150	162
4	15	39	49	68	145	161
5	20	39	49	65	140	161
6	25	38	48	65	135	160

Sumber : Laboratorium Uji Pelumas Pertamina Surabaya (Lampiran 1)

Keterangan :

- IBP (*Inersial Boiling Point*) : suhu awal penguapan.
- Distilasi 10% : suhu ketika uap bahan bakar didinginkan tertampung 100 ml pada gelas ukur.
- Distilasi 50% : suhu ketika uap bahan bakar didinginkan tertampung 500 ml pada gelas ukur.
- Distilasi 90% : suhu ketika uap bahan bakar didinginkan tertampung 900 ml pada gelas ukur.
- FBP (*Final Boiling Point*) : Suhu tertinggi pada proses penguapan

5. Pengujian *Octane Number* (nilai oktan)

Pengujian *Octane Number* diperoleh menggunakan mesin *cooperation fuel research* (CFR) berdasarkan metode ASTM D 2699. Hasil pengujian *octane number* dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 : Data Hasil Pengujian *Octane Number*

No	Variasi Campuran Bioetanol (%)	Satuan	Hasil Analisa	Spesifikasi			
				Tanpa timbal		Bertimbal	
				Min	Max	Min	Max
1	0	RON	88,0	88,0	-	88,0	-
2	5	RON	90,6	88,0	-	88,0	-
3	10	RON	93,3	88,0	-	88,0	-
4	15	RON	94,8	88,0	-	88,0	-
5	20	RON	96,5	88,0	-	88,0	-
6	25	RON	98,2	88,0	-	88,0	-

Sumber : Pusdiklat Migas Cepu (Lampiran 4)

6. Pengujian Emisi Gas Buang

Pengujian emisi gas buang diperoleh menggunakan alat *gas analyser*. Data hasil pengujian emisi gas buang dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 : Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

No	Variasi Campuran Bioetanol (%)	Emisi Gas Buang	
		HC (ppm)	CO (%)
1	0	935	5,593
2	5	834	5,069
3	10	784	4,896
4	15	737	3,762
5	20	640	3,544
6	25	598	3,471

Sumber : MPM Motor Surabaya (Lampiran 3)

4.1.2 Perhitungan Data

1. Perhitungan *Heating Value* (nilai kalor)

Perhitungan *heating value* menggunakan data *density* 15 °C. Data tersebut dikonversi dengan menggunakan tabel ASTM IP *Petroleum Measurement* untuk mengetahui nilai *spesifik gravity* (SG). Kemudian nilai *spesifik gravity* dimasukkan kedalam rumus, sehingga diperoleh *heating value*. Berdasarkan standar ASTM D 240 rumus *heating value* adalah sebagai berikut:

$$LHV = [12400 - (2100 - SG^2)] \text{ [Kcal/Kg]}$$

Keterangan :

LHV = *Low Heating Value* (Kcal/Kg)

SG = *Spesifik Gravity*

Sebagai contoh perhitungan *heating value*, diambil data pada campuran bahan bakar dengan persentase bioetanol 10%.

Diketahui :

Density campuran 10% : 0,7264 Kg/m³

SG : 0,7264 (tabel ASTM IP *Petroleum Measurement*)

$$\begin{aligned} LHV &= [12400 - (2100 - 0,7264^2)] \\ &= 11291,920 \text{ Kcal/Kg} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Viskositas Kinematik

Perhitungan viskositas kinematik didapat dengan menggunakan data waktu alir bahan bakar (t) yang diperoleh dari *viscometer redwood* IP 70. Adapun rumus yang diperoleh untuk mengukur viskositas adalah sebagai berikut :

$$\nu = 0,22 \cdot t - \frac{180}{t} \text{ [cSt]}$$

Sebagai contoh perhitungan viskositas kinematik, diambil data pada campuran bahan bakar dengan persentase bioetanol 15%.

$$\begin{aligned}\nu &= 0,22 \cdot 30,20 - \frac{180}{30,2} \\ &= 0,684 \text{ cSt} \\ &= 6,84 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}\end{aligned}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



4.1.3 Hasil Perhitungan Data

Hasil yang diperoleh dari perhitungan diatas dan data awal, semuanya dirangkum dalam tabel 4.7.

Tabel 4.7 : Data Spesifikasi Bahan Bakar Campuran Bioetanol Ubi Kayu Dengan Premium

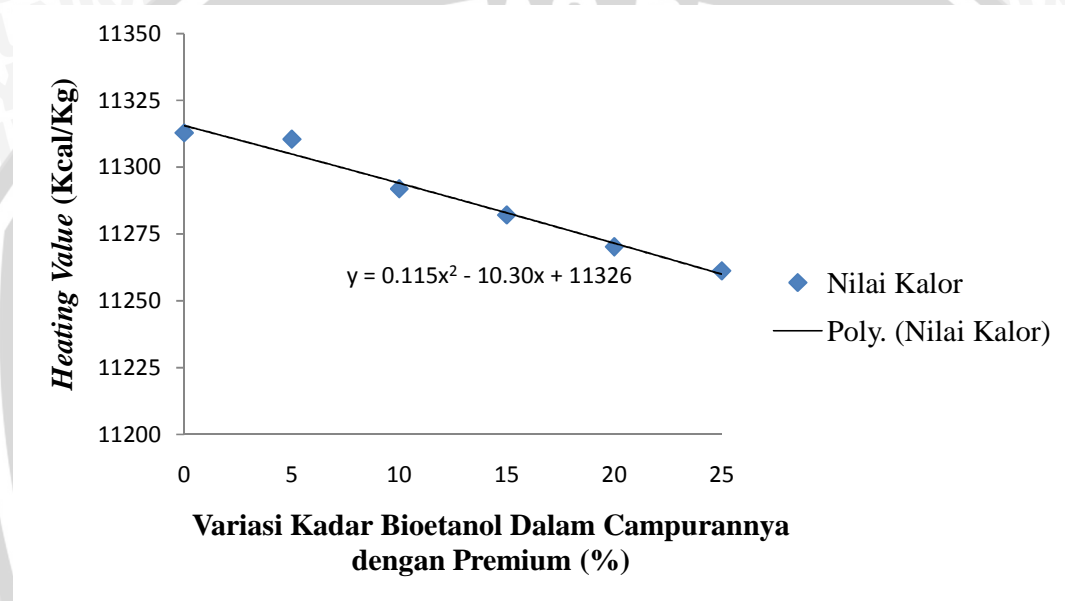
No	Jenis Pengujian	Satuan	Variasi Campuran Bioetanol (%)						Metode Acuan / Alat
			0	5	10	15	20	25	
1	Nilai Kalor	Kcal/Kg	11312,871	11310,453	11291,920	11282,136	11270,153	11261,202	ASTM D 240
2	Distilasi								ASTM D 86
	- <i>Initial Boiling Point</i>	⁰ C	41	40	39	39	38	35	
	- 10%	⁰ C	53	50	49	49	48	47	
	- 50%	⁰ C	88	87	68	65	65	62	
	- 90%	⁰ C	155	150	150	140	135	122	
	- <i>Final Boiling Point</i>	⁰ C	170	162	162	161	160	159	
3	<i>Oktan Number</i>	RON	88,0	90,6	93,3	94,8	96,5	98,2	ASTM D 2699
4	<i>Water Content</i>	%	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,06	ASTM D 381
5	Viskositas Kinematik	m ² /s	1,26E-06	1,21E-06	1,06E-06	6,84E-07	5,16E-07	4,27E-07	<i>Viscometer Redwood IP 70</i>
6	<i>Density 15⁰C</i>	Kg/m ³	0,7195	0,7205	0,7264	0,7293	0,7332	0,7362	ASTM D 1298
7	Emisi Gas Buang								<i>Gas Analyser</i>
	- Hidrokarbon (HC)	ppm	935	834	784	737	640	598	
	- Carbon Monoksida (CO)	%	5,593	5,069	4,896	3,762	3,544	3,471	

4.2 Pembahasan

Hasil pengolahan data karakteristik bahan bakar campuran bioetanol dengan premium dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap spesifikasi bahan bakar

4.2.1 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap *Heating Value*

Hubungan antara variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap *heating value* (nilai kalor) dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium Terhadap *Heating Value*

Gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara campuran bioetanol dengan premium terhadap *heating value*. Dari grafik dapat dilihat nilai kalor bahan bakar campuran secara berurutan yaitu : 11312,871 Kcal/Kg; 11310,453Kcal/Kg; 11291,920 Kcal/Kg; 11282,136 Kcal/Kg; 11270,153 Kcal/Kg; 11261,202 Kcal/Kg.

