

## PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR PREMIUM-HIDROGEN - ETANOL 99% TERHADAP PERFORMANSI MESIN GENSET OTTO

Algris H. Mor S<sup>1</sup>, Tulus B.Sitorus<sup>2</sup>, Taufiq B. N<sup>3</sup>, Dian M. Nasution<sup>4</sup>, A. Husein Siregar<sup>5</sup>, Zulkifli L<sup>6</sup>  
<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara  
 Email : algris\_hopiar@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kelangkaan minyak yang terus-menerus terjadi, yang dimana manusia disadarkan bahwa cadangan minyak bumi dunia semakin menipis, sementara itu pemakaiannya terus meningkat. Untuk itulah diperlukan energi alternatif yang sumbernya tidak akan pernah mengalami kelangkaan. Adalah etanol dan hidrogen yang merupakan bahan bakar yang berasal dari sumber yang tak terbatas. Selama lahan masih ada etanol akan terus dapat diproduksi dan selama lautan masih menutupi dunia ini selama itu hidrogen juga dapat diproduksi. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbandingan performansi dan emisi gas buang dari mesin genset Otto 4-langkah merk STARKE Tipe GFH1900LX dengan menggunakan bahan bakar premium, etanol, campuran premium-etanol dan campuran premium-etanol-hidrogen. Penelitian ini dilakukan dengan cara menimbang bahan bakar. Kemudian, memberikan beban pada mesin genset yang telah dihidupkan, tegangan dan kuat arus diukur dengan multimeter, putaran diukur dengan tachometer dan waktu habis bahan bakar dihitung dengan stopwatch, kemudian data dianalisa. Adapun hasil penelitian ini terlihat bahwa hasil performansi dari mesin genset terlihat cukup baik. Seperti daya yang dihasilkan dapat terpenuhi hingga beban 1000 watt kecuali pada etanol hanya sebatas 600 watt saja. Dan untuk penghasilan daya optimum itu pada masing-masing bahan bakar didapat perbandingan Sfc yaitu premium 100% sebesar 923,6453 g/kw.jam, etanol 99% sebesar 1404,878 g/kw.jam, campuran premium 75%+etanol 25% sebesar 940,7666 g/kw.jam dan campuran (premium 75% +etanol 99%) 97,5% + Hidrogen 2,5% sebesar 836,2369 g/kw.jam. yang menandakan bahwa campuran hidrogen membuat bahan bakar campuran menjadi lebih hemat.

*Kata kunci : minyak bumi, performansi, emisi gas buang, etanol, hidrogen*

### ABSTRACT

*This research backed by the scarcity of fuel that ongoing continue, that is where people aware that fuel reserves will be empty, in the meantime fuel consumption continues to increase. For that, alternative energy needs the source wont scarce. Ethanol and hydrogen are fuels from infinite sources. As long as the land is still there, ethanol can be continue to be produced and as long as the ocean is still covered the earth, hydrogen can be produced too. purpose of this study are to find out comparison of performance and exhaust emission from genset engine Otto 4-step merk STARKE Type GFH1900LX with used premium, ethanol, mixture premium-ethanol and mixture premium-ethanol-hydrogen. This research done by weighing the fuel, then provide a load to genset engine that has been turned on, voltage and current measured by multimeter, circle measured by tachometer and time measured by stopwatch, and then the data were analyzed. As for results of this research seen that performance results by the genset engine looks good. The power generated can be fulfilled until load 1000 watt, except ethanol generated 600 watt only. That is premium 100% as 923,6453 g/kw.h, ethanol 99% as 1404,878 g/kw.h, mixture premium 75%+ethanol 25% as 940,7666 g/kw.h and mixture (premium 75% +ethanol 99%) 97,5% + Hydrogen 2,5% as 836,2369 g/kw.h. that indicates that the mixture of hydrogen to make fuel being more frugal.*

