

PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR PREMIUM, HIDROGEN DAN ETANOL 96% TERHADAP PERFORMANSI DAN EMISI GAS BUANG MESIN GENSET OTTO

Martinus I. Tarigan¹, Tulus B. Sitorus², Dian M. Nasution³, Taufiq B. N⁴, A. Husein Siregar⁵,
Zulkifli L⁶, Alfian Hamsi⁷, Farel H. Napitupulu⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Email: martinusidastanta@yahoo.com

ABSTRAK

Semakin berkurangnya cadangan minyak bumi dan pemakaian bahan bakar fosil yang terus meningkat menyebabkan timbulnya ancaman krisis energi. Mengantisipasi hal tersebut diperlukan pengembangan sumber energi terbarukan sebagai energi alternatif. Pencampuran bahan bakar untuk menghemat penggunaan minyak merupakan salah satu alternatif. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan performansi dan emisi gas buang yang dihasilkan mesin genset Otto 4 langkah merk STARKE tipe GFH1900LX dengan menggunakan bahan bakar premium 100%, etanol(96%) 100%, campuran premium 50% dengan etanol 50%, serta penambahan hidrogen sebesar 2,5% pada bahan bakar campuran etanol dan premium. 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. Dari percobaan menggunakan bahan bakar etanol 100%, sfc yang tertinggi yang dihasilkan adalah 4320g/Kw.jam tergolong boros jika di bandingkan dengan campuran bahan bakar premium 100% sebesar 3043 g/Kw.jam, serta etanol 50% + premium50% sebesar 4071 g/Kw.jam, dan campuran (premium50% + etanol50%) 97,5% + hydrogen 2,5% sebesar 3975 g/Kw.jam akan tetapi bahan bakar etanol, hidrogen, dan campuran ini tetap mempunyai keuntungan, yaitu ketersediaan bahan baku yang melimpah.

Kata kunci : bahan bakar fosil, emisi gas buang, etanol, hidrogen, performansi

ABSTRACT

The depletion of oil reserves and fuel consumption that is on the rise cause the onset of the threat of energy crisis. It is necessary of renewable sources of energy as an alternative energy. Mixing fuel oil usage to save is an alternative. 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 premium100%, ethano(96%)100%, mixture premium50%-etanol50% and mixture premium-etanol-2,5%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 multymeter, circle measured by tachometer and time measured by stopwatch, and then the data were analyzed. From experiments using 100% ethanol fuel, sfc produced highest is 4320 g/kw.hour relatively wasteful when compared with premium fuel mixture 100% by 3043g/Kw.hour and ethanol 50% + premium50% by 4071g/kw.hour, and mixtures (premium50% + etanol50%) 97.5% + 2.5% hydrogen by 3975 g/kw.hour however, fuel ethanol, hydrogen, and the mixture is still has the advantage, namely the availability of abundant raw materials.

Keywords: fossil fuels, emissions, ethanol, hydrogen, performance

1. PENDAHULUAN

Belakangan ini, bahan bakar fosil menjadi satu-satunya sumber energi di bumi ini. Sehingga tidak heran kalau beberapa tahun belakangan ini wajah dunia babak belur disebabkan perebutan kuasa atas sumber utama penghasil energi ini. Penggunaan energi fosil dengan skala besar menimbulkan berbagai masalah. Ketika pembakaran

berlangsung untuk menghasilkan energi, bahan bakar fosil ini melepaskan karbon dan zat hasil pembakarannya ke udara. Pelepasan karbon ini menyebabkan polusi dan dapat merusak ozon.

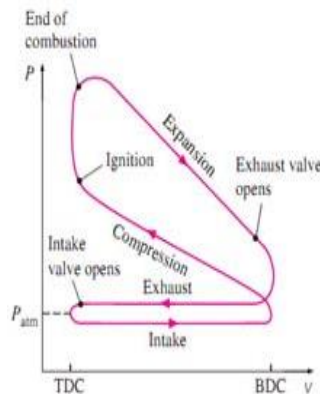
Hidrogen adalah unsur yang paling sederhana dari semua unsur yang ada di alam ini. Tiga perempat dari massa jagat raya ini adalah hidrogen. Di bumi sendiri bentuk hidrogen yang paling umum dikenal adalah air (H_2O).