Heating value bioetanol lebih rendah daripada *heating value* premium, bioetanol memiliki *heating value* sebesar 11106,195 Kcal/Kg sedangkan pada premium sebesar 11312,871 Kcal/Kg. Karena merupakan pencampuran dua fluida (bioetanol dan premium) maka *heating value* dari bahan bakar campuran akan mengikuti hukum campuran, dengan rumus sebagai berikut :

$$S_x = S_f \cdot X + S_g \cdot (1 - X)$$

Sehingga pada gambar 4.1 *heating value* pada bahan bakar campuran semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium.

Dari data-data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa *heating value* bahan bakar campuran cenderung semakin turun. Hal ini dikarenakan adanya oksigen (O_2) dalam struktur bioetanol. Dimana adanya oksigen mengakibatkan campuran menjadi lebih miskin dibandingkan premium (bahan bakar dengan kadar bioetanol 0%).

Penurunan *heating value* tersebut sesuai dengan persamaan Mendeleyev's yaitu :

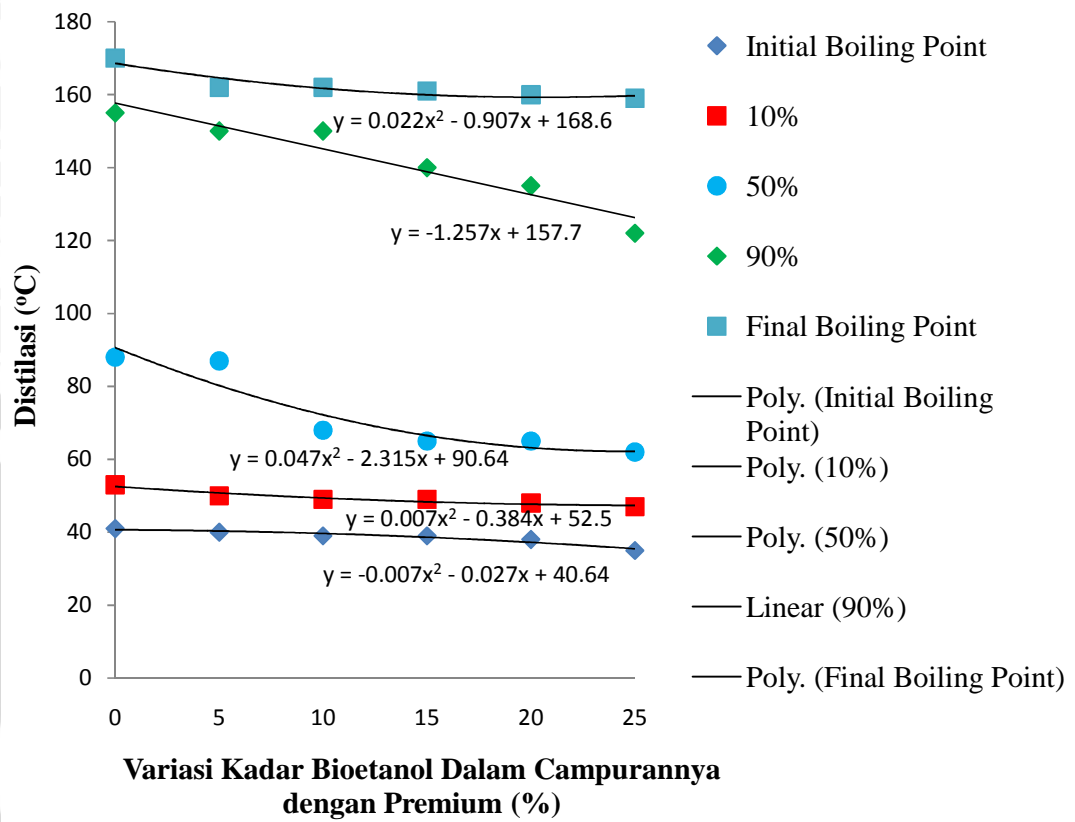
$$LHV = 81 C + 246 H - 26 (O - S) - 6 W \left[\frac{Kkal}{Kg} \right]$$

Dari rumus diatas menunjukkan bahwa Jumlah kadar oksigen dalam unsur bioetanol mengakibatkan *heating value* bahan bakar campuran menurun. Sehingga semakin tinggi kadar bioetanol maka unsur oksigen dalam bahan bakar campuran akan meningkat dan mengakibatkan *heating value* bahan bakar campuran turun.

Heating value yang dihasilkan melalui proses pembakaran sempurna. Dimana *output* yang dihasilkan berupa air (H_2O) dan karbondioksida (C_2O). Air dan karbondioksida merupakan unsur-unsur yang terkandung dalam pembakaran sempurna yang tidak terbakar sehingga mengakibatkan penurunan *heating value*.

4.2.2 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Distilasi

Hubungan antara variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap distilasi dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Distilasi

Gambar 4.2 menunjukkan hubungan antara campuran bioetanol dengan premium terhadap distilasi. Dari grafik dapat dilihat distilasi bahan bakar campuran secara berurutan untuk *initial boiling point* yaitu : 41 °C; 40 °C; 39 °C; 39 °C; 38 °C; 35 °C. untuk distilasi 10% yaitu : 53 °C; 50 °C; 49 °C; 49 °C; 48 °C 47 °C. untuk distilasi 50 % yaitu : 88 °C; 87 °C; 68 °C; 65 °C; 65 °C; 62 °C. untuk distilasi 90% yaitu : 155 °C; 150 °C; 150 °C; 140 °C; 135 °C; 122 °C. untuk *final boiling point* 170 °C; 162 °C; 162 °C; 161 °C; 160 °C; 159 °C.

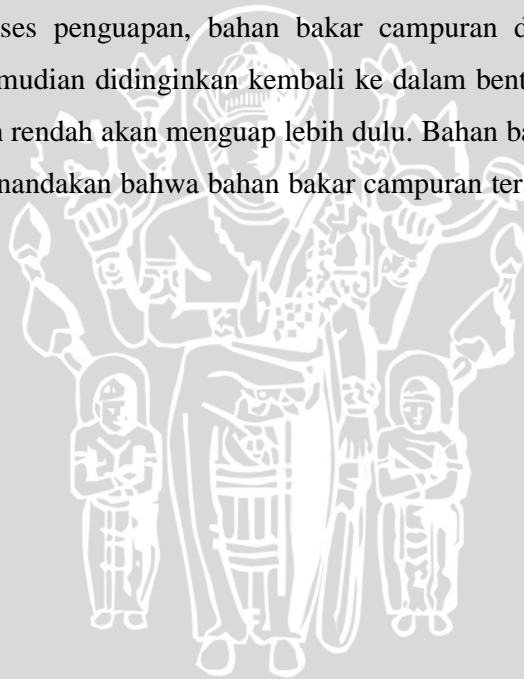
Suhu distilasi bioetanol lebih rendah daripada distilasi premium. Bioetanol memiliki suhu distilasi 17 °C pada saat *initial boiling point*, 29 °C pada saat distilasi 10%, 60 °C pada saat distikasi 50%, 78 °C pada saat distilasi 90% dan 126 °C pada

saat *final boiling point*. Sedangkan pada premium memiliki suhu distilasi 41 °C pada saat *initial boiling point*, 53 °C pada saat distilasi 10%, 88 °C pada saat distikasi 50%, 155 °C pada saat distilasi 90% dan 170 °C pada saat *final boiling point*. Karena merupakan pencampuran dua fluida (bioetanol dan premium) maka suhu distilasi dari bahan bakar campuran akan mengikuti hukum campuran, dengan rumus sebagai berikut :