*keyword : petroleum, perfomance, excaust emission, ethanol, hydrogen*

### 1. PENDAHULUAN

Dijaman yang serba moderen ini kelangkaan bahan bakar minyak adalah persoalan yang mendunia. Semua aspek kehidupan merasakan dampak kelangkaan ini mulai dari kehidupan rumah

tangga hingga perusahaan-perusahaan besar merasakannya. Suplai dan harga minyak bumi yang seharusnya membuat kita sadar bahwa jumlah cadangan minyak yang ada di bumi semakin menipis. Peningkatan harga minyak dunia hingga mencapai US\$ 100 per barel juga menjadi alasan yang serius yang menimpa banyak negara di dunia terutama Indonesia. Lonjakan harga minyak dunia akan memberikan dampak yang besar bagi pembangunan bangsa Indonesia. Konsumsi BBM yang mencapai 1,3 juta barel tidak seimbang dengan produksinya yang nilainya sekitar 1 juta barel sehingga terdapat defisit yang harus dipenuhi melalui impor. Menurut data ESDM (2006) cadangan minyak Indonesia hanya tersisa 9 miliar barel. Apabila terus dikonsumsi tanpa ditemukannya cadangan minyak baru, diperkirakan cadangan minyak ini akan habis dalam dua dekade mendatang. Dalam mengatasi permasalahan yang sangat mendunia ini, seluruh ilmuan dunia bekerja keras untuk menemukan energi terbarukan yang dapat mengganti posisi minyak bumi dan tidak akan pernah langka didunia. Contoh bentuk dari keberhasilan dari bentuk kerja keras mereka adalah etanol dan hidrogen. Etanol merupakan cairan senyawa karbon yang mudah terbakar dan dapat dihasilkan melalui proses sintesis dan dari sebuah proses fermentasi dari bahan yang mengandung senyawa glukosa yang disebut dengan bioetanol. Berdasarkan bahan baku pembuatan etanol ini tentunya dapat diperbaharui dan tidak akan pernah mengalami kelangkaan selama lahan dan tanaman masih tersedia di bumi ini. Dan begitu juga dengan hidrogen, hidrogen merupakan unsur gas ringan yang mudah bereaksi oksidasi dengan oksigen atau mudah terbakar. Hidrogen juga adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Unsur ini merupakan unsur yang membentuk senyawa hidrokarbon dan air. Dalam keadaan murni senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai di bumi dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Kedua inovasi ini dinilai sangat membantu dunia dalam mengatasi krisis bahan bakar didunia, tidak jarang kita mendengar mesin yang menggunakan bahan bakar etanol dan hidrogen yang kadang disebut-sebut sebagai mobil berbahan bakar air.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bahan Bakar Hidrogen

Hidrogen (bahasa Latin: *hydrogenium*, dari bahasa Yunani: *hydro*: air, *genes*: membentuk) adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia.

Hidrogen adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam. Kebanyakan bintang dibentuk oleh hidrogen dalam keadaan plasma. Di bumi sebanyak 70% ditutupi oleh air, yang dibentuk oleh 2 atom hidrogen dan oksigen [1]. Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam.

Isotop hidrogen yang paling banyak dijumpai di alam adalah protium, yang inti atomnya hanya mempunyai proton tunggal dan tanpa neutron. Senyawa ionik hidrogen dapat bermuatan positif (kation) ataupun negatif (anion). Adapun sifat hidrogen dapat dilihat dalam tabel 1.1

Tabel 1.1 Sifat hidrogen dengan bahan bakar lain.[1]

Description	Hidrogen	Gasoline	Methana	Etanol	LPG	Biogas
Density kg/m <sup>3</sup>	0.081	4.4	0.6512	789	2.24	1.1
Mol. Wt	2.016	107	16.043	46.07	44.1	25.46
Auto ignition temp °C	500	257	537	423	493-549	700
Boiling Point ( °C) at 1 atm	-252	25-225	-162	78	-42	