Selain hidrogen belakangan juga sudah ada bahan bakar alternatif yang ramah akan lingkungan disebut etanol (C_2H_5OH). Ethanol adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Alkohol merupakan bahan kimia yang diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu biasanya disebut dengan bioethanol.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Motor bakar Otto adalah mesin atau pesawat yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik, yaitu dengan cara merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas, dan menggunakan energi tersebut untuk melakukan kerja mekanik [1].

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 dalam dua putaran poros engkol.



Gambar 1 P-V diagram siklus otto

- Langkah Isap (0-1): Piston bergerak dari Titik Mati Atas(TMA) menuju Ke Titik Mati Bawah(TMB) dengan katup In membuka, Campuran bahan bakar dan udara masuk ke ruang bakar.
- Langkah Kompresi (1-2) : Piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan kedua katup menutup. Udara dan bahan bakar ditekan sehingga kompresi menjadi tinggi, kemudian busi memercikkan bunga api.
- Langkah Usaha (3-4): Piston bergerak dari TMA menuju Ke TMB karena dorongan daya ledakan dari percikan bunga api busi.
- Langkah Buang (4-1-0): piston bergerak dari TMB menuju Ke TMA dengan Katup Ex membuka, gas sisa pembakaran didorong keluar ke saluran pembuangan.

Parameter mekanik yang termasuk dalam sub-bab ini adalah torsi, daya, perbandingan udara bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi dari pembakaran di dalam mesin.

Torsi dan Daya

Torsi yang dihasilkan suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan dinamometer yang dikopel dengan poros output mesin. Oleh karena sifat dinamometer yang bertindak seolah-olah seperti sebuah rem dalam mesin, maka daya yang dihasilkan poros output sering juga disebut dengan brake power. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak momen dan memiliki satuan Nm atau lbf-ft

Daya didefinisikan sebagai usaha dari mesin per satuan waktu.

$$P_B = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} \cdot \tau \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

P_B = Daya keluaran (Watt)

N = Putaran mesin (rpm)

τ = Torsi (N.m)

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 [2].

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

Dimana:

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

mf = Laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)

Perbandingan udara bahan bakar (AFR)

Untuk memperoleh pembakaran sempurna, bahan bakar harus dicampur dengan udara dengan perbandingan tertentu. Perbandingan udara bahan bakar ini disebut dengan *Air Fuel Ratio* (AFR), yang dirumuskan sebagai berikut:

$$AFR = \frac{m_a}{m_f} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$m_a = \frac{P_i(V_d + V_c)}{R \cdot T_i} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

m_a = massa udara di dalam silinder per siklus

m_f = massa bahan bakar di dalam silinder per siklus

\dot{m}_a = laju aliran udara didalam mesin

\dot{m}_f = laju aliran bahan bakar di dalam mesin

P_i = tekanan udara masuk silinder

T_i = temperatur udara masuk silinder

R = konstanta udara

V_d = volume langkah (*displacement*)

V_c = volume sisa

Efisiensi Thermal Brake

Kerja berguna yang dihasilkan selalu lebih kecil dari pada energi yang di bangkitkan piston karena sejumlah energi hilang akibat adanya kerugian mekanis (*mechanical losses*). Dengan alasan ekonomis perlu dicari kerja maksimum yang dapat dihasilkan dari pembakaran sejumlah bahan bakar. Efisiensi ini sering disebut sebagai efisiensi termal brake (*brake thermal efficiency, η_b*).

$$\eta_b = \frac{\text{Daya keluaran aktual}}{\text{Laju panas yang masuk}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Laju panas yang masuk Q , dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q_{in} = m_f Q_{HV} \eta_c \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

m_f = laju aliran bahan bakar (kg/h)

Q_{HV} = Nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)

η_c = efisiensi pembakaran (dalam pengujian diambil 0,97)