$$S_x = S_f \cdot X + S_g \cdot (1 - X)$$

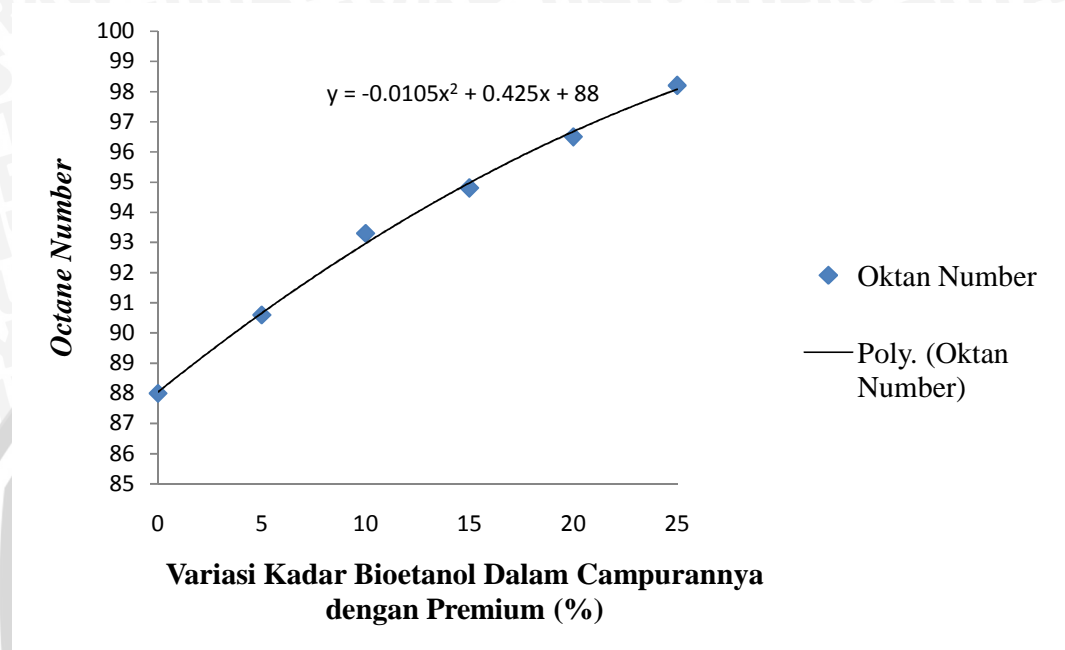
Sehingga pada gambar 4.2 suhu distilasi pada bahan bakar campuran semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium.

Penurunan nilai diatas disebabkan karena adanya bioetanol dalam bahan bakar campuran. Bioetanol memiliki titik didih rendah. Sehingga dalam proses distilasi semakin tinggi kadar bioetanol dalam bahan bakar campuran maka proses penguapan lebih cepat. Dalam proses penguapan, bahan bakar campuran dididihkan sehingga menguap dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Bahan bakar campuran yang lebih cepat menguap menandakan bahwa bahan bakar campuran tersebut memiliki nilai distilasi rendah.



4.2.3 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap *Octane Number*

Hubungan antara variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap *octane number* (nilai oktan) dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut :



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap *Octane Number*

Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara campuran bioetanol dengan premium terhadap *octane number*. Dari grafik dapat dilihat nilai oktan bahan bakar campuran secara berurutan yaitu : 88,0; 90,6; 93,3; 94,8; 96,5; 98,2.

Octane number bioetanol lebih tinggi daripada *heating value* premium, bioetanol memiliki *octane number* sebesar 128,8 sedangkan pada premium sebesar 88. Karena merupakan pencampuran dua fluida (bioetanol dan premium) maka *Octane number* dari bahan bakar campuran akan mengikuti hukum campuran, dengan rumus sebagai berikut :

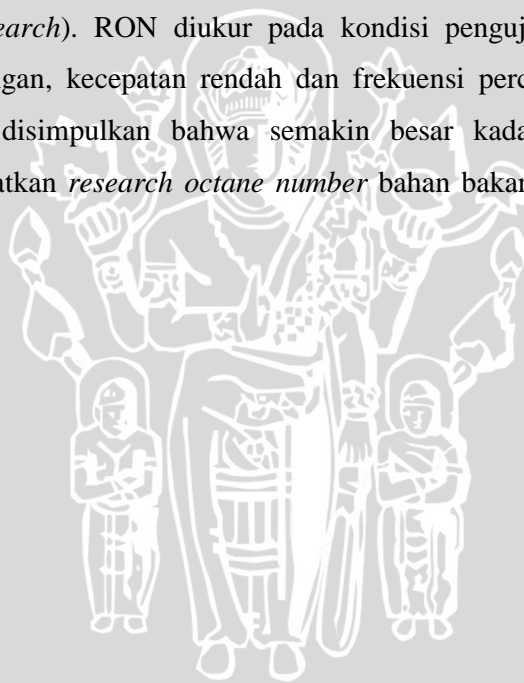
$$S_x = S_f \cdot X + S_g \cdot (1 - X)$$

Sehingga pada gambar 4.3 *octane number* pada bahan bakar campuran semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium.

Dari data-data dalam grafik dapat ditarik kesimpulan bahwa *octane number* dalam bahan bakar campuran cenderung semakin naik. Hal ini disebabkan karena

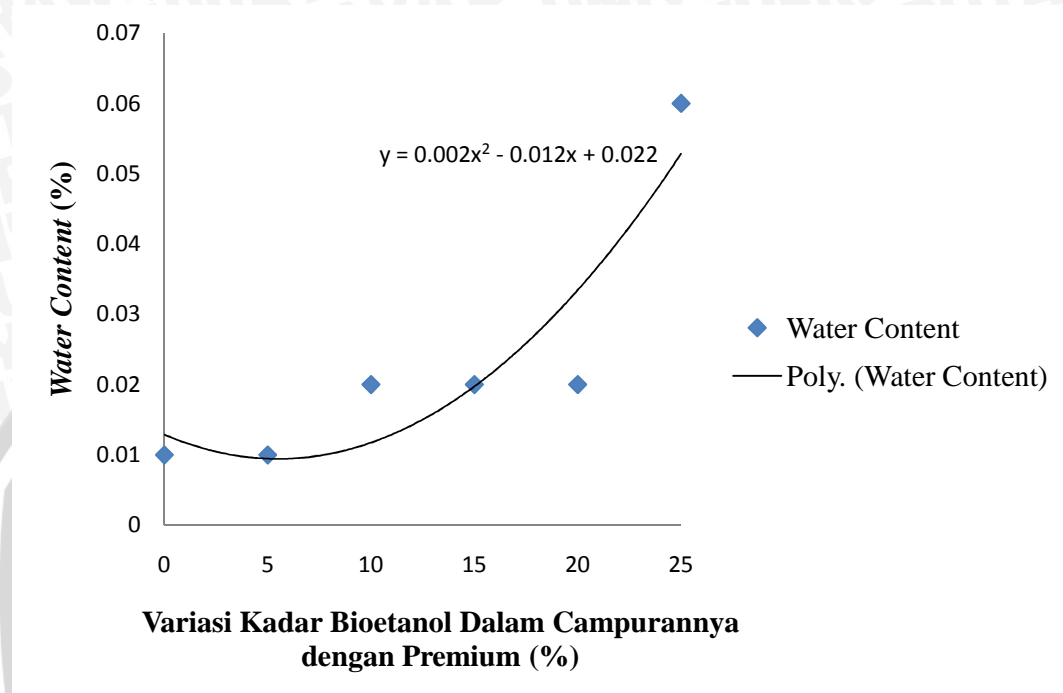
adanya bioetanol dalam bahan bakar, bioetanol memiliki memiliki nilai iso oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan premium. Selain itu bioetanol merupakan hidrokarbon bercabang yang sifatnya cenderung anti *knocking*. *Knocking* merupakan ketukan yang disebabkan karena pembakaran spontan. Tolak ukur kualitas anti *knocking* sering disebut sebagai *octane number*. Untuk meningkatkan *octane number* maka dibutuhkan bahan bakar yang memiliki *octane number* yang tinggi sehingga dapat meningkatkan efisiensi motor bakar

Skalanya terjadinya *knocking* didasarkan kepada n-heptana memiliki *octane number* nol dan isooktana memiliki *octane number* seratus. Premium dikatakan memiliki *octane number* 88, maka kualitas pembakaran bensin tersebut setara dengan kualitas pembakaran campuran 88% volum isooktana dan 12% volum n-heptana. Dalam pengujian bilangan oktan riset RON (*Research Octane Number*) digunakan mesin CFR (*Cooperation Fuel Research*). RON diukur pada kondisi pengujian yang mewakili kondisi medan yang ringan, kecepatan rendah dan frekuensi percepatan/perlambatan tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar bioetanol dalam campurannya mengakibatkan *research octane number* bahan bakar campuran menjadi naik.



4.2.4 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap *Water Content*

Hubungan antara variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap *water content* dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap *Water Content*

Gambar 4.4 menunjukkan hubungan antara campuran bioetanol dengan premium terhadap *water content*. Dari grafik dapat dilihat nilai kalor secara berurutan yaitu : 0,01%; 0,01%; 0,02%; 0,02%; 0,02%; 0,06%.