Ignition energy in Air (MJ)	0.02	0.24	NA			
Flame temp in air ( °C)	2045	2197	1918		1980	1911
Lower flammability limit (vol% in air)	4	1.4	5	4.3	2.2	7.7
Upper flammability (vol% in air)	74	7.6	15	19	9.5	23
Buoyancy: Gas or vapor density relative to air	0.07	2-4%	0.6	1.51	1.51	0.863
Carbon Constituent	NA	85-88	75	50-52	82	
Hydrogen Constituent	100	12-15%	25	13-15	18	
Lower heat of combustion (MJ/kg)	119.93	44.5	50.02	26.9	46	
Burning Velocity in air (m/sec)	2.65-3.25	0.37		NA		
Specific Heat Ratio of NTP gas	1.383	1.05	1.308			1.303
Diffusion coefficient in NTP air (cm <sup>2</sup> /sec)	0.61	0.005	0.16		0.11	

Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H<sub>2</sub> di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Adapun gas hidrogen dapat dihasilkan dengan cara [2]:

1. Mengalirkan uap air melalui karbon panas
2. Mengalirkan uap air melalui besi panas
3. Pada kilang minyak bumi, hidrogen merupakan hasil samping dari cracking
4. Hidrogen yang sangat murni (99,9%), tetapi mahal, diperoleh dengan cara elektrolisis air.

## 2.2 Bahan Bakar Etanol

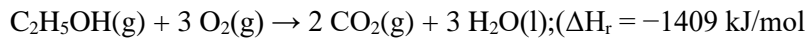
Dalam sejarahnya etanol telah lama digunakan sebagai bahan bakar. Etanol adalah cairan tak berwarna yang mudah menguap dengan aroma yang khas. Ia terbakar tanpa asap dengan lidah api berwarna biru yang kadang-kadang tidak dapat terlihat pada cahaya biasa. Sifat-sifat fisika etanol utamanya dipengaruhi oleh keberadaan gugus hidroksil dan pendeknya rantai karbon etanol.

Campuran etanol-air memiliki volume yang lebih kecil daripada jumlah kedua cairan tersebut secara terpisah. Campuran etanol dan air dengan volume yang sama akan menghasilkan campuran yang volumenya hanya 1,92 kali jumlah volume awal. Pencampuran etanol dan air bersifat eksotermik dengan energi sekitar 777 J/mol dibebaskan pada 298 K.

Campuran etanol dan air akan membentuk azeotrop dengan perbandingan kira-kira 89 mol% etanol dan 11 mol% air. Perbandingan ini juga dapat dinyatakan sebagai 96% volume etanol dan 4% volume air pada tekanan normal dan  $T = 351 \text{ K}$ . Komposisi azeotropik ini sangat tergantung pada suhu dan tekanan. Ia akan menghilang pada temperatur di bawah 303 K.

Ikatan hidrogen menyebabkan etanol murni sangat higroskopis, sedemikianya ia akan menyerap air dari udara. Sifat gugus hidroksil yang polar menyebabkannya dapat larut dalam banyak senyawa ion, utamanya natrium hidroksida, kalium hidroksida, magnesium klorida, kalsium klorida, amonium klorida, amonium bromida, dan natrium bromida. Natrium klorida dan kalium klorida sedikit larut dalam etanol. Penambahan beberapa persen etanol dalam air akan menurunkan tegangan permukaan air secara drastis. Campuran etanol dengan air yang lebih dari 50% etanol bersifat mudah terbakar dan mudah menyala. Campuran yang kurang dari 50% etanol juga dapat menyala apabila larutan tersebut dipanaskan terlebih dahulu. Yang mengartikan semakin banyak air dalam etanol, larutan akan semakin sulit terbakar, dan sebaliknya.

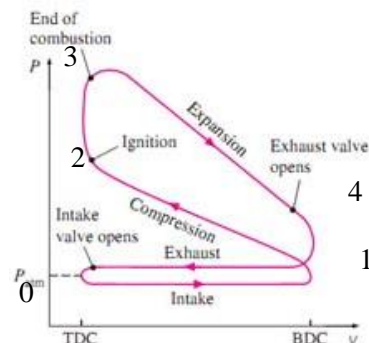
Pembakaran etanol akan menghasilkan karbon dioksida dan air menurut rumus:



## 2.3 Motor bensin

### 2.3.1 Cara Kerja Motro Bensin 4 Langkah

Motor bensin dapat dibedakan atas 2 jenis yaitu motor bensin 2-langkah dan motor bensin 4-langkah. Pada motor bensin 2- langkah, siklus terjadi dalam dua gerakan torak atau dalam satu putaran poros engkol. Sedangkan motor bensin 4-langkah, pada satu siklus terjadi dalam 4- langkah.