Nilai kalor Bahan Bakar

Nilai kalor atas (*High Heating Value*) HHV, merupakan nilai kalor yang diperoleh secara eksperimen dengan menggunakan *bom kalorimeter* dimana hasil pembakaran bahan bakar didinginkan sampai suhu kamar sehingga sebagian besar uap air yang terbentuk dari pembakaran hidrogen mengembun dan melepaskan panas latennya. Data yang diperoleh dari hasil pengujian bom kalorimeter adalah temperatur air pendingin sebelum dan sesudah penyalaan. . Secara teoritis, besarnya nilai kalor

atas (HHV) dapat dihitung bila diketahui komposisi bahan bakarnya dengan menggunakan persamaan Dulong :

$$\text{HHV} = 33950C + 144200 \left(\text{H}_2 - \frac{\text{O}_2}{8} \right) + 9400 S \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

HHV = Nilai kalor atas (kJ/kg)

C = Persentase karbon dalam bahan bakar

H₂ = Persentase hidrogen dalam bahan bakar

O₂ = Persentase oksigen dalam bahan bakar

S = Persentase sulfur dalam bahan bakar

Dalam perhitungan efisiensi panas dari mesin bakar, dapat menggunakan nilai kalor bawah (LHV) dengan asumsi pada suhu tinggi saat gas buang meninggalkan mesin tidak terjadi pengembunan uap air.

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 2400(M + 9\text{H}_2) \dots\dots\dots(2.8)$$

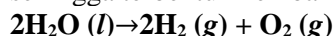
Bahan Bakar Hidrogen

Hidrogen merupakan 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 gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia.

Hidrogen adalah unsur yang paling mudah terbakar dari semua zat yang dikenal. Atom hidrogen adalah agen reduktif kuat, bahkan pada suhu kamar. Unsur ini bereaksi dengan oksida dan klorida untuk menghasilkan logam bebas. Karakteristik lainnya dari api hidrogen adalah nyala api cenderung menghilang dengan cepat di udara, sehingga kerusakan akibat ledakan hidrogen lebih ringan dari ledakan hidrokarbon [3].

Hidrolisis Air (H₂O)

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H₂O) menjadi oksigen (O₂) dan hidrogen dalam bentuk gas dengan menggunakan arus listrik yang dialirkan kedalam air tersebut. Pada katode, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H₂ dan ion hidroksida (OH⁻). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O₂), melepaskan 4 ion H⁺ serta mengalirkan elektron ke katode. Ion H⁺ dan OH⁻ mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air.



Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektrode dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen dan hidrogen peroksida (H₂O₂) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan hidrogen.

Bahan Bakar Etanol

Bahan bakar etanol adalah etanol dengan jenis yang sama dengan yang ditemukan pada minuman beralkohol dengan penggunaan sebagai bahan bakar. Bioethanol adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Etanol dapat dibuat dari tanaman-tanaman yang umum, misalnya tebu, kentang, singkong, dan jagung.

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. Gugus hidroksil dapat berpartisipasi kedalam ikatan hidrogen, sehingga membuatnya cair dan lebih sulit menguap dari pada senyawa organik lainnya dengan massa molekul yang sama.

Etanol adalah pelarut yang serbaguna, larut didalam air dan pelarut bagi organik lainnya.

Proses Pembuatan Etanol

Pada awalnya Langkah dasar yang dibutuhkan untuk memproduksi etanol yakni fermentasi jamur khamir, distilasi, dehidrasi, dan denaturasi.

Berikut merupakan langkah-langkah proses produksi bahan bakar etanol :

1. Fermentasi

Etanol diproduksi dengan cara fermentasi mikroba pada gula. Fermentasi mikroba saat ini hanya bisa dilakukan langsung pada gula. 2 komponen utama dalam tanaman, amilum dan selulosa, dua-duanya terdiri dari gula dan bisa diubah menjadi gula melalui fermentasi.

2. Distilasi

Jika etanol ingin digunakan sebagai bahan bakar, maka sebagian besar kandungan airnya harus dihilangkan dengan cara distilasi. Tingkat kemurnian etanol setelah didistilasi masih sekitar 95-96%. (masih ada kandungan airnya 3-4%)..