Water content bioetanol lebih tinggi daripada *water content* premium, bioetanol memiliki *water content* sebesar 0,11% sedangkan pada premium sebesar 0,01%. Karena merupakan pencampuran dua fluida (bioetanol dan premium) maka *water content* dari bahan bakar campuran akan mengikuti hukum campuran, dengan rumus sebagai berikut :

$$S_x = S_f \cdot X + S_g \cdot (1 - X)$$

Sehingga pada gambar 4.4 *water content* pada bahan bakar campuran semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium.

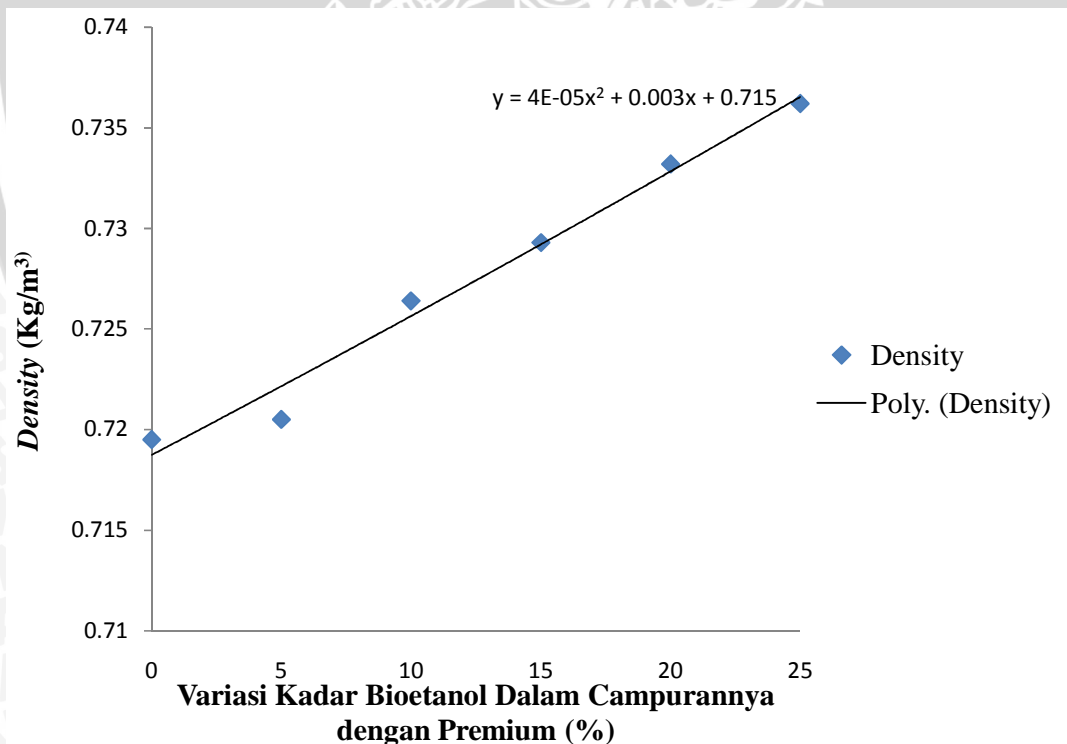
Water content merupakan banyaknya jumlah air yang dapat terpisah dalam bahan bakar. Pada gambar grafik terjadi kenaikan nilai *water content* dan hal tersebut

disebabkan karena proses distilasi. Pada Proses distilasi terjadi pemisahan bahan kimia karena kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan.

Kenaikan nilai *water content* juga disebabkan karena sifat bioetanol yang *hidrokopis* yaitu kemampuan untuk menyerap air. Dan bioetanol juga memiliki rangkaian OH sehingga semakin tinggi Bioetanol maka semakin tinggi pula kadar OH dan ketika dilakukan proses distilasi nilai *water content* juga semakin tinggi. Jadi, semakin besar kadar bioetanol dalam campurannya maka semakin banyak air dalam kandungan bahan bakar campuran sehingga mengakibatkan *water content* bahan bakar campuran menjadi naik.

4.2.5 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap *Density*

Hubungan antara variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap *density* dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut :



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap *Density*

Gambar 4.5 menunjukkan hubungan antara campuran bioetanol dengan premium terhadap *density* (kadar air). Dari grafik dapat dilihat *density* bahan bakar campuran secara berurutan yaitu : 0,7195 Kg/m³; 0,7205 Kg/m³; 0,7264 Kg/m³; 0,7332 Kg/m³; 0,7362 Kg/m³.

Density bioetanol lebih tinggi daripada *density* premium, bioetanol memiliki *density* sebesar 0,7863 Kg/m³ sedangkan pada premium sebesar 0,7195 Kg/m³. Karena merupakan pencampuran dua fluida (bioetanol dan premium) maka *density* dari bahan bakar campuran akan mengikuti hukum campuran, dengan rumus sebagai berikut :

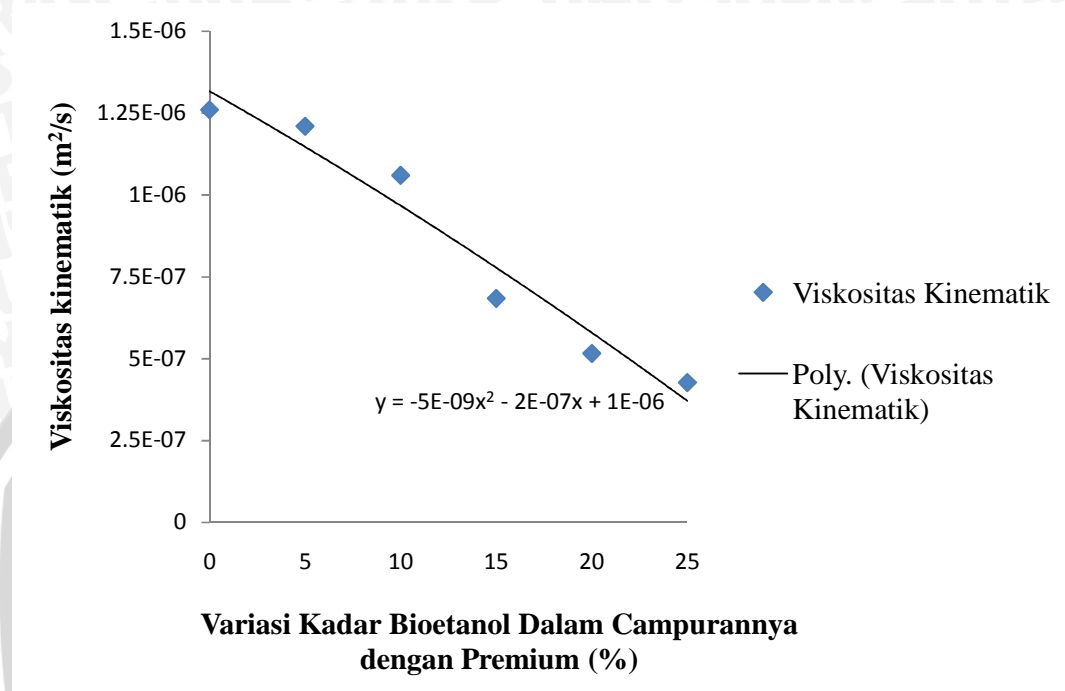
$$S_x = S_f \cdot X + S_g \cdot (1 - X)$$

Sehingga pada gambar 4.5 *density* pada bahan bakar campuran semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium.

Density merupakan perbandingan massa dan volume suatu zat. Semakin rapat molekul fluida maka kadar *density* semakin naik. Pada gambar grafik terjadi kenaikan kadar *density*. Hal ini karena Bioetanol yang memiliki unsur Oksigen didalamnya. Unsur oksigen membuat bioetanol memiliki sifat *hidroskopis* atau mudah menyerap air. Air dalam bioetanol dapat meningkatkan *density* bahan bakar campuran. Sehingga semakin tinggi kadar bioetanol maka jumlah persentase air dalam bahan bakar campuran akan meningkat dan mengakibatkan *density* bahan bakar campuran naik.

4.2.6 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Viskositas Kinematik

Hubungan antara variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap Viskositas Kinematik dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut :



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Viskositas Kinematik

Gambar 4.6 menunjukkan hubungan antara campuran bioetanol dengan premium terhadap viskositas kinematik. Dari grafik dapat dilihat viskositas kinematik bahan bakar campuran secara berurutan yaitu : 1,26E-06 m^2/s ; 1,21E-06 m^2/s ; 1,06E-06 m^2/s ; 6,84E-07 m^2/s ; 5,16E-07 m^2/s ; 4,27E-07 m^2/s .