Gambar 1 Diagram P-v dan T-s Siklus Otto aktual

Proses yang terjadi pada siklus otto adalah dianggap sebagai berikut:

Proses 0-1 : langkah isap

Proses 1-2 : kompresi isentropic

Proses 2-3 : proses pembakaran volume konstan dianggap sebagai proses pemasukan kalor

Proses 3-4 : proses isentropik udara panas dengan tekanan tinggi mendorong piston turun menuju TMB

Proses 4-1 : proses pelepasan kalor pada volume konstan piston

Proses 1-0 : langkah buang pada tekanan konstan[3]

## 2.4 Performansi Motor Bakar

Parameter mesin diukur untuk menentukan karakteristik pengoperasian pada motor bakar. Parameter dan performansi mesin dapat dilihat dari rumus- rumus dibawah ini.

### 1. Daya

Generator set atau sering disebut genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu mesin dan generator atau alternator. Mesin sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik. Mesin dapat berupa perangkat mesin diesel berbahan bakar solar atau mesin berbahan bakar bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar). Dalam ilmu fisika yang sederhana dapat dijelaskan bahwa mesin memutar rotor pada generator sehingga timbul medan magnet pada kumparan stator generator, medan magnet yang timbul pada stator dan berinteraksi dengan rotor yang berputar akan menghasilkan arus listrik sesuai hukum Lorentz. Arus listrik yang dihasilkan oleh generator akan memiliki perbedaan tegangan di antara kedua kutub generatornya sehingga apabila dihubungkan dengan beban akan menghasilkan daya listrik, atau dalam rumusan fisika sebagai P dapat diperoleh dengan:

$$P_B = V \times I \quad (2.1)$$

dimana :

$P_B$  = daya ( Watt )

$V$  = tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

## 2 Konsumsi bahan bakar spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik (specific fuel consumption,  $sfc$ ) adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu.[4]

Bila daya rem dinyatakan dalam satuan kW dan laju aliran massa bahan bakar ( $m_f$ ) dalam satuan kg/jam, maka :

$$Sfc = \frac{m_f \cdot 10^3}{P_B} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

$Sfc$  = Konsumsi bahan bakar spesifik (g/kW.h).

$m_f$  = Laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)

## 3. METODOLOGI

### 3.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang menjadi objek pengujian ini adalah bahan bakar

1. premium 100% yang selanjutnya disimbolkan **P**,
2. Etanol 99% yang selanjutnya disimbolkan **Et**
3. Campuran bahan bakar premium 75% + etanol (99%) 25% yang selanjutnya disimbolkan **E25**
4. Campuran bahan bakar (premium 75% + etanol (99%) 25%) 97,5% + hidrogen 2,5% ( **E25** 97,5% + hidrogen 2,5%) yang selanjutnya disimbolkan **H2,5**.

### 3.2 Prosedur Elektrolisa untuk Menghasilkan Bahan Bakar Hidrogen

Bahan bakar hidrogen dihasilkan dengan elektrolisa air, adapun prosedurnya adalah :

1. Masukkan air pada bejana elektrolisa sebanyak 800 ml dan tambahkan sekitar 1,5 sedok teh soda kue sebagai katalis.
2. Tutup tabung elektrolisa dan hubungkan selang tabung dengan tempat penampungan yang sebelumnya juga sudah dihubungkan dengan manometer dan katup.
3. Hubungkan tabung elektrolisa dengan sumber arus (*power suplay*).
4. Nyalakan *power suplay* pada tegangan 12 volt, dan akan terjadi reaksi pemecahan atom.
5. Tunggu hingga manometer menunjuk angka 1 bar, kemudian tutup katup yang sebelumnya sudah dihubungkan pada penampung.
6. Gas hidrogen sudah dapat digunakan sebagai bahan bakar.