3. Dehidrasi

Pada dasarnya ada 5 tahap proses dehidrasi untuk membuang kandungan air dalam campuran etanol azeotropik (etanol 95-96%). Proses yang pertama, yang sudah digunakan di banyak pabrik etanol sejak dulu, adalah proses yang disebut distilasi azeotropik. Distilasi azeotropik dilakukan dengan cara menambahkan benzena atau sikloheksana ke dalam campuran. Ketika zat ini ditambahkan, maka akan membentuk campuran azeotropik heterogen. Hasil akhirnya nanti adalah etanol anhidrat dan campuran uap dari air dan sikloheksana/ benzena. Ketika dikondensasi, uap ini akan menjadi cairan.

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang mesin itu sendiri. Polutan yang lazim terdapat pada gas buang yaitu carbonmonoksida (CO), hydrocarbon (HC), dan nitrogen oksida (NO_x) serta partikel – partikel lainnya.

3. METODOLOGI

Bahan yang menjadi objek pengujian ini adalah bahan bakar premium, etanol 96% dan gas hidrogen. Dengan komposisi :

- ✓ premium 100%
- ✓ etanol (96%) 100%
- ✓ premium 50% + etanol(96%) 50%
- ✓ (premium 50% + etanol(96%) 50%)97.5% + Hidrogen 2,5%

Metode Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi :

1. Data primer, merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran dan pembacaan pada unit instrumentasi dan alat ukur pada masing – masing pengujian.
2. Data sekunder, merupakan data tentang karakteristik bahan bakar yang digunakan dalam pengujian

Data yang diperoleh dari hasil pengujian diolah menggunakan rumus yang ada, kemudian hasil dari perhitungan disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik

Parameter yang akan ditinjau dalam pengujian ini adalah :

1. Torsi motor (T)
2. Daya motor (N)
3. Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc)
4. Rasio udara bahan bakar (AFR)
5. Efisiensi thermal
6. Emisi gas buang

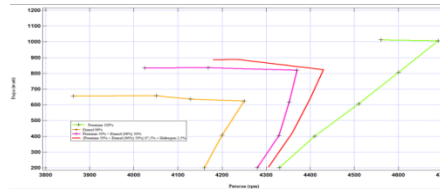
Prosedur pengujian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Pengujian nilai kalor bahan bakar
2. Pengujian mesin otto menggunakan bahan bakar Premium 100%
3. Pengujian mesin otto menggunakan bahan bakar Etanol 100%
4. Pengujian mesin otto menggunakan bahan bakar Premium50% + Etanol50%
5. Pengujian mesin otto menggunakan bahan bakar campuran (Premium 50% + Etanol 50%) 97,5% + Hidrogen 2,5%

4. Hasil Dan Pembahasan

Daya

Grafik hubungan antara daya dengan putaran:

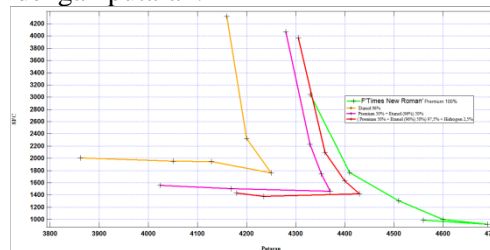


Gambar 2 drafik daya vs putaran

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa Pengunaan bahan bakar campuran premium ditambah dengan etanol dengan komposisi masing-masing campuran sebesar 50% tidak efisien. Hal itu ditunjukkan dengan menurunnya daya yang di hasilkan oleh mesin genset otto. Namun setelah ditambahkan dengan bahan bakar hidrogen pembakaran menjadi lebih meningkat dan daya yang dihasilkan menjadi lebih meningkat. Hal itu dikarenakan nilai kalor hidrogen yang tinggi dan bagus untuk pembakaran.