Viskositas kinematik bioetanol lebih rendah daripada viskositas kinematik premium, bioetanol memiliki viskositas kinematik sebesar 4,94E-10 m^2/s sedangkan pada premium sebesar 1,26E-06 m^2/s . Karena merupakan pencampuran dua fluida (bioetanol dan premium) maka viskositas kinematik dari bahan bakar campuran akan mengikuti hukum campuran, dengan rumus sebagai berikut :

$$S_x = S_f \cdot X + S_g \cdot (1 - X)$$

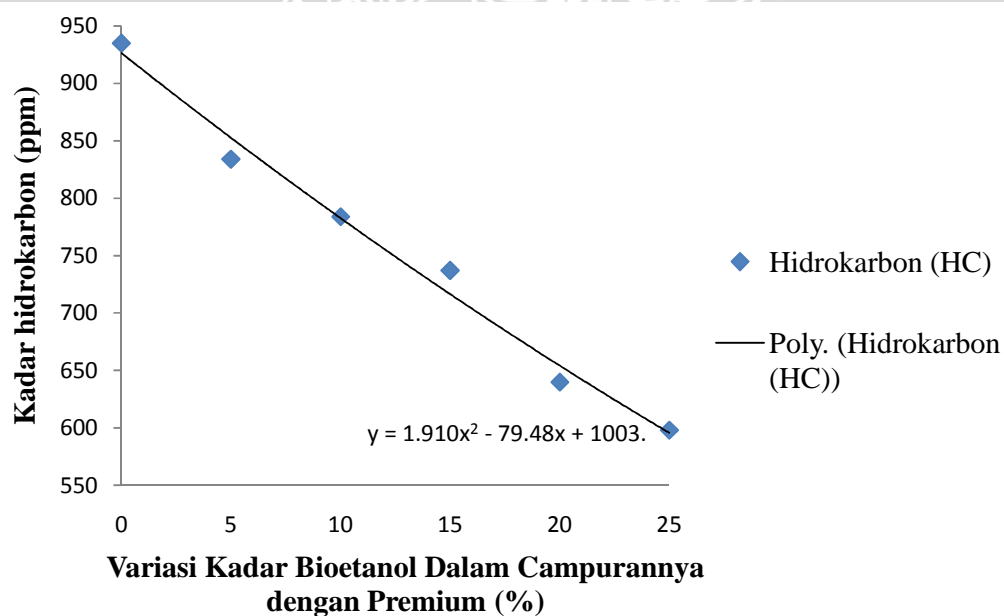
Sehingga pada gambar 4.6 viskositas kinematik pada bahan bakar campuran semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium.

Viskositas kinematik merupakan gaya gesekan antara molekul-molekul yang menyusun suatu fluida. Semakin kental bahan bakar menandakan bahwa bahan bakar tersebut memiliki kandungan viskositas kinematik yang tinggi. Bioetanol memiliki sifat *hidroskopis* atau mudah menyerap air. Adanya kandungan air dalam bioetanol dapat menyebabkan viskositas kinematik bahan bakar campuran menurun, hal ini disebabkan karena air memiliki nilai viskositas rendah.

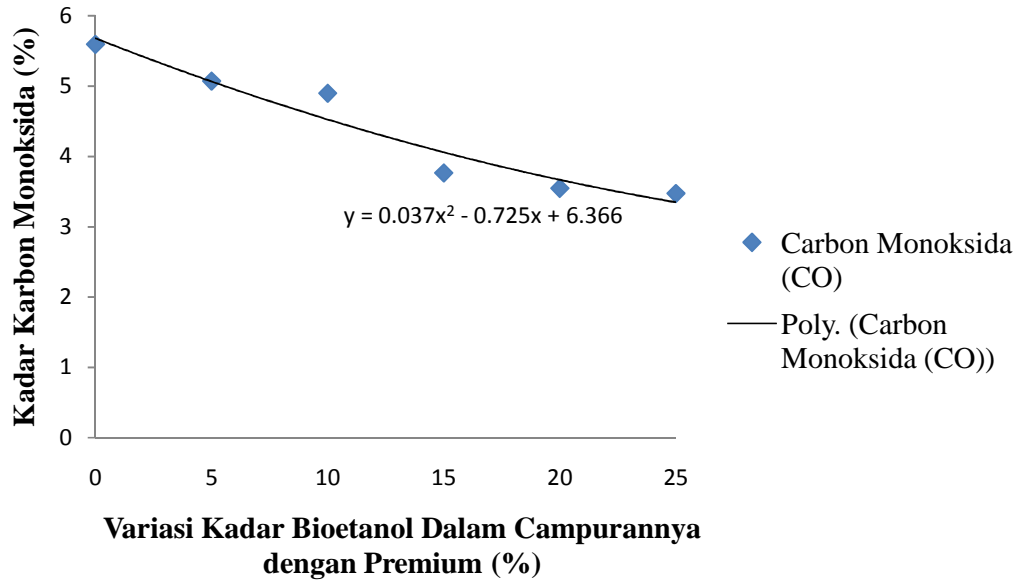
Viskositas kinematik adalah perbandingan antara viskositas dinamik dengan massa jenis. Rumus (2-4) menunjukkan bahwa viskositas kinematik berbanding terbalik dengan *density*. Rumus tersebut sesuai dengan grafik 4.6 yaitu nilai viskositas mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya nilai *density* seperti pada grafik 4.5.

4.2.7 Pembahasan Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Emisi Gas Buang

Hubungan antara variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap emisi gas buang dapat dilihat pada gambar 4.7 dan 4.8 berikut :



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Emisi Gas Buang (Hidrokarbon)



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Emisi Gas Buang (Carbon Monoksida)

Gambar 4.7 menunjukkan hubungan antara campuran bioetanol dengan premium terhadap emisi gas buang (hidrokarbon/HC). Dari grafik dapat dilihat kadar hidrokarbon (HC) bahan bakar campuran secara berurutan yaitu : 935 ppm; 834 ppm; 784 ppm; 737 ppm; 640 ppm; 598 ppm.

Gambar 4.8 menunjukkan hubungan antara campuran bioetanol dengan premium terhadap emisi gas buang (karbon monoksida/CO). Dari grafik dapat dilihat kadar karbon monoksida (CO) bahan bakar campuran secara berurutan yaitu : 5,593 %; 5,069 %; 4,896 %; 3,762 %; 3,544 %; 3,471 %.

Emisi gas buang bioetanol lebih rendah daripada emisi gas buang bioetanol premium. Bioetanol memiliki emisi gas buang hidrokarbon/HC sebesar 32 ppm dan karbon monoksida/CO sebesar 2,376%. Sedangkan pada premium memiliki emisi gas buang hidrokarbon/HC sebesar 935 ppm dan karbon monoksida/CO sebesar 5,593%. Sehingga pada gambar 4.7 dan gambar 4.8 emisi gas buang (HC dan) pada bahan bakar campuran semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium.

Dari dua grafik diatas memiliki kesamaan bahwa proses pembakaran sempurna mengakibatkan emisi gas buang (hidrokarbon/HC dan karbon monoksida/CO) menurun. Pendeknya rantai atom karbon (C) pada Bioetanol menyebabkan emisi HC (hidrokarbon) pada pembakaran bioetanol relatif lebih rendah. Dalam proses pembakaran

sempurna ikatan hidrokarbon (HC) pada bahan bakar campuran akan hanya bereaksi dengan oksigen yang terdapat dalam bioetanol, dan menghasilkan air (H₂O) serta karbondioksida (CO₂). Dalam prakteknya pembakaran sempurna tidak pernah terjadi sehingga disamping CO₂ dan H₂O juga dihasilkan gas lain yang bersifat racun seperti Nox, Sox, CO dan HC yang terbentuk dari sejumlah bahan bakar yang belum terbakar yang tetap dalam ikatan hidrokrabon dan terbakar sebagian.