### 3.3 Pengamatan dan Tahap Pengujian

Parameter yang akan ditinjau dalam pengujian ini adalah :

1. Daya ( **P** )
2. Konsumsi bahan bakar spesifik (**SFC**)

Prosedur pengujian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Pengujian mesin otto menggunakan bahan bakar "**P**"
2. Pengujian mesin otto menggunakan bahan bakar "**Et**"
3. Pengujian mesin otto menggunakan bahan bakar "**E25**"
4. Pengujian mesin otto menggunakan bahan bakar campuran "**H2,5**"

### 3.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian performansi motor dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengoperasikan mesin dengan cara menarik *starter* penyalan mesin, kemudian memanaskan mesin selama 5 menit.
2. Setelah mesin beroperasi dengan baik, mesin dipadamkan dan bahan bakar ditimbang sebanyak 30 gr.
3. Memulai pengujian dengan menyalakan 2 lampu sebagai variasi beban awal (pengujian pertama).

4. Menyalakan *stopwatch* dan menghitung waktu pengujian sampai bahan bakar 30 gr habis.
5. Mengukur putaran mesin dengan menggunakan *tachometer*.
6. Mencatat tegangan dan kuat arus menggunakan *multi meter*.
7. Mencatat waktu yang diperlukan dalam menghabiskan bahan bakar.
8. Mengulang pengujian untuk variasi jumlah lampu berikutnya adapun variasi pembebanan jumlah lampu berikutnya yaitu, 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.
9. Mengulang pengujian dengan bahan bakar yang berbeda yang sudah ditentukan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Daya

Besarnya daya yang dihasilkan oleh mesin yang menggunakan bahan bakar **P, Et, E25 dan H2,5** dapat dihitung dari besar tegangan (volt) dan kuat arus (ampere) yang dihasilkan pada pembacaan *multimeter*. Besarnya daya yang dihasilkan oleh masing-masing jenis bahan bakar pada tiap kondisi pembebanan dan putaran mesin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \times I$$

dimana:

P = Daya Keluaran (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Kuat arus (ampere)

##### 4.1.1 Daya yang dihasilkan menggunakan bahan bakar “P”

Pada pembebanan 2 lampu 200 watt pada putaran 4330 rpm. Didapat data sebagai berikut :

V = 252 volt

I = 0,8 Amp

Dengan memasukkan nilai didapat :

$$P = V \times I$$

$$P = 252 \times 0,8$$

$$P = 201,6 \text{ watt}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk pembebanan yang lainnya yakni 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.

##### 4.1.2 Daya yang dihasilkan menggunakan bahan bakar “Et”

Pada pembebanan 2 lampu 200 watt pada putaran 4191 rpm. Didapat data sebagai berikut :

V = 250 volt

I = 0,8 Amp

Dengan memasukkan nilai didapat :

$$P = V \times I$$

$$P = 250 \times 0,8$$

$$P = 200 \text{ watt}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk pembebanan yang lainnya yakni 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.

##### 4.1.3 Daya yang dihasilkan menggunakan bahan bakar “E25”

Pada pembebanan 2 lampu 200 watt pada putaran 4290 rpm. Didapat data sebagai berikut :

V = 250 volt

I = 0,81 Amp

Dengan memasukkan nilai didapat :

$$P = V \times I$$

$$P = 250 \times 0,81$$

$$P = 202,5 \text{ watt}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk pembebanan yang lainnya yakni 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.

##### 4.1.4 Daya yang dihasilkan menggunakan bahan bakar “H2,5”



Pembebanan 2 lampu 200 watt pada putaran 4310 rpm.