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Grafik hubungan torsi dengan putaran:

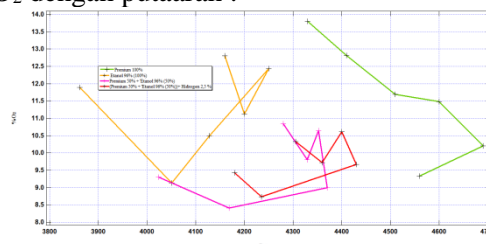


Gambar 4 Grafik SFC VS Beban

Dari grafik dapat kita simpulkan bahwa Penggunaan bahan bakar etanol 100% tergolong boros jika di bandingkan dengan campuran bahan bakar premium 100%, etanol 50% + premium 50%, dan campuran (premium 50% + etanol 50%) 97,5% + hidrogen 2,5%. Dimana etanol 100% menghasilkan SFC tertinggi sebesar 4320 pada putaran 4160. Sedangkan nilai SFC terendah dihasilkan oleh premium 100% pada putaran 4690 sebesar 923,6453.

Kadar O_2

Perbandingan kadar O_2 dengan putaran :



Gambar 10 Kadar O_2 vs putaran

Melihat dari kecenderungan grafik kadar O_2 terbesar dikeluarkan oleh P 100% dan kadar terendahnya dikeluarkan oleh E100% Ini mengartikan bahwa adanya oksigen yang tidak terpakai dalam pembakaran, mengakibatkan pembakaran tidak sempurna terjadi didalam mesin. Dan hal ini mengartikan bahwa pembakaran bahan bakar campuran P50% + E50% lebih sempurna dibandingkan dengan P100%. Dan pada saat dilakukan pencampuran nilai oksigen cenderung menurun dibandingkan P 100% yang mengakibatkan pembakaran menjadi lebih sempurna. Dan saat dilakukan pencampuran

dengan bahan bakar H kadar oksigen mengalami sedikit penurunan terhadap campuran. yang mengartikan pembakaran mengalami peningkatan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis data, adapun kesimpulan yang dihasilkan dari pengujian ini adalah;

1. Pengunaan bahan bakar campuran premium ditambah dengan etanol dengan komposisi masing-masing campuran sebesar 50% tidak efisien. Hal itu ditunjukkan dengan menurunnya daya yang dihasilkan oleh mesin genset otto. Namun setelah ditambahkan dengan bahan bakar hidrogen pembakaran menjadi lebih meningkat dan daya yang dihasilkan menjadi lebih meningkat. Hal itu dikarenakan nilai kalor hidrogen yang tinggi dan bagus untuk pembakaran.
2. Penggunaan bahan bakar etanol 100% tergolong boros jika di bandingkan dengan campuran bahan bakar premium 100%, etanol 50% + premium50%, dan campuran (premium50% + etanol50%)97,5% + hidrogen2,5%. Dimana etanol 100% menghasilkan SFC tertinggi sebesar 4320 pada putaran 4160. Sedangkan nilai SFC terendah dihasilkan oleh premium100% pada putaran 4690 sebesar 923,6453.
3. Penggunaan bahan bakar campuran etanol dan hidrogen mampu mengurangi tingkat gas beracun yang dihasilkan oleh mesin genset otto sebagai alat uji pengujian emisi gas buang. Hal ini dapat kita lihat dari data hasil percobaan uji emisi. Dimana jumlah kadar CO₂ tertinggi dihasilkan oleh percobaan dengan bahan bakar etanol sebesar 5,8%. Sedangkan untuk gas buang CO yang terkecil dihasilkan oleh etanol 100% sebesar 0,78. Sementara untuk kadar gas buang HC terendah dihasilkan oleh etanol 100% sebesar 28 ppm. Dan untuk kadar gas buang O₂ tertinggi dihasilkan oleh premium 100% sebesar 13,80%.

DAFTAR PUSTAKA

- 1] Arismunandar, Wiranto. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung: Penerbit ITB 1994.
- 2] Heywood B.. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York : McGraw-Hill 1988.
- 3] Putra, Arbie Marwan. *Analisis Produktifitas Gas Hidrogen dan Gas Oksigen pada Elektrolisis Larutan KOH*. *Jurnal Neutrino*, Vol. 2 , No 2 April 2010.