Adanya CO menunjukkan kerugian energi kimia yang tidak secara penuh digunakan atau dibakar dengan mesin. CO adalah bahan bakar yang dapat dibakar lagi untuk menghasilkan energi panas, sesuai dengan reaksi :

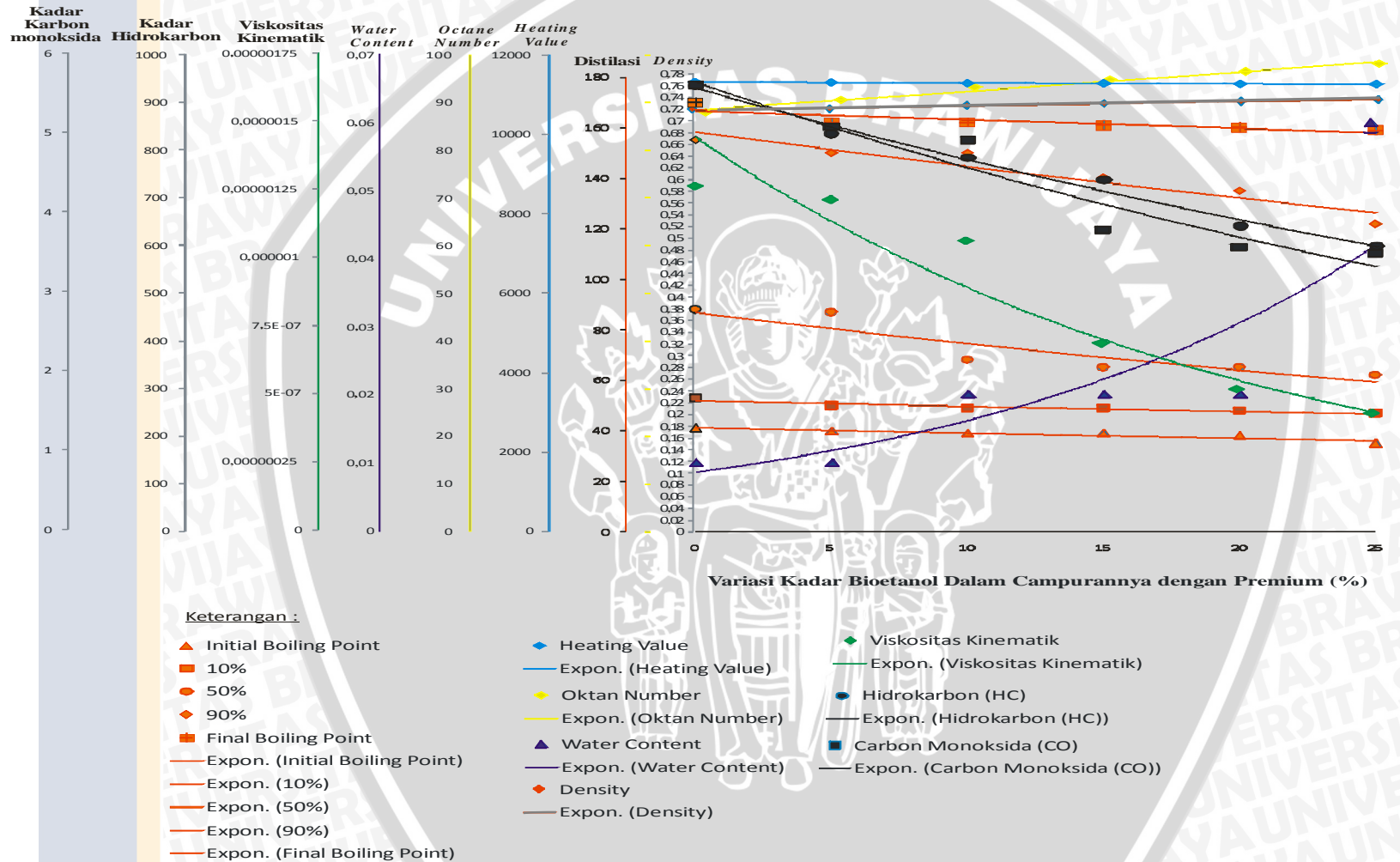


Sehingga semakin tinggi kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar akan membuat proses pembakaran menjadi sempurna sehingga mengakibatkan emisi karbon monoksida bahan bakar campuran menjadi rendah.

Grafik pada gambar 4.9 menggambarkan pengaruh variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap spesifikasi bahan bakar. Pada gambar terlihat kenaikan dan penurunan nilai spesifikasi bahan bakar pada bahan bakar campuran. Hal ini karena pencampuran dari 2 (dua) fluida akan mengikuti hukum campuran, dengan rumus sebagai berikut :

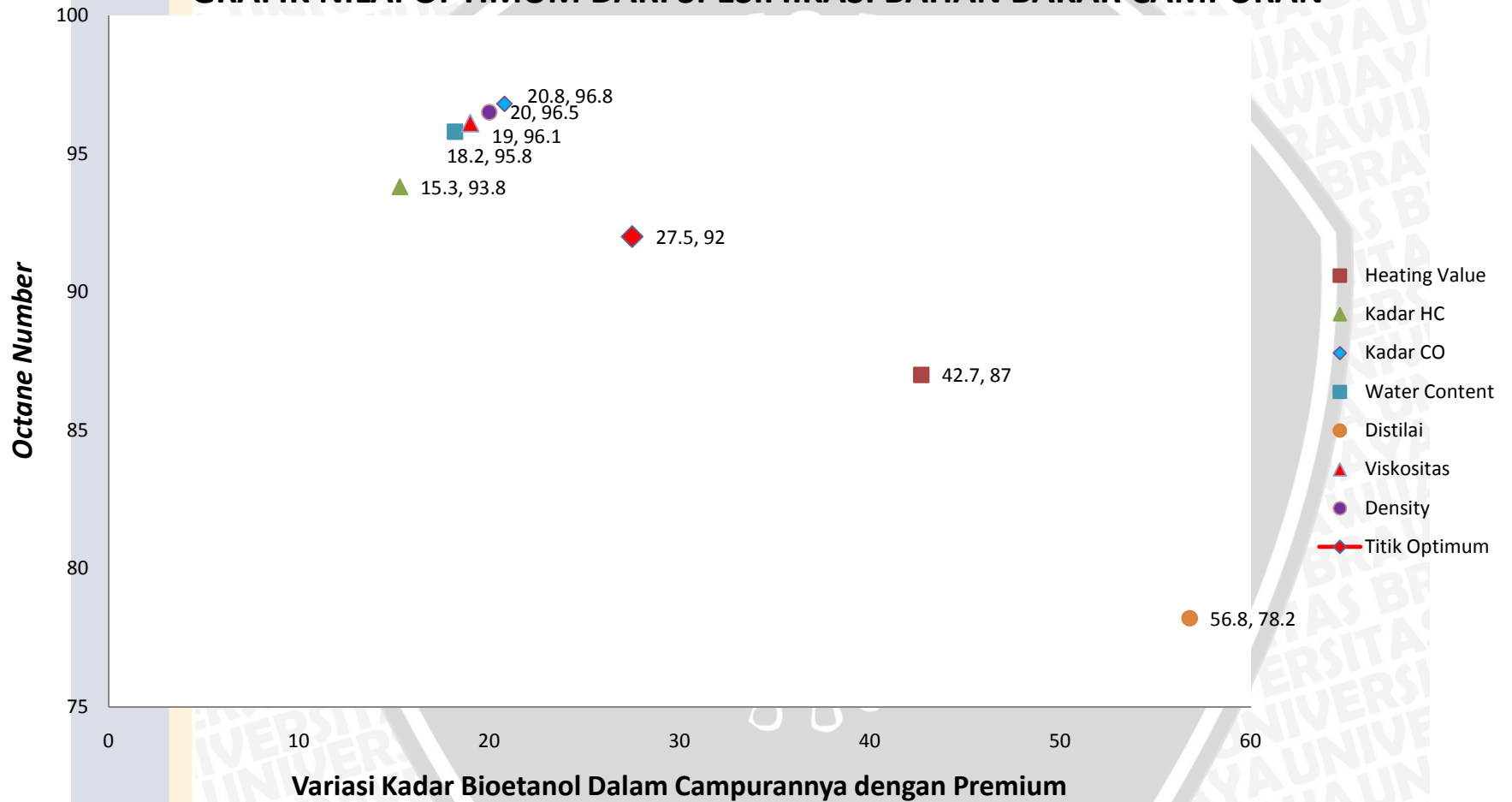
$$S_x = S_f \cdot X + S_g \cdot (1 - X)$$

Untuk mengetahui pengaruh variasi kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap spesifikasi bahan bakar maka beberapa grafik diatas dirangkum dalam gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Bioetanol Dalam Campurannya dengan Premium terhadap Spesifikasi Bahan bakar

GRAFIK NILAI OPTIMUM DARI SPESIFIKASI BAHAN BAKAR CAMPURAN



Gambar 4.10 Grafik Nilai Optimum Dari Spesifikasi Bahan Bakar Campuran

Gambar 4.10 menunjukkan grafik nilai optimum dari spesifikasi bahan bakar. Dari gambar dapat dilihat bahwa nilai optimum terdapat pada titik (27,5;92) atau pada campuran 27,5% merupakan kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium yang paling baik.