Didapat data sebagai berikut :

V = 250 volt

I = 0,82 Amp

Dengan memasukkan nilai didapat :

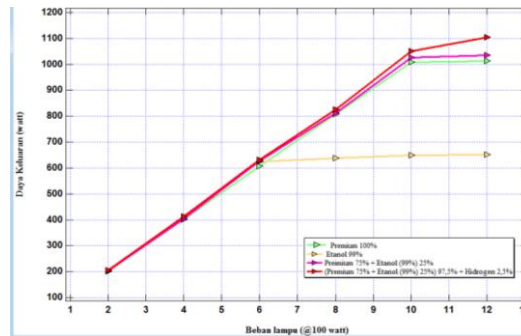
$$P = V \times I$$

$$P = 250 \times 0,82$$

$$P = 205 \text{ watt}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk pembebanan yang lainnya yakni 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.

Pebandingan besar daya yang dihasilkan masing-masih bahan bakar dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah :



**Gambar 4.1 Grafik beban (watt) vs daya yang dihasilkan (watt) untuk setiap bahan bakar**

Berdasarkan hasil perhitungan daya untuk setiap bahan bakar didapat dan disimpulkan bahwa mesin cenderung menghasilkan daya sesuai beban, atau sesuai yang dibutuhkan hal ini terlihat pada grafik 4.1. Dan mesin menaikkan putarannya setara dengan dinaikkannya beban dan kembali turun saat beban maksimum yang disanggupi oleh bahan bakar. Contohnya untuk bahan bakar “P”, saat diberikan 2 beban (200 watt) mesin menghasilkan daya yang lebih kurang sama yaitu 201,6 watt diputaran 4330 rpm. Dan saat beban dinaikkan mesin menghasilkan daya yang setara beban dengan menaikkan putarannya hingga titik maksimum daya yang dihasilkan oleh bahan bakar. Dan beban maximum bensin baik digunakan dalam mesin genset ini adalah 10 beban (1000 watt) dengan maximum daya yang dihasilkan adalah 1012,5 watt.

Dan untuk bahan bakar lain seperti “Et” beban maximum bahan bakar ini baik digunakan adalah pada pembebanan 6 lampu (600 watt) dengan daya maximum yang dihasilkan adalah 651,48 watt. Salah satu penyebab daya rendah ini karena nilai kalor “Et” yang rendah, oleh karena itu pembebanan yang melebihi 600 watt sangat tidak baik untuk jenis bahan bakar ini.

Dengan melakukan pencampuran (“E25”) pembebanan menjadi baik. Maximum pembebanan menjadi 10 beban (1000 watt) dengan maximum daya 1035 watt. Dan dengan melakukan pencampuran premium, etanol dan hidrogen pembebanan maximum juga berada di 10 beban (1000 watt) dengan daya maximum 1104 watt. Daya maximum terbesar dihasilkan oleh bahan bakar “H2,5” yaitu 1104 watt di pembebanan 1200 watt di putaran 4436 rpm. Hasil ini tergolong masuk akal mengingat hidrogen dapat meledak dengan sendirinya walau tanpa adanya gas oksigen, sementara bahan bakar lain seperti premium dan etanol dapat mengalami pembakaran yang tidak sempurna diruang bakar. Jadi walaupun nilai salah satu bahan bakar tinggi dibandingkan bahan bakar campuran hidrogen, pembakaran yang tidak sempurna dapat dijadikan alasan untuk menjelaskannya.

#### 4.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption, sfc*) dari masing-masing pengujian pada tiap variasi beban dan putaran yaitu :

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f \times 10^3}{P_B}$$

dimana :

Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik  
(g/kW.jam)

$\dot{m}f$  = laju aliran bahan bakar (kg/jam)

Besarnya laju aliran massa bahan bakar ( $\dot{m}f$ ) dihitung dengan persamaan berikut :

$$\dot{m}f = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{t_f} \times 3600$$

dimana :

$\Delta m$  = massa bahan bakar yang habis

$t_f$  = waktu untuk menghabiskan  
bahan bakar sebanyak volume  
uji (detik).

#### 4.2.1 Sfc yang dihasilkan menggunakan bahan bakar “P”

Pada pembebanan 2 lampu 200 watt pada putaran 4330 rpm. Didapat data sebagai berikut :

P = 201,6 watt = 0,2016 kW

n = 4330 rpm

$\Delta m$  = 30 gr

$t_f$  = 176 detik

$$\dot{m}f = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{t_f} \times 3600$$

$$\dot{m}f = \frac{30 \times 10^{-3}}{176} \times 3600$$

$$\dot{m}f = 0,6136 \text{ kg/jam}$$

Dengan substitusi nilai akan didapat Sfc sebesar :

$$Sfc = \frac{\dot{m}f \times 10^3}{P_B}$$

$$Sfc = \frac{0,6136 \times 10^3}{0,2016}$$

$$Sfc = 3043,831 \text{ g/kWjam}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk pembebanan yang lainnya yakni 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.

#### 4.2.2 Sfc yang dihasilkan menggunakan bahan bakar “Et”

Pada pembebanan 2 lampu 200 watt pada putaran 4191 rpm.

Didapat data sebagai berikut :

P = 200 watt = 0,2 kW

n = 4191 rpm

$\Delta m$  = 30 gr

$t_f$  = 160 detik

$$\dot{m}f = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{t_f} \times 3600$$

$$\dot{m}f = \frac{30 \times 10^{-3}}{160} \times 3600$$

$$\dot{m}f = 0,675 \text{ kg/jam}$$

Dengan substitusi nilai akan didapat Sfc sebesar :

$$Sfc = \frac{\dot{m}f \times 10^3}{P_B}$$

$$Sfc = \frac{0,675 \times 10^3}{0,2}$$

$$Sfc = 3375 \text{ g/kWjam}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk pembebanan yang lainnya yakni 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.

#### 4.2.3 Sfc yang dihasilkan menggunakan bahan bakar “E25”

Pada pembebanan 2 lampu 200 watt pada putaran 4290 rpm. Didapat data sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 P &= 202,5 \text{ watt} = 0,2025 \text{ kW} \\
 n &= 4290 \text{ rpm} \\
 \Delta m &= 30 \text{ gr} \\
 t_f &= 170 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\dot{m}f = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{t_f} \times 3600$$

$$\begin{aligned}
 \dot{m}f &= \frac{30 \times 10^{-3}}{170} \times 3600 \\
 \dot{m}f &= 0,6353 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Dengan substitusi nilai akan didapat Sfc sebesar :

$$\begin{aligned}
 Sfc &= \frac{\dot{m}f \times 10^3}{P_B} \\
 Sfc &= \frac{0,6353 \times 10^3}{0,2025} \\
 Sfc &= 3137,255 \text{ g/kWjam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk pembebanan yang lainnya yakni 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.

#### 4.2.4 Sfc yang dihasilkan menggunakan bahan bakar “H2,5”

Pada pembebanan 2 lampu 200 watt pada putaran 4310 rpm.

Didapat data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= 205 \text{ watt} = 0,205 \text{ kW} \\
 n &= 4310 \text{ rpm} \\
 \Delta m &= 30 \text{ gr} \\
 t_f &= 171 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\dot{m}f = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{t_f} \times 3600$$

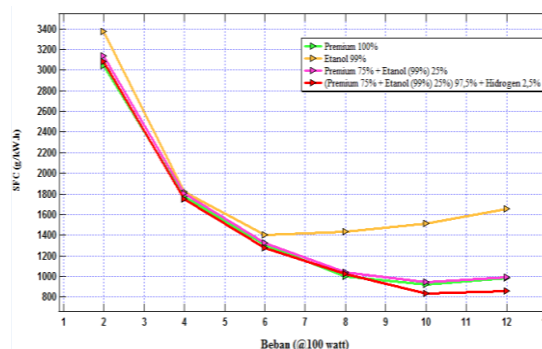
$$\begin{aligned}
 \dot{m}f &= \frac{30 \times 10^{-3}}{171} \times 3600 \\
 \dot{m}f &= 0,6316 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Dengan substitusi nilai akan didapat Sfc sebesar :

$$\begin{aligned}
 Sfc &= \frac{\dot{m}f \times 10^3}{P_B} \\
 Sfc &= \frac{0,6316 \times 10^3}{0,205} \\
 Sfc &= 3080,873 \text{ g/kWjam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk pembebanan yang lainnya yakni 4, 6, 8, 10, dan 12 lampu.