Hal ini dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{\sum_1^N X}{7} \\ &= \frac{56,8+42,7+15,3+18,2+19+20+20,8}{7} \\ &= 27,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_c &= \frac{\sum_1^N Y}{7} \\ &= \frac{78,2+87+93,8+95,8+96,1+96,5+96,8}{7} \\ &= 92 \end{aligned}$$



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis data dan pembahasan pengaruh kadar bioetanol ubi kayu (*Mannihot Esculenta*) dalam campurannya dengan premium terhadap spesifikasi bahan bakar yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Semakin tinggi kadar bioetanol dalam campurannya dapat mengakibatkan beberapa spesifikasi bahan bakar bervariasi sehingga kualitas bahan bakar meningkat. Spesifikasi bahan bakar tersebut meliputi : *octane number* (nilai oktan), distilasi, *density* (kerapatan), viskositas kinematik dan emisi gas buang.
- Tetapi semakin tinggi kadar bioetanol dalam campurannya juga dapat mengakibatkan nilai kalor turun dan *water content* naik. Penurunan dan kenaikan dua sifat diatas dapat menyebabkan kualitas bahan bakar campuran menurun.
- penurunan kualitas bahan bakar yang disebabkan karena turunnya nilai kalor dan naiknya *water content* tidak begitu mempengaruhi kualitas bahan bakar campuran karena dalam proses pengujian nilai spesifikasi bahan bakar lebih banyak meningkatnya dibandingkan menurunnya.
- *Octane number* yang dihasilkan dapat meningkatkan efisiensi motor bakar. Nilai optimum dapat terjadi bila efisiensi motor bakar tinggi. Sehingga semakin tinggi *octane number* maka didapat bahan bakar dengan spesifikasi yang ideal dan optimal. Dalam penelitian ini *octane number* tertinggi diperoleh pada campuran 27,5% yakni sebesar 92.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian pada motor bakar untuk mengetahui pengaruh bioetanol dalam campurannya dengan premium terhadap kinerja motor bensin 4 langkah. Sehingga dapat mengetahui kadar bioetanol dalam campurannya dengan premium yang optimal dan meningkatkan kinerja motor bensin 4 langkah.
2. Perlu dilakukan uji coba dengan kadar bioetanol lebih besar dalam campurannya dengan premium yaitu E 30, E 40, E 50 sampai E 100 serta analisa terhadap kualitas bahan bakar dan kinerja motor bensin 4 langkah.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Holman, J P; 1986: *Heat Transfer*; cetakan VI; Mc Graw Hill, New York.
- Koestoer, Raldi Artono; *Perpindahan Kalor Untuk Mahasiswa Teknik*; Salemba Santika, Jakarta.
- Munson, Bruce R., Young, Donald F & Okiishi, Theodore H; 2005: *Mekanika Fluida*; cetakan IV, terjemahan Dr. Ir. Harinaldi; Erlangga, Jakarta.
- Nevers, Noel de;1991: *Fluid Mechanics for Chemical Engineers*; Mc Graw Hill, New York.
- Prihandana, Rama; 2007: *Bioetanol Ubi Kayu*; Agro Media, Jakarta.
- Reynolds, Wiliam C; 1996: *Termodinamika Teknik*, terjemahan Dr. Ir. Filino Harahap, M.Sc; Erlangga, Jakarta.
- Shvets,I., Kondak, M., Kirakovsky., Neduzhy, I., Shevtsov, D & Sheludko,I; 1960: *Thermal Engineering*, terjemahan S. Semvonov; Peace Publisher, Moscow
- Streeter, Victor L & Wyle, E Benjamin; 1988: *Fluid Mechanics*; cetakan VIII; Mc Graw Hill, New York.
- Zemansky, Mark W & Dittman, Richard H; 1982: *Heat and Thermodynamics*; cetakan VI; Mc Graw Hill, New York.
- [http:// www.bluefame.com](http://www.bluefame.com)
- <http://www.energy.tf.itb.ac.id>
- <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical>
- <http://www.serayamotor.com/diskusi/viewtopic.php>
- <http://www.usu.ac.id/id/files/artikel/serabut.pdf>
- <http://www.vedc.ac.id>.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian Spesifikasi Bahan Bakar



DATA HASIL PENELITIAN SPESIFIKASI BAHAN BAKAR

Pengujian Density

No	Variasi Campuran (%)	Density	
		30	15
1	0	0.707	0.7195
2	5	0.708	0.7205
3	10	0.714	0.7264
4	15	0.717	0.7293
5	20	0.721	0.7332
6	25	0.724	0.7362
7	30	0.725	0.7372

Pengujian Water Content (ASTM D381)

No	Variasi Campuran (%)	Water Content		
		ppm	%	mg/g
1	0	62.102	0.01	0.06
2	5	66.237	0.01	0.07
3	10	80.471	0.01	0.08
4	15	188.831	0.02	0.19
5	20	209.634	0.02	0.21
6	25	221.152	0.02	0.22
7	30	610.321	0.06	0.61

Pengujian Distilasi (ASTM D86)

No	Variasi Campuran (%)	Distilasi										
		IBP	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	FBP
1	0	41	53	60	68	77	88	107	125	147	155	170
2	5	40	51	56	65	76	87	103	120	141	150	162
3	10	40	50	55	60	65	70	77	93	126	150	162
4	15	39	49	54	58	63	68	73	80	123	145	161
5	20	39	49	53	56	60	65	71	76	110	140	161
6	25	38	48	53	56	60	65	69	74	110	135	160

Surabaya, 23 Juni 2009



SLAMET RAHARDI

Lampiran 2 Data Hasil Penelitian Viskositas Kinematik



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA
 FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
LABORATORIUM MOTOR BAKAR
 Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.222
 Cel_mesinUB@yahoo.co.id



No.	Bahan Bakar	Waktu Alir (s)	Viskositas Kinetamatik (m ² /s)
1.	Premium	31,62	1,26 x 10 ⁻⁶
2.	Gasohol E 5	31,49	1,21 x 10 ⁻⁶
3.	Gasohol E 10	31,11	1,06 x 10 ⁻⁶
4.	Gasohol E 15	30,2	6,84 x 10 ⁻⁷
5.	Gasohol E 20	29,8	5,16 x 10 ⁻⁷
6.	Gasohol E 25	29,59	4,27 x 10 ⁻⁷



Lampiran 3. Data Hasil Penelitian Emisi Gas Buang

SURABAYA HONDA CENTER

HASIL UJI EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR HONDA

Tanggal : 21 Agustus 2009

NO. POLISI	: AG 3459 BG	MODEL	: FIT X
NAMA PEMILIK	: DRS. SOEDJITO	TAHUN	: 2008
ALAMAT	: P.POLIM-41	KM	: 10505
KOTA	: KEDIRI	KONDISI	: STD
TELP	:	MESIN	: STD
		BAHAN BAKAR	: PREMIUM

HASIL UJI EMISI		STANDART HASIL UJI EMISI				
SEBELUM SERVICE	SESUDAH SERVICE	Kategori	Tahun Pembuatan	Batas Maksimum		Metode Uji
				CO (%)	HC (ppm)	
	CO = 5.593					
	ConCO = 6.456	2 tak	< 2010	4.5	12000	Idle
	CO2 = 7.40	4 tak	< 2010	6.6	2400	Idle
	HC = 935	2 & 4 tak	> 2010	5.5	2000	Idle
	O2 = 3.57	KETERANGAN				
	Lambda = 0.939	* KONDISI MOTOR NORMAL, MASIH DIBAWAH BATAS MAKSIMUM				
	EngineRPM = 1420	* UNTUK MENJAGA KONDISI SMH HARAP SERVICE TERATUR DI AHASS TIAP 3000 KM / 2 BULAN				
	EngineOilTemp = 80.0					
	NO = -					
Air Screw =	Air Screw = 1 ¾					

SURABAYA HONDA CENTER

HASIL UJI EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR HONDA

Tanggal : 21 Agustus 2009

NO. POLISI	: AG 3459 BG	MODEL	: FIT X
NAMA PEMILIK	: DRS. SOEDJITO	TAHUN	: 2008
ALAMAT	: P.POLIM-41	KM	: 10505
KOTA	: KEDIRI	KONDISI	: STD
TELP	:	MESIN	: STD
		BAHAN BAKAR	: E5