Pebandingan besar daya yang dihasilkan masing-masih bahan bakar dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah :



Gambar 4.4 Grafik Beban (watt) vs SFC (g/kw.jam) tiap bahan bakar

Berdasarkan hasil perhitungan SFC dengan variasi pembebanan yang dapat dilihat dalam grafik 4.2, tampak nilai SFC menurun saat beban dari mesin ditambahkan hingga batas maximum dari daya yang dapat dihasilkan oleh bahan bakar, dan kemudian naik lagi untuk pembebanan yang sudah berlebih. Pada grafik dapat dilihat bahwa Sfc terendah mesin terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar campuran “H2,5”, pada putaran mesin 4590 rpm di pembebanan 10 lampu (1000 watt) yaitu 836,2369 g/kW.h. Sedangkan Sfc tertinggi mesin terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar “Et” pada putaran mesin 4191 rpm pada pembebanan 2 lampu (200 watt) yaitu sebesar 3375 g/kW.h. berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa “Et” lebih boros dibandingkan “P” ini dikarenakan nilai kalor “P” yang lebih besar dibandingkan “Et”. Pencampuran (E25) membuat nilai SFC bahan bakar menaik terhadap “Et” dan menurun terhadap “P”, yang menandakan campuran ini sedikit lebih boros dari “Et” dan lebih hemat dibandingkan “P”. Dengan ditambahkan hidrogen pada campuran. penurunan SFC yang membuat campuran ini hampir setara pemakaian “P”. Dan cenderung hemat bila dibandingkan dengan “P” itu sendiri.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Daya yang dihasilkan oleh mesin genset merupakan daya keluaran untuk memenuhi daya yang dibebankan dan mempertahankan daya maximum keluaran pada pembebanan yang terlalu besar. Daya keluaran maximum dihasilkan oleh bahan bakar (Premium 75% + etanol (99%) 25%) 97,5% + Hidrogen 2,5% sebesar 1104 watt diputaran 4436 rpm dipembebanan 12 lampu (1200 watt).
2. Nilai SFC mengalami penurunan saat beban dinaikkan sampai pada batas pembebanan maximumnya, kemudian naik untuk pembebanan selanjutnya. Adapun nilai SFC minimum dihasilkan oleh bahan bakar (Premium 75% + etanol (99%) 25%) 97,5% + Hidrogen 2,5% sebesar 836,1369 g/kWh diputaran 4590 rpm pembebanan 10 lampu (1000 watt).

### 5.1. Saran

1. Untuk mendukung kelancaran dan akurasi hasil pengujian sebaiknya dilakukan pemeriksaan dan kalibrasi terhadap instrumentasi dan alat ukur setiap kali pengujian akan dilakukan.
2. Untuk meningkatkan performansi dari bahan bakar campuran etanol dan hidrogen dengan premium perlu diadakan penelitian dengan memodifikasi mesin genset yang cocok buat etanol dan hidrogen dan penelitian terhadap komposisi yang lebih efektif agar kelak bahan bakar campuran ini lebih berguna di masyarakat.
3. Mengingat mesin pada umumnya dirancang untuk bahan bakar premium maka perlu pengembangan konstruksi mesin yang sesuai agar penggunaan bahan bakar etanol dan hidrogen sebagai bahan bakar alternatif dapat dimaksimalkan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ranjit, P S. S, Mukesh. *A Review on Hydrogen Utilization in Internal Combustion Compression Ignition Engines*. IJSTM, Vol. 3 Issue 2, September 2012.
2. P, Arbie Marwan. *Analisis Produktifitas Gas Hidrogen dan Gas Oksigen pada Elektrolisis Larutan KOH*. Jurnal Neutrino, Vol. 2, No 2 April 2010.
3. Arends. BPM. And Berenschot. H, *Motor Premium*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1980.
4. Heywood B.. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York : McGraw-Hill, 1988.