HASIL UJI EMISI		STANDART HASIL UJI EMISI				
SEBELUM SERVICE	SESUDAH SERVICE	Kategori	Tahun Pembuatan	Batas Maksimum		Metode Uji
				CO (%)	HC (ppm)	
	CO = 5.069					
	ConCO = 6.127	2 tak	< 2010	4.5	12000	Idle
	CO2 = 7.09	4 tak	< 2010	6.6	2400	Idle
	HC = 834	2 & 4 tak	> 2010	5.5	2000	Idle
	O2 = 5,08	KETERANGAN				
	Lambda = 1,049	* KONDISI MOTOR NORMAL, MASIH DIBAWAH BATAS MAKSIMUM				
	EngineRPM = 1370	* UNTUK MENJAGA KONDISI SMH HARAP SERVICE TERATUR DI AHASS TIAP 3000 KM / 2 BULAN				
	EngineOilTemp = 73,0					
	NO = -					
Air Screw =	Air Screw = 1 ¾					

SURABAYA HONDA CENTER

HASIL UJI EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR HONDA

Tanggal : 21 Agustus 2009

NO. POLISI	: AG 3459 BG	MODEL	: FIT X			
NAMA PEMILIK	: DRS. SOEDJITO	TAHUN	: 2008			
ALAMAT	: P.POLIM-41	KM	: 10505			
KOTA	: KEDIRI	KONDISI	: STD			
TELP	:	MESIN	: STD			
		BAHAN BAKAR	: E10			
HASIL UJI EMISI		STANDART HASIL UJI EMISI				
SEBELUM SERVICE	SESUDAH SERVICE	Kategori	Tahun Pembuatan	Batas Maksimum		Metode Uji
				CO (%)	HC (ppm)	
	CO = 4.896	2 tak	< 2010	4.5	12000	Idle
	ConCO = 6.289	4 tak	< 2010	6.6	2400	Idle
	CO2 = 7.02	2 & 4 tak	> 2010	5.5	2000	Idle
	HC = 784	KETERANGAN				
	O2 = 4.88	* KONDISI MOTOR NORMAL, MASIH DIBAWAH BATAS MAKSIMUM				
	Lambda = 1.033	* UNTUK MENJAGA KONDISI SMH HARAP SERVICE TERATUR DI AHASS TIAP 3000 KM / 2 BULAN				
	EngineRPM = 1420					
	EngineOilTemp = 71.0					
	NO = -					
Air Screw =	Air Screw = 1 ¼					

SURABAYA HONDA CENTER

HASIL UJI EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR HONDA

Tanggal : 21 Agustus 2009

NO. POLISI	: AG 3459 BG	MODEL	: FIT X			
NAMA PEMILIK	: DRS. SOEDJITO	TAHUN	: 2008			
ALAMAT	: P.POLIM-41	KM	: 10505			
KOTA	: KEDIRI	KONDISI	: STD			
TELP	:	MESIN	: STD			
		BAHAN BAKAR	: E15			
HASIL UJI EMISI		STANDART HASIL UJI EMISI				
SEBELUM SERVICE	SESUDAH SERVICE	Kategori	Tahun Pembuatan	Batas Maksimum		Metode Uji
				CO (%)	HC (ppm)	
	CO = 3.762	2 tak	< 2010	4.5	12000	Idle
	ConCO = 4.185	4 tak	< 2010	6.6	2400	Idle
	CO2 = 8.64	2 & 4 tak	> 2010	5.5	2000	Idle
	HC = 737	KETERANGAN				
	O2 = 3.77	* KONDISI MOTOR NORMAL, MASIH DIBAWAH BATAS MAKSIMUM				
	Lambda = 1.047	* UNTUK MENJAGA KONDISI SMH HARAP SERVICE TERATUR DI AHASS TIAP 3000 KM / 2 BULAN				
	EngineRPM = 1390					
	EngineOilTemp = 75.0					
	NO = -					
Air Screw =	Air Screw = 1 ¼					

SURABAYA HONDA CENTER

HASIL UJI EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR HONDA

Tanggal : 21 Agustus 2009

NO. POLISI	: AG 3459 BG	MODEL	: FIT X			
NAMA PEMILIK	: DRS. SOEDJITO	TAHUN	: 2008			
ALAMAT	: P.POLIM-41	KM	: 10505			
KOTA	: KEDIRI	KONDISI				
TELP	:	MESIN	: STD			
		BAHAN BAKAR	: E20			
HASIL UJI EMISI		STANDART HASIL UJI EMISI				
SEBELUM SERVICE	SESUDAH SERVICE	Kategori	Tahun Pembuatan	Batas Maksimum		Metode Uji
				CO (%)	HC (ppm)	
	CO = 3.544	2 tak	< 2010	4.5	12000	Idle
	ConCO = 4.404					
	CO2 = 8.36	4 tak	< 2010	6.6	2400	Idle
	HC = 640	2 & 4 tak	> 2010	5.5	2000	Idle
	O2 = 3.63					
	Lambda = 1.050	KETERANGAN				
	EngineRPM = 1390	* KONDISI MOTOR NORMAL, MASIH DIBAWAH BATAS MAKSIMUM				
	EngineOilTemp = 76.0	* UNTUK MENJAGA KONDISI SMH HARAP SERVICE TERATUR DI AHASS TIAP 3000 KM / 2 BULAN				
	NO = -					
Air Screw =	Air Screw = 1 ¼					

SURABAYA HONDA CENTER

HASIL UJI EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR HONDA

Tanggal : 21 Agustus 2009

NO. POLISI	: AG 3459 BG	MODEL	: FIT X			
NAMA PEMILIK	: DRS. SOEDJITO	TAHUN	: 2008			
ALAMAT	: P.POLIM-41	KM	: 10505			
KOTA	: KEDIRI	KONDISI				
TELP	:	MESIN	: STD			
		BAHAN BAKAR	: E25			
HASIL UJI EMISI		STANDART HASIL UJI EMISI				
SEBELUM SERVICE	SESUDAH SERVICE	Kategori	Tahun Pembuatan	Batas Maksimum		Metode Uji
				CO (%)	HC (ppm)	
	CO = 3.471	2 tak	< 2010	4.5	12000	Idle
	ConCO = 4.834					
	CO2 = 7.89	4 tak	< 2010	6.6	2400	Idle
	HC = 598	2 & 4 tak	> 2010	5.5	2000	Idle
	O2 = 4.79					
	Lambda = 1.096	KETERANGAN				
	EngineRPM = 1530	* KONDISI MOTOR NORMAL, MASIH DIBAWAH BATAS MAKSIMUM				
	EngineOilTemp = 76.0	* UNTUK MENJAGA KONDISI SMH HARAP SERVICE TERATUR DI AHASS TIAP 3000 KM / 2 BULAN				
	NO = -					
Air Screw =	Air Screw = 1 ¼					

Lampiran 4. Data Hasil Penelitian *Octane Number*

**HASIL
TEST RESULT**

Nomer Seri : 076/54.09/BDM/2009
Serial Number

Nomor/Number : 86/LHU/LP
Nomor Analisis : 288
Analysis Number
Halaman/Page : 2/2

Hasil Pengujian Contoh "**Gasohol**" sebagai berikut

No	Variasi Campuran (%)	Satuan	Hasil Analisa	Spesifikasi ⁽¹⁾				Metode
				Tanpa timbal		Bertimbal		
				Min	Max	Min	Max	
1	0	RON	88.0	88.0	-	88.0	-	ASTM D 2699-04a
2	5	RON	90.6	88.0	-	88.0	-	ASTM D 2699-04a
3	10	RON	93.3	88.0	-	88.0	-	ASTM D 2699-04a
4	15	RON	94.8	88.0	-	88.0	-	ASTM D 2699-04a
5	20	RON	96.5	88.0	-	88.0	-	ASTM D 2699-04a
6	25	RON	98.2	88.0	-	88.0	-	ASTM D 2699-04a

Keterangan

1. Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88 Sesuai Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006


Mengetahui
Manajer Mutu




Drs. Suwarno, M.Si
NIP. 100007419

**ASLI
Original**

Laboratorium Penguji PUSDIDLAT MIGAS
Deputi Manajer Teknis Lab. Minyak Bumi



Arluky Novandi, ST
NIP. 100012581

LAPORAN HASIL UJI HANYA BERKAITAN DENGAN BARANG YANG DIUJI
DAN TIDAK BOLEH DIGANDAKAN TANPA PERSETUJUAN TERTULIS DARI LP-PPT MIGAS KECUALI SECARA LENGKAP
Rec : 08/RT/LP Rev : 0